



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE NORMA PARA EL
MANEJO DE REDES INALÁMBRICAS EN
MÉXICO**

T E S I S

que para obtener el título de

INGENIERO EN COMPUTACIÓN

P R E S E N T A

NOÉ DE JESÚS ROMERO SERRANO

DIRECTOR DE TESIS:

M.C. MARCO ANTONIO VIGUERAS VILLASEÑOR



Ciudad Universitaria

2005



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGREDECIMIENTOS

DOY GRACIAS A:

A MI PAPÁ

FLORENTINO ROMERO AMBROSIO, POR HABER SIEMPRE CREÍDO EN MI, POR SU CONSEJO Y APOYO INCONDICIONAL EN LAS ALTAS Y EN LAS BAJAS DE MI VIDA, POR ENSEÑARME A LUCHAR CONTRA LA ADVERSIDAD, NO TENGO CON QUE PAGAR LOS ESFUERZOS REALIZADOS POR MI PERSONA Y SOBRE TODO POR SU CARIÑO INCONDICIONAL.

A MI MAMÁ

ANA LUISA SERRANO GUTIÉRREZ, POR SU AMOR, TERNURA, AYUDA Y APOYO, POR SER MI AMIGA, POR SIEMPRE ANIMARME A SEGUIR ADELANTE, POR TENER SIEMPRE CONFIANZA EN MI, POR ENSEÑARME A VER LA VIDA SIEMPRE CON ALEGRÍA Y SOBRE TODO POR ESTAR SIEMPRE CUANDO TE NECESITÉ.

A LOS DOS

POR SU ESFUERZO Y DEDICACIÓN REALIZADOS PARA QUE YO TUVIERA TODO, POR SU AYUDA ECONÓMICA Y MORAL, POR SER MIS PRIMEROS MAESTROS, ESPERANDO QUE ESTE NUESTRO LOGRO SEA UN PEQUEÑO FRUTO Y RECOMPENSA A TODOS LOS ESFUERZOS POR USTEDES REALIZADOS.

A MIS HERMANAS

YADIRA Y MÓNICA, POR EL APOYO QUE SIEMPRE ME HAN BRINDADO PARA QUE MIS SUEÑOS SE CUMPLAN, POR SUS CONSEJOS, POR SU CONFIANZA, POR SER LA LLAVE DE TODAS LAS PUERTAS, POR NUNCA HABERME DEJADO SÓLO A PESAR DE LA ADVERSIDAD, POR SOPORTAR LO COMPLICADO DE MI VIDA, POR SIEMPRE TOMAR EN CUENTA MI OPINIÓN, POR CREER EN MI Y MUY ESPECIALMENTE POR DARME SU CARIÑO.

A MIS ABUELOS

PEDRO, NATIVIDAD, AGUSTIN Y MATILDE, POR QUERERME INCONDICIONALMENTE, POR SUS SABIOS CONSEJOS, POR SER UNA GUÍA, POR ENSEÑARME EL VALOR DE LA VIDA Y ESPECIALMENTE AGRADEZCO A MI ABUELITA NATIVIDAD POR TENER SIEMPRE ESE CARIÑO HACIA MI PERSONA.

A MIS AMIGOS

DANIEL LINARES, LEOPOLDO, GABRIEL, CARLOS, EDGAR, DANIEL ENRIQUE, CRISTIAN, URIEL, VÍCTOR, JUAN, FELIPE, ALEJANDRO MALACARA, DANIEL VALENTÍN, DAVID Y LUÍS, POR HACER MÁS ALEGRE Y AMENA LA ESTANCIA EN LA FACULTAD, POR ESTAR EN LAS BUENAS Y EN LAS MALAS, POR SER MÁS QUE SIMPLE COMPAÑEROS DE CLASE, POR TODOS ESOS MOMENTOS QUE VIVIMOS JUNTOS, POR SU CONFIANZA Y SOBRE TODO POR BRINDARME SU AMISTAD, ESPECIALMENTE A DANIEL LINARES Y LEOPOLDO POR TODO LO QUE HEMOS PASADO JUNTOS.

A MIS AMIGAS

ESTHER, PAULA, GINA, JESSICA, ALEJANDRA Y FABIOLA POR PERMITIRME SER MÁS QUE UN NOMBRE EN LA LISTA DE ASISTENCIA, POR SU CONFIANZA, POR SUS PALABRAS DE ALIENTO EN LOS MOMENTOS DIFÍCILES Y POR SUS SONRISAS QUE SIEMPRE HACÍAN CAMBIAR TODO ALREDEDOR, PERO LO QUE MÁS LES AGRADEZCO ES EL CARIÑO Y LA AMISTAD DEPOSITADA EN MI PERSONA, ESPECIALMENTE A ESTHER POR QUERERME, POR CONFIAR EN MI, POR DEVOLVERME LA FE Y POR MUCHAS COSAS MÁS.

A MIS FAMILIARES

POR SU CARIÑO, POR SU CONSEJO, POR DARMER VALORES CON LOS QUE ME DESENVUELVO A DIARIO, POR SU EXPERIENCIA Y ESPECIALMENTE POR SENTIRME QUERIDO.

A TODOS MIS MAESTROS

QUE MEDIERON CLASE DURANTE LA CARRERA, PERO ESPECIALMENTE A SALVADOR VILLALOBOS, RAFAEL FLORES, MARCO VIGUERAS, Y JAQUELINA, LES DOY LAS GRACIAS POR SU AMISTAD Y APOYO DADO DURANTE TODA LA CARRERA.

**A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO Y LA
FACULTAD DE INGENIERÍA**

POR PODER CONSIDERARLA COMO MI SEGUNDA CASA Y PERMITIRME HACER
UNA CARRERA UNIVERSITARIA.

A MI ASESOR DE TESIS

M.C. MARCO ANTONIO VIGUERAS VILLASEÑOR, TE AGRADEZCO EL TIEMPO, LA
PACIENCIA Y LA AMISTAD, SIN TU GUÍA ÉSTE TRABAJO NO SE HUBIERA
LOGRADO, GRACIAS.

A TODAS AQUELLAS PERSONAS

QUE DE ALGUNA U OTRA MANERA ME AYUDARON O CONTRIBUYERON EN
TODA LA CARRERA, PERO TAMBIÉN AQUELLAS QUE ME HICIERON MÁS
DIFÍCIL EL CAMINO, PORQUE GRACIAS A ELLOS VALORO MÁS EL ESFUERZO
QUE FUE LLEGAR AQUÍ.

MUCHAS GRACIAS

INDICE

I.	Índice de Tablas	
II.	Índice de Figuras	
Introducción	.....	1
Objetivo	.....	4
1 Redes	.....	5
1.1 Clasificación Redes	.....	7
1.1.1 Redes WAN	.....	7
1.1.2 Redes LAN	.....	8
1.2 Redes Alámbricas	.....	9
1.2.1 Cable Coaxial	.....	10
1.2.2 Cable Multipar	.....	12
1.2.3 Fibra Óptica	.....	14
1.3 Redes Inalámbricas	.....	17
1.3.1 Infrarrojos	.....	17
1.3.2 Microondas Terrestres	.....	19
1.3.3 Microondas Vía Satélite	.....	20
1.3.4 Ondas de radio	.....	21
1.4 El modelo OSI	.....	22
1.4.1 Capa Física	.....	22
1.4.2 Capa de Enlace de Datos	.....	24
1.4.3 Capa de Red	.....	25
1.4.4 Capa de Transporte	.....	25
1.4.5 Capa de Sesión	.....	25
1.4.6 Capa de Presentación	.....	26
1.4.7 Capa de Aplicación	.....	26
1.5 TCP/IP	.....	27
1.5.1 TCP/IP y el Modelo OSI	.....	28
2 Uso y Manejo del Espectro en Frecuencia	.....	31
2.1 Espectro Electromagnético	.....	34
2.2 Espectro Radioeléctrico	.....	36
2.3 Espectro Disperso	.....	38
2.3.1 Referencias Históricas	.....	39
2.3.2 Secuencias Pseudo Aleatorias	.....	40
2.3.3 Tipos de Sistemas de Espectro Disperso	.....	41
2.4 Modulación	.....	42
2.4.1 ASK (Amplitude Shift Keying)	.....	43
2.4.2 FSK (Frequency Shift Keying)	.....	43
2.4.3 PSK (Phase Shift Keying)	.....	43
2.4.4 OFMD (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)	.....	44

2.5 Ondas Electromagnéticas.....	44
2.6 Bandas de Frecuencia en México.....	46
3 Reglamentación de Redes Inalámbricas	49
3.1 Antecedentes.....	51
3.2 Estándar IEEE 802.11.....	52
3.2.1 Capas del Estándar 802.11.....	57
3.2.2 Acceso al Medio 802.11b.....	58
3.3 Bluetooth.....	59
3.3.1 Características Bluetooth	61
3.4 Convivencia 802.11b y Bluetooth.....	63
3.4.1 Interferencia entre Equipos.....	63
3.5 Antecedentes de Reglamentación en México.....	65
4 Propuesta de Norma.....	68
4.1 Telecomunicaciones en México y sus Principales Operarios.....	69
4.1.1 Telmex.....	71
4.1.2 Televisa.....	73
4.2 Manejo de Bandas en México.....	74
4.2.1 Banda de 2,400 a 2,483.5 MHz.....	74
4.2.2 Banda de 5.1 a 5.8 GHz.....	75
4.3 Problemas de Interferencia.....	76
4.4 Bases Regulatorias.....	78
4.4.1 Estados Unidos y la Unión Europea.....	78
4.4.2 La COFETEL.....	80
4.5 Planteamientos de la Industria.....	82
4.6 Propuesta de Reglamentación.....	87
5 Efectos de una Norma Mexicana de Redes Inalámbricas.....	98
5.1 Calidad en el Servio.....	99
5.2 Desarrollo de Tecnologías Inalámbricas en el País.....	102
5.3 Impacto Económico.....	105
5.3.1 Mercado de las Telecomunicaciones.....	106
5.3.2 Empresas del Sector de las Telecomunicaciones	106
5.4 Impacto Social.....	108
Conclusiones.....	111
Abreviaturas.....	115
Bibliografía.....	119

I. INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Categorías de Cables UTP	14
Tabla 2.1 Espectro Radioeléctrico.....	37
Tabla 2.2 Medida de frecuencia de onda.....	45
Tabla 4.1 Velocidades Permisibles.....	76
Tabla 4.2 Cuadro con la asignación de las bandas de frecuencias.....	79
Tabla 4.3 Síntesis de primera recomendación.....	93
Tabla 4.4 Síntesis de segunda recomendación.....	94
Tabla 4.5 Condiciones técnico operativas.....	97
Tabla 5.1 Comparación 802.11 y 802.16.....	103
Tabla 5.2 Norma 802.16.....	104

II. INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Constitución de un cable coaxial	11
Figura 1.2 Representación de cable UTP.....	12
Figura 1.3 Representación de tipos de fibra óptica.....	16
Figura 1.4 Capa de enlace de datos.....	25
Figura 1.5 Arquitectura modelo OSI.....	27
Figura 1.6 Comparación modelo OSI Y TCP/IP.....	29
Figura 2.1 Espectro electromagnético	35
Figura 2.2 Espectro radioeléctrico.....	38

INTRODUCCIÓN

Una de las tecnologías más prometedoras y discutidas en esta década es la de poder comunicar computadoras mediante tecnología inalámbrica. La conexión de computadoras mediante Ondas de Radio o Luz Infrarroja, actualmente está siendo ampliamente investigada.

Las Redes Inalámbricas facilitan la operación en lugares donde la computadora no puede permanecer en un solo lugar, como en almacenes o en oficinas que se encuentren en varios pisos.

No se espera que las redes inalámbricas lleguen a remplazar a las redes cableadas. Estas ofrecen hasta ahora velocidades de transmisión mayores que las logradas con la tecnología inalámbrica.

Sin embargo, se pueden mezclar las redes cableadas y las inalámbricas, y de esta manera generar una "Red Híbrida" y poder resolver los últimos metros hacia la estación. Se puede considerar que el sistema cableado sea la parte principal y la inalámbrica le proporcione movilidad adicional al equipo.

Lo más llamativo de las redes inalámbricas es el potencial del concepto teniendo en cuenta la simplicidad subyacente.

No hay muchas novedades en las redes inalámbricas, pero la conexión de los distintos aspectos de la informática con los de la transmisión las convierte en una opción atractiva e incluso insinúa la raíz de una revolución social, pues la gente puede comunicarse de formas nuevas y más flexibles que nunca.

Las redes convencionales con cables hace tiempo que ofrecen el mismo tipo de comunicación que pueden ofrecer las redes inalámbricas, pero lo atractivo de las redes inalámbricas esta en la combinación de flexibilidad, ubicación de la red y distancia entre nodos de red que hace que las redes inalámbricas superen y tengan una expectativa diferente de la que se tiene de las cableadas.

Conectando algunas baratas piezas de equipamiento y activando una conexión podemos deambular por nuestra casa u oficina, salir al patio o visitar un café manteniendo el acceso a la red todo el tiempo. De repente estamos utilizando las redes de una forma que hace una década parecía ciencia ficción.

Por todo lo anterior las redes inalámbricas tienen un futuro alentador, pero el desarrollo y crecimiento de estas tecnologías siempre debe estar sustentado por reglamentos, normas o leyes, los cuales nos proporcionan una forma de que el desarrollo se haga de una forma ordenada.

Así se asegura que no se tendrá un excesivo uso de esta tecnología por algún particular, dando la oportunidad de acceso y desarrollo a un amplio sector, es bien cierto que los aparatos ya trabajan bajo ciertos estándares y normas, sin embargo, es deber del estado darles un marco jurídico en el cual se sustenten y trabajen, como se ha hecho en el terreno de la telefonía celular.

OBJETIVO:

- Proponer una norma para el uso de redes inalámbricas y hacer una proyección del efecto que tendrían la implementación de ésta, en lo económico, lo social y el desarrollo de tecnología similar en nuestro país. Además de sentar una base bibliográfica que sirva para trabajos futuros relacionados con el tema de las redes inalámbricas.

CAPÍTULO 1

REDES

En términos sencillos, las redes transportan datos desde un dispositivo a otro. Para hacer más clara la concepción de red, utilizaré la siguiente analogía. Piénsese en una línea ferroviaria. Esta formada por estaciones y depósitos de mercancías unidos por una línea de tren. En las vías, los trenes de mercancías transportan contenedores de carga; cada contenedor de carga está etiquetado con una descripción del destino final de la carga.

Ahora llevemos nuestra red de ferrocarril al mundo de las redes informáticas, nuestras computadoras son las estaciones de ferrocarril a lo largo de las vías, mientras que las propias vías son los cables que van de una computadora a otra. La carga que lleva un tren de mercancías son los datos transportados por la red (archivos informáticos, páginas Web, mensajes de correo electrónico y demás) y viajan en paquetes.

En el mundo de las redes, los paquetes juegan un papel clave en el transporte de los datos. Un paquete contiene un pequeño trozo de fragmento de datos más grande que ha sido dividido. Cada paquete contiene una cabecera que indica de dónde viene y a dónde va, llevando a cabo la misma tarea que las etiquetas con la ruta de cada contenedor de carga.

Igual que la mayoría de los ferrocarriles utilizan el mismo ancho de vía por razones de compatibilidad, ajustarse a los estándares en las redes informáticas es esencial. Análogamente, no se puede utilizar cables viejos para conectar computadoras y si se mezclan tipos de cable, nos encontramos en la misma situación que los antiguos ferrocarriles con distintos anchos de vía: los operarios tenían que transferir la carga de un tren a otro utilizando un aparato esencial, una grúa, retardando el tiempo de entrega de la mercancía.

El mismo principio se aplica cuando conectamos una red convencional a una red inalámbrica. Hacer las conexiones es como transferir los contenedores de un tren de mercancías a un avión. Los contenedores de carga siguen diciendo a dónde van dirigidos, pero hemos cambiado el rígido mundo de las vías del tren por el abierto mundo de las rutas aéreas y los aeropuertos

La optimización en el uso de los sistemas informáticos es uno de los elementos de interacción y desarrollo que rige los destinos de la ciencia informática en la actualidad. Es por ello que la aparición de las plataformas de interconexión de equipos de computación o redes informáticas, resultan ser uno de los elementos tecnológicos más importantes al momento de definir un sistema informático en una organización determinada.⁶

Hoy por hoy, las ventajas en el uso de las redes de área local LAN (Local Area Network), son uno de los avances mayormente aceptados por los consumidores informáticos a nivel mundial, al punto de que hasta a nivel doméstico se están considerando.

1.1 CLASIFICACIÓN DE REDES

Las redes se pueden clasificar de formas diferentes, según el enfoque que se le desea dar, una de las primeras clasificaciones que encontramos se refiere a su extensión, como marco introductorio es una buena referencia, dado que el manejo de una pequeña red a una de grandes extensiones difiere.

Otra forma de clasificarlas es la forma en que se comunican ya sea de forma alámbrica o de ondas que viajan por el espacio. De estas últimas, es de las que ahondaremos más dado que el tema que nos ocupa es precisamente los beneficios que traería consigo la adopción de tecnologías donde su forma de comunicación sea inalámbrica.

1.1.1 Redes WAN

Una red de área amplia o WAN (Wide Area Network), se extiende sobre un área geográfica extensa, a veces un país o un continente; contiene un número variado de nodos (hosts) dedicados a ejecutar programas de usuario (de aplicación). Los nodos están conectados por una subred de comunicación, o simplemente subred. El trabajo de la subred es conducir mensajes de un nodo a otro.

En muchas redes WAN, la subred tiene dos componentes distintos: las líneas de transmisión y los elementos de conmutación. Las líneas de transmisión (circuitos, canales o troncales) mueven bits de una máquina a otra.¹⁰

Los elementos de conmutación son computadoras especializadas que conectan dos o más líneas de transmisión. Cuando los datos llegan por una línea de entrada, el elemento de conmutación debe escoger una línea de salida para reenviarlos. Aunque no existe una terminología estándar para designar estas

computadoras, se les denomina nodos conmutadores de paquetes, sistemas intermedios y centrales de conmutación de datos. También es posible llamarles simplemente enrutadores.

En casi todas las WAN, la red contiene numerosos cables o líneas telefónicas, cada una conectada a un par de enrutadores. Si dos enrutadores que no comparten un cable desean comunicarse, deberán hacerlo indirectamente, por medio de otros dos enrutadores.

Cuando se envía un paquete de un enrutador a otro a través de uno o más enrutadores intermedios, el paquete se recibe completo en cada enrutador intermedio, se almacena hasta que la línea de salida requerida está libre, y a continuación se reenvía. Una subred basada en este principio se llama, de punto a punto, de almacenar y reenviar, o de paquete conmutado.

Casi todas las redes de área amplia (excepto aquellas que usan satélites) tienen subredes de almacenar y reenviar. Cuando los paquetes son pequeños y el tamaño de todos es el mismo, suelen llamarse celdas.

Una posibilidad para una WAN es un sistema de satélite o de radio en tierra. Cada enrutador tiene una antena por medio de la cual puede enviar y recibir. Todos los enrutadores pueden oír las salidas enviadas desde el satélite y en algunos casos pueden oír también la transmisión ascendente de los otros enrutadores hacia el satélite.

Algunas veces los enrutadores están conectados a una subred punto a punto de gran tamaño, y únicamente algunos de ellos tienen una antena de satélite. Por su naturaleza las redes de satélite son de difusión y son más útiles cuando la propiedad de difusión es importante.

1.1.2 Redes LAN

Uno de los sucesos más críticos para la conexión en red lo constituye la aparición y la rápida difusión de la red de área local como forma de normalizar las conexiones entre las máquinas.

Una LAN no es más que un medio compartido (como un cable coaxial al que se conectan todas las computadoras y las impresoras) junto con una serie de

reglas que rigen el acceso a dicho medio. La LAN más difundida, la Ethernet, utiliza un mecanismo denominado Carrier Sense Multiple Access-Collision Detect (CSMA-CD).⁶

Esto significa que cada equipo conectado sólo puede utilizar el cable cuando ningún otro equipo lo está utilizando. Si hay algún conflicto, el equipo que está intentando establecer la conexión la anula y efectúa un nuevo intento más adelante.

La Ethernet transfiere datos a 10 Mbits/seg, lo suficientemente rápido como para hacer inapreciable la distancia entre los diversos equipos y dar la impresión de que están conectados directamente a su destino.^{10,13}

Ethernet es un ejemplo de LAN. Hay topologías muy diversas (bus, estrella, anillo) y diferentes protocolos de acceso. A pesar de esta diversidad, todas las LAN comparten la característica de poseer un alcance limitado (normalmente abarcan un edificio) y de tener una velocidad suficiente para que la red de conexión resulte invisible para los equipos que la utilizan.

Además de proporcionar un acceso compartido, las LAN modernas también proporcionan al usuario multitud de funciones avanzadas. Hay paquetes de software de gestión para controlar la configuración de los equipos en la LAN, la administración de los usuarios, y el control de los recursos de la red.

Una estructura muy utilizada consiste en varios servidores a disposición de distintos (con frecuencia, muchos) usuarios. Los primeros, por lo general máquinas más potentes, proporcionan servicios como control de impresión, ficheros compartidos y correo a los últimos, por lo general computadoras personales

1.2 REDES ALÁMBRICAS

Son aquellas que utilizan alambres para conectar las computadoras individuales o grupos de computadoras y terminales a una red.

El cableado es utilizado en redes como un medio de transmisión bruto, el cual cumple la función de trasladar bits (datos) de un lugar a otro, existen varios tipos de cables con los cuales se puede efectuar la transmisión de datos o

información, dependiendo del cable utilizado se maneja la topología de la red y sus componentes.

El cable se instala normalmente en edificios por intermedio de canaletas o tubos subterráneos, los cables metálicos y coaxiales utilizan el cobre como principal material de transmisión para las redes, los cables metálicos están formados por hilos de par trenzado. El cable de fibra óptica se encuentra disponible con filamentos sencillos o múltiples, de plástico o de fibra de cristal.

Aunque el cableado parezca el elemento más simple de la red puede ser el más costoso, comprometiendo el 50% del presupuesto total.²⁸ El cableado también puede ser la mayor fuente de problemas que se presentan en la red, tanto en su instalación como en su mantenimiento, por lo tanto al hacer la instalación el cableado debe ser tomado muy en serio, ya que la mala elección o la mala instalación puede ocasionar pérdidas en un futuro cercano o probablemente usted no tenga la oportunidad de volver a hacer esta inversión nuevamente.

El cableado escogido para la red debe ser capaz de transmitir cantidades masivas a grandes velocidades y a través de grandes distancias. Esta capacidad es llamada Alto Ancho de Banda, que es importante para la transmisión de multimedia a través de la red.

1.2.1 Cable Coaxial

Presenta propiedades mucho más favorables frente a interferencias y a la longitud de la línea de datos, de modo que el ancho de banda puede ser mayor. Esto permite una mayor concentración de las transmisiones analógicas o más capacidad de las transmisiones digitales.

Su estructura es la de un cable formado por un conductor central macizo o compuesto por múltiples fibras al que rodea un aislante dieléctrico de mayor diámetro.

Una malla exterior aísla de interferencias al conductor central. Por último, utiliza un material aislante para recubrir y proteger todo el conjunto, como se puede observar en la Figura 1.1. Presenta condiciones eléctricas más

favorables. En redes de área local se utilizan dos tipos de cable coaxial: fino y grueso.

Tiene una capacidad de llegar a anchos de banda comprendidos entre los 80 Mhz y los 400 Mhz (dependiendo de si es fino o grueso). Esto quiere decir que en transmisión de señal analógica se puede tener del orden de 10,000 circuitos de voz.

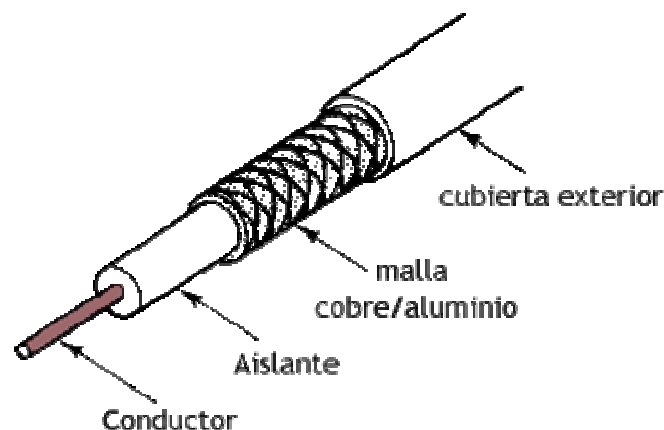


Figura 1.1 Constitución de un cable coaxial²⁶

Hay dos tipos de cable coaxial:

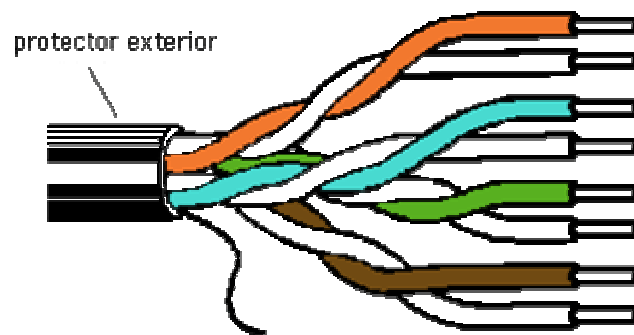
- ◆ Cable fino (Thinnet): es un cable coaxial flexible de unos 0.64 centímetros de grueso (0.25 pulgadas). Este tipo de cable se puede utilizar para la mayoría de los tipos de instalaciones de redes, ya que es un cable flexible y fácil de manejar.³
- ◆ Cable grueso (Thicknet): es un cable coaxial relativamente rígido de aproximadamente 1.27 centímetros de diámetro. Al cable Thicknet a veces se le denomina Ethernet estándar debido a que fue el primer tipo de cable utilizado con la conocida arquitectura de red Ethernet. El núcleo de cobre del cable Thicknet es más grueso que el del cable Thinnet. Cuanto mayor sea el grosor del núcleo de cobre, más lejos puede transportar las señales.^{3, 12}

1.2.2 Cable Multipar

El cable par trenzado está compuesto de conductores de cobre aislados por papel o plástico y trenzados en pares. Esos pares son después trenzados en grupos llamados unidades, y estas unidades son a su vez trenzadas hasta tener el cable terminado que se cubre por lo general por plástico.

El trenzado de los pares de cable y de las unidades disminuyen el ruido de interferencia, mejor conocido como diafonía. Los cables de par trenzado tienen la ventaja de no ser caros, ser flexibles y fáciles de conectar, entre otras.

Como medio de comunicación tiene la desventaja de tener que usarse a distancias limitadas ya que la señal se va atenuando y puede llegar a ser imperceptible; es por eso que a determinadas distancias se deben emplear repetidores que regeneren la señal.



Cable UTP (4 pares)

Figura 1.2 Representación de cable UTP²⁷

Los cables de par trenzado se llaman así porque están trenzados en pares. Este trenzado ayuda a disminuir la diafonía, el ruido y la interferencia, un ejemplo de cable de par trenzado es el que se muestra en la Figura 1.2. El trenzado es

en promedio de tres trenzas por pulgada. Para mejores resultados, el trenzado debe ser variado entre los diferentes pares.

Los cables de par trenzado son usados en las siguientes interfaces (capa física): 10Base-T, 100Base-TX, 100Base-T2, 100Base-T4, and 1000Base-T.

Existen dos tipos de cable par trenzado, el UTP (Unshielded Twisted Pair Cabling), o cable par trenzado sin blindaje y el cable STP (Shielded Twisted Pair Cabling), o cable par trenzado blindado.

UTP (Unshielded Twisted Pair Cabling)

Como el nombre lo indica, par trenzado no blindado (UTP, por sus siglas en inglés), es un cable que no tiene revestimiento o blindaje entre la cubierta exterior y los cables. El UTP se utiliza comúnmente para aplicaciones de redes Ethernet, el término UTP generalmente se refiere a los cables categoría 3, 4 y 5 especificados por el estándar TIA/EIA 568-A.

Las categorías 5e, 6, y 7 también han sido propuestos para soportar velocidades más altas. El cable UTP comúnmente incluye 4 pares de conductores. 10BaseT, 10Base-T, 100Base-TX, y 100Base-T2 sólo utilizan 2 pares de conductores, mientras que 100Base-T4 y 1000Base-T requieren de todos los 4 pares.¹²

A continuación se lista un sumario de los tipos de cable UTP.

- ◆ **Categoría 1** - Voz solamente.
- ◆ **Categoría 2** - Datos 4 Mbps.
- ◆ **Categoría 3** - UTP con impedancia de 100 ohm y características eléctricas que soportan frecuencias de transmisión de hasta 16 MHz. Definida por la especificación TIA/EIA 568-A. Puede ser usado con 10Base-T, 100Base-T4, y 100Base-T2.
- ◆ **Categoría 4** - UTP con impedancia de 100 ohm y características eléctricas que soportan frecuencias de transmisión de hasta 20 MHz. Definida por la especificación TIA/EIA 568-A. Puede ser usado con 10Base-T, 100Base-T4, y 100Base-T2.

- ♦ **Categoría 5** - UTP con 100 ohm de impedancia y características eléctricas que soportan frecuencias de transmisión de hasta 100 MHz. Definida por la especificación TIA/EIA 568-A. Puede ser usado con 10Base-T, 100Base-T4, 100Base-T2, y 100Base-TX. Puede soportar 1000Base-T, pero el cable debe ser probado para asegurar que cumple con las especificaciones de la categoría 5e (CAT 5 enhanced mejorada). CAT 5e es un nuevo estándar que soportará velocidades aún mayores de 100 Mbps y consiste de un cable par trenzado STP con 100 ohm de impedancia y características eléctricas que soportan frecuencias de transmisión de hasta 100 MHz. Sin embargo, tiene especificaciones mejoradas como NETX (Near End Cross Talk) con una más rigurosa inmunidad contra interferencias externas como el crosstalk que es causado por las interferencias de los pares adyacentes, PSELFEXT (Power Sum Equal Level Far End Cross Talk) que es el computo de señales no deseadas acopladas a múltiples transmisores cercanos al extremo de un par del extremo lejano, relativo a la señal recibida en el mismo par, y a la atenuación.¹²

En la Tabla 1.1 se muestran las cinco categorías de cables UTP con sus características en forma resumida.

Tabla 1.1 Categorías de Cables UTP

Tipo	Uso
Categoría 1	Voz solamente (cable telefónico)
Categoría 2	Datos hasta 4 Mbps (LocalTalk [Apple])
Categoría 3	Datos hasta 10 Mbps (Ethernet)
Categoría 4	Datos hasta 20 Mbps (16 Mbps Token Ring)
Categoría 5	Datos hasta 100 Mbps (Fast Ethernet)

1.2.3 Fibra Óptica

Para radiación electromagnética de muy alta frecuencia en el intervalo de la luz visible e infrarroja se utiliza un cable de fibra de vidrio que causa muy poca pérdida de energía luminosa a través de largas distancias. El diámetro de

la fibra debe ser muy pequeño con el fin de minimizar la transmisión reflectora.

La fibra transmisora central es de vidrio de baja pérdida y con índice de refracción relativamente alto. Esta se cubre con vidrio de mayor pérdida, con menor índice de refracción, para soporte y absorción de rayos que puedan escapar de la fibra central. La fuente de luz en el transmisor puede ser un diodo emisor de luz (LED) o un láser. El detector en el otro extremo es un fotodiodo o un fototransistor.

La tecnología de la fibra óptica ha avanzado muy rápidamente. Existen en la actualidad dos métodos básicos, aunque se han desarrollado muchos más para transmitir a través de un enlace por fibra. La transmisión óptica involucra la modulación de una señal de luz (usualmente apagando, encendiendo y variando la intensidad de la luz) sobre una fibra muy estrecha de vidrio (llamado núcleo).

La otra capa concéntrica de vidrio que rodea el núcleo se llama revestimiento. Después de introducir la luz dentro del núcleo ésta es reflejada por el revestimiento, lo cual hace que siga una trayectoria *zigzag* a través del núcleo.

Existen dos formas de transmitir sobre una Fibra son conocidas como transmisión en *modo simple* y *multimodo*, véase *Figura 1.3*; las cuales se describen a continuación:

Modo simple (monomodo)

Involucra el uso de una fibra con un diámetro de 5 a 10 micras. Esta fibra tiene muy poca atenuación y por lo tanto se usan muy pocos repetidores para distancias largas. Por esta razón es muy usada para troncales con un ancho de banda aproximadamente de 100 GHz por kilometro (100 GHz-km).

Una de las aplicaciones más común de las fibras monomodo es para troncales de larga distancia, en donde se emplea para conectar una o más localidades; las ligas de enlace son conocidas comúnmente como dorsales (backbone).

Multimodo

Existen dos tipos para este modo los cuales son Multimodo/Índice fijo y Multimodo/Índice Gradual. El primer tipo es una fibra que tiene un ancho de banda de 10 a 20 MHz y consiste de un núcleo de fibra rodeado por un revestimiento que tiene un índice de refracción de la luz muy bajo, la cual causa una atenuación aproximada de 10 dB/Km. Este tipo de fibra es usado típicamente para distancias cortas menores de un kilómetro.

El cable mismo viene en dos tamaños 62.5/125 micras. Debido a que el diámetro exterior es de 1 mm, lo hace relativamente fácil de instalar y hacer empalmes. El segundo tipo Índice Gradual es una cable donde el índice de refracción cambia gradualmente, esto permite que la atenuación sea menor a 5 dB/km y pueda ser usada para distancias largas.

El ancho de banda es de 200 a 1000 MHz , el diámetro del cable es de 50/125 micras. (el primer número es el diámetro del núcleo y el segundo es el diámetro del revestimiento).¹²

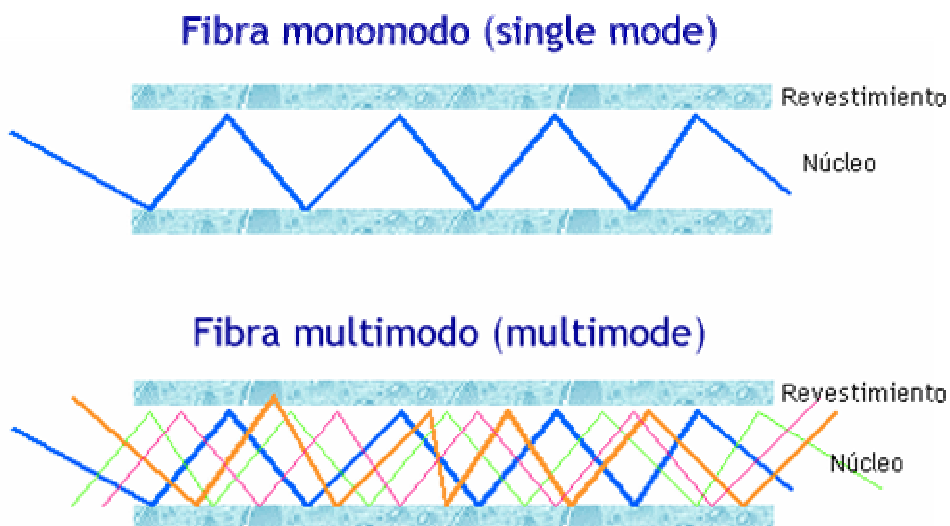


Figura 1.3 Representación de tipos de fibra óptica²⁷

1.3 REDES INALÁMBRICAS

La transmisión inalámbrica no es intuitiva, tenemos que usar tecnologías para comprender cómo va la información de un sitio a otro sin elementos físicos visibles que marquen un camino. Afortunadamente lo inalámbrico funciona, no hay más que pensar en los teléfonos inalámbricos, móviles, la radio AM y FM, los walkie-talkies las antenas de televisión por satélite. Lo inalámbrico está absolutamente presente en nuestra vida actual y sus raíces están en la física.

Las redes inalámbricas utilizan los mismos principios que rigen los teléfonos inalámbricos y todos los demás aparatos sin cables. Un transceptor (combinación de transmisor y receptor) envía señales emitiendo ondas de radiación electromagnética desde una antena, la misma antena recibe señales al vibrar los electrones por efecto de las ondas que pasan con las frecuencias apropiadas.

1.3.1 Infrarrojos

Infrarrojos son ampliamente usados en la comunicación de corto alcance. Los controles de televisores, DVDs, etc. Todos usan la comunicación infrarroja. Ellos son relativamente direccionales, baratos, y fáciles de construir, pero tiene un inconveniente mayor, ellos no atraviesan objetos sólidos. En general, a medida que nos dirigimos hacia el rango de la luz visible, las ondas se comportan cada vez más como luz y menos como ondas radio.

Por otro lado, el hecho que las ondas infrarrojas no atraviesan paredes es también una ventaja. Significa que un sistema infrarrojo en un cuarto de un edificio no puede interferir con un sistema similar en cuartos adyacentes.

Además, la seguridad de sistemas infrarrojos en contra de interferencias maliciosas es mejor que el de sistemas de radio precisamente por esta razón. Por estas razones, ninguna licencia gubernamental se necesita para operar un sistema infrarrojo, en contraste con sistemas de radio que deben ser autorizados.

Los sistemas con tecnología infrarroja pueden utilizar tres modos diferentes de radiación para intercambiar información entre receptores y transmisores:

- ◆ Punto a punto: los patrones de radiación del emisor y del receptor deben estar lo más cerca posible, para que su alineación sea correcta. Como resultado, el modo punto a punto requiere una línea de vista entre las dos estaciones a comunicarse. Este modo es usado para la implementación de redes inalámbricas infrarrojas. Token-Ring el “anillo” físico es constituido por el enlace inalámbrico punto a punto conectando a cada estación. Por otro lado la transmisión punto a punto es la que menor potencia consume, pero no debe haber obstáculos entre dos estaciones.
- ◆ Cuasi-difuso: son de emisión radial, o sea que cuando una estación emite una señal óptica, ésta puede ser recibida por todas las estaciones al mismo tiempo en la célula. En el modo cuasi-difuso las estaciones se comunican entre si, por medio de superficies reflejantes, no es necesario que las dos estaciones estén alineadas, pero si debe estar con la superficie de reflexión. Además es recomendable que las estaciones que estén cerca de la superficie de reflexión, ésta puede ser pasiva o activa, el reflector debe tener altas propiedades reflectivas y dispersivas, mientras que en las basadas en reflexión activa se requiere de un dispositivo de salida reflexivo, conocido como satélite, que amplifique la señal óptica. La reflexión pasiva requiere más energía, por parte de las estaciones pero es más fiables de usar
- ◆ Difuso: la emisión de la señal es radial y la potencia de la salida de la señal óptica de una estación debe ser suficiente para llenar completamente el total de una habitación, mediante múltiples reflexiones en paredes y obstáculos; por lo tanto la línea de vista no es necesaria y la estación se puede orientar hacia cualquier lado. El modo difuso es el más flexible, en términos de localización y posición de una estación, sin embargo esta flexibilidad está a costa de excesivas emisiones ópticas.¹⁰

1.3.2 Microondas Terrestres

El medio de comunicación conocido como microondas terrestres se compone de todas aquellas bandas de frecuencia en el rango de 1 GHz en adelante. El término "microondas" viene porque la longitud de onda de esta banda es muy pequeña (milimétricas o micrométricas), resultado de dividir la velocidad de la luz entre la frecuencia en Hertz. Pero por costumbre el término se asocia a la tecnología conocida como microondas terrestres, que utilizan un par de radios y antenas de microondas.

Tanto los operadores de redes fijas como los móviles utilizan las microondas para superar el cuello de botella de la última milla de otros medios de comunicación.

Éste es un medio de transmisión que ya tiene muchas décadas de uso: en el pasado las compañías telefónicas se aprovechaban de su alta capacidad para la transmisión de tráfico de voz. Gradualmente, los operadores reemplazaron el corazón de la red a fibra óptica, dejando como medio de respaldo la red de microondas.

Lo mismo sucedió con el video, el cual fue sustituido por el satélite. A pesar de todo, las microondas terrestres siguen conformando un medio de comunicación muy efectivo para redes metropolitanas para interconectar bancos, mercados, tiendas departamentales y radio bases celulares. Las estaciones de microondas consisten en un par de antenas con línea de vista conectadas aun radio transmisor que radian radiofrecuencia (RF) en el orden de 1 GHz a 50 GHz.

Las principales frecuencias utilizadas en microondas se encuentran alrededor de los 10-15 GHz, 18, 23 y 26 GHz, las cuales son capaces de conectar dos localidades de hasta 24 kilómetros de distancia una de la otra. Los equipos de microondas que operan a frecuencias más bajas, entre 2-8GHz, puede transmitir a distancias de entre 30 y 45 kilómetros. La única limitante de estos enlaces es la curvatura de la Tierra, aunque con el uso de repetidores se puede extender su cobertura a miles de kilómetros.

Debido a que todas las bandas de frecuencias de microondas terrestres ya han sido subastadas, para utilizar este servicio son necesarias frecuencias

permisionadas por las autoridades de telecomunicaciones; es muy frecuente el uso no autorizado de este tipo de enlaces en versiones punto-punto y punto-multipunto. En el sitio Web de la COFETEL se encuentra la lista de los permisionarios autorizados de esta banda de frecuencias.⁸

1.3.3 Microondas Vía Satélite

Básicamente, los enlaces satelitales son iguales a los de microondas excepto que uno de los extremos de la conexión se encuentra en el espacio, como se había mencionado un factor limitante para la comunicación microondas es que tiene que existir una línea recta entre los dos puntos pero como la Tierra es esférica esta línea se ve limitada en tamaño entonces, colocando sea el receptor o el transmisor en el espacio se cubre un área más grande de superficie.

Las comunicaciones vía satélite poseen numerosas ventajas sobre las comunicaciones terrestres, la siguiente es una lista de algunas de estas ventajas:

- ◆ El costo de un satélite es independiente a la distancia que vaya a cubrir.
- ◆ La comunicación entre dos estaciones terrestres no necesita de un gran número de repetidoras puesto que solo se utiliza un satélite.
- ◆ Las poblaciones pueden ser cubiertas con una sola señal de satélite, sin tener que preocuparse en gran medida del problema de los obstáculos.
- ◆ Grandes cantidades de ancho de bandas están disponibles en los circuitos satelitales generando mayores velocidades en la transmisión de voz, datos y vídeo sin hacer uso de un costoso enlace telefónico.

Estas ventajas poseen sus contrapartes, alguna de ellas son:

- ◆ El retardo entre el UPLINK y el DOWNLINK (el primero se refiere al enlace de la Tierra al satélite y el segundo del satélite a la Tierra) esta alrededor de un cuarto de segundo, o de medio segundo para una señal de eco.

- ◆ La absorción por la lluvia es proporcional a la frecuencia de la onda.
- ◆ Conexiones satelitales multiplexadas imponen un retardo que afectan las comunicaciones de voz, por lo cual son generalmente evitadas.

Los satélites de comunicación están frecuentemente ubicados en lo que llamamos Orbitas Geosincronizadas, lo que significa que el satélite circulará la Tierra a la misma velocidad en que esta rota lo que lo hace parecer inmóvil desde la tierra. Una ventaja de esto es que el satélite siempre esta a la disposición para su uso. Un satélite para estar en este tipo de órbitas debe ser posicionado a 13,937.5 Kms. de altura, con lo que es posible cubrir a toda la tierra utilizando solo tres satélites.⁸

Dentro de los servicios que presentan las comunicaciones vía satélite se encuentran las siguientes:

- ◆ Difusión de TV: el carácter multidespacho de satélites los hace especialmente adecuados para la difusión en particular, aplicación que está siendo ampliamente utilizada por la TV.
- ◆ Telefonía: los satélites proporciona enlaces punto a punto entre centrales telefónicas en las redes públicas de telefonía. Es el medio óptimo para enlaces internacionales con un alto grado de utilización.
- ◆ Redes privadas: la capacidad del canal de comunicaciones es dividido en diferentes canales de menor capacidad que se alquilan a empresas privadas que establecen su propia red sin necesidad de colocar un satélite en órbita.¹⁰

1.3.4 Ondas de Radio

Por convención, la radio transmisión en la banda entre 30 Hz y 300 MHz es llamada radio de alta frecuencia (HF) u ondas cortas. Las bandas de frecuencia dentro del espectro de HF son asignadas por tratados internacionales para servicios específicos como móviles (aeronáutico, marítimo y terrestre), radiodifusión, radio amateur, comunicaciones espaciales y radio astronomía.

La radio de HF tiene propiedades de propagación que la hacen menos confiable que otras frecuencias; sin embargo, la radio de HF permite comunicaciones a grandes distancias con pequeñas cantidades de potencia radiada.

1.4 EL MODELO OSI

El modelo OSI (*Open Systems Interconnection*) es la propuesta que hizo la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) para estandarizar la interconexión de sistemas abiertos. Un sistema abierto se refiere a que es independiente de una arquitectura específica. Se compone el modelo, por tanto, de un conjunto de estándares ISO relativos a las comunicaciones de datos.

El modelo en sí mismo no puede ser considerado una arquitectura, ya que no especifica el protocolo que debe ser usado en cada capa, sino que suele hablarse de modelo de referencia. Este modelo está dividido en siete capas:

1.4.1 Capa Física

La Capa física del modelo de referencia OSI es la que se encarga de las conexión físicas de la computadora hacia la red, en este nivel están, por ejemplo, los estándares de cable de par trenzado que se deben usar para conectar una red, la forma en que las antenas de microondas deben de estar orientadas para comunicarse, y las características de propagación de ondas radiales.

Es la encargada de transmitir los bits de información por la línea o medio utilizado para la transmisión. Se ocupa de las propiedades físicas y características eléctricas de los diversos componentes; de la velocidad de transmisión, si esta es uni o bidireccional (simplex, duplex o full-duplex). También de aspectos mecánicos de las conexiones y terminales, incluyendo la interpretación de las señales eléctricas.

Se encarga de transformar un paquete de información binaria (Frame) en una sucesión de impulsos adecuados al medio físico utilizado en la transmisión. Estos impulsos pueden ser eléctricos (transmisión por cable); electromagnéticos (transmisión Wireless) o luminosos (transmisión óptica). Cuando actúa en modo recepción el trabajo es inverso; se encarga de transformar estos impulsos en paquetes de datos binarios que serán entregados a la capa de enlace.^{7,13}

La misión principal de esta capa es transmitir bits por un canal de comunicación, de manera que cuanto envíe el emisor llegue sin alteración al receptor.

La capa física proporciona sus servicios a la capa de enlace de datos, definiendo las especificaciones eléctricas, mecánicas, de procedimiento y funcionales para activar, mantener y desactivar el enlace físico entre sistemas finales, relacionando la agrupación de circuitos físicos a través de los cuales los bits son transmitidos.

Sus principales funciones se pueden resumir como:

- ◆ Definir las características materiales (componentes y conectores mecánicos) y eléctricas (niveles de tensión) que se van a usar en la transmisión de los datos por los medios físicos.
- ◆ Definir las características funcionales de la interfaz (establecimiento, mantenimiento y liberación del enlace físico).
- ◆ Transmitir el flujo de bits a través del medio.
- ◆ Manejar voltajes y pulsos eléctricos.
- ◆ Especificar cables, conectores y componentes de interfaz con el medio de transmisión, polos en un enchufe, etc.
- ◆ Garantizar la conexión (aunque no la fiabilidad de ésta).

La forma en que estarán físicamente conectadas las estaciones en la red, el tipo de cable o medio utilizado para la comunicación entre nodos, como viajará y será codificada la información eléctricamente en la red, es definida por el nivel 1, la capa física.

La técnica utilizada para lograr que los nodos sobre la red, accedan al cable o medio de comunicación y evitar que dos o más estaciones intenten transmitir simultáneamente es trabajo del nivel 2, la capa de enlace.

Debido a que la capa 1 física y capa 2 Enlace, tiene cierta independencia del sistema operativo de red, estas son generalmente definidas por el instalador de la red, sobre la base de la conveniencia y diseño de la estructura física de la red, ambas capas están íntimamente ligadas y por lo general sobre la base de un tipo de distribución física de los nodos en la red, capa física, existe un protocolo que define la forma en que estos nodos accederán el medio físico capa de enlace.

1.4.2 Capa de Enlace de Datos

A partir de cualquier medio de transmisión debe ser capaz de proporcionar una línea sin errores. Debe crear y reconocer los límites de las tramas, así como resolver los problemas derivados del deterioro, pérdida o duplicidad de las tramas. También debe incluir algún mecanismo de regulación del tráfico que evite la saturación de un receptor que sea más lento que el emisor.

El IEEE, ha dividido la capa de enlace de datos en dos subcapas: LLC (Logical Link Control) y MAC (Media Access Control). La MAC es responsable de las técnicas de acceso al medio de transmisión y del direccionamiento físico de los dispositivos.

Mientras que en la capas superior se ubica el estándar IEEE 802.2, también conocido como LLC que define las funciones lógicas de la capa de enlace, así como la disponibilidad de SAP's (Service Access Point, campo definido en el estándar IEEE 802.2 que es parte de la especificación de una dirección), para la adecuada transmisión o recepción de información o protocolos que operan en capas superiores del modelo de referencia OSI.

En la figura 1.4 se ilustran las subcapas de la capa de enlace de datos.

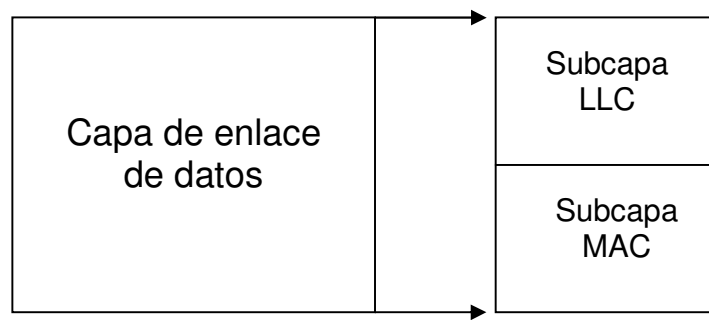


Figura 1.4 Capa de enlace de datos

1.4.3 Capa de Red

Decide el encaminamiento de los paquetes entre el origen y el destino. Este encaminamiento puede establecerse estáticamente (mediante tablas de rutas prefijadas) o bien dinámicamente (en función del tráfico de la red). También debe detectar y corregir problemas de congestión del tráfico. Un ejemplo de ellos son los enrutadores.

1.4.4 Capa de Transporte

Acepta los datos de la capa de sesión, los divide si es necesario, y los pasa a la capa de red asegurándose que llegan a su destino. Aísla a las capas superiores de cambios en el hardware de comunicaciones. Es la parte encargada de garantizar la transmisión de datos. En ella podemos encontrar los protocolos UDP, TCP, SPX.^{7, 10}

1.4.5 Capa de Sesión

Permite que usuarios de máquinas distintas establezcan sesiones entre ellos. También se encarga de la sincronización y de configurar el sentido del tráfico para que vaya en ambas direcciones a la vez o de forma alternativa.

En otras palabras, tiene la responsabilidad de asegurar la entrega correcta de la información a la siguiente capa (capa de presentación). Esta capa tiene que

revisar que la información que recibe sea correcta. Para esto la capa de sesión debe realizar algunas funciones:

1. Detección y corrección de errores.
2. Controlar los diálogos entre dos entidades que se estén comunicando, y definir los mecanismos para hacer las Llamadas a Procedimientos Remotos (RPC).

La capa de sesión permite a los usuarios de máquinas diferentes establecer sesiones entre ellos. Una sesión permite el transporte ordinario de datos, como lo hace la capa de transporte, pero también proporciona servicios mejorados que son útiles en algunas aplicaciones. Se podría usar una sesión para que el usuario se conecte a un sistema remoto de tiempo compartido o para transferir un archivo entre dos máquinas.

1.4.6 Capa de Presentación

Se ocupa de la sintaxis y semántica de la información que transmite. Opcionalmente puede encriptar o comprimir la información.¹⁰

1.4.7 Capa de Aplicación

Ofrece a las aplicaciones la posibilidad de acceder a los servicios de las demás capas y define los protocolos que utilizan las aplicaciones para intercambiar datos, como correo electrónico, gestores de bases de datos y servidor de ficheros. Hay tantos protocolos como aplicaciones distintas y puesto que continuamente se desarrollan nuevas aplicaciones el número de protocolos crece sin parar. Entre sus protocolos más conocidos destacan:

- ◆ HTTP (HyperText Transfer Protocol).
- ◆ FTP (File Transfer Protocol).
- ◆ SMTP (Simple Mail Transfer Protocol).
- ◆ POP (Post Office Protocol).
- ◆ SSH (Secure SHell).
- ◆ Telnet.

Hay otros protocolos de nivel de aplicación que facilitan el uso y administración de la red:

- ♦ SNMP (Simple Network Management Protocol).
- ♦ DNS (Domain Name Server).

En la figura 1.5 se muestra el modelo OSI.

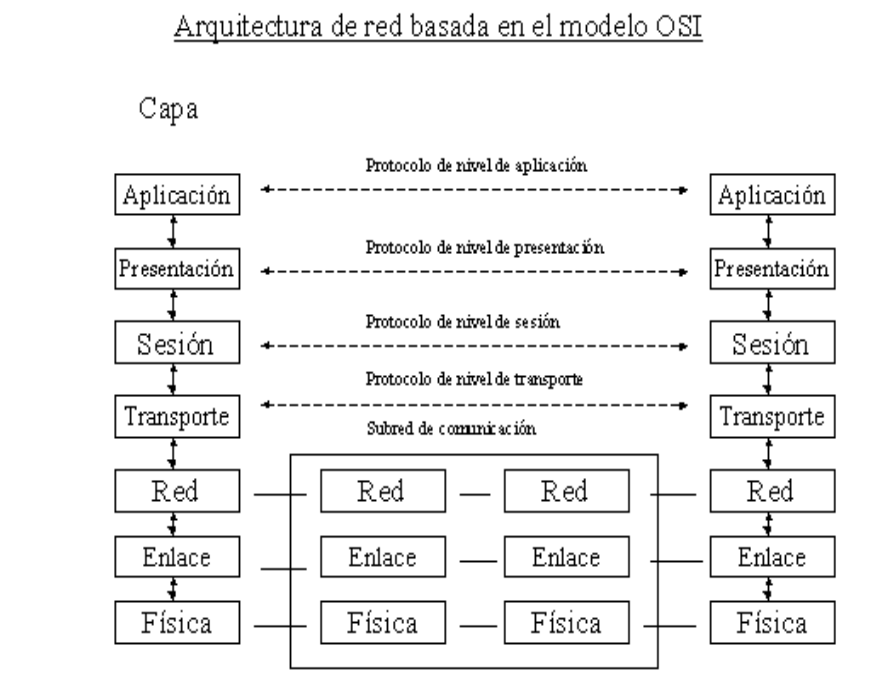


Figura 1.5 Arquitectura modelo OSI

1.5 TCP/IP

El Protocolo de Internet (IP) y el Protocolo de Transmisión (TCP), fueron desarrollados inicialmente en 1973 por el informático estadounidense Vinton Cerf como parte de un proyecto dirigido por el ingeniero norteamericano Robert Kahn y patrocinado por la Agencia de Programas Avanzados de Investigación (ARPA, siglas en inglés) del Departamento Estadounidense de Defensa. Internet comenzó siendo una red informática de ARPA (llamada ARPAnet) que conectaba redes de computadoras de varias universidades y

laboratorios en investigación en Estados Unidos. World Wide Web se desarrolló en 1989 por el informático británico Timothy Berners-Lee para el Consejo Europeo de Investigación Nuclear (CERN, siglas en francés).¹³

TCP/IP es el protocolo común utilizado por todas las computadoras conectadas a Internet, de manera que éstos puedan comunicarse entre sí. Hay que tener en cuenta que en Internet se encuentran conectadas computadoras de clases muy diferentes y con hardware y software incompatibles en muchos casos, además de todos los medios y formas posibles de conexión. Aquí se encuentra una de las grandes ventajas del TCP/IP, pues este protocolo se encargará de que la comunicación entre todos sea posible. TCP/IP es compatible con cualquier sistema operativo y con cualquier tipo de hardware.³

1.5.1 TCP/IP y el Modelo OSI

TCP/IP no es un único protocolo, sino que es en realidad lo que se conoce con este nombre es un conjunto de protocolos que cubren los distintos niveles del modelo OSI. Los dos protocolos más importantes son el TCP (Transmission Control Protocol) y el IP (Internet Protocol), que son los que dan nombre al conjunto. La arquitectura del TCP/IP consta de cinco niveles o capas en las que se agrupan los protocolos, y que se relacionan con los niveles OSI de la siguiente manera:

- ◆ **Aplicación:** Se corresponde con los niveles OSI de aplicación, presentación y sesión. Aquí se incluyen protocolos destinados a proporcionar servicios, tales como correo electrónico (SMTP), transferencia de ficheros (FTP), conexión remota (TELNET) y otros como el protocolo HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*).
- ◆ **Transporte:** Coincide con el nivel de transporte del modelo OSI. Los protocolos de este nivel, tales como TCP y UDP, se encargan de manejar los datos y proporcionar la fiabilidad necesaria en el transporte de los mismos.
- ◆ **Internet:** Es el nivel de red del modelo OSI. Incluye al protocolo IP, que se encarga de enviar los paquetes de información a sus destinos correspondientes. Es utilizado con esta finalidad por los protocolos del nivel de transporte.

- ◆ Red: Es la interfaz de la red real. TCP/IP no especifica ningún protocolo concreto, así es que corre por las interfaces conocidas, como por ejemplo: 802.2, CSMA/CD, X.25, etc.
- ◆ Físico: Análogo al nivel físico del OSI.

En la figura 1.6 se observa la estructura de la arquitectura de IP/TCP respecto del modelo OSI.



Figura 1.6 Comparación modelo OSI Y TCP/IP

El TCP/IP necesita funcionar sobre algún tipo de red o de medio físico que proporcione sus propios protocolos para el nivel de enlace de Internet. Por este motivo hay que tener en cuenta que los protocolos utilizados en este nivel pueden ser muy diversos y no forman parte del conjunto TCP/IP.

Sin embargo, esto no debe ser problemático puesto que una de las funciones y ventajas principales del TCP/IP es proporcionar una abstracción del medio de forma que sea posible el intercambio de información entre medios diferentes y tecnologías que inicialmente son incompatibles.

Para transmitir información a través de TCP/IP, ésta debe ser dividida en unidades de menor tamaño. Esto proporciona grandes ventajas en el manejo de los datos que se transfieren y, por otro lado, esto es algo común en cualquier protocolo de comunicaciones. En TCP/IP cada una de estas unidades de información recibe el nombre de "datagrama" (*datagram*), y son conjuntos de datos que se envían como mensajes independientes.

En este capítulo se han sentado las bases para el entendimiento de lo que son las redes en términos generales, intentando ser un capítulo introductorio donde se describe de una forma rápida la clasificación de redes, dando una vista amplia a los medios que hoy en día son los más ocupados para la transmisión de información y la forma en que estos pueden interactuar entre si.

Definiendo entre medios alámbricos e inalámbricos, y como entran dentro de modelos de conexión a gran escala como lo es el OSI, sin embargo, para nuestro estudio es benéfico dar un vistazo a la teoría electromagnética de donde emanan las bases para la comunicación inalámbrica, con ello lograremos una comprensión más clara de cómo trabajan este tipo de tecnologías. Y es precisamente de eso, lo que tratara el siguiente capítulo.

CAPÍTULO 2

USO Y MANEJO DEL ESPECTRO EN FRECUENCIA

El electromagnetismo pertenece a una rama de la física, éstas desempeñan un papel central en la comprensión del funcionamiento de varios dispositivos como:

- ♦ Radios.
- ♦ Televisores.
- ♦ Motores eléctricos.
- ♦ Computadores.
- ♦ Aceleradores de alta energía, y otros dispositivos electrónicos que se utilizan en medicina.
- ♦ Celulares, entre otras muchas aplicaciones.

La evolución de las redes de telecomunicación ha dependido del desarrollo de materiales conductores, la explotación del espectro radioeléctrico y el diseño de artefactos para generar y recibir radiaciones. Por ello, las telecomunicaciones son fruto de los cambios de la física desde antes de la primera revolución industrial, aunque su desarrollo se hace presente desde el siglo XIX.

Los aportes científicos y tecnológicos de la electrónica, microelectrónica, ciencia de materiales y el espacio, óptica, cibernética, entre otros, ya en el siglo XX incidieron directamente en el perfeccionamiento de las primeras redes y la diversificación de servicios.

Los estudios sobre electricidad y magnetismo se iniciaron a mediados del siglo XVII, considerándose como dos fenómenos distintos y separados. Las investigaciones sobre el magnetismo no se realizaban con el mismo interés que la primera, aunque desde antes de la Era Cristiana, los chinos utilizaban piedras-imanés como brújulas.

Entre los estudios sobre magnetismo, sobresalen desde principios del siglo XVII, el del inglés William Gilbert que en 1600 publicó el libro *De Magnete* donde consideraba a la tierra como un gran imán girando en el espacio y

establecía una base racional para comprender el movimiento de la aguja de una brújula y su atracción hacia los polos norte y sur de la tierra.

Para Inglaterra, esto significó, en momentos en que poseía la marina más poderosa del mundo, un pilar estratégico para la navegación comercial y la conquista de territorios. Curiosamente, por esa misma fecha, Gilbert fue nombrado médico de la Reina. Para 1675, el físico irlandés Robert Boyle (1627-1691) construyó una bomba de vacío lo suficientemente eficiente para probar que el magnetismo funcionaba bien tanto en el vacío como en la atmósfera.

En este mismo siglo, los experimentos para generar, almacenar y conducir electricidad fueron constantes. El físico alemán Otto von Guericke (1602-1682) generó electricidad en laboratorio cuando construyó en 1665 el globo rotatorio o esfera que producía chispas por fricción.

La máquina de Guericke consistía en una gran esfera de cristal que contenía sulfuro, se montaba sobre un eje con manivela y al hacerla girar a gran velocidad tocaba una tela de tal forma que soltaban chispas entre dos bornes separados que hacían contacto con la esfera por medio de unas escobillas.^{24, 25}

En 1729, el inglés Stephen Gray (1666-1736) descubrió la manera de transmitir electricidad por frotamiento de varillas de vidrio. Posteriormente, en 1745, el prusiano Ewald Ch. von Kleist (1715-1759) realizó experimentos para acumular electricidad; en una botella de cristal medio llena de agua y sellada con un corcho, introdujo un clavo hasta hacerlo tocar el agua, luego aproximó la cabeza del clavo a una máquina de fricción para comunicarle carga; al poner en contacto la cabeza del clavo a un cuerpo no electrificado para ver si había capturado electricidad, saltó una potente chispa que estremeció su brazo. Había descubierto que la energía se puede almacenar.

Años después, en 1753, el estadista y politólogo norteamericano Benjamin Franklin (1706-1790) hizo descender una corriente eléctrica de una nube tormentosa, sometió a prueba el pararrayos e ideó la manera de conservar la carga eléctrica.

El francés Charles Coulomb (1736-1806), encontró en 1785 la forma de medir la electricidad y el magnetismo. Finalmente en 1795 el físico italiano Alessandro Volta (1745-1827) consiguió producir y almacenar electricidad. Volta creyó que la electricidad procedía de los metales, por lo que construyó

una pila voltaica o batería de pares de discos, uno de zinc y otro de plata, separando cada par por una piel o un disco de papel.

Estos discos absorbentes que separaban los metales fueron empapados con una solución (agua salada o vinagre). Este descubrimiento aclaró que, en efecto, para almacenar energía se necesitaban dos tipos de metal y productos químicos para producir chispas, tal como lo venía sosteniendo el italiano Luigi Galvani (1737-1798), quien al realizar la disección de una rana cerca de una máquina generadora observó que se había producido una chispa entre la rana y la máquina, lo que le hizo pensar que había descubierto una fuente de electricidad en los animales.^{24, 25}

2.1 ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

En cualquier tipo de comunicación se emplea el proceso de enviar de alguna forma energía electromagnética a través de líneas de transmisión, la cual viaja en formas de ondas conocidas como ondas electromagnéticas con el objetivo de poder llevar la información desde la fuente donde se origina hasta el destinatario final para el que va dirigido, debido a esto resulta de importancia fundamental el caracterizar dichas ondas, o dicho de otra manera, de clasificarlas de acuerdo a las propiedades que éstas prestan. Para darse una idea se muestra en la Figura 2.1 una representación del espectro electromagnético.

Por todo lo anterior, se deduce que las ondas electromagnéticas son la manera en que se propaga la radiación electromagnética, que no es más que una transferencia de energía generada por las oscilaciones de cargas eléctricas en movimiento (corriente eléctrica).

Dicha oscilaciones de carga en movimiento al tener una cierta frecuencia, producirán, de acuerdo con las leyes de Maxwell, que rigen todo fenómeno electromagnético conocido, un campo magnético variante rodeando a la corriente eléctrica generada, el cual cambiará precisamente su dirección de acuerdo a la manera que oscilen las descargas.

No obstante las leyes de Maxwell también establecen un campo magnético variable inducirá también un campo eléctrico variante en el tiempo el cual es fuente del campo magnético mismo, por lo que se producirá un proceso de

inducción mutua, lográndose así el fenómeno de radaciación (liberación de energía electromagnética dirigida hacia fuera de las cargas) cuya intensidad estará en función de que tan rápido se aumenten los campos.

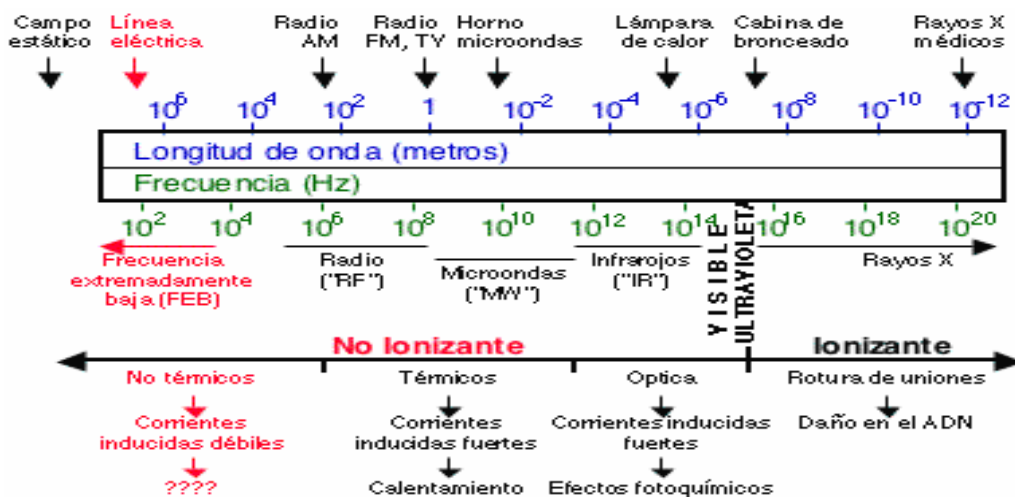


Figura 2.1 Espectro electromagnético²²

Las oscilaciones se presentan con una cierta frecuencia, por lo cual, las ondas generadas cambiarán las direcciones de sus campos electromagnéticos una cierta cantidad de veces en una unidad de tiempo (generalmente se usa el segundo, obteniéndose de esta forma la unidad conocida como Hertz).⁹

La velocidad con que cambian estos campos, influirá directamente en ciertas propiedades de las ondas generadas, por lo que una primera clasificación que resulta obvia al analizar estos argumentos es la de usar la propiedad de frecuencia, con lo que se obtiene algo llamado en física espectro electromagnético.

Vale la pena señalar que aunque esta clasificación es la más común, este espectro se puede obtener equivalentemente al ampliar la longitud de la onda como propiedad para distinguir las ondas, debido a que existe una relación directa entre ésta y frecuencia las dos clasificaciones resultan ser igualmente útiles, toda vez que en la práctica se emplean ambas, prefiriéndose en ocasiones una de la otra de acuerdo a la aplicación o al sistema de telecomunicaciones de que se trate.

2.2 ESPECTRO RADIOELÉCTRICO

La asignación de bandas del espectro varía de país a país. En el caso de México, se puede consultar el cuadro de atribución de frecuencias en el Área de Ingeniería y Tecnología de la COFETEL en la siguiente dirección: www.agitec.gob.mx/cuadro/index_espectro.htm

Cada subconjunto o banda de frecuencia dentro del espectro electromagnético tiene propiedades únicas que son el resultado de cambios en la longitud de onda. Por ejemplo, las frecuencias medias (MF, por Medium Frequencies), que van de los 300 kHz a los 3 MHz, pueden ser radiadas a lo largo de la superficie de la Tierra sobre cientos de kilómetros, perfecto para las estaciones de radio de amplitud modulada (AM) de la región.

Las estaciones de radio internacionales usan las bandas conocidas como ondas cortas (SW, por Short Wave) en la banda de HF (High Frequency), que va desde los 3 MHz a los 30 MHz. Este tipo de ondas pueden ser radiadas a miles de kilómetros y son rebotadas de nuevo a la Tierra por la ionosfera como si fuera un espejo.

Las estaciones de frecuencia modulada (FM) y televisión utilizan las bandas conocidas como VHF (Very High Frequency) y UHF (Ultra High Frequency), localizadas de los 30 MHz a los 300 MHz y de los 300 MHz a los 900 MHz, respectivamente.⁹

La ventaja de usar este tipo de bandas de frecuencia para comunicaciones locales permite que docenas de estaciones de radio FM y televisoras en ciudades diferentes puedan usar frecuencias idénticas sin causar interferencia entre ellas. Cada una de las subbandas del espectro electromagnético proveen un servicio diferente, lo que nos permite hablar por un teléfono celular, escuchar la radio o ver la televisión, sin que un servicio interfiera con el otro.

Tabla 2.1 Espectro Radioeléctrico

<i>Número de la banda</i>	<i>Símbolos (en inglés)</i>	<i>Gama de frecuencias (excluido el límite inferior, pero incluido el superior)</i>	<i>Subdivisión métrica correspondiente</i>	<i>Abreviaturas métricas para las bandas</i>
4	VLF	3 a 30 kHz	Ondas miriamétricas	B. Mam
5	LF	30 a 300 kHz	Ondas kilométricas	B. km
6	MF	300 a 3 000 kHz	Ondas hectométricas	B. hm
7	HF	3 a 30 MHz	Ondas decamétricas	B. dam
8	VHF	30 a 300 MHz	Ondas métricas	B. m
9	UHF	300 a 3 000 MHz	Ondas decimétricas	B. dm
10	SHF	3 a 30 GHz	Ondas centimétricas	B. cm
11	EHF	30 a 300 GHz	Ondas milimétricas	B. mm
12	-	300 a 3 000 GHz	Ondas decimilimétricas	-

Nota 1: «La banda N» (N= número de la banda) se extiende de 0.3×10^N Hz a 3×10^N Hz.

Nota 2: Prefijos k= kilo (10^3), M (10^6), G (10^9)¹⁷

El espectro radioeléctrico tal como se puede apreciar en la Tabla 2.1, es una gama de frecuencias dentro de lo que es el espectro electromagnético. Las radiaciones electromagnéticas que emplean ondas cuyas frecuencias se encuentran en este rango se encuentran tienen como característica común que se usan para transmitir información mediante antenas en los sistemas de radio comunicaciones debido a sus propiedades de propagación.

Así como el espectro electromagnético se encuentra dividido, el radioeléctrico también lo está, y el organismo internacional que se dedicó lo correspondiente con él fue la UIT o ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones) la cual la subdivide en 9 bandas empezando con el numero 4 y terminando con el 12^{15, 19}, como se ve en la siguiente figura.



Figura 2.2 Espectro radioeléctrico¹⁷

Vale la pena destacar que las frecuencias localizadas por debajo de la banda 8 (menores a los 30 MHz) tienen la propiedad de ser reflejadas o absorbidas por la ionosfera. Las bandas 8 y 9, así como la parte baja de la 10, se denomina como ventana principal de radio.

Las frecuencias dentro de la banda 11 presentan gran absorción debido a gases atmosféricos. Tanto en la banda 11 como en la 12 se tienen fuertes atenuaciones si existen lluvias intensas.

De cualquier manera, en estas dos últimas bandas existen pequeñas ventanas entre los picos de absorción con lo que es posible trabajar con ellas, aunque en la práctica únicamente se pueda encontrar comercialmente en equipos de comunicaciones que trabajan a frecuencias menores de 50 GHz por dificultades de la electrónica de los mismos.

2.3 ESPECTRO DISPERSO

La transmisión de señales de forma convencional en sistemas AM y FM fue concebida para concentrar la energía de la señal dentro de una banda angosta y alrededor de una frecuencia central. En este planteamiento la eficiencia del sistema depende de cuanta cantidad de energía pueda ser concentrada en esa banda lo que está ligado de manera directa al ancho de banda de la señal a transmitir.

En los sistemas con espectro disperso, la concepción es opuesta a la convencional, la energía de la señal es dispersada sobre un gran ancho de banda, de esta manera se consiguen propiedades particulares que proveen de ventajas muy deseables a estos sistemas con relación a otros.

Estas ventajas incluyen una gran inmunidad a interferencias intencionales o no, en comparación a señales con espectro no dispersado (lo que fue la principal característica que hizo popular su uso en sistemas militares), además de un mejor rechazo al ruido, la propiedad de minimizar el efecto de propagación multicamino, (apreciado sobre todo en sistemas de comunicación urbanos), también la posibilidad de comunicaciones con cierto grado de privacidad y de acceso aleatorio, y comunicaciones simultáneas utilizando la misma frecuencia, es decir el mismo ancho de banda, (multiplexación por división de código *code-division multiplexing*).

La mayoría de autores concuerdan en que un sistema de espectros dispersos es tal, si satisface ciertos criterios, como:

- ◆ El ancho de banda de la señal transmitida con espectro disperso debe ser mucho más grande que el ancho de banda de la señal de información original.
- ◆ El ancho de banda de transmisión esta determinado por una función que es independiente del mensaje y que es conocida por el transmisor.²

2.3.1 Referencias Históricas

Los sistemas de espectros dispersos, surgieron como consecuencia de necesidades militares durante la época de la segunda guerra mundial donde se necesitaba realizar comunicaciones a distancia sin ser interceptadas o sin que una señal de interferencia (o *jamming*) las destruyera.

Los antecedentes se remontan a los años 20 con la invención del RADAR en este aspecto son importantes los trabajos de E. Huttman (Alemania) y R. H. Dickie (EE.UU.), conceptos teóricos importantes desarrollados, tales como el artículo "Generalized Harmonic Analysis" de Norbert Wiener (MIT), el concepto de filtros de máxima similitud o *matched filter* (mediados de los

'40), el desarrollo de la teoría de la comunicación de Shanon (1947), y en ese mismo año la formación del Institute of Radio Engineers (IRE) (1953) por parte de Lee, Wiesner y Cheatham del M.I.T contribuyeron grandemente a construir los fundamentos en este campo.

Años antes, el 11 de agosto de 1942 Hedy Lamarr presenta una patente titulada como "Secret Communications Technique" (que representa el primer documento público sobre esta tecnología) donde se da el inicio formal de los fundamentos sobre esta teoría, sin embargo probablemente un científico llamado Armstrong ya habría realizado experimentos con una apreciación similar entre los años 20's y 30's utilizando transmisores de FM de banda ancha.²³

La investigación continuó en este campo, y los equipos para aplicaciones comerciales no aparecerían (en mayor parte por inconvenientes económicos), hasta principios de los 90's.

En 1993 el Comité Federal de Comunicaciones (FCC), de los EE.UU, autoriza la operación sin licencia de sistemas de espectros disperso con enlaces de radio y potencia de transmisión de hasta 1W en las bandas ICM (Industrial, científica y médica), de 902 a 928 MHz, 2,4 a 2.4835 GHz y 5.725 a 5.85 GHz.¹⁹

La tecnología de espectros dispersos es hoy aplicada en telefonía celular, transmisión de datos inalámbrica, redes de comunicación personal (PCN), redes de área local inalámbricas (WLAN), navegación, comunicaciones por satélite, medida de distancias, medida de retardos, prueba de sistemas, etc.

2.3.2 Secuencias Pseudo Aleatorias

Una secuencia pseudo aleatoria o de pseudo ruido (*Pseudo Noise*-PN) es un conjunto de señales binarias (funciones del tiempo), de cierta longitud y periódicas, dentro de cada periodo la señal presenta una relación que puede aproximarse a una señal aleatoria (no siéndola), sin embargo y a pesar de que se puede definir tal señal como una función, en la práctica es más conveniente un análisis estadístico de tales señales.

El tiempo de *chip* en estas señales es definido como el periodo de la secuencia entre su número de elementos o estados. Una secuencia pseudo aleatoria es utilizada en sistemas de espectro disperso para lograr el aumento de ancho de banda de la señal en banda base y como una forma de codificación de la información, de manera de conseguir las propiedades antes mencionadas para estos sistemas, ambos, los sistemas de transmisión y recepción comparten un código idéntico para conseguir la demodulación que de otro modo no sería posible.

2.3.3 Tipos de Sistemas de Espectro Disperso

Existen 3 tipos básicos de sistemas de espectro disperso los cuales pueden combinarse de manera de aprovechar ciertas ventajas de unos u otros sistemas:

Salto de frecuencia (FHSS, Frequency-Hopping Spread Spectrum)

Con esta técnica, los dispositivos receptores y emisores se mueven sincrónicamente manteniendo un patrón predeterminado de forma que saltan de una frecuencia a otra al mismo tiempo y en intervalos de tiempo fijos.

Las frecuencias utilizadas para los saltos y el orden de utilización se denomina patrón de salto (hopping pattern). El tiempo de permanencia en cada frecuencia (dwell time) debe ser muy corto (menor que milisegundos) para evitar interferencias (tanto el dwell time como el hopping pattern están sujetos a restricciones por parte de los organismos de regulación).

Este mecanismo, convenientemente sincronizado, actúa como si hubiera un único canal lógico: únicamente aquel receptor sincronizado con el transmisor y que tenga exactamente el mismo código de salto, podrá acceder a las frecuencias correspondientes y extraer la información. Esta técnica la utilizan los estándares Bluetooth y HomeRF.

Secuencia directa (DSSS, Direct Sequence Spread Spectrum)

Con esta técnica, la información a transmitir se mezcla con un patrón pseudoaleatorio de bits para extender los datos antes de que se transmitan (el funcionamiento consiste en desplazar la fase de una portadora mediante una secuencia de bits muy rápida, diseñada de forma que aparezcan aproximadamente el mismo número de ceros que de unos).

Esta secuencia, un código Barker también llamado código de dispersión o PseudoNoise, se introduce sustituyendo a cada bit de datos y puede ser de dos tipos, según sustituya al cero o al uno lógico). Es decir, cada bit transmitido se modula por medio de la secuencia de bits de código del patrón de referencia, a cada bit de código se le denomina chip.

Cambio o Salto En El Tiempo (*Time Hopping*)

En estos sistemas un bloque de bits de datos es comprimido y transmitido a mayor velocidad dentro de intervalos de tiempo, determinados por una secuencia pseudo aleatoria para su transmisión por radio frecuencia.

2.4 MODULACIÓN

La modulación es la alteración sistemática de los parámetros de una onda llamada portadora (en ingles se dice carrier) en función del voltaje instantáneo de otra onda llamada mensaje o moduladora.

La portadora es generalmente una onda senoidal teóricamente pura:

$$c(t) = E_c \cos (\omega_c t + \phi)$$

El mensaje o señal moduladora es la información que queremos transmitir y nunca tiene una ecuación que la defina.

Para la transmisión de datos digitales, existen principalmente tres métodos de modulación que permiten alterar el ancho de banda sobre el cual será enviada la información. Estos tres métodos son muy empleados debido a su relativa sencillez y a que son ideales para la transmisión de datos digitales, ellos son, el ASK (Amplitude Shift Keying), FSK (Frequency Shift Keying) y PSK (Phase Shift Keying) por costumbre, se conocen por sus nombres en inglés.⁴

2.4.1 ASK (Amplitude Shift Keying)

Consiste en cambiar la amplitud de la senoide entre dos valores posibles; si uno de los valores es cero se le llama OOK (On-Off keying). La aplicación más popular de ASK son las transmisiones con fibra óptica ya que es muy fácil "prender" y "apagar" el haz de luz; además la fibra soporta las desventajas de los métodos de modulación de amplitud ya que posee poca atenuación. Otra aplicación es el cable transoceánico.

2.4.2 FSK (Frequency Shift Keying)

Consiste en variar la frecuencia de la portadora de acuerdo a los datos. Si la fase de la señal FSK es continua, es decir entre un bit y el siguiente la fase de la senoide no presenta discontinuidades. GFSK (Gaussiano Frequency Shift Keying) se rige bajo los mismos lineamientos que FSK, a diferencia que se pasa por un filtro Gaussiano antes de pasar por el modulado FSK, que ayuda a reducir el ancho de banda, mejorando así el modulado de la señal.

2.4.3 PSK (Phase Shift Keying)

Aunque PSK no es usado directamente, es la base para entender otros sistemas de modulación de fase multinivel. Consiste en variar la fase de la senoide de acuerdo a los datos. Para el caso binario, las fases que se seleccionan son 0 y 1.

2.4.4 OFDM (Orthogonal Frequency-division Multiplexing)

Orthogonal Frequency-division Multiplexing (multiplexado por división de frecuencia ortogonal OFDM) es un método de modulación digital en el cual cada señal se separa en varios canales de banda angosta a diferentes frecuencias. La tecnología se concibió inicialmente en los años 60 y 70 durante investigaciones para minimizar la interferencia entre canales cercanos uno al otro en frecuencia.

En algunos aspectos, el OFDM es similar a la multiplexación por división de frecuencia tradicional (FDM), con la diferencia básica siendo la forma en que las señales se modulan y remodulan. La prioridad se le da a la minimización de interferencia o cruce entre los canales y símbolos en flujo de datos. Se le da menos importancia al perfeccionamiento de los canales individuales.

2.5 ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS

Las ondas electromagnéticas son aquellas producidas por la oscilación o la aceleración de una carga eléctrica. Las ondas electromagnéticas tienen componentes eléctricos y magnéticos. La radiación electromagnética se puede ordenar en un espectro que se extiende desde ondas de frecuencias muy elevadas (longitudes de onda pequeñas) hasta frecuencias muy bajas (longitudes de onda altas). La luz visible es sólo una pequeña parte del espectro electromagnético.

Por orden creciente de longitudes de onda (orden decreciente de frecuencias), se ha confeccionado una escala denominada espectro electromagnético. Esta escala indica que la longitud de onda (λ) puede ser desde miles de metros hasta 0,3 m aproximadamente en el caso de las ondas de radio; desde allí hasta 1 mm las microondas; desde el milímetro hasta los 780 nm tenemos a los rayos infrarrojos.

La luz visible es una franja estrecha que va desde los 780 nm hasta los 380 nm. La luz ultra violeta se encuentra entre los $3.8 \cdot 10^{-7}$ m y los 10^{-9} m (entramos en la medida de los nanómetros). Los rayos x se ubican entre 10^{-9} m y 10^{-11} m. Los rayos gamma están entre los 10^{-11} m y 10^{-17} m.¹²

La medida de las λ suelen medirse en nanómetro, o nm, que es una millonésima de milímetro. 10^{-9} m = 1 nm como se observa en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2 Medida de frecuencia de onda¹²

Ondas	Radio AM	Onda Corta	Radio FM	Microondas	Infrarrojos	Ultravioleta	Rayos x	Rayos Gamma
λ (cm)	$3 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^2$	3	10^{-3}	10^{-6}	10^{-8}	10^{-10}

Las ondas electromagnéticas no necesitan un medio material para propagarse. Así, estas ondas pueden atravesar el espacio interplanetario e interestelar y llegar a la Tierra desde el Sol y las estrellas. Independientemente de su frecuencia y longitud de onda, todas las ondas electromagnéticas se desplazan en el vacío a una velocidad $c = 299.792$ km/s.

Todas las radiaciones del espectro electromagnético presentan las propiedades típicas del movimiento ondulatorio, como la difracción y la interferencia. Las longitudes de onda van desde billonésimas de metro hasta muchos kilómetros.

La longitud de onda (λ) y la frecuencia (f) de las ondas electromagnéticas, relacionadas mediante la expresión $\lambda \cdot f = c$ son importantes para determinar su energía, su visibilidad, su poder de penetración y otras características.

Las ondas electromagnéticas dentro de una atmósfera uniforme se desplazan en línea recta, y como la superficie terrestre es prácticamente esférica, la comunicación radiofónica a larga distancia es posible gracias a la reflexión de las ondas de radio en la ionosfera.

Las ondas radiofónicas de longitud inferior a unos 10 m, que reciben los nombres de frecuencias muy altas, ultra elevada y súper elevada (VHF, UHF y

SHF), no se reflejan en la ionosfera; así, en la práctica, estas ondas muy cortas sólo se captan a distancia visual.

Las longitudes de onda inferiores a unos pocos centímetros son absorbidas por las gotas de agua o por las nubes; las inferiores a 1.5 cm pueden quedar absorbidas por el vapor de agua existente en la atmósfera limpia.

Las ondas de frecuencia audio hay que mezclarlas con ondas portadoras para poder ser emitidas por la radio. Es necesario modificar la frecuencia (ritmo de oscilación) o la amplitud (altura) mediante un proceso denominado modulación. Estos dos procesos explican la existencia de los dos tipos de estaciones AM o FM en la radio. Las señales son totalmente diferentes, por lo que no pueden recibirse simultáneamente.

2.6 BANDAS DE FRECUENCIA EN MÉXICO

Conviene tener presente que en los artículos 124 y 125 del Reglamento de Telecomunicaciones de México, se hace alusión a los equipos para aplicaciones Industriales, Científicos y Médicos (ICM) y, en particular, dichos equipos operan entre otras en las bandas de 902 a 928 MHz; 2 400 a 2 483,5 MHz y 5 725 a 5 850 MHz.

Por tanto, los equipos ICM no son equipos de radiocomunicación, debido a que no transmiten información, deben convivir y ser protegidos por parte de los sistemas de espectro disperso, conforme a los artículos 124 y 125 mencionados.

Los equipos ICM son dispositivos que producen una energía de radiofrecuencia, sin embargo, conviene aclarar que la utilizan internamente para generar efectos de tipo físico, mecánico, biológico y/o químico.

Entre las aplicaciones ICM típicas tenemos las siguientes: Calefacción industrial en procesos de manufactura, diatermia médica, aceleración de partículas cargadas, transductores electromecánicos para producir energía mecánica ultrasónica, ultrasónicos domésticos, limpiadores domésticos de joyería. Por tanto, no son de telecomunicación.

Por otra parte los equipos con técnica de espectro disperso son equipos de radiocomunicación que tienen aplicaciones internas (interiores de oficina, por ejemplo: conexión de redes de área local) y externas (intercomunicar edificios) y que dependerán de la ocupación y asignación del espectro radioeléctrico.

Básicamente, se identifican tres bandas de frecuencia factibles para operarse en México, siempre y cuando se cumplan con las regulaciones que se especifican en esta Norma. Tales bandas son 902 a 928 MHz; 2 400 a 2 483,5 MHz y 5 725 a 5 850 MHz.

En México, la banda de frecuencias de 902 a 928 MHz está atribuida al servicio fijo para transmisión de datos y al servicio de radiolocalización para radares meteorológicos.

También en esta banda operan los equipos ICM, por lo que dichos equipos y servicios deben ser debidamente protegidos de las posibles interferencias que los equipos de espectro disperso pudieran ocasionarles, adicionalmente en esta banda operan sistemas de radiocomunicación de Pronósticos Deportivos los cuales tiene reservados para su uso un segmento de esta banda, quedando disponibles para aplicaciones de área amplia sólo los segmentos 902 a 907,2 MHz y 922,8 a 928 MHz.

La banda de frecuencias de 2 400 a 2 500 MHz está atribuida en otros países para los sistemas de espectro disperso. En México sólo se considera el segmento de 2 400 a 2 483,5 MHz en aplicaciones de área local y restringida, y de 2 450 a 2 483,5 MHz como factible para enlaces de área amplia.

Lo anterior se debe a que en la banda 2 300 a 2 450 MHz operan sistemas de distribución múltiple de señales (enlaces punto-multipunto), cuyos repetidores se ubican en cerros altos a lo largo de nuestro país, y también se aplica para la transmisión de datos dentro de las ciudades más pobladas. Asimismo, la banda de 5 725 a 5 850 MHz puede ser utilizada para aplicaciones de espectro disperso.

Las tecnologías inalámbricas usan como medio de transmisión de información el aire, basan su funcionamiento en la teoría electromagnética como se ha

visto a lo largo de este capítulo, sin embargo el espectro electromagnético es un bien limitado que se debe administrar para su mejor aprovechamiento.

Las tecnologías inalámbricas cuentan con sus propias restricciones y formas de operación. Conforme han ido creciendo este tipo de comunicaciones se han lanzado diferentes estándares de comunicación para que exista interoperatividad entre equipos, en el siguiente capítulo revisaremos los que en la actualidad tienen un mayor impacto en el mercado, y cómo se han hecho intentos por parte del gobierno mexicano para darles un marco jurídico viable bajo las condiciones que imperan en nuestro país.

CAPÍTULO 3

REGLAMENTACIÓN DE REDES INALÁMBRICAS

Las redes de área local inalámbrica denominada WLAN o RLAN (Wireless Local Access Networks o Radio Local Area Networks) por sus siglas en inglés, tienen la capacidad para ofrecer el servicio público de acceso de banda ancha a las redes de datos y a Internet a diferentes tipos de usuarios.⁶

Las tecnologías empleadas en las redes de área local inalámbrica han utilizado tradicionalmente las técnicas de espectro disperso, como son Secuencia Directa y Salto de Frecuencias, que operan en las bandas de 2.4 y 5.7.

Además recientemente se han introducido nuevas tecnologías de modulación digital que tienen características de espectro muy similares a los sistemas de espectro disperso, tales como *Orthogonal Frequency Division Multiplex (OFDM)* que opera en las bandas de frecuencias de 5.7 GHz.

Sin embargo, en México estas bandas de frecuencias a la fecha aún no han sido declaradas de uso libre, de conformidad con el artículo 10 de la Ley Federal de Telecomunicaciones, por lo que no obstante de haber sido previstas sus aplicaciones con tal carácter en el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias que publicó la COFETEL el 11 de enero de 1997 en el DOF (Diario Oficial de la Federación), para el año de 2004 todavía no pueden ser utilizadas como tales.²¹

A finales de 2004, existe gran diversidad de productos y soluciones desarrolladas y probadas de redes de área local inalámbrica, para prestar los servicios a usuarios residenciales y comerciales, mediante redes para acceso público (hoteles, centros de convenciones, aeropuertos, áreas comunitarias, campos universitarios, hospitales, etc.), así como para proporcionar servicios de acceso a la Internet a altas velocidades, para e-Mail, y conectarse a una red privada, corporativa o privada virtual.

Algunos de los ejemplos de tecnologías más representativas son Wi-Fi, Bluetooth y Home RF enfocadas a diferentes mercados y soluciones.

Adicionalmente, diversos esfuerzos se llevan a cabo alrededor del mundo para hacer accesible esta tecnología a proveedores y consumidores, usando bandas que no requieren licencia, permiso o concesión para su uso, a fin de promover la introducción de modernas aplicaciones, por lo que simultáneamente se diseñan mecanismos y se fijan parámetros de operación, en tal forma que se permita compartir estas bandas con otros sistemas de radiocomunicaciones en

una convivencia que no provoca interferencias perjudiciales y maximiza el uso del espectro.

3.1 ANTECEDENTES

La primera red inalámbrica fue desarrollada en la University of Hawaii en 1977 para enlazar las computadoras de cuatro islas sin utilizar cables de teléfono. Las redes inalámbricas entraron en el mundo de las computadoras personales en los 80's, cuando la idea de compartir datos entre computadoras se estaba haciendo popular.

Algunas de las primeras redes inalámbricas no utilizan las ondas de radio sino que utilizaban, tranceptores (transmisores-receptores) de infrarrojos. Desgraciadamente, los infrarrojos no terminan de despegar porque ese tipo de radiación no puede atravesar los objetos físicos, por tanto requiere un paso libre en todo momento, algo difícil de conseguir en la mayoría de los lugares. (Además, incluso los infrarrojos modernos siguen teniendo un ancho de banda muy bajo).¹⁴

Las redes inalámbricas basadas en radio despegaron a principios de los 90's cuando la potencia de los chips llegó a ser suficiente para gestionar los datos transmitidos y recibidos a través de conexiones de radio. Sin embargo, estas primeras implementaciones eran caras y eran productos de marca: no se podían comunicar unas con otras.

Las redes incompatibles están abocadas al fracaso, de modo que, a mediados de los 90's, la atención se centro entorno al estándar IEEE 802.11 para comunicaciones inalámbricas. Las primeras generaciones del IEEE 802.11, ratificado en 1997, eran relativamente lentas, ejecutándose entre 1 y 2 megabits por segundo (Mbps). Se utilizaron a menudo en logística, operaciones de almacén e inventario, en las que no era viable el uso de cableado o resultaba muy caro mantenerlo.

Estaba claro que la tecnología podía ir mucho más allá, y en 1999, el IEEE finalizó el estándar 802.11b aumentando el rendimiento de las redes inalámbricas a 11 Mbps (como comparación, la red Ethernet del estándar 10BaseT va a 10 Mbps).

Aunque hubo muchas compañías implicadas en la creación de la especificación 802.11b, Lucent Technologies y Apple Computer abrieron el camino para producir dispositivos de red inalámbrica asequibles para pequeños consumidores. (Otras compañías como BreezeCOM y Aironet Wireless Communications ya estaban vendiendo caros equipamientos dirigidos al mercado corporativo.)¹⁴

Aunque el IEEE ratificó antes un estándar 802.11a mucho más rápido. Sin embargo, la realidad técnica y política retrasó su desarrollo. El primer equipamiento 802.11a salió a mediados de 2002.

El momento decisivo para las redes inalámbricas llegó en julio de 1999, con el lanzamiento por parte de Apple de su tecnología AirPort. AirPort era una nueva versión de IEEE 802.11b ajustada al estándar de la industria y Apple puso en marcha el mercado cobrando solo 100 dólares por tarjeta de red inalámbrica que encajaba en distintos modelos de Macintosh y 300 dólares por punto de acceso (que Apple llamaba una estación de Base AirPort).

Costó más de un año que otras compañías bajaran sus precios a nivel que había establecido Apple, pero introduciendo las redes inalámbricas en el mayor mercado de las PC.

A lo largo de los últimos años, las capacidades han aumentado y los precios han bajado y la facilidad de uso ha mejorado para que cualquiera pueda configurar una computadora.

3.2 ESTÁNDARES IEEE 802.11

El protocolo de networking 802.11 fue establecido por el Instituto de ingenieros electrónicos y eléctricos (IEEE) en el año 1997.¹⁴ Actualmente tiene un gran impulso, y se ven en el mercado implementaciones de esta norma como lo son IEEE 802.11a, IEEE 802.11b, IEEE 802.11g.¹⁶

Las letras corresponden a la designación de diferentes estándares dentro de este protocolo. La norma 802.11b vino primero con una velocidad de 11Mbps; luego vino la norma 802.11a, con una velocidad de 54 Mbps, y finalmente el más reciente 802.11g, que combina lo mejor de los dos anteriores. Hay que

resaltar que los dos últimos son compatibles puesto que trabajan en la misma banda de frecuencias (2.4-GHz). 802.11a trabaja a una banda de frecuencia de 5-GHz. Esto se puede observar a continuación:

802.11a, WLAN

Frecuencia longitud de onda

5GHz

Ancho de banda de datos

54Mbps, 48Mbps, 36Mbps, 24Mbps, 12Mbps, 6Mbps

Medidas de seguridad

WEP, OFDM

Rango de Operación óptima

50 metros dentro, 100 metros afuera

Adaptado para un propósito específico o para un tipo de dispositivo

Computadoras portátiles móviles en entornos privados o empresariales.¹⁶

802.11b, Wi-Fi

Frecuencia longitud de onda

2.4GHz (2.400-2.4835 en Estados Unidos)

Ancho de banda de datos

11Mbps, 5Mbps, 2Mbps, 1Mbps

Medidas de seguridad

WEP -- Wireless Equivalency Protocol en combinación con espectro de dispersión directa

Rango de Operación óptima

50 metros dentro, 100 metros afuera

Adaptado para un propósito específico o para un tipo de dispositivo

Computadoras portátiles, PDAs¹⁶

802.11g

Frecuencia longitud de onda

2.4GHz

Ancho de banda de datos

54 Mbps

Medidas de seguridad

WEP, OFDM

Rango de Operación óptima

50 metros dentro, 100 metros afuera

Adaptado para un propósito específico o para un tipo de dispositivo

Computadoras portátiles, PDAs. Compatible hacia atrás con las redes 802.11b¹⁶

Cada una de estas tecnologías tiene sus ventajas y desventajas, en cuanto al estándar 802.11a se observa que al trabajar en una banda de frecuencia de 5 GHz no tiene la interferencia que afecta a los otros dos.

Los estándares b y g por su parte al trabajar en la misma frecuencia pueden interoperar, su costo es relativamente bajo, pero deben enfrentar la interferencia de teléfonos inalámbricos, microondas y otros dispositivos que trabajan en la misma banda. A menos que se desee implementar la red inalámbrica en una zona inundada de interferencias de este tipo, la mejor opción es el estándar 802.11g.⁷

Uno de los principales problemas con 802.11g viene con la compatibilidad con 802.11b. La mayoría de los equipos 802.11g están diseñados para hablar solo un protocolo 802.11 a la vez, es decir que si en la red se adiciona un cliente 802.11b, el Access Point o router va a funcionar como 802.11b. Dado esto, lo que se pretende es separar la red en zonas de velocidad, de tal forma que adaptadores 802.11b no vayan a afectar la velocidad de los puntos de acceso 802.11g. Se espera en un futuro poder arreglar esto.

La arquitectura 802.11 abarca varios componentes que interactúan para proveer una LAN inalámbrica que soporte movilidad de estaciones transparentemente a las capas superiores. La estación es el componente más básico de una red inalámbrica.

Una estación es un dispositivo que contiene la funcionalidad del protocolo 802.11. Típicamente las funciones de 802.11 son implementadas en el hardware y software de una tarjeta de interfaz de red (NIC por sus siglas en ingles).

Una estación puede ser un portátil, PDA, o un punto de acceso inalámbrico. Las estaciones pueden ser móviles o estáticas. Todas las estaciones soportan los servicios de autenticación, privacidad, y entrega de datos de 802.11.

Otra de las características comunes en las diferentes implementaciones del estándar 802.11 es el uso de WEP, Wireless Equivalent Privacy. WEP tiene como objetivo conseguir una seguridad equivalente a la de las redes convencionales (de cable).

El problema reside en que las redes tradicionales basan gran parte de su seguridad en que es difícil comprometer el cable, mientras que la

comunicación de las redes inalámbricas va por el aire. WEP es un protocolo razonablemente fuerte y computacionalmente eficiente. Sin embargo, su uso no deja de ser opcional y también se ha descubierto que no es del todo seguro.

Respecto a la seguridad, la capacidad WPA aún está en mejora de forma progresiva. Aunque la seguridad WPA (Wi-Fi Protected access). WPA es el primer paso de una norma de seguridad inalámbrica que aun se encuentra en borrador, IEEE 802.11i.

Dentro de la familia de las 802.11, el estándar más extendido al día de hoy es el 802.11b, también conocido como Wi-Fi (wireless fidelity). Wi-Fi es un término registrado auspiciado por la WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance), cuya finalidad es certificar productos de diferentes fabricantes basados en 802.11b y capaces de interoperar entre sí.⁷

Utiliza la banda de los 2.4 GHz y proporciona anchos de banda de hasta 11 MB/s. En espacios de interior es capaz de comunicar nodos separados 50 metros entre sí, mientras que llega a los 100 metros en el exterior.

La siguiente generación de las 802.11 viene de la mano de 802.11a, también denominada WLAN. Esta implementación utiliza la banda de los 5 GHz y puede llegar a ofrecer el nada despreciable ancho de banda de hasta 54 MB/s.

Para evitar interferencias se transmite en OFDM (Multiplexación por División en Frecuencia Ortogonal), que además significa una dificultad añadida a la hora de espiar la red. Probablemente por su alto precio todavía no se ha extendido. Además presentan un gran hándicap que genera serias dudas y es que son incompatibles con las anteriores.

Para terminar con las redes 802.11, cabe mencionar que también existe el estándar 802.11g.

Esta versión proporciona entre 20 y 54 Mbps usando DSSS y OFDM. La característica que lo hace especialmente interesante es su compatibilidad con las 802.11b y que tienen mayor alcance y menor consumo que las 802.11a.

En el entorno nacional y con más frecuencia en los países desarrollados, se pueden encontrar puntos de acceso inalámbricos (denominados comúnmente Hotspots). Estos simplemente extienden una conexión de Internet de alta velocidad regularmente en sitios públicos como cafés, escuelas, hoteles, etc.

Para acceder a estos servicios solo se necesita tener un portátil, PDA o pocket PC habilitado con una tarjeta inalámbrica (WI-FI).

3.2.1 Capas del Estándar 802.11

- PHY Physical Layer (separado en PLCP y PMD)
- MAC Media Access Control
- LLC Logical Link Control

La capa física (PHY) se separa en dos partes en PLCP (Physical Layer Convergenve Protocol) y PMD (Physical Medium Dependet) PLCP consiste en un encabezado de 144 bits que sirve para sincronizar para determinar la ganancia y para establecer el CCA (Clear Channel Assessment) que es necesaria para que la capa de MAC sepa si el medio esta en uso.¹⁰

Este preámbulo está compuesto por 128 bits de sincronización más 16 bits llamados SFD (Start Frame Delimiter) que consiste en una secuencia fija de 0 y 1 (1111001110100000) que marca el principio del paquete. El PLCP es siempre transmitido a 1Mbps.

Los próximos 48 bits son llamados Encabezado PLCP. Cuenta con 4 campos: señal, servicio, longitud y HEC (header error check, para control de errores). La señal indica a que velocidad se deberá transmitir (1, 2 , 5.5 o 11Mbps). El campo de servicio se reserva para uso futuro. El campo de longitud indica la longitud del paquete y el HEC es un CRC (Cyclic Redundancy Check) de 16 bits del encabezado de 48bits. El PMD es dependiente del protocolo antes explicado.

La capa MAC encargada del control al acceso físico se encarga de sentir un tiempo de silencio y optar por transmitir. Luego de que el nodo determina que el medio ha estado sin transmisiones después de un período mínimo de tiempo opta por transmitir su paquete. Si el medio se encuentra ocupado el nodo deberá esperar. Esta capa también es responsable de identificar el origen y el destino del paquete. La capa LLC trabaja en conjunto con la capa física para establecer y mantener conexiones confiables.

3.2.2 Acceso al Medio Estándar 802.11 b

El estándar 802.11b abarca las capas física y de enlace del modelo OSI. A nivel físico el estándar 802.11b trabaja en la banda de los 2.4 GHz. En el primer estándar trabajaba a 1 ó 2 Mbps y se podía emplear FHSS o DSSS en la capa física, pero debido a las limitaciones de FHSS, para el estándar a 11 Mbps solo se emplea DSSS

DSSS divide la banda de los 2.4 GHz en 14 canales de 22 MHz. adyacentes, de los cuales 3 canales de los 14 no se superponen en ningún momento. Para adaptarse a entornos con mucho ruido, esta tecnología dispone de desplazamiento dinámico de velocidad (dynamic shift ratio), que permite adaptar de manera automática la velocidad de transmisión para compensar el ruido del canal.

Dependiendo de la cantidad de interferencia presente en el medio (y a otros factores como usuarios, distancias, etc.), el estándar es capaz de trabajar a: 11, 5.5, 2 o 1 Mbps.

La capa de enlace de 802.11 se subdivide en dos subcapas: LLC (Logical Link Control) y MAC (Media Access Control). La primera de ellas emplea la misma subcapa LLC con una dirección de 48 bits empleada también en las redes LAN 802.3.

Debido a la imposibilidad de emplear la técnica de 802.3 CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detect), dada la imposibilidad de “escuchar” una colisión, 802.11 emplea una modificación del protocolo denominada CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance).

Este protocolo evita las colisiones, enviando un paquete de reconocimiento (ACK) para confirmar la llegada al receptor del paquete enviado. Finalmente, la capa MAC ofrece dos características que mejoran la robustez del estándar: comprobación de suma CRC y fragmentación de paquetes.¹⁶

Cada paquete lleva asociado un CRC para asegurar que este no se ha corrompido en la transmisión. Esta es una diferencia con respecto a redes cableadas, ya que esta dejaba tales comprobaciones a los protocolos de niveles superiores. La fragmentación de paquetes permite enviar pequeños fragmentos

de paquete que permiten optimizar las comunicaciones en entornos congestionados o donde la interferencia es un factor a tener en cuenta.

La capa MAC es la encargada de asociar un cliente inalámbrico con un punto de acceso (AP). Cuando un cliente entra en la cobertura de uno o más puntos de acceso, se elige uno de ellos al cual se vincula, basándose en criterios sobre la potencia de la señal recibida.

Una vez vinculado un punto de acceso, el cliente sintoniza un canal de radio en el que el punto de acceso está configurado. Esto permite habilitar amplias zonas de cobertura empleando para ello una serie de células superpuestas.

Dado que la modulación DSSS empleada en la capa física del estándar provee de 3 canales sin superposición, se emplean dichos canales de manera adecuada en la confección de las células de cobertura, evitando las posibles interferencias

3.3 BLUETOOTH

Bluetooth es una tecnología utilizada para conectividad inalámbrica de corto alcance entre dispositivos tales como PDAs (Personal Digital Assistance), teléfonos celulares, teclados, máquinas de fax, computadoras de escritorio y portátiles, modems, proyectores, impresoras, etc.

El principal mercado es la transferencia de datos y voz entre dispositivos y computadoras personales. El enfoque de Bluetooth es similar a la tecnología de infrarrojo conocida como IrDA (Infrared Data Association).

Muchas veces también se le confunde con el estándar IEEE 802.11, otra tecnología de RF de corto alcance. IEEE 802.11 ofrece más caudal eficaz pero necesita más potencia de transmisión y ofrece menos opciones de conectividad que Bluetooth para el caso de aplicaciones de voz.

Bluetooth intenta proveer significantes ventajas sobre otras tecnologías inalámbricas similares tales como IrDA, IEEE 802.11 y HomeRF, claros competidores en conexiones PC a periféricos. IrDA es una tecnología muy popular para conectar periféricos, pero es limitada severamente a conexiones

de cortas distancias en rangos de un metro por la línea de vista requerida para la comunicación.

Debido a que Bluetooth funciona con RF no está sujeto a tales limitaciones. La distancia de conexión en Bluetooth puede ser de hasta 10 metros o más dependiendo del incremento de la potencia del transmisor, pero los dispositivos no necesitan estar en línea de vista ya que las señales de RF pueden atravesar paredes y otros objetos no metálicos sin ningún problema.

Bluetooth puede ser usado para aplicaciones en redes residenciales o en pequeñas oficinas, ambientes que son conocidos como WPANs (Wireless Personal Area Network). Una de las ventajas de las tecnologías inalámbricas es que evitan el problema de alambrar las paredes de las casas u oficinas.

Bluetooth opera en la banda 2.4 GHz bajo la tecnología de radio conocida como espectro disperso. La banda de operación está dividida en canales de 1 MHz, a 1 megasímbolo por segundo puede obtenerse al ancho de banda máximo por canal.¹⁴

Con el esquema de modulación empleado, GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying), esto equivale a 1 Mbps. Utilizando GFSK, un 1 binario representa una desviación positiva de la portadora nominal de la frecuencia, mientras que un 0 representa una desviación negativa.

Después de cada paquete, ambos dispositivos re-sintonizan su radio transmisor a una frecuencia diferente, saltando de un canal a otro canal de radio; esta técnica se le conoce como espectro disperso con salto en frecuencia (FHSS, Frequency Hopping Spread Spectrum).

De esta manera, los dispositivos Bluetooth utilizan toda la banda de 2.4 GHz y si una transmisión se interfiere sobre un canal, una retransmisión siempre ocurrirá sobre un canal diferente con la esperanza de que este canal esté libre.

Cada ranura de tiempo tiene una duración de 625 microsegundos y generalmente los dispositivos saltan una vez por paquete, o sea, saltan cada ranura, cada 3 ranuras o cada 5 ranuras. Como Bluetooth fue diseñado para aplicaciones móviles de poca potencia, la potencia del radio transmisor debe ser minimizada.

Tres diferentes clases de niveles de potencias están definidas, las cuales proveen rangos de operación de aproximadamente 10, 20 y 100 metros. El

más bajo nivel de potencia cubre 10 metros, el más alto nivel logra cubrir distancias de hasta 100 metros.

Aunado a las distancias cortas de conexión de Bluetooth en materia de ancho de banda soporta hasta 780 Kbps, los cuales pueden ser utilizados para transferir unidireccionalmente 721 Kbps y 57.6 Kbps en la dirección de retorno o hasta 432.6 Kbps de manera simétrica en ambas direcciones. Aunque estas velocidades están limitadas para cierto tipo de aplicaciones como video, aplicaciones como transferencia de archivos e impresión caen perfectas en tal ancho de banda.¹⁴

3.3.1 Características Bluetooth

- ◆ El canal tiene una capacidad total de 1 Mbps. Los encabezados y el control de llamada consumen cerca del 20% de esta capacidad; motivo por el cual el máximo caudal eficaz es de 780 Kbps.

- ◆ En los Estados Unidos y Europa, el intervalo de frecuencia de operación es de 2,400 a 2,483.5 MHz, con 79 canales de RF de 1 MHz. En la práctica, el intervalo de frecuencias es de 2,402 a 2,480 MHz. En México el intervalo de frecuencias va de 2,450 MHz a 2,485.5 MHz. En Japón, el intervalo de frecuencia es de 2,472 a 2,497 MHz con 23 canales de RF de 1 MHz.

- ◆ Un canal de datos salta aleatoriamente 1,600 veces por segundo los 79 (o 23) canales de RF.

- ◆ Cada canal está dividido en ranuras de tiempo de 625 microsegundos cada una.

- ◆ Los paquetes pueden tener una magnitud de hasta 5 ranuras de tiempo.

- ◆ Los datos en un paquete pueden ser de hasta 2,745 bits de longitud.

- ◆ Existen actualmente dos tipos de transferencia de datos entre dispositivos: Los orientados a conexión de tipo síncrono (SCO, Synchronous Connection Oriented) y los orientados a no conexión de tipo asíncrono (ACL, Asynchronous Connectionless).

- ◆ Para evitar problemas de sincronización y colisión, los enlaces SCO utilizan ranuras de tiempo reservadas asignadas por la estación maestra.

- ◆ Un dispositivo maestro puede soportar hasta tres enlaces SCO con uno, dos o tres dispositivos esclavos.

- ◆ Las ranuras no reservadas para los enlaces SCO pueden ser usadas para enlaces ACL.

- ◆ Un maestro y un esclavo pueden compartir un enlace ACL

- ◆ Un enlace ACL puede ser punto-punto (maestro a un esclavo) o multipunto (maestro a todos los esclavos).

- ◆ Un ACL esclavo puede sólo transmitir cuando se lo solicite un maestro¹⁴

Bluetooth permite manipular simultáneamente transmisiones de voz y datos. Es capaz de soportar un canal de datos asíncrono y hasta tres canales de voz asíncronos o un canal que soporte ambos, voz y datos. La capacidad combinada con los dispositivos del tipo "ad hoc" permiten soluciones superiores para dispositivos móviles y aplicaciones de Internet.

Esta combinación permite soluciones innovativas como un dispositivo de manos libres para llamadas de voz, impresión a máquinas de fax y sincronización automática a PDAs, laptops y aplicaciones de libreta de direcciones de teléfonos celulares.

3.4 CONVIVENCIA 802.11 B Y BLUETOOTH

Como ya se ha visto Bluetooth y el 802.11b son tecnologías casi totalmente complementarias. Las soluciones Bluetooth están diseñadas para redes personales con un énfasis en movilidad y economía. Estas soluciones permiten conectar todos sus aparatos Bluetooth: computadoras portátiles, dispositivos de mano, teléfonos celulares y otros. Además, se tendrá acceso parcial al LAN y al WAN, a través de un punto de acceso o conexión de marcado.

Por otro lado, las redes 802.11b están diseñadas para extender o reemplazar a las redes convencionales de cables, usando potencias de radio más altas en canales fijos de mayor ancho de banda, para poder ofrecer el rendimiento necesario para soportar una gama completa de servicios de LAN e Internet.

3.4.1 Interferencias entre Equipos

El estándar 802.11 b utiliza la banda de 2.4 GHz. Ésta también es utilizada por teléfonos celulares, hornos de microondas, monitores para bebés, HomeRF, Bluetooth y otros más. Cualquier dispositivo diseñado para ser usado en una banda deberá estar preparado para resistir interferencia.

Hoy en día pueden coexistir con ciertos límites. Aunque el potencial de interferencia es bastante bajo, es necesario saber que existe la posibilidad de que las dos tecnologías interfieran entre sí, pero solamente cuando estén transmitiendo simultáneamente en localidades muy cercanas.

Si la interferencia ocurre, es probable que sea debido a una interrupción de la señal del 802.11b; es posible que haya pérdida de datos, pero no habrá daños físicos a ninguno de los sistemas. Aunque es muy probable que los usuarios no noten este tipo de interferencia, en los casos en los que sea evidente, es suficiente apartar los aparatos para resolver el problema.

No obstante, hay ocasiones en las que será necesario cesar la operación de uno de los dos aparatos.

La interferencia no se nota en muchos de los casos. Si llegara a ocurrir, los usuarios de ambas tecnologías tendrán que operar manualmente sus dispositivos para eliminar la interferencia en alguna de las siguientes dos maneras: la primera, separando físicamente a los aparatos; o, la segunda, cesando la operación de uno de los dos radios.

Cahners In-Stat Group declara que cuando los radios están a más de dos metros de distancia, generalmente no hay ninguna degradación perceptible en ninguno de los dos aparatos; de dos metros a medio metro de distancia, se presentará una ligera degradación; y, cuando los aparatos se encuentran aproximados o colocados muy de cerca, la degradación podría ser bastante notoria.

Grupos de trabajo en Bluetooth y el IEEE están trabajando en el desarrollo de tecnología para reducir y sucesivamente eliminar la interferencia entre estos sistemas.

No hay razón para retardar la implementación de ninguna de las dos tecnologías por miedo a problemas de coexistencia. Aunque existen problemas potenciales, las comunidades del Bluetooth y el 802.11b están próximos a ofrecer soluciones.

3.5 ANTECEDENTES DE REGLAMENTACIÓN EN MÉXICO

Para fines de este trabajo se toma en consideración las siguientes fechas como antecedente:

El 7 de junio de 1995, se publicó en el Diario Oficial de la Federación la Ley Federal de Telecomunicaciones (LFT), que es de orden público y tiene por objeto la regulación del uso, aprovechamiento y explotación del espectro radioeléctrico, de las redes de telecomunicaciones y el uso de la comunicación vía satélite.¹⁸

El Ejecutivo Federal mediante decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación el 9 de agosto de 1996, creó la Comisión Federal de Telecomunicaciones.²¹

Se tiene como antecedente la Norma Oficial Mexicana Emergente NOM-EM-121-SCT1-1994, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de diciembre de 1994, en el que se establecen las especificaciones para la instalación y operación de los sistemas de radiocomunicación que emplean la técnica de espectro disperso en las bandas de frecuencias de 902-928 MHz, 2450-2483.5 MHz y 5725-5850 MHz.

Posteriormente, el 8 de febrero del 2002 fue publicado en el DOF el Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-121-SCT1-2001 Telecomunicaciones-Radiocomunicación Sistemas de radiocomunicación que emplean la técnica de espectro disperso²¹; durante el proceso de publicación se presentaron algunas observaciones y objeciones por parte de varias empresas y actualmente dicho proyecto está sujeto a su revisión por parte de la COFETEL.

Actualmente, existe un grupo de trabajo que es coordinado por el organismo de Normalización y Certificación Electrónica (NYCE), el cual tiene como fin preparar el Anteproyecto de Norma Mexicana (NMX) Telecomunicaciones-Radiocomunicación Dispositivos de Radiocomunicación de Corto Alcance, siendo el objetivo y campo de aplicación de esta NMX el establecer las especificaciones técnicas y los métodos de prueba que deben cumplir los dispositivos de radiocomunicación de corto alcance que funcionen bajo la

condición de no producir interferencia perjudicial, ni exigir protección contra la misma.²²

En este Proyecto de NMX, se incluyen las condiciones de operación de los diferentes dispositivos de radiocomunicaciones de corto alcance en los diferentes segmentos de frecuencias en que se permite la convivencia con otros sistemas de radiocomunicación.

Con esta norma, la autoridad dispondrá de las referencias necesarias para establecer las condiciones de operación de las bandas de frecuencias de uso libre en los rangos que se proponen y los que se asignen en el futuro, pudiendo proceder con la declaración, de acuerdo a lo dispuesto en el Artículo 10 de la Ley Federal de Telecomunicaciones.

Existe un precedente reciente de "Acuerdo por el que se establecen Bandas de Frecuencias del Espectro Radioeléctrico de Uso Libre", publicado en el Diario Oficial de la federación el 21 de agosto de 1998²¹, donde se establece que su uso no requiere de registro, permiso o concesión, en este caso para frecuencias en la banda de UHF entre 462 y 467 MHz, donde además se fijan las condiciones de operación.

Durante el año 2000, la COFETEL evaluó el cumplimiento de los parámetros de calidad de algunas de las redes del servicio local móvil en 4 de las principales ciudades del país, según lo establecido en el acuerdo.

El 24 de enero de 2001, todos los concesionarios del servicio local móvil y la Comisión, firmaron el "Acuerdo de Evaluación de la Calidad de las Redes Móviles", con base en el cual la COFETEL evaluó durante el año 2001 la calidad de servicio de las redes de servicio local móvil en las 19 ciudades con el mayor número de usuarios, utilizando los parámetros acordados en octubre de 1999.

El 17 de diciembre de 2002, la COFETEL, mediante acuerdo P/171202/243, resolvió emitir el anteproyecto del "Plan Técnico Fundamental de Calidad de las Redes del Servicio Local Móvil" (en lo sucesivo el "Anteproyecto").

El 31 de enero de 2003, la Oficialía Mayor de la Secretaría, mediante oficio número 5.-217, remitió a la COFETEL copia del oficio COFEME/03/119, por el cual la Cofemer solicitó ampliaciones y correcciones a la Manifestación de Impacto Regulatorio del Anteproyecto.

Con lo anterior se muestra el interés de la COFETEL por mantener normas y reglamentos vigentes, que de acuerdo al Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006, constituye un objetivo lograr que el Estado sea un activo promotor del potencial de la informática y de las telecomunicaciones para ampliar así el acceso de los habitantes a los servicios y al mundo globalizado.

Asimismo, se establece que es necesario redoblar los esfuerzos para ampliar la cobertura de los servicios de comunicación y continuar incrementando la oferta, calidad y diversidad de los servicios en línea.

Por otra parte, dicho plan señala que la oferta competitiva de servicios de comunicaciones es un elemento imprescindible para apoyar la competitividad general de la economía y que es fundamental asegurar la modernización y expansión de la infraestructura, así como la calidad en la prestación de los servicios de comunicaciones, ya que servicios ágiles de comunicación son determinantes de los costos de producción y distribución y se traducen en valiosas economías de escala.

Es por ello, que presento el siguiente tema, como colaboración en la generación de políticas aplicables a una posible normalización de las redes inalámbricas.

CAPÍTULO 4

PROPUESTA DE NORMA

Dentro de los retos que presenta la evolución tecnológica que supone estas nuevas técnicas de acceso inalámbrico como 802.11a, 802.11b, 802.11g, Bluetooth, entre otros, destacan los relativos a los ordenamientos legales y disposiciones jurídicas vigentes, toda vez que la propia tecnología en análisis pareciera rebasar los límites del ámbito de competencia de las leyes rectoras de las telecomunicaciones.

Este hecho, producto del desarrollo tecnológico innovador, motiva interpretaciones jurídicas controversiales provocadas seguramente por querer forzar la aplicación de la norma legal a una situación que en si misma implica escenarios mucho más amplios que los originalmente contemplados por la propia norma.

A la fecha existen empresas y proveedores de equipo, así como prestadores de servicio que pretenden ofrecer estos servicios y tienen confusión respecto al procedimiento regulatorio para la prestación de nuevos servicios en México.

Prueba de lo imprescindible que resulta adecuar la regulación vigente a la introducción de las modernas tecnologías de espectro disperso y modulación digital en estas bandas, es que ya existen múltiples redes operando y anuncios de importantes cadenas hoteleras, sitios de reunión y cafés que han comenzado la oferta de esta clase de servicios a sus huéspedes y visitantes, de forma similar operan campos universitarios que ofrecen acceso inalámbrico a Internet para sus alumnos y visitantes; además de algunos otros centros de negocios y lugares públicos.

4.1 TELECOMUNICACIONES EN MÉXICO Y SUS PRINCIPALES OPERARIOS

Las telecomunicaciones en México comenzaron con un duopolio entre los únicos proveedores de servicios de telefonía que eran Ericsson y Alcatel, la concesión por parte del gobierno mexicano para la explotación de estos servicios se realizó sin ningún objetivo en particular y sin ningún indicio de intento de regulación, a partir de múltiples manifestaciones por parte de los usuarios de estas empresas pues ambas estaban en contra de la interconexión,

por lo cual un usuario de Alcatel, no podía comunicarse con uno de Ericsson, se comenzó a plantear la posibilidad de la expropiación.

En 1947, el gobierno del presidente Alemán forzó a vender a Ericsson gran parte de sus acciones a empresarios mexicanos, de igual forma convenció a Alcatel de hacer lo propio, finalmente se le solicitó a Ericsson que vendiera sus acciones restantes, lo que concluyó con el nacimiento de Teléfonos de México S.A. en 1958, Ericsson y Alcatel permanecieron como los únicos proveedores de equipo autorizados para abastecer a Telmex.

Durante el período de 1950 a 1970, Telmex mantuvo un crecimiento constante. Fue hasta la crisis de 1982 donde se comenzaron a observar síntomas de ineficiencia, y con el temblor de 1985 se hizo latente la necesidad de cambiar los antiguos mecanismos de operación por los modernos conmutadores, enrutadores y switches, para lo cual se necesita una fuerte inversión que el gobierno no tenía oportunidad de subsanar, así fue que se comenzó a analizar la privatización como recurso viable para dar solución a los problemas que aquejaban a la empresa, tales como la infraestructura obsoleta, falta de recursos para la digitalización e incapacidad para cubrir la demanda telefónica nacional. Además el entorno mundial marcaba las necesidades de mejorar las telecomunicaciones nacionales.¹¹

En 1989, el gobierno mexicano anunció la venta de Telmex a fin de garantizar el control de Estado en el sector de las telecomunicaciones, actualizar el servicio de telefonía asegurar los derechos de los trabajadores y asegurar el desarrollo y las investigaciones en este sector.

La compañía se vendió en 1990 a Grupo Carso y a dos operadores extranjeros Southwestern Bell y France Cable et Radio (una subsidiaria de Telecom Francia). A fin de asegurarse que el control de la telefónica se mantuviera en manos de mexicanos la Secretaría de Hacienda y Crédito Público diseñó un mecanismo bajo el cual los mexicanos tenían el control de la misma con el 10.4 % de participaciones de ellos de la inversión total Así comenzó lo que ahora se entiende como el monopolio más grande del sector.

Una parte prioritaria en el proceso de la privatización fue la regulación, ya que ésta sería la herramienta que permitiría por un lado, proteger las utilidades que el gobierno obtendría con la venta de la empresa y por otro, establecería los lineamientos bajo los cuales los nuevos dueños actuarían.

La interpretación judicial como fuente del derecho es trascendente en el desarrollo de las telecomunicaciones en México, como también lo ha sido a nivel internacional.

Las leyes deben ser juzgadas en el momento histórico en que se emitieron para comprender la finalidad perseguida con ellas. La legislación en telecomunicaciones ha vivido la transformación del rol del Estado Mexicano.

El análisis de las exposiciones de motivos de la Ley de Vías Generales de Comunicación de 1940 (LVGC) y de la Ley Federal de telecomunicaciones reflejan un cambio importante en la función del Estado en la prestación de servicios de telecomunicaciones. Los motivos de la LVGC evidencian a un Estado responsable de los servicios de telecomunicaciones y de manera excepcional el Estado encomendaría su ofrecimiento a un particular; en tanto que la justificación del esquema de la LFT es de un Estado como mediador o regulador que otorga certeza para incrementar la participación del sector privado.

La determinación de tarifas es también un buen ejemplo del cambio en la política de comunicaciones. La LVGC imponía al Estado el deber de fijar las tarifas de los servicios de telecomunicaciones, mientras que la LFT establece por regla general la libertad de los prestadores de servicios de fijar sus tarifas sin más requisito que presentarlas ante la Comisión Federal de Telecomunicaciones a registro para efectos de publicidad. Las comunicaciones en México cuentan con dos grandes operarios como lo son Telmex y Televisa, es importante tenerlos en consideración dado que influyen directamente en el desarrollo de las telecomunicaciones en nuestro país.

4.1.1 Telmex

En el caso de Telmex la Secretaría de Comunicaciones y Transportes fue la institución encargada de proteger los intereses de ambas partes, por lo cual en 1990 se publicaron las modificaciones al título de concesión otorgado a Telmex en 1976, éstas modificaciones consistían en que Telmex se vendería como una sola empresa, a pesar de que en ese momento operaba a nivel regional, es decir, estaba compuesta de 19 subsidiarias, además garantizaba el monopolio en llamadas de larga distancia nacional e internacional hasta agosto

de 1996, en 1997 Telmex permitiría la interconexión de otros operadores a su red para abrir el mercado a la competencia.

El inconveniente de ésta acción es que, al abrir el mercado de larga distancia internacional y nacional a los operadores requieren interconexión de red de telefonía local ya establecida, la cual pertenece a Telmex y por ende se le debe pagar por el uso, dando como resultado un acto poco competitivo, pues las tarifas de interconexión que estableció a estos nuevos operadores son muy elevadas (hasta 1999, eran las más altas en el mundo) lo que impide ofrecer a los usuarios tarifas lo suficientemente atractivas para convencerlos de cambiar de proveedor de servicios, por lo que, Telmex está impidiendo el crecimiento de estas empresas y limitando las opciones de los usuarios a un solo proveedor, obviamente a Telmex mismo.

Telmex sostiene que este elevado costo por interconexión es resultado del proceso de ajuste en las tarifas de servicio local y larga distancia que todavía vive. A pesar de estas tarifas en 1997 comenzaron 7 nuevos operadores de larga distancia en el país a proporcionar sus servicios, al principio Telmex perdió 50 % de su mercado pero un año después poseía el 80% del mismo.

También se introducía el término Red Pública Telefónica, el cual le permitía a Telmex de transmitir ya sea datos, voz, video o imágenes, sólo lo restringía en la participación en el mercado de la TV pues necesitaba autorización para manejar señales de televisión y una tajante prohibición de forma parte de cualquier estación de radio o televisión. A pesar de esto, en 1995 Telmex adquirió el 49 % de las acciones de Cablevisión, una subsidiaria de Televisa.

En 1987 la SCT anunció la desregulación del servicio de telefonía celular e invitaba a participar en las futuras licitaciones para servicios móviles. Previamente DIPSA y SOS (Servicio de Digitalización Secretarial) ambas subsidiarias de Telmex habían conseguido la concesión del servicio de teléfonos en los automóviles, pero no para servicios móviles, para comenzar con esta licitación y como una forma de competencia desleal el país se dividió en 9 regiones, en cada una de estas regiones operarían dos empresas de telefonía celular, pero se garantizaba que una de ellas sería DIPSA (cuyo nombre comercial es Telcel), de tal forma que la concesión otorgada a DIPSA para operar en Tijuana y con la de IUSACELL para operar en la región 9 (DF, Toluca, etc.) se comenzó la carrera por este servicio, con una ventaja clara por parte de DIPSA pues contaba con la infraestructura de Telmex para su funcionamiento. Las licitaciones de este servicio terminaron en 1990.

4.1.2 Televisa

Televisa se remonta a 1950, cuando se introdujo la televisión en México. Recién en 1955, cuando los canales 2, concesionado por *Televimex S.A.*, de Emilio Azcárraga Vidaurrueta, 4, concesionado por *Televisión Nacional*, propiedad de Rómulo O' Farril y 5, concesionado a *Televisión González Camarena*, de Guillermo Gonzalez Camarena, se fusionaron y formaron Telesistema Mexicano.

En 1968 se establecieron las instalaciones de *Televisión Independiente de México* (canal 8), canal televisivo concesionado por la empresa *Fomento de Televisión Nacional*, filial de la empresa arriba mencionada, del grupo *Alfa Monterrey*.

Recién en noviembre de 1972, después de competir entre sí por un período de cuatro años, las empresas Telesistema Mexicano (canales 2, 4 y 5) y *Televisión Independiente de México* (canal 8), decidieron fusionarse en una sola entidad que habría de operar esas emisoras así como sus repetidoras en el país.

El día 28 de ese mes los señores Bernardo Garza Sada, del grupo Alfa de Monterrey, y Emilio Azcárraga Milmo, de Telesistema Mexicano, firmaron un acuerdo de fusión. Surgió de esta manera *Televisión Vía Satélite, S.A.* o *Televisa*. El 8 de enero de 1973, Televisa inició oficialmente sus actividades.

La expansión de Televisa comenzaría en los años 80 con la exportación masiva de telenovelas y programas varios como *El chavo del 8*, *Siempre en domingo* y otros. En 1985, el canal 8 cambió su frecuencia al canal 9, que se manejó durante sus primeros seis años como señal cultural hasta principios de 1991, cuando su orientación se volvería comercial.

En 1988 fue lanzado el primer servicio de noticias por cable en español, *ECO*. Durante la década de 1990, Televisa se expandió hacia otros campos, como la televisión por cable con *Cablevisión S.A.*, fundada en 1989, y televisión por satélite con SKY a finales de 1996, la publicación de libros y revistas y hasta el negocio fonográfico este último con las disqueras *Cisne* y *Melody* a principios de los 90 y posteriormente con *Fonovisa* y *Univision Music*. Emilio Azcárraga Milmo fallecería el 16 de abril de 1997, a los 66 años de edad. Lo sucedió en la presidencia del Grupo Televisa el Sr. Emilio Azcárraga Jean.

El 3 de marzo del 2005, dos señales de Televisa, El Canal de las Estrellas y Telehit llegaron a Directv Latinoamérica, y esto se menciona ya que Televisa nunca tuvo una relación con este servicio de TV por satélite.

4.2 MANEJO DE BANDAS EN MÉXICO

En México se puede obtener información sobre cualquier banda en el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias (CNAF), que está a cargo de la Comisión Federal de Telecomunicaciones (COFETEL).

En dicho cuadro se encuentra, que uso se le esta dando a determinada banda, su operario y una breve descripción, para mayor información acerca de bandas en México es recomendable visitar el portal en Internet de la COFETEL www.cofetel.gob.mx. A continuación revisaremos en que estado se encuentran las bandas ocupadas por los dispositivos inalámbricos para LAN.

4.2.1 Banda de 2,400 a 2,483.5 MHz

Está asignada para el Servicio Fijo y Móvil, tal como lo establece el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias (CNAF), así como para aplicaciones industriales, científicas y médicas (ICM).

Actualmente el proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-121 sólo considera la banda de frecuencias de 2450 a 2483.5 MHz, para la utilización de los equipos de espectro disperso, sin embargo se están realizando estudios de convivencia con los sistemas que operan en México para poder ampliar la utilización de la banda de 2400 a 2483.5 MHz, para aplicaciones de espectro disperso y demás técnicas de modulación digital.

Las autorizaciones expedidas anteriormente, requerían que a futuro los sistemas de radiocomunicación acepten la interferencia de otras aplicaciones, por lo que se estableció un procedimiento para aprobar sólo el uso de equipos

homologados, que cumplieran con las especificaciones de la Norma Oficial Mexicana Emergente NOM-EM-121-SCT1-1994.

Actualmente la solución más apropiada para el uso masivo de esta banda de frecuencias sería la declaración de la banda de uso libre por parte de esa Secretaría, de conformidad con la figura existentes en el artículo 10 de la Ley Federal de Telecomunicaciones, donde la definición de espectro de uso libre establece que son aquellas bandas de frecuencias que pueden ser utilizadas por el público en general sin necesidad de concesión, permiso o registro.

4.2.2 Banda de 5.1 a 5.8 GHz

Existen antecedentes de autorización de equipos que la COFETEL ha otorgado para operar en los segmentos de frecuencias de 5,150 a 5,350 MHz y en 5,725-5 MHz, sujetos a la homologación de equipos que operen de conformidad con el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT.

La banda de 5,150 a 5,250 MHz está atribuida al Servicio de Radionavegación Aeronáutica y al Servicio Fijo por Satélite. Para el uso de ésta banda se debe asegurar que no existan emisiones fuera de banda y emisiones espurias que pudieran ser provocadas por bandas cercanas (vecinas), para asegurar la protección a los sistemas de radionavegación que operan en ésta banda, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT).

La banda de frecuencias de 5,250 a 5,350 MHz está atribuida al Servicio de Localización, actualmente en México ésta banda no es utilizada por los sistemas de radiolocalización; sin embargo de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT, se deberá garantizar la protección no sólo de los sistemas en México, sino de los países vecinos.

4.3 PROBLEMAS DE INTERFERENCIA

El gran éxito de las WLANs es que utilizan frecuencias de uso libre, una de las desventajas de utilizar este tipo de bandas de frecuencias es que las comunicaciones son propensas a interferencias y errores de transmisión. Estos errores ocasionan que sean reenviados una y otra vez los paquetes de información. Una razón de error del 50% ocasiona que se reduzca el caudal eficaz real (throughput) dos terceras partes aproximadamente.

Por eso la velocidad máxima especificada teóricamente no es tal en la realidad. Si la especificación IEEE 802.11b nos dice que la velocidad máxima es 11 Mbps, entonces el máximo caudal eficaz será aproximadamente 6 Mbps o menos.

Para reducir errores, el 802.11a y el 802.11b automáticamente reducen la velocidad de información de la capa física. Así por ejemplo, el 802.11b tiene tres velocidades de información (5.5, 2 y 1 Mbps) y el 802.11a tiene 7 (48, 36, 24, 18, 12, 9 y 6 Mbps). La velocidad máxima permisible ver tabla 4.1, sólo es disponible en un ambiente libre de interferencia y a muy corta distancia.

Tabla 4.1 Velocidades Permisibles

Estándar	Velocidad máxima	Interface de aire	Ancho de banda de canal	Frecuencia
802.11b	11 Mbps	DSSS	25 MHz	2.4 GHz
802.11a	54 Mbps	OFDM	25 MHz	5.0 GHz
802.11g	54 Mbps	OFDM/DSSS	25 MHz	2.4 GHz
HomeRF2	10 Mbps	FHSS	5 MHz	2.4 GHz
HiperLAN2	54 Mbps	OFDM	25 MHz	5.0 GHz
5-UP	108 Mbps	OFDM	50 MHz	5.0 GHz

DSSS: Direct Sequence Spread Spectrum
 OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing
 FHSS: Frequency Hopping Spread Spectrum
 5-UP: 5-GHz Unified Protocol (5-UP), Protocolo Unificado de 5 GHz propuesto por Atheros Communications

La transmisión a mayor velocidad del 802.11a no es la única ventaja con respecto al 802.11b. También utiliza un intervalo de frecuencia más alto de 5 GHz. Esta banda es más ancha y menos atestada que la banda de 2.4 GHz que el 802.11b comparte con teléfonos inalámbricos, hornos de microondas, dispositivos Bluetooth, etc. Una banda más ancha significa que más canales de radio pueden coexistir sin interferencia.

Si bien, la banda de 5 GHz tiene muchas ventajas, también tiene sus problemas. Las diferentes frecuencias que utilizan ambos sistemas significa que los productos basados en 802.11a son no interoperables con los 802.11b.

Esto significa que aunque no se interfieran entre sí, por estar en diferentes bandas de frecuencias, los dispositivos no pueden comunicarse entre ellos. Para evitar esto, la IEEE desarrolló un nuevo estándar conocido como 802.11g, el cual extenderá la velocidad y el intervalo de frecuencias del 802.11b para así hacerlo totalmente compatible con los sistemas anteriores.

Como otro intento de permitir la interoperabilidad entre los dispositivos de bajas y altas velocidades, la compañía Atheros Communications, Inc. (<http://www.atheros.com/>) propuso unas mejoras a los estándares de WLANs de la IEEE y la ETSI. Este nuevo estándar conocido como 5-UP (5 GHz Unified Protocol) permitirá la comunicación entre dispositivos mediante un protocolo unificado a velocidades de hasta 108 Mbps.

Ambas especificaciones, la 802.11a (IEEE) y la HiperLAN2 (ETSI) son para WLANs de alta velocidad que operan en el intervalo de frecuencias de 5.15 a 5.35 GHz. El radioespectro asignado para el 802.11a y el HiperLAN2 es dividido en 8 segmentos o canales de 20 MHz cada uno.

Cada canal soporta un cierto número de dispositivos; dispositivos individuales pueden transitar a través de segmentos de red como si fueran teléfonos móviles de una estación a otra. Este espectro de 20 MHz para un segmento de red soporta 54 Mbps de caudal eficaz compartido entre los dispositivos en el segmento en un tiempo dado.

4.4 BASES REGULATORIAS

A todo el rango de frecuencias se le conoce como espectro electromagnético, el cual ha sido un recurso muy apreciado y, como es limitado, tiene que ser bien administrado y regulado.

Los administradores del espectro a nivel mundial son los miembros de la World Radiocommunication Conference (WRC) de la International Telecommunications Union -Radiocommunications Sector (ITU-R).

Esta entidad realiza reuniones a nivel mundial en coordinación con los entes reguladores de cada país para la asignación de nuevas bandas de frecuencia y administración del espectro.

En el caso de México, la entidad reguladora del radio espectro es la Comisión Federal de Telecomunicaciones (Cofetel, www.cft.gob.mx) y la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT, www.sct.gob.mx).

4.4.1 Estados Unidos y la Unión Europea

Ambas entidades poseen similitudes en cuanto a regulación de tal forma que ambas sufren de una regulación dual, es decir, poseen un organismo regulatorio a nivel estatal y otro a nivel federal por lo que la búsqueda de un organismo centralizado regulador que realice las dos metas fundamentales de las telecomunicaciones que son la liberalización y la promoción de infraestructura integrada es un común denominador de estas entidades.

En Europa el debate se centra en la interpretación del término subsidio y en asignar los roles apropiados a los estados miembros de la Comisión Europea (EC), en Estados Unidos el tema principal es el conflicto entre las comisiones regulatorias estatales y Comité Federal de Comunicaciones (FCC).

En el caso de los Estados Unidos, la debilidad del organismo federal a favor de los organismos estatales favorece a los proveedores de servicios y, en el caso de Europa a favor de las organizaciones de telecomunicaciones

incrementa los costos de implementación pro competencia, por lo cual se requiere regulación centralizada en las áreas de interconexión, precio y políticas de licitaciones.

El reto es pasar de un monopolio regulado a un ambiente de competencia en el mercado con el mismo nivel para los nuevos participantes y para los antiguos monopolios, para crear este nivel se requiere eliminar barreras económicas y de regulación. Una ventaja de pasar a un organismo centralizado sería facilitar el proceso de desregulación ya que si se procede de lado contrario, es decir eliminando los organismos federales se correría el riesgo de llegar a una desregulación asimétrica entre las entidades con regulación local.

En Estados Unidos la capacidad de la FCC para cumplir su papel ha sido duramente cuestionada, mientras que en la Unión Europea no existe un organismo regulador que dirija como un solo ente a todas las entidades involucradas y crear uno en las condiciones políticas actuales resultaría muy difícil. Aun así, en cada una de estas entidades ya se cuenta con previsiones al respecto como se observa en la tabla 4.2.

Tabla 4.2 Cuadro con la asignación de las bandas de frecuencias
(Referencias internacionales)

Banda/ Estándar	EUA	Europa
2400-2483.5 MHz	Bluetooth 802.11b (Wi-Fi) 802.11g (Wi-Fi)	ICM Espectro disperso
5150-5250 MHz 5250-5350 MHz 5725-5825 MHz	5150-5350 MHz 802.11a	5150-5350 MHz HiperLan/2.-

	5150-5250 MHz 5250-5350 MHz 5725-5825 MHz U-NII	Estándar aprobado por ETSI, equivalente al 802.11 ^a
5470-5725 MHz	Radares meteorológicos En análisis para que esta banda este disponible para los sistemas U-NII y las RLAN	HiperLan/2

4.4.2 La COFETEL

La Conferencia Parlamentaria de Telecomunicaciones (Conparte) del Senado de la República se ha dedicado al desarrollo del texto final de lo que será la Ley Federal de Telecomunicaciones que reformará el actual marco jurídico con el que se rige el sector.

Este texto fortalecería la autonomía de la Comisión en el ejercicio de sus funciones y su independencia del Estado, impondría mayores obligaciones de rendición de cuentas de sus funcionarios, trata temas de dominio y de regulación asimétrica, tarifas de interconexión, desagregación, administración del espectro, el proceso de renovación y otorgamiento de concesiones, ampliación de la cobertura social, penetración y conectividad y la definición de su ámbito de acción frente a la SCT.

Estas reformas buscan el fomento y desarrollo de la competencia en beneficio de los consumidores y pretenden minimizar los daños que causa Telmex con su poder de mercado. La postura de buena parte de los legisladores es que el órgano regulador tenga plena autonomía en el manejo del espectro radioeléctrico, de las frecuencias de radio, televisión y telefonía, y tenga capacidad para imponer la regulación y en su caso, sanciones.

La COFETEL se quedaría entonces como la administradora del espectro radioeléctrico (las frecuencias de paga) y la política del manejo del espectro y los asuntos internacionales recaerían sobre la SCT. La iniciativa propone límites al posible ejercicio de poder de mercado del interesado. Se contempla un capítulo de «empresa relevante» que sustituye al de dominio en el que se señala como dominante a toda aquella empresa que alcance 25% del mercado relevante y a la cual se le podrán aplicar controles específicos.

Con la nueva ley se pretende eliminar (al menos minimizar) cualquier tipo de criterio vago que pudiera resultar generoso para el interesado (relativo al caso de prácticas anticompetitivas de Telmex). En lo referente a las inversiones, las iniciativas no proponen ninguna modificación al capítulo de la inversión extranjera en telefonía fija, en la actualidad limitado por la Ley Federal de Telecomunicaciones vigente al 49%. Telefónicas de larga distancia como Avantel han quedado al margen de la ley al estar 100 por ciento en manos de inversionistas extranjeros.

Por todo lo anterior, es deber de la COFETEL brindar y mejorar, todo lo referente al manejo y uso del ER, así el presente trabajo va acorde a los trabajos que en esta materia se está llevando a cabo por la misma comisión dado que el análisis, recolección de información, como la propuesta se hicieron en colaboración de esta dependencia, que en próximas fechas dará a conocer su propuesta a la problemática que el presente trabajo intenta dar solución, y será muy apegada a lo que aquí se expone dado que la colaboración fue muy estrecha.

4.5 PLANTEAMIENTOS DE LA INDUSTRIA

Una importante parte de la industria nacional de las telecomunicaciones, no nombrada por ser información de carácter confidencial, han presentado solicitud para que determinadas bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico sean clasificadas por la autoridad como de uso libre para emplearse en el “...acceso masivo e inalámbrico a Internet”, es decir como bandas de frecuencias que pueden ser utilizadas por el público en general sin necesidad de concesión, permiso o registro.

Las bandas solicitadas para ser clasificadas como de uso libre son:

1. 2,400 – 2,483.5 Mhz;
2. 5,150 – 5,350 Mhz;
3. 5,460 – 5,725 Mhz, y
4. 5,725 – 5,825 Mhz.

Dentro de los argumentos presentados por la industria destacan, entre otros:

- 1 “...Los recursos escasos que se encuentran bajo la tutela del dominio público de la federación, como lo es el Espectro Radioeléctrico (ER), han de responder a las necesidades de desarrollo para su debido aprovechamiento, bajo criterios de simplificación administrativa, transparencia y eficiencia, sin perder de vista que el Estado debe mantener y preservar la rectoría económica y la salvaguarda de tales bienes nacionales en pleno ejercicio de su soberanía.”...
- 2 “...En la asignación de las bandas de frecuencias (BF) del ER, para su uso y aprovechamiento, debe privilegiarse su disponibilidad y uso en beneficio de un mayor número de mexicanos bajo criterios óptimos de accesibilidad, calidad, precio y un uso eficiente del recurso escaso. No debe pues prevalecer un criterio recaudatorio para la hacienda pública en dicha asignación pues ello repercutirá, indefectiblemente, en mayores costos para los prestadores de servicios y, por ende, en un precio más elevado para el consumidor.”...

- 3 *“...Por su naturaleza, las innovadoras tecnologías inalámbricas de espectro disperso y modulación digital, permiten la convivencia de un número indeterminado de usuarios y, por lo tanto, su posible licitación sólo sería posible mediante la fijación de criterios y condiciones meramente arbitrarios y artificiales por parte del regulador.”...*

- 4 *“...Las políticas públicas para el aprovechamiento del ER para las aplicaciones referidas, ha de propiciar su uso compartido por razón misma de su escasez intrínseca. De ahí que la adopción de las nuevas tecnologías digitales que permiten aprovechar un mismo ancho de bandas por un mayor número de usuarios debe ser privilegiado por las políticas públicas.”*

- 5 *“...Por su diseño y la intención de coexistir con las demás aplicaciones que fueron previamente atribuidas en el ER de que se trata, las nuevas aplicaciones de espectro disperso y modulación digital, en la actualidad no permiten establecer un mínimo garantizable en cuanto a la calidad de los servicios y aplicaciones que ofrecen, dado su uso libre, compartido y ambiente multiusuario.”...*

- 6 *“...se debe advertir al consumidor de los alcances y limitaciones de las nuevas tecnologías y de los servicios a ser ofrecidos por quienes habrán de comercializarlos, haciendo énfasis de que se trata de una facilidad complementaria a los servicios tradicionales de acceso a Internet, que pretende lograr el acceso temporal desde cualquier lugar, tiempo y dispositivo terminal de datos. Tal advertencia debe precisar que la compartición misma del espectro implica riesgos de saturación de la banda y de la merma en la calidad del servicio.”...*

- 7 “...Para efectos de control y en términos de legalidad, sólo las redes públicas de telecomunicaciones (RPT) podrán ofrecer servicios inalámbricos a terceros de transmisión bidireccional de datos (TBD) que constituya la infraestructura de acceso para estos nuevos servicios. Esto implica que estas empresas concesionarias serán las responsables de la prestación del servicio y atención a los clientes, independientemente de que el acceso se llegue a brindar en locales comerciales que ofrezcan otro tipo de bienes o servicios.”...
- 8 “...la declaratoria de las BF aquí referidas que sean clasificadas como de uso libre es impostergable, tanto para la regularización de las aplicaciones existentes como para la inmediata adopción de los nuevos servicios y tecnologías.”...
- 9 “...es necesario el que la SCT expida un acuerdo general que permita oficialmente que las RPT, en aras de la convergencia y el abatimiento de la brecha digital, utilicen las BF de uso libre (BFUL) así clasificadas, para la prestación de sus servicios comerciales de TBD.
- Con ello se estará distinguiendo el concepto de RPT, para efectos de la prestación de los servicios comerciales a terceros, del de vía general de comunicación que será el medio para la propagación de las ondas electromagnéticas. Esto es, una RPT no necesariamente requiere de una concesión adicional para el aprovechamiento de toda vía general de comunicación (por ejemplo, las redes cableadas o de fibra óptica).”...
- 10 “...Se debe asegurar, para la oferta de bienes y servicios de telecomunicaciones, la certidumbre jurídica tanto para el inversionista cuanto para el consumidor.”...

Estos argumentos, seguramente legítimos, plantean una serie de retos de diversa índole, como por ejemplo:

- 11 la declaración de *“...el beneficio de un mayor número de mexicanos bajo criterios óptimos de accesibilidad, calidad, precio y un uso eficiente del recurso escaso...”*

Versus

- 12 *“...se debe advertir al consumidor de los alcances y limitaciones de las nuevas tecnologías y de los servicios a ser ofrecidos por quienes habrán de comercializarlos, haciendo énfasis de que se trata de una facilidad complementaria a los servicios tradicionales de acceso a Internet, que pretende lograr el acceso temporal desde cualquier lugar, tiempo y dispositivo terminal de datos. Tal advertencia debe precisar que la compartición misma del espectro implica riesgos de saturación de la banda y de la merma en la calidad del servicio.”...*

O como el siguiente:

- 13 *“...Por su diseño y la intención de coexistir con las demás aplicaciones que fueron previamente atribuidas en el ER de que se trata, las nuevas aplicaciones de espectro disperso y modulación digital, en la actualidad no permiten establecer un mínimo garantizable en cuanto a la calidad de los servicios y aplicaciones que ofrecen, dado su uso libre, compartido y ambiente multiusuario.”...*

Versus

14 *“...Se debe asegurar, para la oferta de bienes y servicios de telecomunicaciones, la certidumbre jurídica tanto para el inversionista cuanto para el consumidor.”*

Todos los planteamientos anteriores fueron una recopilación de peticiones hechas a la COFETEL, por diversas empresas del sector que desean hacer inversiones en comunicaciones inalámbricas que ocupen el espectro disperso (WI-Fi).

La mayoría de ellas enfocadas al uso libre de las frecuencias antes mencionadas, dado que si se diera una licitación, estarían en desventaja debido a que no cuentan con la infraestructura que tienen los dos grandes operadores de las comunicaciones en México, Telmex y Televisa; que han hecho participe a la COFETEL de sus intenciones de invertir en ese tipo de tecnologías que en la actualidad, ambos operen con ciertas restricciones bajo el vacío jurídico que impera en la materia.

Personal de la COFTEL concuerda que las bases de una licitación de las bandas o la declaración de las mismas como de uso libre, deben tener por objetivo entre otros aspectos, el intentar que Telmex no se convierta en un operador mayoritario y así evitar actos monopólicos.

El problema para dar una regulación en México no es tanto del carácter operativo o técnico, pues se cuentan con precedentes en el extranjero y nuestro país a firmado varios acuerdos en telecomunicaciones en los cuales debe sujetarse a la normatividad internacional, aunado a que la misma tecnología cuenta con sus propias restricciones.

El problema de fondo es dar equidad a todos los interesados, lo cual no se ha logrado, por las presiones que ejercer cada parte. Es por ello, que se realizan los siguientes análisis en donde una combinación de ambas posiciones puede ser la solución deseada

4.6 PROPUESTA DE REGLAMENTACIÓN.

SITUACIÓN ACTUAL

La Ley Federal de Telecomunicaciones (LFT) clasifica el uso de las bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico en 5 grupos, de conformidad con lo siguiente:

ART. 10. El uso de bandas de frecuencia del espectro radioeléctrico se clasificará de acuerdo con lo siguiente:

- I. Espectro de uso libre: son aquellas bandas de frecuencias que pueden ser utilizadas por el público en general sin necesidad de concesión, permiso o registro;
- II. Espectro para usos determinados: son aquellas bandas de frecuencia otorgadas mediante concesión y que pueden ser utilizadas para los servicios que autorice la Secretaría en el título correspondiente;
- III. Espectro para uso oficial: son aquellas bandas de frecuencias destinadas para el uso exclusivo de la administración pública federal, gobiernos estatales y municipales, otorgadas mediante asignación directa;
- IV. Espectro para usos experimentales: son aquellas bandas de frecuencias que podrá otorgar la Secretaría, mediante concesión directa e intransferible, para comprobar la viabilidad técnica y económica de tecnologías en desarrollo tanto en el país como en el extranjero, para fines científicos o para pruebas temporales de equipo, y
- V. Espectro reservado: son aquellas bandas de frecuencias no asignadas ni concesionadas por la Secretaría.

De conformidad con lo anterior, tenemos que las bandas de 900 MHz, 2.4 GHz, y 5 GHz (en adelante las “Bandas”), tienen a la fecha el carácter de espectro reservado, toda vez que las mismas no han sido asignadas ni concesionadas por la Secretaría.

Dichas bandas de conformidad con el artículo 14 de la LFT, podrían otorgarse mediante licitación pública, caso en el cual el Gobierno Federal tiene derecho a recibir una contraprestación económica por el otorgamiento de la concesión correspondiente.

Así mismo, el uso de las Bandas podría permitirse con fundamento en el artículo 10 fracción I de la LFT, declarándolas para tal efecto, como espectro de uso libre, por lo tanto su uso no requeriría de concesión, permiso o registro.

Habida cuenta de lo anterior y dentro del marco jurídico vigente, tenemos que el uso de las bandas multicitadas puede realizarse según el carácter que se le dé a este espectro, es decir, como de uso determinado (licitación) o uso libre (acuerdo publicado en el Diario Oficial de la Federación)

ANÁLISIS JURÍDICO

Como se dijo antes, al evaluar la situación actual en que se encuentran las Bandas, las opciones que existen en tanto no sea modificada la LFT son licitar dichas bandas o en su caso declararlas de uso libre.

En una primera parte se observa que una licitación pública sería inviable debido a que derivado de las diversas aplicaciones que se pueden dar en estas bandas; para licitarlas se requeriría un esfuerzo de despeje, para garantizar a los interesados un espectro limpio.

El Gobierno Federal no estaría en posibilidad de garantizar al concesionario el no tener interferencias perjudiciales, de igual forma, habría que considerar que no todas las aplicaciones necesariamente presuponen una explotación comercial.

Por lo anterior, se recomienda dar el carácter de espectro de uso libre a las bandas de frecuencia materia de este análisis, con lo cual considero se resolverían los siguientes temas:

1. Uso de las Bandas para servicios de telecomunicaciones.
2. Pago por el uso de las Bandas.
3. Regularizar el uso de las Bandas en términos de la LFT.

Realizo otro análisis jurídico en el que es factible que las bandas de frecuencias objeto del presente estudio se clasifiquen como de uso determinado y que por tanto se liciten. A continuación se expone esta recomendación:

OPINIÓN JURÍDICA 2:

- 1 El artículo 10 fracción I de la LFT señala que el espectro de uso libre, es aquel que puede ser usado por el público en general, sin necesidad de concesión, permiso o registro.
- 2 El artículo 10 fracción II de la LFT, establece que el espectro para usos determinados son aquellas bandas de frecuencias otorgadas mediante concesión y que pueden ser utilizadas para los servicios que autorice la Secretaría en el título correspondiente.
- 3 El artículo 16 fracción I, inciso A, de la LFT, dispone que en las bases de licitación se deben de incluir los requisitos que deben cumplir, entre los que se encuentran, los programas y compromisos de cobertura y calidad de los servicios que se pretendan prestar.
- 4 El artículo 17 de la LFT, establece, entre que otros, que cuando las proposiciones presentadas en la licitación pública no aseguren las mejores condiciones para la prestación de los servicios, se declarará desierta la licitación.

- 5 El último párrafo del artículo 18 de la LFT señala que, cuando la explotación de los servicios objeto de la concesión sobre el espectro radioeléctrico requiera de una concesión de red pública de telecomunicaciones, esta última se otorgará en el mismo acto administrativo.

- 6 Los artículos 31 fracción I y 52 de la LFT disponen que se requiere de permiso para comercializar servicios de telecomunicaciones.

De lo anterior se desprende que:

1. El espectro de uso libre, únicamente implica su utilización.

2. El espectro de uso determinado implica su uso, aprovechamiento o explotación, así como la prestación de los servicios de telecomunicaciones que autorice la Secretaría, y dicho uso no se puede desvincular de la operación y explotación de la red pública de telecomunicaciones.

3. Para prestar servicios de telecomunicaciones, sin ser propietario o poseedor de medios de transmisión, se requiere de obtener un permiso.

CONCLUSIONES

- 1 En el espectro de uso libre, no se prestan servicios de telecomunicaciones, y por ende, no se requiere de concesión.

- 2 Por el contrario, en el espectro de uso determinado, sí se prestan servicios de telecomunicaciones, para lo cual se requiere de concesión.
- 3 Para comercializar o prestar servicios de telecomunicaciones, se requiere obtener permiso de comercializadora de servicios de telecomunicaciones.
- 4 Pretender que la autoridad determine ciertas bandas de uso libre, argumentando que los servicios se prestan a través de la red pública de telecomunicaciones, contraviene lo establecido por la LFT.”

Es por tanto que surge indispensable el identificar los diferentes elementos básicos que constituyen la problemática que representa la aplicación de estas nuevas tecnologías para analizarlos y resolverlos de manera independiente, quizá con soluciones diferentes para cada uno de ellos, de tal suerte que al integrarlos nuevamente se cuente con una solución viable.

PROPUESTA

De los análisis realizados se desprende que se tienen dos ámbitos diferentes de aplicación de las tecnologías inalámbricas en el momento. Dichos ámbitos son:

- 1 El ámbito ubicado después del PCT de las redes públicas de telecomunicaciones, es decir en el área de dominio de los usuarios, pudiendo ser esta área desde los espacios domésticos hasta los correspondientes a una red privada, y

- 2 El ámbito ubicado antes del PCT de las redes públicas de telecomunicaciones, es decir en el área de acceso de dichas redes y del dominio de los concesionarios que prestan servicios públicos de telecomunicaciones.

Desde un punto de vista de desarrollo económico es indispensable que se promueva la aplicación de nuevas y más eficaces tecnologías, por lo que, por un lado se deben encontrar los mecanismos para que el público en general (los usuarios) pueda beneficiarse de los avances tecnológicos en materia de telecomunicaciones, y por otro los correspondientes mecanismos para que los servicios que ofrezcan los concesionarios que prestan servicios públicos de telecomunicaciones cumplan con los mejores niveles de calidad para lo cual es indispensable que los mencionados concesionarios cuenten con la más clara certeza jurídica para la ejecución de las inversiones necesarias constitutivas de sus redes públicas de telecomunicaciones.

Es por lo anterior que se propone:

PRIMERO

Que las bandas de frecuencia del espectro radioeléctrico de 2,400 – 2,400.83 MHz y de 5,150 – 5,250 Mhz sean clasificadas como de uso libre (183.5 MHz totales).

Deberán publicarse las condiciones de operación de dichas bandas las cuales incluirán el PIRE (Potencia Isotrópica Radiada Efectiva) máximo autorizado y que su área de uso es después del PCT, así como los requerimientos de homologación y certificación de equipos, al mismo tiempo de la declaración de la clasificación de dichas bandas como de uso libre.

La tabla 4.3 sintetiza la recomendación.

Tabla 4.3 Síntesis de primera recomendación

BANDA MHZ	ATRIBUCIÓN CNAF	APLICACIÓN ACTUAL	RECOMENDACIÓN	PIRE
2,400-2,483.5	FIJO MÓVIL	<ul style="list-style-type: none"> ●1ICM ●2Wi-Fi ●3Baja potencia (pp y ppm) ●4Dispositivos homologados corto alcance 	USO LIBRE <ul style="list-style-type: none"> ●1Aplicaciones actuales ●2WLAN (802.11) 	100 mW
5,150- 5,250	FIJO POR SAT.(T-E) R. NAVEG. AERONÁUTIC A	<ul style="list-style-type: none"> ●1Baja potencia (pp y ppm) 	USO LIBRE <ul style="list-style-type: none"> ●2Aplicaciones actuales ●3WLAN (802.11) 	200 mW

SEGUNDO

Que las bandas de frecuencia del espectro radioeléctrico de 5,250 -5,350 MHz, de 5,470 – 5,725 MHz y de 5,725 – 5,825 MHz permanezcan clasificadas como de uso determinado (455 MHz totales) y por tanto su asignación continuaría sujeta a los procesos de licitación pública establecidos por la Ley Federal de Telecomunicaciones. Se incluya en el CNAF para las mencionadas bandas la atribución de FIJO. El área de aplicación de estas bandas de frecuencias es hasta el PCT.

La tabla 4.3 sintetiza la recomendación.

Tabla 4.4 Síntesis de segunda recomendación

BANDA MHZ	ATRIBUCIÓN CNAF	APLICACIÓN ACTUAL	RECOMENDACIÓN
5,250-5,350	FIJO EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SAT. INVESTIGACIÓN ESPACIAL R.LOCALIZACIÓN MÓVIL	●4Baja potencia (pp y ppm)	MANTENER LA CLASIFICACIÓN DE USO DETERMINADO
5,470-5,725	FIJO R.NAVEGACIÓN MARÍTIMA MÓVIL Radiolocalización	●5Radares Meteorológicos	MANTENER LA CLASIFICACIÓN DE USO DETERMINADO
5,725-5,825	FIJO R.LOCALIZACIÓN Aficionados	●6ICM ●7Baja potencia (pp y ppm)	MANTENER LA CLASIFICACIÓN DE USO DETERMINADO

Los procesos de licitación pública deberán realizarse por:

- 1 Área de Servicio Local;
- 2 Región, o
- 3 Nacional.

Nuestra recomendación es que se realice por Región, dado que una licitación a nivel nacional provocaría que existiera solo un propietario de esas frecuencias, que a la vez daría como resultado una inexistente competencia que perjudicaría en la prestación del servicio y costos del mismo, en contraparte una licitación bajo el régimen de Área de Servicio Local quedaría muy por debajo de las perspectivas de desarrollo de la tecnología, dado que la extensión y cobertura para cada empresa limitaría el préstamo en el servicio y se llegaría al caso en que existieran demasiadas empresas con poco panorama de desarrollo, por último, el regional es el camino indicado para realizar una licitación, dado que con una división en regiones de nuestro territorio promoverá la inversión y dejara a un lado el inconveniente de un único operario, este tipo de licitación ya se ha probado en el país, dando buenos resultados en la licitación de frecuencias para telefonía celular.

Toda vez que las licitaciones públicas de bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico implican la exclusividad de asignación de las mismas a continuación se proponen las segmentaciones en bloques de estas bandas los cuales serían licitados de acuerdo a las bases que en su momento se establezcan.

Banda de 5,250 MHz – 5,350 MHz:

- 1 5 Bloques de 20 MHz cada uno.

5,250	5,270	5,290	5,310	5,330
5,270	5,290	5,310	5,330	5,350
MHz	MHz	MHz	MHz	MHz

Banda de 5,725MHz – 5,825 MHz:

- 2 5 Bloques de 20 MHz cada uno.

5,725	5,745	5,765	5,785	5,805
5,745	5,765	5,785	5,805	5,825
MHz	MHz	MHz	MHz	MHz

Banda de 5,470MHz – 5,725 MHz:

3 5 Bloques de 51 Mhz cada uno.

5,470	5,521	5,572	5,623	5,674
5,521	5,572	5,623	5,674	5,725
MHz	MHz	MHz	MHz	MHz

Tomando en cuenta que las economías de escala de los equipos y sistemas de acceso inalámbrico que cumplan con la norma IEEE 802.11g estén ya en el mercado, considerando que esta propuesta contempla también esa norma además de la IEEE 802.11b se recomienda que los procesos de licitación ocurran al final del 2005 o al inicio de 2006, si se quiere que la propuesta se lleve a cabo en este sexenio.

Asimismo, se sugiere que las primeras licitaciones sean las correspondientes a las bandas de frecuencias de 5,250 MHz – 5,350 MHz y de 5,725MHz – 5,825 MHz, dejando la licitación de la banda de frecuencias de 5,470MHz – 5,725 MHz para después de que se observe la evolución de los mercados correspondientes.

Además de que no provoquen interferencia a otros sistemas ni tengan derecho a reclamar protección alguna contra la interferencia producida por otros sistemas, para lo cual deben ajustarse a las siguientes condiciones técnico-operativas véase tabla 4.5.

Tabla 4.5 Condiciones técnico operativas

Bandas de frecuencias	5,150-5,250 MHz	5,250-5,350 MHz	5,250-5,350/ 5,725-5,825 MHz
Ambiente de operación	Area local	Area restringida	Enlaces de cobertura amplia
Potencia pico de transmisión, sobre la banda de operación, no deberá de exceder de	50 mW	250 mW	1 Watt
La densidad espectral de la frecuencia pico, no deberá de exceder de	2.5 Mw/MHz	12.5 mW/MHz	50 mW/MHz
Potencia radiada aparente máxima	200 mW	1.0 Watt	4 Watts

La aplicación de normas y reglamentos es parte de nuestra vida diaria, es como nuestra sociedad se ha conformado, por ello que la aplicación y seguimiento de las mismas permiten que sigamos avanzando. Al presentar esta propuesta se pretende dar certidumbre tanto a los usuarios como a los proveedores del servicio, en términos generales lo antes expuesto da una ruta a seguir abarcando los ámbitos políticos, legales, económicos y técnicos que rodean a una implementación de tal magnitud, es bien cierto que lo aquí expuesto mantenga ciertas limitantes, pero a la vez deja las puertas abiertas para futuras correcciones o ampliaciones de la misma. Una buena propuesta no esta completa sin observar los beneficios que traería su implementación, con ese afán se presenta el último capítulo, dando una revisión a los impactos que traería en lo económico, político, social y su expansión.

CAPÍTULO 5

EFFECTOS DE UNA NORMA MEXICANA DE REDES INALÁMBRICAS

Los efectos serían diversos y alentadores, aquí se trataran algunos de las repercusiones que a mediano y largo plazo tendrían en la sociedad y la economía de nuestro país, no cabe duda que dar certeza y seguridad a aquellos que desean prestar servicios en cualquier ámbito abre oportunidades de crecimiento.

Existe una gran brecha entre nuestro país y los de primer mundo, dado que no somos creadores de la tecnología contamos con el retraso natural, a la espera de la puesta en el mercado de las nuevas tecnologías y una vez pasado ese obstáculo, el de darle un marco legal que retrasa aun más la puesta en marcha de esas tecnologías. Se debe hacer más dinámica e incluyente la elaboración de normas o documentos que sirvan como marco regulatorio. Con ello lograremos que el avance tecnológico de nuestro país no sea tan alejado de los que van en la vanguardia.

5.1 CALIDAD EN EL SERVICIO

La calidad asociada a las organizaciones empresariales ha sufrido una importante evolución en las últimas décadas, así, en un principio, se asociaba con la inspección y el control de la producción obtenida. Posteriormente, el concepto de calidad se extendió a todas las fases de la vida de un producto o servicio para el que se exigía no sólo la necesidad de ser apto para el uso que se le había asignado sino la de igualar e incluso superar las expectativas que los clientes habían depositado en él.

Esta nueva concepción de la calidad es lo que se conoce como “calidad del servicio”. El servicio se entiende como el conjunto de prestaciones accesorias de naturaleza cuantitativa o cualitativa que acompañan a la prestación principal, ya sea ésta en un producto o en un servicio.

Para una empresa que ofrece servicios de Internet, ya sea de forma convencional o inalámbrica, uno de los principales problemas que se presentan es cómo llevar a cabo una medición de la calidad del servicio que ofrece a sus usuarios desvinculada de la calidad de la propia red.

Para que se cumpla el objetivo final de la red, que no es otro que dar servicio a los usuarios finales (los cuales no están preocupados por cómo se proporciona

un servicio o con aspectos del diseño de red, sino en obtener un servicio que se ajuste a sus expectativas) son necesarios tanto los parámetros de red como los de usuario, y por lo tanto también la definición de una relación cuantitativa entre ellos, así por ejemplo, para los operadores de telecomunicaciones el llevar a cabo una gestión de la red en tiempo real es una necesidad muy importante para el desarrollo de servicios avanzados de banda ancha, para otros no será un punto crítico.

La calidad percibida por el usuario no puede predecirse a partir de medidas objetivas, sino que existe la necesidad de buscar métodos fiables y válidos para “medir” la calidad subjetiva y enlazarlos a los factores objetivos que se pueden aplicar a los servicios de red.

Cualquier modelo por el que se evalúe la calidad del servicio no es más que una representación simplificada de la realidad, en la que se toman en consideración algunos de los elementos básicos que explican los niveles de calidad alcanzados por la organización desde el punto de vista de sus clientes, dejando fuera del modelo, otros elementos de naturaleza más intangible, y por tanto de más difícil cuantificación.

La dificultad de “medir” la calidad percibida por el usuario, además de tener un fuerte carácter subjetivo, también se ve influenciada por factores como el coste asociado y la tarea realizada.

Los indicadores de la calidad técnica son los más fáciles de medir ya que vienen expresados en unidades físicas y se refieren a lo que esperan los clientes en cuanto a especificaciones de rendimiento del sistema; básicamente incluyen aspectos relativos al equipamiento básico de red (DNS, routers, gateways, etc.) y los servicios externos más utilizados por los usuarios (servidores Web, e-mail, ..etc.).

Son dos los tipos de medidas de rendimiento técnico que se realizan: el número de datagramas perdidos y el tiempo de respuesta de las peticiones. Sirven para evaluar respectivamente las pérdidas de información y los retardos que se producen en las comunicaciones que se realizan. Los principales atributos considerados como indicadores del nivel de calidad técnica alcanzado por una empresa de Internet van a ser:

- 1.- Accesibilidad al servicio: en este aspecto se medirá el nivel de facilidad en las conexiones. Se entiende por accesible si es viable establecer alguna conexión.

2.- Disponibilidad del servicio: se entiende por disponible si supera un umbral mínimo de conexiones exitosas.

3.- Duración de la indisponibilidad: en este aspecto se medirá la capacidad técnica en la resolución de problemas de acceso.

4.- Tiempo entre indisponibilidades: permite evaluar la solidez del servicio a la hora de mantener la red.³²

Los indicadores de calidad funcional en este sentido recogerán aspectos relativos a la calidad de la atención recibida, claridad y veracidad de las informaciones (sobre precio y producto, stock, fechas de suministro, modificación, formas de envío, etcétera.) así como la seguridad y privacidad garantizada al cliente.

Los principales indicadores del nivel de calidad funcional que deben ser considerados por una empresa que ofrece servicios de conexión a Internet ya sea de forma convencional o inalámbrica deberán ser:

1.- Claridad y veracidad en la información ofrecida al cliente: relativa a precios, disponibilidad del servicio, formas de pago.

2.- Seguridad y privacidad de datos del cliente. La seguridad debe estar presente desde el momento en que una persona accede a la web hasta que finaliza la sesión, así como la entidad deberá adoptar las medidas técnicas y organizativas necesarias que garanticen la seguridad de los datos de carácter personal y eviten su alteración, pérdida, tratamiento o acceso no autorizado.

3.- Servicio de atención al cliente preventa y postventa. La empresa deberá ofrecer todas las posibilidades de comunicación posible, comprometiéndose a resolver dudas del cliente en el formato que éste haya elegido. El plazo de respuesta de estas dudas deberá ser lo más breve posible con objeto de ofrecerle al usuario un servicio de calidad que minimice su desconfianza hacia el medio de contratación online. El servicio de postventa debe quedar perfectamente definido en cuanto a garantía, asistencia, servicio técnico y gestión de reclamaciones y devoluciones.³²

Es indudable que la libre competencia hace más efectivos estos parámetros, dado que el usuario de forma conciente busca tener el mejor servicio. El monopolio propicia un decrecimiento de la calidad, ya que se tiene un mercado cautivo sin opciones. Todos estos factores deben ser contemplados

en la elaboración de una norma. Aunque de una forma no explícita se atiende la calidad en el servicio en este trabajo. Se ha considerado y tomado como base no dar pie a monopolios que como se ve en este apartado es un primer paso para la calidad del servicio.

5.2 DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS EN EL PAÍS

Los atractivos costos para el despliegue de WLAN han inducido a la potencial extensión de las WLAN's hacia las MAN's (Metropolitan Area Networks) e incluso a las WAN's (Wide Area Networks).

Los retos planteados por la potencial extensión de la aplicación de WLAN (WiFi) al ámbito de las redes públicas de telecomunicaciones provocó el desarrollo de la norma IEEE 802.16 conocida como WiMax (Wireless Interoperability for Microwave Access) para el despliegue de redes metropolitanas inalámbricas (MAN's) que es una gran oportunidad para comunidades en México donde el cableado telefónico resulte muy costoso.

Con la implantación de este tipo de sistemas el país dará un gran salto en lo que se refiere a comunicación, y así estar más cerca de las potencias mundiales donde la comunicación entre sus pobladores está por arriba del 80 %.

Los objetivos principales del desarrollo de la norma IEEE 802.16 son:

- 1 Mejor comportamiento a mayores distancias (50 Kms)
- 2 Capacidad escalable de los sistemas
 - ◆ Fácil adición de canales para maximizar la capacidad de las celdas
 - ◆ Anchos de banda flexibles para acomodar diferentes atribuciones del espectro radioeléctrico
- 3 Cobertura flexible
 - ◆ Arquitectura en malla con antenas inteligentes

- ◆ Esquema de modulación adaptado que permite el intercambio de ancho de banda por alcance

4 Calidad de servicio

- ◆ Carrier Class
- ◆ Niveles de servicio diferenciados: E1's para negocios, "mejor esfuerzo" para residencial

La siguiente Tabla 5.1 ilustra la comparación entre la norma IEEE 802.11 y la IEEE 802.16

Tabla 5.1 Comparación 802.11 y 802.16¹⁶

	802.11	802.16
ALCANCE	OPTIMIZADO PARA USUARIOS DENTRO DE UN RADIO DE 100 MTS	OPTIMIZADO PAR CELDAS TÍPICAS DE 7-10 KMS HASTA 50 KMS
COBERTURA	INTERIORES	EXTERIORES
ESCALABILIDAD	ANCHO DE BANDA DE CANAL DE 20 MHZ FIJO	ANCHO DE BANDA DE CANAL FLEXIBLE, DE 1.5 A 20 MHZ; REUSO DE FRECUENCIAS; PLANEACIÓN DE CELDAS POSIBLE
VELOCIDAD	2.7 bps/hz PICO; HASTA 54 Mbps EN 20 MHZ	3.8 bps/hz PICO; HASTA 75 MHZ EN 20 MHZ
CALIDAD DE SERVICIO	NO SOPORTADA	DISEÑADA

Indudablemente la aplicación de equipos y sistemas de ambas normas no es excluyente sino complementaria como se ilustra en la figura anterior.

Es importante destacar que mientras hoy existen múltiples equipos y sistemas de diferentes fabricantes que cumplen con el conjunto de normas IEEE 802.11, y por tanto son compatibles entre si, aún no existe suministro de equipos y sistemas que cumplan con el conjunto de normas IEEE 802.16.

Este hecho se debe a que las normas IEEE 802.16 continúan en desarrollo, previéndose los tiempos indicados en la siguiente Tabla 5.2 para su potencial conclusión e inicio de la generación de la necesaria economía de escala.

Tabla 5.2 Norma 802.16¹⁶

802.16 a	802.16 Rd	802.16 e
----------	-----------	----------

NORMA TERMINADA	Q1 2003	Q4 2004	Q3 2005
BANDAS	2 – 11 GHZ	2 -11 GHZ	2 – 5 GHZ
CONDICIONES DE CANAL	LÍNEA DE VISTA	NO LÍNEA DE VISTA	NO LÍNEA DE VISTA
MOVILIDAD	FIJO	FIJO-PORTABLE	PEDESTRE
VOLUMEN	Q3 2004	Q2 2006	Q4 2006

La generación de volumen es fundamental para la viabilidad económica del despliegue del Acceso Inalámbrico de Banda Ancha, ya que se tiene información que el precio del equipo de usuario que cumplen con la norma IEEE 802.16a es del orden de los 700 USD por unidad con una capacidad de un E1.

Es importante destacar que la norma IEEE 802.16 se puede considerar como un estándar “Pre-WiMax” ya que emplea modulaciones QPSK, 16 QAM y 64 QAM por lo que sus correspondientes equipos requieren de línea de vista. La norma IEEE 802.16 a y Rd emplearán la modulación OFDM 256 sub-carriers

y los equipos que cumplan con ella no requerirán de línea de vista, lo que es fundamental en aplicaciones en exteriores.

Para implementar IEEE 802.16 en nuestro país es necesario dar certidumbre a las que se basan en el IEEE 802.11, dado que las aplicaciones bajo este último estándar están ampliamente ligadas, el marco regulatorio mexicano debe dar las bases a los empresarios, con ello se logrará que las nuevas tecnologías comiencen a trabajar y beneficiar a una gran parte de la población en donde la implementación de este tipo de tecnologías representaran más que el avance del país en este rubro, será la oportunidad de estar comunicados.

5.3 IMPACTO ECONÓMICO

La incertidumbre de la utilización de las bandas de frecuencias antes referidas, mismas que a la fecha aún no han sido designadas de uso libre como ocurre en otros países, ha creado barreras regulatorias para la introducción y desarrollo de las más modernas tecnologías inalámbricas de banda ancha en nuestro país.

En 2005 existen empresas y proveedores de equipo, así como prestadores de servicio que pretenden ofrecer estos servicios y tienen confusión respecto al procedimiento regulatorio para la prestación de nuevos servicios en México.

Con estos huecos se dan actos de carácter monopólico, dado que los pequeños competidores, al no contar con bases justas en la distribución y manejo del ER, optan por no invertir y dejan el mercado a grandes operarios como ya se ha explicado.

Es por ello que hay que diversificar el mercado y dar nuevas opciones de inversión, que es uno de los mayores retos que se tienen por parte del gobierno, en particular de la COFETEL, dado que la presión política y económica de grandes operarios es enorme y con ello se dificulta la adopción de buenas medidas para el manejo e implementación de tecnologías novedosas.

5.3.1 Mercado de las Telecomunicaciones

El aspecto de las telecomunicaciones en México es uno de los pocos sectores económicos que representa avances cada año. Para entender la importancia de este sector, bastan algunos números. Dentro del ámbito económico nacional, el sector telecomunicaciones en 2003: representó el 3.18% del Producto Interno Bruto, generó el 11.7% de los ingresos del sector público y alcanzó un crecimiento de 8.7% anual, para 2004 el PIB fue de 4.4% y se espera que para 2005 el crecimiento se mantenga. El sector telecomunicaciones ha sido señalado como esencial para el desarrollo económico y social de nuestro país.^{16, 18}

5.3.2 Empresas del Sector de las Telecomunicaciones

La Comisión Federal de Competencia (COFECO) declaró desde 1998 dominante a Telmex en cinco mercados relevantes: telefonía básica local, larga distancia nacional, larga distancia internacional, servicios de acceso o interconexión y transporte interurbano, y de llevar a cabo prácticas monopólicas, hasta la fecha no se ha podido aplicar ningún tipo de regulación asimétrica al operador dominante debido a que éste ha logrado que los tribunales cancelen la aplicación de todos los procesos que pretendía realizar la COFETEL para demostrar su dominio.

Los elementos más importantes de las Obligaciones del Operador Dominante se refieren a las tarifas, y son los siguientes:

- 1) Los precios para los servicios implicados siempre deberán ser mayores que los precios piso basado en costos promedio totales. La propia Concesión señala que los precios para cualquier servicio deberán exceder el costo incremental promedio.
- 2) Las obligaciones prohíben cualquier tarifa o paquete de tarifas que reduzca el margen de operación en un mercado competitivo, excepto como una respuesta defensiva a las tarifas de la competencia que representen un riesgo

de pérdida de mercado. Este riesgo potencial está latente en cada estrategia de los rivales.

3) Los precios de los servicios (distintos de interconexión) que proporcione a otros operadores, estarán sujetos, por primera vez, a la aprobación previa de la COFETEL. La falta de flexibilidad de la COFETEL y las limitantes que le impone la actual legislación aún no han permitido llevar a cabo acciones que ya vienen siendo práctica habitual en los países desarrollados y muchos de los países en desarrollo, como la implantación del servicio de selección por prescripción del operador de larga distancia en telefonía fija (en la modalidad de prepago) o la de portabilidad de número telefónico.²²

En 2005 se discute en el Congreso una propuesta de ley por la cual la COFETEL sería la entidad encargada de hacer todos los estudios técnicos para que se determine un pago justo entre operadores y que no sólo quedase en costo incremental medio. Lo cierto es que la posibilidad de que Telmex subarriende su red es prácticamente nula a mediano plazo.

Lo anterior, partiendo de la base de que la COFETEL no es coaccionada ni por los operadores ni por el Estado, y todos sus miembros trabajan para el cumplimiento de sus objetivos. De ser así, el sector en México estaría pasando de una situación en la cual la industria serviría como catapulta para acceder a un mundo globalizado para convertirse en factor de distanciamiento entre las economías.

Como se ve la influencia que tiene Telmex en el mercado es abrumadora, pero existen empresas nacionales e internacionales que quieren crecer en el mercado mexicano y una buena opción es al inversión en comunicaciones inalámbricas entre las empresas interesadas destacan.

1. Avantel, S.A. de C.V
2. ECI de México, S.A. de C.V.
3. Ericsson Telecom, S.A. de C.V.
4. Ingeniería y Redes de Telecomunicaciones, S.A. de C.V. (INRED)
5. Intelcom, S.A. de C.V.

6. Iusacell, S.A. de C.V.
7. Kb/Tel Telecomunicaciones, S.A. de C.V.
8. Lucent Technologies de México, S.A. de C.V.
9. Mexicana de Electrónica Industrial, S.A. de C.V. (MEXEL)
10. Miditel, S.A. de C.V.
11. Mixbaal, S.A. de C.V.
12. Motorola de México, S.A. de C.V.
13. Teléfonos de México, S.A. de C.V.
14. Wireless, Inc. México, S.A. de C.V.
15. Televisa SA. de CV

Todas ellas respondiendo a la convocatoria hecha en el DOF (diario oficial de la federación) con fecha 8 de febrero de 2002. Ha de observarse que no solamente se encuentran proveedores a consumidores finales, también proveedores de equipo, con ello se demuestra el gran interés del mercado para invertir en esta área, por ende si una reglamentación adecuada da cabida a la libre competencia repercutirá en la economía nacional y en la creación de nuevas fuentes de empleo.

5.4 IMPACTO SOCIAL

Actualmente, las discusiones académicas, los negocios, las relaciones internacionales, las actividades humanas más cotidianas están centradas en una revolución por demás significativa, porque tiene como base a las Tecnologías de Información y Comunicación, innovaciones que favorecen enormemente el flujo de información y que, por supuesto, mejoran las posibilidades de comunicación humana.

Los medios de comunicación social, y los profesionales de la comunicación, no pueden hacerse a un lado cuando el mundo en su conjunto se abre a experimentar un fenómeno que con Internet a la cabeza, trae consigo un sin número de cambios que parece no terminar.

La búsqueda constante del hombre por satisfacer cada vez mejor su necesidad de comunicación ha sido el impulso que ha logrado la instauración en el mundo de instrumentos cada día más poderosos y veloces en el proceso comunicativo.⁵

Sólo basta una retrospectiva para definir cómo el ser humano ha logrado evolucionar sus formas de comunicación: Desde rudimentarios métodos como la escritura jeroglífica, pasando por la invención del alfabeto y del papel, dando un leve salto hasta la llegada de la imprenta, y apenas uno más para la aparición del teléfono, el cine, la radio y la televisión.⁵

Todos estos instrumentos han sido ciertamente un avance en las formas de comunicación del hombre y, prácticamente todos, han sido posibles gracias a la tecnología, que a su vez ha sido el instrumento cuya evolución ha determinado el avance de la humanidad.

Está dicho que los avances en los modos de comunicación del hombre están sustentados en la evolución de la tecnología. El emprendedor espíritu del ser humano se mantiene en una búsqueda constante de nuevos modos de hacer de la vida del hombre un asunto cada vez más cómodo y agradable.

La tecnología es justamente el medio que ha permitido responder cada vez mejor a las necesidades humanas facilitando y simplificando procesos.

Bajo esta perspectiva, la concepción moderna de las tecnologías de información y comunicación comprende entonces aplicaciones, sistemas, herramientas, técnicas y metodologías asociadas a la digitalización de señales analógicas, sonidos, texto e imágenes, manejables en tiempo real.⁵

Se relaciona con equipos de computación, software, telecomunicaciones, redes y bases de datos. Porque como ya se ha dicho, la evolución del proceso comunicativo humano está directamente relacionada con la evolución tecnológica de la humanidad.

Internet es entonces un nuevo canal de comunicación que resalta, además, porque permite en su particular ambiente la combinación de todos los demás medios. En la Red están la escritura y la fotografía de la prensa, las imágenes en video de la televisión y el sonido de la radio, sumados a la interacción y personalización de mensajes.

La Red, más que un medio de comunicación, es un soporte (con enormes capacidades, vale decir) para todos los medios de comunicación que el hombre ha utilizado hasta ahora; sus características permiten la combinación de todo, es a partir de estas aseveraciones que se justifica la denominación de la Web como un gran concentrador de medios.

Ahora la tecnología nos permite deshacernos de los cables, nos da la oportunidad de la movilidad, que representa estar comunicados en todo momento, es por ello que la implementación de tecnologías que permitan el acceso a Internet cambiaran el entorno en que vivimos, claro ejemplo de que el mundo ve hacia esa dirección son los aparatos electrodoméstico con módem para ser controlados desde la red.

Otro cambio que se vislumbra es conectar a comunidades alejadas, donde el costo de un cableado resultaría muy costoso, la tecnología inalámbrica vendría a resolver esos inconvenientes, convirtiéndose en una puerta de comunicación para ese tipo de comunidades que más que un avance de la tecnología representaría una necesidad que merece ser resuelta.

Se trata simplemente de destacar la importancia que tiene hoy el hecho de asumir con responsabilidad la tarea de mirar todas las innovaciones tecnológicas que surgen en el área de información y comunicación desde una perspectiva más amplia, porque es imposible ya mirar desde afuera.

Todas las afirmaciones que tienen cabida aquí sólo son un humilde intento de mostrar cómo las tecnologías arropan toda actividad de comunicación, para mejorarla en gran medida el bienestar de los hombres, y como el establecimiento de reglas claras puede traer enormes cambios.

CONCLUSIONES

El manejo del espectro es un bien del cual se hace cargo el gobierno de él depende su buen uso y distribución, bajo las leyes y normas imperantes dentro de nuestro país y a efectos de este trabajo se concluye que:

En el espectro de uso libre, no se prestan servicios de telecomunicaciones, y por ende, no se requiere de concesión.

Por el contrario, en el espectro de uso determinado, sí se prestan servicios de telecomunicaciones, para lo cual se requiere de concesión.

Para comercializar o prestar servicios de telecomunicaciones, se requiere obtener permiso de comercializadora de servicios de telecomunicaciones.

Pretender que la autoridad determine ciertas bandas de uso libre, argumentando que los servicios se prestan a través de la red pública de telecomunicaciones, contraviene lo establecido por la LFT.

De lo cual se desprendieron las siguientes recomendaciones para conformar la base de una norma mexicana:

- ◆ Que las bandas de frecuencia del espectro radioeléctrico de 2,400 – 2,400.83 MHz y de 5,150 – 5,250 MHz sean clasificadas como de uso libre.
- ◆ Que las bandas de frecuencia del espectro radioeléctrico de 5,250 -5,350 MHz, de 5,470 – 5,725 MHz y de 5,725 – 5,825 MHz permanezcan clasificadas como de uso determinado.
- ◆ Con la aplicación de las dos propuestas anteriores se podrá atender los requerimientos de la industria incluso antes de los procesos de licitación indicados.
- ◆ Con ello se cumple el objetivo de dar una propuesta en el manejo de redes inalámbricas, que es lo se puso como objetivo al realizar este trabajo. Dado que el gobierno y en particular la COFETEL son las encargadas de promulgar normas mexicanas, la presentación de esta propuesta no se pudo hacer bajo la estructura de las normas existentes dado que ese formato pertenece al gobierno. Ello no quiere decir que la información contenida en esta tesis no cumpla los requerimientos, sino que aun debe

ser juzgada por personal de COFETEL, con la cual se trabajó en el desarrollo de varios puntos de ésta tesis.

Basado en lo visto a lo largo de éste trabajo, especialmente en el capítulo 5, se puede concluir que:

- ◆ El desarrollo económico va muy ligado con el avance tecnológico, de ahí el interés de varios empresarios de invertir en el campo de las comunicaciones, específicamente en el área inalámbrica, como le han hecho saber a la COFETEL en varias ocasiones, adoptando la norma se daría un gran paso para que estos empresarios comenzaran a invertir, logrando con ello un avance económico, diversidad en el servicio y mejora en precio y muy probablemente en el servicio.
- ◆ Es indudable que la forma en que nos comunicamos es significativamente trascendente en nuestra sociedad, pasar de cartas escritas a correos electrónicos ha cambiado nuestra concepción del mundo, es por ello que el manejo de tecnologías como la comunicación inalámbrica traerá un cambio substancial en la vida de cada persona.
- ◆ Las mejoras técnicas y de los protocolos no se dejaron esperar, un ejemplo es 802.11g, que indudablemente se aplicará en México, pero se necesita antes de una norma como la que se propone para que tenga un mejor desarrollo de lo contrario será muy difícil su implementación.

El avance de la tecnología es inevitable, depende de nosotros ser parte de esos cambios o como hasta la fecha ser simples observadores. En nuestro país existen muchas deficiencias en todos los ámbitos. Uno de los campos en los que se encuentran más rezagos es el de las comunicaciones, tenemos grandes desigualdades mientras en las ciudades se habla de acceso a Internet con conexiones de banda ancha, en el campo es solo un tópico al cual están muy lejos de tener acceso.

Si las comunicaciones vía terrestre en algunas comunidades es aun a estas fechas un sueño inalcanzable, las comunicaciones como el teléfono o Internet son un lujo, que dista mucho de su realidad.

Los problemas operativos como se vio a lo largo de éste trabajo, no son las principales causas, dado que por desgracia nosotros no somos los creadores de

tales tecnologías, el problema radica en acciones jurídicas, administrativas y de mercado.

Donde el interés es el motor para aprobar o no ciertas medidas. Es obligación de quienes formaremos parte del grupo de operadores de la tecnología, ir más allá, tomar decisiones y encaminar la tecnología en beneficio de todos llámense gobierno, empresarios o consumidores.

Una de las grandes conclusiones de este trabajo es que antes de emprender acciones de carácter técnico, hay que conocer el entorno en que nos encontramos, dado que de nada servirá un proyecto que este fuera de normas y reglamentos. Otro tema importante es no delegar a otros profesionistas lo que por razones lógicas corresponde a los ingenieros. La creación de este trabajo ha cumplido ese objetivo, se ha propuesto dar una solución coherente a la problemática de la cual se podrá estar en acuerdo o desacuerdo, pero es un primer paso.

Es importante recordar que las leyes, reglamentos o normas, tienen cierto periodo de vida y que los que hoy es valido dentro de algunos años ya no lo será. Este trabajo además de contener la propuesta, también pretende ser referencia no solo para aquellos que desean ampliar en este tema, sino para aquellos que tengan la inquietud de desarrollar trabajos de la misma índole.

Por ultimo, la colaboración con COFETEL para el desarrollo de este trabajo fue fundamental, y aunque en una pequeña parte se han tomado fragmentos de este trabajo por personal de la dependencia, para quienes es muy importante la visión de los recién egresados, dado que da una visión fresca.

También es de interés que exista este tipo de desarrollos en las escuelas, porque más allá de ser o no tomados en cuenta, quienes los elaboran cuentan ya con argumentos para tomar y dar opinión al respecto, ya sea en dependencias gubernamentales o privadas.

ABREVIATURAS

ACL	Asynchronous Connectionless
AM	Amplitud Modulada
ARPA	Agencia de Programas Avanzados de Investigación
ASK	Amplitude Shift Keying
BF	Bandas de Frecuencia
BFUL	Bandas de Frecuencia de Uso Libre
CCA	Clear Channel Assessment
CNAF	Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencia.
COFECO	Comisión Federal para la Competencia
COFETEL	Comisión Federal de Telecomunicaciones
CRC	Cyclic Redundancy Check
CSMA/CA	Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance
CSMA/CD	Carrier Sense Multiple Access with Collision Detect
EC	Comisión Europea
ER	Espectro Radioeléctrico
ETSI	Instituto de Estándares de Telecomunicación Europeos
DNS	Domain Name Server
DOF	Diario Oficial de la Federación
DSSS	Direct Sequence Spread Spectrum
FCC	Comité Federal de Comunicaciones
FHSS	Frequency Hopping Spread Spectrum

FM	Frecuencia Modulada
FSK	Frequency Shift Keying
FTP	File Transfer Protocol
GFSK	Gaussian Frequency Shift Keying
HEC	Header Error Check
HF	Alta Frecuencia
HTTP	Hyper Text Transfer Protocol
ICM	Industriales Científicas Médicas
IEEE	Instituto de Ingenieros Electrónicos y Eléctricos
IP	Internet Protocol
IrDA	Infrared Data Association
ISO	Organización Internacional para la Estandarización
ITU-R	International Communications Union Radio Communications Sector
LAN	Local Area Network
LFT	Ley Federal de Telecomunicaciones
LLC	Logical Link Control
LVGC	Ley General de Vías de Comunicación
MAC	Media Access Control
MAN	Metropolitan Area Networks
NETX	Near End Cross Talk
NOM	Norma Oficial Mexicana

NYCE	Normalización y Certificación Electrónica
OFMD	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
OSI	<i>Open Systems Interconnection</i>
PCN	Redes de Comunicación Personal
PCT	Punto de Conexión Terminal
PDA	Personal Digital Assistance
PIRE	Potencia Isotrópica Radiada Efectiva
PLCP	Physical Layer Convergenve Protocol
POP	Post Office Protocol
PSELFEXT	Power Sum Equal Level Far End Cross Talk
PSK	Phase Shift Keying
RF	Radio Frecuencia
RLAN	Radio Local Area Networks
PMD	Physical Medium Dependet
RPC	Llamadas a Procedimientos Remotos
RPT	Redes Publicas de Transmisión
SAP	Service Access Point
SCO	Synchronous Connection Oriented
SFD	Start Frame Delimiter
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol
SNMT	Simple Network Management Protocol
SSH	Secure Shell

STP	Shielded Twisted Pair Cabling
TCP	Transmission Control Protocol
TBD	Transmisión Bidireccional de Datos
VHF	Very High Frecuancy
UHF	Ultra High Frecuancy
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones
UTP	Unshielded Twisted Pair Cabling
5-UP	Unified Protocol
WAN	Wide Area Networks
WECA	Wireless Ethernet Compatibility Alliance
WEP	Wireless Equivalency Protocol
Wi-Fi	Wireless Fidelity
WiMax	Wireless Interoperability for Microwave Access
WLAN	Wireless Local Area Network
WPA	Wi-Fi Protected access
WRC	World Radio Communications Conference

BIBLIOGRAFÍA

LIBROS

1. Aguilar Barceló, José G. El estado actual de las telecomunicaciones en México: La regulación que no llega. Infraestructuras e industrias de red, 2003
Jenkins & Schatt, Redes de Área Local. Ed Prince Hall, México. (1996)
2. Montesinos Ortuno, Jesús. Comunicaciones Analógicas y Digitales. Ed Paraninfo, Madrid, (1990)
3. Raya, José L. Redes Locales y TCP/IP. Ed Alfaomega, Mexico. (1997)
4. Schuartz, Micha. Transmisión de información modulación y ruido. Ed McGraw Hill, México, (1998)
5. Shepard, Steven Telecommunications convergente [Convergencia en telecomunicaciones]. Ed McGraw Hill, USA (2000)
6. Stallings, William. Comunicaciones y redes de computadores. Ed Prentice Hall, Madrid (2000)

TESIS

7. Calzada Ríos, Carlos Gilberto. Sánchez Vázquez, Gerardo. Redes Inalámbricas , UNAM, México, (2003).
8. Lorenzo León, Damian. Camargo Méndez, Juan. Carlos Fortanel, Tania Lizbeth. Redes virtuales (VLANS) su tecnología y sus aplicaciones. UNAM, México, (2004)
9. Perea Matsumura, Amaury H. Mendoza Ruiz, José A. Servicios de banda ancha para telecomunicaciones móviles de tercera generación, UNAM. México, (2004)
10. Pinelo Bolaños, Paola. Análisis comparativo de una red alámbrica con una inalámbrica basada en el estándar IEEE 802.11b, UNAM, México,(2003).
11. Williams Hernández, Adriana. Normatividad y regulación para sistemas de comunicación en México: Trunking, UNAM, México, (2004).

ARTÍCULOS Y APUNTES

12. Ibarra Pereyra, Mario A. Notas de la clase de comunicaciones digitales, UNAM, México, (2003)
13. Vigueras Villaseñor, Marco A. Apuntes de la clase de redes de computadoras, UNAM, (2003)
14. Martínez Evelio, Bluetooth afila sus dientes, Publicado en la Revista RED Julio 2002.

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

15. ITU-T ,“Telecommunication Standardization Sector” .
<http://www.itu.int/ITU-T> Unión Europea. (2005)
16. IEEE, “The Institute of Electrical and Electronics Engineers”.
<http://standards.ieee.org/wireless/> , (2005)
17. COFETEL, “COFETEL Comisión Federal de Telecomunicaciones”.
<http://www.gob.mx> México. (2004).
18. STC, “Secretaria de Comunicaciones y Transportes”.
<http://www.sct.gob.mx>. México. (2004).
19. REGULACION, “Información de regulación en general”.
<http://www.reguleteonline.org> Estados Unidos. (2005)
20. REGULACION, ”Sitio de información de regulación en América Latina”.
<http://www.regulatel.org>. (2004)
21. Diario Oficial de la Federación, “Decretos y reformas al sistema jurídico mexicano” <http://www.gobernacion.gob.mx/dof/pop.php> (2004)

22. CFC, "Comisión Federal para la Competencia reglamentos y acuerdos", <http://www.cfc.gob.mx/contenedor.asp?P=Results.asp?txtDir=http://xeon2/cfc01/Documentos/Esp/Normatividad>, México (2005)
23. Referencias históricas espectro disperso. <http://200.16.6.4/~dflores/salazar/inicio.htm>, (2005)
24. Historia de electricidad y magnetismo. http://www.geocities.com/kasen667/la_electricidad.html, (2005)
25. Historia de la electricidad. <http://www.geocities.com/SiliconValley/Program/7735/historia.html> (2005)
26. Figuras. http://usuarios.lycos.es/pope_666/cable_coaxial.html (2005)
27. Figuras. <http://www.eveliux.com/fundatel/mfibraop.html> (2005)
28. Administrar el cableado puede reducir costos dentro de su empresa <http://www.pc-news.com/detalle.asp?sid=&id=6&Ida=1992>
29. Figura. <http://www.mcw.edu>
30. Telmex, "Acerca de Telmex", <http://www.telmex.com>
31. Televisa "Quiénes somos", <http://www.esmas.com/televisahome/empresa/>
32. Calidad en el servicio de Internet <http://www.eumed.net/cursecon/libreria/clg-ffm/11b.htm>