



DOCUMENTOS TÉCNICOS No. 01 AÑO 01



Principales tendencias en tecnologías de telecomunicaciones 2008-2009

Dirección Técnica

**PRINCIPALES TENDENCIAS
EN TECNOLOGÍAS DE
TELECOMUNICACIONES
2008 – 2009**



DOCUMENTO TÉCNICO

Agosto de 2008

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	9
2.	REDES DE NUEVA GENERACIÓN – NGN.....	11
2.1	Arquitectura e Infraestructura tecnológica para NGN	13
2.2	Capa de Transporte - Acceso y Núcleo	14
2.3	Tendencias en la Capa de Transito	15
2.3.1	<i>Metro Ethernet.....</i>	15
2.3.2	<i>IP/DWDM.....</i>	15
2.3.2.1	Evolución por defecto (Modelo “Overlay”)	16
2.3.2.2	GMPLS / LMP o integración de la transmisión óptica con la capa IP.....	16
2.3.2.3	UNI y E-NNI.....	18
2.3.2.4	Automatic Switched Optical Network / ASON – ITU.T G.8080	19
2.4	Tendencias en la Capa de Acceso	20
2.4.1	<i>Redes de acceso alámbricas.....</i>	20
2.4.1.1	Tendencias en la evolución del ancho de banda en redes fijas	20
2.4.1.2	Tecnologías de último kilómetro	21
2.4.2	<i>Redes de acceso inalámbricas</i>	42
2.4.2.1	Redes WLAN (802.11x)	42
2.4.2.2	Redes WIMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access)	48
2.4.2.3	Redes de Telefonía Móvil.....	74
2.5	Stratum de Servicios.....	89
2.5.1	<i>Capa de Control</i>	89
2.5.1.1	Protocolos Del Plano de Control para NGN.....	90
2.5.1.2	Protocolos de control de pasarelas (gateways): MEGACO/H.248	91
2.5.1.3	Protocolo de Inicio de Sesión (SIP)	92
2.5.1.4	Otros protocolos	94
2.5.2	<i>Capa de Aplicacion</i>	94
2.5.2.1	Protocolos de Capa de Aplicación	95
2.5.2.2	IP Multimedia Subsystem IMS	95
2.5.2.3	Arquitectura de Capas de IMS	97
2.5.2.4	La nueva arquitectura de la Web	98
2.5.2.5	Web 2.0	99
2.5.2.6	Nuevas aplicaciones y servicios en NGN	101
2.5.2.7	Contenidos	103
2.5.2.8	Convergencia de Servicios en NGN	103
2.5.2.9	Plataformas de servicio	105
2.5.3	<i>Capa de Gestión</i>	106
2.5.3.1	Protocolos Del Plano de Administración / Gestión	107

3.	OTRAS TECNOLOGÍAS	108
3.1	RIFID	108
3.1.1	<i>Infraestructura Técnica.....</i>	108
3.1.1.1	Etiqueta (Tag).....	109
3.1.1.2	Conexión	110
3.1.1.3	Lector.....	110
3.1.2	<i>Infraestructura Lógica.....</i>	111
3.1.3	<i>Estandarización.....</i>	112
3.1.4	<i>Usos y Aplicaciones</i>	114
3.1.5	<i>Regulación del Espectro</i>	115
3.2	Televisión Digital	117
3.2.1	<i>Razones de la adopción de TDT.....</i>	117
3.2.2	<i>Formatos de televisión digital terrestre</i>	122
3.2.3	<i>Estándares de televisión digital terrestre</i>	123
3.2.3.1	ATSC – Advanced Television Systems Committee	123
3.2.3.2	DVB-T – Digital Video Broadcasting-Terrestrial.....	124
3.2.3.3	ISDB-T - Integrated Services Digital Broadcasting-Terrestrial	126
3.2.3.4	DMB – T/H - Digital Multimedia Broadcast-Terrestrial/Handheld	128
3.2.4	<i>Tipos de regulación de TDT.....</i>	129
3.2.4.1	Comparación Marcos Regulatorios.....	130
3.2.4.2	Plan de implementación de TDT en Colombia	132
3.2.5	<i>Televisión Interactiva.....</i>	134
3.2.5.1	Qué es la televisión digital interactiva	134
3.2.5.2	Sistema de recepción de televisión digital interactiva.....	135
3.2.5.3	Clasificación de la televisión digital interactiva	136
3.2.5.4	Middlewares de televisión digital interactiva	136
3.2.6	<i>Televisión Digital Terrestre para Móviles.....</i>	139

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Convergencia Tecnológica del Sector de las Telecomunicaciones.....	9
Figura 2 Modelo Funcional de las redes NGN	12
Figura 3 Arquitectura Funcional del FrameWork NGN	13
Figura 4 Modelo de Referencia para las capas de NGN	14
Figura 5 Tendencias evolución transporte IP	16
Figura 6 Modelo de Referencia ASON	19
Figura 7 Tendencias de evolución del ancho de banda habitual en las redes fijas	21
Figura 8 Alcance y velocidad de transmisión de datos en los sistemas XDSL (para un sólo par sin regenerador/amplificador)	23
Figura 9 ADSL2+ Vs ADSL	28
Figura 10 Estándar ETSI, ANSI	29
Figura 11 Variantes ETSI, ANSI	31
Figura 12 Fibra óptica monomodo	33
Figura 13 Fibra óptica multimodo	33
Figura 14 Ventanas de trabajo para la fibra óptica.....	34
Figura 15 Topología General de la red óptica pasiva.....	36
Figura 16 Topología de División para una red PON	37
Figura 17 Mecanismo de Ranging en redes PON.....	38
Figura 18 Canal descendente PON.	38
Figura 19 Canal Ascendente.....	39
Figura 20 Configuraciones de Diversificación para PONs.	39
Figura 21 Estándares Inalámbricos IEEE	42
Figura 22 Estándares Inalámbricos IEEE Familia 802.....	43
Figura 23 Comportamiento de consumidores al comprar un producto Wi-Fi certificado.	43
Figura 24 Segmentos del mercado actual y proyectado Wi-Fi.....	44
Figura 25 Redes de WiMAX en el mundo a Enero de 2008.....	50
Figura 26 Arquitectura WiMAX basada en IP.....	52
Figura 27 Interfaces entre entidades funcionales de la arquitectura de referencia de WiMAX.	54
Figura 28 Modelo de referencia del estándar IEEE 802.16.	55
Figura 29 Red WiMAX 802.16.....	56
Figura 30 Segmentos de aplicación WiMAX.	59

Figura 31 Cobertura WiMAX.	60
Figura 32 Dispositivos WiMAX.	61
Figura 33 Escenario potencial del 802.16.....	62
Figura 34 Integración WiMAX con el NAP.	66
Figura 35 Integración WiMAX con el NSP y el ASP a través de la interfaz A10.	67
Figura 36 Escenario de integración IEEE 802.16e e IEEE 802.11e.	68
Figura 37 Integración de redes WiMAX y WiFi.....	69
Figura 38 Interoperabilidad entre redes WiMAX e IMS.	71
Figura 39 Crecimiento mundial de usuarios de WiMAX entre los años 2007 y 2012.....	73
Figura 40 Prospectiva de las redes 3G	75
Figura 41 Esquema red UMTS	76
Figura 42 Evolución de CDMA y WCDMA.....	77
Figura 43 Despliegue de las redes CDMA2000.....	78
Figura 44 Evolución de las tecnologías basadas en CDMA y OFDM	79
Figura 45 Uso de potencia de celda con y sin HSDPA	80
Figura 46. Diagrama de funcionalidad de HSDPA. Canales y Fast Scheduling	82
Figura 47 Relación Portadora – Velocidad en LTE.....	83
Figura 48 Grupos de trabajo de LTE / SAE	84
Figura 49 . Cronograma de trabajo del LSTI	85
Figura 50 Estructura de acceso de red LTE /SAE	85
Figura 51 La evolución hacia 4G.....	88
Figura 52 Esquema tradicional sin IMS(a) y con IMS (b)	95
Figura 53 Vista simplificada de la Arquitectura IMS	97
Figura 54 Elementos técnicos de un sistema RFID	108
Figura 55 Etiqueta RFID Pasiva	109
Figura 56 Etiqueta RFID activa	109
Figura 57 Lector de pasillo	111
Figura 58 Lector manual usando PDA	111
Figura 59 Estructura de un sistema de televisión digital	119
Figura 60 Comparación de resoluciones entre estándares	120
Figura 61 Factores de decisión en la adopción de TDT	121
Figura 62 Distribución de estándares de TDT en el mundo	121
Figura 63 Características del estándar DVB-T.....	125
Figura 64 Modelo de entrada del estándar DVB-T en Latinoamérica.....	125
Figura 65 Sistema de recepción diversa del estándar ISDB-T.....	127

Figura 66 Sistemas de recepción del sistema ISDB-T	127
Figura 67 Capas de software de un set-top box.....	137
Figura 68 Niveles de la arquitectura MHP	138

INDICE DE FIGURAS

Tabla 1 Familia XDSL.....	22
Tabla 2 Comparación entre las Redes PON.....	41
Tabla 3 Estándares IEEE 802.11.....	45
Tabla 4 Resumen de estándares IEEE 802.16.....	51
Tabla 5 Clases de QoS del IEEE 802.16e-2005.....	65
Tabla 6 Usuarios WiMAX por región años 2007-2012.....	73
Tabla 7 Versiones de CDMA-1xEVDO.....	78
Tabla 8 LTE – Release 8 / 10.....	84
Tabla 9. Tabla comparativa entre 3G y posibles características de 4G.....	89
Tabla 10 Características de las etiquetas RFID.....	110
Tabla 11. RFID en las bandas UHF.....	113
Tabla 12 Comparación Bandas de Frecuencias RFID y frecuencias libres Res. 797-2001	116
Tabla 13 Comparación entre televisión analógica y digital.....	119
Tabla 14 Características de ATSC (Estados Unidos).....	124
Tabla 15 Características de DVB-T (Europa).....	126
Tabla 16 Características de ISDB-T (Japón).....	128
Tabla 17 Características de DMB T/H (China).....	129
Tabla 18 Establecimiento de la TV digital en EUA y Europa.....	129
Tabla 19 Comparación Marcos Regulatorios – Licencias y obligaciones.....	130
Tabla 20 Comparación Marcos Regulatorios – Modelo de Negocios.....	131
Tabla 21 Comparación Marcos Regulatorios – Impacto en la industria.....	131
Tabla 22 Comparación Marcos Regulatorios – Otros.....	132

1. INTRODUCCIÓN

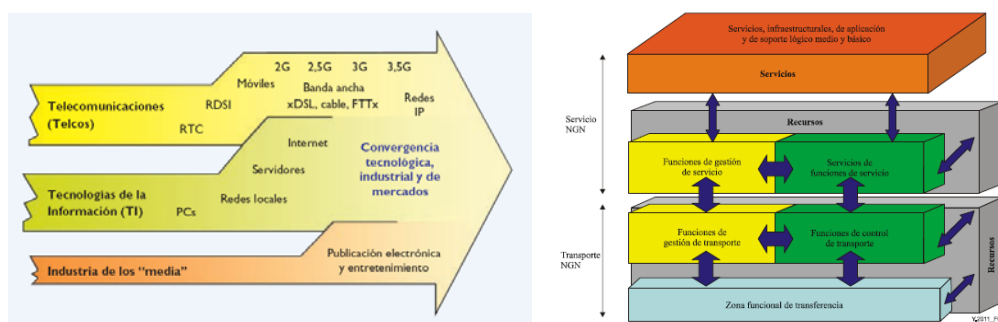
Este documento presenta un estudio e investigación que realiza el Centro de Investigación de las Telecomunicaciones (CINTEL) en lo respectivo a la tendencia evolutiva de las telecomunicaciones desde el 2006 hasta 1Q de 2008, busca identificar y analizar esta prospectiva tomando como referencia el ambiente existente de convergencia, ubicuidad, conectividad e interoperabilidad de las tecnologías, así mismo la personalización de los servicios y la seguridad con la que estos cuentan.

En éste estudio se han identificado una serie de tendencias cuya evolución será determinante para el desarrollo de la sociedad de la información, cada una de ellas en el marco de las redes de nueva generación (NGN) y los servicios que sobre este tipo de redes se prestan.

Con la definición de estándares tecnológicos tales como WIMAX, NGWDM, WCDMA, IPTV, Mobile TV, se dio inicio a la convergencia de tecnologías de acceso y de la estructura del núcleo de las redes fijas y móviles, dicha agrupación ha llevado a que diferentes proveedores de servicios y tecnologías se apoyen mutuamente para brindar un mismo conjunto de servicios. De ahí que existan nuevos escenarios tecnológicos y de mercado, donde se cuenta con la oferta de servicios convergentes prestada a través de plataformas que integran voz, datos y video.

Bajo este esquema el usuario final adquiere un paquete con múltiples servicios a los que puede acceder desde diferentes tipos de interfaces que permiten la simultaneidad de aplicaciones multimedia, apoyado en la convergencia de los diferentes escenarios del sector de las telecomunicaciones.

Figura 1 Convergencia Tecnológica del Sector de las Telecomunicaciones



Fuente: Modificado CINTEL¹

Dentro de esta convergencia se han identificado las siguientes tendencias y desarrollos tecnológicos:

¹ Tendencias opti-2007, ITU, Next Generation Networks Global Standards Initiative (NGN-GSI), ITU-T NGN FG Proceedings I, II

- Redes todo IP, que permiten la integración de productos y servicios del sector de las tecnologías de la información y de las telecomunicaciones y soportan las redes multiservicio.
- Nuevas tecnologías de acceso banda ancha, que permiten la oferta de productos y servicios avanzados de telecomunicaciones.
- Nuevas tecnologías para las comunicaciones móviles, que permiten ofrecer a los usuarios nuevos servicios multimedia, y características de mayor personalización.
- Digitalización de la información, que ha optimizado el tratamiento de diferentes fuentes de información: voz, datos, imágenes, video, etc., impulsando la aparición de nuevas aplicaciones.
- Nuevas tecnologías aplicadas al sector educativo y a la formación académica.

La convergencia que se presenta en los diferentes ambientes resulta de carácter transversal al integrar las TIC con los ambientes Multimedia, permitiendo la prestación de servicios de datos y servicios WEB sobre las plataformas de los operadores de telecomunicaciones.

Este último escenario marca la tendencia del sector hacia la *oferta de aplicaciones convergentes*. Las plataformas de los servicios se pueden observar como el elemento tecnológico que determina el posicionamiento de los diferentes agentes en la cadena de valor. Es por eso que, para estudiar las tendencias tecnológicas en el sector de telecomunicaciones, se deben entonces analizar los elementos tecnológicos en los componentes de la cadena: redes, terminales y aplicaciones.

Este estudio parte del marco de referencia de las redes NGN, cómo se muestra en la Figura 1. Esta arquitectura representa de forma general la estructura de una Red de Próxima Generación (NGN), la cual presenta más que una nueva tecnología específica, una visión y un concepto de mercado apalancado por una variedad de diferentes tecnologías. Es decir, no se trata de una nueva red o tecnología particular, sino de un conjunto de estas.

Desde una perspectiva de alto nivel, se puede considerar que las NGN se basan en tres principios básicos²:

- Las redes NGN se implementan de forma tal, que las funciones llevadas a cabo por la red están separadas en los planos funcionales que se muestran en la Figura 2, estas capas son independientes en el sentido en que pueden ser modificadas o actualizadas sin afectar a las otras capas. Adicionalmente, esta arquitectura de capas permite que la red sea flexible y escalable, reduciendo el tiempo para estructurar y salir al mercado con nuevos servicios.

² "Regulatory implications of the introduction of next generation networks and other new developments in electronic communications". European Commission. 16 de Mayo 2003

- La separación de estas capas se da a través de interfaces abiertas, que facilitan la interconexión a las redes de otros operadores, así como la integración con terceras partes como proveedores de contenido o aplicaciones.
- Las NGN son redes multiservicio, lo que significa que pueden ser utilizadas para proveer gran variedad de servicios de telecomunicaciones, a diferencia de las redes tradicionales que son utilizadas sólo para servicios específicos. Además, una red multiservicio permite que el operador implemente varios servicios para ser prestados al usuario final como uno solo convergente. El tema de multiservicio y servicios integrados no es nuevo: hace más de 10 años con RDSI y luego ATM, ya se hablaba en términos similares. Sin embargo, actualmente con las NGN se habla de una red multiservicios desde el acceso hasta las aplicaciones, con calidad de servicio y ancho de banda.

En ese orden de ideas, en los capítulos siguientes se describen con mayor detalle los conceptos asociados y las capas que involucra una red NGN.

2. REDES DE NUEVA GENERACIÓN – NGN

En el panorama actual de las telecomunicaciones, es una realidad que todos los agentes deben migrar hacia la adopción de una red única que permita la provisión de todo tipo de servicios, incluyendo voz, datos y video. La tendencia actual es integrar todo tipo de servicios en una red de paquetes con infraestructura IP en donde los factores claves son capacidad, calidad de servicio, seguridad, fiabilidad y capilaridad. Para esto, se han definido los modelos de Red de Próxima Generación NGN (Next Generation Network) que integran nuevas y existentes técnicas, tecnologías y protocolos, que combinados permiten el desarrollo de modelos de red que proporcionan todo tipo de servicios multimedia.

Según la recomendación Y.2001 de la ITU-T, se define la Red de Próxima Generación como una red basada en paquetes que permite suministrar servicios de telecomunicaciones y habilitar su uso para múltiples tecnologías de acceso de banda ancha, apropiadas para garantizar calidad de servicio (QoS³), y en la que las funciones relacionadas con los servicios son independientes de las tecnologías subyacentes relacionadas con el transporte. NGN permite a los usuarios el acceso sin restricciones a redes y a proveedores de servicios y/o servicios de su elección. Se soporta movilidad generalizada que permitirá la prestación coherente y ubicua de servicios a los usuarios

El concepto NGN considera las nuevas realidades en la industria de las telecomunicaciones que es caracterizada por factores tales como: la necesidad de converger y optimizar el funcionamiento de redes y la extraordinaria expansión del tráfico digital (es decir, el aumento de la demanda de nuevos servicios de multimedia, el aumento de la demanda de movilidad, etc.).

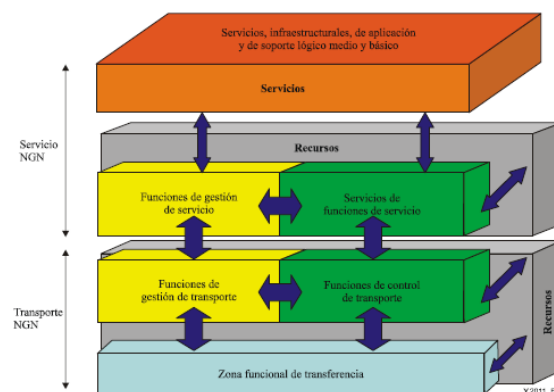
En la actualidad las nuevas aplicaciones y servicios han introducido necesidades que originalmente no fueron tenidas en cuenta en el diseño de la primera generación de redes de paquetes. Por tanto, la evolución desde las redes tradicionales hacia NGN se fundamenta en la convergencia de aplicaciones y servicios soportados y transportados

³Quality Of Services

sobre diferentes redes hacia una red única con la capacidad de transportar cualquier servicio.

La característica trascendental de estas redes es la separación entre servicios y transporte, de modo que los servicios puedan ofrecerse por separado y evolucionar independientemente. A continuación en la Figura 2, se presenta el modelo funcional que generaliza el concepto de separación entre servicios y transporte.

Figura 2 Modelo Funcional de las redes NGN



Fuente: ITU⁴

Este modelo funcional debe soportar las principales características que definen a NGN⁵ basado en la recomendación Y.2001 de la ITU-T⁶ :

- Transporte basado en paquetes (IP, MPLS, ATM, Ethernet).
- Control distribuido e independiente del transporte, recursos, sesión y servicios.
- Independencia de las funciones relacionadas con el servicio de las tecnologías de transporte. Provisión de interfaces abiertas.
- Capacidades banda ancha con calidad del servicio extremo a extremo y transparencia.
- Soporte de una amplia gama de servicios, aplicaciones y mecanismos basados en construcción de bloques de servicio (incluyendo tiempo real, streaming y multimedia).
- Interworking con redes heredadas vía interfaces abiertas.
- Movilidad generalizada.
- Acceso sin restricciones a usuarios de diferentes proveedores de servicio.
- Variedad de esquemas de identificación que pueden ser definidos con direcciones IP para propósitos de enrutamiento en redes IP.
- Inteligencia de servicios e IP en redes gestionadas IP.
- Servicios convergentes entre fijo y móvil.

⁴ Next Generation Networks Global Standards Initiative (NGN-GSI), ITU-T NGN FG Proceedings I, II

⁵ Ver "Next Generation Networks: What, When and How?" General conclusions and actions. Reporte ITU-T. Geneva 10 Julio 2003 y NGN 2004 Project Description ITU-T. 12 Febrero 2004

⁶ International Telecommunication Union - Telecommunication Standardization Sector

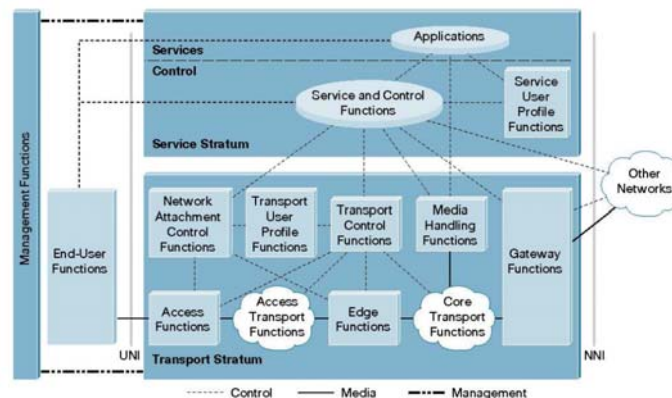
- Independencia de las funciones relativas al servicio con respecto a las tecnologías de transporte subyacentes
- Soporte de múltiples tecnologías de la última milla
- La conformidad con todos los requisitos reglamentarios, por ejemplo en cuanto a comunicaciones de emergencia, seguridad, privacidad, interceptación legal, etc.

2.1 Arquitectura e Infraestructura tecnológica para NGN

Las Redes de Próxima Generación requieren una arquitectura que permita la integración de todos los servicios de telecomunicaciones, nuevos y tradicionales, en redes de paquetes de alta velocidad que interoperan con clientes que poseen capacidades heterogéneas. Dicha arquitectura generalmente se encuentra estructurada alrededor de cuatro capas principales de tecnología basadas en una serie de normas que son esenciales para la introducción de una NGN: *la capa de transporte, la capa de servicios, la capa de control y la capa de gestión.*

En la Figura 3 se presenta un esquema general de la arquitectura propuesta por la ITU-T, este modelo funcional expone la separación de las funciones de transporte y de las funciones de los servicios (incluyendo su generación y coordinación). Es importante observar que sin importar el tipo de servicio que es prestado a través de la red, estos pueden ser desplegados sobre todos los tipos de redes: fijas de cobre, fibra, coaxial o inalámbricas. En cuanto a las funciones de transporte, estas incluyen: la transmisión y el enrutamiento de paquetes IP, junto con la capacidad de brindar calidad de servicio (QoS) para determinados servicios.

Figura 3 Arquitectura Funcional del FrameWork NGN



Fuente: ITU-T⁷

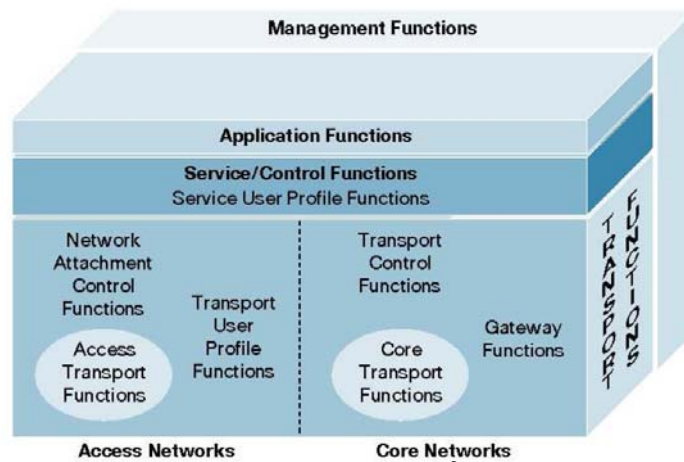
Este esquema de arquitectura global no describe los protocolos que son trabajados en cada uno de los niveles: transporte, control y gestión, dado que estos son independientes del Modelo NGN, es decir, los protocolos que son usados varían de acuerdo con la tecnología con la que se implementa NGN. En general los protocolos que son usados para el despliegue de las redes NGN facilitan operación de los elementos propios de la red e integración con otras arquitecturas.

⁷ CISCO White Paper, "A Protocol Reference Model for Next-Generation Networks"

2.2 Capa de Transporte - Acceso y Núcleo

Esta capa incluye todas las funcionalidades de conmutación, enrutamiento y transmisión⁸ de paquetes a través de la red. En la arquitectura NGN se hace una clara distinción entre las tecnologías de transporte para el acceso y las tecnologías de transporte para el núcleo (core), Figura 4, aún cuando se entiende como un sola capa dentro del modelo NGN, a continuación se realiza una breve descripción de cada subcapa.

Figura 4 Modelo de Referencia para las capas de NGN



Fuente: CISCO⁹

- **Capa de tránsito.** La capa de conectividad de núcleo o capa de tránsito proporciona el enrutamiento y conmutación del tráfico de la red extremo a extremo, asegurando la interconectividad entre las distintas redes de acceso. Esta capa está basada en tecnologías como ATM o IP. La tecnología que se elija dependerá de las consideraciones comerciales, pero la transparencia y la calidad del servicio (QoS) deben garantizarse en cualquier caso. Respecto a las funciones de transmisión, el desarrollo de técnicas ópticas como WDM facilita el manejo del incremento del tráfico transportado que se actualmente se produce en las redes troncales.
- **Capa de acceso.** Hace referencia a la red a través de la cual los usuarios acceden a los servicios, esta red es soportada sobre diversas tecnologías, tales como: sistemas de cable, xDSL y redes inalámbricas. El equipo local del cliente, proporciona la adaptación entre la red del operador y la red o equipo del cliente. Actualmente ya se están implementando dispositivos inteligentes para soporte multiservicios.

⁸ El término transmisión hará referencia a la conectividad a nivel de capa física y el término transporte se referirá a la conectividad en las capas más altas.

⁹ CISCO White Paper, "A Protocol Reference Model for Next-Generation Networks"

2.3 Tendencias en la Capa de Transito

La evolución en la capa de transito ha sido impulsada por el desarrollo de tecnologías ópticas y mejoras en las cableadas ya existentes, que brindan una mayor velocidad de transmisión y fiabilidad en el transporte del tráfico de red del operador, estos avances apoyan el desarrollo de las redes multiservicios donde es necesario implementar características tales como: el uso de MPLS, Diff-Serv, QoS y otros, que faciliten el enrutamiento y manejo del tráfico de red.

Hace un par de años los operadores de telecomunicaciones tradicionales ofrecían servicios de voz a través de la red telefónica tradicional y transporte de datos a través de redes multicapa como IP / ATM / SONET-SDH / WDM, en donde el transporte es estático. Hoy en día los operadores buscan ofrecer al mercado la convergencia de servicios donde se integra voz, datos y video, mediante una red de datos IP con una única red de backbone. La convergencia de esta red de backbone será una capa de transporte óptico (OXC, OADM dinámicos).

Se puede entonces definir la red del futuro como una red jerárquica convergente: IP sobre DWDM, en donde se eliminará la capa intermedia ATM / SONET-SDH. Existe la tendencia Gigabit Ethernet como sustituto de dicha capa intermedia o mapeos directos IP/WDM. De todas maneras las inversiones realizadas en redes ATM harán que éstas coexistan con la red IP por algún tiempo.

A continuación se presentan las tecnologías actualmente utilizadas y las tendencias para cada una de las capas de la red de tránsito.

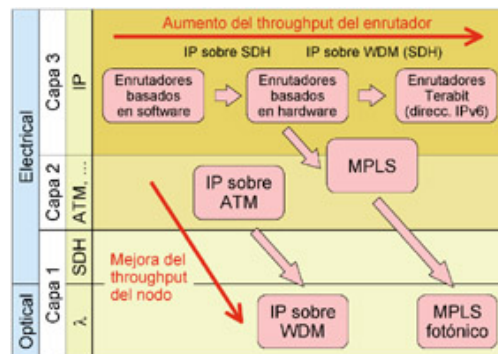
2.3.1 Metro Ethernet

Ethernet es el grupo de estándares de mayor masificación para transmisiones de datos a nivel de capa física y acceso al medio, con tamaños de tramas que comúnmente se encuentran en el rango de 64 a 1518 Bytes. A pesar que Ethernet se ha consolidado como la tecnología líder en redes LAN, se ha comprobado que ofrece ventajas empleándola para el transporte de información multiservicio a nivel metropolitano ya que permite realizar conexiones punto a punto ó punto multipunto mediante software; además presenta flexibilidad en cuanto ancho de banda, bajos costos en implementación, fácil configuración y mantenimiento de bajo costo.

2.3.2 IP/DWDM

Dadas las limitaciones impuestas por los protocolos y mapeos entre las capas de la red, existe como tendencia tecnológica el mapeo directo de IP sobre DWDM. Existen para ello tres tendencias de evolución que se describen a continuación. La Figura 5, muestra la evolución de los mecanismos de transporte de IP en relación con las técnicas de enrutamiento utilizadas.

Figura 5 Tendencias evolución transporte IP



Fuente: Universidad Politécnica de Valencia¹⁰

2.3.2.1 Evolución por defecto (Modelo "Overlay")

En este escenario la red de transporte es IP y todos sus elementos de transporte son routers que se conectan entre sí mediante enlaces ópticos DWDM punto a punto. El enrutamiento se lleva a cabo en los routers a nivel eléctrico, es decir, los paquetes deben sufrir el proceso de conversión optoelectrónica en cada nodo. Una de las desventajas de esta opción, es el aumento innecesario en el tamaño, consumo y número de routers debido a las conversiones optoelectrónicas, además de la complejidad y costo en los sistemas de gestión.

Iniciativas en el Plano de Control

Actualmente existen tres propuestas, cada una orientada a la optimización del plano de control de las redes ópticas, en cada caso, el objeto es el desarrollo y estandarización de un plano de control que permita un mejor conocimiento de la topología de la red, así como la recuperación de ésta en caso de fallas, de igual forma busca establecer la señalización para la solicitud y liberación de los trayectos. En esta carrera se han planteado tres alternativas:

1. GMPLS / LMP, planteada por el IETF
2. ASON (Automatic Switching Optical Network), referencia G.8080, planteada por el ITU-T.
3. UNI y E-NNI, planteada por el OIF (Optical Internetworking Forum).

2.3.2.2 GMPLS / LMP o integración de la transmisión óptica con la capa IP

Esta alternativa planteada por el IETF pretende integrar en un mismo plano de control la red IP y los conmutadores ópticos. Se contempla la existencia de matrices de conmutación óptica, los OXCs y los routers se consideran a nivel lógico como un único elemento de red de tal manera que la agregación de tráfico y el direccionamiento se realizan desde una misma plataforma de control y gestión. Además de la ventaja que

¹⁰ Actualidad y futuro de las redes ópticas. Universidad Politécnica de Valencia. Enero 2004

representa utilizar conmutadores ópticos, GMPLS ofrece las ventajas propias de las estrategias de integración, las cuales se pueden resumir de la siguiente forma:

- Al realizar bajo un mismo proceso la agregación eléctrica con la multiplexación óptica se optimiza el uso del ancho de banda.
- El monitoreo y protección se realiza a nivel eléctrico, eliminando la necesidad de introducir para ello mecanismos adicionales a nivel óptico.
- Como generalización del punto anterior, no existe sistema de gestión de la capa óptica.
- No existen diferencias jerárquicas entre nodos, todos los nodos tienen el mismo conocimiento de la red.
- La existencia de un solo plano de control facilita la restauración de uno o más trayectos.

Frente a estas ventajas, GMPLS presenta también dos inconvenientes:

- Gestión de red: dado que las capas ópticas y eléctricas existen como entidades físicas distintas se presenta un dilema de gestión y de estrategia de operación, de igual forma se hace más compleja la gestión tras la necesidad de integrar todos los dispositivos bajo el mismo plano de control.
- Elementos de red: la red óptica deberá incluir, no solamente conmutadores ópticos, sino otros elementos de red, como filtros sintonizables de extracción e inserción, ecualizadores de intensidad o elementos de compensación de dispersión cromática, y que una capa óptica requiere un mínimo de supervisión, mediante análisis espectral independiente, de las capas de multiplexación eléctrica.

Red totalmente óptica e independiente

La red de transmisión proporciona conectividad con re-enrutamiento a nivel óptico y granularidad de portadora a las diferentes redes de transporte, y es independiente de todas ellas. Además de contemplar cualquier tipo de elemento óptico, la principal característica que diferencia esta opción de las anteriores, es la independencia con respecto a las redes de transporte. Abarca tres aspectos:

- Independencia de formatos de modulación. La transmisión óptica es independiente del sistema de multiplexación eléctrico, incluso en las capas más bajas (1 y 2). La adaptación entre el entorno eléctrico y óptico se realiza en los transpondedores.
- Independencia de sistemas de gestión. La independencia de los sistemas de gestión persigue dos objetivos: permitir al operador adquirir los sistemas de gestión de proveedores diferentes y reducir costos ya que la funcionalidad de la capa óptica es mucho más simple que la de los estándares de multiplexación.
- Independencia de los sistemas de protección. La independencia de los sistemas de protección es una consecuencia directa de la independencia de la transmisión óptica frente a los formatos de modulación. Si los enlaces soportan

cualquier tipo de jerarquía de multiplexación, los mecanismos de protección óptica deben ser válidos para todas ellas.

En las redes basadas en enrutadores MPLS fotónicos se pueden plantear dos esquemas de control: centralizado y distribuido. No obstante, la ventaja en este último es que sólo se necesita una simple extensión de la jerarquía MPLS existente para realizar el control distribuido. Con este esquema, cada enrutador MPLS fotónico conoce la topología de red de la capa óptica y el estado de los enlaces.

De lo expuesto hasta este punto, se puede observar que una opción a largo plazo para los operadores multisuministradores es la evolución gradual hacia una transmisión totalmente óptica e independiente del transporte. Pero para que esto pueda llegar a ser realidad se requiere de innovaciones en la tecnología de dispositivos, tecnología de transmisión y tecnología de conmutación¹¹.

Dentro de este marco se abren grandes campos de investigación, entre los que se puede citar el estudio de los elementos ópticos de nueva generación, como los amplificadores ópticos (el reenrutamiento a nivel óptico se traduce sobre los amplificadores en una variación del número de portadoras que deben amplificar) y los filtros de extracción e inserción OADM (las redes ópticas transparentes del futuro, serán sintonizables, de forma que el operador pueda seleccionar la longitud o longitudes de onda que se extraen e insertan. Esta capacidad de sintonía transforma al filtro fijo de elemento pasivo y costo bajo en elemento de red gestionable y precio elevado).

Dado que la implementación de una red totalmente óptica e independiente es una opción a mediano plazo, como alternativa de migración para los operadores a mediano-corto plazo se tiene el desarrollo de las variantes GMPLS. Esta alternativa plantea un amplio campo de investigación, en el cual se debe definir la extensión de algoritmos y arquitecturas de control unificadas GMPLS a través de múltiples niveles (longitudes de onda, circuitos y paquetes).

2.3.2.3 UNI y E-NNI

Tomando parte de las recomendaciones de la ITU-T y modificando algunos aspectos de GMPLS, la OIF plantea UNI (User to Network Interface) y E-NNI (External Network to Network Interface), en los cuales se presentan las características descritas a continuación.

UNI, en esta interfaz se separa totalmente la red del operador del usuario, de forma que la topología, el direccionamiento, los recursos y la señalización permanecen ocultos para el cliente. De igual forma permite al cliente solicitar una conexión con cierto grupo de características como ancho de banda, clase de servicio, etc.

¹¹ Para mayor información sobre retos tecnológicos en las redes ópticas de próxima generación ver: Next-Generation Optical Networks as a Value Creation Platform, IEEE Communication Magazine. Septiembre 2003; y Network Control and Management Challenges in Opaque Network Utilizing Transparent Optical Switches, IEEE Communication Magazine. Febrero 2004.

E-NNI, esta interfaz permite la separación de dominios y establecer áreas de routing, de forma que cada área de routing puede contener subáreas (generando así jerarquías de routing).

2.3.2.4 Automatic Switched Optical Network / ASON – ITU.T G.8080

ASON aparece como un modelo de referencia que plantea la arquitectura y los requisitos que debe satisfacer una red de transporte óptica de conmutación automática en comparación con el modelo tradicional de las redes de transporte Figura 6. Bajo este nuevo esquema es posible establecer nuevos servicios:

- Ancho de banda bajo demanda
- Redes privadas virtuales ópticas
- Capacidad de enrutamiento dinámico
- Restauración eficiente de servicios

En este modelo se plantean nuevos protocolos. Se contempla el uso de GMPLS, las especificaciones UNI y E-NNI del OIF además de otros trabajos del ITU, ASON es también conocida como G.ASON. Las tres capas que la integran son:

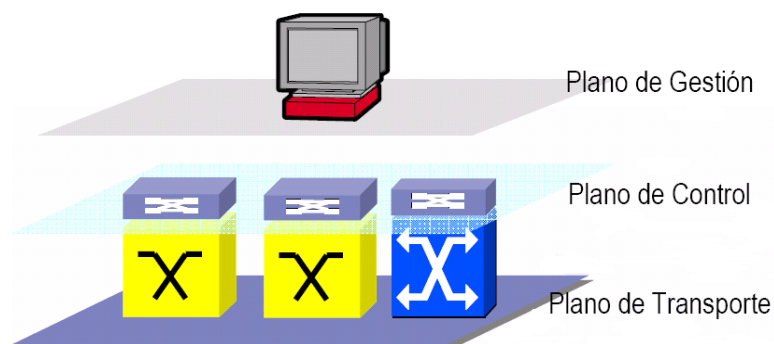
Control: Gestión de los recursos de la red, protección y recuperación en caso de fallas, señalización para el establecimiento y liberación.

- Interfaces en el plano de Control :
 - UNI del OIF
 - NNI de acuerdo con GMPLS
 - E-NNI del OIF

Gestión: Configuración, Supervisión y Seguridad.

Transporte: Transferencia de la información entre los diferentes usuarios de la red.

Figura 6 Modelo de Referencia ASON



Fuente: Unitronics Comunicaciones S.A

Bajo este modelo es posible prestar diferentes servicios, entre estos se encuentran tres que pueden resumir las generalidades de ASON.

PC (Permanent Connection), bajo este esquema se realiza una petición de conexión en el plano de gestión, de aquí se actúa sobre el plano de transporte, donde se configura el establecimiento de una ruta o cross conexión para cumplir con el requerimiento.

SPC (Soft Permanent Connection), realizando una petición en el plano de gestión se solicita un servicio. Nuevamente se traslada la petición al plano de control y de forma autónoma el plano de control decide la ruta.

SC (Switched Connection), mediante la interfaz UNI, se solicita de conexión al plano de control.

2.4 Tendencias en la Capa de Acceso

Las tendencias en la capa de acceso están dictaminadas por la evolución tecnológica de cada una de las tecnologías de banda ancha existentes, estas permiten extender toda clase de servicios hasta el usuario final usando diferentes medios físicos, como: el par de cobre tradicional, el espectro radioeléctrico, las líneas de potencia, etc. Las tendencias de las tecnologías en la red de acceso y una breve descripción de las características del mercado para cada una, se presentan a continuación.

2.4.1 Redes de acceso alámbricas

Las redes de telecomunicaciones, representan una infraestructura básica dentro de la sociedad. A través de estas se pueden transportar voz, datos y señales de video que posibilitan la prestación de servicios de comunicaciones y juegan un papel fundamental en la conectividad de las personas y organizaciones proveyendo una mejor calidad de vida.

A continuación se presentan las tendencias de evolución de las redes fijas.

2.4.1.1 Tendencias en la evolución del ancho de banda en redes fijas

La estructura de las redes fijas se encuentra dividida en dos grandes grupos:

- Redes Troncales: conocidas como redes de transporte que interconectan los nodos o centrales distribuidas y transportan grandes volúmenes de información entre sus nodos.
- Redes de acceso: conocidas como los canales de distribución individual ya que llevan la información hasta el domicilio de los usuarios, la cantidad de información que manejan es más discreta y se conocen como “última milla”; por ende de estas depende la calidad de servicio entregada a los usuarios.

Las velocidades esperadas para el año de 2007-2010 varían entre 3 y 20 Mbps que se obtendrán por medio de enlaces tipo ADSL, ADSL2, ADSL2+ y en algunos casos sobre cable.

Para el año 2010-2015 las velocidades esperadas van desde los 50Mbps hasta los 100Mbps, utilizando la tecnología VDSL2, como se presenta en la Figura 7.

Figura 7 Tendencias de evolución del ancho de banda habitual en las redes fijas



Fuente: OPTI¹²

2.4.1.2 Tecnologías de último kilómetro

Para llegar al usuario final con banda ancha y altas velocidades de transferencia, se dispone de diferentes medios físicos, alámbricos e inalámbricos. Los medios alámbricos son el par de cobre tradicional para telefonía, el cable coaxial, la fibra óptica y el cable de cobre de la red eléctrica (casera y de las líneas de potencia). Sobre los medios alámbricos se desarrollan diferentes tecnologías de transmisión como: XDSL (cobre telefónico), redes HFC (Híbridas Fibra y Coaxial, típicas de los proveedores de TV por Suscripción) y PLC (Power Line Communication) el cual aprovecha la red eléctrica. El medio inalámbrico es el aire y para éste se utilizan diferentes tecnologías que hacen uso del espectro radioeléctrico, como las microondas terrestres, las microondas satelitales, WLL (Wireless Local Loop), Wifi, Wimax, entre otras.

A continuación se describe xDSL, la familia de tecnologías DSL – “*Digital Subscriber Line*”

2.4.1.2.1 XDSL (*Digital Subscriber Line*)

Diseñada para aprovechar la red de cobre telefónica ya existente en el mundo entero y con el objetivo de lograr banda ancha y altas velocidades de transferencia. En el mundo existen numerosos grupos de investigación que se dedican al estudio de xDSL, entre

¹² Estudio de Tendencias Futuras de conectividad en entornos fijos, nómadas y móviles, Pág. 16

otros temas, a la investigación referente a: QoS en el acceso DSL, extensiones en el alcance, gestión dinámica del espectro (para minimizar el *crosstalk* y maximizar la señal recibida) incrementando las velocidades que se alcanzan. En la Tabla 1 se describen las diversas variaciones que presenta este tipo de acceso.

Tabla 1 Familia XDSL

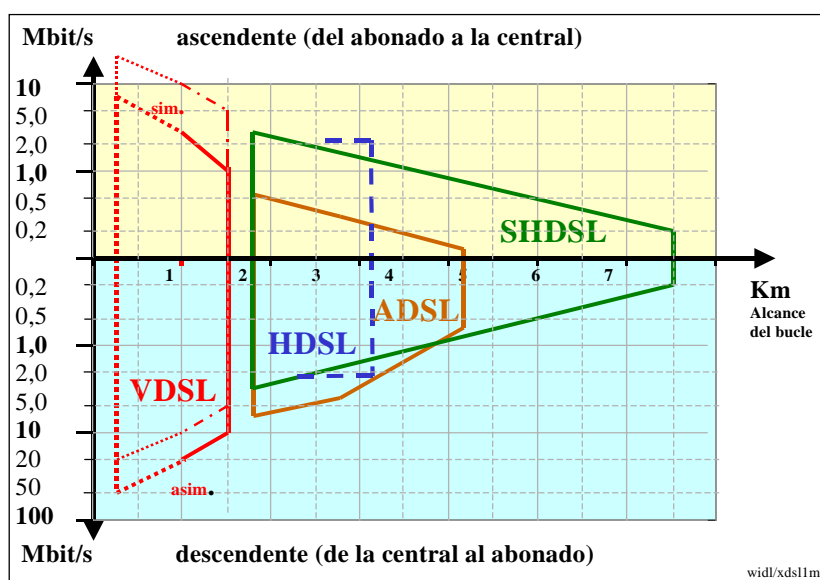
Familia XDSL				
Nombre	Significado	Velocidad	Modo	Característica
HDSL/HDSL2	DSL de alta velocidad	1,544 Mbps	Simétrico	HDSL - 2 pares de hilos de cobre
		2,048 Mbps	Simétrico	HDSL2 - un par de hilos de cobre
SDSL	DSL de único par	768 kbps	Simétrico	Un par de hilos de cobre
ADSL	DSL asimétrico	1,5 Mbps a 8 Mbps	Downstream (Descendente)	Un par de hilos de cobre
		16 Kbps a 640 Kbps	Upstream (Ascendente)	Longitud mínima para el bucle: 5,5 Kms.
RADS	DSL de velocidad adaptable	1,5 Mbps a 8 Mbps	Downstream	Utiliza un par de hilos.
		16 Kbps a 640 Kbps	Upstream	Adapta la velocidad de datos a las condiciones de la línea.
CDSL	DSL de consumidor	Hasta 1 Mbps	Downstream	Un par de hilos.
		16 a 128 Kbps	Upstream	Necesita equipos remotos en el usuario final.
IDSL	DSL de RDSI	Igual que el Interfaz básico (BRI) de RDSI	Simétrico	Un par de hilos. Llamado "Bri sin Conmutador".
VDSL	DSL de muy alta velocidad	13 a 52 Mbps	Downstream	300 a 1300 m de longitud máxima para el bucle.
		1,5 a 6 Mbps	Upstream	Necesita una red de fibra y ATM.

Familia XDSL				
SHDSL	DSL simétrico de alta velocidad.	192 kbps hasta 2.312 Mbps en pasos de 128 Kbps	Simétrico	Un par de hilos de cobre

Fuente: CINTEL

Actualmente ADSL es la tecnología con mayor demanda y aplicación en el mercado xDSL. Con la evolución tecnológica y la transición a las NGN se tendrá el uso masivo de las nuevas versiones de ADSL, SHDSL y posteriormente de VDSL. Las diferencias de velocidades y alcances para estas tecnologías se presentan en la Figura 8.

Figura 8 Alcance y velocidad de transmisión de datos en los sistemas XDSL (para un sólo par sin regenerador/amplificador)



Fuente: UIT-D

Componentes, características y funciones de los componentes de DSL (CPE, COE, CO, MDF, DLC, etc.)

- **CPE o Módem PLC** : La terminación de una red de DSL en el usuario es proveída por el CPE (*Customer Premise Equipment*), también llamado como la unidad de terminación remota xDSL (XTU-R) o modem, router o bridge DSL. Cuando el CPE provee servicios de voz así como también servicios de datos es conocido como dispositivo de acceso integrado (IAD: Integrated Access Device)
- **COE**: Llamado *Central Office Equipment*, incluye a los grandes equipos de conmutación de las Telco y los multiplexores de acceso DSL (DSLAM).
- El DSLAM también conocido como Unidad Central de Terminación (XTU-C: Terminating Unit –Central) es el encargado de agregar el tráfico de múltiples CPEs y switches a la red principal, ya sea de voz y/o datos

- **CO:** Conocida como Central Office es la instalación física que alberga el COE y el MDF.
- **MDF:** También conocido como el marco principal de distribución (*Main Distribution Frame*) se refiere a la terminación de todos los pares de cobre en todos los bastidores y planta física que entran en el CO.
- El MDF ofrece muchas *cross-connects* que permiten habilitar diversos equipos en la CO para proveer servicios locales.
- **DLC:** Son sistemas multiplexadores de voz (Digital Loop Carrier) que mejoran la eficiencia en el tráfico TDM que transporta los servicios de voz a un cliente extendiendo fibra óptica a la planta de distribución local de cobre. El DLC impide que la mayoría de servicios DSL de trabajo como la transmisión de frecuencias sean bloqueadas.
- **RT:** Los equipos terminales remotos (Remote Terminal) son concentradores DSLAM desplegados en la franja de proveedores de servicio (a través de cobre) que prestan el servicio a los lugares que están fuera del área de cobertura del DSL de una CO.

Especificación de la diferencias entre (LEC: Local Exchange Carrier), (ILEC: Incumbent Local Exchange Carrier), y (CLEC: Competitive local Exchange carrier)

- **LEC:** proporciona los servicios telefónicos a los usuarios finales y hace referencia como proveedor de última milla. Los servicios son principalmente de telefonía local pero pueden incluir el último segmento de los servicios de datos, tales como servicios de datos conmutados, ISDN, ATM, Frame Relay, DSL, etc.
- **ILEC:** son empresas monopolísticas de servicios públicos dueñas de la planta física de cobre que provee servicios a los clientes locales, y son también conocidas como carriers de regulación local. Los carriers proveen servicios directos al cliente y tiene la obligación de arrendar líneas a las CLECs si el cliente lo requiriera.
- **CLEC:** es el revendedor de servicios locales.
- **NAP (Network Access Providers):** proporcionan servicios de interconexión de datos a personas, pequeñas, y grandes empresas. Los servicios pueden ser acceso a Internet o de intranet utilizando VPNs (*Virtual Private Networks*). Un proveedor de servicios de Internet es una clase de NAP que puede adquirir un puerto de red de acceso sobre una gran área geográfica y brindar el servicio a los usuarios finales. Los NAPs se encuentran en desventaja para proveer el servicio de DSL, a menos que funcionen como una empresa proveedora de telefonía local. En muchos países, los servicios de terceros no eran aptos para proporcionar DSL hasta hace poco, cuando las tarifas y los esfuerzos legales prevalecieron para exigir el acceso competitivo a los carriers. A pesar que los NAPs tienen la capacidad para usar la infraestructura de cobre existente, los

costos para el arrendamiento de servicios o líneas son a menudo dados al usuario final por medio de tasas mensuales de facturación.

- **NSP (Network Service Providers):** son las compañías dueñas de la infraestructura física que prestan el servicio de *backbone* a los proveedores de acceso. La mayoría de NSPs tienen grandes y múltiples interconexiones al Internet público, brindando acceso directo a grandes cuentas, portales de venta de servicios y acceso físico a las plantas de abonados telefónicos.

Integración de dispositivos (módems, routers, IADs) en una solución DSL

El equipo necesario para el cliente está determinado por el tipo de servicio prestado por el DSLAM y la funcionalidad deseada en la ubicación del cliente.

Un modem DSL puede proporcionar una sola conexión física y lógica, apropiada para pequeñas empresas u oficinas en casa (SOHO). Pequeñas redes son adicionadas a la red a través del uso de pequeños routers que proporcionen el NAT y/o servicios de *router to network* PPPoE para ocultar la adición de usuarios.

Los routers DSL y los IADs (*Integrated Access Devices*) incorporan las funcionalidades del modem DSL con la capa 2/3 del modelo OSI de demanda del entorno de red. El router y las unidades de IAD (*Integrated Access Devices*) están asociadas con la funcionalidad de las pequeñas empresas y los entornos de oficina ligeramente más grande que el mercado SOHO.

Comparación de los módems DSL (bridges), routers, and IADs

Los módems proporcionan codificación y decodificación de la señal digital de un PC a la forma de onda analógica de las señales de DSL.

Los módems digitales pueden comunicarse con un PC a través de la conectividad Ethernet diferente que el modem analógico con la interfaz en serial entre dispositivos.

Los puentes (Bridges) DSL proporcionan transporte de datos sin ruta, y se configuran para una sola interfaz de red de datos entre Ethernet y protocolos ATM.

Los routers DSL pueden proporcionar comunicaciones OSI entre la conectividad Ethernet y las estaciones de trabajo (workstations) del usuario y las funcionalidades de ATM o *Frame Relay* de la red DSL.

Un router también puede utilizar un modem DSL existente para completar la capa 3 y proporcionar las funciones de *bridging*, los routers incluyen de la capa OSI tres funciones de routing, a menudo incluyen NAT, y terminación PPPoE

Los IADs proporcionan interfaces para datos y voz sobre DSL. Normalmente los IADs hacen compresión de voz, además de la codificación y decodificación de la misma.

Factores asociados a la utilización de la tecnología xDSL como cable, modulación incluyendo atenuación, codificación, decodificación e interfaces electromagnéticas.

La máxima tasa de transferencia de datos depende de:

- Las frecuencias utilizadas por la tecnología DSL aplicada, como mayor frecuencia de ancho de banda tiene mayor tasa de atenuación, por lo tanto mas corta la distancia.
- La longitud del cable o distancia del bucle local, como la señal no puede ser regenerada a excepción de IDSL.
- La calidad del cable, como la tasa de toda la longitud del circuito sólo será el factor común más bajo en el indicador. El cobre de un mayor diámetro proporciona mayor ancho de banda que el cable de un diámetro menor, por lo tanto el par de cobre de 24AWG utilizado en el bucle local de DSL brindará mayor rendimiento (throughput) que un par de cobre de 26AWG.
- La tecnología de modulación, como CAP, 2B1Q, etc.

Los paquetes de cable conocidos como “*Binder Groups*” de 24 pares más un par de repuesto de cables de cobre son utilizados en las plantas físicas de los proveedores de servicios de Telecomunicaciones. La interferencia dentro de un grupo de cable puede ocurrir debido a la resonancia de señales eléctricas sobre una variedad de pares en un entorno cerrado, creando “*crosstalk*”. Los conflictos de los circuitos son un fenómeno que se conoce en la industria de las Telecomunicaciones como “disturbios”.

Las técnicas de solución de los problemas en DSL incluyen la comprobación para observar que circuitos están en el mismo paquete de cables como el problema del bucle de cobre de DSL. La interferencia es comúnmente encontrada en situaciones que incluyen:

- ADSL en el mismo grupo de paquetes
- Líneas T1 o ISDN en el mismo grupo de paquetes como ADSL o SDSL

Aspectos considerados en Redes xDSL

- **Ruido** se presenta como señales indeseadas o perturbaciones eléctricas que se introducen en el sistema e interfieren con la señal a medir. Existen dos clases de ruido: interferencia la cual se debe a una interacción entre campos eléctricos y magnéticos externos, y ruido aleatorio producido por el movimiento aleatorio de los electrones y otros portadores de carga en los componentes.

Para este tipo de redes se deben considerar tanto ruido térmico y diafonía que afectan en la capacidad de la red, como ruidos de naturaleza intermitente que restringen las prestaciones.

- Diafonía se genera cuando por un mismo cable se transportan varias señales eléctricas sobre pares de cobre contiguos, ocasionando que parte de la señal transmitida por uno de los pares aparezca en el otro. Existen dos tipos que por sus siglas en inglés se denominan NEXT (Near End Crosstalk) y FEXT (Far End Crosstalk); la primera clase ocurre en un par del mismo extremo del cable la cual es independiente de la longitud. Mientras que la segunda se origina en un par del otro extremo del cable siendo dependiente de la longitud.

- **Atenuación** ocurre cuando una señal que viaja por un medio de transmisión pierde potencia y por ende amplitud.

ADSL (Asynchronous Digital Subscriber Line)

Es altamente dependiente de la distancia, proporciona hasta 8Mbps de ancho de banda. ADSL se utiliza a menudo para acceso a Internet/Web, y multimedia. Los servicios de ADSL no están diseñados para empresas que proveen servicios, debido a la lenta velocidad de transmisión de *Upstream*. ADSL es capaz de proporcionar servicios de Internet a través de la telefonía análoga separando los datos y las frecuencias de voz con la utilización de *splitters*. El servicio de ADSL utiliza modulación *Carrier-less Amplitude/Phase* (CAP) o el método de codificación *Multitone*, ambos métodos de codificación están fuertemente soportados por los fabricantes de tecnología.

Conocido como *G.lite* o ADSL es un estándar de reconocimiento de la ITU-T recomendación G.992.2 que soporta transmisiones 512Kbps de *upstream* y 1.5Mbps de *downstream*. El despliegue de *G.lite* permite a un servicio sin *splitter* incorporar simultáneamente voz y datos a través del uso de un filtro pasa-bajo en el modem DSL proporcionado como dispositivo CPE.

En julio de 2002, la ITU completó G.992.3 y G.992.4, dos nuevos estándares para ADSL, tecnología llamada colectivamente ADSL2. En enero del 2003, como los usuarios de ADSL chipsets basados en la primera generación de Standard ADS pasaron la marca de los 30 millones, G.992.5 unió oficialmente a la familia ADSL2 a la familia ADSL2plus or ADSL2+, muchas otras características y mejoras fueron incorporadas como nuevos anexos a esta tecnología.

Suscriptores, proveedores de servicios y *carriers* han jugado un papel importante en la terminación de ADSL2, proporcionando una valiosa retroalimentación en el sentido como la ITU incorpora los estándares con nuevas características y mejor rendimiento. Como resultado, ADSL 2 será más amigable para los suscriptores y más rentable para los *carriers* prometiendo continuar con gran éxito el resto de la década.

ADSL2 (Asynchronous Digital Subscriber Line2)

Añade nuevas características y funcionalidades orientadas a mejorar el rendimiento y la interoperabilidad, e incluye soporte para nuevas aplicaciones, servicios, y escenarios de despliegue. Entre los cambios se encuentran las mejoras en la velocidad de transmisión de datos, alcance del rendimiento, tasa de adaptación, diagnósticos y modo stand by.

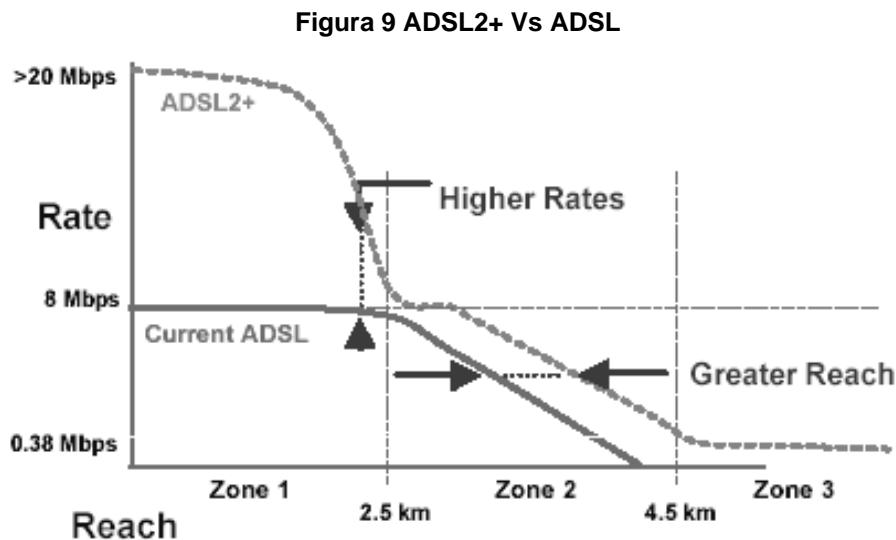
ADSL2+ (Asynchronous Digital Subscriber Line plus)

Duplica el ancho de banda utilizados para los datos de transmisión de *downstream*, efectivamente duplica al máximo la tasa de datos de *downstream* y logra tasas de 20Mbps en líneas telefónicas en 1.500 metros. Las soluciones de ADSL2plus son comúnmente multimodales, interoperando con ADSL y ADSL2.

ADSL2plus permitirá a los proveedores de servicios evolucionar sus redes para soportar servicios avanzados como el video de una manera flexible, con una solución singular para aplicaciones en redes grandes y pequeñas. Este incluirá todas las características y beneficios de rendimiento de ADSL2 mientras mantienen la capacidad de interoperar con los equipos existentes.

Como tal, los carriers serán capaces de operar e incorporar nuevas tecnologías en sus equipos existentes por medio de *upgrade*, permitiendo una transmisión gradual a servicios avanzados.

En la Figura 9 se muestra una curva comparativa entre ADSL2 y ADSL”+



Fuente: Lucent Technologies

HDSL: (High Speed Digital Suscriber es la tecnología)

XDSL simétrica y bidireccional, por lo que la velocidad desde la central al usuario y viceversa es la misma. Se implementa principalmente en las PBX. Esta es la tecnología más avanzada de todas, ya que se encuentra implementada en grandes fábricas donde existen grandes redes de datos y es necesario transportar información a muy alta velocidad de un punto a otro. La velocidad alcanzada proporciona enlaces primarios E1 a 2 Mbps o T1 a 1,544 Mbps (full duplex). Alcanza velocidades de 1,544 Mbps utilizando dos pares de cobre y 2,048 Mbps sobre tres pares, aunque la distancia de 4.500 metros que necesita es algo menor a la de ADSL.

Hay dos opciones diferentes para la línea de código recomendadas; la modulación por amplitud de pulso 2B1Q y modulación Carrierless Amplitude/Phase (CAP). CAP es aplicable para 2.048 Mbps, mientras que para 2B1Q están definidas dos tramas diferentes de transmisión. Las compañías telefónicas están encontrando en esta modalidad una sustitución a las líneas T1/E1 o líneas portadoras (líneas de alta velocidad) sobre otro tipo de medio - fibra óptica, utilizadas en Norteamérica y en Europa, respectivamente. La Figura 10 se muestra distintas variantes de códigos de

línea, velocidades de transmisión, distancias máximas alcanzables, así como el número de pares requeridos, en función del estándar definido por la ETSI o la ANSI.

Figura 10 Estándar ETSI, ANSI

Nº de pares	ETSI					ANSI
	1	2	2	2	3	2
Código de línea	128 CAP código Trellis	64 CAP código Trellis	4 PAM, 2B1Qno codificado			
Velocidad de Aplicación	1 x 2,320 kbps	2 x 1,168 kbps	1 x 2,320 kbps	2 x 1,168 kbps	3 x 784 kbps	2 x 784 kbps
Frecuencia de Nyquist	420 kHz	255 kHz	485 kHz	292 kHz	196 kHz	196 kHz
Máx. Alcance a máx. velocidad	2.1 km	2.8 km	2 km	2.4 km	2.8 km	2.8 km
Aplicación principal	Sustitución E1	Sustitución E1	Sustitución E1	Sustitución E1	Sustitución E1	Sustitución T1

Fuente: Universidad de Navarra¹³

El sistemas HDSL, esta normalizado a nivel europeo por la ETSI en la ETR 152: *Transmission and Multiplexing (TM) ;High bit rate Digital Subscriber Line (HDSL) transmission system on metallic local lines; HDSL core specification and applications for 2048 kbps based access digital sections*. A nivel internacional en la recomendación G.991.1 del ITU-T: *High bit rate Digital Subscriber Lines transceivers*

El HDSL se verá sustituido a relativo corto plazo por sistemas HDSL-2 en regiones ANSI y SHDSL en regiones que siguen normativa ETSI, que es un sistema sobre 1 par, que tiene mayor alcance que los sistemas HDSL sobre un par. La principal ventaja de este es su compatibilidad espectral con otros sistemas DSL, particularmente ADSL, que comparten el mismo mazo de pares. Además existe una normativa sobre su implementación, con lo que los equipos de abonado y central podrán ser de distintos suministradores. Los precios de una línea HDSL, incluyendo equipo lado central y equipo lado usuario pueden variar entre 550 y 10000 euros, variando mucho por volúmenes de compra y mercado. Tecnología HDSL muy madura, con 12,6 millones de líneas en 2002, y prácticamente usada en su totalidad por operadores principales, o por otros operadores para las necesidades de su red, o como acceso a redes de circuitos alquilados (redes de acceso a estaciones base) y no como servicio a usuario.

IDSL (Digital Subscriber Line)

Esta técnica toma el acceso básico (BRI) de la RDSI, compuesto por los canales 2B+D, que opera a 144 Kbps (dos canales B a 64 Kbps cada uno y un canal D a 16 Kbps), y lo desvía del conmutador de voz de la RTC para dirigirlo a los equipos xDSL. IDSL también funciona sobre un par de hilos y alcanza 5,5 kilómetros.

RADSL (Rate-adaptive Digital Subscriber Line)

¹³ Tomado de:
www.unavarra.es/organiza/etsiit/cas/estudiantes/pfc/redacna/Tecnologias%20de%20Acceso/ADSL/Estandares/estandares.htm

Normalmente, cuando se instala un equipo se asume que se cumplen algunos criterios mínimos para operar a una velocidad dada. Esto ha sido así con tecnologías anteriores, tales como la portadora-T o la RDSI. Si las condiciones de la línea varía o las velocidades a las que operan los equipos hacen que éstos sean sensibles a los cambios atmosféricos es necesario adaptarse a esos cambios. RADSL, al utilizar la modulación DMT (característica también de ADSL) puede adaptarse a cambios en las condiciones de la línea y ajustar las velocidades por separado para maximizar el rendimiento de cada línea individual.

SDSL (Synchronous Digital Subscriber Line)

Es capaz de soportar velocidades de transmisión por encima de los 2.3Mbps, es prácticamente la misma tecnología que HDSL pero utiliza únicamente un par, por lo que se sitúa estratégicamente en el segmento de los usuarios residenciales que sólo disponen de una línea telefónica. Pero tiene su tope en los 3 kilómetros, al menos en sus especificaciones de diseño.

VDSL (Very High Speed Digital Subscriber Line)

Es posible conseguir aumentar el mayor ancho de banda sobre el par de cobre, hasta llegar a los 11 MHz, con la consiguiente mejora en la tasa de transferencia. Sin embargo, estos anchos de banda sólo pueden ser operativos en alcances más reducidos de los que hemos visto en ADSL y HDSL. VDSL las distancias cubiertas son mucho menores, nunca superiores al 1,5 Km. Esto hace que la tecnología VDSL se implemente conjuntamente con un amplio despliegue de fibra en la planta, hasta nodos que cubran la última distancia hasta el abonado con un despliegue muy corto de cobre. VDSL va ligado al transporte hasta la cercanía de los usuarios de gran ancho de banda, esto supone despliegue profundo de fibra en la red, situación que está lejos de ser habitual en las plantas exteriores existentes. Fibra óptica que pueda ser localizada en el vecindario. VDSL está destinado a ser utilizado en conjunción con FTTC (Fiber To The Curb) o FTTB (Fiber To The Basement).

En VDSL es posible implementarse en las dos técnicas de modulación de línea CAP y DMT. La técnica de modulación más empleado es el CAP, pero en una versión multicarrier, es decir, en vez de tener una banda bajante y otra de subida, ambas se subdividen en al menos dos sub-bandas, de forma que el ancho de banda se pueda configurar en función de las características de alcance y ruido de las líneas. El VDSL es, como el ADSL, compatible con el servicio telefónico simultáneo. El VDSL tiene versiones simétricas, con lo cual, por ejemplo, puede dar accesos de alta velocidad a empresas. VDSL, es actualmente una tecnología no madura, sin despliegue real y muy dependiente del despliegue de fibra hasta la vecindad del abonado. Aún están en fase de normalización, lo cual dificulta aun más su implantación. Existen dos variantes, la propuesta por la ETSI y la propuesta por el ANSI. Ambas se muestran a continuación en la Figura 11.

Figura 11 Variantes ETSI, ANSI

Tipo de servicio			Alcance (Km.)	Descendente (Mbps)	Ascendente (Mbps)
ANSI	Asimétrico	Corto	0.3	52, 34 ó 38.2	6.4, 4.3
		Medio	1.0	26, 19	3.2, 2.3
		Largo	1.5	13, 6.5	1.6 ó 0.8
	Simétrico	Corto	0.3	34, 26, 16	34, 26, 19
		Medio	1.0	13	13
		Largo	1.5	6.5, 4.3, 2.3	6.5, 4.3, 2.3
ETSI	Asimétrico	A1	---	6.5	6.5
		A2		4.3	2
		A3		2.3	2
	Simétrico	S1	---	36	36
		S2		24	24
		S3		12	12
		S4		6	6

Fuente: Universidad de Navarra¹⁴

EoVDSL (Ethernet over VDSL)

La tendencia llamada Ethernet Extremo a Extremo la cual propone que todas las interfaces de nivel 2 (del modelo OSI) entre los clientes finales sean Ethernet, también se traslada a la red de acceso, en donde se propone Ethernet en la última Milla. Entre las múltiples propuestas de estandarización se puede citar la propuesta Ethernet sobre VDSL, basado en el estándar ANSI T1E1.4.

En EoVDSL se emplean los dispositivos desarrollados para VDSL que permiten alcanzar las altas velocidades de transferencia, del orden de 10 Mbps simétricos, que se necesitan como mínimo para poder utilizar una red Ethernet. Esta solución permite el empleo del par de cobre existente (categoría 3) con distancias de hasta 1.300 mts. Este hecho implica potenciar las estrategias de acercamiento de la fibra hasta el usuario. Esta tecnología ya está disponible comercialmente.

VDSL2 (Very High Bit Rate DSL 2)

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) anunció el 27 de Mayo de 2005 que había completado las especificaciones necesarias para el nuevo estándar VDSL2 (Recomendación G.993.2) que permitirá a los operadores de telecomunicaciones de todo el mundo ofrecer servicios de vídeo, Internet y voz a velocidades 10 veces superiores a las de la ADSL normal.

¹⁴ www.unavarra.es/organiza/etsiit/cas/estudiantes/pfc/redaccna/Tecnologias%20de%20Acceso/ADSL/Estandares/estandares.htm

La Recomendación del UIT-T sobre la línea de abonado digital de velocidad muy alta 2 (VDSL2) facilitará la competencia de mercado entre los operadores telefónicos y los proveedores de servicios por cable y por satélite, al poder ofrecer los primeros servicios tales como televisión de alta definición (TVAD), VOD (video por demanda), videoconferencia, acceso a Internet de alta velocidad y otros servicios vocales avanzados como la VoIP a través de los tradicionales cables telefónicos de cobre.

La nueva norma sobre la VDSL2 comprende una velocidad de hasta 100 Mbps tanto en sentido ascendente como descendente, es decir, 10 veces superior a la velocidad de la ADSL clásica. Así, se va logrando la denominada extensión de fibra, que consiste en proporcionar un ancho de banda semejante a la de la fibra óptica cerca o en el usuario final.

VDSL2 también utiliza modulación DMT (OFDM) y utiliza un ancho de banda de 30 MHz, versus los 2.2 MHz de ADSL2+ y versus los 12 MHz que utiliza su antecesor VDSL. La velocidad de transmisión de VDSL2 varía a medida que se acorta la longitud del bucle de cobre. Así, esta velocidad máxima de 100 Mbps anunciada por la UIT sólo se alcanzarían a distancias cortas, aunque la UIT indica que el nuevo estándar soporta distancias de hasta 12000 pies o 3.65 Km aproximadamente. Por ejemplo, un bucle de 1.524 metros ofrece unos 12 Mbps; sin embargo si se reduce la distancia a 152,4 metros, la velocidad de VDSL2 aumenta hasta 80 Mbps o 100 Mbps, mientras que ADSL2 sólo ofrece 24 Mbps.

VDSL2 permite la instalación de fibra hasta el local (FTTP), donde las líneas de fibra óptica se utilizan para conectar grandes instalaciones, como edificios de oficinas o residenciales, a la RTPC (Red Telefónica), y los cables de cobre ordinarios se emplean dentro del edificio para conectar a cada uno de los propietarios o residentes a los servicios de alta velocidad.

Redes Ópticas

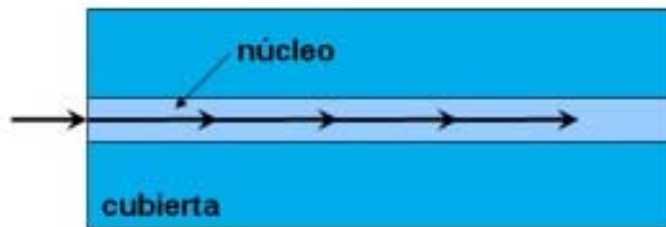
Las redes ópticas ofrecen a los usuarios un incremento en el ancho de banda de la red de acceso hasta cientos de Gbps (Giga bits por segundo).

Tipos de Fibra

- **Fibra Monomodo**

Las fibras monomodo tienen la propiedad de permitir solamente la transmisión de un haz de luz, ya que el diámetro del núcleo, es del mismo orden de magnitud que la longitud de onda de las señales ópticas transmitidas, entre $5\mu\text{m}$ y $10\mu\text{m}$ ⁴², debido a que solamente viaja un modo por la fibra, se logran mayores distancias de transmisión porque la señal se atenúa menos. Empleadas junto con emisores de láser, generan un gran ancho de banda y baja atenuación con la distancia.

Figura 12 Fibra óptica monomodo

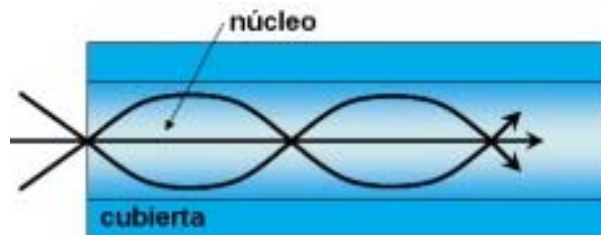


Fuente: *Ethernet Passive Optical Networks*¹⁵.

- **Fibra Multimodo**

Las fibras multimodo se caracterizan por permitir la transmisión simultánea de más de un modo electromagnético, el diámetro del núcleo de este tipo de fibras oscila entre los 50µm y 70µm, ocasionando que la señal se atenué más y las longitudes de fibra sean menores.

Figura 13 Fibra óptica multimodo



Fuente: *Ethernet Passive Optical Networks*¹⁶.

Aspectos a considerar en redes de fibra óptica

- **Atenuación:** Para el caso de la fibra óptica, la atenuación depende de la longitud de onda y se produce por razones que pueden ser propias del material dieléctrico que compone la fibra óptica (intrínsecas), ó extrínsecas, que se deben a fallas en la fabricación de la fibra tales como impurezas e irregularidades geométricas de la misma. De otro lado, la longitud del enlace tiene implicaciones directas en la atenuación ya que a mayor extensión de la conexión mayor será la atenuación, por lo tanto, las pérdidas de atenuación se hallan multiplicando la longitud del enlace por el valor de la atenuación a cierta longitud de onda.

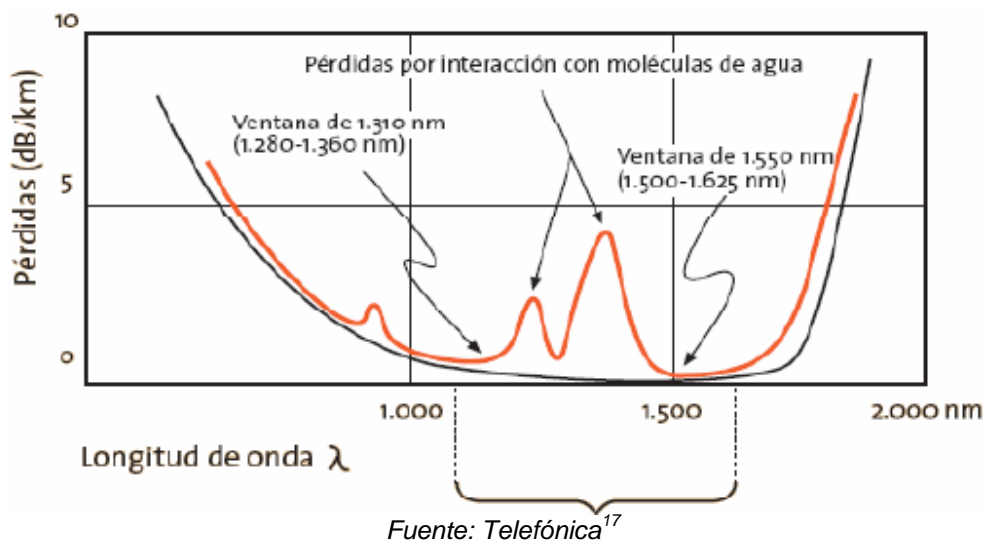
Existen algunos rangos de frecuencias ó ventanas de trabajo para fibra óptica, en las cuales la atenuación es mínima y se especifican a continuación: "Ventana de 850nm: si bien tiene un valor de atenuación relativamente alto (cercano a los 2dB/km) es usada actualmente puesto que los primeros sistemas de fibra óptica hacían uso de esta ventana, ya que a mediados de los años 70 y principios de

¹⁵ KRAMER, Glen. *Ethernet Passive Optical Networks*. Estados Unidos de América : McGraw-Hill, 2005. 307 p.

¹⁶ Ibid12

los años 80 se contaba únicamente con dispositivos láser y LED capaces de emitir a esta longitud de onda. Dicha longitud de onda corresponde al infrarrojo. Ventanas de 1310nm y 1550nm: ofrecen atenuaciones de 0.5dB/km y 0.2dB/km respectivamente. Si bien las dos son de uso extendido, en la actualidad existe una tendencia hacia el diseño de sistemas en la tercera ventana (1550nm).

Figura 14 Ventanas de trabajo para la fibra óptica



Adicional a esto existen otras ventanas de transmisión alrededor de los 1600 y 1700nm, que igualmente ofrecen bajos niveles de atenuación, como se ilustra en la Figura 14.

- **Pérdidas por Inserción:** causadas por uniones entre elementos ópticos, tales como fotoemisores ó fotodetectores, y una fibra, su valor esta alrededor de 0.2 y 3dB.
- **Dispersión:** medida del ensanchamiento que sufren las señales ópticas en su propagación a través de la fibra⁴, el fenómeno de ensanchamiento de la señal limita el ancho de banda de la fibra, ya que si se solapan se puede perder información; por lo tanto, cuanto menor es el ancho de banda, menor la velocidad máxima a la que se puede transmitir, y por ende, las ondas estarán más separadas unas de otras existiendo menor probabilidad de solapamiento.

Para propagaciones en fibra óptica se consideran dos tipos de dispersión que se describen a continuación.

- **Dispersión Modal:** se genera por razón a que no todos los modos en una fibra multimodo transitan por el mismo camino, llegando a diferentes tiempos al otro extremo, produciéndose así un ensanchamiento en la señal determinado por la diferencia de tiempos que se invierten en el recorrido del camino más corto (eje de la fibra) y el más largo (cuando el haz incide con el ángulo crítico). Esta clase

¹⁷ Investigación y desarrollo. Acceso Fijo: Perspectivas de evolución

de dispersión es directamente proporcional a la distancia, ya que, a mayor longitud recorrida, será mayor la dispersión.

- **Dispersión Cromática:** se presenta en todos los tipos de fibra y es consecuencia de que las diferentes longitudes de onda se propagan a diferentes velocidades. El efecto de la dispersión cromática se incrementa con el cuadrado de la velocidad. En la fibra monomodo, la dispersión cromática tiene dos componentes: la dispersión material y la dispersión de guía de onda. La dispersión material ocurre cuando las longitudes de onda viajan a diferentes velocidades a través del material. Una fuente de luz, no importa lo estrecho que sea su espectro, emite varias longitudes de onda dentro de un rango. Así cuando este rango de longitudes de onda viaja a través de un medio, cada longitud de onda individual llega a una hora distinta

El segundo componente de la dispersión cromática, dispersión guía de onda, es consecuencia de los diferentes índices de refracción del “core” y el “cladding” de la fibra. El resultado del fenómeno de dispersión de la guía de onda es un retardo de propagación en una o más de las longitudes de onda relativas a las demás.

Las arquitecturas posibles de uso de la fibra pueden clasificarse de dos formas:

- Por el uso de elementos pasivos y/o activos (*Redes PON – Passive Optical Network*)
- Por la cercanía del tramo de fibra al domicilio de cliente (FTTx).

Redes Ópticas Pasivas

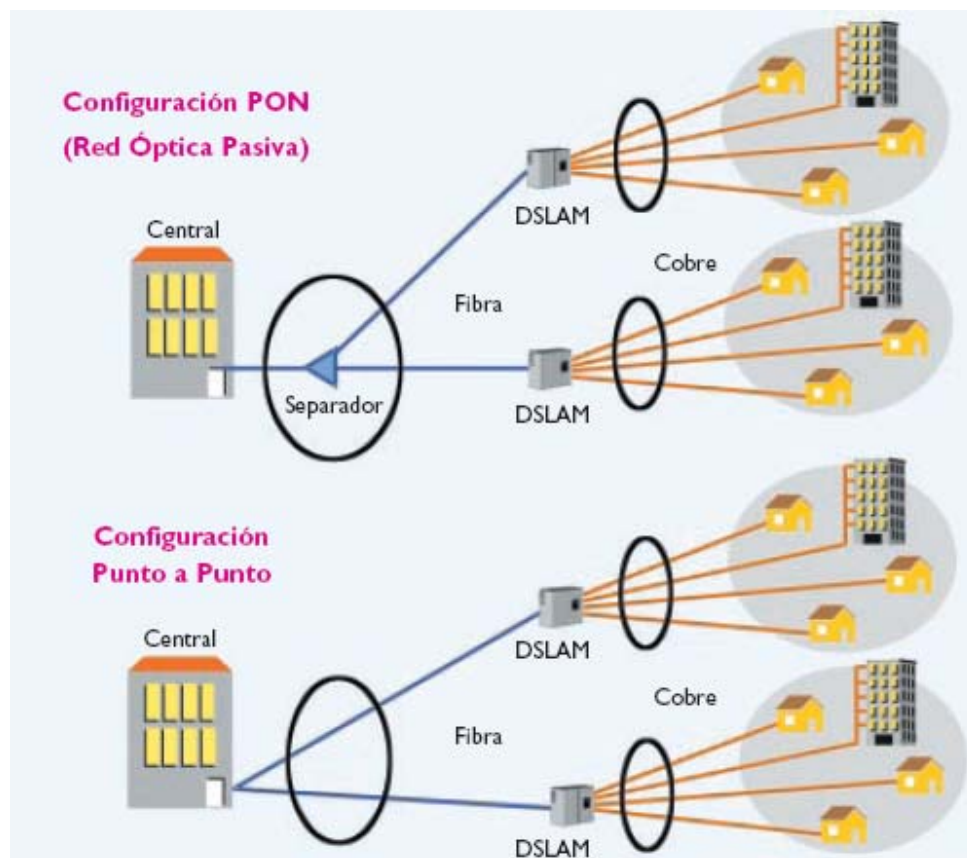
Surgen de la necesidad de tener sistemas capaces de proveer servicios interactivos a mayores distancias y velocidades que los sistemas basados en las tecnologías xDSL.

Este tipo de redes de acceso se caracterizan porque eliminan todos los elementos activos de la planta externa, reduciendo de esta forma los gastos operativos, de mantenimiento y operación, además de lograr un alto grado de confiabilidad, pues al prescindir de elementos electrónicos no son tan propensas a fallas. De igual manera al explotar las ventajas de la fibra óptica como medio físico (inmunidad al ruido, cero efectos parásitos y baja atenuación), se alcanzan mayores anchos de banda y velocidades que con las redes de cobre tradicionales.

Otro aspecto importante radica en el hecho que con estas redes es posible emplear arquitectura punto multipunto ahorrando costos a los operadores, ya que el costo de la infraestructura se reparte entre la cantidad de clientes que hagan uso de la red, además, reparte el ancho de banda de forma dinámica según la demanda de la aplicación, la Figura 15 se ilustra la topología de este tipo de redes.

Cabe anotar que estas redes son fácilmente escalables, ya que para la incorporación de nuevos clientes solamente es necesario colocar los equipos concernientes en los extremos de la red, sin alterar la infraestructura existente.

Figura 15 Topología General de la red óptica pasiva



Fuente: OPTI¹⁸

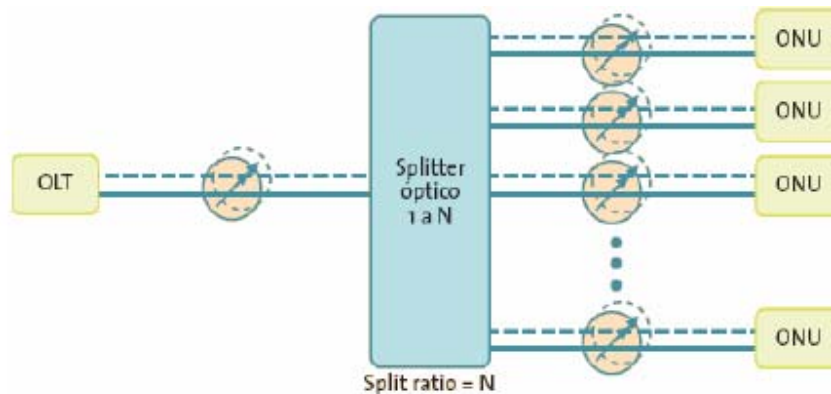
Elementos que componen una red óptica pasiva

- **OLT (Optical Line Terminal):** el terminal de línea óptica es el equipo encargado de efectuar la conversión de señales de eléctricas a ópticas para entregarlas a la red PON en forma de pulsos de luz, ó viceversa, para transmitir datos al core. Se encuentra ubicado en la central local del operador.
- **ONT (Optical Network Terminal):** terminal de red óptico donde finaliza la red de acceso, adicionalmente es el equipo encargado de convertir los pulsos de luz recibidos de la OLT en señales eléctricas y agrupar la información para enviarla en canal ascendente, puede atender a uno ó más usuarios en el caso de un edificio; si está localizado en proximidades del hogar del usuario, se denomina
- **ONU (Optical Network Unit),** ya que en este punto no termina la red óptica, pero si se encuentra localizado en la residencia del cliente es llamado **ONT**,

¹⁸ Estudio de Tendencias Futuras de conectividad en entornos fijos, nómadas y móviles, Pág. 25

- pues es acá donde finaliza la red óptica e incluye la función de puerto de usuario.
- **SPLITTERS:** son acopladores o divisores ópticos de potencia situados entre la OLT y la ONU, se encargan de dividir el haz de luz transmitido por la OLT para enviarlo por todos los enlaces que conectan las ONUs, ó de agregar las señales enviadas por los usuarios y propagar esta señal hasta la OLT. Figura 16.

Figura 16 Topología de División para una red PON



Fuente: Telefónica¹⁹

Funcionamiento de Redes PONs

Alcance Lógico

El alcance lógico es la distancia máxima que puede alcanzar un sistema de transmisión particular, independientemente de la potencia óptica. Se mide en kilómetros y no está limitado por los parámetros de dispersión por modo de polarización (*PMD, polarization mode dispersion*), sino más bien, por cuestiones relacionadas con la capa *transmisión converge* (TC) y la implementación.

Alcance Físico

Se define como la distancia física máxima entre la ONU/ONT y la OLT.

Distancia de fibra diferencial

Una OLT se conecta a varias ONU/ONT. La distancia de fibra diferencial es la diferencia de distancia entre la ONU/ONT más próxima y la más distante a partir de la OLT.

Previamente al proceso de intercambio de datos, se efectúa un mecanismo de *ranging* o sincronización, el cual sirve para determinar la distancia a cada ONU y ser ubicadas virtualmente a la misma distancia minimizando así los efectos de retardos de propagación; adicionalmente, la OLT realiza un procedimiento para el cifrado de datos,

¹⁹ Tomado de: Acceso Fijo Perspectivas de Evolución.

de tal forma que asigna una clave diferente a cada ONU, con el fin de restringir el uso de la información, como se ilustra en la Figura 17.

Figura 17 Mecanismo de Ranging en redes PON.

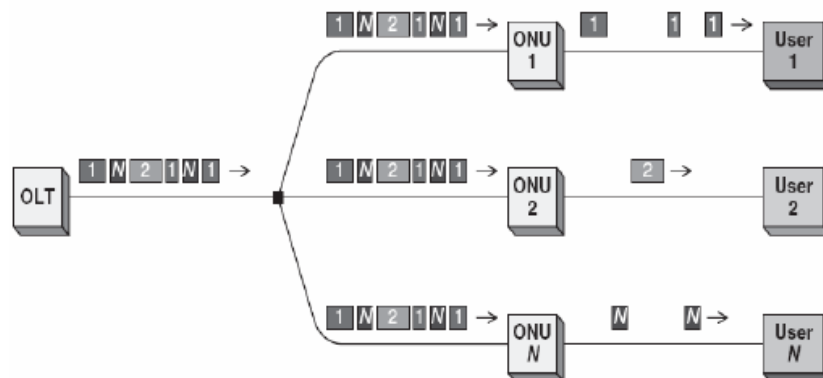


Fuente: sistemas de acceso óptico. Estándares EPON/GPON²⁰.

Estos sistemas son bidireccionales, por lo cual se explica el modo de operación tanto en canal descendente como ascendente

- **Canal Descendente:** la información es propagada a todas las ONU a través de la OLT, sin importar a quien se dirige, pero éstas solamente extraen la información que va dirigida a cada una de ellas haciendo uso de su clave, Figura 18.

Figura 18 Canal descendente PON.



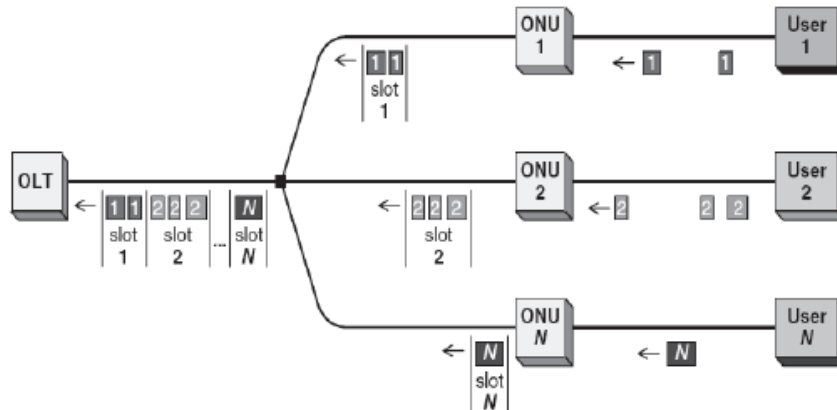
Fuente: Ethernet Passive Optical Networks²¹.

- **Canal Ascendente:** las ONUs transfieren su información mediante multiplexación por división en el tiempo, hacia la OLT que gestiona el acceso al medio para evitar colisiones en las transmisiones, pues cada ONU propaga sus datos en un slot de tiempo asignado de acuerdo a la distancia medida entre cada una éstas y la OLT, por tal motivo, todas transmiten en un intervalo de tiempo diferente al de las demás, Figura 19.

²⁰ KRAMER, Glen. Ethernet Passive Optical Networks. Estados Unidos de América :mMcGraw-Hill, 2005. 307 p.

²¹ KRAMER, Glen. Ethernet Passive Optical Networks. Estados Unidos de América : McGraw-Hill, 2005.

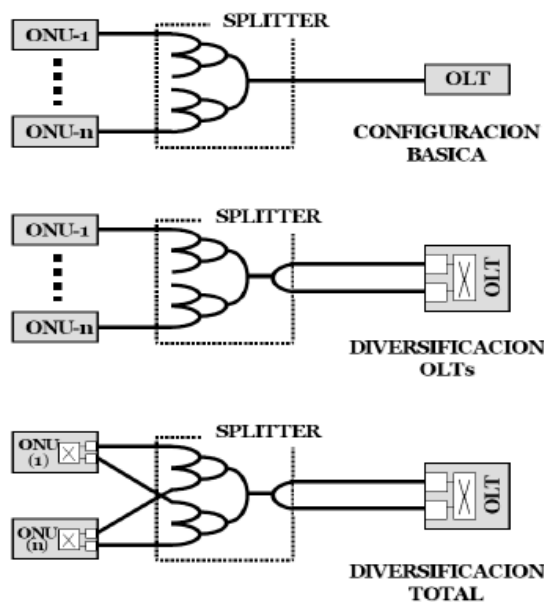
Figura 19 Canal Ascendente



Fuente: *Ethernet Passive Optical Networks*.²²

Para garantizar que el servicio no se suspenda por fallas en los enlaces o en los equipos que conforman la red, se establecen las siguientes formas de duplicidad, las cuales se esquematizan en la Figura 20.

Figura 20 Configuraciones de Diversificación para PONs.



Fuente: *sistemas de acceso óptico. Estándares EPON/GPON*.²³

²² Ibid, P 21

²³ Ibid, P 21

Tecnologías para Redes PON

Las redes ópticas pasivas se clasifican en:

- **APON (ATM PONs)**

Se denominan APON debido a que emplean como protocolo de transporte ATM, que permite integrar diferentes tipos de tráfico con QoS; el acceso al medio en canal ascendente, se hace mediante multiplexación en el tiempo con TDMA, requiriéndose que las ONT se sincronicen entre sí mediante las celdas PLOAM de las tramas ATM, mientras que para lograr transmisiones bidireccionales se emplea multiplexación por división en longitud de onda (WDM por sus siglas en inglés), adicionalmente para la seguridad de los datos se aplica el método de ciframiento AES.

Pueden operar en modo simétrico proporcionando un ancho de banda de 155 Mbps, ó en modo asimétrico, suministrando 622 Mbps en enlace descendente y 155 Mbps en enlace ascendente, empleando encapsulamiento AAL5*, presentan una deficiencia consistente en la necesidad de segmentar los paquetes de datos de longitud variable en celdas ATM de longitud fija (53 Bytes), lo que generan grandes retardos, razón por la cual no son muy utilizadas en la actualidad.

- **GPON (Gigabit capable PONs)**

Son redes ópticas pasivas capaces de proporcionar velocidades de gigabits tanto en configuraciones asimétricas como simétricas, así, para el primer caso suministra velocidades de 1.2 Gbps y 2.4 Gbps en sentido descendente y de 155 Mbps, 622 Mbps, 1.2 Gbps y 2.4 Gbps en sentido ascendente, mientras que para el segundo caso las velocidades provistas son 1.2 Gbps y 2.4 Gbps en ambos sentidos.

Otra característica importante radica en que integran método de corrección de errores y pueden trabajar, ya sea con ATM o con Ethernet como protocolos de transporte, razón por la cual si se emplea Ethernet ó TDM, es necesario encapsular los datos mediante el procedimiento GEM (por sus siglas en inglés G-PON Encapsulation- Method) para transmitirlos por la red.

Su arquitectura está conformada por dos capas, la física que maneja varias longitudes de onda, una para el enlace de subida, otra para el enlace de bajada y otra destinada para distribuir video análogo, posee un alcance entre OLT y ONUs de hasta 60 km, y 20 km entre ONUs, permite hasta 64 derivaciones. Por su parte, la capa de adaptación se encarga de ajustar los datos de usuario para su transmisión en capa física, proporcionando control de acceso al medio mediante TDMA (por sus siglas en inglés Time Division Multiple Access), controlando de esta forma el solape en transmisiones de enlace de subida, adicionalmente, emplea AES como método de cifrado de datos, también posee una función de control que se basa en el registro de las ONUs, así como el monitoreo del desempeño de la red.

Algunos parámetros son:

- Alcance lógico máximo es de 60 km.
- Existen dos opciones para el alcance físico: 10 km y 20 km.
- Distancia máxima diferencial de fibra es de 20 km.

- Divisiones ópticas con splitters de 1:16, 1:32, 1:64.
- Retardo medio máximo de transferencia de señal: menos de 1.5ms

- **EPON (Ethernet PONs)**

Basadas en el transporte de tráfico con el mismo formato de paquetes Ethernet, por lo cual elimina conversión de protocolos ATM/IP necesario en redes APON, resultando en una arquitectura y equipos menos complejos con costos menores. EPON solamente considera comunicaciones simétricas de 1.25 Gbps, además emplea longitudes de onda de 1490 nm para el enlace de bajada, 1310 nm en el enlace subida y 1550 nm de reserva para futuras extensiones o servicios adicionales, tales como, video análogo broadcast, adicionalmente, tiene dos razones de división óptica con splitters de 1:16, 1:32 y ciframiento de datos por el método AES.

Realiza control de acceso al medio en canal de subida por protocolo MPCP (por sus siglas en inglés Multi-Point Control Protocol), simultáneamente para comunicaciones a nivel 2 entre ONU, se habilita una subcapa PtPE (Point to Point Emulation), o bien, una tipo SME (Shared Medium Emulation), asignando un solo LLID a cada ONU y cuando las ONU se registran como varios equipos virtuales, la OLT las tratan por separado. En la Tabla 2 se presenta una comparación de este tipo de redes.

Tabla 2 Comparación entre las Redes PON

APON	GPON	EPON
Emplea ATM como protocolo de capa 2, el cual tiende a desaparecer	Emplea ATM, Ethernet ó TDM como protocolo de capa 2.	Emplea Ethernet como protocolo de capa 2, el cual se ha adoptado como protocolo universal
Debido a que se trabaja con celdas ATM de tamaño fijo para llevar datagramas IP de tamaño variable, el overhead de encapsulamiento depende del tamaño del payload. Overhead de 13.22%	Es preciso encapsular datos para transmitir los datagramas IP, lo cual implica un mayor overhead que con EPON, debido al encapsulamiento adicional necesario para esto.	Se trabaja con tramas Ethernet de tamaño variable para transportar datagramas IP de tamaño variable, El overhead de encapsulamiento de tramas Ethernet en IP es fijo e igual a 38 bytes. Overhead de 7.42%.
Un trozo de celda ATM corrupta, invalida el datagrama IP completo, lo cual genera un desperdicio de recursos de red.		
Las tarjetas y switch de red son más costosos que los de Ethernet.	Las tarjetas y switches de red son más costosos que los de Ethernet.	Las tarjetas y switches de red son menos costosos que los de ATM
Velocidades simétricas de 155Mbps y asimétricas de 622 en enlace descendente y 155Mbps en enlace ascendente	Velocidades simétricas de 1.2Gbps, y 2.4Gbps y asimétricas de de 1.2Gbps, y 2.4Gbps en sentido descendente y de 155Mbps, 622Mbps, 1.2 Gbps y 2.4Gbps en sentido ascendente.	Velocidades simétricas de 1.25Gbps
Maneja tres longitudes de onda, una para enlace de subida (1310nm), otra para enlace de bajada (1490nm) y otra para video análogo broadcast (1510nm).	Maneja tres longitudes de onda, una para enlace de subida (1310nm), otra para enlace de bajada (1490nm) y otra para video análogo broadcast (1510nm)	Maneja tres longitudes de onda, una para enlace de subida (1310nm), otra para enlace de bajada (1490nm) y otra de reserva para futuras extensiones o servicios adicionales tales como video análogo broadcast (1510nm).
Permite hasta 32 derivaciones	Permite hasta 64 derivaciones	Permite hasta 32 derivaciones
Fibra monomodo	Fibra monomodo	Fibra monomodo

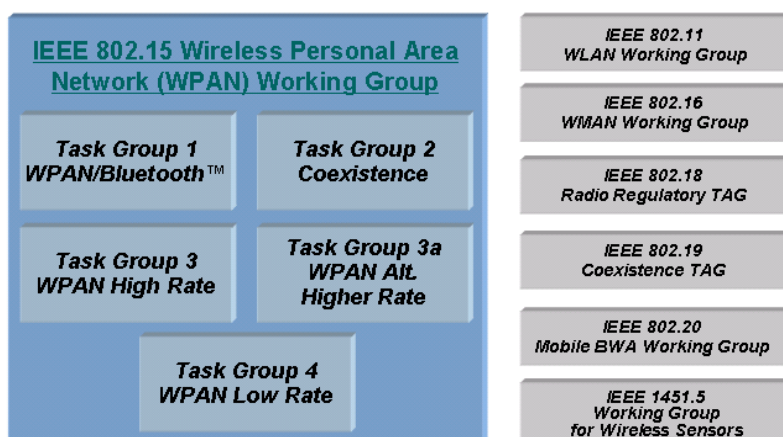
Fuente: "Passive Optical Networking Update"²⁴

²⁴ IEEE Communications Magazine March 2007.

2.4.2 Redes de acceso inalámbricas

Las redes de acceso inalámbricas están en su mayoría estandarizadas por el IEEE, en cada caso se conforman grupos de investigación que se encargan de llevar la tecnología a un estándar, en la Figura 21 Estándares Inalámbricos IEEE se presenta la organización de los estándares de acuerdo con la tecnología en la cual se encuentran enfocados.

Figura 21 Estándares Inalámbricos IEEE



Fuente: IEEE²⁵

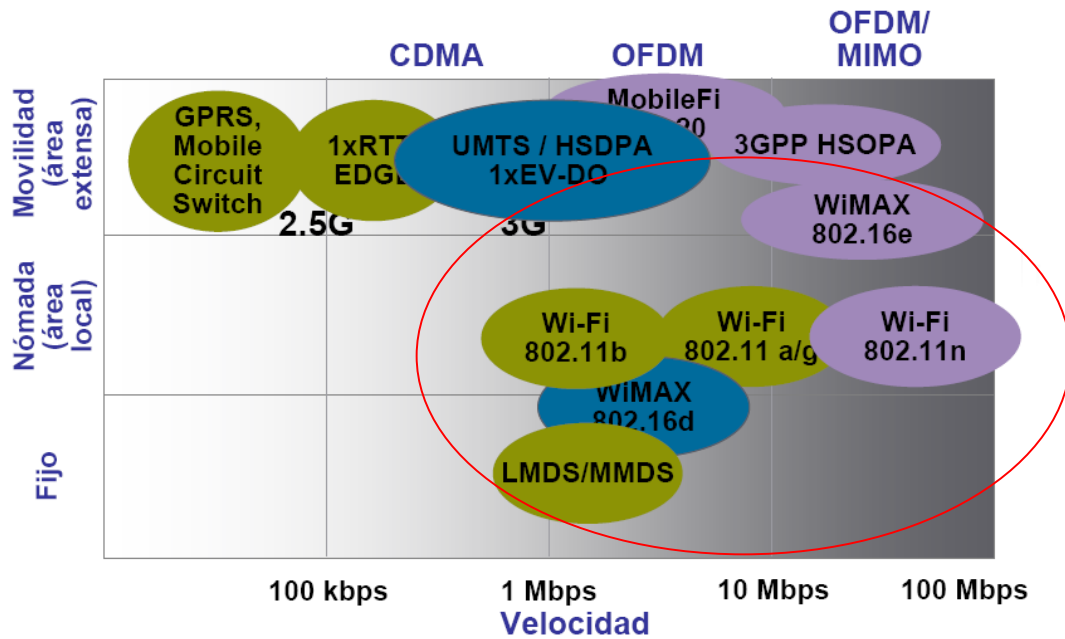
2.4.2.1 Redes WLAN (802.11x)

En la actualidad las redes WLAN han encontrado una gran variedad de escenarios de aplicación, tanto públicos como privados: entorno residencial y de hogar, grandes redes corporativas, PYMES, zonas industriales, campus universitarios, entornos hospitalarios, ciber-cafés, hoteles, aeropuertos, medios públicos de transporte, entornos rurales, etc. Incluso son ya varias las ciudades en donde se han instalado redes inalámbricas libres para acceso a Internet.

En la Figura 22 se presenta la familia de estándares 802. Una de las tecnologías más desarrolladas y conocidas a nivel mundial para este tipo de redes, son los estándares de la IEEE de la familia 802.11. Este estándar define el uso de los dos niveles inferiores de la arquitectura OSI (capas física y de enlace de datos), especificando sus normas de funcionamiento en una WLAN.

²⁵ <http://ieee802.org/15/pub/TG4.html>

Figura 22 Estándares Inalámbricos IEEE Familia 802



Fuente: "3G vs Tecnologías inalámbricas Emergentes"²⁶

Para garantizar la interoperabilidad entre dispositivos que utilizan el conjunto de estándares 802.11X, se desarrolló la certificación Wi-Fi (que significa "Fidelidad inalámbrica"), otorgada por la Wi-Fi Alliance, anteriormente WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance). Hasta finales de 2007, más de 4000 productos han sido certificados (desde Marzo de 2000) y la alianza ha alcanzado un total de 336 miembros (con un crecimiento del 8% con respecto al año 2006). La marca de certificación Wi-Fi creció durante el año 2007, reflejando un impacto en la mayoría de usuarios, quienes manifiestan que al ver el sello de aprobación en el momento de comprar un dispositivo Wi-Fi, los motiva a pagar más para un producto certificado, tal como lo ilustra la Figura 23 Comportamiento de consumidores al comprar un producto Wi-Fi certificado.

Figura 23 Comportamiento de consumidores al comprar un producto Wi-Fi certificado.

	Look for the Logo	Willing to Pay More
US Consumers	70%	68%
UK Consumers	68%	66%
China Consumers	52%	89%
Japan Consumers	36%	61%

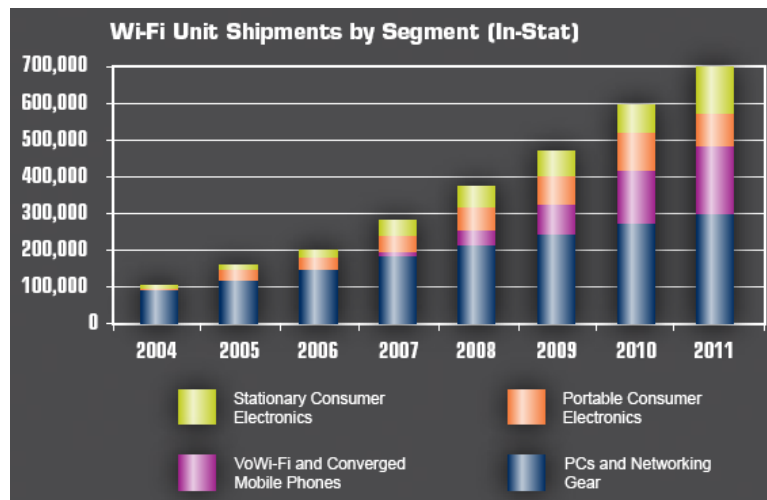
Fuente: Wi-Fi Alliance, Annual Report 2007²⁷.

²⁶ Tomado de: "3G vs Tecnologías Inalámbricas Emergentes". Libera Networks White Papers 2008.

²⁷ Tomado de: "Annual Report 2007". WiFi Alliance. <http://www.Wi-Fi.org>

Por lo anterior, la industria de fabricantes de chips para soporte de Wi-Fi, está en crecimiento constante según los analista, ejemplo de esto son los 300 millones de chips implementados en el año 2007. En los próximos años aumentarán los dispositivos electrónicos con implementación de chips Wi-Fi, lo que permitirá un crecimiento aún mayor y el beneficio de contar con información ubicua. La Figura 24 ilustra la prospectiva de chips instalados por segmento del mercado Wi-Fi.

Figura 24 Segmentos del mercado actual y proyectado Wi-Fi.



Fuente: Wi-Fi Alliance, Annual Report 2007²⁸

Arquitectura 802.11x

La arquitectura del IEEE 802.11 está formada por una serie de elementos que interaccionan para proveer movilidad a las estaciones en una red local de acceso, que sea transparente a las capas superiores. El elemento básico de las redes de acceso definido en el estándar es la estación (STA), definida como cualquier elemento que contenga una capa de Control de Acceso al Medio (MAC) y una capa Física (PHY) acorde con lo definido en el estándar. También se incluyen dentro de este tipo de redes el punto de acceso (AP en sus siglas en inglés –Access Point). Los dos elementos son STAs en la estricta definición del término, pero el AP es un dispositivo con funcionalidad añadida ya que incluye una interfaz de red adicional normalmente conectada con una red de cable como Ethernet.

El elemento básico de una LAN basada en Wi-Fi es el Basic Service Set (BSS). La distancia de comunicación directa entre dos estaciones viene limitada por las capacidades de los distintos PHY definidos en el estándar. Para extender la distancia de cobertura de una red inalámbrica, las BSS, en lugar de ser unidades independientes, se pueden incluir dentro de una unidad mayor llamada Extended Service Set (ESS). El estándar define, por otro lado, una serie de servicios que se tienen que proveer en cualquier implementación del mismo: servicios de autenticación, desautenticación,

²⁸ Ibíd.

privacidad y MSDU (MAC Service Data Unit) desarrollo, asociación, reasociación, desasociación, distribución e integración.

Estado del arte de estándares 802.11 (Tabla 3 Estandares IEEE 802.11.):

Tabla 3 Estandares IEEE 802.11.

Estándar	Estado	Descripción
IEEE 802.11	Estándar completado en 1997. Contiene la base de las especificaciones de todos los estándares 802.11.	Especifica una frecuencia de operación de 2,4 GHz con niveles de transmisión de datos de 1 a 2 Mbps. Incluye la utilización la capa MAC (Media Access Control) y WEP (Wired Equivalent Privacy) para seguridad. Su ventaja es que no necesita licencia para este tipo de redes.
IEEE 802.11b	Estándar completado en 1999. Es el estándar más conocido y dominante de la familia 802.11. Productos en venta a bajo costo.	Usa Complementary Code Keying para obtener hasta 11 Mbps, cobertura de entre 300 a 400 m, opera en la banda de 2,4 Ghz.
IEEE 802.11a	Estándar completado en 1999. Incluye cobertura baja hasta 100m. Productos en venta a bajo costo.	Evolución del 802.11b a mayor velocidad. Utiliza modulación OFDM (Orthogonal Frequency División Multiplexing) y llega hasta 54 Mbps en la banda de 5,7 Ghz. Se hace incompatible con los otros estándares como la 802.11b y 802.11g. No necesita licencia.
IEEE 802.11d	Es conocido como internacional. Tiene una menor importancia en el mercado y fue completado en el 2001, para aquellos países en donde la banda 2,4 Ghz está siendo utilizada.	El estándar 802.11d es un complemento del estándar 802.11 que está pensado para permitir el uso internacional de las redes 802.11 locales. Permite que distintos dispositivos intercambien información en rangos de frecuencia según lo que se permite en cada país (regulación de radio).
IEEE 802.11e	Es el último estándar aprobado y publicado por la IEEE en el 2005.	Añade al estándar 802.11 a, b y g calidad del servicio (QoS), a nivel de la capa de enlace de datos . El objetivo del estándar es definir los requisitos de diferentes paquetes en cuanto al ancho de banda y al retardo de transmisión para permitir mejores transmisiones de audio y vídeo. Incluye la técnica APSD (<i>Automatic Power Save Delivery</i>), un sistema eficiente de gestión de la energía que es de especial utilidad en teléfonos VoIP portátiles y otros dispositivos que funcionan con baterías
IEEE 802.11f	Estándar completado en el 2003. Más conocido como IAPP (<i>Inter-Access Point Protocol</i>),	Añade al estándar 802.11b factores de movilidad , similares a los usados en las redes móviles. Define el registro de un Punto de Acceso dentro de una red y el intercambio de información cuando un usuario se mueve por una zona cubierta por AP de diferentes fabricantes.
IEEE 802.11g	Estándar completado en el 2003.	Ofrece un ancho de banda elevado (con un rendimiento total máximo de 54 Mbps pero de 30 Mbps en la práctica) en el rango de frecuencia de 2,4 GHz (equivalente a 802.11a). Utiliza una modulación de DSSS y OFDM, además de Packet Binary Convolution Coding (PBCC)
IEEE 802.11h	Estándar completado en el 2003. Utilizado en Europa.	Tiene por objeto unir el estándar 802.11 con el estándar europeo (HiperLAN 2, de ahí la <i>h</i> de 802.11h) y cumplir con las regulaciones europeas relacionadas con el uso de las frecuencias y el rendimiento energético. Transmission Power Control (TPC) para limitar la energía RF y Dynamic Frequency Selection (DFS) para reducir interferencia en la banda 5 GHz
IEEE 802.11i	Estándar completado en el 2004.	Mejora la seguridad en la transferencia de datos (al administrar y distribuir claves, y al implementar el cifrado y la autenticación). Este estándar utiliza el AES (Advanced Encryption Standard) y TKIP

Estándar	Estado	Descripción
		(Temporal Key Integrity Protocol), logrando cifrar transmisiones que se ejecutan en las tecnologías 802.11a, 802.11b y 802.11g.
IEEE 802.11j	Importante para Japón. Estándar completado en el 2004.	El estándar 802.11j es para la regulación japonesa lo que el 802.11h es para la regulación europea. Permite la coexistencia del 802.11a y el estándar europeo HiperLAN2. En Japón está reglamentado usar 802.11a en la banda de 4.9 GHz – 5 GHz, 802.11j logra las velocidades obtenidas con OFDM en las bandas autorizadas en Japón.
IEEE 802.11k	Administración de recursos de Red. Se encuentra en desarrollo. Existen en el mercado equipos pre-estándar.	Define una serie de mecanismos que permiten utilizar los recursos electromagnéticos en una red 802.11 de la manera más óptima, así como facilitar su administración y mantenimiento. Establece protocolos de comunicación entre los AP y los dispositivos inalámbricos mediante los cuales estos últimos pueden determinar a qué punto de acceso deben conectarse en cada momento para garantizar un funcionamiento óptimo de la totalidad de la red.
IEEE 802.11n	Transmisión a mayores velocidades. Está en desarrollo, octubre de 2008. Existen en el mercado productos pre-estándar.	Su objetivo principal es alcanzar una velocidad de transmisión de datos al menos de 100 Mbps en el SAP (<i>Service Access Point</i>) del nivel MAC del protocolo 802.11. Utiliza la tecnología MIMO-OFDM (<i>Multiple Input Multiple Output Orthogonal Frequency Division Multiplexing</i>). MIMO-OFDM aumenta la capacidad del enlace inalámbrico usando varias antenas de transmisión y recepción por las que se transmiten datos de forma simultánea. Puede transmitir su señal en las bandas de 2.4 y 5 Ghz.
IEEE 802.11r	Transiciones Rápidas, actualmente se encuentra en desarrollo y se espera tener la revisión en el 2008. En el mercado se cuenta con productos pre-estándar.	Este estándar define los mecanismos para transiciones rápidas de abonados móviles, permitiendo mantener la conectividad del abonado con diferentes Radio Bases en la medida que se desplaza. Es de esperar que uno de los principales beneficiados por el protocolo 802.11r sean los móviles y PDAs diseñados para trabajar tanto con redes inalámbricas como con las redes celulares ya presentes
IEEE 802.11v	Gestión de Red Inalámbrica, se espera tenerlo aprobado para el 2010.	Introducirá pequeños cambios en las capas PHY y MAC para mejorar la configuración y gestión de dispositivos Wi-Fi mediante SNMP y otros protocolos.
IEEE 802.11w	Trama de Gestión de Protección. Se planea terminarlo a finales del 2008.	Se aumentará la seguridad introduciendo mejoras en la capa MAC. Se pretende solucionar la vulnerabilidad de las redes Wi-Fi.
IEEE 802.11t	Predicción del Rendimiento Inalámbrico. Se prevé que esté finalizado para 2009.	El objetivo es crear un conjunto de niveles de rendimiento, pruebas recomendadas y métodos de medida que permitan que tanto fabricantes y proveedores de servicios como laboratorios independientes y usuarios finales puedan medir el rendimiento de hardware y redes Wi-Fi.
IEEE 802.11u	Interoperabilidad con Redes Externas. La publicación del estándar se prevé hasta marzo de 2009.	El grupo de trabajo TGu, también conocido como WIEN SG (<i>Wireless Internetworking with External Networks Study Group</i>), éste trabaja en el estándar que facilitará la interoperabilidad con redes externas.

Fuente: CINTEL

Futuro de WLAN

Estándar 802.11n²⁹

Este estándar inicia durante la segunda mitad del año 2003 debido a la alta demanda de WLAN, cuando la IEEE aprueba la creación del IEEE 802.11 Task Group N. Este grupo se encuentra desarrollando una nueva versión del estándar 802.11, en el cual la velocidad máxima real de transmisión podrá llegar hasta los 600Mbps, es decir, 10 veces más rápida que las velocidades alcanzadas con los estándares 802.11a y 802.11g, y casi 40 veces más rápida que el 802.11b. Bajo esta nueva revisión también se trabaja sobre la cobertura de la red, la cual se espera mantener, con mayores velocidades de transmisión, y hasta aumentar, rangos mayores a 400m, con la incorporación de tecnología MIMO (Multiple Input-Multiple Output). Este estándar será compatible con el 802.11a, b y g, hasta el momento los estándares WLAN, mas difundidos. Con estas mayores capacidades se soportarán nuevos servicios de utilización masiva como el video de alta definición.

A finales de enero del 2006, se aprobó el primer borrador del estándar y en marzo del 2007, se aprobó la versión borrador 2.0, la cual también se conoce como "Pre-11n". Aunque hasta la fecha sólo se tiene este borrador, esto no ha detenido a los fabricantes de dispositivos inalámbricos, a desarrollar e incorporar en el mercado nuevos productos que incorporan el tan esperado sucesor del 802.11g. La alianza Wi-Fi ha desarrollado la nueva certificación industrial para el 802.11n llamada Wi-Fi CERTIFIED 802.11n draft 2.0, la cual permite demostrarle al consumidor que los productos han pasado por unas rigurosas pruebas basadas en el borrador del estándar, y podrán ser reconfigurados y actualizados, a diferencia de los productos basados en el primer borrador, cuando el estándar esté totalmente terminado, lo cual, se espera para finales del 2008 o principios del 2009. Hasta el momento, esta certificación garantiza compatibilidad con los estándares 802.11a, b y g.

Existen ya en el mercado de enrutadores y tarjetas 802.11n para todo tipo de puertos y computadoras (Cardbus - para computadoras portátiles-, USB 2.0 y PCI) de las marcas D-Link, Belkin, Cisco y Linksys. Al final del 2007, más de 190 productos han sido certificados con este borrador y se tienen cifras aproximadas al 9% del total de los distribuidores de chips en este año ya soportaban esta tecnología.

Algunas de las técnicas de este nuevo estándar, que permiten el aumento del rendimiento son:

- **MIMO (Multiple Input Multiple Output):** Consiste en la utilización de varias antenas simultáneamente para enviar y/o recibir datos en paralelo, lo que aumenta notablemente el rendimiento en la comunicación. La utilización de estas antenas es similar a tener 2 radios FM sintonizados en el mismo canal al mismo tiempo, permitiendo multiplicar el desempeño de la señal Wi-Fi, reflejada en 2, 3 o incluso más antenas encontradas en algunos enrutadores 802.11n. Esta operación puede trabajar tanto con equipos 802.11n o cuando sólo se emplea uno con el estándar.

²⁹ Adaptado de: Wi-Fi CERTIFIED™ 802.11n draft 2.0: Taking Wi-Fi® to the Next Level. Wi-Fi Alliance. Mayo 2007.

- **Channel Bonding:** Permite utilizar dos canales no superpuestos como si se tratase de uno sólo para aumentar la velocidad.
- **Payload Optimization:** Permite la incorporación de mayor cantidad de datos en cada paquete transmitido.

En cuanto a seguridad, los productos con Wi-Fi CERTIFIED 802.11n draft 2.0 tienen la última versión de protocolos de seguridad inalámbrica, emplean el WPA2™ (Wi-Fi Protected Access), el cual es diseñado para ayudar a asegurar que los usuarios sólo autorizados puedan unirse a la red, y luego cifran los datos que viajan sobre la red de Wi-Fi de modo que la privacidad sea mantenida

En el mercado de consumo, los usuarios compran cada vez más equipos basados en las versiones borrador de 802.11n, pero pocas empresas desplegarán productos hasta que el estándar haya sido completamente ratificado. De hecho, los suministradores orientados al segmento empresarial, como Cisco Systems, no suelen lanzar productos hasta que el estándar ha sido definitivamente publicado. No obstante, en este caso, la urgencia con que muchas organizaciones esperan soluciones de networking de alta velocidad, ha hecho que algunos de ellos se lancen al mercado antes de que la tecnología haya sido totalmente definida, incluida la propia Cisco con la introducción de un punto de acceso basado en este borrador llamado Aeronet 1250,.

En cuanto al mercado de hogar, el mayor alcance de cobertura de 802.11n se traducirá en menos "puntos de sombra" (no cobertura) en los hogares servidos por un único router Wi-Fi. Ello también abrirá la entrada a aplicaciones que requieren elevados anchos de banda, como el streaming de vídeo desde ordenadores de sobremesa donde se almacenan las películas hasta los televisores con soporte Wi-Fi. El nuevo estándar también soportará VoIP más fiable y de mayor calidad y, en general, permitirá que múltiples usuarios puedan hacer cosas diferentes sobre la misma red de manera simultánea.

2.4.2.2 Redes WIMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access)

La necesidad, alta demanda y en algunos casos la obligación de contar con acceso a Internet en cualquier momento, a cualquier hora y en cualquier lugar, ha permitido la evolución de tecnologías para acceso a la "autopista de la información"³⁰ y ha motivado a los Prestadores de Servicio de Internet (ISP), fabricantes e integradores a explotar masivamente este sector de las telecomunicaciones. La implementación de redes metropolitanas inalámbricas ha permitido contar con nuevas alternativas para acceder a estos servicios y suplir dicha necesidad de conexión.

WiMAX está basado en el estándar IEEE 802.16 que permite ofrecer servicios inalámbricos de banda ancha en cualquier momento y en cualquier lugar. La tecnología WiMAX funciona de manera similar a las actuales redes inalámbricas de tecnología Wi-Fi, donde una estación base con una antena (Access Point) controla el acceso inalámbrico de los equipos a la red. El estándar IEEE 802.16 fue desarrollado para brindar conexión "sin línea de vista" (LoS) entre una estación de suscriptor y la estación base con una celda típica de radio de tres a diez kilómetros.

³⁰ Nombrada de esta manera debido a que es una "ruta" en donde se puede encontrar todo tipo de información.

Uno de los entes encargado del estudio de esta tecnología es el consorcio WiMAX Forum³¹ (World Wide Interoperability for Microwave Access), la cual es una organización conducida por industrias del sector, sin ánimo de lucro, que surge con el objetivo de certificar y promover la compatibilidad y la interoperabilidad de productos inalámbricos de banda ancha basados en el estándar IEEE 802.16/ETSI HiperMAN. Un objetivo del WiMAX Forum es de acelerar la introducción de estos sistemas en el mercado. La certificación del WiMAX Forum significa que los productos son totalmente interoperables, soportan servicios de banda ancha fijo, portátil y móvil y cumplen con las exigencias del mercado, para esto el WiMAX Forum trabaja estrechamente con proveedores de servicio y reguladores.

La Figura 25 presenta las redes WiMAX alrededor del mundo según el WiMAX Forum.

³¹ <http://www.wimaxforum.org>

Figura 25 Redes de WiMAX en el mundo a Enero de 2008.

WiMAX™ Networks Worldwide 2008



Source: Informa Telecoms & Media (January 2008)



Fuente: WiMAX Forum.

En la Tabla 4 se resumen los aspectos más importantes de cada uno de los estándares trabajados por el IEEE.

Tabla 4 Resumen de estándares IEEE 802.16.

Item	802.16	802.16a	802.16d	802.16e
Fecha de Finalización	Abril de 2002	Enero de 2003	Junio de 2004	Diciembre de 2005
Espectro	10 - 66 GHz	< 11 GHz	< 11 GHz	< 6 GHz
Funcionamiento	Solo con visión directa (LOS)	Sin visión directa (NLOS)	Sin visión directa (NLOS)	Sin visión directa (NLOS)
Tasa de bit	32 - 134 Mbit/s con canales de 28 MHz	Hasta 75 Mbit/s con canales de 20 MHz	75 Mbps (canal de 20 MHz) 18 Mbps (canal de 5 MHz)	Hasta 15 Mbit/s con canales de 5 MHz
Modulación	QPSK, 16QAM y 64 QAM	OFDM con 256 subportadoras QPSK, 16QAM, 64QAM	OFDM/OFDMA QPSK, 16 QAM, 64 QAM	Igual que 802.16a
Movilidad	Sistema fijo	Sistema fijo	Sistema fijo	Movilidad pedestre
Anchos de banda	20, 25 y 28 MHz	Seleccionables entre 1,25 y 20 MHz	1,5 – 20 MHz	Igual que 802.16a con los canales de subida para ahorrar potencia
Radio de celda típico	2 - 5 Km aprox.	5 - 10 Km aprox. (alcance máximo de unos 50 km)	2 – 10 Km aprox.	2 - 5 Km aprox.

Fuente: CINTEL

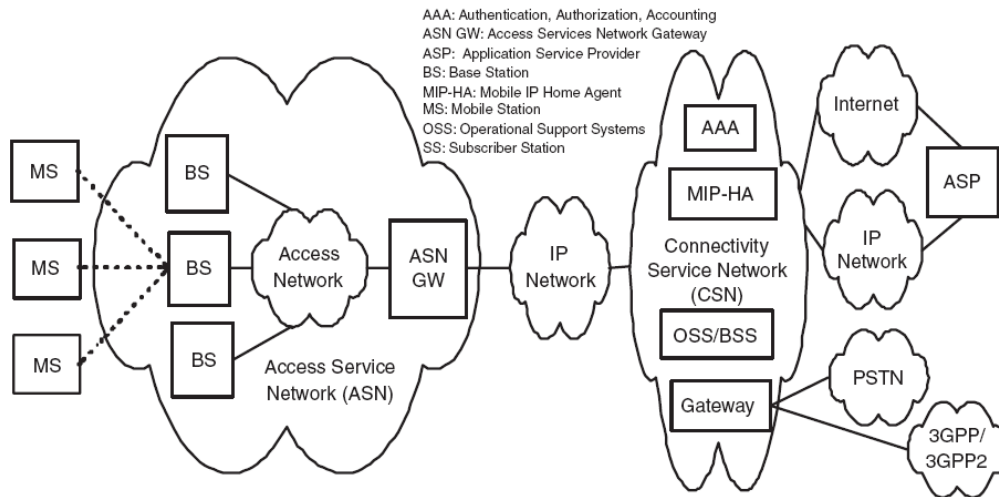
Arquitectura de referencia de la red

El estándar IEEE 802.16e-2005 proporciona la interfaz de aire para WiMAX, pero no define la red WiMAX de extremo a extremo. El Network Working Group del WiMAX Forum, es responsable de desarrollar los requerimiento de red de extremo a extremo, la arquitectura, y protocolos para WiMAX, usando IEEE 802.16e-2005 como la interfaz de aire.

El WiMAX NWG ha desarrollado un modelo de referencia de red para servir como un framework de arquitectura para despliegues WiMAX y asegurar la interoperabilidad entre varios equipos y operadores WiMAX. El modelo de referencia de red prevé una arquitectura unificada para apoyar el despliegue de redes fijas, nómadas y móviles y está basado en un modelo de servicio IP. La Figura 26 Arquitectura WiMAX basada en IP muestra una ilustración simplificada de la arquitectura de red WiMAX basada en IP. La red total lógicamente puede ser dividida en tres partes:

- Estaciones móviles, usadas por el usuario final para tener acceso a la red.
- Red de Servicio de Acceso (ASN), que comprende una o varias estaciones base y una o varias entradas ASN que forman la red de acceso de radio en el borde.
- La Red de Servicio de Conectividad (CSN), que proporciona la conectividad IP y todas las funciones de red principales.

Figura 26 Arquitectura WiMAX basada en IP.



Fuente: Overview of Wimax³²

El framework de la arquitectura es definido para que múltiples usuarios puedan hacer parte de la cadena de valor de servicio de WiMAX. Más específicamente, la arquitectura permite tres entidades separadas de negocio:

1. La Red Acceso del Proveedor, que posee y maneja el ASN.
2. El Proveedor de Servicios de Red (NSP), que proporciona la conectividad IP y servicios WiMAX a suscriptores que usan la infraestructura ASN proporcionada por una o varios NAPs.
3. El Proveedor de Servicio de Aplicación (ASP), que puede proporcionar servicios de valor agregado como usos de los multimedia que usan IMS (IP Multimedia Subsystem) y VPN corporativo (Redes Virtuales Privadas) esto corrido sobre la cima de IP. Esta separación entre la NAP, NSP y ASP es diseñada para permitir un ecosistema más rico para WiMAX atienden el negocio, conduciendo a competencia y de ahí mejores servicios.

El modelo de referencia de red desarrollado por el WiMAX Forum NWG define un numero de entidades funcionales e las interfaces entre ellas. (Las interfaces son llamadas como puntos de referencia). La Figura 26 muestra algunas de las entidades funcionales más importantes.

Estación base (Base Station – BS): La BS es responsable de brindar una interfaz de aire para la estación móvil (MS), adicionalmente soporta funciones como micromovilidad, funciones de gestión, como el handoff y establecimiento de túneles, gestión de los recursos de radio, políticas QoS, clasificación del tráfico, DHCP (Dynamic Host Control Protocol) proxy, gestión de claves, sesiones de gestión y gestión de multicast.

³² Tomado de: http://i.i.com.com/cnwk.1d/i/tr/downloads/home/0132225522_chapter_2.pdf

Acceso de servicio network gateway (ASN-GW): El gateway ASN típicamente actúa como punto de agregación de tráfico de capa 2 dentro de una ASN. Funciones adicionales que pueden ser parte de la ASN Gateway incluyen intra-ASN, gestión de direcciones y paginación, gestión de los recursos de radio y control de admisión, almacenamiento de perfiles de suscriptor y llaves de cifrado, funciones de clientes AAA, establecimiento y gestión de túneles de movilidad con estaciones base, QoS y aplicación de políticas, funcionalidad de agente extranjero para movilidad IP y enrutamiento para la selección de CSN.

Red de servicio de conectividad (CSN): La CSN provee conectividad a internet, ASP, otras redes públicas y redes corporativas. La CSN es poseído por el NSO e incluye servidores AAA que soportan autenticación para estos dispositivos. La CSN también provee por usuario políticas de gestión de QoS y seguridad. La CSN es también responsable por la gestión de la dirección IP, soporte del roaming entre diferentes NSPs, gestión de direcciones entre ASNs, y movilidad y roaming entre ASNs. Además, CSN puede también proveer gateways e interworking con otras redes, como PSTN (public switched telephone network), 3GPP, y 3GPP2.

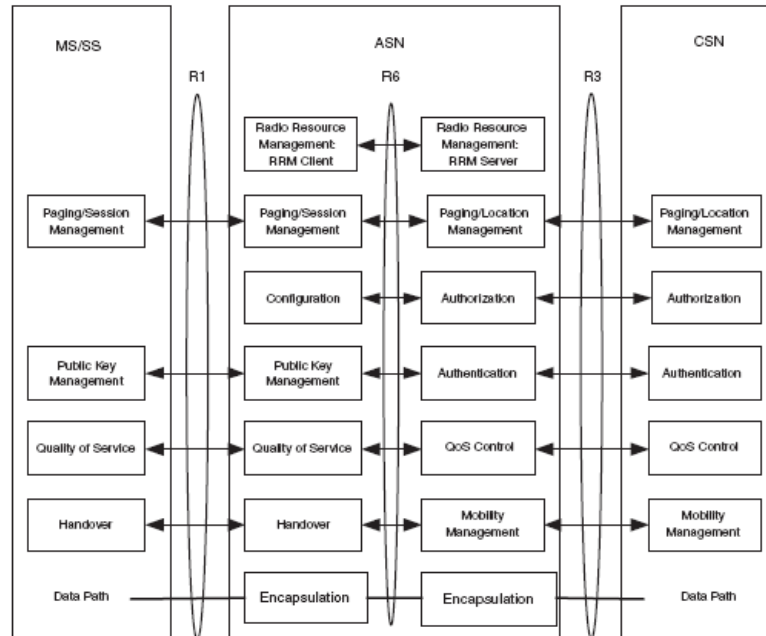
El framework de arquitectura WiMAX permite la descomposición flexible y/o combinación de entidades funcionales construyendo las entidades físicas. Por ejemplo, el ASN puede ser descompuesto en transceptores de estación base (BST), los controladores de estación base (BSC) y un ASNGW análogo al modelo de GSM de BTS, BSC y Nodo de soporte de Servidor GPRS (SGSN). Es también posible agrupar la BS y ASN-GW en una simple unidad, que podría ser pensada como un enrutador WiMAX. Como diseño que a menudo es mencionado como distribuido, o bandera, la arquitectura.

Además de entidades funcionales, la arquitectura de referencia define interfaces, llamadas puntos de referencia, entre entidades funcionales. Las interfaces llevan el control y la gestión de protocolos en soporte de varias funciones, como la movilidad, la seguridad y QoS, además de datos de portador. La Figura 27 Interfaces entre entidades funcionales de la arquitectura de referencia de WiMAX muestra un ejemplo.

El modelo de referencia de red WiMAX define puntos de referencia entre:

1. MS y ASN, llamado R1, que además del interfaz de aire incluye protocolos en el plano de gestión.
2. MS y CSN, llamado R2, que proporciona la autenticación, la autorización de servicio, la configuración IP y la gestión de movilidad.
3. ASN y CSN, llamado R3, apoya la ejecución de política y la gestión de movilidad.
4. ASN y ASN, llamado R4, apoya la movilidad inter-ASN.
5. CSN y CSN, llamado R5, apoyar la vagancia a través de múltiple NSPS.
6. BS y ASN-GW, llamado R6, que consiste en caminos de portador intra-ASN y túneles IP para eventos de movilidad.
7. BS a BS, llamado R7, facilitar la cesión rápida, sin handover.

Figura 27 Interfaces entre entidades funcionales de la arquitectura de referencia de WiMAX.



Fuente: Overview of Wimax³³

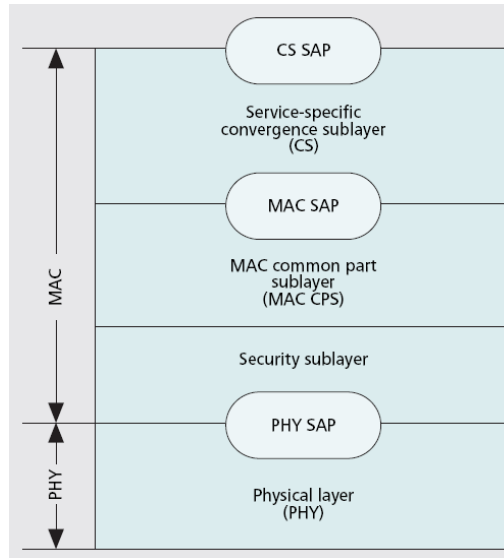
Control de Acceso al Medio

La Capa MAC de WiMAX consiste en tres (3) subcapas como se muestra en la Figura 28 Modelo de referencia del estándar IEEE 802.16.:

- **Subcapa Convergencia de servicios específicos (CS):** Su función principal es transformar o trazar apropiadamente un mapa de los datos externo de las capas superiores en unidades de datos de servicio (SDUs) para la subcapa MAC CPS. Incluyendo la clasificación de los datos con el identificador de flujo de servicio MAC (SFID) y el identificador de conexión (CID). Un SDU es la unidad básica de intercambio entre dos (2) protocolos de capas adyacentes.
- **Subcapa parte común de MAC (MAC CPS):** Proporciona la funcionalidad principal para el acceso al sistema, la asignación de ancho de banda, el establecimiento de conexión y el mantenimiento. Esta subcapa también maneja aspectos de QoS para la transmisión de información.
- **Subcapa de Seguridad:** Prové funcionalidades como autenticación, intercambio de clave seguro y encriptación.

³³ Tomado de http://i.i.com.com/cnwk.1d/i/tr/downloads/home/0132225522_chapter_2.pdf

Figura 28 Modelo de referencia del estándar IEEE 802.16.



Fuente: IEEE Communications Magazine³⁴

La Capa MAC del IEEE 802.16 fue diseñada para solicitudes banda ancha de acceso punto a multipunto. La tarea primordial de la capa MAC WiMAX, es proporcionar una interfaz entre las capas superiores de transporte y la capa física.

La capa MAC tiene paquetes de la parte superior, denominados paquetes de Unidades de Servicio de Datos MAC (MSDUs) y los organizan en las Unidades de Datos de Protocolo MAC (MPDUs) para su transmisión. Para las transmisiones recibidas, la capa MAC no a la inversa.

El IEEE 802.16-2004 e IEEE 802.16e-2005 MAC diseñó una subcapa de convergencia que puede interactuar con una variedad de protocolos de capas superiores, como ATM de voz, TDM, Ethernet, IP y cualquier futuro protocolo desconocido.

La capa MAC incorpora varias características adecuadas para una amplia gama de aplicaciones en diferentes tipos de movilidad, como los siguientes:

- Privacidad de gestión de claves (PKM) para MAC capa de seguridad. PKM versión 2 incorpora soporte para el protocolo de autenticación extensible (EAP).
- Radio y soporte multicast.
- Gestionabilidad primitivas.
- De alta velocidad traspaso de la gestión de la movilidad y primitivas.

³⁴ "Integration of WiMAX and WiFi: Optimal Pricing for Bandwidth Sharing". NIYATO, Dusit y HOSSAIN, Ekram, TRILabs and University of Manitoba. Mayo de 2007.

- Tres niveles de gestión de energía, el funcionamiento normal, el sueño y ociosos.
- La cabecera de la represión, y la fragmentación de embalaje para el uso eficiente del espectro.
- Cinco clases de servicio, concesión de servicios no solicitados (UGS), votación de servicio en tiempo real (rtPS), votación de servicio no en tiempo real (nrtPS), mejor esfuerzo (BE) y la extensión en tiempo real a tipo variable (ERT-VR).

Estas características combinadas con las ventajas inherentes de OFDMA hace escalable 802,16 adecuado para la alta velocidad de datos y sincronismo de aplicaciones multimedia IP.

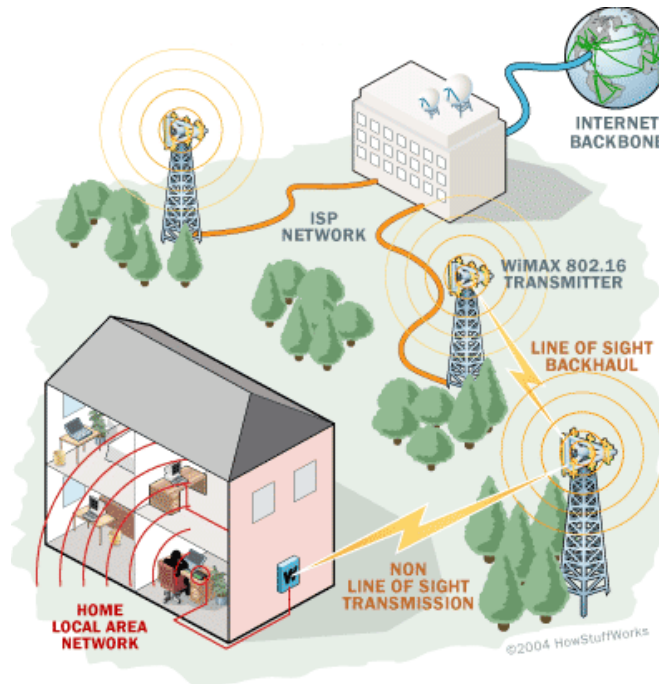
Operación de WiMAX

Básicamente, el sistema WiMAX consiste en dos (2) partes: una estación base y un receptor WiMAX. La estación base es una torre similar al concepto de torres de celular que trabaja junto con un conjunto de equipos electrónicos en la base de la torre. Una sola torre WiMAX puede proporcionar extensamente la cobertura máxima a un radio de 30 millas, según la altura de torre, la ganancia de la antena y el poder de transmisión. Típicamente los despliegues usarán las células de radio de 2 a 6 millas, de modo que el nodo inalámbrico pudiera conseguir el acceso dentro de este rango.

La estación de base de centro es conectada con un número de estaciones de suscriptor, que se remite al receptor como el equipo de premisa de cliente (CPE). La red de comunicación WiMAX utiliza la estación base y el CPE para construir el sistema de comunicación inalámbrico. El receptor WiMAX es instalado como una pequeña caja fuera de casa o edificio, integrado en el ordenador personal como una tarjeta de memoria o incorporado en un ordenador portátil como el acceso Wi-Fi.

La Figura 29 ilustra el concepto de WiMAX fijo. El suscriptor envía una petición de acceso inalámbrica de la antena fija sobre la cima de un edificio o la utilización CPE de interior. La estación base recibe transmisiones de múltiples sitios y envía el tráfico a los enlaces NLOS o LOS a un centro de conmutación usando el protocolo 802.16d. Entonces el centro de conmutación envía el tráfico al ISP o PSTN para tener acceso a Internet. Mientras en la red WiMAX móvil, el terminal como el ordenador portátil, PDA y el teléfono de WiMAX que es integrado con chips WiMAX dentro, directamente podría recibir la señal de la torre más cercana y el usuario podría ser portátil y moverse dentro de una cierta región hasta 30 millas.

Figura 29 Red WiMAX 802.16.



Fuente: *Wireless Communication Technologies*³⁵

CALIDAD DE SERVICIO EN REDES WiMAX³⁶

El soporte de QoS es una de las características esenciales del IEEE 802.16. Sin embargo, hay diferencias en las especificaciones en los estándares, específicamente, en IEEE 802.16-2004 y el IEEE 802.16e. Enfocados en dos parámetros de QoS: el flujo de servicio y servicios de asignación de ancho de banda. Un flujo de servicio es definido como un solo camino de MAC SDU sobre una conexión asociada con parámetros específicos de QoS tales como latencia, jitter y rendimiento. Estos parámetros son usados para transmisión y planificación. Los flujos de servicio son típicamente identificados por Estaciones Suscriptor (SS) y Estaciones Base, basados en sus identificadores de flujo de servicio (SFID). Hay tres (3) tipos básicos de servicios de flujo: Flujo de servicios de aprovisionamiento, flujo de servicio de admisión y flujo de servicio de activos.

El flujo de servicio de aprovisionamiento es definido en un sistema con un identificador de flujo de servicio (SFID), pero este podría no tener presencia de tráfico. Esto puede esperar para ser usado.

Un flujo de servicio de admisión requiere el proceso de activación. En respuesta a un requerimiento externo para un específico flujo de servicio, las BS/SS comprobará los recursos disponibles para habilitar parámetros de QoS para ver si pueden

³⁵ Tomado de: <http://library.thinkquest.org/04oct/01721/wireless/wimax.htm>

³⁶ Communications Magazine IEEE. "A Survey on Mobile WiMAX". Diciembre de 2007.

soportar el requerimiento. Los recursos asignados a este flujo de servicio pueden ser usados por otros servicios. Un flujo de servicio será activo cuando todas las comprobaciones son completadas y los recursos son asignados. Paquetes fluyen a través de la conexión asignados al flujo de servicio. El uso de flujos de servicio es el principal mecanismo usado por aprovisionamiento de QoS. Los paquetes que atraviesan la subcapa MAC son asociados con flujos de servicio identificados por el identificador de conexión (CID) cuando QoS es requerido.

Los servicios para otorgar ancho de banda trabajan con parámetros de QoS asociados a una conexión. La transmisión de downlink en una BS tiene suficiente información para realizar scheduling, pero en transmisiones uplink una BS realiza el scheduling de varios servicios de transmisión basados en información recopilada de las Estaciones de suscriptor.

En tales casos una estación de suscriptor requerirá un ancho de banda de uplink para la BS, y el BS asignará un ancho de banda como una necesidad básica. Para la asignación apropiada de ancho de banda, cuatro servicios son definidos para soportar diferentes tipos de flujos de datos:

- El servicio de asignación no solicitado (UGS) es diseñado para soportar una tasa de bit constante (CBR) para tiempo real tal como VoIP; esto provee oportunidades de transmisión de tamaño fijas en el intervalo de tiempo regular sin la necesidad de solicitudes o sondeos.
- El servicio de sondeo en tiempo real (rtPS) es diseñado para soportar la tasa de bit variable (VBR) tráfico como el vídeo MPEG. En este servicio la BS ofrece a la SS las oportunidades de petición SS periódicas para indicar el ancho de banda requerido.
- El servicio de sondeo no en tiempo real (nrtPS) es para el servicio de datos tolerante de retrasos con una tasa de datos mínima, como el FTP. Este servicio permite a un SS usar la petición de discusión y oportunidades de petición de unicast para el requerimiento de ancho de banda. La petición de unicast son ofrecidas regularmente para asegurar que la SS tiene una posibilidad para solicitar el ancho de banda aún en un ambiente de red con muchos usuarios.
- El servicio de mejor esfuerzo (BE) no especifica ningún servicio relacionado con requerimientos. Similar a nrtPS, esto proporciona el requerimiento de discusión y oportunidades de petición de unicast, pero esto no proporciona la reserva de ancho de banda o sondeo regular de unicast.

Mientras el concepto de flujo de servicio es similar hasta cierto punto en ambos estándares, IEEE 802.16e se diferencia de IEEE 802.16-2004 en el servicio otorgar ancho de banda. Además de los cuatro servicios de datos catalogados anteriormente, IEEE 802.16e incluye un nuevo servicio conocido como rtPS ampliado. En breve, este servicio proporciona un algoritmo de scheduling que agrega la eficacia tanto del servicio de asignación no solicitado (UGS) como de rtPS. Similar a UGS, esto es capaz de ofrecer UGS. Sin embargo, el tamaño de la asignación de ancho de banda es dinámico, a diferencia de en UGS, en el cual la asignación de ancho de banda es fijada el tamaño. El objetivo de este servicio es de

soportar los flujos de servicio en tiempo real que generan paquetes de datos de tamaño variables en una base periódica.

WiMAX MOVIL³⁷

La tecnología WiMAX, basada en el estándar IEEE 802.16-2004 rápidamente se posiciona como una tecnología que jugará un papel clave en las redes metropolitanas inalámbricas de banda ancha, convirtiéndose en una excelente alternativa con respecto a los servicios de cable y ADSL. En Diciembre de 2005, la IEEE presentó el estándar 802.16e que es una evolución del 802.16-2004, el cual incluye características y atributos necesarios para dar soporte a la movilidad del usuario. WiMAX móvil es una solución inalámbrica que permite la convergencia de redes móviles y fijas por medio de una tecnología de acceso por radio y una arquitectura de red flexible.

Características

- Está diseñado para ofrecer una característica clave de la que carece el 802.16-2004: portabilidad y con el tiempo, movilidad a toda escala. Este estándar requiere una nueva solución de hardware/software ya que no es compatible con el anterior 802.16-2004, lo cual no es necesariamente algo bueno para los operadores que están planeando desplegar el 802.16-2004 y luego ascender al 802.16e.
- Otra importante diferencia entre los estándares 802.16-2004 y 802.16e es que el estándar 802.16-2004 está basado, en parte, en una serie de soluciones inalámbricas fijas comprobadas, aunque patentadas; por lo tanto, existen grandes probabilidades de que la tecnología alcance sus metas de rendimiento establecidas.

El estándar 802.16e, por otro lado, trata de incorporar una amplia variedad de tecnologías propuestas, algunas más comprobadas que las otras.

Aplicaciones WiMAX Móvil

La segunda generación de WiMAX, WiMAX móvil permitirá la adopción de nuevos equipos y aplicaciones que tomen ventaja de su alto desempeño, baja latencia, soporte de QoS y acceso móvil, aplicables para diferentes segmentos de mercado como se ilustra en la Figura 30 y en diferentes alcances de cobertura física tal como se muestra en la Figura 31:

Figura 30 Segmentos de aplicación WiMAX.

³⁷ Al estándar 802.16e-2005 también se le conoce como 802.16e o WiMAX móvil.



Empresas

- Servicio para PYMES y Grandes Empresas.
- Internet, Datos y Telefonía IP.
- Competencia: Punto a Punto, Frame Relay, Dedicados.
- Costo CPE se puede amortizar más rápido y transferirse al cliente.



Gobierno

- Servicio Gobiernos municipales, provinciales y nacionales.
- Internet, Datos y Telefonía IP.
- Competencia: Punto a Punto, Frame Relay, Dedicados.
- Costo CPE se puede amortizar más rápido y transferirse al cliente.



Residenciales

- Servicios para Residenciales.
- Internet y Telefonía IP.
- Competencia: ADSL y Cablemodem.
- Costo CPE demora más tiempo en amortizarse y no se puede transferir al cliente. (Sensible al precio).

Fuente: Ertach – Evolución Inalámbrica³⁸

Figura 31 Cobertura WiMAX.



Urbanas

- Alta densidad de estaciones base.
- CPEs de interior.
- Gran competencia con proveedores fijos.
- Movilidad claves para la oferta de servicios.



Suburbanas

- Media densidad estaciones base.
- Mayor porcentaje de CPEs de exterior que de interior.
- Mediana Competencia.
- Movilidad limitada a los principales suburbios.



Rurales

- Baja densidad de estaciones base.
- CPE de exterior.
- Menor competencia. (Incumbente e ISP local).
- Movilidad casi nula.

Fuente: Ertach – Evolución Inalámbrica³⁹

Algunos de los equipos con interfaz WiMAX móvil serán (Figura 32 Dispositivos WiMAX.):

- Equipos de datos: Notebooks, PDAs, Ultra Mobile PCs.
- CE Devices: Consolas de juegos, reproductores MP3.
- Equipos de voz/datos: celulares, smartphones.

³⁸Tomado de: "WiMAX Móvil y el Futuro de las Telecomunicaciones". Fabiola Bonelli. Ertach - Evolución Inalámbrica. Octubre 2007. Cámara de Informática y Comunicaciones de la República de Argentina CICOMRA <http://www.cicomra.org.ar>

³⁹ Ibíd.

- Equipos para aplicaciones verticales: cámaras de CCTV, equipos para automóviles, entre otros.

Figura 32 Dispositivos WiMAX.



Fuente: Ertach – Evolución Inalámbrica⁴⁰

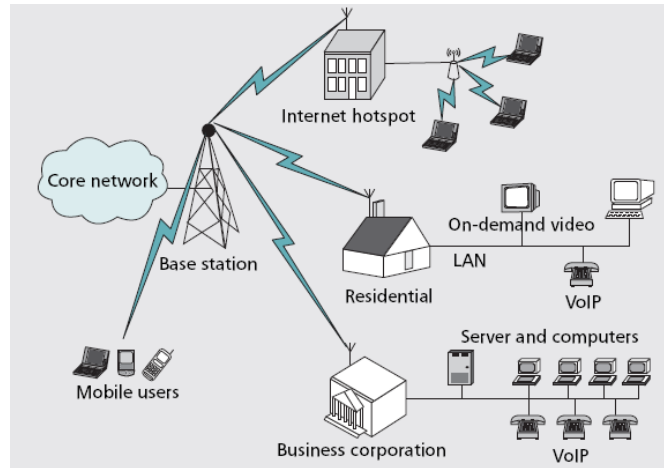
Tal como se ilustra en la

Figura 33 Escenario potencial del 802.16, WiMax móvil explorará en nuevas formas y soluciones que la tecnología actual celular, no puede soportar debido a la limitación de capacidad o por el alto costo del transporte del tráfico. VoIP es una de las aplicaciones más esperadas dentro de esta tecnología, brindando soluciones a los usuarios actuales con planes de datos de conexión, llamadas VoIP podrán ser recibidas o realizadas a un bajo costo, incluso gratuitas. Mientras WiMAX no sea diseñada para la interoperabilidad con tecnologías celulares como CDMA y WCDMA, proveerá soporte de tráfico VoIP gracias a su funcionalidad de QoS y baja latencia.

Otras de las aplicaciones más esperadas serán las de tiempo real como video móvil y audio, además de videoconferencia. También se incluyen las aplicaciones en vigilancia, seguridad pública, conectividad con dispositivos remotos, el rastreo de inventarios y servicios educativos; también pueden ser soportados con tecnología WiMAX móvil, redes de operadores.

⁴⁰ Ibid

Figura 33 Escenario potencial del 802.16.



Fuente: IEEE Communications Magazine⁴¹

Características de WiMAX Móvil

El sistema WiMAX móvil ofrece escalabilidad tanto en el acceso de radio, como en la arquitectura de red, de esta manera puede incluir diversos servicios y facilidad en el despliegue de la red.

Algunas características claves de esta tecnología son:

- **Alta tasa de transferencia de datos:** La utilización de antenas tipo MIMO con esquemas flexibles de sub-canalización, codificación avanzada y modulación, permiten soportar picos DownLink (DL) hasta de 63 Mbps por segundo y picos de UpLink (UL) de 28Mbps por segundo en 19MHz de canal.
- **Calidad de servicio (QoS):** La premisa fundamental de la arquitectura MAC de IEEE 802.16 es el manejo de QoS. Se definen flujos de servicio que pueden trazar un mapa de puntos de código de DifSer o las etiquetas de MPLS que permiten el manejo punto a punto de QoS IP. Adicionalmente subcanalización y mapeo basado en esquemas de señalización que provee mecanismos flexibles para una planeación óptima del espacio, frecuencia y tiempo de búsqueda sobre la interfaz de aire.
- **Escalabilidad:** La tecnología WiMAX móvil está diseñada para soportar la operación en diferentes canalizaciones desde 1.24 a 20 MHz, esto con el fin

⁴¹ "A Survey on Mobile WiMAX". Bo Li, Hong Kong University of Science and Technology, Yang Qin and Chor Ping Low, Nanyang Technological University Choon Lim Gwee, Republic Polytechnic. Diciembre de 2007.

de cumplir los requerimientos mundiales, así como contribuir en el esfuerzo de alcanzar una armonización en la distribución del espectro.

- **Seguridad:** La seguridad se asegura con la utilización de diversos mecanismos de autenticación (EAP), encriptación (AES-CCM-based) y con esquemas de control y protección de mensajes (CMAC y HMAC). Se incluyen credenciales de usuario, tarjetas SIM/USIM, tarjetas inteligentes, certificados digitales y esquemas Username/Password.
- **Mobilidad:** WiMAX móvil soporta la optimización de esquemas hanover con latencias menores a 50 milisegundos para asegurar aplicaciones en tiempo real como VoIP si degradación del servicio.

Arquitectura WiMAX Móvil

Capa Física: PHY

802.16e-2005 utiliza **OFDMA** escalable para llevar datos. Soporta anchos de banda entre 1.25 megaciclos y 20 megaciclos, con hasta 2048 sub-carriers. Apoya la modulación adaptante y codificación, para en condiciones de buena señal, utilizar un esquema de codificación altamente eficiente de 64 QAM, mientras que donde está más pobre la señal, se utiliza un mecanismo más robusto de la codificación de BPSK. En condiciones intermedias, 16 QAM y QPSK pueden también ser empleados. Otras características de PHY incluyen la ayuda para Múltiple en las antenas Múltiples-hacia fuera (MIMO) para proporcionar las buenas características y la petición automática híbrida de la repetición (HARQ) de NLOS para el buen funcionamiento de la corrección de error.

Tres tecnologías clave para WiMAX Móvil.

El estándar WiMAX Móvil, IEEE 802.16e permite que los usuarios utilicen un terminal para recibir servicios de banda ancha inalámbrica en cualquier momento y en cualquier lugar. Tres tecnologías clave - SOFDMA, MIMO y AAS – facilitan los índices de rendimiento mejorado de WiMAX en tres áreas: Velocidad, resultados y capacidad. Los operadores pueden brindar a los usuarios servicios que requieren un mayor ancho de banda y QoS, como por ejemplo streaming media, VoIP, videoconferencia y juegos interactivos.

- **SOFDMA:** OFDMA se encuentra en la capa física de las capas inalámbricas de nueva generación. Basada en OFDM, OFDMA permite que muchos abonados accedan asignándole a cada uno un cierto número de subcarriers. También introduce la tecnología TDMA que asigna diferentes segmentos de tiempo a diferentes grupos de usuario. Todos los subcarriers OFDMA se dividen en diversos grupos de subcarriers en dominios de frecuencia, cada uno de los cuales se denomina subcanal. Un usuario puede ocupar uno o más subcanales. En ámbitos temporales, muchos equipos de usuario en un segmento de tiempo dado pueden transmitir datos simultáneamente a través de diferentes subcanales. Asimismo, el OFDMA presenta un mecanismo de

asignación flexible que hace posible asignar subcarriers dinámicamente dependiendo del tráfico, mientras distintos modos de modulación y potencias de transmisión son aplicados en diferentes subcarriers lo que resulta en niveles más altos de utilización de espectro.

Si bien es similar, el SOFDMA posee más ventajas que el OFDMA. El SOFDMA no modifica el ancho de los subcarriers por otros anchos de banda de canal y determina los números de subcarrier tomando una medición directa y proporcional del ancho de banda de canal. El ancho del carrier constante adquiere una utilización de espectro más alto en los canales anchos, reduce el costo de los canales angostos y mantiene la capacidad de interferencia anti-multi-path por medio de diferentes anchos de banda de canal, lo que es básicamente consistente con la capacidad de soporte de movilidad. El rango del ancho de banda dinámico que provee el SOFDMA es entre 1.25MHz-20MHz. En caso de un ancho de banda de 10MHz, las tasas de downlink y uplink son de alrededor de 63Mbps y 28Mbps respectivamente.

- **MIMO:** MIMO (Multiple-Input, Multiple-Output) presenta múltiples antenas tanto en los extremos de transmisión como de recepción con el fin de obtener altas tasas de datos y una calidad de transmisión mejorada.

En el core de MIMO, existe procesamiento de señal de tiempo y espacio. Específicamente, la distribución de múltiples antenas combina los ámbitos temporales y espaciales para el procesamiento de la señal. MIMO utiliza la tecnología de codificación de tiempo y espacio y términos de código de diseño de ambos ámbitos y transmite streams de bit de información de modo simultáneo de antenas múltiples cuando utiliza la naturaleza ortogonal de la secuencia de transmisión de antenas para obtener ganancias.

- **AAS:** AAS (Adaptive Antenna System) presenta antenas múltiples para transmitir y recibir señales. Utiliza la tecnología de procesamiento de señal digital para rastrear la información espacial de cada abonado móvil y genera haces de onda direccionales de espacio que utilizan completamente las señales de los abonados al mismo tiempo que elimina señales de interferencia. En base a las diferentes posiciones espaciales de los abonados, el AAS puede transmitir y recibir las señales de cada abonado en el mismo canal para mejorar la utilización del espectro sin introducir una interferencia mutua significativa.

La transmisión de señal direccional en la transmisión de antena utiliza el AAS para eliminar la interferencia de transmisión de otros abonados en las mismas celdas y en celdas adyacentes. Sintetizando señales de espacio, el AAS mejora las ganancias y reduce la transmisión de las antenas en potencia de transmisión de estaciones móviles en direcciones especiales. Por lo tanto, la utilización de AAS permite a los operadores contar con una cobertura más

amplia, reducir la utilización de estaciones base y mejorar la utilización de espectro, reduciendo así el OPEX. En el extremo de recepción de la antena, la síntesis de señales de espacio genera ganancias en la dirección esperada en el mapa direccional de la totalidad del banco de antenas. Por otro lado, en otras direcciones las ganancias son inferiores. Esto conduce a una proporción de ruido a señal más alto en términos de señales de recepción y forma un punto cero de espacio en la dirección de interferencia, suprimiendo así cualquier interferencia importante.

Capa MAC

El MAC 802.16e describe un número de *sub-layers de la convergencia* que describan cómo las tecnologías del wireline tales como Ethernet, atmósfera y IP se encapsulan en el interfaz del aire, y cómo se clasifican los datos, etc. También describe cómo *las comunicaciones seguras* son entregadas, usando intercambio dominante seguro durante la autenticación, y el cifrado usando AES o el DES como el mecanismo del cifrado) durante transferencia de datos.

QoS

QoS en 802.16e es apoyado asignando cada conexión entre los SS y el BS (llamados un flujo del servicio en la terminología 802.16) a una clase específica de QoS. En 802.16e-2005, hay 5 clases de QoS como se muestra en la Tabla 5:

Tabla 5 Clases de QoS del IEEE 802.16e-2005.

Servicio	Abbrev	Definición	Usos Típicos
Servicio no solicitado De Grant	UGS	Secuencias de datos en tiempo real que abarcan los paquetes de tamaño fijo de los datos publicados en los intervalos periódicos	Transporte T1/E1
Servicio en tiempo real Extendido del Sondeo	ertPS	Flujos en tiempo real del servicio que generan los paquetes variable-clasificados de los datos en una base periódica	VoIP
Servicio En tiempo real del sondeo	rtPS	Secuencias de datos en tiempo real que abarcan los paquetes variable-clasificados de los datos que se publican en los intervalos periódicos	Vídeo del MPEG
Servicio No en tiempo real del Sondeo	nrtPS	secuencias de datos Retrasar-tolerantes que abarcan los paquetes variable-clasificados de los datos para los cuales se requiere la tarifa de datos mínima	Ftp con rendimiento de procesamiento mínimo garantizado
El Mejor Esfuerzo	BE	Las secuencias de datos para las cuales no se requiere y por lo tanto se pueden manejar ningún porcentaje de disponibilidad mínimo sobre una base espacio-disponible	Transferencia de Datos, Explorador Web, etc.

Fuente: CINTEL

Interoperabilidad de WiMAX

La tecnología WiMAX desde su lanzamiento en el año 2002 y gracias a organismos como el WiMAX Forum, ha buscado ser un complemento a las redes inalámbricas

existentes y no una competencia, por tal motivo la búsqueda continua de la interoperabilidad entre diferentes redes ha permitido aumentar y mejorar las funcionalidades de la red WiMAX, en infraestructura y servicios.

Debido a lo anterior, el objetivo principal del WiMAX Forum es acelerar la introducción de servicios de acceso inalámbrico de banda ancha de una manera eficiente y baja en costos. Con soluciones basadas en estándares interoperables se crearán las economías de escala y fomentarán un precio y un desempeño que jamás se podrían encontrar a través de soluciones propietarias.

Interoperabilidad WiMAX - DSL

Según la arquitectura de referencia de DSL, la red de DSL de punta a punta consiste en varios proveedores. El papel del Proveedor de Servicio de Aplicación, el Proveedor de Servicio de Red y el Proveedor de Servicio de Acceso en la arquitectura de referencia de DSL es similar al papel del ASP, NSP y NAP en la arquitectura de referencia de WiMAX.

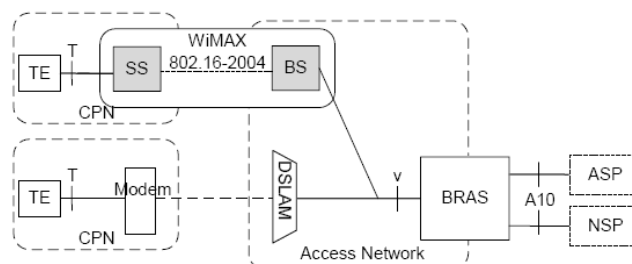
Alineado a la estructura de proveedor de la arquitectura de referencia de DSL, la interoperabilidad entre la red WiMAX móvil y una red de DSL puede establecerse en las diferentes etapas de la red DSL de punta a punta.

Por tal motivo, se presentan dos (2) casos de interoperabilidad entre una red WiMAX móvil y una red DSL:

- WiMAX Móvil y la red del Proveedor de Servicio de Acceso (NAP).

Requiriendo sólo un puente de funcionalidad Ethernet entre el Servidor de acceso remoto de banda ancha (BRAS) y el equipo terminal (TE) para ambos casos, el PPPoETH así como el IPoETH, permite al reemplazo del enlace de DSL por otra tecnología de transmisión sin impacto en la arquitectura de red de capa más alta.

Figura 34 Integración WiMAX con el NAP.



Fuente: WiMAX Forum⁴²

Como muestra la Figura 34, la primera generación de tecnología WiMAX la cual es fácilmente desplegable en una red de DSL sólo sustituyendo el enlace DSL por un enlace inalámbrico WiMAX con funcionalidad Ethernet, permite contar con todas las funcionalidades y beneficios de la red.

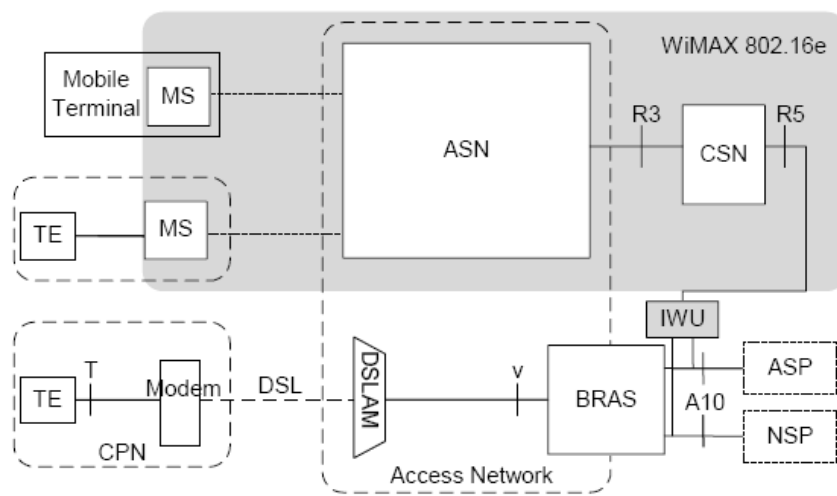
⁴² WiMAX End-to-End Network Systems Architecture. Stage 2: Architecture Tenets, Reference Model and Reference Points. WiMAX Interworking with DSL. August 8, 2006. Release 1.

- WiMAX Móvil, la red del Proveedor de Servicio de Red (NSP) y la red del Proveedor de Servicio de Aplicación (ASP).

La arquitectura de red de WiMAX móvil describe una red entera con una estructura de gestión de movilidad de dos capas y elementos de red adicionales para controlar la movilidad y elevar la seguridad de terminales que se mueven en una red de radio de área grande. En vez de PPP la capa de seguridad de 802.16 mejora la subcapa PKMV2 y DHCP es usado para la configuración de terminal y une el control y la gestión.

Para aplicaciones móviles que requieren IP móvil basada en la gestión de movilidad proporcionada por R3 entre ASN Y CSN la red de WiMAX es asumida para integrarse con los servicios que provee el core DSL vía una interfaz IP entre el CSN y el core DSL. El IWU como muestra la Figura 35, mediante la interfaz R5 de WiMAX a un A10 conforman la interfaz para la integración con los servicios proporcionados por el core DSL. El IWU también puede localizar un relevo de DHCP para tener acceso a un servidor DHCP en la red regional de banda ancha.

Figura 35 Integración WiMAX con el NSP y el ASP a través de la interfaz A10.



Fuente: WiMAX Forum⁴³

Interoperabilidad WiMAX – Wi-Fi⁴⁴

⁴³ WiMAX End-to-End Network Systems Architecture. Stage 2: Architecture Tenets, Reference Model and Reference Points. WiMAX Interworking with DSL. August 8, 2006. Release 1.

⁴⁴ IEEE Communications Magazine. "A Survey on Mobile WiMAX". Bo Li, Hong Kong University of Science and Technology, Yang Qin and Chor Ping Low, Nanyang Technological University Choon Lim Gwee, Republic Polytechnic. Diciembre de 2007.

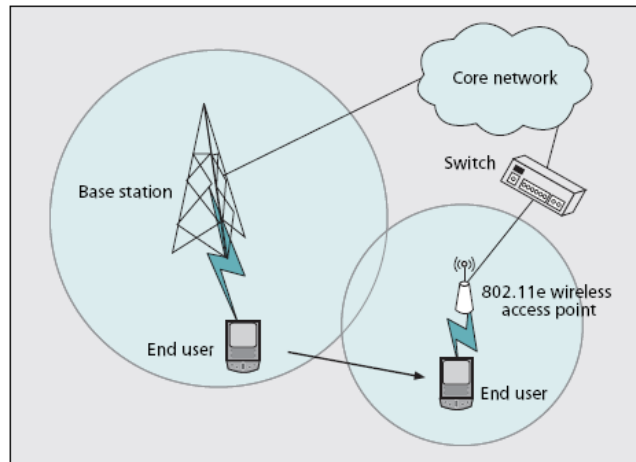
La interoperabilidad entre el estándar IEEE 802.16 y otras tecnologías inalámbricas es un área de mucho interés de investigación. Quizá una pregunta inmediata es como IEEE 802.16 complementará otras tecnologías inalámbricas como IEEE 802.11 para proporcionar una red más comprensiva inalámbrica; esto requiere un buen entendimiento de los mecanismos y diferenciaciones de servicio a través de diferentes plataformas inalámbricas.

El estándar IEEE 802.11 cuenta con un diseño completamente diferente de la capa MAC. En el IEEE 802.11 el protocolo MAC usa el acceso por disputa, en el cual cada estación de suscriptor (SS) tiene que competir el uno contra el otro para tener conexión con un punto de acceso inalámbrico (AP). Debido a esto, un suscriptor distante de un AP puede sufrir la degradación en el desempeño de la red, lo cual hace difícil mantener los requerimientos de servicio para aplicaciones como VoIP y vídeo streaming.

La capa MAC del IEEE 802.16, emplea mecanismos para arbitraje de canal. Esto también tiene la flexibilidad para asignar los diferentes números de intervalos de tiempo a usuarios con diferentes necesidades. De la perspectiva MAC, una de las principales cuestiones es como permitir a la información MAC asociada con un marco de datos para trazar un mapa correctamente a través de diferentes plataformas inalámbricas. Por ejemplo, un posible despliegue del IEEE 802.16 debe combinar IEEE 802.16 e IEEE 802.11 formar una red inalámbrica tanto para ambientes al aire libre y de interior. Esto es porque no es práctico o económicamente factible usar WiMAX para proporcionar una cobertura completa en un ambiente de interiores debido a la atenuación de la señal por la presencia de obstáculos como las edificaciones. Para la transmisión de tráfico multimedia con movilidad, la mejor opción es usar los estándares IEEE 802.16e e IEEE 802.11e.

El IEEE 802.11e es específico para soportar QoS sobre WLAN. Un escenario específico puede ser visto en la Figura 36 se ilustra una red donde un usuario final realiza un handover una red WiMAX móvil a una red WiFi. El Core network representa el backbone total de la red, que proporciona la conectividad para las estaciones base y las estación de suscriptor.

Figura 36 Escenario de integración IEEE 802.16e e IEEE 802.11e.



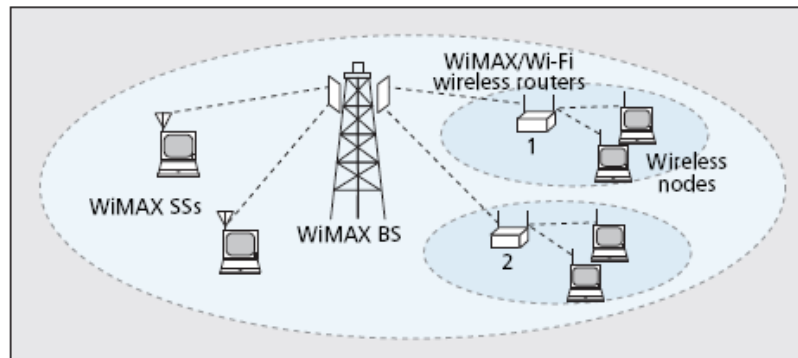
Fuente: IEEE Communications Magazine⁴⁵

Uno de los requerimientos clave es asegurar el handover con un mínimo de interrupción del servicio de las aplicaciones. En tal escenario hay una necesidad de planear la aplicación específica de parámetros de QoS a través de las diferentes plataformas inalámbricas, que en este caso son IEEE 802.16e e IEEE 802.11e como lo ilustra la Figura 37. Uno de los desafíos es determinar los perfiles de los parámetros de QoS para asegurar el cumplimiento de los requerimientos de cada plataforma inalámbrica.

Además, el hecho que mecanismos de QoS en dos plataformas son intrínsecamente diferentes puede traer la dificultad en asegurar el adecuado aprovisionamiento de QoS de extremo a extremo. Por ejemplo, un parámetro específico de QoS en WiMAX puede tener diferente categoría de acceso en WiFi lo ocasiona un detrimento en la operación de una aplicación específica. Por lo tanto, no es apto para asumir el soporte necesario de QoS para ambas tecnologías. Otro problema es el re-enrutamiento de paquetes para la estación base de WiMAX al AP de 802.11e. La red debe ser capaz de reconocer el handover y re-enrutar paquetes de manera apropiada tal que la interrupción del enrutamiento del tráfico sea mínima. En tales casos el desafío debe ser asegurar que el tiempo de re-enrutamiento de los paquetes es suficientemente corto para manejar cualquier latencia de transmisión de QoS causada por el handover. Así, hay una necesidad de diseñar los protocolos de enrutamiento inteligentes que pueden trabajar a través de diferentes plataformas inalámbricas. Es conveniente indicar que muchos de los conceptos tratados son aplicables a la interoperabilidad de WiMAX con otras tecnologías inalámbricas como 3G/4G.

Figura 37 Integración de redes WiMAX y WiFi.

⁴⁵. "A Survey on Mobile WiMAX". Bo Li, Hong Kong University of Science and Technology, Yang Qin and Chor Ping Low, Nanyang Technological University Choon Lim Gwee, Republic Polytechnic. Diciembre de 2007.



Fuente: IEEE Communications Magazine⁴⁶.

Interoperabilidad WiMAX – IMS

El Subsistema Multimedia IP (IMS) es una arquitectura multimedia de estándar abierto, para servicios IP móviles y fijos originalmente definidos por el Tercer Proyecto de Sociedad de Generación (3GPP), y en gran parte adoptado por el Tercer Proyecto de Sociedad de Generación 2 (3GPP2). El IMS está basado en el protocolo de SIP para la señalización de control, y sobre otros protocolos estandarizados IETF (como RTP en caso de VoIP) para usuarios de aplicaciones de tráfico. Esto es un acceso a la plataforma independiente que proporciona servicios de un modo estandarizado. Uno de los objetivos principales del IMS es proporcionar diferentes tipos de servicios de cualquier lugar donde IMS pueda extenderse. Además, la arquitectura es diseñada para permitir la selección dinámica de QoS y modelos de tasación flexibles (Por ejemplo, cobro basado en servicio y basado en tráfico).

Como la integración IMS en el release 1 de WiMAX es limitada, WiMAX es usado como el IP portador transparente que conecta al cliente IMS con la red IMS. Las interfaces para la tasación, el control de políticas y normas relacionadas son planificadas para ser proporcionadas en próximas actualizaciones al estándar de WiMAX.

El IMS puede ser localizado en la red privada de un operador de red (NSP) o en un proveedor de tercero. El IMS puede ser conectado directamente al backbone de la red del proveedor, conectado por medio de un gateway o vía Internet.

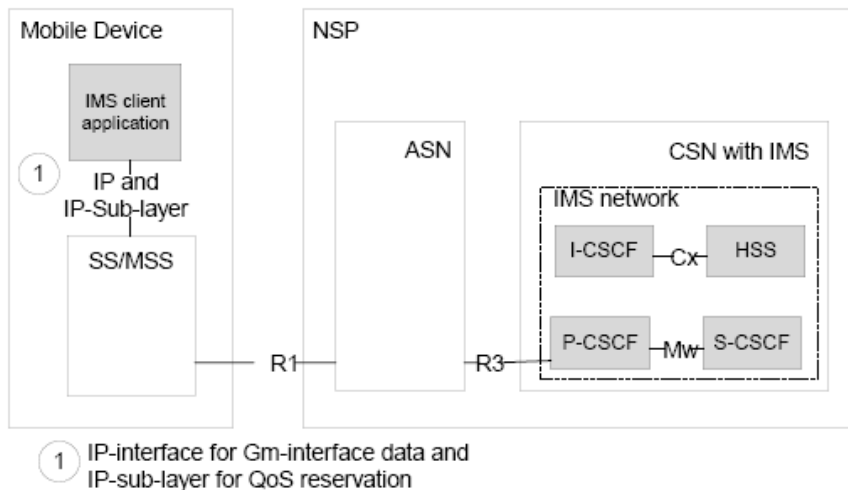
Para excluir cualquier impacto, los firewall y/o NATs deben ser dóciles a exigencias causadas por el IMS y sus aplicaciones. Por lo tanto, debe ser garantizado que todas las direcciones IP y puertos requeridos para servicios IMS no sean bloqueados por ninguna entidad. Para la señalización de IMS, la estación móvil (MS) debe ser capaz de comunicarse con el Proxy de Función de control de sesión de llamada (P-CSCF) vía el puerto SIP configurado. Debe ser considerado que NATs localizado sobre la señalización SIP requiere el soporte de SIP-ALG, donde

⁴⁶ "Integration of WiMAX and WiFi: Optimal Pricing for Bandwidth Sharing". NIYATO, Dusit y HOSSAIN, Ekram, TRILabs and University of Manitoba. Mayo de 2007

los portadores SDP en el sistema de sesión tienen que ser considerados. Además, el tráfico de usuario causado por aplicaciones IMS debe ser considerado.

En la Figura 38 se ilustra los módulos de cada plataforma que interactúan para lograr la interoperabilidad entre las dos tecnologías.

Figura 38 Interoperabilidad entre redes WiMAX e IMS.



Fuente: WiMAX Forum. *WiMAX End-to-End Network Systems Architecture. Stage 2: Architecture Tenets, Reference Model and Reference Points. WiMAX Support for IMS.* Agosto 8 de 2006.

Mercado de WiMAX⁴⁷

En el mundo el acceso a Internet de banda ancha es vital para el crecimiento económico y el desarrollo. Todos los gobiernos deben trabajar para asegurar que sus naciones entiendan los beneficios de contar con una fuerte infraestructura de comunicaciones. Por lo tanto se asume que muchos países adoptarán WiMAX como una tecnología inalámbrica de banda ancha de acceso a Internet que facilita un rápido desarrollo económico. Igualmente, un rápido movimiento a WiMAX, tecnología que está lista para su despliegue, será preferible a la espera de nuevas tecnologías alternativas que no estarán disponibles en tres o más años.

La adopción de tecnología WiMAX, en particular en áreas de desarrollo, están basadas en las dificultades inherentes en el despliegue de otras tecnologías disponibles que compiten actualmente. Las tecnologías alámbricas son lentas y costosas de migrar. La tecnología celular es a menudo demasiado costosa para usar, no entrega la verdadera velocidad de ancho de banda y no escala a la capacidad de una red de medios de comunicación all-IP. Por lo tanto, se asume que a lo largo de los próximos 4 años, WiMAX tendrá un crecimiento agresivo

⁴⁷ WiMAX Forum. "WiMAX Forum: WiMAX Technology Forecast (2007-2012)". Junio de 2008.

particularmente en países como Brasil, China, India y Rusia; y en regiones como las Américas, el Oriente Medio/África, Europa Oriental y Asia.

Inicialmente el pronóstico está basado en niveles de penetración corrientes y niveles de penetración potenciales totales, teniendo en cuenta el desarrollo corriente y desarrollo económico potencial futuro en cada región mundial. También, el crecimiento en comunicaciones fijas y móviles ha seguido históricamente un modelo de curva logística⁴⁸, y por lo tanto este modelo ha sido aplicado en este pronóstico.

La tasa de penetración de WiMAX en este pronóstico varía significativamente por región y está basado en los siguientes supuestos:

- WiMAX tendrá un crecimiento y nivel de penetración alto, donde la penetración de sistemas fijos y móviles sea bajo.
- La fecha de lanzamiento de servicios WiMAX y su potencial mercado depende de la disponibilidad de espectro de frecuencias en cada región.
- WiMAX tendrá índices de crecimiento más altos en regiones donde los principales operadores ya han iniciado el despliegue de la tecnología. Enfáticamente, aquellos operadores con un número grande de suscriptores existentes para migrar a WiMAX, y aquellos que tienen con activos relevantes disponibles (tales como ubicación de la estación base, ventas y canales de distribución).
- La penetración WiMAX aumentará mientras los costos de equipos disminuirán, con la tasa de penetración en cada región dependiendo del amplio mercado de banda ancha así como de los factores macroeconómicos tal como el poder adquisitivo del consumidor.
- La penetración WiMAX aumentará mientras el costo del servicio disminuirán, dependiendo de las condiciones económicas y del mercado de banda ancha de cada región.
- WiMAX tasa de penetración en cada región han sido comparable históricamente con tasas de servicios de banda ancha fija y móvil.

Pronóstico de crecimiento de usuarios

El modelo de suscripción WiMAX es similar al de banda ancha fija en el cual hay múltiple negocio y usuarios conectados por cada CPE (Customer Premises Equipment) suscriptor. Los pronósticos en la Tabla 6 toman esto en consideración y en consecuencia muestran un número más alto de usuarios que suscriptores. La tabla muestra usuarios agrupados por región principal. La Figura 39 muestra gráficamente la información. Es relevante aclarar que los suscriptores albergan múltiples usuarios por conexión.

⁴⁸ La curva logística o curva en forma de S es una función matemática que aparece en diversos modelos de crecimiento de poblaciones, propagación de enfermedades epidémicas y difusión en redes sociales. Dicha función constituye un refinamiento del modelo exponencial para el crecimiento de una magnitud.

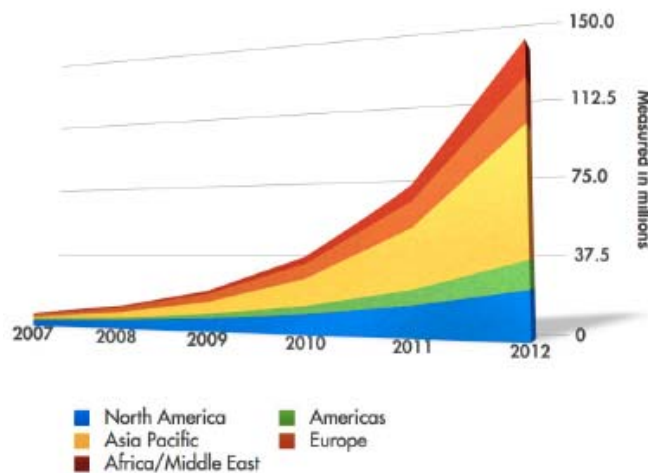
Tabla 6 Usuarios WiMAX por región años 2007-2012

REGION	AÑO					
	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Norte America	2.61	4.03	6.25	9.59	14.79	22.62
America	0.66	1.18	2.14	3.92	7.17	12.97
Asia	1.39	2.84	5.99	12.96	28.17	60.45
Europa	1.35	2.34	4.07	7.08	12.23	21.01
Africa y Medio Oriente	0.30	0.65	1.46	3.32	7.50	16.60
TOTAL	6.32	11.04	19.91	36.88	69.87	133.66

(*)Datos en millones de usuarios.

Fuente: WiMAX Forum⁴⁹

Figura 39 Crecimiento mundial de usuarios de WiMAX entre los años 2007 y 2012.



Fuente: WiMAX Forum⁵⁰

Los dispositivos del suscriptor WiMAX Fijo, por ejemplo CPE externo o interno, brinda servicio a múltiples usuarios. Esto será el negocio más común entre usuarios, pero también demuestra el verdadero mercado del consumidor. Por otra parte, el dispositivo WiMAX móvil está focalizado al usuario individual y suscriptores portátiles con servicio de usuario individual tales como notebooks y tablets.

En regiones donde las líneas de comunicaciones fijas de banda ancha son actualmente insuficientes es necesario y relevante una rápida migración a redes de alta velocidad, habrá una frecuencia mayor de suscripciones de usuario múltiple que en áreas económicamente desarrolladas. Por lo tanto en países y regiones como

⁴⁹ "WiMAX Forum: WiMAX Technology Forecast (2007-2012)". Junio de 2008.

⁵⁰ *Ibid.* p 25.

Brasil, China, India, Rusia, las Américas, el Medio Oriente / África, Europa Oriental y Pacífico Asiático, el CPE WiMAX representará una proporción de suscripciones más alta que en Norteamérica y Europa Occidental durante todo el período previsto.

Para el año 2012 los países del Pacífico Asiático liderarán el mercado el número de usuarios totales, con Norte América en segundo lugar, seguido de Europa, África y Medio Oriente y las Américas. El número de usuarios en India en el 2012 alcanzará a los de Estados Unidos, y se estima que para entonces China tendrá casi tantos usuarios como en toda la región de las Américas (América Latina y el Caribe).

2.4.2.3 Redes de Telefonía Móvil

Redes de Tercera Generación 3G - CDMA2000 & UMTS (Universal Mobile Telecommunication System)⁵¹

Las redes de tercera generación o 3G, son un conjunto de tecnologías de acceso inalámbrico que han sido desarrolladas basadas en nuevos algoritmos de codificación y que han permitido a la telefonía móvil celular avanzar en su línea de evolución, en la actualidad colombiana son varios los operadores de telefonía móvil los que han adoptado este camino evolutivo con el objeto de brindar una mayor cantidad de servicios y aplicaciones sobre las redes ya existentes.

Este tipo de redes permite la prestación de servicios tales como: VOIP, el servicio de voz bajo una red de paquetes, cumpliendo con las recomendaciones de calidad de servicio QoS, de forma similar permite la transmisión de datos a una tasa mínima de 144Kbps (en movimiento) y un máximo de 2Mbps (ambientes fijos) y servicios multimedia, como es el caso de video llamada o streaming.

La UIT ha trabajado con la industria del mundo, para definir y aprobar los requerimientos técnicos, estándares y el uso del espectro para sistemas de 3G bajo el programa IMT-2000 (International Mobile Telecommunications - 2000). Las redes IMT-2000 están pensadas para roaming global, transmisión de datos a alta velocidad a través de técnicas avanzadas de conmutación de circuitos y paquetes, soporte de tecnología IP⁵² lo que posibilita el acceso a Internet, y en general aplicaciones multimedia móviles, la señalización es procesada desde un único centro, y el transporte puede ser en ATM para una primera fase o en IP en la fase siguiente.

IP móvil v6 ya ha sido definido por IETF y está siendo probado por los fabricantes. En relación a los estándares 3G, IPv6 será fundamental para la implementación de las redes. Actualmente en Europa las redes están siendo implementadas con IPv4

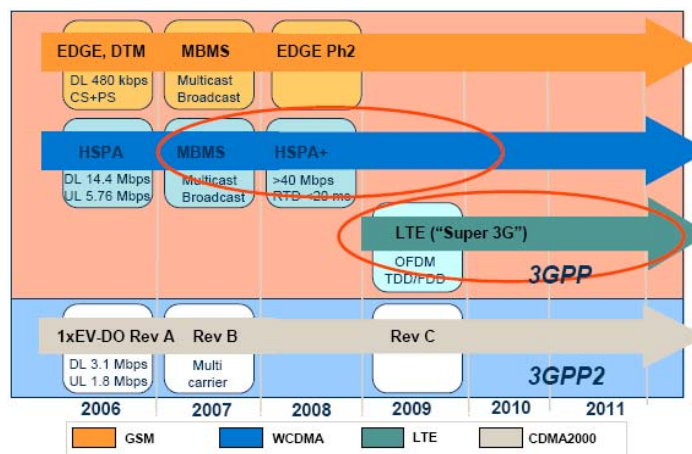
⁵¹ Fuente: CINTEL – Centro de Investigación de las Telecomunicaciones. Retos y Oportunidades para Colombia en Telecomunicaciones – Principales Tendencias en Tecnologías de Telecomunicaciones y Propuesta sobre las Líneas Orientadoras de Investigación, Desarrollo e Innovación en Telecomunicaciones para Colombia. Colciencias, Agosto de 2004

⁵² El uso de IP en las comunicaciones móviles aporta grandes ventajas, entre ellas la optimización en el uso del espectro, ya que por ejemplo un router puede reconocer las tramas en los paquetes, sabiendo que paquetes retransmitir, generando entonces más throughput en el sistema, además el manejo de esquemas de QoS que asignan prioridades a los paquetes permite incrementar la efectividad en la transmisión de información.

tunelando IPv6. Para redes CDMA IPv6 también se está considerado como estándar.

Los distintos entes involucrados en los sistemas 3G han propuesto, básicamente, los sistemas de tercera generación: UMTS y CDMA2000. Estas redes ya han sido implementadas en diferentes partes del mundo, en Latino América esta es una tecnología que se está implementando y cuyos beneficios comienzan a ser expuestos, de igual forma, los desarrollos tecnológicos al respecto siguen presentándose, en la Figura 40 se puede apreciar la prospectiva esperada para las redes de nueva generación.

Figura 40 Prospectiva de las redes 3G



Fuente: Ericsson⁵³

UMTS/WCDMA

Las siglas UMTS son la abreviatura de Universal Mobile Telecommunications System, y constituye la visión europea de sistemas con capacidades 3G como parte de la familia de estándares IMT-2000. UMTS es la evolución lógica de la comunidad GSM a la tercera generación, razón por la cual la ETSI estableció un conjunto de características que debía cumplirse con esta técnica de acceso para la interfaz de radio de UMTS denominado UTRA (UMTS Terrestrial Radio Access), la cual se encuentra basada en la técnica de acceso W-CDMA (Wideband-Code Division Multiple Access) y en TD-CDMA (Time Division-Code Division Multiple Access). En concreto, la ETSI definió:

- Uso de W-CDMA en las bandas pares (FDD Frequency Division Duplex).
- Uso de TD-CDMA en las bandas impares (TDD Time Division Duplex).
- La técnica de radio especificada debe asegurar el desarrollo de terminales de bajo costo y garantizar el modo dual UMTS/GSM y los terminales FDD/TDD.

⁵³ Tomado de: <http://www.ericsson.com/ericsson/investors/events/2006/doc/cmd/cellularevolution.pdf>

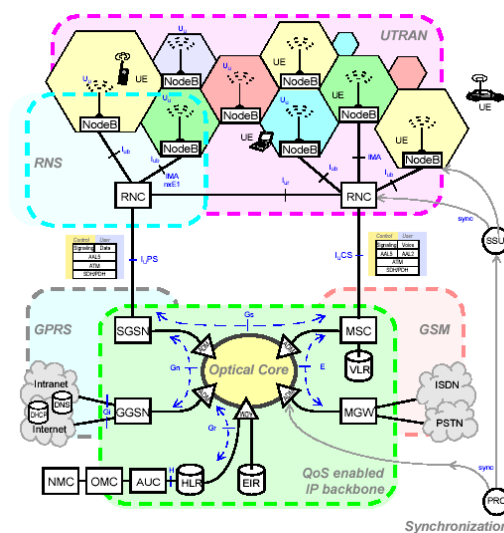
- Los componentes FDD deben permitir a los operadores suministrar servicios de UMTS con un reparto mínimo de ancho de banda de 2 x 5 MHz.

WCDMA maneja canales de 1,25, 5, 10 y 20 Mhz con tasas de transmisión de 1.024, 4.096, 8.132 y 16.384 Mbps respectivamente.

En la Figura 41 se puede observar la arquitectura de la red y la estructura de la UTRAN, aunque esta es la arquitectura de la cuarta versión (R4), en la cual ya se encuentra estructurada la separación entre los planos de señalización y tráfico de datos.

La versión 5 de UMTS introduce el sistema IMS (IP Multimedia System) que se basa en la arquitectura de servicios multimedia de Internet (SIP/SDP y RTP/RTCP de IETF), y permite usar transporte sobre IP incluso en la UTRAN. En la versión 6 se desarrollan las aplicaciones IMS y MBMS (Multimedia Broadcast and Multicast services), de igual forma el internetworking entre redes WLAN.

Figura 41 Esquema red UMTS

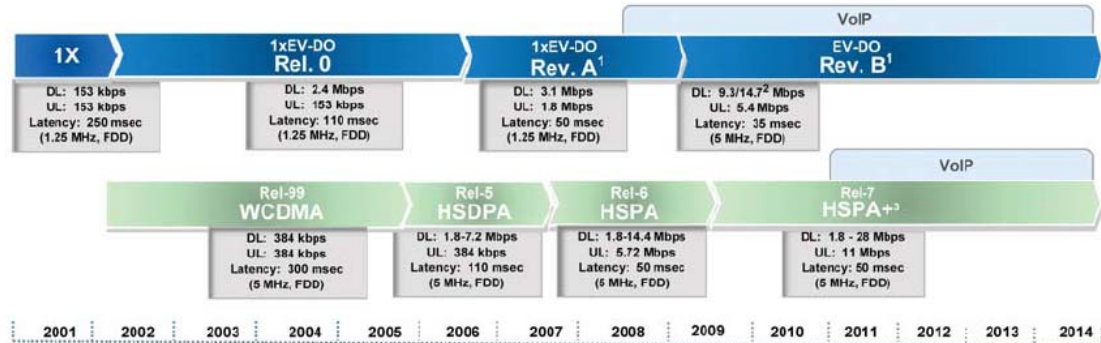


AUC: Authentication Center	MGW: Media Gateway
DHCP: Dynamic Host Configuration Protocol	NMC: Network Management Center
EIR: Equipment Identification Register	OMC: Operations & Maintenance Center
GSN Gateway GPRS Support Node	PRC: Primary Reference Clock
GMSC: Gateway Mobile Switching Center	RNC: Radio Network Controller
HLR: Home Location Register	SGSN Serving GPRS Support Node
Iu UTRAN interface	UE: User Equipment
MSC: Mobile Switching Center	VLR: Visitor Location Register

Fuente: Trend TrendCommunications

La séptima versión plantea la interoperabilidad con otras redes y accesos heterogéneos, como lo es la integración con WIMAX, de igual forma plantea una arquitectura AIPN (All IP Networks), VoIP y tecnología MIMO. En la Figura 42 se presenta la evolución esperada para este tipo de red en los próximos años.

Figura 42 Evolución de CDMA y WCDMA



Note: Timeline depicts initial commercial availability of each technology. Those introduced beyond 2008 are subject to variability.
¹EV-DO Rev. A and Rev. B incorporate OFDM for multicasting ²Data rates based on hardware upgrade ³Upper range DL peak data rates are based on 2x2 MIMO

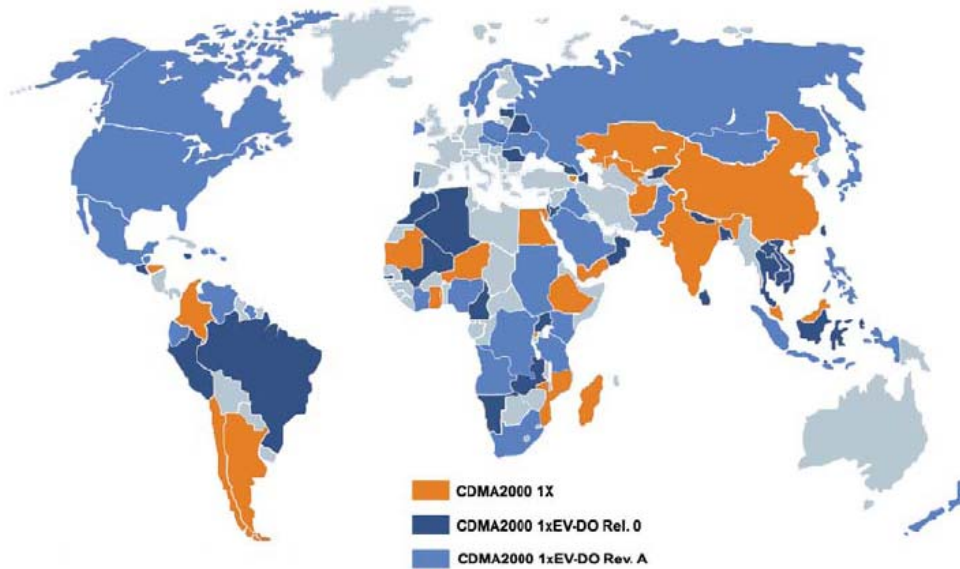
Fuente: cdg.org ⁵⁴

CDMA2000

La tecnología de transmisión de radio CDMA2000 define una interfaz de aire de banda ancha Spread Spectrum que usa tecnología CDMA para satisfacer las necesidades del sistema de comunicaciones inalámbrico de 3G. El sistema CDMA2000 es compatible con el actual sistema IS95 o CDMAOne. Operando en modo TDD y/o FDD, CDMA2000 ofrece velocidades desde 1,2 kbps hasta 2 Mbps, y soporte para canales de 1,25 - 3,75 - 7,5 - 11,25 y 15 MHz con una o múltiples portadoras. En la Figura 43 se puede observar el despliegue de las redes de CDMA2000 a Junio de 2008.

⁵⁴ Tomado de: http://www.cdg.org/technology/3g/resource/CDG_MarketTrendsFacts_English.pdf

Figura 43 Despliegue de las redes CDMA2000



Fuente: *cdg.org*⁵⁵

La evolución de CDMA2000 a CDMA-1xEVDO (1x Evolution Data Optimezed), basó sus cambios en la mejora en la transmisión de datos, permitiendo alcanzar velocidades de 3.1Mbps de bajada (Downlink - DL) y 1.8Mbps en subida (Uplink - UL) en la Rev A, con una portadora de 1,25MHz, para la siguiente versión Rev B2x, se lograron alcanzar velocidades de 6.2Mbps DL y 3.6Mbps UL respectivamente y finalmente Rev B3x se esperan alcanzar velocidades de 9.3Mbps y 5,7Mbps, como se presenta en la Tabla 7.

Tabla 7 Versiones de CDMA-1xEVDO

Red de acceso	Espectro requerido	Down Link	Up Link	Portadora
EV-DO Rev A 1X (Una portadora)	1.25 MHz	3.1 Mbps	1.8 Mbps	FDD
EV-DO Rev B 2X	2.50 MHz	6.2 Mbps	3.6 Mbps	
EV-DO Rev B 3X	5 MHz	9.3 /14.7 Mbps	5.4 Mbps	

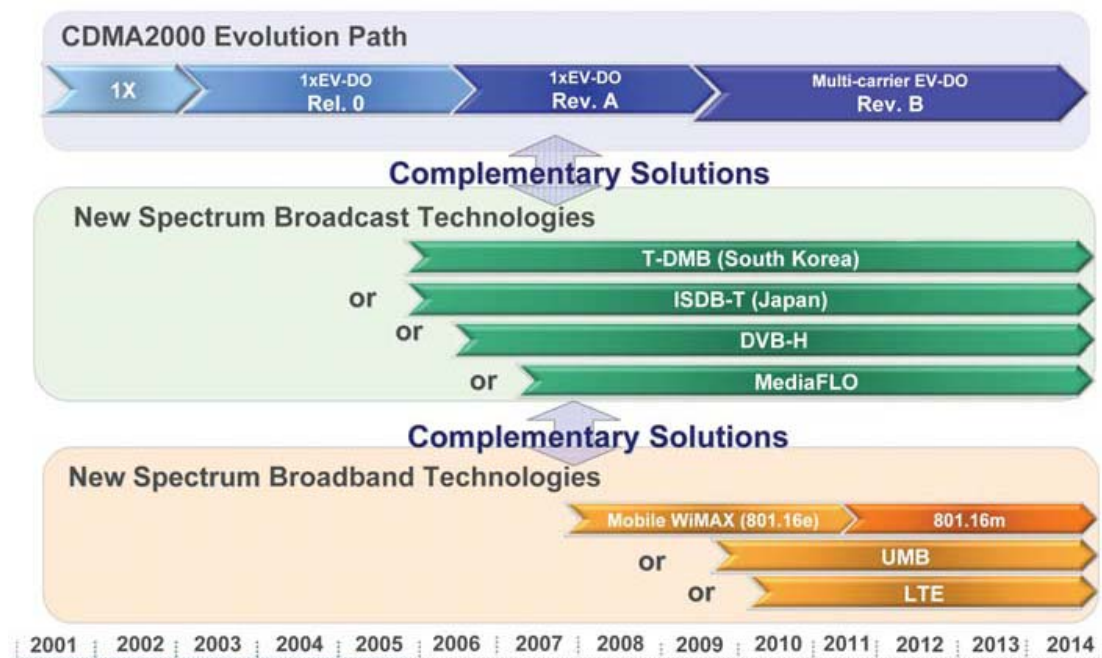
Fuente: CINTEL

⁵⁵ Tomado de: http://www.cdg.org/technology/3g/resource/CDG_MarketTrendsFacts_English.pdf

Es importante resaltar que en la versión Rev B3X a través de la agrupación de múltiples portadores permite el incremento de la velocidad de transmisión de datos, es así como en 5MHz con una modulación de 64-QAM, la velocidad del downlink se incrementa, por ejemplo, 4 portadoras de 1.25 MHz (5MHz) se transmitiría hasta 14.7 Mbps y con 20 MHz de ancho de banda se alcanzaría 73.5 Mbps.

Adicional a los logros alcanzados en los desarrollos de CDMA EV-DO, el tipo de modulación actual CDMA busca ser optimizado por OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex) en las siguientes revisiones. La Figura 44 plantea la prospectiva y trabajos futuros sobre esta tecnología y la integración con las tecnologías basadas en OFDM.

Figura 44 Evolución de las tecnologías basadas en CDMA y OFDM



Fuente: cdg.org⁵⁶

Redes 3.5G – HSDPA (High Speed Downlink Packet Access)

Entre los servicios proporcionados por una red UMTS, los servicios de datos han tenido una enorme tasa de crecimiento a través de los años, convirtiéndose en los generadores de tráfico dominantes en una red de telefonía móvil de tercera generación (3G). Para manejar servicios avanzados de multimedia y datos, el sistema celular debe lograr una gran capacidad de sistema y un control sencillo sobre los requerimientos de diferentes calidades de servicio (QoS), así como estar en la capacidad de manejar varias clases de tráfico con diferente simetría de tráfico

⁵⁶ Tomado de: http://www.cdg.org/technology/3g/resource/CDG_MarketTrendsFacts_English.pdf

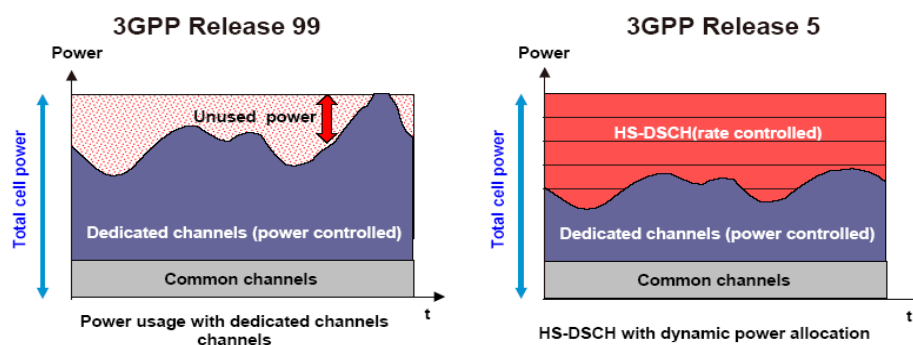
y requerimientos de ancho de banda. Esto se logra con la incorporación de W-CDMA y otras técnicas de radio avanzadas como OFDM.

En la versión 99 de las especificaciones del grupo de trabajo 3GPP (3rd Generation Partnership Project Agreement), son presentadas topologías de portador de radio y canal de transporte con el fin de obtener diferentes clases de servicio en el canal descendente (Downlink). Por medio del canal dedicado (DCH – Dedicated Channel) y usando técnicas como VSF (Variable Spreading Factor) e “inner and outer loop power control”, se puede controlar la velocidad de datos, sin embargo, el mayor problema es que requiere un largo periodo de tiempo para su configuración. Al contrario de este caso, el canal compartido (DSCH – Downlink Shared Channel) permite la multiplexación en tiempo y tiene menos tiempo de re-configuración del canal, lo cual incrementa la eficiencia del sistema y logrando mayores velocidades de datos.

Con HSDPA la principal idea es la de incrementar la velocidad de datos con técnicas similares a las desarrolladas por los estándares de Global System for Mobile Communications (GSM)/Enhanced Data Rates for Global Evolution (EDGE). De esta forma, son incluidas técnicas como Link Adaptation y Fast Physical Layer (L1) Transmission Combining.

Por otro lado, la retransmisión de bloques de radio puede introducir largos retardos considerables en el Radio Network Controller (RNC) el cual se basa en arquitectura Automatic Repeat reQuest (ARQ). Por tal motivo, para obtener velocidades de transmisión de datos altas es necesario agregar mayor capacidad de memoria y trasladar el control de adaptación de enlace (Link Adaptation) cerca de la interfaz de radio. Para llevar a cabo estos dos requerimientos, fue introducido un nuevo canal de transporte para llevar los datos en esquema HSDPA, el cual se llama High-speed Downlink-shared Channel (HS-DSCH). Este canal produce una mejora en la utilización de potencia disponible por celda (Figura 45).

Figura 45 Uso de potencia de celda con y sin HSDPA



Fuente: Ericsson⁵⁷

⁵⁷ Tomado de: www.ericsson.com/learning: "HSDPA the user services, the technology and the competence".

Al contrario del canal DSCH que tiene características como Variable Spreading Factor, Fast Power Control y operaciones normales Multi-Código, este nuevo canal no tiene las dos primeras, pero tiene:

- Operación en Multi-Código extendida
- Adaptive Modulation and Coding (AMC)⁵⁸
- Fast L1 HARQ (Hybrid Automatic Repeat reQuest)

En este contexto como es necesario trasladar el control de adaptación de enlace (Link Adaptation) cerca de la interfaz de radio, con HSDPA el Nodo B se encarga de la estimación de la calidad de canal para cada usuario HSDPA. Los parámetros que son tomados en las medidas de la calidad de canal son:

- Power Control
- ACK/NACK ratio
- Quality of Service (QoS)
- Retroalimentación de cada usuario HSDPA

Con esta información, en el siguiente paso se realizará el proceso de scheduling⁵⁹ (planificación) y Link Adaptation (adaptación de enlace), el cuál a su vez depende del algoritmo implementado y la prioridad de cada usuario.

Después de esto se debe seleccionar la combinación entre modulación y codificación por medio de Link Adaptation y AMC, la cual debe ser la adecuada y depende de las condiciones particulares de cada usuario (e.g. que tan lejos está el usuario del Nodo B y las condiciones del entorno). Finalmente, el usuario puede usar hasta 15 Multi-Códigos en paralelo, y así obtener un rango dinámico (de adaptación de enlace) bastante amplio y una buena eficiencia espectral.

Finalmente, para obtener mayores velocidades de datos, HSDPA introduce un esquema de modulación 16-QAM (16 Quadrature Amplitude Modulation), la cual transporta el doble de bits por símbolo modulado respecto a QPSK (Quadrature Phase Shift Keying). De esta forma y bajo las mejores condiciones de canal y dependiendo de la clase de terminal⁶⁰, se puede obtener una velocidad de datos de 14Mbps en Downlink⁶¹.

En la Figura 46 se puede observar el diagrama de funcionalidad de HSDPA, al igual que se identifican las características de Fast scheduling y los canales en Downlink y Uplink.

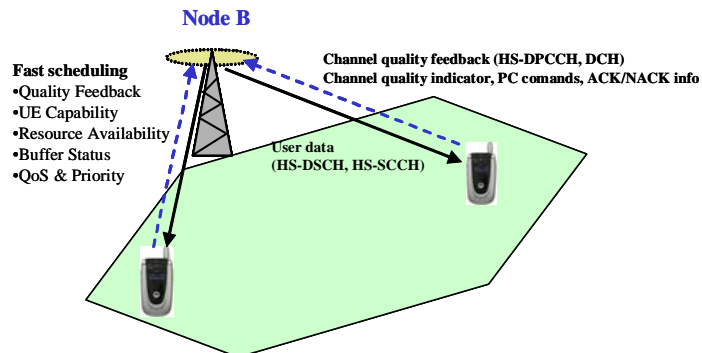
⁵⁸ Adaptación de Modulación y Código.

⁵⁹ Las decisiones de scheduling (planificación) son realizadas por el Nodo B para permitir pequeños tiempos de transmisión de bloques de transporte para así tener velocidades altas.

⁶⁰ La clase de terminal dicta cuál es su capacidad máxima de recepción en Downlink

⁶¹ UMTS_Rel 8_White_paper_10.12.07

Figura 46. Diagrama de funcionalidad de HSDPA. Canales y Fast Scheduling



Fuente: CINTEL

De forma similar se ha trabajado la tecnología HSUPA, la cual busca aumentar la velocidad de subida (Uplink) de los dispositivos en la red, alcanzando velocidades de 1,4Mbps. HSUPA ya fue probada por Mobilkom Australia en diciembre de 2006 y ha sido desplegada por varios operadores durante el 2007, caso de Movistar en España⁶².

HSPA+

Durante el 2006, las investigaciones enfocadas en el mejoramiento de las capacidades para la transmisión de datos, dio grandes pasos al implementar HSDPA a nivel comercial y desarrollar HSUPA. De manera similar el 3GPP propuso en la versión siete (7), la integración del HSDPA y HSUPA en una nueva tecnología HSPA+, permitiendo alcanzar velocidades muy superiores a las logradas anteriormente. Dentro de estas mejoras se encuentran:

- 40Mbps en Downlink
- 10Mbps en Uplink.
- 1.5 – 2 veces más usuarios VoIP
- Mayor capacidad en Broadcast/Multicast
- Obtención de un Round Trip Time de <100 ms a <50 ms
- Obtención de Packet Call Setup Time de ~1000 ms a <500 ms
- Latencia en el plano de control (pasivo a activo) de ~1000 ms a <100 ms

Aunque estas son mejoras tecnológicas aun no disponibles comercialmente y en las cuales se espera fundamentar una gran cantidad de servicios IMS, ya se plantea realizar una modificación a la base tecnológica de las redes 3G, la modulación, buscando una optimización del espectro; para ello se utilizaría OFDM en lugar de CDMA como técnica de acceso al medio.

⁶² Tomado de: <http://www.xatakamovil.com/2007/07/26-movistar-despliega-su-red-hsupa>

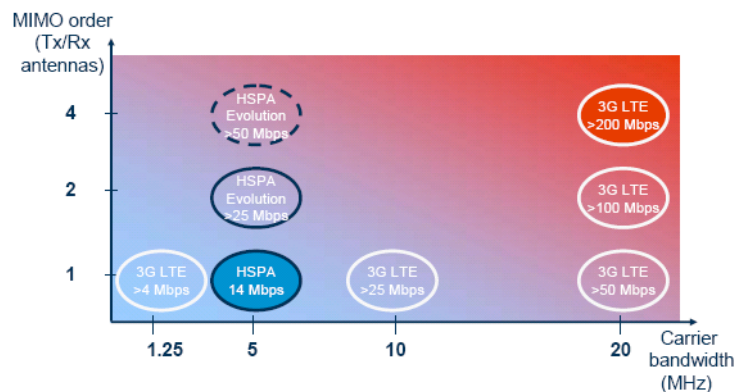
Este cambio tecnológico generará una nueva línea paralela a la ya existente 3G, llamada 3G LTE (Long Term Evolution) o Super 3G. De manera similar estaría SAE (System Architecture Evolution).

- **LTE & SAE**

3GPP LTE también conocido 3.9G o LTE HSPA+ y definido dentro del release 8 de la evolución de las redes UMTS surge como respuesta a la necesidad de mejorar las técnicas de acceso de las redes móviles en el reporte técnico TR.25.913, el cual busca

- Optimizar la arquitectura UTRAN
- Aumentar las tasas de transmisión de acuerdo con el tamaño de la portadora, como se presenta en la Figura 47.
 - 100Mbps en 20Mhz a (5bits/Hz)
 - 50Mbps en 20Mhz a (2.5bits/Hz)
 - 25Mbps en 10Mhz
- Permitir la escalabilidad del ancho de banda desde 1,4Mhz hasta 20Mhz
- Optimizar el desempeño para dispositivos móviles con velocidades de 120Km/h hasta 350Km/h, actualmente se encuentra bajo consideración aumentar hasta 500Km/h.

Figura 47 Relación Portadora – Velocidad en LTE



Fuente: Ericsson⁶³

En septiembre de 2007 fueron terminadas las especificaciones de la capa física de LTE, sin embargo la culminación de las especificaciones y el desarrollo de las pruebas quedaron para el periodo comprendido entre 2008 y 2010, como se ilustra en la Tabla 8.

⁶³ Tomado de: www.ericsson.com/ericsson/investors/events/2006/doc/cmd/cellularevolution.pdf

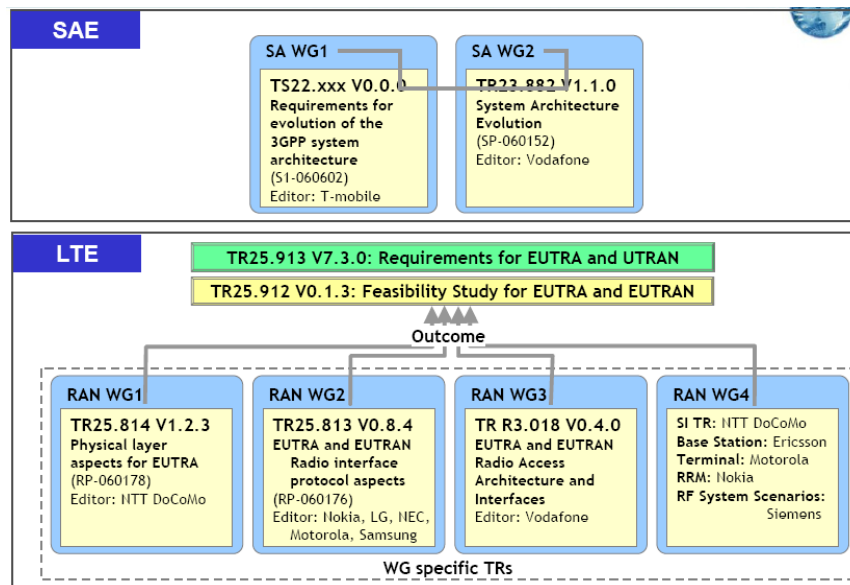
Tabla 8 LTE – Release 8 / 10

	Release	Commercial introduction	Main feature of release
1999 ↓	Rel-99	2003	Basic 3.84 Mcps W-CDMA (FDD & TDD)
	Rel-4	Trials	1.28 Mcps TDD (aka TD-SCDMA)
	Rel-5	2006	HSDPA
	Rel-6	2007	HSUPA (E-DCH)
	Rel-7	2008+	HSPA+ (64QAM OL, MIMO, 16QAM UL). Many smaller features plus LTE & SAE Study items
	Rel-8	HSPA+ 2009 LTE 2010+	LTE work item - OFDMA air interface SAE work item - New IP core network EDGE Evolution, more HSPA+
	2010	Rel-9/10	2011 – 2014

Fuente: Agilent 3GPP Long Term Evolution: System Overview, Product Development⁶⁴

El equipo de trabajo que ha venido desarrollando estos aspectos se encuentra dirigido por el 3GPP y por sus integrantes, a continuación se presenta el grupo que ha trabajado en el desarrollo del este nuevo estándar. Figura 48.

Figura 48 Grupos de trabajo de LTE / SAE



Fuente: 3GPPLTE STANDARDIZATION⁶⁵

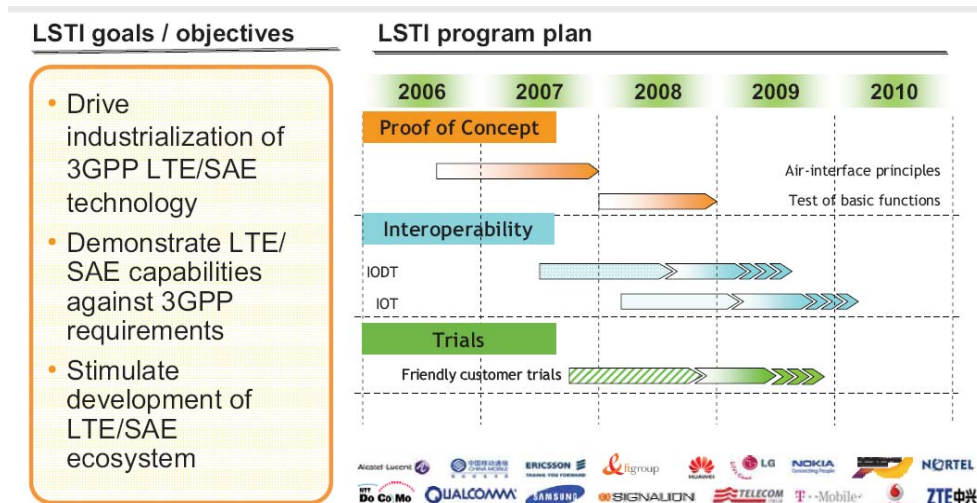
Paralelo al trabajo que realiza el 3GPP y 3GPP2, se creó el grupo NGMN (Next Generation Mobile Network), el cual está integrado por proveedores de tecnología y operadores de telefonía móvil que tomaron la iniciativa de desarrollar pruebas del estándar LTE especificado a finales de 2007 y de todas las tecnologías en general

⁶⁴ Tomado de: <http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5989-8139EN.pdf>

⁶⁵ Tomado de: www.krnet.or.kr/board/include/download.asp?no=33&db=program&fileno=2, Kmet, June 2006 – Samsung

que brindaran una mayor velocidad de acceso, esta iniciativa recibió el nombre de LTSI (LTE/SAE Trial initiative), en la Figura 49 se presenta el roadmap planteado por esta iniciativa por el desarrollo de LTE y sus pruebas.

Figura 49 . Cronograma de trabajo del LTSI



Fuente: NGMN⁶⁶

SAE (System Architecture Evolution) por su parte es la respuesta a ESP (Evolved packet architecture), un modelo de arquitectura que busca optimizar el core de la red a fin que esta pueda soportar las mejoras que provee LTE, de esta forma el corazón de la red esta en capacidad de adaptarse a cualquier tipo de acceso ya existen sea este GSM, CDMA, UMTS/WCDMA o LTE.

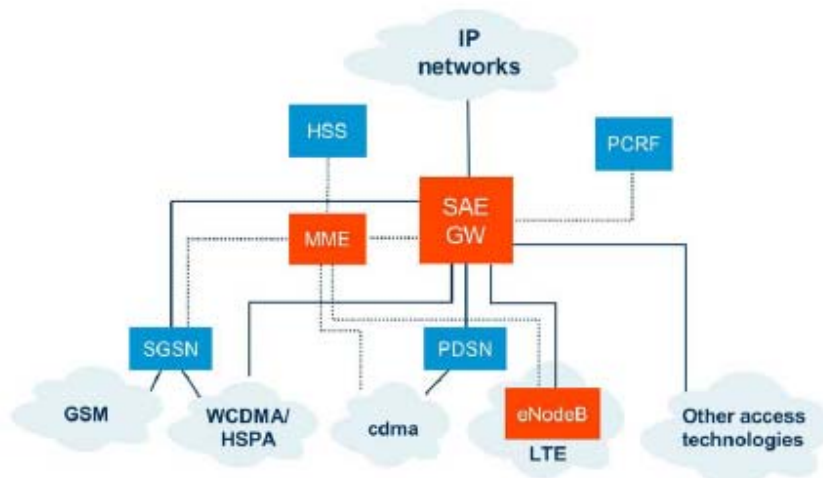
A continuación se presentan las características más relevantes:

- Mejoras en las tecnologías PS (packet switching)
- Tasas mayores de transmisión
- Baja Latencia
- Optimización del sistema de paquetes
- Control distribuido
- Red totalmente IP
- Simplificación de la arquitectura

En la Figura 50 se presenta un esquema de la arquitectura de red basada en SAE y LTE, propuesta por Ericsson, en general SAE permite que las diferentes tecnologías de acceso puedan ser trabajadas bajo un mismo núcleo (core) de red.

Figura 50 Estructura de acceso de red LTE /SAE

⁶⁶ Future network infraestructura for a World connected
http://www.ngmn.org/fileadmin/content/documents/events/3_Matthias_Reiss.pdf



Fuente: Long Term Evolution (LTE) – Ericsson⁶⁷

Redes Cuarta Generación 4G

Las redes de 3G están enfocadas hacia la transferencia de voz y datos con accesos de hasta 284 Kbps y con picos de hasta 2 Mbps⁶⁸, la cual no es suficiente para proporcionar algunos servicios multimedia como videos en tiempo real, que requerirían de velocidades de hasta 10 Mbps. Esta clase de servicios multimedia de alta velocidad son los que se quieren prestar con la tecnología 4G.

La UIT-R estableció en el 2003 en Tokio, la meta de 100 Mbps para el 2010, es decir, 50 veces la velocidad que proporciona la telefonía móvil de tercera generación (3G). Esta iniciativa plantea nuevos retos para los ingenieros, quienes tendrían que resolver los problemas inherentes a este tipo de transmisiones, ya que serán más susceptibles a interferencia por señales reflejadas.

Se espera que los sistemas móviles 4G se desarrollen a través del tiempo como se muestra en la Figura 51, donde los primeros despliegues se hagan a partir del 2010. La UIT-R cree que las nuevas interfaces de radio serán utilizadas en conjunto con las tecnologías de acceso inalámbrico IMT-2000 mejoradas, tasas de transmisión mayores y servicios “transparentes” donde el usuario no necesita darse cuenta de la tecnología que está utilizando en un determinado momento o lugar. Existen dos grupos dentro de la UIT especialmente enfocados en ayudar a definir los sistemas 4G:

- Working Party 8F (WP8F) en la UIT-R
- Special Study Group (SSG) “IMT-2000 and beyond” en la UIT-T

⁶⁷ Tomado de: http://www.ericsson.com/technology/whitepapers/lte_overview.pdf

⁶⁸ Con esquema HSDPA teóricamente es posible llegar hasta 10.8 Mbps, dependiendo del estado del canal y el terminal.

El WP8F está trabajando en aspectos globales del sistema de radio de 4G, como la interfaz de radio, red de acceso de radio (RAN), espectro, características de tráfico, etc. El SSG "IMT-2000 and Beyond" es responsable principalmente por los aspectos de red del sistema como Internet inalámbrico, convergencia fijo-móvil, gestión de movilidad, interconexión e interoperabilidad.

El principal entregable del WP8F es la recomendación ITU-R M.1645, la cual contiene las metas generales que se esperan lograr con el desarrollo de las comunicaciones inalámbricas de cuarta generación. Entre otras, ésta recomendación indica lo siguiente:

- El marco de referencia para los sistemas 4G debería conjugar elementos de los sistemas celulares actuales con los sistemas nomádicos de acceso inalámbrico de área local (WLAN) y personal (WPAN) en una arquitectura de capas que sea transparente al usuario final
- Se debería lograr una tasa de transmisión de datos de 100 Mbps para aplicaciones móviles y de 1 Gbps para aplicaciones nomádicas a finales del 2010.
- Se espera lograr una estandarización global y un espectro común a nivel mundial.

Sin embargo, la UIT aún no tiene completa claridad en la definición de 4G. Actualmente la investigación y discusión en el tema de 4G, además de centrarse en lograr mayores tasas de transmisión (hasta 100 Mbps) también se enfoca al tema de definir una arquitectura abierta. Cuando se dé la introducción de los sistemas 4G, encontrarán una variedad de sistemas predecesores, por lo que un requerimiento fundamental será la interconexión e interoperabilidad entre 4G y los otros sistemas de inalámbricos en términos de *handover* horizontal (entre sistemas inalámbricos del mismo tipo) y vertical (entre sistemas inalámbricos diferentes) y movilidad, seguridad, calidad de servicio y costos)⁶⁹.

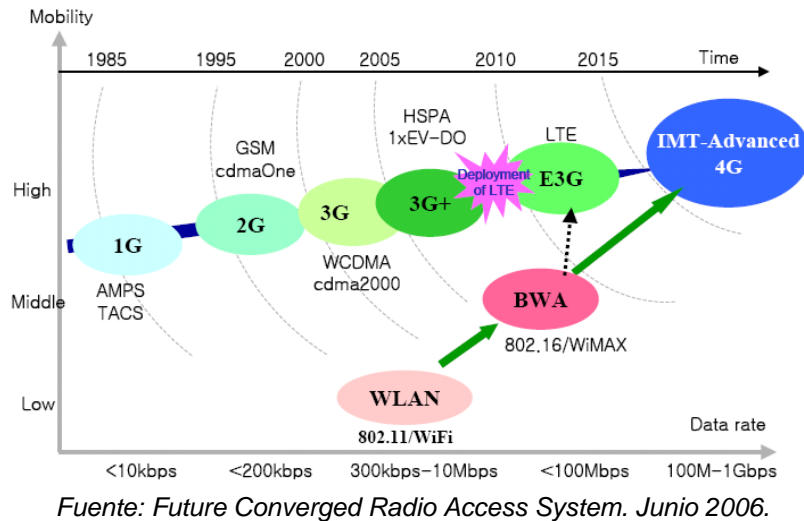
Desde la perspectiva del usuario, los servicios inalámbricos en el futuro deberán permitir un acceso móvil global (movilidad de terminal y personal), alta calidad de servicio (cobrimiento total, sin caídas en las llamadas, bloqueos o sin latencia) y servicios multimedia de acceso simple y fácil, todo a través de un mismo terminal de usuario. Esta visión puede ser implementada si se integran las diferentes tecnologías actuales en evolución y las tecnologías emergentes en una misma plataforma flexible y versátil que permita una multitud de posibilidades a las aplicaciones y servicios actuales y futuros, todo desde un mismo terminal de usuario.

Estos sistemas móviles de cuarta generación, se caracterizarán principalmente por un modelo de comunicación horizontal en el que diferentes tipos de tecnologías de acceso como celulares, teléfonos inalámbricos, WLAN, WPAN y sistemas cableados estarán combinados en una misma plataforma que permitirá complementarse entre sí de manera óptima, según los requerimientos del servicio para el usuario. Este

⁶⁹ 4G Mobile Communications: Toward Open Wireless Architecture. Willie W. Lu, Bernhard H. Walke y Xuemin Shen. IEE Wireles Communications. Abril de 2004.

modelo se ha llamado Arquitectura Inalámbrica Abierta (Open Wireless Architecture OWA)⁷⁰.

Figura 51 La evolución hacia 4G.



Se espera que OWA se convierta en el estándar global de la industria que permita integrar varios tipos de interfaces inalámbricas en un mismo terminal abierto, que podrá trabajar igualmente bien en ambientes celulares o WLAN. Se espera que este único dispositivo tenga un único número de identificación, sin importar la red en la que sea utilizado. De hecho, este modelo OWA está siendo desplegado en algunos mercados avanzados. En China y Europa, los primeros productos OWA incluyen terminales 2 en 1 GSM/CDMA2000 2 en 1, GSM/TD-SCDMA, PHS/WCDMA y terminales 3 en 1 GPRS/WCDMA/WLAN y WCDMA/OFDM/WLAN.

NTT DoCoMo Inc. ha sido pionero en la investigación y el desarrollo de 4G. Esta compañía japonesa ha construido un sistema de red experimental, en su centro de investigación en el Parque de Investigación Yokosuka. NTT DoCoMo reportó a comienzos de año, haber alcanzado velocidades experimentales de 2.5Gbps en la transmisión de datos (DownLink), manteniendo velocidades de hasta 20Km/h. Esto se ha logrado incrementado la cantidad de antenas MIMO (seis Antenas) e implementando una modulación de 64QAM.

Las características de las redes 4G son, entre otras:

- Ubicuidad en las comunicaciones inalámbricas
- Redes basadas en IP
- Integración de múltiples redes

⁷⁰ Lu Willie. Open Wireless Architecture And Enhanced Performance. Guest Editorial. IEEE Communications Magazine. Junio 2003

- Servicios disponibles a personas en constante movimiento (a cualquier hora y en cualquier lugar)
- Acceso en cualquier lugar para escuchar música, ir de compras (m-commerce), bajar archivos (file transfer), ver videos (live streaming)
- Aplicaciones múltiples (hablar y usar servicios al mismo tiempo)

Hasta el momento no hay una definición exacta para la cuarta generación de telefonía móvil. No se espera tener un desarrollo de esta tecnología hasta el 2010. En la Tabla 9 se muestra una comparación entre los posibles parámetros de una red 4G, con los actuales parámetros de 3G.

Tabla 9. Tabla comparativa entre 3G y posibles características de 4G

Características	3G	4G
Requerimientos	Servicios de voz y datos	Servicios de datos y voz sobre IP
Arquitectura	Wide-area cell-based	Wireless LAN y WAN
Banda de frecuencia	1.8 - 2.5 GHz	2 - 8 GHz
Ancho de Banda	5 - 20 MHz	5 - 20 MHz (puede ir incluso hasta 100 MHz o más)
Velocidad de datos	Hasta 2 Mbps (384 kbps pico, 200 kbps WAN). Y 10.8 Mbps (HSDPA)	20 Mbps (puede llegar hasta 4-GHz)
Tecnología de acceso	Wide-band CDMA (W-CDMA), EDGE	Multi-carrier CDMA (MC-CDMA) o OFDM
Forward Error Correction (FEC)	Tasa convolucional 1/2 , 1/3	Códigos concatenados
Switching	Circuit/packet	Packet
Velocidad máxima del terminal	200 km/hr	350 km/hr
Desarrollo	Actualmente	2008-2015

Fuente: http://www.techonline.com/community/tech_topic/voip/22362

Fuente: <http://www.ipwireless.com/products/>

2.5 Stratum de Servicios

Como se ha presentado, el modelo de arquitectura de la NGN realiza una clara segmentación entre el stratum de transporte (stratum es un término usado para describir una o más capas, comparada con la representación de modelo OSI⁷¹) y el stratum de servicios. El stratum de servicios incluye las funciones de control y la capa de aplicación.

2.5.1 Capa de Control

⁷¹ Open System Interconnection

La capa de control es la capa intermedia del modelo de red y se encarga de asegurar el interfuncionamiento entre las otras dos: capa de transporte y capa de aplicaciones. La capa de control debe interpretar la señalización de la capa de transporte y desencadenar los mecanismos oportunos para llevar a cabo la provisión de los servicios.

Otra de sus funciones principales es la de efectuar la traducción entre la señalización de diferentes redes de transporte. Esta tarea es imprescindible, sobre todo a corto plazo, durante el período en el que las futuras redes de paquetes sigan conviviendo con las actuales redes de circuitos.

Se considera imprescindible que la implementación de los mecanismos de control haga uso de soluciones abiertas que aseguren la interoperabilidad entre diferentes propuestas y que permitan aislar la capa de servicio de la de transporte, de manera que los servicios se encuentren a disposición de todos los usuarios con independencia de la red de acceso que utilicen.

Las soluciones que se proponen para el objeto de NGN, se basan en la propuesta de arquitecturas en las que las funcionalidades de control residen en equipos separados encargados del manejo de los flujos de información propiamente dichos, dejando clara la desvinculación entre la capa de control y la de transporte.

Se requiere entonces el desarrollo de nuevos protocolos de control y señalización que permitan el despliegue de toda la gama de nuevos servicios sobre redes IP. En el caso del modo de transporte OC se utiliza señalización convencional y protocolos de enrutamiento como UNI (User-to-Network Interface), PNNI (Private Network-Network Interface) o BICC (Bearer Independent Call Control); cada uno usado dependiendo de la interfaz en cuestión, adicional a estos se encuentran: H.323, SIP y MEGACO/H.248.

El uso de protocolos de enrutamiento como OSPF⁷², IS-IS⁷³, BGP⁷⁴, etc., es posible debido a la presencia uniforme de la capa IP en PRM. Adicionalmente, se pueden usar protocolos como RSVP⁷⁵ si se requieren para propósitos de reservación de recursos o ingeniería de tráfico dentro del framework del plano de control de NGN.

2.5.1.1 Protocolos Del Plano de Control para NGN

Los protocolos del plano de control para NGN dependen del modo transporte empleado (OC o NC) para ser implementados. El plano de control incluye tanto protocolos de enrutamiento como de señalización, además del modo de interacción entre ellos.

Para la NGN en modo NC, los protocolos de enrutamiento IP se especifican para su uso de manera similar a como se hace para Internet actualmente. A continuación se incluyen algunos de estos protocolos:

⁷² Open First Path Short

⁷³ Intermediate System to Intermediate System

⁷⁴ Border Gateway Protocol

⁷⁵ Resource Reservation Protocol

1. Open Shortest Path First (OSPF) routing
2. Intermediate System-to-Intermediate System (IS-IS) routing (ISO)
3. Border Gateway Protocol (BGP) routing
4. MEGACO

Los protocolos de señalización que se pueden usar incluyen:

1. Resource Reservation Protocol (RSVP), o RSVP-TE
2. Session Initiation Protocol (SIP)
3. ITU-T Recommendation H.323
4. Hypertext Transfer Protocol (HTTP)
5. Label Distribution Protocol (LDP) para MPLS

También pueden ser tenidos en cuenta los protocolos de señalización de capa de enlace usados para el transporte de paquetes IP.

Para NGN en modo OC, los protocolos de enrutamiento y de señalización dependen de la tecnología de transporte de la capa de enlace. Por ejemplo, para el caso de ATM, es muy común el uso de enrutamiento y señalización usando PNNI⁷⁶. Aunque no se excluye el uso de protocolos como B-ISUP (Broadband ISDN⁷⁷ User Part) para enrutamiento y señalización, estas especificaciones son poco usadas para el despliegue.

Para la señalización en modo CO en NGN se incluye:

1. UNI⁷⁸/ Q.2931
2. PNNI

Para redes Frame Relay (FR), es posible asociarles protocolos de señalización pero en la práctica, este tipo de redes es aprovisionada estadísticamente por tanto no se hace referencia a protocolos de señalización en redes basadas en FR [5].

2.5.1.2 Protocolos de control de pasarelas (gateways): MEGACO/H.248

Dada la variedad de pasarelas (gateways) existentes, se plantea la necesidad de establecer protocolos estandarizados que permitan la comunicación entre los distintos componentes de las mismas: pasarela física, controlador de pasarela y pasarela de señalización. Estos elementos se explican en la siguiente sección.

MEGACO/H.248 es un protocolo que especifica los procedimientos que se deben seguir para llevar a cabo la comunicación entre la pasarela física y su controlador. Se trata de una evolución de MGCP (Media Gateway Control Protocol), soportado por bastantes equipos. Su especificación ha sido elaborada de manera conjunta por el IETF y la ITU-T, en donde se denomina MEGACO (MEdia GAteway CONTROL

⁷⁶ Signaling Private Network-to-Network Interface

⁷⁷ Integrated Services digital network

⁷⁸ User Network Interface

protocolo) y H.248, respectivamente. Este protocolo ya ha sido incorporado en los equipos comerciales.

MEGACO/H.248 se basa en una arquitectura de control de llamadas en la que la inteligencia se separa de la pasarela física, Media Gateway (MG), y es manejada por un elemento de control externo, el Media Gateway Controller o Softswitch (MGC), que suele ser implementado en software y puede o no estar distribuido entre varias máquinas y que se responsabiliza de toda la operación de red, incluyendo la iniciación de llamadas.

El MGC emplea una serie de comandos, incluidos en los mensajes intercambiados con la pasarela física, para manipular los contextos y las terminaciones. De esta manera se permite realizar la gestión de las conexiones pudiendo crear nuevas terminaciones o modificar los valores de las propiedades de las existentes.

MEGACO/H.248 no sólo es compatible con H.323 y SIP, sino que además presenta funcionalidades complementarias. Mediante el uso del protocolo MEGACO/H.248 se puede realizar el control de la red y la provisión de algunos servicios, aunque bastante básicos. Sin embargo, desde el momento en que se pretenda ofrecer servicios más avanzados, se requiere el empleo de un protocolo con un mayor número de funcionalidades para este propósito, como SIP.

2.5.1.3 Protocolo de Inicio de Sesión (SIP)

El uso de protocolo de inicialización de sesión SIP⁷⁹ (del inglés **Session Initiation Protocol**) ha sido considerado uno de los componentes de alta importancia para NGN debido a que ha sido seleccionado como base del IMS⁸⁰. Aunque inicialmente se desarrolló para redes móviles 3G, el framework IMS se espera poder aplicar a otras tecnologías y es considerado un componente fundamental para la convergencia del plano de control en redes NGN [5].

IMS en redes NGN usa a SIP como protocolo base para la señalización y control de servicios orientados a inicio de sesión como VoIP o IM. Los mensajes SIP (llamados “métodos” en terminología del IETF⁸¹) transportan la información relacionada codificada dentro del Protocolo de Descripción de Sesión (SDP por sus siglas en inglés), de manera analógica a como un mensaje de e-mail convencional transportan archivos adjuntos brindando la posibilidad de soportar un amplio rango de servicios (multimedia)

En consecuencia, la política de los protocolos de control funciona como parte del plano de control en el stratum de transporte del modelo NGN, pero son administrados y controlados simultáneamente por el Stratum de Servicios, permitiendo capacidades de control sobre cualquier servicio proporcionado.

⁷⁹ Session Initiation Protocol

⁸⁰ IP Multimedia Subsystem

⁸¹ Internet Engineering Task Force

SIP se basa en una arquitectura cliente/servidor en la que todos los procesos se plasman en un intercambio de mensajes en forma de peticiones y respuestas entre una entidad cliente y otra que funciona como servidor. Sus componentes principales son:

- User Agent. Hace referencia a la aplicación final que realiza las peticiones, si se trata de un UAC (User Agent Client), o que genera las respuestas, en el caso de un UAS (User Agent Server). Se puede encontrar en los terminales de los usuarios, además de otros equipos de control y pasarelas.
- Servidor proxy. Es el responsable primario del encaminamiento de mensajes entre equipos finales. Se encarga de interpretar y modificar, en caso de ser necesario, la petición que recibe para reenviarla hacia su destino final.
- Servidor de redirección. Acepta peticiones y se encarga, a partir de la dirección del destinatario final de las mismas, de obtener la dirección del siguiente elemento de la cadena y devolverla al cliente para que éste sea capaz de contactar con él por sí mismo.
- Servidor de localización. Suministra información sobre la posible localización del destinatario de la llamada.
- Servidor de registro. Acepta peticiones de registro por parte de los usuarios. Los usuarios se identifican por medio de direcciones similares a las actuales de correo electrónico y disponen de gran movilidad, puesto que la red se encarga de localizarlos cuando se requiere establecer una comunicación con ellos. En este sentido, resulta fácil la integración con el futuro escenario de las comunicaciones móviles⁸².

Una de las mayores potencialidades de SIP es que incluye entornos sencillos para la programación de servicios, incluso por parte del usuario final. Para usuarios avanzados, como puede ser un administrador, se ofrece una interfaz CGI (Common Gateway Interface) que les permite tener acceso a todas las funcionalidades del protocolo, con la enorme flexibilidad que eso conlleva. Por otro lado, y para usuarios menos expertos, que serán la mayoría, se ofrece el lenguaje de programación CPL (Call Processing Language), se trata de una herramienta muy sencilla que pone una serie de funciones básicas a disposición de los usuarios para que definan sus propios servicios, asegurando que ninguna de sus acciones va a poner en peligro la integridad del sistema.

Para los servicios no orientados a inicio de sesión, el framework de NGN incorpora el rango de protocolos comúnmente usados en Internet (por ejemplo HTTP, POP3, etc.) para apoyar servicios como el acceso a Web, correo electrónico, mensajes instantáneos y Peer-to-Peer (P2P), entre otros. Aunque las NGN no excluyen ningún protocolo de control basado en IP, todos los esfuerzos apuntan a que las

⁸² Para mayor información sobre interacción de redes móviles y SIP ver: IP Multimedia Service – Analysis of Mobil IP and SIP Interaction in 3G Network. IEEE Communication Magazin. Enero 2004.

capacidades de los servicios orientados al inicio de sesión, específicamente todo lo relacionado a IMS.

2.5.1.4 Otros protocolos

- **SIGTRAN** (*transporte de señalización*), hace referencia a protocolos que tratan sobre el transporte de la señalización RTPC basada en paquetes por las redes IP, teniendo en cuenta los requisitos de funcionamiento y de calidad de la señalización RTPC. Estos protocolos soportan comunicaciones entre el controlador de la pasarela de medios y la pasarela de señalización.
- **BICC** es el protocolo de control de llamada independiente del portador, ofrece algunas herramientas a los operadores de la RTPC actual, cuya tecnología se basa en la conmutación de circuitos, para transformar sus redes de modo que soporten servicios de transmisión de la voz por paquetes sin que ello cause mayores repercusiones en sus actividades.
- **SIP-T** (SIP-telefonía) antiguamente conocido como SIP-BCP-T (actual uso en interconexión de telefonía SIP) es un mecanismo que utiliza el SIP con el fin de facilitar la interconexión de las redes RTPC con redes SIP. Los mensajes del SIP-T transportan, además, submensajes, por ejemplo, el mensaje de la parte de usuario RTPC completo para información de señalización y los mensajes SDP (protocolo de descripción de sesión) para el transporte de información de conectividad de punto extremo y de características de trayecto de medios. Al igual que el SIP, el SIP-T negocia directamente una conexión de medios entre pasarelas.
- **SDP** (Session Description Protocol) es una sintaxis de descripción de la sesión, que informa de la dirección del servidor, de los contenidos de los streams y codecs necesarios y de los contenidos solicitados durante la sesión por el cliente.

2.5.2 Capa de Aplicación

La capa de aplicación es considerada parte del stratum de servicios en la NGN y puede ser considerada como una entidad independiente que en sí ofrece un servicio específico. Esta entidad incluye toda la infraestructura necesaria para la prestación de los servicios y aplicaciones disponibles en la red. En esta capa se debe implementar toda la gama de nuevos servicios avanzados, que surja como consecuencia del proceso de convergencia a nivel tecnológico. Los servicios serán independientes de la tecnología de acceso y de la ubicación del usuario. El carácter distribuido de la NGN hará posible consolidar gran parte del equipo que suministra servicios en puntos situados centralmente, con lo que se logrará una mayor eficiencia. Además, hace posible distribuir los servicios en los equipos de los usuarios finales, en vez de distribuirlos en la red.

2.5.2.1 Protocolos de Capa de Aplicación

Las aplicaciones pueden ser apoyadas por protocolos de señalización/control para el intercambio de información entre las entidades funcionales, pero son distintos de las funciones de control en el sentido del cómo generar el servicio en cuestión. En esta etapa, el modelo de NGN no limita las aplicaciones que pueden ser soportados, siempre y cuando sean compatibles con las principales características que implicarán las NGN.

Se prevé que las NGN permitirán el apoyo de una amplia gama de servicios o aplicaciones. La capa de aplicación se considera como parte del Stratum de servicios de la NGN, y los protocolos que forman parte de la capa de aplicación incluyen los que generan servicios como VoIP, mensajería instantánea, PTT⁸³, y un sin número de otras que prevén la combinación de datos, voz y señales de video en diversos tipos de servicios multimedia⁸⁴.

2.5.2.2 IP Multimedia Subsystem IMS

El IMS es un estándar definido por el Third Generation Partnership Project (3GPP) en marzo de 2002 en su *release 5* (el cual incluye otras mejoras a la red de acceso como HSDPA). Sin embargo, ha sido adoptado por otros organismos como el 3GPP2 y la ETSI.

IMS se creó como una nueva infraestructura de red que permite la convergencia de datos, voz y multimedia sobre una infraestructura basada toda en IP. IMS fue diseñado específicamente para soportar servicios multimedia de tiempo real en móviles, como servicios de voz, video telefonía, mensajería instantánea, videoconferencias, Push-to-Talk, compartición de aplicaciones y archivos en tiempo real, juegos, etc. IMS soporta múltiples tipos de acceso, como GSM, WCDMA, CDMA200, redes cableadas de banda ancha y WLAN.

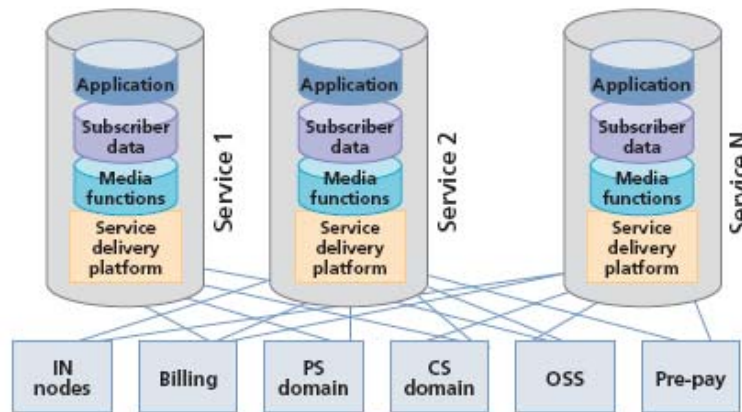
Para los usuarios, los servicios basados en IMS permiten una gran variedad de posibilidades de comunicación, como voz, texto, imágenes y video y cualquiera de sus combinaciones.

Para los operadores, IMS lleva un paso más allá el concepto de arquitectura por capas al definir una arquitectura horizontal, en donde las funciones comunes de activación de servicios y demás pueden ser reutilizadas por otras aplicaciones. Además, esta arquitectura (ver Figura 52) se integra con las redes de datos y voz existentes, a la vez que adopta muchos de los beneficios del dominio de las TI. Así mismo, el IMS es uno de los principales habilitadores para la convergencia fijo - móvil.

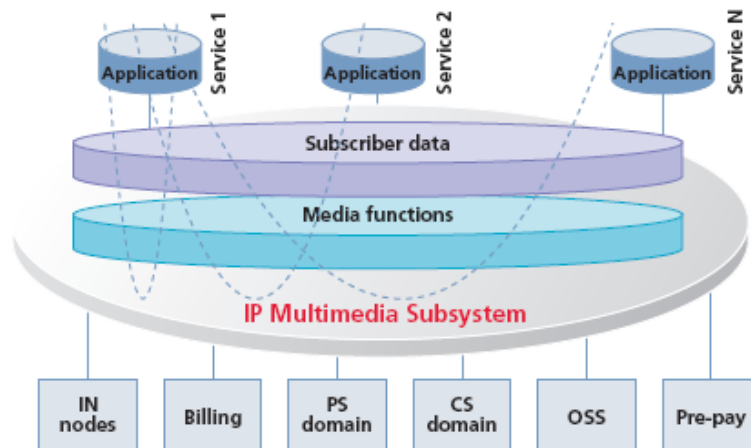
Figura 52 Esquema tradicional sin IMS(a) y con IMS (b)

⁸³ Push To Talk

⁸⁴ CISCO White Paper, "A Protocol Reference Model for Next-Generation Networks"



(a)



(b)

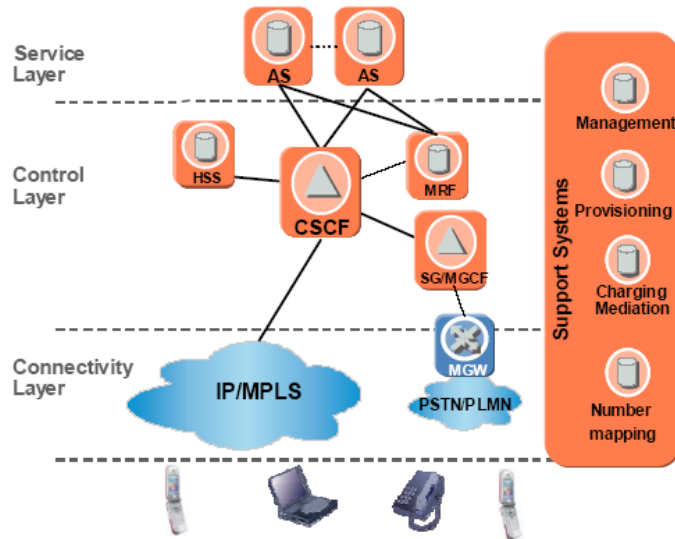
Fuente: Lucent Technologies⁸⁵.

El alcance original del proyecto era desarrollar una especificación para un sistema móvil de tercera generación basado en la red GSM y sus tecnologías de acceso de radio asociadas. Sin embargo, a la fecha, existen dos *releases* del 3GPP, conocidos como *Release 5* y *Release 6* que contienen la definición del IMS y ahora incluye un marco de referencia de una arquitectura de red basada en IP y SIP que cubre tanto redes inalámbricas como cableadas.

⁸⁵ Making IMS Simple. A Guide to the Services Domain. Lucent Technologies. 2005

2.5.2.3 Arquitectura de Capas de IMS

Figura 53 Vista simplificada de la Arquitectura IMS



Fuente: Ericsson.⁸⁶

En la Figura 53 se muestra la arquitectura general de IMS⁸⁷:

- La **Capa de Aplicación** comprende los servidores de aplicaciones y contenido en los que se ejecutan los servicios de valor agregado para los usuarios. Los habilitadores genéricos de servicios definidos en el estándar IMS (como gestión de listas de grupo) se implementan como servicios en un servidor de aplicación SIP.
- En la **Capa de Control** se encuentran los servidores que controlan la red para la gestión de las llamadas, establecimiento, modificación y liberación. El más importante es la función de Control de Sesión de Llamadas (CSCF), que se conoce también como servidor SIP. Esta capa contiene también un conjunto completo de funciones tales como aprovisionamiento, facturación, operación y mantenimiento. El Servidor de Subscriptores Locales (HSS) es una base de datos que almacena el perfil de servicio único por cada usuario. Por su parte, la Función de Control de Media Gateway (MGCF) se encarga de administrar la distribución de sesiones a través de varias Media Gateways (MGW), mientras que la Función de Recursos de Medios (MRF) provee una función similar para los Servidores de Contenido. La interconexión con las redes de otros operadores o de otro tipo se lleva a cabo en las gateways de borde.

⁸⁶ IMS – IP Multimedia Subsystem. The value of using the IMS architecture. Ericsson. Octubre 2004

⁸⁷ Ibid.

La **Capa de Conectividad** se compone de los enrutadores y switches, tanto para el core de la red como el acceso. Incluye además los Media Gateways que se encargan de hacer la conversión entre la red de paquetes IP al formato TDM requerido por las redes públicas de conmutación de circuitos.

2.5.2.4 La nueva arquitectura de la Web

La Web es la interfaz de acceso a la mayoría de las aplicaciones y servicios que tiene Internet, por lo que juega un papel de enorme importancia. La arquitectura de la Web está siendo redefinida en el W3C con el objetivo de permitir el desarrollo de aplicaciones y servicios de mayores capacidades que las permitidas por la Web actual que no soporta bien la cooperación entre aplicaciones a través de la red. La Web actual tampoco soporta bien la catalogación y análisis de la información almacenada en la red.

La nueva Web permite definir interfases abiertas entre repositorios de información, aplicaciones y servicios. Se prevé que la definición de la nueva arquitectura abierta permita crear una ola de nuevos servicios similar a la que la Web creó en su momento. El W3C ha trabajado en la redefinición de la arquitectura de la Web, habiendo definido varios de sus elementos. Los elementos más importantes son:

- *Formato abierto de definición de lenguajes y datos:* creación de un marco genérico y extensible de definición de lenguajes de marcado de datos basado en XML.
- *Publicación de documentos:* sustitución de HTML por una familia de nuevos lenguajes de publicación electrónica definidos en XML, que permitan publicar documentos electrónicos de calidad.
- *Universalización del acceso a la Web:* conjunto de actividades orientadas a universalizar el acceso a la Web, tales como la internacionalización de aplicaciones, aspectos de seguridad y privacidad, la iniciativa de accesibilidad Web, la creación de interfaces independientes del dispositivo o el visor de voz para invidentes.
- *Web Services:* creación de un marco arquitectónico con interfases abiertas para la colaboración entre aplicaciones conectadas a través de Internet.
- *La Web Semántica:* creación de un marco de gestión de la información en Internet que permita el proceso automático por aplicaciones como si toda la información y el conocimiento disponible en Internet fuese una gran base de datos relacional.

Estos elementos se ven reflejados en el desarrollo de las nuevas versiones de Web: Web 2.0 y Web 3.0, la primera es ya una realidad que ha tomado su lugar brindando servicios interactivos y dinámicos a través de Internet, la segunda es una idea que comienza a desarrollarse bajo la tutoría de Tim Berners-lee, quien creó la Web a

comienzos de la década de los 90, se basa en la idea de Web semántica o inteligente, dando orden y clasificación a los contenidos existentes en la Web y convirtiendo estos en información que pueda ser interpretada por los procesadores. De esta forma los dispositivos y terminales podrán tomar decisiones basados en el cruce y análisis de la información.

2.5.2.5 Web 2.0

Anteriormente las aplicaciones Web que existían para acceder a Internet ofrecían a los usuarios, sitios Web que manejaban contenidos estáticos y poco participativos, las cuales dificultaban el desarrollo de actividades interactivas al momento de ser utilizadas; por ejemplo, algunos portales corporativos presentan información específica (misión, visión, productos, etc), pero no ofrecen servicios interactivos a los usuarios. En consecuencia, surge un nuevo concepto denominado WEB 2.0, cuyo origen se le atribuye al irlandés Tim O'Reilly, quien en el año 2001 empezaba a cuestionarse diferentes maneras de presentar las aplicaciones Web en la Internet; ya el año 2005, O'Reilly escribió un paper denominado "What Is Web 2.0"⁸⁸ donde formaliza sus ideas sobre este nuevo concepto⁸⁹.

En la actualidad, la mayoría de las personas que interactúan con sitios Web no han percibido el cambio tecnológico que estas aplicaciones han sufrido, pero si han observado la existencia de sitios que ofrecen cada vez más servicios interactivos y dinámicos; toda la experiencia adquirida por estos usuarios en la última década, ha ocasionado que la demanda de servicios Web se torne más exigente, ya que es ellos a los que no les interesa sitios Web que manejen contenidos estáticos y que no ofrezcan valores diferenciadores.

La WEB 2.0 es "un grupo de cambios económicos, sociales y tecnológicos sobre las actitudes, herramientas y aplicaciones, que están permitiendo que la Web se convierta en plataforma para la comunicación, la colaboración, la socialización y el aprendizaje"⁹⁰; en este sentido, la WEB 2.0 es considerada como una ola de cambios y transiciones que se han dado de las aplicaciones tradicionales hacia las aplicaciones enfocadas al usuario final, ofreciendo niveles de interacción superiores a los ofrecidos unos años atrás. Algunos de los aspectos cotidianos sobre los que la WEB 2.0 interviene, convirtiéndose en un factor fundamental son: *la colaboración*, vista como el trabajo en equipo para desarrollar actividades diarias según las afinidades de cada uno de las personas; *las conversaciones*, entendidas como espacios creados para compartir ideas por un grupo de personas (blogs); *la comunidad*, relacionada con los gustos personales que pueden ser compartidos por personas de otros lugares; *la conexión*, que puede desarrollarse no solamente entre amigos, sino también entre compañeros de trabajo, con los sitios donde se realizan los pagos y compras y éstos sitios a su vez con los proveedores.

⁸⁸ <http://www.oreillynet.com/pub/a/oreilly/tim/news/2005/09/30/what-is-web-20.html?page=1>. Septiembre, 2005.

⁸⁹ O'Reilly. Web.2.0: A Strategy Guide. Abril, 2008.

⁹⁰ Troy Angrignon with Nick Kellet, Gary Ralston, Ean Jackson, & Matthew Fessenden. Web 2.0: Strategies and Lessons for Business. USA, Agosto, 2006.

La WEB 2.0 no es un producto que se pueda adquirir en un establecimiento de informática, ni tampoco debe ser considerada como una plataforma o software especial instalable que ofrezca diversos tipos de servicios, es “mucho más que adicionar una nueva interfaz de usuario en una antigua aplicación”⁹¹.

Los servicios que se ofrecen aplicando el concepto de la WEB 2.0 se caracterizan por contener una interfaz ágil, flexible y amigable; herramientas como Gmail de Google, Facebook y algunas aplicaciones bancarias entre otros, son las que ejemplifican dicho concepto. El desarrollo de estos sitios Web se basa en múltiples tecnologías, las cuales existían antes de surgir este nuevo concepto, pero que actualmente han sido orientadas hacia el cumplimiento de las exigencias de la WEB 2.0.

El core de la WEB 2.0 esta conformado por las siguientes tecnologías:

- Internet, es la plataforma de comunicaciones ya existente, la cual es reutilizada para proveer los nuevos servicios que contemplan la WEB 2.0, los cuales están dirigidos a la diversidad de usuarios que la utilizan.
- AJAX (Asynchronous Javascript And XML), esta tecnología permite la interacción permanente del usuario con la aplicación, ya que se encuentra en constante comunicación con el servidor Web (background). Dicha comunicación se realiza a través múltiples funcionalidades, entre ellas se encuentra una denominada XMLHttpRequest, la cual se encarga de transportar datos asincrónicamente sin que el usuario observe recarga en la página que esta utilizando⁹²; los datos viajan a través de XML, formato que permite el intercambio de datos entre el navegador y el servidor; el diseño del sitio web se realiza a través de las funcionalidades XHTML y CSS⁹³ que contiene los diferentes estilos que definen tipos de letra, tamaño de letra, alineación, colores, entre otros. Como se observa, AJAX no es solamente una tecnología, sino la combinación de muchas tecnologías existentes.
- XML (Extensible Markup Language), es un metalenguaje que define como estándar el intercambio de información entre diferentes plataformas⁹⁴; es considerado como una tecnología cuyo uso fomenta el crecimiento de la WEB 2.0.
- DOM (Document Object Model), es una herramienta que permite modificar el contenido, la estructura y estilo de documentos HTML y XML dinámicamente, ya que no es necesario realizar ajustes directamente sobre dichos documentos, para presentar a los usuarios nuevos cambios que respondan a sus necesidades; el documento puede ser modificado y los resultados de esa transformación se incorporan dinámicamente en la página presentada al usuario,

⁹¹ O'Reilly Radar. Web 2.0. Principles and Best Practices. USA, 2006.

⁹² A.P. Rajshekhar. Building Dynamic Web 2.0 Websites with Ruby on Rails. Inglaterra, Marzo de 2008.

⁹³ CSS – Cascading Style Sheets

⁹⁴ Tomado de: <http://www.w3c.es/divulgacion/guiasbreves/tecnologiasXML>, Enero de 2008.

sin que se evidencie alguna actualización del sitio Web que se está consultando⁹⁵.

Para el desarrollo de las aplicaciones prácticas se han diseñado frameworks y librerías que permiten dinamizar la creación de los sitios Web. En el caso de AJAX, existen varias librerías para utilizarlo, entre ellas las más conocidas se denominan Prototype y Dojo, las cuales permiten a los desarrolladores realizar llamados asincrónicos al servidor de una manera más fácil. A su vez, existe una librería Script.aculo.us ('Scriptaculous'), que permite adicionar efectos de animación a la interfaz de usuario, la cual reutiliza algunos métodos definidos en la librería Prototype⁹⁶. Entre los frameworks más reconocidos que soportan AJAX se encuentra Struts 2, el cual implementa el patrón MVC (*Model View Controller*) para la capa de presentación integrando la librería Dojo⁹⁷; Echo 3, el cual está diseñado para construir aplicaciones Web cuya apariencia es similar a la ofrecida por Swing ó Awt de JAVA⁹⁸; debido a esta característica, la mayoría los usuarios perciben las aplicaciones Web como aplicaciones locales instaladas en la máquina en la que están trabajando; finalmente, existe el framework AJAX RPC (*Remote Procedure Call*), el cual permite realizar llamados remotos a una aplicación J2EE desde una aplicación HTML/JavaScript.

En Colombia, la evolución del concepto de WEB 2.0 está ligada al mismo usuario, ya que el nivel de penetración de Internet en la sociedad es bajo⁹⁹, de ahí que las posibilidades de modificar las aplicaciones Web existentes y replantearlas bajo el concepto de WEB 2.0 sean cada vez más bajas, pues no existe una demanda significativa por parte de los usuarios. En consecuencia, se plantea la necesidad de que los diferentes actores que intervienen en este campo (empresas proveedoras de Internet, empresas de telefonía y el gobierno nacional), desarrollen estrategias que faciliten el acceso de los usuarios al servicio de Internet, incentivando de esta manera a que los creadores de sitios Web implementen nuevas tecnologías y modernicen sus páginas, ofreciendo servicios e información de una manera ágil, dinámica e interactiva, cumpliendo finalmente con las exigencias de los usuarios.

2.5.2.6 Nuevas aplicaciones y servicios en NGN

Entre los drivers que han actuado como motor de la demanda de acceso a Internet banda ancha se pueden citar: demanda creciente de aplicaciones y servicios multimedia, por ejemplo, PVR (Personal Video Recorder), comercio electrónico¹⁰⁰, VoD, videojuegos y software de entretenimiento; demanda creciente de aplicaciones

⁹⁵ Tomado de: <http://www.w3.org/DOM/>, Enero 2008

⁹⁶ A.P. Rajshekhar. Building Dynamic Web 2.0 Websites with Ruby on Rails. Inglaterra, March 2008.

⁹⁷ <http://struts.apache.org/2.x>, Marzo 2008.

⁹⁸ <http://echo.nextapp.com/site/echo3>, Abril 2008.

⁹⁹ Estudio CINTEL, Junio 2008.

¹⁰⁰ El comercio electrónico ha crecido exponencialmente y cada vez se posiciona como elemento importante en la competitividad de las empresas. Se prevé que el comercio electrónico B2B Business-to-Business predominará ostensiblemente sobre el B2C Business-to-Consumer, representando un gran porcentaje del valor económico total de las operaciones de las empresas.

y servicios móviles; y avance en las técnicas de digitalización, en particular las técnicas de compresión de audio y video.

Entre los servicios y aplicaciones móviles del futuro se pueden citar entre otras, aplicaciones en el campo de los negocios, la información, educación, gobierno y el campo médico:

- Aplicaciones basadas en transmisión de video:
 - Videoconferencia de banda ancha, de alta calidad. Transmisiones audiovisuales para formación a distancia o trabajo en equipo.
 - Vídeo-Streaming. El teléfono podrá descargar video clips musicales, películas, etc.
 - Vídeo catálogos de ventas online. Las empresas podrán dar acceso online a sus listas de productos.
- Aplicaciones de telemedicina.
- Servicios de mensajería. Integrados con contenidos multimedia.
- Servicios de voz. Servicios basados en reconocimiento de voz. Los usuarios serán capaces de acceder y controlar los diferentes servicios a través de instrucciones de voz dirigidas a los terminales o a la red.
- Identificación del usuario y seguridad. Las garantías en la seguridad de la transmisión y almacenamiento de la información permitirá una gran cantidad de transacciones comerciales y financieras para aplicaciones tales como el comercio electrónico, banca en casa y demás.
- Servicios de localización: Algunas aplicaciones previstas son:
 - Work Force Managment. Un sistema centralizado coordina grupos de usuarios geográficamente dispersos.
 - Navegación, control de tráfico y disuasión de robos.
 - Páginas amarillas.

Las nuevas aplicaciones y servicios estarán caracterizadas por:

- Las aplicaciones del futuro serán independientes de la red y el terminal, con lo que se conseguirá: movilidad de terminal, movilidad de usuario y movilidad del servicio.
- Las aplicaciones disponibles en los terminales móviles convergerán con aquellas disponibles en los terminales fijos.
- La comercialización de los servicios estará caracterizada por la seguridad y calidad del servicio.

Además del impacto en las aplicaciones y servicios como tal, se espera un cambio en la cadena de valor. Por ejemplo, en el sector de la telefonía fija e Internet, las aplicaciones y los servicios se están situando, en general, en la periferia de la red, fuera del control de los operadores de telecomunicaciones. El operador gestiona los servicios básicos, mientras que los nuevos agentes gestionan los servicios de mayor valor agregado, que usa la red del operador sólo como red de transporte.

2.5.2.7 Contenidos

Son los contenidos lo que permiten que los usuarios se interesen por las aplicaciones y las plataformas tecnológicas, además los contenidos aportan un valor como activo corporativo, por ser el soporte donde se materializa el capital intelectual y el conocimiento de las organizaciones.

Entre las aplicaciones que liderarán los desarrollos de la industria del “contenido móvil” se pueden citar las siguientes:

- Noticias. Notas deportivas, económicas, culturales, etc.
- Información de transporte. Transmisión de contenido relacionado con accidentes, estado de las vías, etc. Puede estar relacionada con transporte público o privado.
- Servicios de información financiera. Distribución de contenido relacionado con estado de las acciones en la bolsa, recomendaciones de analistas, etc.
- Juegos.
- Aplicaciones educativas. Publicaciones interactivas como enciclopedias, diccionarios, etc. o guías interactivas de ciudades, museos, etc.
- Música. Data streaming, download o broadcast.
- Entretenimiento de adultos.
- Directorios.

El éxito de la distribución de contenido está condicionado por los avances de la DRM (Digital Rights Management), que debe proveer mecanismos robustos para la protección de los intereses de los actores.

2.5.2.8 Convergencia de Servicios en NGN

Una característica fundamental de la NGN es la capacidad de suministrar una gran variedad de servicios, incluidos voz, video, audio y datos visuales, mediante servicios basados en sesión e interactivos en los modos unidifusión, multidifusión y difusión. Por tanto, basándose en la separación de los servicios y transporte en la NGN, la convergencia se centra en las técnicas de transmisión y las funciones de red y no en la definición de contenido ¹⁰¹.

Así mismo, es posible utilizar indistintamente tecnologías alambradas e inalámbricas para la entrega de servicios. La NGN puede emplearse de manera coherente en cualquier instante o en cualquier lugar a través de diferentes entornos que emplean equipos de terminales convergentes (es decir, equipos terminales que son capaces de aceptar todos los servicios) en un entorno digital ¹⁰².

A continuación se listan los servicios soportados en las NGN según las recomendaciones de la ITU-T FGNGN WG1:

¹⁰¹ ITU-T Rec. Y.2011, “General Principles and General Reference Model for Next Generation Network.”

¹⁰² Ibid.

Servicios Interactivos

- Servicios de conversación en tiempo real
- Servicios interactivos de multimedia punto a punto, incluyendo voz en tiempo real interactiva, video y otros medios (por ejemplo, video teléfono)
- Servicios de comunicación colaborativos (servicios de conferencia con multimedia con intercambio de archivos y aplicaciones, e-learning, juegos, etc.)
- Push to talk sobre NGN (PoN)
- Mensajería Instantánea (IM) y Servicios de mensajería (SMS, MMS, etc.)
- Mensajería en Grupo
- Servicios existentes sobre PSTN/ISDN (emulación y simulación de PSTN/ISDN)
- Servicios de comunicación de datos (transferencias de archivos, fax, mail electrónico, etc.)
- Aplicaciones en Línea (Ventas en línea, comercio electrónico, etc.)
- Servicios de activación por voz

Servicios No Interactivos

- Servicios de entrada de contenido (Radio y Video streaming, video y música bajo demanda, distribución de canales de TV digital, distribución de información financiera, distribución de imágenes médicas y profesionales, publicidad electrónica)
- Servicios en redes de sensores
- Servicios "Push"¹⁰³
- Servicios de acciones de control remotas tal como aplicaciones de control de hogar, telemetría, alarmas, etc.
- Servicios de Broadcast/Multicast
- Administración de dispositivos sobre la red

Servicios Mixtos

- Servicios de VPN¹⁰⁴
- Servicios de hospedaje y/o tránsito para empresas (IP Centrex, etc.)
- Servicios de información (información de tiquetes para el cine, estado del tráfico, servicios avanzados de "push", etc.)
- Servicios generales de presencia y notificación (visualización de contactos de un usuario, su estado actual y en fin, cualquier servicio relacionado con notificaciones)
- Servicios soportados en OSA¹⁰⁵ para 3GPP¹⁰⁶ Release 6 y 3GPP2¹⁰⁷.

Servicios de Red

¹⁰³ El término "push services" describe el contenido que es enviado directamente desde un servidor directamente a una terminal de suscriptor.

¹⁰⁴ Virtual Private Network

¹⁰⁵ Open Services Architecture

¹⁰⁶ 3rd Generation Partnership Project – 3G/UMTS

¹⁰⁷ 3rd Generation Partnership Project 2 – 3G/CDMA2000

- Servicios Básicos de Transporte (BTS¹⁰⁸): proveen conectividad básica punto a punto, punto-multipunto, multipunto-multipunto. En cuanto a los aspectos básicos del transporte incluye: servicios de mejor esfuerzo, seguridad limitada, etc.
- Servicios de transporte mejorado (ETS¹⁰⁹): proveen los servicios de conectividad básicos pero adicionalmente garantiza servicios diferenciados como QoS, nivel de seguridad avanzada y acceso a VPN.

Servicios Regulados

- Servicios de telecomunicaciones de emergencia (ciudadano a autoridades, entre autoridades, y autoridades a ciudadanos)
- Servicios de Intercepción legal
- Servicios de Emisión de alerta de emergencia.

2.5.2.9 Plataformas de servicio

Como se ha observado, en la NGN existen dos aspectos claves: la separación del control y la prestación del servicio desde la red subyacente y la extensión del control del servicio para telefonía y multimedia.

Las plataformas de servicio requeridas deberían ofrecer interfaces abiertas, utilizando las API (por ejemplo, como las del grupo Parlay) y/o servidores intermediarios, para su utilización por proveedores de servicios a terceros. Los servicios resultantes tendrán que ser accesibles a los usuarios finales cuando se muevan entre redes, y naturalmente, los servicios de extremo a extremo deben estar disponibles entre usuarios conectados a redes diferentes y que utilicen diferentes proveedores de servicios ¹¹⁰.

Desde el punto de vista de la plataforma de servicio, la NGN debe tener en cuenta los aspectos siguientes:

- Definición de arquitecturas de control de servicio que incluyan los aspectos de las API OSA y de los intermediarios
- Mejora de los mecanismos para soportar la prestación de servicios a través de múltiples redes que incluyan la itinerancia de servicios y su interconectividad
- Desarrollo de mecanismos que soporten la presencia del usuario y control por el usuario en los servicios con perfiles personalizados
- Repercusiones de la movilidad de usuario en las plataformas de servicio.

¹⁰⁸ Basic Transport Service

¹⁰⁹ Enhanced Transport Service

¹¹⁰ ITU-T Rec. Y.2001, "General Overview of NGN."

Las plataformas de servicios proporcionan los servicios de usuario, por ejemplo, el servicio de telefonía, servicio web, etc. El estrato de servicio puede estar formado por un conjunto complejo de plataformas de servicios físicamente distribuidos, o, en el caso más sencillo, únicamente las funciones de servicio entre dos ubicaciones de usuarios finales¹¹¹.

En el siguiente capítulo se hará un completo análisis del concepto de las Plataformas de Servicios o SDP, su arquitectura generalizada y sus implementaciones comerciales existentes.

2.5.3 Capa de Gestión

En cuanto a la gestión de red las tendencias se basan en:

- Agentes inteligentes distribuidos
- Sistemas de gestión basados en la Web
- Gestión en servicios de comunicación personales (PCS)
- Gestión en redes de banda ancha

Debido a las propiedades de los agentes inteligentes¹¹² se optimiza el monitoreo del rendimiento de la red, la gestión de ancho de banda y la recuperación de fallas. Así, se establecen controles distribuidos (descentralizados) sin necesidad de tener la visión global de la red y relacionar las diferentes funciones de gestión y maximizando el rendimiento.

Hasta ahora los métodos clásicos de gestión han sido centralizados: Telecommunications Management Network (TMN) y Simple Network Management Protocol (SNMP)¹¹³. La implementación se puede conseguir por medio de dos niveles: una capa de agentes reactivos, situados en los nodos que monitorizan, controlan y gestionan los recursos que emergen del nodo. Cada agente se comunica con su vecino. En un segundo nivel, la red se divide en varios niveles lógicos de acuerdo con las prioridades de los caminos virtuales, cada red virtual (por nivel) se controla por un grupo de agentes. Los agentes interactúan con los agentes de otros niveles (otras prioridades). Aún se está definiendo como la gestión de

¹¹¹ ITU-T Rec. Y.2001, "General Overview of NGN."

¹¹² Los agentes inteligentes son piezas de software que ejecutan una tarea dada utilizando información recolectada del ambiente, para actuar de manera apropiada hasta completar la tarea de manera exitosa. El software debe ser capaz de auto-ajustarse basándose en los cambios que ocurren en su ambiente, las acciones que éstos emprendan deben obtener el máximo rendimiento basado en las evidencias aportadas por la secuencia de percepciones y en todo conocimiento incorporado al agente. Silvestre Jiménez y Esmeralda Ramos. Agentes Inteligentes. Centro de Investigación en Sistemas de Información. Abril de 2002.

¹¹³ El protocolo SNMP consiste en un conjunto de especificaciones compuesto simplemente de comunicaciones por la red que abarca los principios básicos de gestión de la red en un método que no impone mayores dificultades a una red existente. La ventaja principal de usar el SNMP es que su diseño es simple, por lo que es fácil introducirlo en una red grande, ya que no toma mucho tiempo establecerlo ni causa grandes dificultades en la red. El SNMP permite una supervisión y control eficaces de dispositivos heterogéneos en redes de área tanto local como amplia. El protocolo está compuesto de 3 elementos: el MIB, el gestor y el agente. En el IETF RFC 3410 (informativo) se describe el SNMPv3.

redes de banda ancha trabajará con las nuevas tecnologías en un ambiente basado en IP, garantizando la calidad del servicio extremo a extremo para todos los servicios.

2.5.3.1 Protocolos Del Plano de Administración / Gestión

El modelo NGN incluye el concepto de un plano de gestión que comprende todas las capacidades de gestión de red, incluyendo los convencionales FCAPS (Fault, Configuration, Accounting, Performance, Security). Es un hecho ampliamente aceptado que estas funciones son necesarias para soportar acuerdos a nivel de servicio, así como para permitir los aspectos operativos para la confiabilidad de la red y de mantenibilidad. El modelo de arquitectura de NGN permite la utilización de protocolos de gestión redes de telecomunicaciones convencionales como el SNMP (Simple Network Management Protocol) o el CMIP (Common Management Information Protocol) para la transferencia de información relacionada a la gestión de la red entre los elementos y el sistema de soporte de operaciones (OSS). Diversas versiones de SNMP y CMIP ya están en uso generalizado para la gestión de las redes existentes, y es probable que estos protocolos sean comúnmente utilizados para mejorar el uso de NGN mediante la adición de la MIB (Management Information Base) que se especifica para cada interfaz. SNMP ha sido el desarrollador de la IETF para la gestión de la red basada en IP, y CMIP fue desarrollado por el ITU-T como parte del framework TMN (Telecommunications Management Network) [5].

Además, debido a que el modelo NGN abarca una capa común de red (IP), es posible utilizar otros protocolos que fueron desarrollados específicamente para la gestión de las redes IP. Muchos de estos protocolos han sido diseñados para apoyar el modelo de gestión "autenticación, autorización y contabilidad" desarrollado por la IETF y destinado a la redes IP. Típicamente, estos protocolos, como RADIUS¹¹⁴, o su mejora DIAMETER, puede ser directamente adaptados para ser usados en el framework NGN. También los protocolos de gestión de IP como SOAP¹¹⁵ o LDAP¹¹⁶, pueden ser usados para la consulta / respuesta de bases de datos de la misma forma. Es evidente que la mayoría de estos protocolos asumen (administración o bases de datos) arquitectura basadas en servidor, normalmente con OSSs distribuidos a través de la red.

En cualquier caso, NGN PRM asume que la coordinación de las funciones entre los servicios de los planos de control y gestión necesita apoyar cualquier categoría de servicio en NGN. Esta coordinación tiene que ser tomada en cuenta para entender las relaciones entre los distintos protocolos que intervienen en los planos de control y gestión.

¹¹⁴ Remote Authentication Dial-In User Server

¹¹⁵ Simple Object Access Protocol

¹¹⁶ Lightweight Directory Access Protocol

3. OTRAS TECNOLOGÍAS

3.1 RIFID

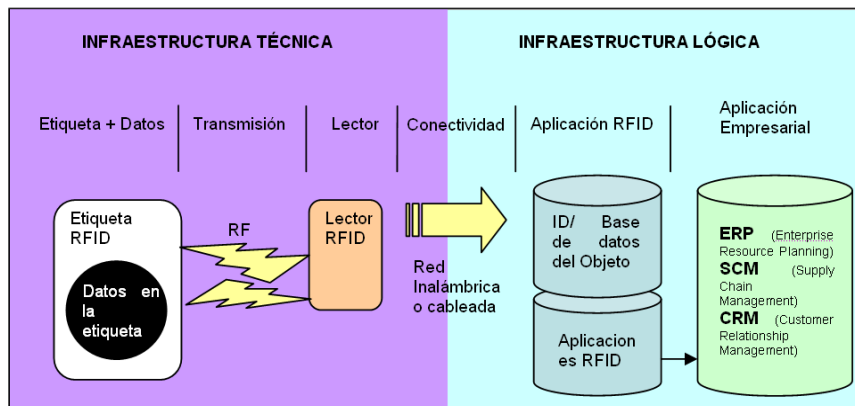
El término RFID (*Radio Frequency Identification*) describe el uso de señales de radio frecuencia para autenticación, localización y seguimiento de objetos, seres vivos o personas. RFID permite que un equipo lector se comunique con una etiqueta la cual almacena información digital.

La tecnología RFID fue desarrollada en la segunda guerra mundial para la identificación de aviones, pero no se hizo viable económicamente, hasta mediados de los años 80 gracias a los avances en microelectrónica, electrónica de radio frecuencia y ciencias de los materiales¹¹⁷.

RFID está dividida en:

- La infraestructura técnica que incluye la etiqueta, el lector y el medio de transmisión (RF)
- La infraestructura lógica que se ocupa del esquema de identificación y representación única del objeto (ID).

Figura 54 Elementos técnicos de un sistema RFID ¹¹⁸



Fuente: MIT Communications Futures Program (CFP)

3.1.1 Infraestructura Técnica

La infraestructura física comprende el *radio transponder* (transmisor - respondedor) y el receptor, también llamados como la etiqueta y el lector. La información relativa a un objeto dado es almacenada en una etiqueta y transmitida a un lector por medio

¹¹⁷ TECH beat, "Technology Prime: Radio Frequency Identification", summer 2005

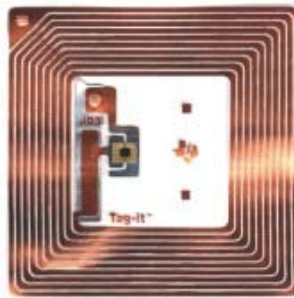
¹¹⁸ Klym Natalie, Fine Charlie, Trossen Dirk, Tavshikar Milind, Value Chain Dynamic Working Group (VCDWG), MIT Communications Futures Program (CFP) Cambridge University Communications Research Networks; "The evolution of RFID Networks: The potential for Disruptive Innovation", March 2006

de una conexión de RF. El lector toma la información y la retransmite a la base de datos que almacena los detalles de los RFID y que usa este informe en el seguimiento del objeto en la cadena de producción.

3.1.1.1 Etiqueta (Tag)

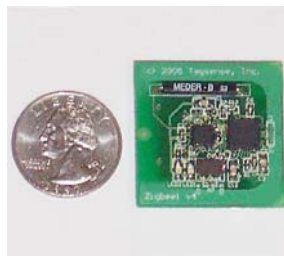
La etiqueta contiene un microchip el cual contiene los datos relativos al objeto, y un *transponder* que los transmite al lector. El microchip puede ser tanto de solo lectura como de lectura/escritura o de una sola escritura. Cuando el microchip usa baterías para transmitir los datos se le conoce como activo. Cuando el chip utiliza la energía transmitida en la señal enviada por el lector para responder, se dice que es una etiqueta pasiva. La etiqueta activa es más grande que la pasiva, más costosa (entre US\$ 20 y US\$ 100), pero tiene un alcance mayor y transmite constantemente. Las etiquetas pasivas pueden ser tan pequeñas como un grano de arroz. Estas etiquetas son activadas por el lector, al enviar una señal a la etiqueta la cual es "reflejada" agregándole los datos almacenados. Las etiquetas pasivas tienen corto alcance, con un precio actualmente inferior a los US\$ 0.5 pero con la adopción masiva de esta tecnología se espera que llegue al orden de los US\$ 0.05.

Figura 55 Etiqueta RFID Pasiva



Fuente: FQingenieria¹¹⁹

Figura 56 Etiqueta RFID activa



Fuente: FQingenieria¹²⁰

¹¹⁹ Tomado de: <http://www.fqingenieria.es/121.html?gclid=COzPkOOC6YsCFR0oSgodTBaJPw>

¹²⁰ Ibid., p 85.

Las etiquetas pueden ser elaboradas en papel o plástico y adheridas a cualquier objeto, incluso pueden ser insertadas subcutáneamente como se hace con el monitoreo de animales y personas.

3.1.1.2 Conexión

La etiqueta puede enviar los datos al lector por medio de diferentes frecuencias, las cuales dependen de las necesidades y los costos asociados a la aplicación. Las etiquetas pasivas pueden usar para la transmisión desde bajas frecuencias hasta microondas, a diferencia de las activas las cuales transmiten únicamente a alta frecuencia y microondas.

La potencia y las frecuencias que puede utilizar la etiqueta están reguladas por las normas de cada país, pero las soluciones que han emergido en las últimas décadas han estado optimizado el uso de un pequeño número de frecuencias para aplicaciones específicas. El alcance de lectura depende de los elementos que estén cerca de la etiqueta, ya que estos pueden reflejar o absorber las señales de lectura o escritura.

Tabla 10 Características de las etiquetas RFID ¹²¹

Rango de Frecuencias	LF (125 – 134 KHz)	HF (13.56 MHz)	UHF (400, 868 – 952 MHz)	Microondas (2.45 GHz, 5.751 – 7 GHz)
Alcance de Lectura (Etiquetas pasivas)	< 0.5 m	3 m	30 m	1 m
Aplicaciones Típicas	Control de acceso, seguimiento de animales, inmovilizadores de vehículos	“Tarjetas Inteligentes”, seguimiento de objetos incluyendo equipaje, libros	Seguimiento de contenedores, manejo de equipaje, pago de peajes	SCM, pago de peajes
Tasa de datos	Lento	→		Veloz
Capacidad de lectura cerca de metales o superficies húmedas	Mejor	→		Peor

Fuente: MIT Communications Futures Program (CFP) Cambridge University.

3.1.1.3 Lector

Los lectores son los elementos de mayor tamaño y precio dentro del sistema RFID. El valor de los lectores para una línea de producción está en el rango de los US\$ 1.000 a US\$ 3.000, pero se ha masificado el uso de PDA con adaptadores para leer las etiquetas RFID. También se han desarrollado celulares con capacidad para leer las etiquetas, especialmente en Japón, lo que ha habilitado el desarrollo de nuevos servicios incluyendo marketing, seguimiento de niños, seguimiento de pacientes, etc.

¹²¹ Klym Natalie, Fine Charlie, Trossen Dirk, Tavshikar Milind, Value Chain Dynamic Working Group (VCDWG), MIT Communications Futures Program (CFP) Cambridge University Communications Research Networks; “The evolution of RFID Networks: The potential for Disruptive Innovation”, March 2006

Figura 57 Lector de pasillo



Fuente: FQingeniería¹²²

Figura 58 Lector manual usando PDA



Fuente: AlvinSystems¹²³

3.1.2 Infraestructura Lógica

Comúnmente en un sistema RFID, la etiqueta es usada como referencia a la información más detallada del objeto. El identificador único (o código) permite el acceso a la base de datos que almacena la información adicional, similar a como lo hace la placa de un vehículo. Almacenar toda la información requerida del objeto en la etiqueta sería costoso y limitaría las aplicaciones, a diferencia del anterior modelo que permite la aplicación en esquemas de producción masiva.

Existen diferentes esquemas de codificación en las aplicaciones RFID.

- Códigos propietarios a los desarrolladores de la tecnología,
- Esquemas abiertos.
- Códigos especialmente diseñados para un nuevo servicio
- Los que usan esquemas de codificación desarrollados para otras aplicaciones como los ISBN

Para cada uno de los códigos existe una base de datos que contiene los registros que concuerdan con el ID. Pero en algunos casos la etiqueta almacena la información suficiente del objeto. Por ejemplo el Surgichip (que se usa para el

¹²² Tomado de: <http://www.fqingenieria.es/121.html?gclid=COzPkOOC6YsCFR0oSgodTBaJPw>

¹²³ Tomado de: <http://www.alvinSystems.com/products/sensorrfid/>

seguimiento de pacientes) almacena información crítica del paciente y de los procedimientos como lo es fecha, nombre, lugar de la cirugía, nombre del procedimiento, etc. Esto gracias a que esta etiqueta permite almacenar hasta 256 caracteres. Si es necesario almacenar información adicional se utiliza una segunda etiqueta. Estas etiquetas son leídas por un PDA que confirma los procedimientos.

La infraestructura lógica esta también ligada a las aplicaciones que usan RFID. Diferentes proveedores como *Patient Care Technology Systems* o *Alvin Systems* entre otros, están trabajando en el desarrollo de software que permita aprovechar esta tecnología. Por ejemplo la aplicación OR Patient de *Patient Care*, permite el seguimiento de los pacientes por los diferentes departamentos de OR (*Operation Rooms*)¹²⁴, mientras que *Alvin Systems* provee una plataforma de software que maneja la infraestructura RFID, lectores, sensores y otros elementos utilizados en una empresa¹²⁵.

3.1.3 Estandarización

Diferentes estándares se están desarrollando alrededor de esta tecnología, los cuales buscan definir cómo los datos deben ser usados en un servicio particular. Entre otros, la SCDA (*Supply Chain Development Association*), la SCN (*Supply Chain Network*) y el centro para estudios coordinados del MIT han desarrollado estándares orientados a aplicaciones en las cadenas de producción, buscando de esta manera liberar los servicios RFID de las tecnologías propietarias y mejorar la interoperabilidad entre tecnologías y aplicaciones.

Entre las organizaciones que trabajan en la estandarización de la tecnología RFID está la EPCglobal (*Electronic Product Code global*), la cual busca el desarrollo de un esquema abierto y universal en los códigos electrónicos de productos. El número EPC (*Electronic Product Code*) es similar al usado por la UPC (*Universal Product Code*) en los códigos de barras. Bajo este esquema los EPC contenidos dentro de las etiquetas, son resueltos (cuando coincide con un campo de la base de datos) a través de un sistema centralizado de resolución de ID, llamado ONS (*Object Naming Service*) el cual traduce el EPC a una dirección IP en el EPC-IS (sistema de información de EPC), el cual almacena la descripción de los productos.

Un esquema similar usa un URL (*Uniform Resource Locator*) como el identificador único contenido en la etiqueta. Este URL es usado por el DNS (*Domain Name System*) para definir una IP. Esta opción se ha complementado con el uso del Xpath el cual permite referir elementos particulares dentro de un documento XML solucionando la pérdida de dirección causado por cambios de ubicación en el destino del URL. El uso de direcciones IP como identificador único también ha sido planteado, pero presenta los mismos problemas que el uso del URL. Desafortunadamente aun no se ha logrado adoptar un esquema único de codificación.

¹²⁴ Patient Care Technology Systems, http://www.pcts.com/Home/or_solutions.asp

¹²⁵ Alvin Systems, <http://www.alvinsystems.com/products/AlvinEdge/>

Paralelo al EPCglobal está el Ubiquitous ID Center de Japón, el cual usa el uCode y el Ubiquitous ID. Tanto el sistema de EPCglobal como el de Ubiquitous comparten principios básicos, como es el uso de un identificador único y un servidor. Sin embargo el uCode es un sistema de meta código enfocado para soportar la variedad de servicios emergentes.

La ISO (*International Organization for Standards*) también ha participado en la definición de estándares en especial en protocolos de interferencia en el aire usados por algunas aplicaciones RFID. Estos estándares de comunicaciones, han permitido la interoperabilidad entre equipos de diferentes fabricantes, impulsando la competencia y la reducción de costos. EPCglobal no ha decidido usar los estándares ISO debido a que los considera más complejos y costosos de implementar. Entre las normas desarrolladas por la ISO está la norma ISO-IEC CD 18000-X y la ISO 173XX cada uno de los apartes de la norma toca aspectos específicos a diferentes tecnologías RFID. Por ejemplo la ISO-IEC CD 18000-3 provee información técnica relativa a RFID de 13,56 MHz como lo es la capa física (escritura lectura) y el manejo del sistema de colisión¹²⁶.

Las políticas definidas por EPCglobal son apoyadas por el UUC (*Uniform Code Council*) y EAN Internacional además de diversas compañías como Wal-Mart, Gillette o Johnson & Johnson las cuales usan tecnologías con estándares definidos por EPCglobal. Pero otros sectores como el hospitalario están reacios a suscribir las normas de EPCglobal aludiendo que las tecnologías emergentes solo son dirigidas por intereses comerciales. Algunos otros sectores han preferido definir sus propios sistemas, generando las especificaciones necesarias para que la industria se adapte a sus requerimientos.

Independiente a estas iniciativas cada gobierno maneja políticas particulares asociadas a la banda de frecuencia en la que esté trabajando RFID. La Tabla 11 se presenta las consideraciones de asignación de bandas de UHF para RFID en diferentes países o regiones.

Tabla 11. RFID en las bandas UHF

Banda de frecuencia	Detalles
433.5 - 434.5 MHz	Banda ISM (<i>Industrial, Scientific and Medical</i>) implementada en Europa, y en consideración en Japón y Corea. En Abril de 2004 la FCC reglamentó un incremento en el nivel máximo de señal permitido para dispositivos RFID.
865 - 868 MHz	Las regulaciones ETSI 302-208 proveen un rango de frecuencia adicional, incrementando el banco de frecuencia de 250 kHz a 3 MHz. Además, permitió que los lectores emitan una potencia hasta de 2 vatios ERP (<i>Effective Radiated Power</i>) entre 865.6 MHz y 867.6 MHz
869.4 - 869.65 MHz	Es una porción de espectro no licenciado en Europa de 250 KHz que puede ser utilizado para RFID con una potencia máxima de 0,5 vatios ERP.

¹²⁶ISO/IEC18000-3:2004 <http://www.iso.org/iso/en/CatalogueDetailPage.CatalogueDetail?CSNUMBER=34114>

Banda de frecuencia	Detalles
902 - 928 MHz	Es una banda no licenciada disponible para sistemas de transmisión en espectro ensanchado para Estados Unidos. Puede ser compartida con otras aplicaciones diferentes a RFID, como sistemas LAN inalámbricos
918 - 926 MHz	Espectro asignado para RFID en Australia, hasta una potencia de 1 vatio ERP.
950 - 956 MHz	Japón asignó esta banda para aplicaciones RFID, sin embargo la regulación aún no está lista.
2,4 GHz (Microndas)	Banda ISM (<i>Industrial, Scientific and Medical</i>) no licenciada en la mayoría de regiones del mundo para sistemas de transmisión en espectro ensanchado. Es usada por sistemas Bluetooth y WLAN (ej. IEEE 802.11b/g)

Fuente: ITU¹²⁷

3.1.4 Usos y Aplicaciones

Las aplicaciones comerciales de RFID están actualmente enfocadas en el inventario y en la cadena de suministro. Tanto Wal-Mart como el DoD (*Department of Defense*) han incorporado los RFID en sus procesos, lo que les ha permitido una reducción de costos (5% en costos de inventario y 7.5% en costos de logística)¹²⁸. La incorporación de RFID ha demostrado sus ventajas en el manejo de inventarios: incrementando las entregas, recepción y almacenaje eficiente, disminución de costos de manejo y pérdidas de inventario. Los lectores ubicados en las salidas de los almacenes permiten tanto la actualización en tiempo real tanto de la mercancía entrante y saliente como disminuye las pérdidas por robo. Esta última habilidad ha sido explorada por el sistema de justicia americano para ser usada en correccionales y en esquemas de prisión domiciliaria. Pruebas realizadas en correccionales en California, Michigan e Illinois han mostrado las ventajas de la tecnología RFID para la ubicación y control de los reos¹²⁹.

Iniciativas del DHS (*Department of Homeland Security*) buscan complementar los procesos actuales de revisión dactilar y fotográfico con el uso de un RFID, que unirá al usuario con un registro que almacenará la huella dactilar y la fotografía.

El sector salud también está interesado en RFID como herramienta complementaria al seguimiento del estado de los pacientes. Por ejemplo, el hospital de Lehigh Valley en Pennsylvania está mejorando los canales de comunicación entre el personal del hospital, los pacientes y la familia de éstos, gracias al uso de manillas RFID que permiten el monitoreo tanto de la localización física de los pacientes como el estado de su cuidado, desde el preoperatorio, a la cirugía y el postoperatorio¹³⁰. Estas herramientas permiten a las enfermeras por ejemplo programar procedimientos,

¹²⁷ "Ubiquitous Network Societies: The Case of Radio Frequency Identification". ITU WORKSHOP ON UBIQUITOUS NETWORK SOCIETIES. ITU NEW INITIATIVES PROGRAMME — 6-8 APRIL 2005.

¹²⁸ Klym Natalie, Fine Charlie, Trossen Dirk, Tavshikar Milind, Value Chain Dynamic Working Group (VCDWG), MIT Communications Futures Program (CFP) Cambridge University Communications Research Networks; "The evolution of RFID Networks: The potential for Disruptive Innovation", March 2006

¹²⁹ TECH beat, "Technology Prime: Radio Frequency Identification", summer 2005

¹³⁰ Beth Bachelder, "Lehigh Valley hospital to use RFID to Manage OR Patients", RFID Journal, April 17, 2007

mirar el estado de los pacientes y determinar si un paciente ya está listo para una cirugía. Pruebas similares se han desarrollado en California pero dirigidas al uso de una tarjeta RFID.

3.1.5 Regulación del Espectro

RFID es un sistema basado en la transmisión de información por medio de radio frecuencia. Al hacer uso del espectro radio eléctrico, RFID debe regirse bajo las normas definidas por el Ministerio de Comunicaciones sobre ocupación y licenciamiento del espectro.

En el 2001 el Ministerio de Comunicaciones emitió la resolución 797-2001 “Por la cual se atribuyen unas bandas de frecuencia radioeléctricas para su utilización dentro del territorio nacional”. Esta resolución tiene como objeto: “atribuir frecuencias y bandas de frecuencias radioeléctricas para su uso libre por parte del público en general y definir las características técnicas de operación para su uso...”¹³¹.

En el artículo 2 de ésta resolución, se presenta entre otros, algunas definiciones de servicios que usan radio frecuencia. Bajo las definiciones planteadas, los sistemas RFID encajarían total o parcialmente en las siguientes definiciones:

- *Sensor de disturbancia de campo.* Aparato de radiocomunicaciones que establece un campo de radio frecuencia en su vecindad y detecta cambios en el campo resultado del movimiento de personas u objetos dentro de su rango.
- *Dispositivos de operación momentánea:* Dispositivos que emplean únicamente señales de control, para aplicaciones en sistemas de telealarmas como apertura de puertas y switches remotos. Pueden ser activados manual o automáticamente y su periodo de transmisión máximo debe ser de 5 segundos. Se exceptúan de esta limitación los dispositivos empleados en los sistemas de detección de fuego, seguridad y salvamento, los sistemas de radio control para modelos y juguetes o de transmisión continua, tales como de voz o video y las transmisiones de datos.

En el artículo 3 enuncia: “Las frecuencias y bandas de frecuencias radioeléctricas relacionadas a continuación, podrán ser utilizadas libremente por el público en general, en aplicaciones de: telemetría, telecomando, telealarmas, telecontrol vehicular, dispositivos de operación momentánea, microfonía inalámbrica y transreceptores de voz y datos, y radios portátiles de operación itinerante, que posean bajos niveles de potencia o de intensidad de campo, con las características técnicas particulares descritas en los siguientes casos:”. La resolución prosigue presentando los conjuntos de frecuencias que se pueden usar sin licencia y las condiciones para las mismas.

En la Tabla 10 se indicaron las bandas de frecuencias usadas por RFID típicamente. Comparando estas frecuencias con la anterior Resolución y con el

¹³¹ Resolución 797 – 2001, Ministerio de Comunicaciones

cuatro de atribución de radiofrecuencias¹³² se encuentran las siguientes condiciones de uso:

Tabla 12 Comparación Bandas de Frecuencias RFID y frecuencias libres Res. 797-2001

Frecuencia RFID	Usos Ministerio de Comunicaciones	Limitación de Potencia	Licencia
125 – 134 kHz	Alarmas, sensores y desmovilizadores para vehículos	ND	Sin Licencia
13.56 MHz	Servicios Fijos, Estación abierta a la correspondencia oficial exclusivamente, Estación abierta a la correspondencia de una empresa privada. Móvil seguridad aeronáutica	ND	Restringido
400 MHz	Móvil, Fijo, Frecuencia Patrón señal hora	ND	Restringido
868 - 952 MHz	Sensores de disturbación de campo	1 mW	Sin Licencia en 902 – 928 MHz
2.45 GHz	Tecnología Bluetooth, aparatos de telecomunicaciones para enlaces radioeléctricos punto a punto entre equipos electrónicos, dispositivos periféricos, computadoras y redes LAN.	50 mV/m a 3 metros. Máximo 100mW	Sin Licencia
5.751 – 7 GHz	Sensores de disturbación de campo, Fijo, Móvil, Fijo Satélite	0.75 mW	Sin Licencia en 5.785 – 5.815 GHz

Fuente: Ministerio de Comunicaciones¹³³

Aunque estas bandas de frecuencias son de uso libre no implica que su uso no esté condicionado. La resolución en el artículo 5 enuncia: "Los sistemas, equipos, aparatos y dispositivos que utilicen para su operación las frecuencias y bandas de frecuencias previstas en la presente Resolución, no deben causar interferencia perjudicial a las estaciones de un servicio primario o secundario a las que se les hayan asignado frecuencias con anterioridad o se les puedan asignar en el futuro, ni tampoco podrán reclamar protección contra interferencias perjudiciales causadas por estaciones de un servicio primario o secundario."

El uso libre de la banda de 2.4 GHz fue ratificado por medio de la resolución 689 de 2004 el Ministerio de Comunicaciones "Por la cual se atribuyen unas bandas de frecuencias para su libre utilización dentro del territorio nacional, mediante sistemas de acceso inalámbrico y redes inalámbricas de área local, que utilicen tecnologías de espectro ensanchado y modulación digital, de banda ancha y baja potencia"¹³⁴. Según el Conpes 3371 esta resolución "ha permitido el libre desarrollo de la infraestructura nacional inalámbrica de banda ancha, a través de pequeñas y medianas empresas y por entidades y corporaciones, públicas y privadas, que podrán realizar aplicaciones de Red inalámbrica de área local (LAN) para facilitar sus necesidades de comunicación"¹³⁵.

¹³²Cuadro de asignación de Radio Frecuencias, Ministerio de Comunicaciones.

¹³³ Resolución 797 – 2001, Ministerio de Comunicaciones

¹³⁴ Resolución 689 – 2004, Ministerio de Comunicaciones

¹³⁵ Conpes 3371, Consejo Nacional de Política Económica y Social, Agosto de 2005

3.2 Televisión Digital

En la actualidad, en casi todos los hogares existe al menos un televisor, éste se ha convertido en uno de los principales dispositivos tecnológicos en la vida diaria de muchas personas, quienes ven en él una de las fuentes más importantes de información y entretenimiento. Para muchos, la televisión es una puerta de entrada hacia el resto del mundo, por lo que es uno de los principales y más grandes servicios y por consiguiente su evolución, la televisión digital, es una de las tendencias tecnológicas más importante actualmente.

La televisión analógica constituye, actualmente, el mecanismo tecnológico para la transmisión de servicios de televisión. Los sistemas de codificación y transmisión que se usan actualmente para la transmisión de televisión analógica son: el desarrollado por la *Comisión Nacional de Sistemas de Televisión* (NTSC, por sus siglas en inglés), el cual es usado en Estados Unidos; el de *Línea Alterada en Fase* (PAL, por sus siglas en inglés), que constituye el sistema de transmisión analógica más usado en el mundo; y el sistema francés denominado, *Color Secuencial de Memoria* (SECAM, por sus siglas en inglés); los cuales a su vez, están basados en la *Televisión de Definición Estándar* (SDTV, por sus siglas en inglés) y carecen de las características del estándar de *Alta Definición* (HDTV, por sus siglas en inglés).

Por otro lado, la TDT, es el resultado de la aplicación de la tecnología digital a la señal de televisión, para luego transmitirla por medio de ondas hercianas terrestres; es decir, aquellas que se transmiten por la atmósfera sin necesidad de cable o satélite y se reciben por medio de antenas UHF convencionales. Así mismo, la TDT está llamada a sustituir a la Televisión Análoga Terrestre (TAT)¹³⁶, debido a sus múltiples ventajas.

Para la TDT se han desarrollado básicamente cuatro estándares, de los cuales, se destacan tres; éstos ya han sido adoptados en diferentes países del mundo y en otros han sido modificados para ajustarse a las características especiales de éstos. El sistema *Advanced Television Systems Committee* (ATSC) diseñado por los Estados Unidos; el *Digital Video Broadcasting-Terrestrial* (DVB-T), creado por los europeos y el *Terrestrial Integrated Services Digital Broadcasting* (ISDB-T) desarrollado en Japón. De igual manera los chinos están trabajando en su propio modelo, *Digital Multimedia Broadcast-Terrestrial/Handheld* (DMB-T/H), aunque éste estándar está siendo analizado por los organismos encargados de la decisión de adopción del estándar de TDT en Colombia, la implementación de éste sólo la ha realizado China.

3.2.1 Razones de la adopción de TDT

La televisión es un claro ejemplo de los avances tecnológicos y la representación más evidente de lo que es la era en la cual vivimos, la de la información.

¹³⁶ Ministerio de industria y comercio de España, ¿Qué es TDT?, descargado el 27 de abril de 2008 desde <http://www.televisiandigital.es/Terrestre/Que/>

Actualmente, la televisión permite que los usuarios vean el medio como una forma de entretenimiento y las empresas como una forma de llegar a los consumidores con información de sus productos. Sin embargo, con la televisión digital se plantea una nueva forma de televisión, donde los televidentes pasaran a ser un actor activo pudiendo escoger e incluso modificar y almacenar el contenido. Esta capacidad de interacción se puede traducir, por ejemplo, en la participación activa de los usuarios en concursos y votaciones, la compra de productos, el acceso a cuentas bancarias para la realización de transacciones financieras, etc.¹³⁷.

La televisión digital (DTV), permite ir del broadcast a la transmisión de información específica para un usuario que le permite recibir video, voz y datos de gran calidad a través de diferentes servicios que con seguridad transformarán el concepto y la forma en que la sociedad actual utiliza la televisión hoy en día. La DTV permite la integración de diferentes mundos: el de la televisión, los dispositivos móviles, Internet, etc., de diferentes tecnologías: cable, satélite, broadcast, etc. y permite ofrecer múltiples servicios de calidad que combinan voz, video y datos en infinidad de formas.

DTV posiblemente permitirá que muchas personas que aún no han sido beneficiadas por la tecnología lo hagan, ya que al igual que la televisión analógica será un servicio para todos y por tanto ayudará a superar la exclusión social al permitir que la sociedad acceda a servicios que antes no podía utilizar porque no disponían de computadores. La DTV hará posible el ofrecimiento de diferentes servicios no solo en el campo del entretenimiento sino de la salud, la educación, etc. y permitirá la participación de más personas en la sociedad de la información y del conocimiento, contribuyendo así a la reducción de la brecha digital.

La televisión digital y la analógica, tienen grandes diferencias¹³⁸ que hacen posible que la televisión digital proporcione tanto imágenes como sonidos de calidad superior a los de la televisión analógica. En primer lugar, en televisión digital se transmite video y audio como 1s y 0s, lo que hace posible una gran manipulación de la información, y en segundo lugar, se transmite en un solo flujo múltiples canales de televisión digital, lo que permite lograr una alta eficiencia de este tipo de servicio. Generalmente, en televisión digital se pueden transmitir más de 6 canales en el mismo ancho de banda requerido para un solo canal analógico, lo que permite la entrega de muchos más canales y servicios a los usuarios, pero para que esto sea posible, los canales se comprimen y se multiplexan, mientras que en televisión analógica se utiliza un canal UHF o VHF para transmitir un canal de televisión.

Para lograr esto se requiere un gran trabajo de I+D para obtener técnicas de multiplexación, codificación, compresión, etc. que permitan por ejemplo, minimizar el ancho de banda de transmisión así como el almacenamiento de información. En la Tabla 13 se muestra una comparación general entre la televisión analógica y digital que incluye la resolución, el escaneo de imagen, la relación de aspecto, la sincronización, el color y el sonido.

¹³⁷ Boletín de la Sociedad de la información, Televisión Digital Terrestre 19 de diciembre de 2007, descargado el 25 de Abril de 2008 desde www.telefonica.es/sociedaddeinformacion/index/articulos_tecnologias.html

¹³⁸ HELD, Gilbert Understanding IPTV.. Nueva York: Auerbach Publications, 2007. p. 57-60.

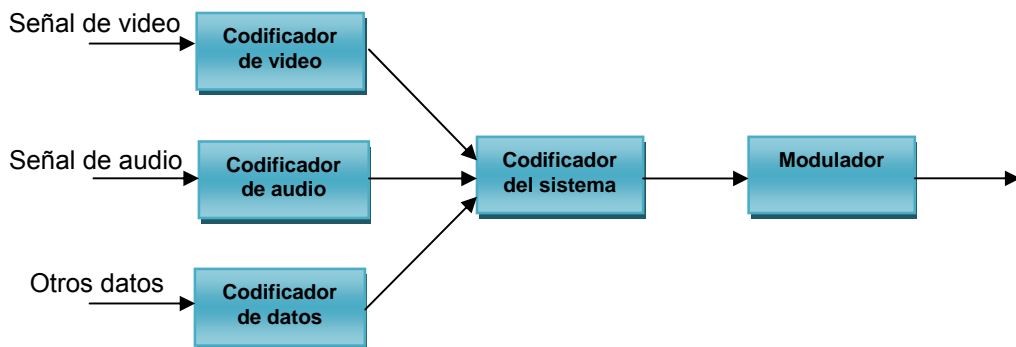
Tabla 13 Comparación entre televisión analógica y digital

Característica	Televisión analógica	Televisión digital
Resolución	525 líneas con 480 activas	720 y 1080 líneas para HDTV 480 para SDTV
Escaneo de imagen	Interlazado	Interlazado o progresivo
Razón de aspecto	4:3	16:9 (o 4:3)
Sincronización	Pulsos de sincronización horizontales y verticales,	Señal de sincronización de trama
Color	Color adicionado como una portadora separada	Color incluido en los datos
Sonido	Sonido FM de dos canales en una portadora separada	Sonido surround Dolby 5.1 de seis canales

Fuente: *Understanding IPTV*¹³⁹

En cuanto a los transmisores de video digital, en Figura 59 se observa su estructura¹⁴⁰, la cual contiene codificadores separados para cada tipo de señal del programa que se va a transmitir, además un codificador del sistema que multiplexa las salidas de estos codificadores y un modulador que convierte el flujo de bits multiplexados en una forma adecuada para la transmisión en el mismo canal que se utiliza para televisión analógica.

Figura 59 Estructura de un sistema de televisión digital



Fuente: *Digital Televisión Technology and Standards*¹⁴¹

Por lo mencionado anteriormente, se puede afirmar que una de las ventajas que tiene la TDT sobre la TAT es los tamaños de las imágenes, los cuales definen la intensidad de colores y la repetición de píxeles dentro de una misma imagen, dándole mayor definición, en la Figura 60 se realiza una comparación de la resolución de los estándares. Igualmente, existen otras ventajas que hacen que la TDT sea mejor que la TAT, entre ellas: la transmisión de la señal de televisión es

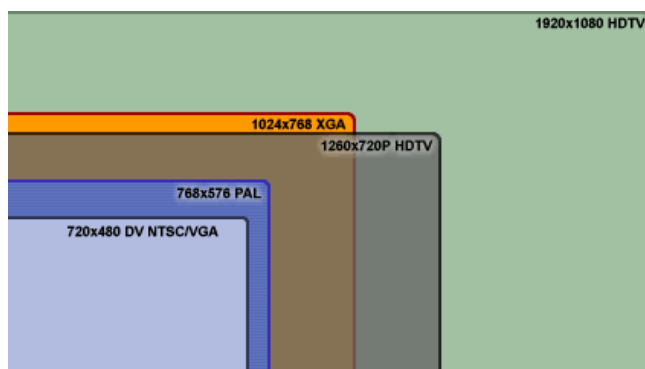
¹³⁹ HELD, Gilbert. *Understanding IPTV*. Nueva York: Auerbach Publications, 2007. p. 59

¹⁴⁰ ARNOLD, Jhon, FRATER, Michel y PICKERING, Mark. *Digital Televisión Technology and Standards*. . . New Jersey :Wiley, 2007. p. 14-15.

¹⁴¹ ARNOLD, Jhon, FRATER, Michel y PICKERING, Mark. *Digital Televisión Technology and Standards*. New Jersey: Wiley, 2007. p. 15.

libre de ruidos, ya que ha sido convertida a formato digital y los ruidos de las señales analógicas son eliminados por medio de filtros; la TDT posee mejor calidad de audio, usando el formato Dolby Digital 5.1; representa un cambio en el modelo de negocio, ya que la TDT permite el acceso condicional a los canales (pay per view); así mismo, funcionalidades como las de encriptamiento de los datos, uso parejo del ancho de banda, diferentes idiomas, subtítulos, mensajes personalizados y facilidades para discapacitados, han sido decisivos en la migración de TAT a TDT¹⁴².

Figura 60 Comparación de resoluciones entre estándares



Fuente: Eduteka¹⁴³

De acuerdo con lo anterior, la TDT puede ser ajustada a las necesidades de cada país, basándose principalmente en las siguientes características¹⁴⁴:

- Productores de contenidos (tanto de televisión analógica como de productos interactivos para televisión digital).
- Fabricantes de equipos receptores (equipos receptores externos al televisor analógico, equipos digitales y equipos con doble sintonizador -analógico y digital-).
- Fabricantes de equipos transmisores.
- Desarrolladores de aplicaciones (como navegadores integrados, guías electrónicas de programación y otras que hagan posible interactuar con la programación o acceder a nuevos servicios, como telebanco, información personalizada, compras en línea, teletexto avanzado, correo electrónico, juegos interactivos, televisión a la carta, etc.).
- Agentes gestores de múltiplex y de servicios interactivos, encargados de empaquetar en un solo canal de radiofrecuencia los programas de televisión digital, los datos y el contenido interactivo y de gestionar el producto de retorno de los usuarios. Su tarea se asimilaría a la de los actuales proveedores de Internet.
- Agencias de publicidad y centrales de medios.

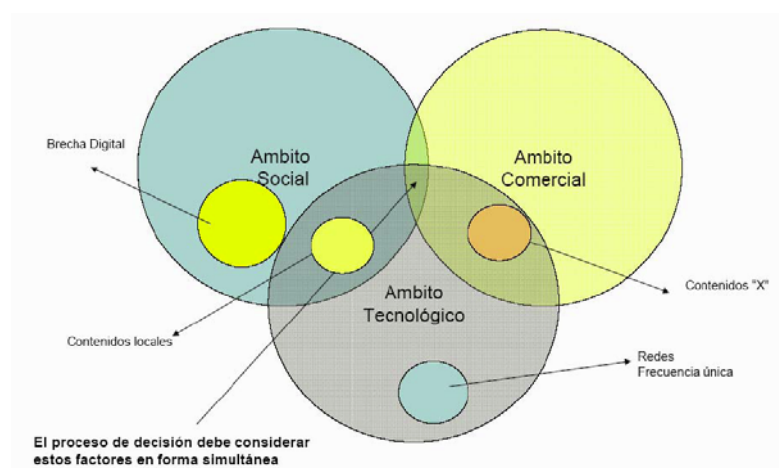
¹⁴² Comité avanzado de los sistemas de televisión. ATSC. Descargado el 24 de junio de 2008, desde: s3.amazonaws.com/ppt-download/caractersticas-atsc2480.ppt

¹⁴³ Tomado el 24 de junio de 2008, desde: <http://www.eduteka.org/VideoDigitalCamara.php>

¹⁴⁴ CNTV, Descargado el 27 de Abril de 2008 desde: www.cntv.org.co

- Productores de industrias culturales (cine, libros, radio, prensa).
- Concesionarios actuales de televisión abierta y cerrada.
- Anunciantes.

Figura 61 Factores de decisión en la adopción de TDT



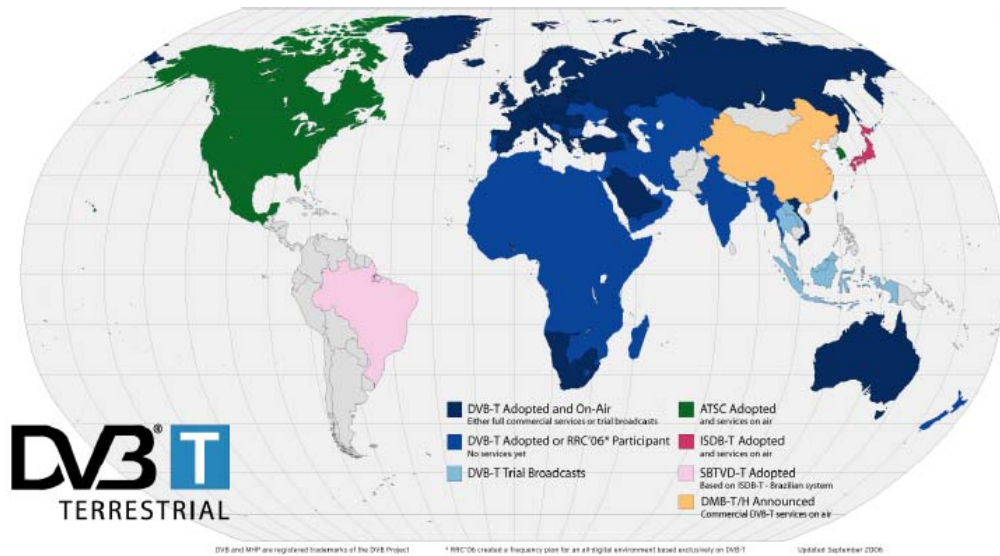
Fuente: DVB Latinoamérica¹⁴⁵

Más aún, como características diferenciadoras de la TDT están: la *optimización del espectro*, la televisión analógica ha ocupado la mayoría del espectro y la capacidad de escalar en más canales es cada vez menor; el *diseño del mapa audiovisual*, ajustado a las necesidades socio-económicas y al modelo de negocio más conveniente para cada país; por último, el impulso al desarrollo de la economía digital, la convergencia de tecnologías y la ubicuidad de servicios, en la Figura 61 se presentan algunos de estos aspectos.

Por último, existen más de 50 países que ya han adoptado estándares de TDT, y otros tantos están definiendo el estándar a ser utilizado, como se ilustra en la Figura 62.

Figura 62 Distribución de estándares de TDT en el mundo

¹⁴⁵ Seseña, J. DVB-T, una opción válida y eficiente para la televisión digital en Chile. Descargado el 24 de junio de 2008, desde:
<http://www.camara.cl/jornadas/jornadas/II%20Seminario%20de%20Telecomunicaciones/1.%20Normas%20Tecnicas/DVB-T%20Sr.%20Julian%20Sese%F1a.pdf>



Fuente: DVB Latinoamérica¹⁴⁶

“La televisión se encuentra ante el proceso de transición tecnológica más importante desde sus comienzos hace algo más de medio siglo. Este proceso implica profundos cambios en la organización industrial, el modelo de regulación y el papel socio-cultural del sector”¹⁴⁷.

3.2.2 Formatos de televisión digital terrestre

Existen diferentes formatos de televisión digital¹⁴⁸: SDTV, EDTV y HDTV, los cuales se describen brevemente a continuación.

SDTV (Standard Definition Television). El estándar de Televisión de Definición Estándar utiliza 480 líneas de resolución vertical que se interlazan, por eso se llama 480i y debido a que su tasa de refresco es 30 fps, también se conoce como 480i/30. Tiene una razón de aspecto 4:3, utiliza una tasa de datos entre 4 y 7 Mbps por lo que se pueden multiplexar entre 3 y 6 canales de SDTV en el mismo ancho de banda requerido para soportar un canal HDTV. Este formato se utiliza cuando el ancho de banda es más importante que la calidad de la imagen.

EDTV (Enhanced Definition Television). El estándar de Televisión de Definición Mejorada utiliza escaneo de imagen progresivo e interlazado. La resolución vertical está limitada a 480 líneas y la resolución vertical varía de 640 a 704 líneas. Además, soporta las razones de aspecto 4:3 y 16:9, así como las tasas de refresco de 24, 30

¹⁴⁶ Ibid

¹⁴⁷ Galperin, Hernan. Departamento de Estudio de la Comunicación Social, Universidad de Guadalajara. 2004. Descargado el 4 de abril de 2008, desde: http://www.accessmylibrary.com/coms2/summary_0286-32015912_ITM

¹⁴⁸ HELD, Gilbert. Understanding IPTV. Nueva York: Auerbach Publications, 2007. p. 60-63

y 60 fps. Este formato se utiliza cuando se desea una mejor calidad de imagen que la de SDTV pero el de ancho de banda impide utilizar HDTV.

HDTV (High Definition Television). El estándar de Televisión de Alta Definición proporciona una imagen de calidad superior a la de SDTV y a la de EDTV. Este estándar utiliza la razón de aspecto 16:9 que proporciona una vista amplia de la pantalla. Cuando se emplea la resolución vertical de 720 líneas, el escaneo ocurre progresivamente y las tasas de refresco que se soportan son: 24, 30 y 60 fps. En una resolución vertical de 1080 líneas se soporta el escaneo interlazado y progresivo. El escaneo interlazado se utiliza debido a las limitaciones actuales del equipo de broadcast y los productos de televisión del usuario.

3.2.3 Estándares de televisión digital terrestre

3.2.3.1 ATSC – Advanced Television Systems Committee

El estándar *Advanced Television Systems Comité* (ATSC) ha sido diseñado en Estados Unidos para la transmisión de una señal de televisión digital de alta definición (HDTV High Definition Television) o múltiples señales de televisión estándar (SDTV Standard Television), con alta calidad de video y audio, y para un espectro de canal de 6 MHz de ancho de banda.

ATSC, consta de 5 subsistemas, dentro de los cuales se encuentran: la codificación y compresión de audio y video, el canal de datos complementario, la multiplexación y transporte del programa, la transmisión y el receptor. En éste sentido, ATSC permite: el escaneo múltiple, la compresión de video en formato MPEG y cuenta con el sistema de audio Dolby AC-3; la transmisión de información adicional, como la guía telefónica y el intercambio de datos a computadores; el empaquetamiento de múltiples programas de datos por medio del formato MPEG-2; la modulación a 8-VSB para transmisión por radiofrecuencia (RF) y 16-VSB para una transmisión por cable; por último, para la recepción de las señales, los usuarios de este estándar, podrán obtener los servicios de TDT en los televisores actuales por medio de un decodificador (Set Top Box), los cuales oscilan entre 40 y 50 dólares¹⁴⁹.

Por último, este sistema ha sido adoptado oficialmente por 6 países: Estados Unidos, Corea del Sur, México, Canadá, Guatemala y Honduras¹⁵⁰. A continuación se presenta la Tabla 14 con la descripción de las ventajas que tiene el estándar ATSC, las cuales han sido adaptadas seleccionadas de acuerdo con las características de Colombia:

¹⁴⁹ Comité avanzado de los sistemas de televisión. ATSC. Descargado el 24 de junio de 2008, desde: s3.amazonaws.com/ppt-download/caractersticas-atssc2480.ppt

¹⁵⁰ Estándares Televisión Digital, CNTV, descargado el 29 de Abril desde: http://www.cntv.org.co/cntv_bop/tv_digital/index.html

Tabla 14 Características de ATSC (Estados Unidos)

CARACTERÍSTICAS ATSC	
1.	Asignación eficiente de canales ¹⁵¹ .
2.	Tanto en E.U. como en Corea del Sur hay estaciones de TV digital transmitiendo en zonas con condiciones geofiguras "quebradas" ¹⁵²
3.	La mejor opción para la televisión de alta definición (HDTV), con un formato superior para video y sonido envolvente.
4.	Permitirá a los canales de TV abiertos y gratuitos atraer a los televidentes ante la competencia del cable y el satélite ¹⁵³ .
5.	Ofrece ayudas económicas de los gobiernos de E.U. y Corea del Sur (no especificadas). ¹⁵⁴
6.	Financiamiento a programadores y canales para que hagan la transición a la TV digital.
7.	Facilita los Join ventures con productores y empresas locales.
8.	Programas de entrenamiento que incluyen investigación y creación de software para el desarrollo de la TV digital en el país ¹⁵⁵ .

Fuente: CINTEL

3.2.3.2 DVB-T – Digital Video Broadcasting-Terrestrial

El estándar DVB-T, fue desarrollado en Europa con el objeto de optimizar su funcionamiento en cualquiera de los tres entornos de operación presentes en ésta zona:

- Transmisión en un canal actualmente libre o en un canal adyacente
- Transmisión en pequeñas y grandes redes SFN (Single frequency Networks)
- Transmisión en grandes redes SFN

Éste estándar ha sido desarrollado para ser flexible, permitiendo la transmisión de televisión con definición estándar, televisión de alta definición, televisión en movilidad, servicios telemáticos, entre otros¹⁵⁶. Por ésta razón es el estándar ha sido considerando para video y canalización diferentes estados; en el caso de video, DVB-T permite los formatos MPEG-2/4; y para canalización permite el trabajo en tres frecuencias 6, 7 y 8 MHz.

De igual manera, DVB-T, tiene una capacidad de transmisión de datos de hasta 23.75 Mbps con frecuencias de 6 MHz; permite los formatos *High Definition* (HD) y *Standard Definition* (SD); así como también admite el intercambio de paquetes IP. En relación con la potencia de los transmisores, tienen una menor potencia que los utilizados en los otros estándares, lo que significa menores costos de implementación de la red, en la Figura 63 se presentan algunas de sus características.

¹⁵¹ Televisión Digital, CONCORTV Abril de 2007, Descargado el 29 de Abril desde: www.concortv.net/concortv/documentos/eventos/tv-digital-concortv-2007.ppt

¹⁵² PIÑEROS, GONZALO. Octubre 11 de 2007. Los candidatos de la TV digital. Descargado el 4 de abril de 2008, desde: http://www.enter.com.co/enter2/ente2_cert/ARTICULO-WEB-NOTA_INTERIOR_2-3667862.html

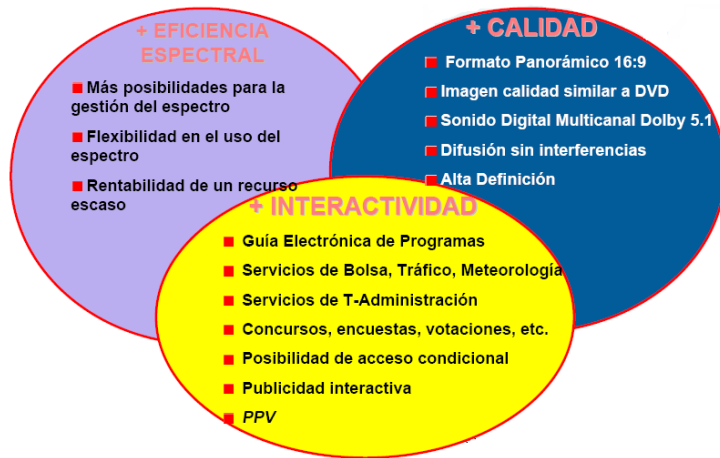
¹⁵³ ibid

¹⁵⁴ Periódico El tiempo, Mayo 02 de 2008, descargado el 06 de mayo de 2008 desde: http://www.eltiempo.com/entretenimiento/tvfarandula/noticias/ARTICULO-WEB-NOTA_INTERIOR-4139086.html

¹⁵⁵ ibid

¹⁵⁶ ibid

Figura 63 Características del estándar DVB-T

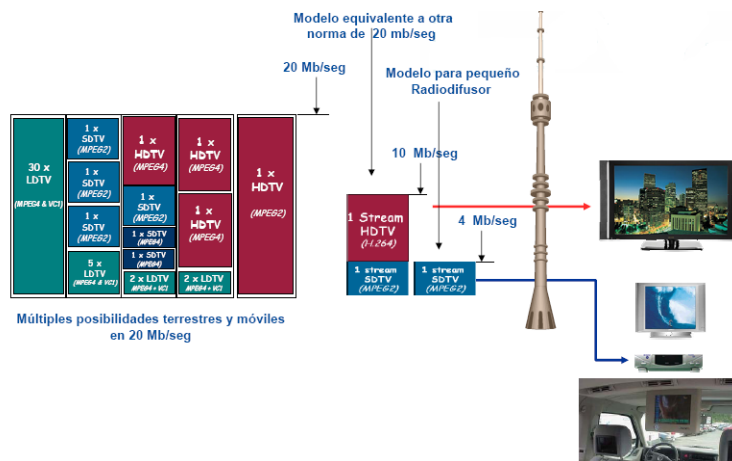


Fuente: DVB Latinoamérica¹⁵⁷

Adicionalmente, el modelo de entrada en Latinoamérica de DVB-T, permite ajustarse a las diferentes tecnologías ya establecidas en cada uno de los países; optimizado sus características para tener un mejor abordaje mercado, permitiendo que los radiodifusores, migren sus modelos paulatinamente.

Por último, este sistema ha sido adoptado oficialmente hasta el momento por cincuenta y ocho países, entre los que se destacan: Hong Kong, Alemania, España, Francia, Italia, Reino Unido, entre otros¹⁵⁸, en la Figura 64 se presenta un propuesta al modelo de ingreso a Latinoamérica para el DVB-T.

Figura 64 Modelo de entrada del estándar DVB-T en Latinoamérica



Fuente: DVB Latinoamérica¹⁵⁹

¹⁵⁷ ibid
¹⁵⁸ ibid
¹⁵⁹ ibid

A continuación se presenta en la Tabla 15 una descripción de las ventajas que tiene el estándar DVB-T, las cuales han sido adaptadas seleccionadas de acuerdo con las características de Colombia:

Tabla 15 Características de DVB-T (Europa)

CARACTERÍSTICAS DVB-T	
1.	Costo de los equipos receptores análogos-digitales ¹⁶⁰ .
2.	Posibilidad de recepción móvil ¹⁶¹ .
3.	Es el único estándar realmente convergente ¹⁶²
4.	Permite la combinación con el sistema de telefonía celular GSM.
5.	Ofrece bajos costos por tener mayor difusión en el mercado.
6.	El regulador y los operadores de televisión podrán contar con TV de definición estándar, de alta definición, móvil y con aplicaciones interactivas para los usuarios. ¹⁶³
7.	Los fabricantes devolverán un porcentaje de la venta de los equipos para ser invertido en desarrollos e investigaciones en Colombia. ¹⁶⁴
8.	Apoyo y financiación a universidades y centros de investigación colombianos que tengan que ver con TV digital.
9.	Alianzas de empresas europeas con colombianas para el desarrollo y oferta de contenidos.
10.	Fondos (créditos) provenientes del Banco Europeo de Inversión para toda la industria televisiva, a tasas muy inferiores a las del mercado.
11.	Desarrollo para que la TV digital se enmarque en una estrategia global de inclusión digital (que trabaje por la reducción de la brecha digital).
12.	Creación de una oficina de ventanilla única por donde pasen todos los proyectos de intercambio tecnológico y de desarrollo entre los 27 países europeos y Colombia ¹⁶⁵ .

Fuente: CINTEL

3.2.3.3 ISDB-T - Integrated Services Digital Broadcasting-Terrestrial

El estándar ISDB-T, es la iniciativa japonesa para TDT. Este estándar divide la banda de frecuencia de un canal en trece segmentos y el radiodifusor puede seleccionar la combinación de segmentos a utilizar permitiendo la flexibilidad de servicios. En éste sentido, ISDB-T, permite la programación multicanal, el data broadcasting, alta calidad en imagen con el formato de HDTV, la transmisión de servicios por medio de dispositivos móviles y servicios interactivos, en la Figura 65 se presenta el sistema de recepción para este estándar.

¹⁶⁰ Televisión Digital. CONCORDTV. Op. Cit., Abril de 2007.

¹⁶¹ ibid

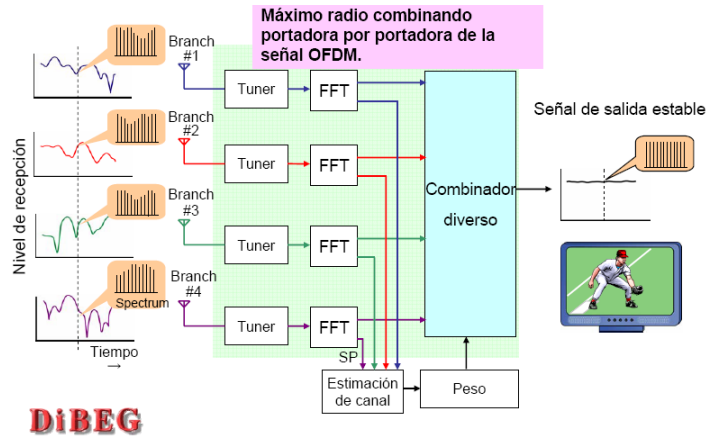
¹⁶² PIÑEROS, GONZALO. Op. Cit., Octubre 11 de 2007.

¹⁶³ ibid

¹⁶⁴ Periódico El tiempo, Mayo 02 de 2008, descargado el 06 de mayo de 2008 desde: http://www.eltiempo.com/entretenimiento/tvfarandula/noticias/ARTICULO-WEB-NOTA_INTERIOR-4139086.html

¹⁶⁵ ibid

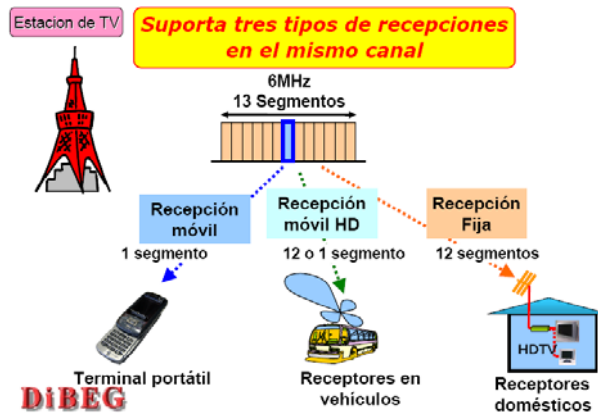
Figura 65 Sistema de recepción diversa del estándar ISDB-T



Fuente: Digital Broadcasting Experts Group¹⁶⁶

Para la transmisión de éste servicio por cable, las características de éste estándar son: imagen de alta calidad en pantalla ancha con formato 16 x9; calidad de audio de CD, aunque permite el audio multicanal Dolby 5.1. Así mismo, éste estándar permite la transmisión en equipos móviles utilizando el estándar H.264 para video; AAC-SBR para audio y BML para los servicios de datos. Para la transmisión para móviles, requiere un canal de 512 Kb para la prestación del servicio, en la Figura 66 se ilustra algunos de los tipos de acceso con los que se puede recibir la señal en el formato ISDB-T.

Figura 66 Sistemas de recepción del sistema ISDB-T



Fuente: Digital Broadcasting Experts Group¹⁶⁷

Actualmente, este sistema ha sido adoptado en dos países: Japón y Brasil.

¹⁶⁶ Digital Broadcasting Experts Group. ISDB-T Aplicaciones. Descargado el 24 de junio de 2008 desde: www.dibeg.org/PressR/200803Colombia_ISDB-T_seminar/3_ISDB-T_application_Spanish.pdf

¹⁶⁷ Digital Broadcasting Experts Group. ISDB-T Aplicaciones. Descargado el 24 de junio de 2008 desde: www.dibeg.org/PressR/200803Colombia_ISDB-T_seminar/3_ISDB-T_application_Spanish.pdf

En la Tabla 16 se presentan las ventajas con las que cuenta el estándar ISDB-T, las cuales han sido adaptadas seleccionadas de acuerdo con las características de Colombia:

Tabla 16 Características de ISDB-T (Japón)

CARACTERÍSTICAS ISDB-T	
1.	Transmite HDTV (Alta Definición) y un canal de TV Móvil para teléfono en mismo ancho de banda de 6 MHz de TV normal. ¹⁶⁸
2.	Puede transmitir un canal de HDTV o tres canales de SDTV (Definición Estándar) por cada canal de TV. ¹⁶⁹
3.	Permite la televisión interactiva y descargar actualizaciones de firmware para el televisor.
4.	Permite Guías de Programación Electrónicas (EPG).
5.	Se puede recibir la señal con una simple antena sobre el televisor, sin la necesidad de instalar una antena externa.
6.	No tiene problemas de interferencia con los canales adyacentes.
7.	No tiene problemas de interferencia por motores, teléfonos celulares o fuentes de poder.
8.	Permite la recepción de HDTV en dispositivos móviles a una velocidad sobre 100 Km/h. ¹⁷⁰
9.	Envío de dinero para proyectos de formación, capacitación y desarrollo. ¹⁷¹
10.	Planes de financiación a través del Banco Internacional de Cooperación.
11.	Acompañamiento técnico el tiempo que Colombia lo requiera.
12.	Facilitar la apertura de plantas para la fabricación de decodificadores y televisores en Colombia.
13.	Establecimiento de acuerdos comerciales que le permitan a Colombia implementar el estándar de ese país a un costo bajo. ¹⁷²

Fuente: CINTEL

3.2.3.4 DMB – T/H - Digital Multimedia Broadcast-Terrestrial/Handheld

DMB T/H, es el estándar Chino que cubre tanto la TV móvil como la televisión tradicional o la televisión de alta definición. Éste estándar ha sido producto de la colaboración entre Universidades chinas (principalmente la de Pekín y Shanghai). OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) de nuevo, y su arquitectura es muy parecida a la de DVB-H (*Digital Video Broadcasting Handheld*). Su lanzamiento coincide con las Olimpiadas de Pekín 2008 y emitirán su señal de vídeo en este estándar.¹⁷³

Este estándar, está basado en las características de HDTV y ha sido principalmente diseñado para la transmisión en móviles, donde es capaz de recibir la señal de TDT a una velocidad de 200km y alcanza un radio de difusión hasta de 100 km; sin embargo, dadas sus características tendientes a la parte móvil, es poco flexible.

A continuación se presenta una tabla descriptiva con las ventajas y desventajas que tiene el estándar DMB T/H, las cuales han sido adaptadas seleccionadas de acuerdo con las características de Colombia:

¹⁶⁸ Brasil. Op. Cit., Julio de 2006.

¹⁶⁹ Ibid

¹⁷⁰ Ibid

¹⁷¹ Periódico El tiempo, Mayo 02 de 2008, descargado el 06 de mayo de 2008 desde: http://www.eltiempo.com/entretenimiento/tvfarandula/noticias/ARTICULO-WEB-NOTA_INTERIOR-4139086.html

¹⁷² Ibid

¹⁷³ Una sencilla panorámica de la televisión en movilidad, G@TV, 16 de enero de 2008, descargado el 29 de abril desde: http://www.gatv.ssr.upm.es/tavd/tavd_movilidad.pdf

Tabla 17 Características de DMB T/H (China)

CARACTERÍSTICAS DMB T/H	
1.	Tiene un Costo de implementación bajo.
2.	Millones de adeptos (China es el país más poblado del mundo con 1300 millones de habitantes) ¹⁷⁴

Fuente: CINTEL

3.2.4 Tipos de regulación de TDT

Cada uno de los países que han adoptado un estándar de televisión digital, ha elaborado estudios y pruebas de comportamiento, actualizando la reglamentación y diseñado un periodo de transición, a partir de la definición de la fecha de inicio de la transmisión digital y la fecha del *apagado analógico*. Por citar un ejemplo, el Reino Unido comenzó pruebas y elaboración de la normatividad en el año 1996, inició operaciones de televisión digital en el año 2002, tiene proyectado un periodo de transición (donde convivirán el sistema analógico y digital) por el término de once años, para realizar el apagado analógico en el año 2012¹⁷⁵.

Como se ha indicado anteriormente, los estándares de TDT que existen actualmente, ya han sido implementados por diferentes países, entre los que se encuentran: Brasil, México y Uruguay en Latinoamérica y por supuesto los países creadores de estos estándares Japón, Estados Unidos, China y países de Europa. La regulación dentro de éstos países se está definiendo de acuerdo a características propias de cada país, sin embargo, los creadores de estos estándares han determinado los factores que deben tenerse en cuenta, estos se presentan en la Tabla 18.

Tabla 18 Establecimiento de la TV digital en EUA y Europa

Factores Regulatorios	ESTADOS UNIDOS	EUROPA
Coordinación	Librada al mercado, excepto calendario de lanzamiento.	Patrón europeo, gobierno promueve activamente transición.
Costos	Alto costo receptores para usuarios. (Regulación por precios techo)	Costo receptores subsidiado por operadores/gobierno.
Licencias	Radiodifusores analógico reciben canal adicional.	Licitación para nuevos operadores de múltiplex terrestres. (¿Concesión o contratos?)
Modelo de Regulación	Continuidad modelo TV analógica.	Separación de infraestructura y contenido con base en legislación telecomunicaciones.

Fuente: Spectrum Analysis, 2007¹⁷⁶

“Al poner en cuestión las premisas básicas sobre las que se ha fundado el esquema de regulación analógico (limitada capacidad de transmisión, servicios unidireccionales, terminales "brutas", y una clara demarcación entre los servicios de

¹⁷⁴ República Popular de China, descargado el 30 de Abril desde: <http://es.wikipedia.org/wiki/China>

¹⁷⁵ Estándares Televisión Digital, Op. Cit.

¹⁷⁶ Entrevistas Stakeholders por país, Spectrum Analysis, 2007, Descargado el 04 de mayo de 2008 desde <http://www.chiletelevisiondigital.com/informe-de-estudio-del-marco-regulatorio-para-la-televisión-digital>

radiodifusión y los de telecomunicaciones), la TV digital abre una serie de interrogantes sobre cómo adecuar la reglamentación del sector a los nuevos parámetros político-económicos de la industria de radiodifusión¹⁷⁷.

3.2.4.1 Comparación Marcos Regulatorios

Colombia en la actualidad no está cerca de definir un marco regulatorio sólido para la TDT, sin embargo, están muy adelantados los estudios comparativos con los marcos regulatorios de otros países, de ellos se está tomado el ejemplo y la experiencia para la determinación futura de la legislación nacional sobre esta materia; a continuación se ilustran las tablas comparativas de 3 países diferentes (en 3 continentes distintos) de los cuales Colombia está tomando muestra para el desarrollo en nuestro país, los países base son: España, Australia y Estados Unidos¹⁷⁸. En realidad son más de tres, sin embargo como base explicativa se consideran preferiblemente los aquí mencionados en las tablas 19,20,21,22.

Licencias y obligaciones

Tabla 19 Comparación Marcos Regulatorios – Licencias y obligaciones

Item	ESPAÑA (DVB)	AUSTRALIA (DVB)	EE.UU. (ATSC)
Duración licencia	10 años con renovación automática	5 años con renovación automática	8 años
Licencias separadas para el broadcasting regional	SI	SI	No existen las licencias nacionales, todas son regionales
Licencias separadas por el uso de frecuencia Vs. TX	SI	SI	NO
Obligaciones de cobertura	Año 1: 80% participantes actuales y 25% entrantes Año 2: 80% nuevos entrantes Año 4 : 90% nuevos entrantes	La misma cobertura que posee la analógica, área metropolitana para finales de 2008 y el resto para el 2011	85% en cada DMA (Designated Market Area) antes del ASO (Analogue Switch Off)
Obligaciones de los Canales	Broadcast simultáneo FTA (Free to Air), 4 Canales por MUX "recomendados"	Cada Broadcaster debe simultáneamente "broadcast" su canal análogo en SD , Limitación en nuevos canales	Broadcast simultáneo FTA de los canales análogos existentes.
Obligaciones de contenido	Cuotas para producción local	55% contenido Australiano	Ninguno
Obligaciones de negociación de licencias	La negociación es libre, sujeta únicamente a los límites de concentración	La negociación es libre, sujeta a condiciones de concesión.	Las licencias deben ser revisadas por la FCC antes de la negociación
Regulación Específica regional	1 MUX dedicado, 50% de los canales son del gobierno y el otro 50% es privado, 4 horas diarias de	Un canal reservado a contenido regional	Dependiendo de la región se pactan cuotas horarias de contenido local

¹⁷⁷ Galperin, Hernan. Departamento de Estudio de la Comunicación Social, Universidad de Guadalajara. 2004. Descargado el 4 de abril de 2008, desde: http://www.accessmylibrary.com/coms2/summary_0286-32015912_ITM

¹⁷⁸ La tabla comparativa toma estos países por la comparación de 3 continentes distintos, sólo se consideran por lo pronto estándares DVB y ATSC por ser los que se vislumbran más factibles en Colombia.

Item	ESPAÑA (DVB)	AUSTRALIA (DVB)	EE.UU. (ATSC)
	programación local, no se puede sindicalizar más del 25%.		
Otras Obligaciones	No más del 20% de la capacidad del MUX debe ser usada para contenido diferente de TV		

Fuente: Spectrum Analysis, 2007¹⁷⁹

Modelos de negocios

Tabla 20 Comparación Marcos Regulatorios – Modelo de Negocios

Item	ESPAÑA (DVB)	AUSTRALIA (DVB)	EE.UU. (ATSC)
Modelo de Negocios	Licencias FTA, Definir espacio diario para Pay TV.	FTA	FTA
Licencias separadas por PayTv	Se encuentra cerca la autorización (futuro cercano).	NO, Sólo FTA	NO, Sólo FTA
Subsidio del Gobierno	Limitado. Al final del 2005 la inversión había sido de 10M de Euros (Para MKT). En el 2007 otros 20M de Euros para la implementación de TDT	1 Billón de dólares en 10 años para convertir las señales de análogas a digitales. Existe un fondo específico para comerciales regionales	Subsidio significativo, 1.5 Billones de dólares para manejar la TDT.

Fuente: Spectrum Analysis, 2007¹⁸⁰

Impacto en la industria

Tabla 21 Comparación Marcos Regulatorios – Impacto en la industria

Item	ESPAÑA (DVB)	AUSTRALIA (DVB)	EE.UU. (ATSC)
Estructura de la Industria	Las antenas y torres de transmisión manejadas por Albertis Telecom (líder de infraestructura de comunicaciones en España)	Integrada verticalmente por más de 10 años,	Subsidio significativo, 1.5 Billones de dólares para manejar la TDT.

Fuente: Spectrum Analysis, 2007¹⁸¹

¹⁷⁹ Entrevistas Stakeholders por país, Spectrum Analysis, 2007, Descargado el 04 de mayo de 2008 desde <http://www.chiletelevisiondigital.com/informe-de-estudio-del-marco-regulatorio-para-la-television-digital>

¹⁸⁰ Ibid

¹⁸¹ Ibid

Otros

Tabla 22 Comparación Marcos Regulatorios – Otros

	ESPAÑA (DVB)	AUSTRALIA (DVB)	EE.UU. (ATSC)
Legislación inicial TDT	2000	2001	1997
Inicio del proceso de TDT actual	2005	2001	1997
ASO (Fecha límite)	2010	2010 - 2012	2009
Medidas para evitar la concentración	Limitación de 1 MUX por tipo de licencia en un área (Ej. Nacional, regional y local)	No hay restricción en compartir porcentaje de ventas	Se aplica la regla de múltiples dueños, limitación al número de canales que pueden ser de la DMA (Direct Marketing association)
DTH (Direct To Home) necesario para completar la cobertura	Presión por el incremento de cobertura de la TDT, incluye presión del gobierno si se requiere.	NO	SI
Acuerdos obligatorios	Se deben mantener los canales análogos hasta el ASO (Analogue Switch Off)	Ninguno	Diferencia entre satélite y cable: Todos las difusoras tienen derecho a ser transportadas en un cable libre de gastos; Satélite debe tener a todas las difusoras en un DMA.
Otras medidas para soportar la TDT	Marketing	Consortio Digital de Australia – maneja la transición hacia lo digital	Los distribuidores están obligados sólo a vender HDTV e iDTV desde el 2007.

Fuente: Spectrum Analysis, 2007¹⁸²

3.2.4.2 Plan de implementación de TDT en Colombia

Día se acerca más la decisión sobre que estándar implementar en nuestro país. Ya son muchas cosas las que se han dicho sobre un estándar y otro, se ha comentado bastante sobre las ventajas que cada uno de ellos, sin embargo, dentro de los factores que impactarán realmente con la decisión de la implementación de la TDT en Colombia es la interacción e impacto de los 4 ejes centrales (entre los cuales por supuesto se encuentra el técnico)¹⁸³:

Técnico¹⁸⁴

- Definición estándar → En negociaciones la situación indican preferencia Europea y norte americana, especialmente por las ayudas que se obtendrán de los respectivos gobiernos.
- Definición del espectro
- Definición fecha de entrada de TDT

¹⁸² Ibid

¹⁸³ TDT en Colombia, CNTV, Mayo 2007, descargado Abril 28 de 2008 desde: http://www.soluziona.es/htdocs/eventos/sz/Cartagena/cartagena_de_indias_mayo_2007_cntv.pdf

¹⁸⁴ Actualización de los estándares y mercado TDT, Andicom 2007, descargado Mayo 06 de 2008 desde: http://www.andicom.org.co/memorias/tv_digital/mauricio_samudio.pdf

- Definición Switch Off Analógico

Económico - Social¹⁸⁵

- Analizar requerimientos económicos para operadores e inversionistas
- Determinar relación costo – beneficio de la implementación de la Televisión Digital en Colombia para el Estado
- Costo implementación estaciones
- Costo implementación para los usuarios
- Costo implementación producción
- Impacto sobre la cadena de valor
- Hábitos de consumo y nuevos servicios

Para analizar el impacto socio – económico la CNTV ha adelantado una serie de estudios estadísticos contratando a la empresa Ipsos-Napoleón Franco sobre los hábitos de consumo de los televidentes colombianos, este estudio es para justificar y actualizar los insumos que se poseen para la implementación de la TDT. Dentro de los resultados obtenidos se tienen los siguientes¹⁸⁶:

- 7 de cada 10 colombianos ven televisión todos los días y 2 esporádicamente.
- 47% de los encuestados quieren mejores contenidos y más canales especializados.

Tan sólo estos resultados ya nos muestran dos cosas muy importantes, la primera acerca del potencial de negocio y mercado que la TDT puede tener en el país, casi un 70% de la población podría catalogarse como mercado objetivo de la TDT; lo segundo acerca de la necesidad de mejores contenidos y canales también pueden beneficiarse por el cambio tecnológico, la interactividad, una mejor calidad de imagen y sonido y la generación de opciones complementarias reforzarán las opciones de negocio¹⁸⁷.

Regulatorio¹⁸⁸

- Nuevas Licencias
- Nuevos Operadores
- Posibilidad de prestar el servicio de TV radiodifundida por suscripción
- Red única

La implementación de la TDT en Colombia va a permitir el mejor aprovechamiento del espectro radioeléctrico y por consiguiente el posible nacimiento de canales (públicos y/o privados) que van a requerir de la aprobación y la legalización por parte del gobierno para su funcionamiento. Estas licencias van a convertirse en un tema delicado para el estado, debido a que el número de canales podría crecer

¹⁸⁵ Ibid.

¹⁸⁶ Foro digital, CNTV 29 de Abril de 2008, descargado el 01 de mayo de 2008 desde: http://www.cntv.org.co/cntv_bop/noticias/2008/abril/29_04_08.html

¹⁸⁷ Ibid

¹⁸⁸ Ibid

significativamente, por tal motivo se deberán mantener barreras de entrada de tipo económico que limite un poco el ingreso, partiendo del hecho que el espectro no deja de ser un recurso finito

3.2.5 Televisión Interactiva

3.2.5.1 Qué es la televisión digital interactiva

La televisión digital interactiva trasciende la televisión tradicional, ya que permite la convergencia de diferentes mundos y cambia un canal de una vía del broadcasting por un canal de dos vías a través del cual se transmite información y se ofrecen servicios requeridos por los usuarios con una alta calidad y con características propias de la interactividad.

La televisión tiene una característica muy importante: es un medio más familiar y produce más confianza que otros, la cual genera un gran potencial para que los usuarios de la televisión digital interactiva accedan a nuevos, más y mejores servicios. La televisión digital interactiva, además de entregar imagen y sonido de alta calidad, promete cambiar el rol de los usuarios al convertirlos en participantes activos de la televisión digital.

La televisión digital no está restringida a un tipo de tecnología, ya que no solamente se distribuye por broadcast sino a través de cable y satélite, además también se distribuye como IPTV y a través de redes P2P (Peer-to-Peer) de usuario a usuario. La televisión digital interactiva tampoco está restringida a un tipo de servicio, ya que es medio multiaplicación que permite ofrecer servicios como una guía de programación electrónica o servicios de texto avanzado, información relacionada con la programación (tal como subtítulos multilingüe o estadísticas de deportes) y servicios interactivos más avanzados tales como servicios de compras o bancarios, pero por supuesto estos servicios interactivos avanzados requieren un canal de retorno para permitir un flujo de información en las dos vías. Adicionalmente, la televisión digital interactiva tampoco está restringida al televisor, ya que es posible recibir televisión en diferentes plataformas tales como: computadores, portátiles, consolas de juego, PDAs, teléfonos móviles y otros dispositivos.

Otra característica muy importante de la televisión digital interactiva es que es personalizada, ya que permite que el usuario pueda por ejemplo: pausar, retroceder y adelantar un programa o contenido de televisión utilizando el control remoto, almacenar el contenido en disco y mirarlo más tarde, saltar comerciales etc., pero además, la televisión digital interactiva puede hacer uso de modelos de preferencias de usuario, agentes y tecnologías inteligentes para proporcionar servicios más avanzados.

En cuanto a la interactividad de la televisión digital, ésta va más allá de la usabilidad, de criterios como la funcionalidad, efectividad y eficiencia, en ella HCI (Human Computer Interaction) cobra una gran importancia ya que se hace

necesario observar y analizar la experiencia humana o del usuario para lograr su completa satisfacción.

En un futuro existirá una gran cantidad de aplicaciones como el t-learning, que es una tecnología relativamente nueva y que combina e-learning con la televisión digital interactiva. La televisión analógica se utiliza para transmitir programas educativos pero en el t-learning, la televisión digital permite que el usuario tenga un papel activo en su proceso de aprendizaje, además que pueda personalizar su contenido y que éste sea multimedia de mejor calidad.

Existen muchas otras aplicaciones como las que permiten acceder a Internet a través de la televisión, etc. pero aunque se superen las barreras tecnológicas y estas aplicaciones funcionen correctamente, es necesario romper los patrones de uso actuales ya que ver televisión es una actividad grupal y es un proceso de recepción de contenido principalmente para entretenimiento.

3.2.5.2 Sistema de recepción de televisión digital interactiva

El equipo básico de un sistema de televisión digital además del televisor incluye un set-top box, el cual decodifica la señal y proporciona funcionalidad adicional como procesamiento y almacenamiento que hacen posible aplicaciones interactivas. Adicionalmente, debido a que la interactividad implica una comunicación en dos vías entre el usuario y la fuente, es necesario un canal de retorno tal como una línea PSTN/ISDN, una conexión por cable o de banda ancha conectada al set-top box.

Existen dos arquitecturas para los sistemas de recepción de televisión: iDTV y home Gateway¹⁸⁹.

- iDTV (Integrated Digital Television) contiene un decodificador digital integrado en el televisor que sería en principio un receptor híbrido (analógico y digital) y posteriormente un receptor solamente digital.
- Home Gateway es una iniciativa para permitir que todos los terminales de un hogar tengan acceso equitativo a todas las fuentes de información externas con total interactividad. Esta arquitectura es de tipo cliente/servidor, en ella, un set-top box (servidor), con una gran potencia de procesamiento y almacenamiento y que tiene una interfaz para todas las redes externas (cable, satélite, terrestre, ADSL y/o teléfono), se conecta directamente al televisor principal o pantalla en el hogar y a terminales más simples por medio de una red de alta velocidad interna cableada o inalámbrica.

¹⁸⁹BENOIT, Hervé. Digital Television Satellite, Cable, Terrestrial, IPTV, Mobile TV in the DVB Framework. Elsevier, 2008. p. 179-182.

3.2.5.3 Clasificación de la televisión digital interactiva

Los sistemas de televisión digital se pueden clasificar de acuerdo al tipo de interactividad que soportan¹⁹⁰:

- **Sistemas difusivos:** son aquellos en los que solamente se tiene un canal de la fuente de información al usuario, el cual se conoce como downstream.
- **Sistemas interactivos:** tienen un canal de retorno del usuario a la fuente de información, el cual se conoce como upstream.

Además se pueden establecer tres formas de televisión interactiva¹⁹¹:

- **TV Mejorada.** En ella se envía texto, gráficos y videos por broadcast, los cuales son accedidos por los usuarios a través de por ejemplo botones interactivos que aparecen en la parte superior del contenido que se encuentra en la pantalla del televisor.
- **TV personalizada.** En ella el usuario controla el contenido a través de dispositivos tales como PVR/PDR (Personal Video/Digital Recorders), los cuales pueden almacenar el contenido y proporcionar funcionalidades tales como pausar, detener, iniciar, retroceder, adelantar, etc. Además, los set-top boxes avanzados pueden ejecutar aplicaciones que personalizan el contenido de acuerdo a las necesidades y preferencias del usuario.
- **iTV completa.** En ella la comunicación es de dos vías a través de un canal de retorno. Los requerimientos del usuario y las respuestas del servidor pueden ser sincronizadas o enviadas al servidor en ciertos intervalos.

3.2.5.4 Middlewares de televisión digital interactiva

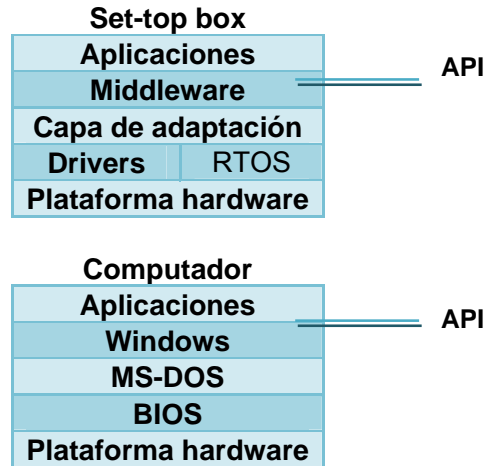
Un set-top box, al igual que un computador, es una plataforma hardware sobre la que se encuentra un sistema operativo y unos drivers, y sobre ellos una capa de adaptación y el middleware que hacen posible la ejecución de aplicaciones para los usuarios. El middleware permite lograr la independencia de la plataforma hardware de la aplicación, mientras que la capa de adaptación permite que la plataforma hardware soporte varios middlewares como se muestra en la Figura 67¹⁹².

¹⁹⁰ Lekakos, George, Chorianopoulos, Konstantinos, Doukidis, Georgios. Interactive Digital Television Technologies and Applications. , , . Hershey: IGI PublishInG, 2008. p. xi-xii.

¹⁹¹ Ibid

¹⁹² BENOIT, Hervé. Digital Television Satellite, Cable, Terrestrial, IPTV, Mobile TV in the DVB Framework. Elsevier, 2008. p. 159-161.

Figura 67 Capas de software de un set-top box



Fuente: *Digital Television Satellite, Cable, Terrestrial, IPTV, Mobile TV in the DVB Framework*¹⁹³

El middleware define el nivel de interactividad de las aplicaciones que se ofrecen a los usuarios. Todos los middlewares generalmente ofrecen dos niveles de interactividad:

- Interactividad local u off-line de tipo carrusel, que significa que el usuario solamente puede acceder a datos que son enviados por broadcast cíclicamente, por ejemplo las EGP (Electronic Program Guide).
- Una interactividad on-line, en la que el usuario se conecta a un servidor por medio un canal de retorno (modem telefónico o cable), el cual le permite al usuario acceder a datos remotos.

Existen receptores, comúnmente llamados “boxes zapper”, que no utilizan ningún middleware y que tienen un software de control propietario que no incorpora funcionalidades interactivas (online) reales pero que permite la recepción de programas de televisión con una EGP limitada a la información del programa actual y del siguiente. Hay middlewares propietarios y abiertos como por ejemplo el MHEG-5, que fue el primer middleware estandarizado para televisión digital.

MHEG

MHEG (Multimedia and Hypermedia Expert Group)¹⁹⁴ es un lenguaje descriptivo de presentaciones multimedia, comparable a HTML (HyperText Markup Language) para páginas hipertexto. Es un lenguaje declarativo, no procedimental como Java. MHEG se basa en un formato de intercambio de multimedia orientado a objetos independiente de la plataforma hardware y software en la que se ejecuta.

¹⁹³ BENOIT, Hervé. *Digital Television Satellite, Cable, Terrestrial, IPTV, Mobile TV in the DVB Framework*. Elsevier, 2008. p. 160.

¹⁹⁴ BENOIT, Hervé. *Digital Television Satellite, Cable, Terrestrial, IPTV, Mobile TV in the DVB Framework*. Elsevier, 2008. p. 167-168.

Una presentación multimedia MHEG es una aplicación MHEG o una escena MHEG. Una aplicación MHEG es un agrupamiento de escenas MHEG. Una escena MHEG está compuesta principalmente por tres grupos de objetos:

- Objetos interactivos como botones
- Objetos enlace que definen procesos disparados por acciones de los usuarios en objetos interactivos
- Objetos presentación controlados por los objetos enlace mencionados anteriormente

Existen diferentes versiones de MHEG:

- MHEG-1 a 4: los antecesores de MHEG-5.
- MHEG-5: el más importante, consume pocos recursos.
- MHEG-6: una extensión de MHEG-5. Contiene una máquina virtual que permite la inclusión de aplicaciones basadas en un lenguaje procedimental.
- MHEG-7: define procedimiento de prueba y conformidad de aplicaciones MHEG-5
- MHEG-8: un proyecto dirigido a combinar XML y MHEG.

MHP

Por otro lado, el consorcio DVB decidió resolver el problema de interoperabilidad entre software y hardware, y desarrolló el estándar MHP (Multimedia Home Platform), que está basado en estándares abiertos, hace un uso eficiente del ancho de banda y garantiza neutralidad con respecto al sistema de acceso¹⁹⁵.

La arquitectura MHP tiene tres niveles: recursos, software del sistema y aplicaciones como se muestra en la Figura 68.

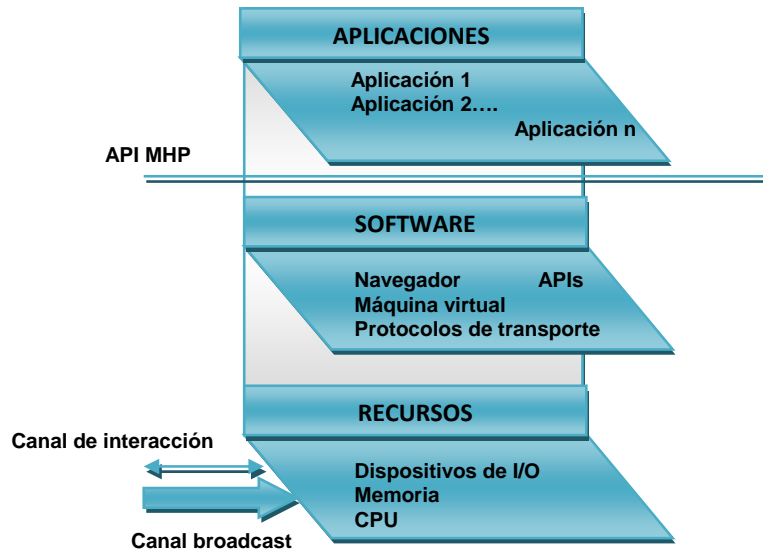
Recursos: incluyen todas las partes esenciales de un set-top box.

Software del sistema: permite la presentación de una vista abstracta de la plataforma a las aplicaciones. El núcleo del software de MHP se llama DVB-J (DVB-Java) que está basado en la Máquina Virtual de Java.

Aplicaciones: acceden a la plataforma hardware a través de la API MHP. Esta API define una interfaz de software genérica entre aplicaciones interactivas de diferentes proveedores de servicios y los terminales en los que ellas se ejecutan que permite lograr la independencia entre las implementaciones hardware y software.

Figura 68 Niveles de la arquitectura MHP

¹⁹⁵ BENOIT, Hervé. Digital Television Satellite, Cable, Terrestrial, IPTV, Mobile TV in the DVB Framework. Elsevier, 2008. p. 168-171.



Fuente: *Digital Television Satellite, Cable, Terrestrial, IPTV, Mobile TV in the DVB Framework*¹⁹⁶

Se han definido tres perfiles para el estándar MHP¹⁹⁷:

- Perfil broadcast mejorado: solamente hace uso de servicios broadcast unidireccionales.
- Perfil broadcast interactivo: adiciona soporte para servicios interactivos que requieren solamente un canal de retorno de baja velocidad a través de la red telefónica.
- Perfil de acceso a Internet: adiciona las funcionalidades suplementarias generadas por el acceso a Internet dentro de los límites de la pantalla de televisión. Requiere una conexión de más alta velocidad.

Estos perfiles se encuentran ordenados por funcionalidad, lo cual implica una mayor potencia de procesamiento y complejidad de hardware. Además, otros perfiles se adicionarán en el futuro.

MHP puede soportar varias aplicaciones como EPG, servicios de información, aplicaciones enlazadas a los programas de televisión (juegos, etc.), comercio electrónico (e-commerce) con transacciones bancarias seguras, etc.

3.2.6 Televisión Digital Terrestre para Móviles

¹⁹⁶ BENOIT, Hervé. *Digital Television Satellite, Cable, Terrestrial, IPTV, Mobile TV in the DVB Framework*. Elsevier, 2008. p. 170.

¹⁹⁷ BENOIT, Hervé. *Digital Television Satellite, Cable, Terrestrial, IPTV, Mobile TV in the DVB Framework*. Elsevier, 2008. p. 168-171.

El estándar DVB-H (Handheld) es una extensión del estándar DVB-T y permite la recepción de programas de televisión en terminales portables y móviles de tamaño relativamente pequeño. Una de las principales metas de DVB-H es evitar la limitación inherente a la tecnología UMTS con respecto al número de terminales que pueden recibir el mismo programa de televisión a la vez y además al ancho de banda que cada receptor requiere (TV en UMTS es un tipo de sistema unicast donde cada receptor recibe su propio flujo por lo que cada receptor requiere un ancho de banda independiente)¹⁹⁸.

Existen otros estándares de televisión digital móvil como T-DMB, el cual es una adaptación Coreana del estándar T-DAB (Digital Audio Broadcasting) y además ISDB-T, que fue diseñado pensando en la portabilidad.

Es importante tener en cuenta que la televisión digital móvil enfrenta problemas relacionados con las características del dispositivo como la disminución de la calidad del video debido al tamaño de las pantallas, lo que representa un desafío importante que consiste en la producción de contenido adecuado a los móviles.

Para concluir, es probable que la televisión analógica y la televisión digital tengan que compartir el mercado por algún tiempo, pero también es cierto que el progreso de las tecnologías ha producido una disminución en los precios de los televisores, además ha generado nuevos y más eficientes estándares de compresión que hacen posible pensar en una adopción futura de la televisión digital.

Hasta ahora, el éxito comercial de la televisión terrestre digital no ha sido tan alto, probablemente debido a que difícilmente puede competir con el gran número de programas ofrecidos por satélite y cable, lo que hace necesario que la televisión terrestre digital tenga un espacio de transmisiones libre para que pueda llegar a la población que aún no está preparada para pagar por una suscripción.

La televisión ya no tiene modelos de negocios de broadcasting sino que genera nuevos modelos y oportunidades de ingresos basados en las capacidades digitales e interactivas de la televisión que permiten ofrecer diferentes contenidos multimedia de calidad.

Finalmente, en cuanto al estándar, existen muchos factores que se deben considerar cuando se selecciona un sistema de transmisión, no solo los parámetros de desempeño tecnológico del mismo, sino los servicios y principalmente las políticas del país en cuanto a relaciones económicas, comerciales etc.

¹⁹⁸ BENOIT, Hervé. Digital Television Satellite, Cable, Terrestrial, IPTV, Mobile TV in the DVB Framework. Elsevier, 2008. p. 193-194.



Av Calle 100 No. 19 - 61 Piso 8
TEL: 635 3538 Fax: 635 3336/38
Bogotá D.C. Colombia