



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO.**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**“PLANEACIÓN Y DISEÑO DE UNA RED DE ACCESO CONVERGENTE
Y ESCALABLE DE ALTA VELOCIDAD UTILIZANDO LA
INFRAESTRUCTURA DE COBRE YA EXISTENTE Y FIBRA HASTA EL
USUARIO FINAL EN UN ÁREA CON USO DE SUELO MIXTO
URBANO EN LA CIUDAD DE MÉXICO”**

TESIS.

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES E
INGENIERO ELÉCTRICO – ELECTRÓNICO**

PRESENTAN:

**CARLOS ARTURO NAVARRETE MARTÍNEZ.
FRANCISCO SEGUNDO SANTIAGO.
JOSÉ ALBERTO MARTÍNEZ LUNA.
LUIS ÁNGEL MORALES MEJÍA.
NESTOR JAVIER HERNÁNDEZ VÁZQUEZ.**

DIRECTOR DE TESIS:

M.C. EDGAR BALDEMAR AGUADO CRUZ.



MEXICO, D.F

2014



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

Luis Ángel Morales Mejía

Un logro más en la vida, un sueño más y una bendición más, la cual fue posible gracias a todos mis profesores a lo largo de mi vida, pero en especial a los de la Facultad de Ingeniería; quienes formaron mi vocación con paciencia y esmero.

Esta bendición la agradezco a mis Padres Isabel Mejía y Heriberto Morales quienes han estado y siempre estarán a mi lado motivando y dándome la fuerza para desarrollarme profesionalmente y en todo sentido, a mi hermano Julio Cesar quien nunca dejó que me diera por vencido o dejara de perseverar para lograr esta meta, les agradezco con todo mi amor.

Por último elevo el mas grande agradecimiento a mi Familia, mi esposa Anayeli quien siempre me apoyo en la obtención de este grado, brindándome su comprensión y amor en las noches de desvelo, y a mis hijas Jamila y Danna a quienes les dedico este momento esperando poder darles lo necesario para algún día verlas en mis zapatos.

José Alberto Martínez Luna.

Primeramente a Dios, quien me ha permitido llegar a este momento tan importante de mi vida. Gracias por todo lo que me ha brindado: familia, amigos, paciencia, sabiduría y entereza.

A mis profesores de la Facultad quiero darle las gracias por compartir sus conocimientos y experiencias durante mi formación universitaria y que han sido una herramienta valiosa para desempeñarme con éxito en mi vida profesional.

Gracias a mi familia, mis padres y mis hermanas Ángeles, Laura y Susy; quienes me han apoyado en todo momento durante mi vida, a su lado he celebrado los logros conseguidos y han sido mi apoyo en los instantes más difíciles durante toda mi vida; no sé que hubiera hecho si no estuvieran a mi lado. A mis abuelos, quienes me cuidan desde el cielo, quiero darles las gracias por todos sus consejos y enseñanzas que me han servido afrontar con entereza

todos los obstáculos que he tenido en esta vida y estoy seguro que aún siguen cuidándome donde sea que estén.

A todas las personas que he conocido a lo largo de mi vida y que han compartido conmigo sus experiencias, que me han guiado en esta vida sin que esto sea su obligación, con quien he tenido metas comunes y que hemos alcanzado con trabajo en equipo. Gracias a mis amigos Ricardo y Jesús por acompañarme en momentos tan difíciles lejos de casa, por ser incondicionales.

Francisco Segundo Santiago

Agradezco el esfuerzo y trabajo de mis profesores en la Facultad de Ingeniería, el apoyo y ejemplo de mis padres Francisco Segundo y Rosa Santiago, por su paciencia, por los valores y amor con que me guiaron, espero la vida me dé tiempo suficiente para agradecerles cuanto han hecho por mí, a mis hermanas y amigos por el cariño y la confianza que en mí depositan. Agradezco también al equipo de boxeo de la UNAM por la disciplina y carácter que inyectaron durante mi formación, a las personas que me han acompañado en todos los escenarios de mi vida, un camino lleno de esfuerzo el cual me ayudan a recordar con una sonrisa, a mis seres queridos que viven en mi memoria.

Agradezco especialmente a Angelina Piña, quien con amor ha sabido encontrar y mostrarme lo mejor de mí, por permitirme forjar más metas.

Carlos Arturo Navarrete Martínez

Le doy las gracias a mi Universidad y en especial a la Facultad de Ingeniería, por haberme dado una formación de excelencia como ingeniero. A mi madre Bertha Martínez, quien actuó como padre y madre a la vez dándome siempre el apoyo que necesite. A mi padre Arturo Navarrete quien desde el cielo me guió por mi camino. A mis hermanos Adriana y Noe, con los cuales viví grandes momentos de mi vida y que a pesar de los altibajos de la vida, siempre han estado conmigo. A mis hermanitos Esmeralda y Victor, de los cuales me es un orgullo ser un modelo a seguir. A mi tía María Elena, por haberme cuidado y a quien siempre tendré en mi corazón. A mi esposa Fu Jung Shih, mi media naranja con la cual comparto mi vida, sueños e ilusiones. A mi hija Karin

Jazmín, quien es mi nueva razón para seguir viviendo. A Manuel Torres, por haber cuidado a mi madre y a mis hermanos y además por darme el apoyo.

Néstor Javier Hernández Vázquez

Quisiera empezar agradeciendo a mis Padres Francisco Javier Hernández e Irma Vázquez y a mis hermanos Laura Hernández Vázquez y Rafael Hernández Vázquez que me enseñaron los valores y el amor, pero sobretodo la paciencia que tuvieron conmigo. Agradezco a mi esposa Sílvia Morfin que me ha regalado lo más hermoso en mi vida mis hijos Leonardo y Valeria que son mi razón de vivir y me dan ese impulso de seguir adelante. También agradezco a los profesores y a la Facultad de Ingeniería quienes tienen la responsabilidad de formar a los Ingenieros del mañana y que nos dejaron ser parte de la comunidad universitaria.

Sé que he dejado de mencionar a muchas personas que me ayudaron a lograr este objetivo, a todos ellos un gracias.

AGRADECIMIENTO GRUPAL

Especialmente queremos dar las gracias este grupo de compañeros y amigos formado por Carlos Arturo Navarrete Martínez, Francisco Segundo Santiago, José Alberto Martínez Luna, Luis Ángel Morales Mejía y Néstor Javier Hernández Vázquez, por su dedicación, esfuerzo y tiempo para realizar en conjunto este trabajo de tesis. También a nuestro director de tesis, M.C. Edgar Baldemar Aguado C., por dedicarle parte de su valioso tiempo en guiarnos durante la elaboración de este trabajo escrito. Finalmente al Programa de Apoyo a la Titulación (PAT), que hizo posible que este grupo de trabajo se reuniera para lograr su objetivo común de culminar la titulación de Licenciatura

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	12
1.- MARCO TEORICO.....	14
1.1.- Historia de las Telecomunicaciones en México.....	14
1.2.- El Espectro Electromagnético.	20
1.2.1- Ondas de Radio Frecuencia.....	21
1.2.2- Microondas.....	22
1.2.3- Infrarrojo.....	23
1.2.4.- Luz.....	24
1.2.5.- Ultravioleta.....	24
1.2.6.- Rayos X.....	25
1.2.7.- Rayos Gamma.....	26
1.3.- Evolución Histórica de la banda angosta en México.	27
1.3.1. Telefonía en México.....	27
1.3.2. Radiocomunicaciones en México.....	28
1.3.3 Situación Actual.....	28
1.3.4 Análisis Espectral de la ocupación actual de la Banda Angosta.....	30
1.4 Evolución Histórica de la Banda Ancha en México.....	32
1.4.1 Definición de Banda Ancha.....	32
1.4.2 Evolución Histórica de La Banda Ancha.....	32
1.4.3 Historia de la Banda Ancha en México.....	36
2.- ESTÁNDARES Y NORMATIVIDADES APLICABLES.....	38
2.1.- Ley Federal de Telecomunicaciones.....	38

2.1.1.- Antecedentes Históricos.	38
2.1.2.- La Ley Federal de Telecomunicaciones: Normalización de los servicios de acceso de alta velocidad.	40
2.2.- Normatividad y Estándares Nacionales.....	42
2.3.- Estándares Internacionales.....	49
2.3.1.- Categorías de estándares.	50
2.3.2.- Tipos de Organizaciones de estándares.	50
2.3.3.- ISO: Organización Internacional para la Estandarización.....	51
2.3.4.- La ITU: Unión Internacional de Telecomunicaciones.	51
2.3.5.- La IEEE	52
2.3.6.- La ANSI.....	52
2.3.7.- La EIA.....	53
2.3.8.- La TIA.....	53
3.- ESTADO ACTUAL DE LA BANDA ANCHA Y ESTRECHA.....	55
3.1.- La importancia de la velocidad de navegación en la red de acceso.	55
3.1.1.- Introducción	55
3.1.2.- Conectividad.....	57
3.1.3.- Consejos generales para acelerar la navegación.....	59
3.2.- Historia del xDSL	60
3.2.1.- Introducción	60
3.2.2.- Presentación de la familia xDSL.....	61
3.3 La tecnología de acceso de banda ancha actual: ADSL2+	65
3.3.1 Características Técnicas de ADSL2+	65
3.4 La Tecnología de Acceso de Banda Angosta Actual: POTS	69

3.4.1 Redes Conmutadas.....	70
3.4.2 Conmutación de Circuitos	70
3.4.3 Red de Telefonía Pública Conmutada	73
3.5.- Las tecnologías de acceso inalámbricas.....	74
3.5.1 Tipos de redes inalámbricas.	75
3.6 Servicios de la Red de Acceso.....	79
3.6.1 Internet Residencial	80
3.6.2 VoIP	80
3.6.3 IPTV	81
3.6.4 VPN.....	81
3.6.5 Videoconferencia.	82
3.6.6 Telepresencia.....	83
3.6.7 Enlaces de Datos	83
4.- GPON: RED ÓPTICA PASIVA CON CAPACIDAD GIGABIT.	85
4.1.- Introducción.	85
4.1.1- Redes Ópticas Pasivas	85
4.1.2- Elementos de las Redes Ópticas Pasivas.....	86
4.2.- La tecnología GPON: Red Óptica Pasiva con Capacidad Gigabit.....	89
4.2.1 Generalidades de GPON.....	89
4.2.2 Recomendaciones ITU de la tecnología GPON	92
4.2.3 Funcionamiento de la red GPON.	93
4.2.4 Protección de la red GPON.....	97
4.3.- Escenarios de implementación de la tecnología GPON.	99
4.3.1. FTTH Fibra hasta el hogar.....	99

4.3.2. FTTB Fibra hasta la acometida del edificio.	100
4.3.3. FTTC Fibra hasta la cabina.	101
4.3.4. FTTN Fibra hasta el nodo.....	102
4.3.5 Escenarios FTTx mixtos.....	103
4.4.- Ventajas del uso de GPON en la implementación de una Red de Acceso Nueva....	105
5.- VDSL2: LINEA DE ABONADO DIGITAL DE ALTA VELOCIDAD	109
5.1. La tecnología VDSL2: Línea de Abonado Digital de Alta Velocidad.	109
5.1.1. Protocolo ITU-T G.993.2.	111
5.1.2. Modulación.	111
5.1.3. Modo de Transmisión.....	113
5.1.4. Planes de Banda.	114
5.1.5. Perfiles de los diferentes modos de implementación.....	117
5.1.6 Régimen Dúplex.	120
5.2. El VDSL2+ utilizado en conjunto con GPON.	121
5.3. Ventajas del uso del VDSL2 en redes de cobre.	126
6.- SERVICIOS A IMPLEMENTAR EN UN ÁREA CON USO DE SUELO MIXTO URBANO.....	131
6.1. Servicio de internet a través de la red VDSL2 + GPON.....	131
6.1.1 Generalidades.....	131
6.1.2. Infraestructura de la red de acceso FTTB/FTTN.....	132
6.1.3 Interacción de la Red GPON en los Servicios de Datos.	137
6.2 Servicios de VoIP a través de la red VDSL2 + GPON.....	139
6.2.1 Definición de VoIP.....	139
6.2.2- Elementos de una red VoIP.	140

6.2.3 El protocolo de señalización: SIP	141
6.2.4 El protocolo de transmisión de media RTP y RTCP.	142
6.2.5 CODECS a utilizar para la telefonía IP.....	144
6.3.- Servicios de IPTV a través de la red VDSL2 + GPON.....	146
6.3.1 IPTV Tipos de Servicios	148
6.3.1.1 Broadcast IPTV	150
6.3.1.2 Video sobre Demanda (VoD)	150
6.3.1.3 Protocolos para IPTV	151
6.3.1.4 Calidad de Servicio para IPTV.....	152
6.3.2 Tecnología GPON+ VDSL2 para Redes de distribución IPTV.....	153
7.- ESCALABILIDAD DE LA RED DE ACCESO GPON+VDSL2.....	155
7.1.- Utilización de la red de Acceso GPON para mobile backhaul.	155
7.2.- Utilización de la red de Acceso GPON para servicios empresariales.	159
7.2.2 Soluciones GPON empresariales, FTTH.	161
7.3.- La evolución de GPON: 10 GPON.	163
7.3.1 Descripción de estándar 10GPON.....	163
7.3.2 Redes Ópticas Pasivas de nueva generación: WDM-PON	165
7.4.- El futuro de VDSL2.	168
7.4.1 Limitaciones del DSL.....	168
7.4.2 Panorama Actual.....	169
7.4.3 Tecnología VDSL2 Modo Fantasma.....	170
7.4.4 Tecnología VDSL2 Vectorización.....	171
8.- PLANEACION Y DISEÑO DE UNA GPON + VDSL2 EN UN AREA CON USO DE SUELO MIXTO RESIDENCIAL DE LA CIUDAD DE MEXICO.....	173

8.1 Estudio y caracterización de tres áreas con distinto tipo de uso de suelo en la Ciudad de México.	173
8.1.1 Análisis de un Zona de uso de suelo Residencial.	175
8.1.2 Análisis de una Zona de uso de suelo industrial y de servicios.....	177
8.1.3 Análisis de un área con uso de suelo mixto.....	179
8.1.4 Análisis de factibilidad de la implementación de una red de acceso GPON+VDSL2 en las diferentes zonas de uso de suelo.	182
8.2 Planeación de la red de acceso GPON+VDSL2 en un área con uso de suelo mixto residencial en la ciudad de México.....	186
8.2.1 Modelado de una zona de uso de suelo mixto residencial en la ciudad de México.....	186
8.2.2 Caracterización de equipo necesario para implementación de una red GPON+VDSL2 en un área con uso de suelo mixto residencial en la ciudad de México.	192
8.2.3 Estudio de las necesidades de consumo de ancho de banda en una zona de uso de suelo mixto de la Ciudad de México.....	202
8.3 Diseño de la red de acceso GPON+VDSL2 en un área con uso de suelo mixto residencial en la ciudad de México.....	205
8.3.1 Infraestructura de la red de cobre existente en el modelo de la zona con uso de suelo mixto residencial.....	206
8.3.2 Justificación del uso de Carrier Ethernet como tecnología de transmisión de información.	214
8.3.2.1 Modelado de la red de transmisión para equipos de acceso en la Zona con uso de Suelo Mixto.....	215
8.3.3 Estructura de la red de acceso ODN.....	216
8.3.4 Diseño de la red GPON+VDSL2 como complemento de la red de cobre existente en el Modelo.	218
8.3.5 Ventajas de la implementación GPON+VDSL2 en nuestro modelo.	229
8.3.6 Escalabilidad.	230
CONCLUSIONES.....	231

GLOSARIO.....	234
Bibliografía.....	240

INTRODUCCIÓN.

En la actualidad se tiene la Ciudad de México una gran infraestructura de cobre que se encuentra subutilizada, dado que las tecnologías que se utilizan datan de más de 20 años, lo que conlleva a tener limitantes con respecto al ancho de banda que puede proveerse al usuario final.

Actualmente tenemos tecnologías POTS para los servicios de telefonía, tecnologías de ADSL para los datos, enlaces empresariales por medio de E1 y microondas para enlazar las BTS. Todo esto conlleva a que se tengan diferentes tipos de elementos de red, generando costos en su mantenimiento y administración.

Se planea complementar la infraestructura ya existente con una red de alta velocidad basada en tecnología GPON.

La propuesta de la solución se basa en dos tecnologías para resolver los problemas planteados previamente:

- GPON: Con 2.5Gbps en la bajada y 1.25Gbps para la subida, esta tecnología es la tendencia mundial hacia la cual la red de acceso se encuentra avanzando. En sus diferentes escenarios: Fibra hasta el hogar, fibra hasta el gabinete, fibra hasta el edificio, y fibra hasta el poste, pueden mezclarse para ofrecer una amplia variedad de servicios, como lo sería: el acceso a internet y telefonía VoIP por medio de fibra óptica hasta el hogar, para aquellos usuarios donde el cobre, aun no se encuentre instalado. Esta tecnología es altamente escalable, la cual también puede trabajar y mezclarse para los siguientes servicios: Mobile Backhaul, servicios empresariales, etc.
- VDSL2: Una tecnología ya bastante madura, que al ser implementada en conjunto con la tecnología GPON en el escenario de fibra hasta el gabinete, puede llegar a dar velocidades de 100M en la bajada para el acceso a internet de los usuarios y que se puede ocupar para dar servicios de VoIP. Se utilizaría para substituir el ADSL puesto que al ser mezclarse con el GPON, las desventajas del VDSL se pueden cubrir.

Se supone a alguna compañía de telecomunicaciones que actualmente tenga planta externa de cobre ya instalada y en operación.

La solución para implementar la red de alta velocidad sería la siguiente:

1.- Se diseñará una nueva red de fibra óptica de acceso, para aquellos usuarios completamente nuevos (es decir, nuevos conjuntos residenciales, o regiones en las cuales actualmente no se tiene cobertura de cobre), por lo que se tendría fibra hasta el usuario final.

2.- Para aquellos usuarios en donde haya cobre, se propondrá y diseñarán distritos en los cuales se utilizaría la misma red de fibra óptica de acceso GPON como la alimentadora de la red VDSL2 que finalmente llegaría al usuario, por lo que se tendría el escenario de fibra hasta el gabinete – cobre al usuario.

1.- MARCO TEORICO

1.1.- Historia de las Telecomunicaciones en México.

El hombre siempre ha tenido la necesidad de estar en contacto con sus semejantes desde su aparición en el planeta, lo que lo ha llevado a buscar medios eficaces que le permitan estar comunicación a cualquier hora y en cualquier lugar sin importar la distancia y las barreras geográficas existentes.

Los primeros avances importantes en las telecomunicaciones se dieron durante el siglo XIX ya que con el dominio sobre el uso de la electricidad y con el desarrollo vertiginoso de las matemáticas y la física se logró la creación del primer medio que permitía la comunicación a distancia, de manera eficaz e instantánea.

En México la llegada del telégrafo fue en 1850 y en 1851 se puso en funcionamiento la primera línea telegráfica en la Ciudad de México y el poblado de Nopalucan, Puebla, la cual se extendería hasta el puerto de Veracruz en 1852. En 1853 se construyó la segunda línea telegráfica, que comunicó a las ciudades de México y León, Guanajuato. Durante el gobierno de Porfirio Díaz (1879-1911) se dio el mayor impulso a la ampliación de la red telegráfica, pasando en este periodo de 8000 km de líneas existentes a más de 40,000 km a fines de 1911. Se crea además, en 1878, la Dirección General de Telégrafos Nacionales quien se encargaba de vigilar la explotación adecuada del telégrafo en el país.

En nuestro país la primera línea telefónica que se puso en funcionamiento interconectó a las comisarias existentes en la Ciudad de México con la oficina del gobernador y con el Ministerio de Gobernación, esto fue a fines de 1878 y la concesión se otorgó a la compañía Alfred Westrup y Co. En 1881 dio inicio la construcción de la primera red de telefonía en el Distrito Federal por parte de la M. L. Greenwood y el servicio a los usuarios sería prestado por gobierno a través de la Compañía Telefónica Mexicana. Los primeros usuarios de este nuevo servicio fueron los bancos y las empresas asentadas en la ciudad, así como las familias acaudaladas, dado que su alto costo impedía al resto de la población poder adquirir el servicio además de considerarlo obsoleto pues se contaba con el telégrafo que les resultaba más funcional. En 1883 se

entabla la primera línea de larga distancia internacional entre las ciudades de Matamoros, Tamaulipas y Brownsville, Texas. En 1893 el servicio telefónico se otorgaba en las grandes ciudades del país como Guadalajara, Monterrey, San Luis Potosí, León, Mérida, Oaxaca, etcétera, el servicio era proporcionado por pequeños inversionistas privados y auspiciado por los gobiernos estatal y federal, llegando a contar con casi 4000 usuarios a finales del siglo XIX.

Ante la demanda de un mayor y mejor servicio telefónico las diferentes empresas que ofrecen el servicio en México, a partir de 1905, comienzan a fusionarse con diversas compañías extranjeras, entre ellas la Internacional Telephone and Telegraph Co. y la Empresa de Teléfonos Ericsson. En 1910 se contaba con más de 12,400 aparatos telefónicos instalados en todo el país y la red constaba de 20 centrales telefónicas y casi 10,000 km de cableado.

El levantamiento armado de 1910 impidió un mayor crecimiento de la infraestructura de telecomunicaciones en nuestro país. Se vislumbraba que la red telegráfica se expandiera hasta los 80, 000 km y que se contara con 40, 000 aparatos telefónicos antes de 1920. La Compañía Telefónica y Telegráfica Mexicana y Ericsson reportaban para ese año un total de 29,000 teléfonos operando en todo el país, además de cuantiosas pérdidas en infraestructura de líneas y centrales causadas por los enfrentamientos armados.

Sin embargo con el término del movimiento revolucionario en México y con un periodo de paz durante los años veinte se dio un nuevo repunte en la construcción de la red telegráfica y telefónica en el país. A su vez, fue en esta década cuando llegó al país la radio, el 27 de septiembre 1921 se realizó la primera transmisión exitosa desde la Ciudad de Córdoba. Si bien, el interés de los empresarios por invertir en este nuevo medio de comunicación masiva era enorme, no existía un organismo gubernamental que rigiera la asignación de frecuencias para las radiodifusoras y vigilara su funcionamiento, por lo cual la naciente Liga de la Radio Mexicana, un organismo que conjuntaba a todos los sectores involucrados en el proyecto radiofónico en el país, presentaron, en 1922, al gobierno federal el primer reglamento para la operación y administración de las radiodifusoras. En 1923 comenzaron transmisiones las primeras estaciones experimentales conocidas como I-J y la JH, esta última fue adquirida por la

Secretaría de Guerra y Marina convirtiéndola así en la primera estación de radio oficial a nivel nacional. Fue tal el éxito que, dada la gran cantidad de solicitudes que tenía el gobierno por parte de empresas nacionales y extranjeras para instalar nuevas radiodifusoras, en 1924 se creó el Departamento de Radio adscrito a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes que sería el encargado de otorgar las concesiones y ser el rector que vigilará la correcta explotación del servicio.

El impacto de la radio fue tal, que no solo sirvió como medio de entretenimiento, sino que sirvió como medio informativo, dando a conocer a los usuarios, que año con año crecían en cantidad, dando como resultado que la radio también fuera vista como un negocio, porque se transmitirían spots publicitarios, con lo que el mercado comercial se vería beneficiado atrayendo a nuevos compradores. Las grandes estaciones y consorcios radiofónicos aparecen en 1934, la XEW, XEB (las cuales siguen al aire hasta nuestros días) y en 1937 se funda la Asociación Mexicana de Estaciones Radiodifusoras (AMER), asociación cuyo objetivo principal era defender los intereses comunes de todas las empresas que invertían en la radio mexicana.

Durante el gobierno del presidente Lázaro Cárdenas se dio un impulso importante al desarrollo de las telecomunicaciones en México (teléfono, telégrafo y radio) y a una naciente industria televisiva. Fue en 1923 cuando se obtiene la primera patente por la invención de la televisión, que podía transmitir imágenes en movimiento y sonido al mismo tiempo y ser vistos en un aparato receptor (televisor) En nuestro país se comenzó a experimentar con esta nueva tecnología en 1934 y fue hasta 1947 que se consigue transmitir por primera vez imágenes televisivas en nuestro país. En 1949 se publica el primer reglamento sobre el uso y explotación de la televisión, en el cual se establece que solo se transmitirían programas culturales y de interés social.

Con la llegada de la televisión se buscó la mejor manera de hacer llegar las señales a los usuarios que se encontraban fuera de las grandes urbes y que, por cuestiones de distancia, la señal no llegaba hasta sus hogares, lugares donde no existía una televisora local. Fue por ello que desde mediados de los años 30, en Estados Unidos y en Europa se comenzaron hacer investigaciones para lograr transmitir señales electromagnéticas a mayores distancias y con buena calidad de información que pudieran transmitir información útil, fue así como nacieron los primeros radioenlaces de

microondas en la banda de los 400 MHz y cuya primera aplicación útil la encontraron en la invención del radar, con fines bélicos. Después de concluida la Segunda Guerra Mundial, muchos de los desarrollos tecnológicos militares comenzaron a aplicarse a las telecomunicaciones convencionales, con lo que la telefonía y telegrafía, la radio y la televisión se vieron muy beneficiadas, porque con la aplicación de las microondas como medio de transmisión ya no era necesario tender líneas de cable de cobre entre las ciudades y poblados, sino que ahora se construirían repetidoras de señales de microondas, con lo cual se reducía costos y se tenía acceso a lugares de difícil geografía. En 1954 se construyen la primera ruta de estaciones de microondas en el país, conocida como la ruta de Occidente que interconectaba a las ciudades de México y Guadalajara, y la ruta del sureste que enlazaría a los estados de esta región del país. Posterior a ello se amplían las estaciones repetidoras de microondas. El gran auge se debió, principalmente, a las empresas de televisión y a Teléfonos de México, que concentraba para finales de 1958 el 80% de los usuarios de telefonía fija en el país y tenían la capacidad de invertir en este tipo de tecnologías.

Un salto significativo en el mundo de las telecomunicaciones fue la invención de los sistemas satelitales y el acelerado desarrollo de la informática, cuya punta de lanza fue la aparición de los primeros equipos de cómputo y su culminación estuvo en la creación de la red de interconexión global Internet. Aunque la incursión de México en el desarrollo de tecnología satelital fue desde la década de los 60's, fue hasta 1985 cuando puso en órbita el primer satélite que sería controlado por ingenieros mexicanos, el Morelos I y a finales de ese mismo año se pone en funcionamiento el Morelos II, antecesores del actual sistema de satélites mexicanos SATMEX, que comenzaron a operar en 1998, con el lanzamiento de SATMEX 5, y en 2005 se puso en órbita SATMEX 6, pensados en ofrecer servicios de comunicación a todas las entidades del país, principalmente televisión educativa y telefonía rural. Además de este sistema, están por ponerse en órbita los satélites que conformaran el sistema Mexsat, el cual entrar en funcionamiento a principios del 2014.

En 1989 se hacen las primeras pruebas en México para instaurar el servicio de Internet y, igual que en Estados Unidos, en nuestro país el uso del Internet solo estaba restringido a ser usado por las universidades y las entidades gubernamentales, hasta

1995 cuando el internet se volvió comercial, siendo el periódico La Jornada la primer empresa en conectarse a la red y contar con su propia página. La primera institución rectora del este servicio fue el Tecnológico de Monterrey, a través del Centro de Información de Redes en México (NIC-México) que era el encargado de asignar los dominios y las direcciones IP donde se alojaban los sitios web de las instituciones. Con la apertura de las telecomunicaciones y dada la alta demanda por las empresas de adquirir su página de internet. Teléfonos de México (TELMEX) comenzó a invertir en esta tecnología, además de hacerla alcanzable a la población por medio de las líneas telefónicas existentes con enlaces de 56 kbps y para las empresas con enlaces de 2 Mbps.



Figura 1.1 Estructura del sistema satelital Mexsat¹

Sin embargo, dadas las demandas de los consumidores por contar con mayores velocidades de conexión a la red y dados los nuevos avances para incrementar las velocidades de transmisión de paquetes sobre par de cobre, a mediados del 2002, comienzan a aplicarse las tecnologías xDSL, que proporcionaban velocidades de hasta 24 Mbps.

De todas las tecnologías anteriormente descritas ninguna ha tenido un impacto de posicionamiento tan rápido como lo ha sido la telefonía móvil o telefonía celular: fue en

¹ Sánchez Onofre, J. (2012, 27 de noviembre) Mexsat costará 21,000 mdp. En: *El Financiero*, p1

1989 cuando este servicio apareció por primera vez en México, de manos de las compañías Iusacell y Telcel, quienes instalaron sus primeras estaciones de servicio en el Distrito Federal, cuyas bandas de operación eran la de 900 MHz, para los servicios de voz. Fue hasta 1997, cuando la Comisión Federal de Telecomunicaciones (COFETEL) licitó la banda de los 1900 MHz que comenzó la competencia entre las compañías de telefonía celular por acaparar más clientes y que conllevó a la ampliación de la red a nivel nacional. Aparecieron nuevos proveedores del servicio, Pegaso (que posteriormente sería adquirida por la empresa Movistar), Unefon, Nextel, que ya no solo ofrecían servicios dedicados de voz, sino que era posible el envío de datos entre los usuarios. La popularidad de este servicio fue tal, que para principios del año 2000 existían en México 14 millones de líneas móviles y para finales del 2009 el total era de 35 millones de líneas. El éxito era tal que los usuarios de telefonía celular ya superaban en cantidad a los de línea fija, que en ese entonces sumaban 20 millones de líneas fijas instaladas en el país. Se estima que a finales del 2012 la cantidad de líneas móviles superaba los 70 millones de usuarios, debido principalmente al hecho de que las compañías ahora ofrecen el servicio de internet en los equipos celulares y, para inicios del 2014, se prevé un crecimiento a casi 100 millones de líneas de celular.

En Miles	Periodo	Telmex	Axtel	Maxcom	Cablevision	Megacable	Cablemás	Otros	Total
Suscriptores de Banda Ancha	2009 - I	5,522	104	39	206	437	247	1,149	7,705
	2009 - II	5,900	123	40	219	454	251	1,211	8,198
	2009 - III	6,303	160	57	234	495	267	2,042	9,558
	2009 - IV	6,524	174	62	251	516	289	2,183	9,998
	2010 - I	6,883	198	65	262	532	311	2,323	10,573
	2010 - II	7,059	223	71	277	543	325	2,472	10,970
	2010 - III	7,272	267	83	290	585	339	2,556	11,392
	2010-IV	7,449	315	88	299	594	360	2,723	11,738
	2011 - I	7,652	360	89	311	591	384	3,098	12,485
	2011 - II	7,755	377	92	329	594	397	3,126	12,670
	2011-III	7,892	407	100	368	647	425	3,195	13,034
	2011 - VI	8,017	436	104	408	682	467	3,382	13,496
	2012 - I	8,139	471	108	436	720	499	3,875	14,248
	2012-II	8,222	482	114	455	739	510	3,911	14,433
	2012-III	8,358	491	122	488	800	538	4,035	14,832

Figura 1.2 Suscriptores de Internet de Banda Ancha, periodo 2009-2012²

Las nuevas tendencias en las telecomunicaciones harán que pronto desaparezcan los enlaces dedicados por cable de cobre, que paulatinamente estas siendo sustituidos por

² Piedras, E. (2012) Evolución de la banda ancha en México (en línea), visto el 6 de noviembre de 2013 en http://www.canieti.org/comunicacion/noticias/colaboraciones/13-02-12/EVOLUCI%C3%93N_DE_LA_BANDA_ANCHA_EN_M%C3%89XICO.aspx

enlaces de fibra óptica, la que reduce costos de instalación y de operación ya que en un solo hilo de fibra es posible transmitir millones de canales de voz y datos simultáneamente y a mayores distancias sin necesidad de regenerar y/o amplificar las señales, caso que no ocurre con los hilos de cobre, que son demasiado susceptibles a las interferencias del medio ambiente y solo se logran distancias de comunicación de hasta 5 km.

1.2.- El Espectro Electromagnético.

Al flujo saliente de energía de una fuente en forma de ondas electromagnéticas se le denomina radiación electromagnética. Esta radiación puede ser de origen natural o artificial. El espectro electromagnético es el conjunto de todas las frecuencias posibles a las que se produce radiación electromagnética. Así, el límite teórico inferior del espectro electromagnético es 0 (ya que no existen frecuencias negativas) y el teórico superior es ∞ .

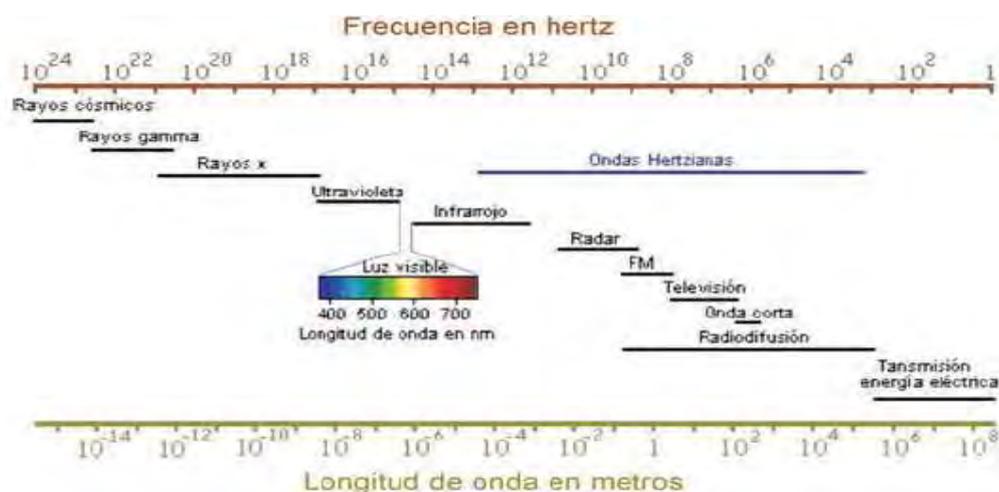


Figura 1.3 (División del espectro electromagnético)

Cuando, en 1867, Maxwell publicó la primera descripción extensa de su Teoría Electromagnética, la banda de frecuencias que se conocía se extendía solamente desde el infrarrojo, pasando por el visible, hasta el ultravioleta. Esta región, es solamente un pequeño segmento del vasto espectro electromagnético (Véase Figura 1.3). En esta sección, se enumeran las categorías principales en las que se puede dividir el espectro.

1.2.1- Ondas de Radio Frecuencia

Este subconjunto viene determinado por dos factores: las características de propagación de las ondas electromagnéticas a las diferentes frecuencias, y los avances tecnológicos producidos por el ser humano. Así, en la conferencia de la UIT-R, se definía la radiocomunicación como toda telecomunicación producida por medio de ondas electromagnéticas comprendidas entre 10 kHz y 3.000 GHz, si bien únicamente se atribuían bandas de frecuencia para su uso en radiocomunicaciones entre 10 kHz y 10,5 MHz. De acuerdo al vigente Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT-R, en la actualidad se considera que el espectro radioeléctrico es el conjunto de ondas cuya frecuencia se fija convencionalmente por debajo de 3.000 GHz y se propagan por el espacio sin guía artificial.

- **Rango VHF (30-300 MHz):** Rango de frecuencias **VHF (Very High Frequency) (Frecuencia muy alta)**, también conocido como banda de ondas métricas. Las características de propagación en esta banda la hacen adecuada para comunicaciones terrestres de corta distancia. Usos de esta banda incluyen la radiodifusión sonora FM (entre 88 y 108 MHz); sistemas de ayuda al aterrizaje, radionavegación aérea y control de tráfico aéreo; comunicación entre buques y control de tráfico marítimo; servicio de radioaficionados; y televisión analógica, entre otros.
- **Rango UHF (300-3000 MHz):** El segmento **UHF (Ultra High Frequency) (Frecuencia ultra alta)** abarca el rango de frecuencias comprendido entre 300 y 3000 MHz. Por sus características físicas de propagación y permeabilidad este segmento de espectro es el que brinda los mayores beneficios desde una perspectiva de despliegue de redes, lo cual explica el por qué la mayoría de los servicios comerciales de radiocomunicación en la actualidad se concentren en este segmento de espectro. En esta banda se produce la propagación por onda espacial troposférica en línea de visión. El tamaño de las longitudes de onda en UHF permite antenas muy adecuadas para dispositivos portátiles, lo que junto con las características de propagación hacen a esta banda ideal para servicios móviles. Entre otros muchos usos, en esta banda se emiten los servicios de televisión digital terrestre (TDT), los servicios de telefonía móvil terrestre (GSM, UMTS, etc.) y las tecnologías de redes inalámbricas como WiFi (WLAN) o Bluetooth (WPAN).

- **Rango SHF (3-30 GHz) (Super High Frequency) (Frecuencia súper alta):** En esta banda de frecuencias se han desarrollado múltiples servicios, con una porción muy importante para los servicios fijos. En esta banda se produce la propagación por onda trayectoria óptica directa. Se destaca la banda 3400-3600 MHz como una banda que ha sido identificada por la UIT para algunas administraciones que desean implementar aplicaciones IMT dentro de este rango y que es analizado en secciones posteriores. Asimismo, esta banda es ampliamente utilizada por enlaces de servicios fijos punto a punto para redes dorsales de comunicaciones vía microondas, otros usos área esta banda son radares, enlaces ascendentes y descendentes de satélite, radioenlaces del servicio fijo y algunas variantes de tecnologías inalámbricas como Wi-Fi 802.11n.

- **Rango EHF (Extremely High Frequency) (Frecuencia extremadamente alta) (Por encima de los 30 GHz):** Esta banda de frecuencias comprende 270 GHz de espectro radioeléctrico. No obstante, si bien es la que cuenta con mayor cantidad de espectro, es una de las que hoy en día se encuentra con menos ocupación, ya que los desarrollos tecnológicos para la utilización de aplicaciones comerciales funcionando en bandas de frecuencia por encima de los 40 GHz son de aparición reciente en comparación con las tecnologías que pueden encontrarse en bandas del espectro más bajas. Esta banda es muy afectada por la atenuación atmosférica y las condiciones climatológicas. Por ello, se utiliza principalmente en radioastronomía y comunicaciones con satélites (meteorología, exploración de la Tierra, etc.). También se emplea en radiocomunicaciones de corto alcance.

1.2.2- Microondas

Las microondas constituyen el segmento superior del espectro radioeléctrico. Habitualmente se consideran microondas aquellas ondas radioeléctricas entre 1 y 300 GHz. Por razones históricas, se han empleado en muchas ocasiones nomenclaturas y clasificaciones diferentes para las frecuencias y aplicaciones de microondas. Aunque en realidad son parte integrante del espectro radioeléctrico, no constituyen una banda diferente.

1.2.3- Infrarrojo

Es un tipo de radiación electromagnética de mayor longitud de onda que la radiación de luz visible, pero menor que las microondas. Su rango de longitudes de onda está entre 0,7 y 1.000 μm , dependiendo de diversas clasificaciones, su rango de longitudes de onda está entre 0,7 y 1.000 μm , dependiendo de diversas clasificaciones. En general, la radiación infrarroja se asocia con el calor, ya que es producida por la temperatura de los cuerpos. Existen diferentes clasificaciones de la radiación infrarroja en función de su longitud de onda y del objeto de estudio en cada caso (astronomía, sensores, comunicaciones, etc.)(Figura 1.4):

CIE	λ (μm)	f (THz)	DIN	λ (μm)	f (THz)	ISO	λ (μm)	f (THz)
IR-A	0,7-1,4	215-430	NIR	0,75-1,4	215-400	NIR	0,78-3,0	215-385
IR-B	1,4-3,0	100-215	SWIR	1,4-3,0	100-215	MIR	3,0-50	6-215
IR-C	3,0-1.000	0,3-100	MWIR	3,0-8,0	37,5-100	FIR	50-1.000	0,3-6
			LWIR	8,0-15,0	20-37,5			
			FIR	15,0-1.000	0,3-20			

Astr.	λ (μm)	f (THz)	Sens.	λ (μm)	f (THz)	Coms.	λ (μm)	f (THz)
NIR	(0,7-1,0)-5,0	60-300	NIR	0,7-1,0	300-430	Banda O	1,26-1,36	220-238
MIR	5,0-(25-40)	7,5-60	SWIR	1,0-3,0	100-300	Banda E	1,36-1,46	205-220
FIR	(25-40)-(200-350)	0,85-7,5	MWIR	3,0-5,0	60-100	Banda S	1,46-1,53	196-205
			LWIR	5,0-12	25-60	Banda C	1,53-1,565	192-196
			VLWIR	12-30	10-25	Banda L	1,565-1,625	185-192
						Banda U	1,625-1,675	179-185

Figura 1.4 Diferentes clasificaciones de radiación IR.

La radiación infrarroja es una radiación no ionizante, que se emplea en multitud de disciplinas incluyendo las radiocomunicaciones de muy corto alcance. Dentro de los usos más habituales destacan visión nocturna se captura la radiación infrarroja y se proyecta en una pantalla, haciendo corresponder los objetos más calientes a los más luminosos; mediciones de características espectrales en mineralogía, química y biología, guía de misiles a distancia, calentamiento y secado en procesos industriales, espectroscopia, meteorología y climatología, astronomía; en terapias y obtención de imágenes médicas, telecomunicaciones por fibra óptica, radiocomunicaciones domésticas de corto alcance, electrónica de consumo y en redes WPAN y en mandos a distancia.

1.2.4.- Luz

Se denomina espectro visible a la región del espectro electromagnético que el ojo humano es capaz de percibir (Figura 1.5). La radiación electromagnética en este rango es denominada luz visible o luz, y se manifiesta al ser humano en un conjunto continuo de colores y tonalidades.

COLOR	F	λ
Violeta	668-789 THz	380–450 nm
Azul	606-668 THz	450–495 nm
Verde	526-606 THz	495–570 nm
Amarillo	508-526 THz	570–590 nm
Naranja	484-508 THz	590–620 nm
Rojo	400-484 THz	620–750 nm

Figura 1.5 Ondas electromagnéticas del espectro visible

El espectro visible se encuentra entre la radiación infrarroja y la radiación ultravioleta e incluye todos aquellos colores que pueden ser producidos por la luz visible de una única longitud de onda (luz monocromática). Estos son los denominados colores espectrales puros. Cada longitud de onda de la luz es percibida como un color espectral puro, en un espectro continuo.

En telecomunicaciones, la luz visible se emplea por ejemplo en fibra óptica (junto con las radiaciones infrarrojas), para comunicaciones cableadas de alta velocidad, mediante reflexiones de las ondas electromagnéticas luminosas confinadas en el cable de fibra. En radiocomunicaciones, se emplea la espectroscopia (estudio científico de objetos basado en el espectro de luz que emiten) para la astronomía y el estudio de las propiedades de objetos distantes.

1.2.5.- Ultravioleta

La radiación ultravioleta o UV es aquella radiación electromagnética cuya longitud de onda está comprendida entre los 10 y los 400 nm. Su rango empieza en las longitudes de onda más cortas del color violeta del espectro de luz visible.

CIE	λ (nm)	E (eV)	Física	λ (nm)	E (eV)
UVA1	400-340	3.10-3.65	NUV	400-300	3.10-4.13
			MUV	300-200	4.13-6.20
UVA2	340-315	3.65-3.94	FUV	200-122	6.20-10.2
			EUV	122-10	10.2-124
UVB	315-280	3.94-4.43	VUV	200-100	6.20-12.4
			SUV	150-10	8.28-124
UVC	280-100	4.43-12.4	DUV	300-10	4.13-124

Figura 1.6. Denominación de radiación ultravioleta.

Inicialmente fueron llamados “rayos desoxidantes” junto a los “rayos calóricos” (actuales infrarrojos). Se distinguen distintos tipos de radiación UV según su longitud de onda (Figura 1.6). Entre las ventajas de esta tecnología se encuentran:

- Fácil instalación.
- Licencia libre de operación y no utiliza las frecuencias saturadas de la banda de WiFi.
- Altas tasas de bits, con bajo nivel de error.
- Inmunidad a las interferencias electromagnéticas.
- Alta direccionalidad.
- Modo de transmisión dúplex completo.

Entre sus inconvenientes pueden citarse:

- Dispersión al atravesar materiales (separación en distintas frecuencias).
- Necesidad de visión directa, no atraviesa obstáculos.
- Afectación por climatología: lluvia, nieve, niebla, calor.
- Corto alcance, necesidad de potencia para distancias largas.

1.2.6.- Rayos X

La energía de los Rayos X en general se encuentra entre la radiación ultravioleta y los rayos gamma producidos de forma natural. Su longitud de onda está aproximadamente entre 10^{-11} y 10^{-8} m, correspondiendo a frecuencias entre el rango aproximado de $3 \cdot 10^{16}$ y $3 \cdot 10^{19}$ Hz y su energía abarca desde 120 eV hasta 120 keV. Los Rayos X

surgen de fenómenos extra nucleares, a nivel de la órbita electrónica, fundamentalmente producidos por desaceleración de electrones. Así, los Rayos X se generan cuando un haz de electrones que viajan a gran velocidad, es frenado bruscamente al chocar con un obstáculo. La pérdida energética de éstos se convierte en la energía de los Rayos X. Debido a su alta energía y frecuencia, no se utilizan en radiocomunicaciones. Son penetrantes, capaces de atravesar cuerpos opacos y de impresionar las películas fotográficas. Por ello, se usan para radiografías de huesos y órganos internos. Se producen por la desaceleración rápida de electrones muy energéticos (del orden de 10^3 eV) al chocar con un blanco metálico. La producción de Rayos X, en un espectro continuo de frecuencias y en un espectro discreto característico, se lleva a cabo en tubos de Rayos X, que pueden variar dependiendo de la fuente de electrones y son de dos tipos: tubos con filamento o tubos con gas. Los sistemas de detección más típicos son las películas fotográficas y los dispositivos de ionización. Aunque el uso mayoritario de los Rayos X se da en la medicina (radiología, tomografía, radioterapia, fluoroscopia) se emplean también en los campos de la cristalografía, inspección de componentes industriales, astronomía y microscopia.

1.2.7.- Rayos Gamma

Con frecuencias del orden de los YHz y ZHz, es un tipo de radiación del espacio exterior formada por partículas subatómicas que impactan contra la atmósfera terrestre a una energía muy elevada e interactúan con su campo magnético. Aún se estudia si es en realidad una radiación electromagnética (ya que se trata de partículas cargadas). Debido a su naturaleza eléctrica, son deflactadas por los campos magnéticos (terrestre, solar, galáctico...) y por tanto es difícil reconstruir su origen. Los rayos cósmicos, también denominados ultra energéticos, poseen una energía cientos de millones de veces superior a la generada por los aceleradores de partículas más potentes creados por el ser humano. El sol, otras estrellas y explosiones de supernovas y sus remanentes (estrellas de neutrones), núcleos activos de galaxias son algunos de sus posibles orígenes.

1.3.- Evolución Histórica de la banda angosta en México.

Desde sus orígenes las comunicaciones en México se han desarrollado a través de empresas que han generado servicios públicos para transmitir esencialmente: voz, datos, audio, video, etc. Inicialmente, alrededor de los años 60's y 70's, transmitían por medio de la red telefónica disponible, la cual empleaba tecnología análoga.³ La conexión más típica de banda estrecha que existe es la conexión por módem telefónico (**Dial-up**); una de las principales desventajas de éste tipo de transmisión es que utiliza un ancho de banda muy reducido pues realizan la comunicación en el espacio de frecuencias disponible para una llamada telefónica en un rango de 300 a 3400 Hz, con una velocidad de transmisión de 56 Kbps (kilobits por segundo).

1.3.1. Telefonía en México

El primer enlace telefónico se efectuó el 13 de marzo de 1878 entre las oficinas de correos de la ciudad de México y Tlalpan. La primera línea telefónica fue instalada entre el Castillo de Chapultepec y el Palacio Nacional el 16 de septiembre de ese mismo año. A partir de ese evento "(...) en México se desenvuelve una especie de competencia para establecer el servicio [telefónico]. Muchos son quienes obtienen concesiones, varias las compañías preestablecidas, e innumerables los particulares autorizados para construir sus líneas privadas (...)"⁴.

Por su trascendencia en el desarrollo de la telefonía en México, destacan las empresas Compañía Telefónica Mexicana ("La Mexicana") y Empresa de Teléfonos Ericsson, S.A. ("Mexeric") que con el tiempo dieron origen a Telmex. Las redes de La Mexicana y de Mexeric no estaban interconectadas, por lo que los suscriptores de una empresa no podían comunicarse con los de la otra. La competencia entre La Mexicana y Mexeric fue reñida durante su desarrollo, ambas empresas expandieron sus servicios en el territorio de la República Mexicana mediante la instalación de infraestructura y la adquisición de otras concesionarias de telefonía para más tarde y finalmente fusionarse como resultado del convenio de interconexión al que fueron sometidas por parte del

3 Torres Nieto, Álvaro (2007). *Telecomunicaciones y telemática: de las señales de humo a las redes de información y a las actividades por Internet*. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.

4 Cárdenas de la Peña Enrique (1987), *El telégrafo* (p. 30). México: Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

gobierno de México en 1936. A partir de 1990, y luego de su privatización comenzó un plan de inversión en nueva tecnología, fibra óptica, y cobertura total del país para convertirse el día de hoy en el principal proveedor de telefonía e internet, así como servicios de televisión por suscripción, sin que por el momento sea proveedor del servicio Triple Play, que se define como el empaquetamiento de servicios y contenidos audiovisuales (voz, banda ancha y televisión).

1.3.2. Radiocomunicaciones en México

A principios del siglo XX, el gobierno mexicano mostró una actitud favorable a introducir este nuevo tipo de comunicación, especialmente para poder comunicar zonas en las que el tendido de la red telegráfica resultaba demasiado costoso. La radiocomunicación fue también muy importante para la navegación marítima. En 1906 México participó en la Convención Radiotelegráfica Internacional celebrada en Berlín a través del General de Brigada José María Pérez quien tenía instrucciones para "asegurarse los intereses de México; comprendiendo en ellos los del orden militar que se refieren a las estaciones radiotelegráficas costeras y a bordo de nuestros barcos de guerra"⁶. Las radiocomunicaciones tendrían repercusiones significativas durante las Guerras Mundiales porque era utilizada por barcos de guerra que podían cruzar mares bajo la jurisdicción mexicana⁷.

1.3.3 Situación Actual

En la actualidad la banda angosta es una tecnología no estándar destinada a usos específicos, cuyas principales aplicaciones se localizan sobre extensiones de varios kilómetros a ser cubiertas con señal de radio. Un ejemplo de este uso específico es el sistema telegráfico del país, que proporciona servicios básicos de comunicaciones, de pagos y financieros que se prestan a través de las remesas telegráficas; son de primera importancia en el país por su concentración en las zonas rurales y en el medio

⁵ Álvarez, Clara, *Historia de las Telecomunicaciones en México*, (En línea) (Consultado el 04 de noviembre de 2013, disponible en: <http://revistabimensualup.files.wordpress.com/2007/09/d2-historiadelastrcomunicacionesenmxicooriginal1.pdf>)

⁶ Citado por Merchán Escalante, Carlos A., *Telecomunicaciones*, México, D.F., Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1987, p. 57 respecto a la Conferencia sobre telegrafía sin hilos en Berlín (Alemania Oriental), 1906, Secretaría de Relaciones Exteriores, México, D.F., Expediente III - 171 5 doc. 156.

⁷ Cita referida en Álvarez, Clara. *op. cit.* nota 4,

popular urbano. Otro ejemplo similar son los telepuertos, con capacidad de transmisión y recepción para prestar servicios de televisión. A través de estas estaciones se pueden proporcionar servicios de TV ocasional analógicos y digitales en las bandas de frecuencia “Ku” y “C”. Por otra parte, desde 1997 Telecomunicaciones de México tiene en operación la red de Estaciones Costeras, opera el Sistema Mundial de Socorro y Seguridad Marítima dentro de las 200 millas del mar patrimonial mexicano. A través de este servicio se reciben las llamadas de auxilio y emergencia, para enviar las señales de alerta a las instituciones de seguridad que proporcionan ayuda y salvaguarda de la vida humana en el mar⁸.

La figura 1.7 muestra el estado de ocupación del espectro en México de las telecomunicaciones ofrecido por TELECOMM, el organismo público descentralizado del gobierno mexicano, que forma parte del Sector de las Comunicaciones y Transportes.

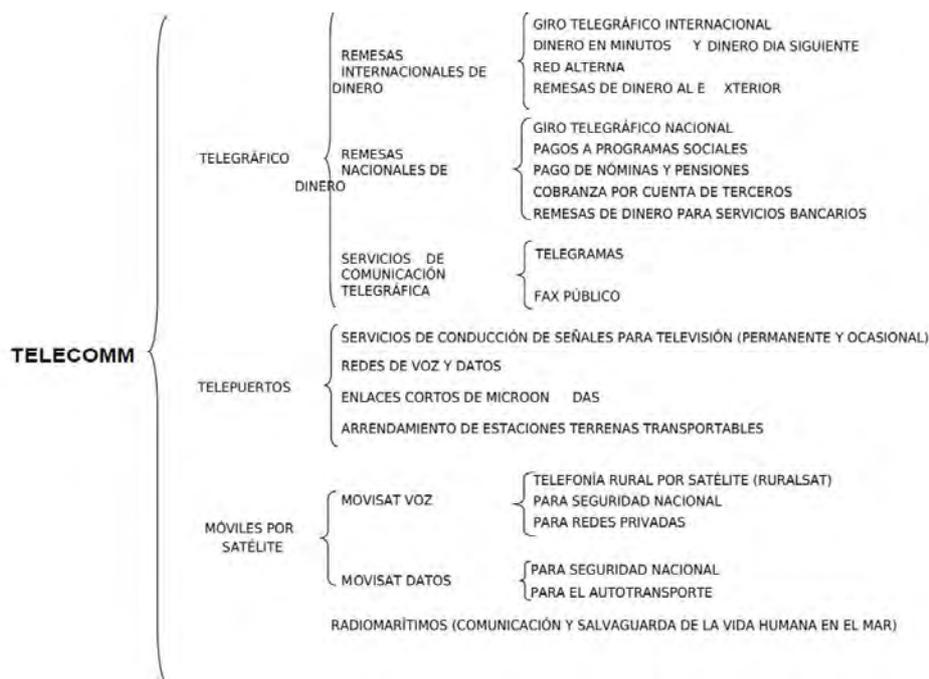


Figura 1.7 Estado de Ocupación de Telecomm del Espectro en México.⁹

⁸ Telecomm-Telégrafos, *Historia del Organismo*, (En línea) (Consultado el 04 de noviembre de 2013, disponible en: http://www.telecomm.net.mx/telecomm/dmdocuments/Historia_Organismo.pdf)

⁹ Cita referida en Telecomm-Telégrafos, *op. cit.* nota 6.

1.3.4 Análisis Espectral de la ocupación actual de la Banda Angosta.

Entre los usos actuales de Banda Angosta en México se pueden destacar los siguientes de forma específica:

- Bandas 380-400 MHz

Asignaciones de uso oficial para aplicaciones de seguridad pública de banda angosta, tanto a la Secretaría de Seguridad Pública del Gobierno Federal, así como a otras instituciones de seguridad pública a nivel estatal y municipal.

- Segmentos 901-902 MHz, 930-931 MHz y 940-941 MHz

Estos segmentos fueron concesionados para la prestación del servicio de comunicación personal de banda angosta ***paging*** (radiolocalización). Este servicio se encuentra prácticamente en desuso.

- Segmentos 928-929 / 932-932.5 / 941-941.5 / 952-953 MHz

Este segmento se utiliza para aplicaciones de enlaces punto a punto o punto-multipunto de banda angosta, con canales de 25 kHz o submúltiplos de este valor.

Es importante mencionar también de forma separada la situación actual de las diversas bandas y segmentos del espectro entre los 136 MHz y los 3700 MHz, espectro que se considera de particular relevancia por el potencial beneficio que representaría su utilización para servicios de acceso inalámbrico móvil o fijo en aplicaciones de banda ancha.

- Banda 136-174 MHz.

Existen alrededor de 32000 registros de sistemas de comunicación móvil de banda angosta, también conocidos como sistemas de radiocomunicación privada, se trata de operaciones de poca magnitud y cobertura, no obstante, sirven de soporte para las comunicaciones cotidianas de voz de pequeñas y medianas empresas. Los sistemas particulares conviven con sistemas de uso oficial, generalmente de mayores magnitudes como soporte a operaciones críticas.

- Banda 406-512 MHz.

Existen alrededor de 12000 registros de sistemas de comunicación móvil de banda angosta, también conocidos como sistemas de radiocomunicación privada, se trata de operaciones de poca magnitud y cobertura, no obstante, sirven de soporte para las comunicaciones cotidianas de voz de pequeñas y medianas empresas.

Se utiliza también en el despliegue de sistemas de radio-acceso múltiple (RAM) para la provisión de servicios de telefonía rural.

Los segmentos 407.3-414.95/422.3-430.0 MHz fueron reservados para aplicaciones de control y telemetría de las plantas generadoras y centros de distribución eléctrica de la CFE. El segmento 470-512 MHz se encuentra atribuido al servicio de radiodifusión de televisión (canales 14 a 20), y se considera uno de las principales bandas receptoras en el proceso de transición a la TV digital. Los sistemas particulares conviven con sistemas de uso oficial, generalmente de mayores magnitudes como soporte a operaciones críticas.

- Banda 806-824/851-869 MHz.

El rango 806-821/851-866 MHz se encuentra asignado mediante múltiples concesiones para la provisión de servicios de radiocomunicación especializada de flotillas (**trunking**).

El rango 821-824/866-869 MHz está destinado a servicios de seguridad pública. La banda es utilizada de manera intensa para comunicaciones de banda angosta, tanto por usuarios privados como por entidades oficiales y de seguridad pública.

- Banda 896-960 MHz.

Se encuentra atribuida a los servicios Fijo, Móvil y Móvil Aeronáutico. Es utilizada para aplicaciones del servicio de radiocomunicación especializada de flotillas (**trunking**), provisión del servicio de comunicación personal de banda angosta **paging** (radiolocalización), y aplicaciones de servicio punto a punto y punto a multipunto de baja capacidad. El servicio de paging se encuentra prácticamente en desuso.

1.4 Evolución Histórica de la Banda Ancha en México

Para hablar de la evolución histórica de la Banda Ancha debemos primero comprender cuál es el concepto o definición de Banda Ancha, y aunque su nombre parece no ser complejo, su definición es moderna y requiere un buen contexto de explicación. En si mismo el termino Banda Ancha ha sufrido cambios y adiciones con el tiempo y se define incluso diferente de acuerdo a la región geográfica.

1.4.1 Definición de Banda Ancha

Banda Ancha es un acceso siempre disponible, en lugares fijos o en movimiento que se proporciona a través de diversos medios como líneas fijas, inalámbricos o tecnologías satelitales y que, progresivamente es capaz de brindar cada vez mayores rangos de frecuencias para la transmisión de datos, lo que se traduce en mayor capacidad y velocidad de transmisión para poder soportar nuevos e innovadores contenidos, servicios y aplicaciones. (DWIVEDI, 2008)

Basados en lo anterior nos queda claro porque suelen presentarse confusiones, ya que conforme la tecnología avanza y Banda ancha se desarrolla lo que hoy es banda Ancha se convierte en banda angosta desde la nueva perspectiva.

1.4.2 Evolución Histórica de La Banda Ancha

La Banda Ancha ha evolucionado en general incrementado la capacidad de todas las secciones de las redes de telecomunicaciones, sin embargo el termino Banda Ancha más comúnmente se emplea para denotar a la sección de acceso de la red, que es en si la infraestructura de la red que proporciona acceso a los servicios para los usuarios finales, también se conoce como red de ultima milla.

En general la mayor parte de la bibliografía establece como criterio técnico de clasificación la tasa de datos promedio ofrecida por las diferentes tecnologías y redes de accesos, para saber si se define como Banda Ancha o angosta, concluyendo que las tecnologías capaces de ofrecer tasas de datos de 128Kbps y superiores son considerados como banda ancha.

Si bien la Banda Ancha puede utilizarse con diversos fines, su desarrollo ha estado ligado con el Internet y las redes de computadoras, así su desarrollo fue potenciado

hasta la década de 1970 con el Internet en desarrollo pero ya con algunos accesos de 56 Kbps.

En 1972 apareció la primera versión de Red Digital de Servicios Integrados (RDSI) la cual marco el inicio del desarrollo de la banda ancha actual al permitir proporcionar algunos servicios de datos en forma digital y simultáneamente proporcionar los servicios de voz a través de la infraestructura telefónica que los operadores contaban. Esta tecnología se vio normada y definida como primer estándar de comunicaciones de banda ancha en el llamado libro Rojo publicado por la ahora llamada Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) en 1984.

La RDSI se constituye de 2 canales B con capacidad de 64kbps y que sirven para transportar los datos digitales, puede ser la señal de voz en uno de ellos y datos en el otro o exclusivamente datos en ambos, y un canal D de 16Kbps. La señal de voz se muestrea a una frecuencia de 3.1 KHz. y cuantizada para poder transmitirse a 64Kbps. Entre 1972 y 1984 diversas organizaciones como la ITU fueron creadas alrededor del mundo, como son el instituto de Ingenieros eléctricos y electrónicos (IEEE), la Asociación de la industria de las Telecomunicaciones (TIA), el instituto de Estándares Europeos de telecomunicaciones (ETSI) y el instituto Nacional América de estándares (ANSI) y con su ayuda se homogeneizó el desarrollo de las tecnologías de banda ancha en forma regional.

Ya con la antecala de RDSI se comenzaron a investigar diversas alternativas de acceso de alta velocidad, En estados unidos a principios de los 90's se comienza a comercializar el acceso a través de cable Módems a las redes de datos, utilizando la infraestructura óptica que se comenzaba a utilizar para la distribución de televisión por cable (CATV), y llegando al usuario final a través de cable Coaxial. Esta tecnología de acceso se denominó Híbrido Fibra Coaxial (HFC) y aunque también resultó muy costoso su despliegue, fue muy popular entre los distribuidores de televisión por cable que ya contaban con la mayor parte de la infraestructura. HFC es básicamente un MODEM receptor de RF que trabaja con 64/256 QAM y puede transmitir datos a una tasa de entre 30 y 40 Mbps utilizando una línea de 6MHz. (Figura 1.8)

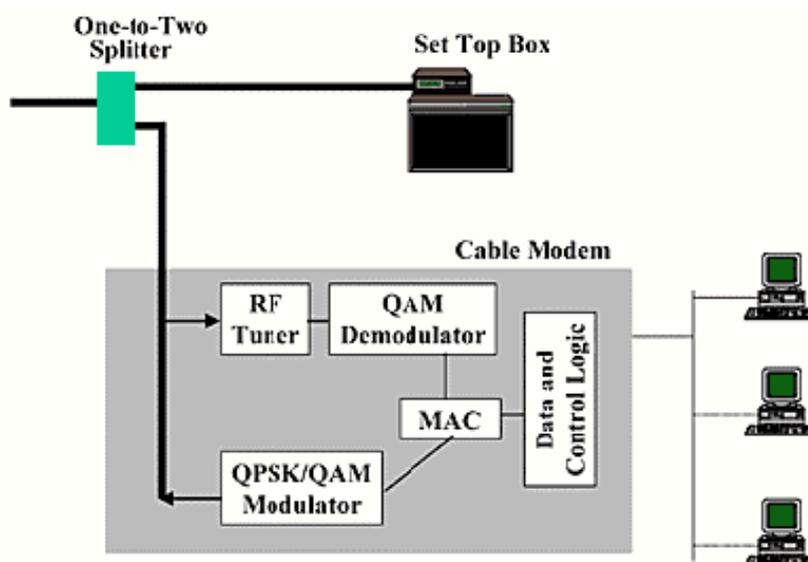


Figura 1.8 Funcionamiento de la Banda Ancha de acceso HFC a nivel Cable Modem.

En 1995 fue finalmente aprobado el estándar para Línea Asimétrica de Abonado Digital ADSL, aunque esta tecnología así como diferentes variantes de ella se comenzaron a estudiar alrededor de 1978. ADSL significó un gran avance en el desarrollo de la banda ancha, pues esta tecnología utilizó las líneas de par de cobre con las que contaba la telefonía para proporcionar los servicios de voz y datos de alta velocidad sobre de ellas, se convirtió en la tecnología de bajo costo.

ADSL utiliza la banda de alta frecuencia disponible en el par de cobre para transmitir las señales de datos. Estas señales son moduladas utilizando Tonos Discretos (DMT). Se utiliza la banda de los 26 a los 128 KHz. para la transmisión de datos del usuario final hacia la Red (**upstream**) y la banda de 138- 1104 KHz. para transmitir datos de la Red hacia el usuario final(**Downstream**) alcanzando velocidades 896 Kbps en upstream y 8196 Kbps para Downstream

Las tecnologías DSL que comparten el principio de funcionamiento y el medio de transmisión han evolucionado, y dieron lugar a diversos estándares con mayores velocidades de transferencias de datos, tanto de carga como de descarga. El más nuevo es el VDSL2, y el VDSL2 vectorizado que permiten tasas simétricas y/o asimétricas de hasta 100Mbps son compatibles con ADSL y ADSL2 y complementan la

modulación DMT con QAM. En la figura 1.9 se puede ver un resumen comparativo de las principales variaciones de DSL y sus características.

xDSL	Symmetry	Maximum Rate	Maximum Reach (km)	Twisted Pair	POTS service
G.SHDSL	Symmetrical	2.3 Mbps	5.5	1	No
ADSL	Asymmetrical	Downstream: 8196 kbps Upstream: 896 kbps	5	1	Yes
ADSL 2+	Asymmetrical	Downstream: 25 Mbps Upstream: 3 Mbps	6.5	1	Yes
VDSL	Symmetrical /Asymmetrical	Downstream: 52 Mbps Upstream: 12 Mbps (asymmetrical) Upstream: 26 Mbps (symmetrical)	1.5	1	Yes
VDSL2	Symmetrical /Asymmetrical	100 Mbps (both downstream and upstream) if the reach is zero. Be motivated by ADSL2+ mode after 1.5km	6.5	1	Yes

Figura 1.9 Tabla Comparativa de las tecnologías de banda ancha de la familia DSL.

Las redes de acceso de Banda Ancha basadas en tecnología óptica siguieron evolucionando y surgieron Redes ópticas pasivas (PON) que utilizaban Fibra óptica para llegar hasta lo más próximo al usuario final, en 1998 se define ATM PON, en el 2004 Ethernet PON y en 2008 GPON que significa Red óptica Pasiva con capacidad Gigabit, y que es capaz de proporcionar acceso a través de Fibra óptica hasta el usuario final con velocidades de hasta 2.4 Gbps en ambos sentidos de la transmisión. Se basa en la multiplexión de señales por división de longitud de onda (Wave Division multiplexing) y tiene una cobertura de hasta 20 km. Esta Red se divide principalmente en 3 secciones que son: 1) Terminar de Línea óptica (OLT), 2) La red de distribución óptica (ODN) y 3) la unidad óptica Terminal (ONT) (Figura 1.10)

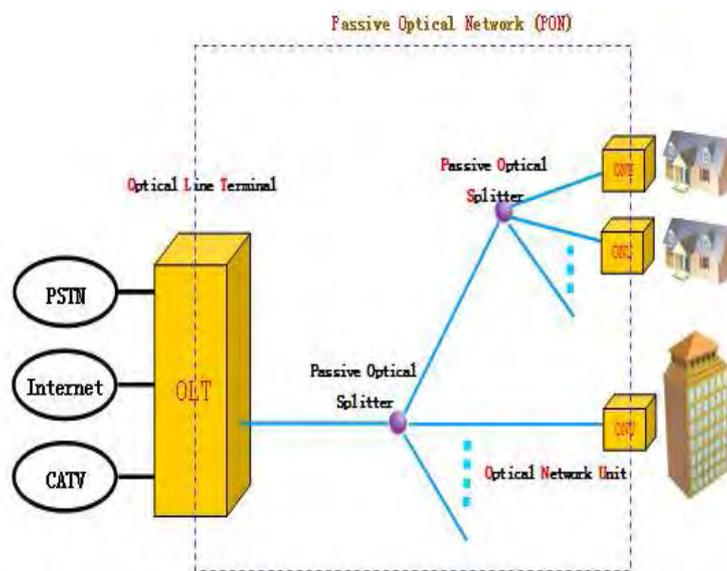


Figura 1.10 Estructura de una Red de acceso de banda Ancha PON, mostrando la ODN en el cuadro punteado

La implementación y aprovechamiento está en pleno desarrollo hoy día y planea sustituir gradualmente a la tecnología ADSL2+.

Por último vale la pena mencionar que otro medio de acceso de Banda ancha que se ha desarrollado ampliamente en los últimos años es la basada en medios inalámbricos, entre estas podemos destacar 3 piezas claves la tecnología WiMAX que proporciona acceso inalámbrico a través de enlaces de microondas hasta los múltiples usuarios finales, dando acceso de Banda de alta velocidad hasta 70 Mbps en locaciones fijas dentro del radio de cobertura, las redes celulares inalámbrica; las cuales han progresado rápidamente e incluso se han dividido en generaciones desde CDMA, UMTS HSDPA hasta LTE. La tercera tecnología es la tecnología de acceso satelital cuya principal ventaja es que no requiere de mayor infraestructura terrestre, pero que aun sigue siendo de costo elevado.

1.4.3 Historia de la Banda Ancha en México

La evolución de la Banda Ancha en México ha avanzado a diferente ritmo que en otros países, y es que con la introducción de diferentes servicios la Banda Ancha ha despertado el interés de gobiernos e inversionistas que se percataron de la capacidad de explotación de estos servicios como negocio. Nuestro primer acercamiento a la

Banda Ancha fue en preparación a los juegos olímpicos, donde se incursionó en el desarrollo satelital con el arrendamiento de algunos transpondedores a INTELSAT, se continuo con desarrollo de estaciones terrenas que finalmente culminaron en 1968 creando un enlace satelital capaz de transmitir voz y video en tiempo real a las diferentes lugares del mundo. Por obvias razones la de costos la explotación de la tecnología satelital no siguió un ritmo después de ese año en nuestro país.

En 1994 se abre al ámbito comercial el acceso a Internet en México, y aunque ya existían algunas instituciones conectadas a esta red, esta apertura también inicia el desarrollo de la banda Ancha. A partir de este año se comercializa el acceso a Internet a través de Dial Up, y en 2001 se comienza la distribución de DSL en el país, con una baja penetración esta tecnología solo ocupaba el 40% de las conexiones para 2004. En estos años HFC se empezó a vender en México por algunos operadores y en algunas regiones del país. En 2006 se comienzan a ofrecer servicios de ADSL2 y posteriormente se comercializa ADSL2+ con velocidades de hasta 20Mbps.

En 2010 el acceso a la banda Ancha a través de tecnologías GPON comienza a ser explotado en nuestro país y se comienzan a ofrecer velocidades de descarga de hasta 100Mbps. En el rubro de las comunicaciones inalámbricas las redes de acceso a la banda ancha móviles se dan con UMTS, 3G y hasta hoy día se está desarrollando LTE o 4G. La tendencia de acceso a las redes a través de dispositivos móviles ha impulsado más el desarrollo de estas tecnologías y a frenado en México el acceso fijo a las redes de Banda Ancha. Sin embargo los indicadores globales aun sitúan a México muy por debajo en la difusión de la Banda Ancha entre sus pobladores donde 10 de cada 100 tienen acceso a esta tecnología, gran parte en que los costos de las comunicaciones aun siguen siendo elevados, por lo que se siguen investigando alternativas.

2.- ESTÁNDARES Y NORMATIVIDADES APLICABLES.

2.1.- Ley Federal de Telecomunicaciones.

2.1.1.- Antecedentes Históricos.

En México el organismo encargado de supervisar el uso correcto de los servicios de telecomunicaciones ofrecidos por las empresas y de regular su funcionamiento es la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) a través del Instituto Federal de Telecomunicaciones (antes Comisión Federal de Telecomunicaciones o COFTEL), que " (...) es responsable de garantizar el acceso equitativo a infraestructura y otros insumos esenciales para las tecnologías de la información y comunicación, así como a los servicios de radiodifusión y telecomunicaciones, incluidos los de banda ancha e internet (...)"¹⁰

Como instancia reguladora, el Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT) se apega directamente a lo establecido en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en materia de uso y explotación de las telecomunicaciones y del espectro electromagnético, y a la Ley Federal de Telecomunicaciones. En ésta última está plasmado el marco regulatorio con el que se rigen las telecomunicaciones en nuestro país en lo referente a:

- Administración y correcto uso del espectro electromagnético.
- Concesiones de las redes públicas para los operadores de servicios de telecomunicaciones y operación de los mismos.
- Operación de las comunicaciones vía satélite.
- Cobertura de las redes públicas de telecomunicaciones para todos los sectores de la población, y
- Tarifas por el uso de servicios.

La Ley Federal de Telecomunicaciones tiene sus antecedentes en 1926, con la promulgación de la Ley de Comunicaciones Eléctricas, la cual se promulgó con el fin de

¹⁰ Instituto Federal de Telecomunicaciones, Quiénes somos, visto el 10 de noviembre en <http://www.ift.org.mx/iftweb/informacion-general/>

normalizar el uso del telégrafo, teléfono, dado su rápido desarrollo y para asegurar la correcta explotación de los servicios antes mencionados.

En las décadas posteriores, y con el auge de la radio y la televisión, fue necesario que el gobierno federal normalizara tanto a estas instancias como la utilización y asignación de frecuencias en el espectro radioeléctrico, porque al incrementarse el uso de estaciones radio transmisora se corría el riesgo de que entre ellas interfirieran sus señales, fue así que en 1960 se promulgó la Ley Federal de Radio y Televisión.

Con la llegada del uso de los radio enlaces, las comunicaciones vía satélite, la televisión restringida por cable, el uso de la fibra óptica como medio eficaz para la transmisión de grandes volúmenes de información, la creciente industria de la telefonía móvil y el interés de múltiples empresas por comenzar a explotar las tecnologías de acceso a internet fue necesario que el gobierno tomara nuevas medidas para licitar y controlar todos estos servicios en beneficio de la población, por lo que en abril de 1995 el gobierno de México envía al poder legislativo la iniciativa de Ley Federal de Telecomunicaciones, la cual fue publicada el 7 de junio de ese año en el Diario Oficial de la Federación entrando en vigencia en ese mismo instante.

Desde su promulgación, la Ley Federal de Telecomunicaciones ha contado con un sin número de modificaciones y adecuaciones, basadas en el crecimiento del sector y en la necesidad que las empresas otorguen mejores servicios de conectividad mediante la apertura de las telecomunicaciones a la libre competencia y a impulsar la inversión del sector privado en las mismas. La reforma más reciente a la ley se realizó el 16 de enero del 2013, al artículo 60: "(...) En el caso de servicios de telecomunicaciones que se ofrecen al público consumidor con cargos por concepto de la duración de las comunicaciones, los concesionarios y permisionarios deberán incluir dentro de su oferta comercial planes y tarifas, el cobro por segundo, sin perjuicio de otros planes que se basen en el cobro por minuto, por evento, por capacidad o cualquier otra modalidad (...)"¹¹ Esta modificación afecta principalmente a las empresas que ofrecen el servicio

✓ ¹¹ Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión (2013) *Ley Federal de Telecomunicaciones*. México. Congreso de los Estados Unidos Mexicanos.

de telefonía fija y móvil, las cuales las obliga a ofrecer tabulaciones de pago ya no solo por minuto, como normalmente realizan el cobro por una llamada, sino ahora también se considera el pago por segundo de duración de una conversación telefónica.

2.1.2.- La Ley Federal de Telecomunicaciones: Normalización de los servicios de acceso de alta velocidad.

En general la Ley Federal de Telecomunicaciones no hace referencia a una tecnología en particular, sino que engloba la normalización de todos los servicios, excluyendo a la telegrafía y radiotelegrafía, cuya operación es exclusiva del Estado.

Para las concesiones de explotación de las redes públicas de telecomunicaciones, como la de acceso de alta velocidad, la Ley expresa cuales son los requisitos con los que debe de cumplir persona física o moral (nacional o extranjera) para operar un servicio de esta naturaleza, tomando en cuenta su capacidad de financiera para prestar un adecuado servicio y delimitando su alcance como negocio, es decir, que servicios va a prestar a los clientes y asegurar la calidad de los mismos. Estas concesiones son por 30 años y se pueden renovar otra vez, cumplido este periodo, siempre y cuando el operador cumpla con los lineamientos establecidos en la concesión inicial y con apego a Ley vigente (artículos 24, 26 y 27)

Así como la Ley otorga la facilidad de reutilizar las redes públicas de comunicaciones, también obliga a las empresas que las explotan para el dado caso de que construyan nueva infraestructura de red, esta sea abierta y que permita la interconectividad para futuras ampliaciones. Los puntos de interconexión entre redes de operadores serán los más eficientes y convenientes para ellos y pueden ser proporcionados por cualesquiera (artículos 41, 42 y 43) Todos los concesionarios de las redes públicas de telecomunicaciones están obligados a facilitar el uso de la red a los otros permisionarios que hayan adquirido servicios en su infraestructura para su libre explotación y comercialización y en ningún momento podrán interrumpir dichos servicios, ni para hacer modificaciones en la estructura de la red, sin previa

autorización de las partes afectadas y con previo consentimiento de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (artículo 44)

Los costos de los servicios que ofrezcan los concesionarios y/o permisionarios de redes públicas podrán ser determinadas libremente, tomando en cuenta la calidad y competitividad de los mismos (artículo 60) Estas tarifas deberán ser revisadas y aprobadas por la Secretaría de Comunicaciones para su entrada en vigor (artículo 62)

De igual manera en la Ley Federal de Telecomunicaciones se estipulan las sanciones y los montos económicos al que ascienden dependiendo la gravedad de la falta en la que incurran los prestadores de servicios, llegando al punto de ser derogada su concesión, esto de acuerdo a lo enunciado en los artículos 71 al 74. La figura 2.1 condensa las sanciones por infringir la Ley y la multa económica por incurrir en dichas sanciones.

Monto económico a pagar, en pesos mexicanos y en acuerdo al valor del salario mínimo vigente en el DF al día de la sanción impuesta.	
Monto	Falta cometida por el concesionario.
10,000 a 100,000 salarios mínimos	<ul style="list-style-type: none"> ➤ No contar con la concesión pertinente, por parte de la SCT, para explotar las redes públicas de Telecomunicaciones. ➤ Incumplir con las obligaciones adquiridas al momento de obtener la concesión, principalmente en cuanto a la apertura de la red a otros concesionarios y permisionarios. ➤ Interferir o interceptar la información que transita por la red pública.
4,000 a 40,000 salarios mínimos	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Interrumpir injustificadamente la prestación de algún servicio de telecomunicaciones en poblaciones donde el concesionario sea el único distribuidor de dicho servicio. ➤ Cometer, deliberadamente, errores en la información contenida en la base de datos de los clientes y en las tarifas de cobro a permisionarios.
2,000 a 20,000	➤ “(...) Contravenir las disposiciones tarifarias (...)” ¹²

¹² Cita referida en Ley Federal de Telecomunicaciones, *op cit*, pág. 25

salarios mínimos	➤ “(...) Contravenir las disposiciones sobre la conexión de equipos y cableados (...)” ¹³
------------------	--

Figura 2.1 Sanciones impuestas a los concesionarios por incurrir en faltas administrativas, de acuerdo a lo dispuesto en la Ley Federal de Telecomunicaciones.

Los lineamientos antes mencionados son los que se deben considerar para poder prestar servicios de telecomunicaciones en cualquier red pública, teniendo en cuenta que en el presente trabajo de tesis se plantea la planeación y construcción de una red de acceso de alta velocidad GPON en lugares donde no haya infraestructura de fibra óptica ni de cable de cobre en la calle, o en su defecto, implementar un red de fibra óptica en los distritos donde ya hay infraestructura de cobre, por lo cual la inversión en infraestructura sería menor. En ambos escenarios la interconexión se haría a las redes públicas y se está obligado a permitir el uso de la que se construya, para prestar el servicio de acceso de banda ancha, para otros permisionarios y concesionarios una vez que será de carácter público. Por ende, estamos obligados a seguir todos los lineamientos descritos en la Ley Federal de Telecomunicaciones y de no hacerlo, quedamos sujetos a las sanciones ya mencionadas.

2.2.-Normatividad y Estándares Nacionales.

Conforme el paso del tiempo y gracias a los avances tecnológicos, las telecomunicaciones también se fueron diversificando, y se fueron expandiendo los servicios alrededor del mundo, sin embargo las ideas fueron surgiendo en varios lugares del mundo, y su difusión implicó que esas ideas se implementaran de forma diferente en cada uno de los lugares; y así la interconexión de estos lugares y el crecimiento regional de los servicios trajo consigo la necesidad de ordenar y establecer directrices que lo permitieran. De esta forma surgieron los estándares.

Un estándar es un documento que acuerda y compila un conjunto de directrices, especificaciones, criterios, reglas y definiciones que permiten asegurar que los servicios productos y procesos cumplan con su propósito en una región determinada,

¹³ Ídem.

estos son fundido y entendidos de igual manera por las entidades que los utilizan y adoptan.

En Telecomunicaciones los estándares son un conjunto de normas y recomendaciones técnicas que regulan la transmisión, implementación y funcionamiento de las redes de telecomunicaciones, así como sientan las bases para la interconexión y entrega de servicios a través de ellas.

La mayor parte de los estándares de Telecomunicaciones hoy día son regionales o globales, se establecen en comités y juntas técnicas específicas, y posteriormente estos se adoptan por numerosos países y regiones para su aplicación. Se han creado Organismos oficiales internacionales, instituto y Comisiones que formulan los acuerdos y hacen recomendaciones generales sobre las tecnologías emergentes. Estos Organismos y estándares se describen en detalle en el apartado siguiente. México es miembro activo de la Unión Internacional de Telecomunicaciones y dado que una dependencia internacional dependiente de la Organización de Naciones Unidad, sus recomendaciones tienen gran peso en nuestro paisa si como en muchos otros.

En México, como se vio en el capitulo anterior, las telecomunicaciones están legisladas a través de la Ley Federal de Telecomunicaciones, la cual es administrada a través de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, más específicamente de La Comisión Federal de Telecomunicaciones (COFETEL) En esta misma Ley se establece la responsabilidad de la COFETEL para normar y regular las telecomunicaciones a nivel nacional. Se debe mencionar que COFETEL fue recientemente sustituida por el Instituto Federal de Telecomunicaciones en 2013 quien a partir de este año será responsable de continuar la tarea de normalización en el país.

En el proceso de normalización y estandarización, cada país toma las medidas necesarias para que en el se apliquen las normas y estándares internacionales, y cada país adopta que considera pertinentes través de acuerdos internacionales o mundiales. En México la COFETEL en conjunto con la Dirección General de Normas de la Secretaria de Economía redactan y establecen Normas para detallar la aplicación de dichos estándares en territorio mexicano conforme a su legislación con fin de satisfacer las necesidades y propiciar un desarrollo óptimo en el país. Estas Normas se basan en

los acuerdos generados en Asambleas Internacionales, recomendaciones y estas se publican en Gacetas de comunicación de la comisión y posteriormente en Normas a través del Diario Oficial de la Federación.

Principalmente la normalización de las telecomunicaciones en México se divide en dos tipos de Normas, Las Normas Oficiales Mexicanas y las Normas Mexicanas: “**Norma oficial mexicana (NOM)**, es la regulación técnica de observancia obligatoria expedida por las dependencias normalizadoras competentes a través los Comités Consultivos Nacionales de Normalización, conforme al artículo 40 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización (LFMN), la cual establece reglas, especificaciones, atributos, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación, así como aquellas relativas a terminología, simbología, embalaje. Marcado o etiquetado y las que se le refieran a su cumplimiento o aplicación.”¹⁴ “**Norma mexicana (NMX)**, la que elabore un organismo nacional de normalización, o la Secretaría de Economía en ausencia de ellos, conforme el artículo 54 de la LFMN , la cual prevé para uso común y repetido reglas, especificaciones, atributos métodos de prueba, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación, así como aquellas relativas a terminología, simbología, embalaje, marcado o etiquetado.”¹⁵

En la clasificación de Telecomunicaciones podemos encontrar 12 Normas Oficiales Mexicanas Vigentes que se muestran en la figura 2.2 Normas Oficiales Mexicanas de Telecomunicaciones.

¹⁴ Tomado de <http://www.economia.gob.mx/comunidad-negocios/competitividad-normatividad/normalizacion/nacional> con fecha de 11/11/2013

¹⁵ Ídem

Clave	Fecha	Descripción
<u>NOM-130-SEMARNAT-2000</u>	2001-03-23	PROTECCIÓN AMBIENTAL-SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES POR RED DE FIBRA ÓPTICA-ESPECIFICACIONES PARA LA PLANEACIÓN, DISEÑO, PREPARACIÓN DEL SITIO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.
<u>NOM-184-SCFI-2012</u>	2012-08-24	PRÁCTICAS COMERCIALES-ELEMENTOS NORMATIVOS PARA LA COMERCIALIZACIÓN Y/O PRESTACIÓN DE LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES CUANDO UTILICEN UNA RED PÚBLICA DE TELECOMUNICACIONES.
<u>PROY-NOM-057-SCT1-1993</u>	1995-01-05	Símbolos gráficos empleados en diagramas parte 9. Telecomunicaciones: equipos periféricos y de conmutación.
<u>PROY-NOM-058-SCT1-1993</u>	1994-11-16	Símbolos gráficos empleados en diagramas, parte 10. Telecomunicaciones: transmisión.
<u>NOM-192-SCFI/SCT1-2013</u>	2013-10-14	TELECOMUNICACIONES-APARATOS DE TELEVISIÓN Y DECODIFICADORES-ESPECIFICACIONES.
<u>NOM-111-SCT1-1999</u>	1999-11-22	TELECOMUNICACIONES-INTERFAZ-PARTE DE TRANSFERENCIA DE MENSAJE DEL SISTEMA DE SEÑALIZACIÓN POR CANAL COMÚN.
<u>NOM-112-SCT1-1999</u>	2000-05-22	TELECOMUNICACIONES-INTERFAZ-PARTE DE USUARIO DE SERVICIOS INTEGRADOS DEL SISTEMA DE SEÑALIZACIÓN POR CANAL COMÚN.
<u>NOM-088/1-SCT1-2002</u>	2003-04-18	TELECOMUNICACIONES-RADIOCOMUNICACIÓN-EQUIPOS DE MICROONDAS PARA SISTEMAS DEL SERVICIO FIJO MULTICANAL PUNTO A PUNTO Y PUNTO A MULTIPUNTO-PARTE I: RADIOACCESO MÚLTIPLE.
<u>NOM-088/2-SCT1-2002</u>	2003-04-21	TELECOMUNICACIONES-RADIOCOMUNICACIÓN-EQUIPOS DE MICROONDAS PARA SISTEMAS DEL SERVICIO FIJO MULTICANAL PUNTO A PUNTO Y PUNTO A MULTIPUNTO-PARTE II: TRANSPORTE.
<u>NOM-084-SCT1-2002</u>	2003-04-17	TELECOMUNICACIONES-RADIOCOMUNICACIÓN-ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS TRANSMISORES DESTINADOS AL SERVICIO MÓVIL DE RADIOCOMUNICACIÓN ESPECIALIZADA DE FLOTILLAS.
<u>NOM-083-SCT1-2002</u>	2003-04-16	TELECOMUNICACIONES-RADIOCOMUNICACIÓN-ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LOS EQUIPOS TRANSMISORES UTILIZADOS EN EL SERVICIO DE RADIOLOCALIZACIÓN MÓVIL DE PERSONAS DE UNA VÍA.
<u>NOM-121-SCT1-2009</u>	2010-06-21	TELECOMUNICACIONES-RADIOCOMUNICACIÓN-SISTEMAS DE RADIOCOMUNICACIÓN QUE EMPLEAN LA TÉCNICA DE ESPECTRO DISPERSO-EQUIPOS DE RADIOCOMUNICACIÓN POR SALTO DE FRECUENCIA Y POR MODULACIÓN DIGITAL A OPERAR EN LAS BANDAS 902-928 MHZ, 2400-2483.5 MHZ Y 5725-5850 M

Figura 2.2 Normas Oficiales Mexicanas de Telecomunicaciones.¹⁶

También se han establecido alrededor de 73 Normas Mexicanas en materia de Telecomunicaciones, mostradas en la figura 2.3

En términos de Banda Ancha, la unión internacional de Telecomunicaciones (ITU) establece la mayor parte de las recomendaciones adoptadas en nuestro país, en términos de Normas Mexicanas y Normas Oficiales Mexicanas estas regulan diversos aspectos de la implementación, parte física, tipos de cables e interfaces y hasta los materiales y componentes a utilizar, la mayoría de las normas no son exclusivas para este tipo de servicios.

¹⁶ Consulta del Catalogo de Las normas oficiales Mexicanas(En línea) (consultado el 10/11/2013 y disponible en : <http://www.economia-noms.gov.mx/noms/inicio.do>)

Clave	Fecha	Descripción
NMX-I-002-NYCE-2005	5/9/2005	TELECOMUNICACIONES-COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNETICA-EQUIPO DE RADIOFRECUENCIA INDUSTRIAL, CIENTIFICO Y MEDICO (ICM)-CARACTERISTICAS DE LAS PERTURBACIONES ELECTROMAGNETICAS-LIMITES Y METODOS DE MEDICION.
NMX-I-024-NYCE-2006	1/5/2007	TELECOMUNICACIONES-PAR CONSTITUIDO POR UN MODEM DIGITAL Y UN MODEM ANALOGICO PARA USO EN LA RED TELEFONICA PUBLICA CONMUTADA (RTPC) A VELOCIDADES DE SEÑALIZACION DE DATOS DE HASTA 56 000 bit/s EN SENT
NMX-I-029-NYCE-2009	1/28/2010	TELECOMUNICACIONES-RADIOCOMUNICACIONES-VOCABULARIO. (CANCELA A LA NMX-I-029-1968).
NMX-I-039-NYCE-2009	11/9/2009	TELECOMUNICACIONES-ANTENAS-METODOS DE MEDICION PARA EQUIPO DE RADIO UTILIZADO EN LOS SERVICIOS MOVILES-METODOS DE MEDICION PARA ANTENAS Y EQUIPO AUXILIAR (CANCELA A LA NMX-I-039-NYCE-2004).
NMX-I-050-NYCE-2006	11/3/2006	TELECOMUNICACIONES-CABLES-DESIGNACION DE CABLES USADOS EN TELECOMUNICACIONES (CANCELA A LA NMX-I-050-NYCE-2001).
NMX-I-054-NYCE-2009	11/9/2009	TELECOMUNICACIONES-EQUIPOS MULTIPLEX DE 12 CANALES PARA LINEA TELEFONICA (CANCELA A LA NMX-I-054-NYCE-2003).
NMX-I-057/01-NYCE-2009	8/18/2009	TELECOMUNICACIONES-MODULACION POR IMPULSOS CODIFICADOS (MIC) DE FRECUENCIAS VOCALES-VOCABULARIO (CANCELA A LA NMX-I-057/01-NYCE-2003).
NMX-I-057/02-NYCE-2009	11/9/2009	TELECOMUNICACIONES-MODULACION POR IMPULSOS CODIFICADOS (MIC) DE FRECUENCIAS VOCALES -CODIFICACION DE LAS SEÑALES ANALOGICAS (CANCELA A LA NMX-I-057/02-NYCE-2003).
NMX-I-057/03-NYCE-2009	11/9/2009	TELECOMUNICACIONES-MODULACION POR IMPULSOS CODIFICADOS (MIC) DE FRECUENCIAS VOCALES-ESPECIFICACIONES DE CALIDAD DE LOS CANALES MIC (CANCELA A LA NMX-I-057/03-NYCE-2003).
NMX-I-057/04-NYCE-2009	11/9/2009	TELECOMUNICACIONES-MODULACION POR IMPULSOS CODIFICADOS (MIC) DE FRECUENCIAS VOCALES-ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS MULTIPLEX PRIMARIOS MIC PARA 2 048 KBIT/S (CANCELA A LA NMX-I-057/04-NYCE-2003).
NMX-I-079-NYCE-2003	3/1/2004	TELECOMUNICACIONES-EQUIPOS MULTIPLEX POR DIVISION DE FRECUENCIA PARA LA TRANSLACION DE FRECUENCIAS VOCALES A LAS BANDAS DE GRUPO BASICO Y SUPERGRUPO EN SISTEMAS TELEFONICOS (CANCELA A LA NMX-I-079-CT-1980).
NMX-I-083-NYCE-2003	3/1/2004	TELECOMUNICACIONES-SISTEMA SECRETARIAL Y/O MULTILINEA (CANCELA A LA NMX-I-083-CT-1980).
NMX-I-090/01-NYCE-2005	11/29/2005	TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES-REQUISITOS DE LOS PROYECTOS PARA LA MEJORA SUSTANCIAL EN LOS SECTORES DE LAS TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES-PARTE 01: TERMONOLOGIA Y DEFINICIONES.
NMX-I-090/02-NYCE-2005	11/29/2005	TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES-REQUISITOS DE LOS PROYECTOS PARA LA MEJORA SUSTANCIAL EN LOS SECTORES DE LAS TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES-PARTE 02: REQUISITOS DE UN PROYECTO.
NMX-I-090/03-NYCE-2005	11/29/2005	TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES-REQUISITOS DE LOS PROYECTOS PARA LA MEJORA SUSTANCIAL EN LOS SECTORES DE LAS TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES-PARTE 03: DIRECTRICES Y CARACTERISTICAS.
NMX-I-090/04-NYCE-2006	1/5/2007	TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES-REQUISITOS DE LOS PROYECTOS PARA LA MEJORA SUSTANCIAL EN LOS SECTORES DE LAS TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION, ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES
NMX-I-093-NYCE-2005	3/1/2005	TELECOMUNICACIONES-COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNETICA-VEHICULOS, BOTES, Y DISPOSITIVOS PROPULSADOS POR MOTORES DE COMBUSTION INTERNA-CARACTERISTICAS DE LAS PERTURBACIONES RADIOELECTRICAS-LIMITES Y METODOS DE MEDICION PARA PROTEGER RECEPTORES; EXCLUYENDO LOS
NMX-I-098-NYCE-2008	6/13/2008	TELECOMUNICACIONES-CABLES-CABLES PARA ACOMETIDA TELEFONICA AEREA (CANCELA A LA NMX-I-098-1981 Y NMX-I-164-1985).
NMX-I-099-NYCE-2009	1/28/2010	TELECOMUNICACIONES-EQUIPO MULTIPLEX POR DIVISION DE FRECUENCIA PARA LA TRASLACION DE SUPERGRUPO A GRUPO MAESTRO Y AGREGADO DE 15 SUPERGRUPOS Y GRUPO MAESTRO A GRUPO SUPERMAESTRO. (CANCELA A LA NMX-I-099-NYCE-2003).
NMX-I-101/05-NYCE-2009	8/18/2009	TELECOMUNICACIONES-VOCABULARIO ELECTROTECNICO-PARTE 05: COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNETICA (CANCELA A LA NMX-I-101/05-NYCE-2004).
NMX-I-108-NYCE-2006	4/13/2006	TELECOMUNICACIONES-CABLEADO-CABLEADO ESTRUCTURADO-PUESTA A TIERRA EN SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES.
NMX-I-113-NYCE-2005	3/1/2005	TELECOMUNICACIONES-ANTENAS-METODOS DE PRUEBAS MECANICAS Y CLIMATOLOGICAS PARA ANTENAS RECEPTORAS EN EL MARGEN DE FRECUENCIA DE 30 MHz A 1 000 MHz (CANCELA A LA NMX-I-113-1976).
NMX-I-115-NYCE-2006	4/13/2005	TELECOMUNICACIONES-CABLES-CABLES MULTIPARES PARA TELEFONIA Y/O DATOS-METODOS DE PRUEBA PARA CARACTERISTICAS ELECTRICAS (CANCELA A LA NMX-I-115-NYCE-2000).
NMX-I-118/01-NYCE-2008	5/9/2008	TELECOMUNICACIONES-CABLES-PARTE 01: CABLE COAXIAL PARA RED EN SISTEMAS DE TELEVISION POR CABLE (STVC) (CANCELA A LA NMX-I-118-CT-1982).

NMX-I-118/02-NYCE-2008	09/05/2008	TELECOMUNICACIONES-CABLES-PARTE 02: CABLE COAXIAL PARA ACOMETIDA EN SISTEMAS DE TELEVISION POR CABLE (STVC).
NMX-I-123-NYCE-2006	03/11/2006	TELECOMUNICACIONES-ACCESORIOS-REMATE Y EMPALME PARA CABLE DE ACERO.
NMX-I-127-NYCE-2006	05/01/2007	TELECOMUNICACIONES-INTERFAZ-CONTROL DE LA FLUCTUACION DE FASE Y DE LA FLUCTUACION LENTA DE FASE EN LAS REDES DIGITALES BASADAS EN LA JERARQUIA DE 1 544 kbit/s.
NMX-I-128-NYCE-2006	05/01/2007	TELECOMUNICACIONES-INTERFAZ-CONTROL DE LA FLUCTUACION DE FASE Y DE LA FLUCTUACION LENTA DE FASE EN LAS REDES DIGITALES BASADAS EN LA JERARQUIA DE 2 048 kbit/s.
NMX-I-132-NYCE-2006	05/01/2007	TELECOMUNICACIONES-CABLEADO-CABLEADO ESTRUCTURADO-ESPECIFICACIONES PARA LAS PRUEBAS DE CABLEADO BALANCEADO-PARTE 01: CABLEADO INSTALADO (CANCELA A LA NMX-I-132-1980).
NMX-I-135-NYCE-2009	09/11/2009	TELECOMUNICACIONES-COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNETICA ELECTROMAGNETICARECEPTORES ASOCIADO-CARACTERISTICAS DE LAS PERTURBACIONES RADIOELECTRICAS-LIMITES Y METODOS DE MEDICION (CANCELA A LA NMX-I-135-NYCE-2004).
NMX-I-140-NYCE-2010	24/01/2011	TELECOMUNICACIONES-CABLES Y ACCESORIOS-CORDON TELEFONICO PLANO OVAL (CANCELA A LA NMX-I-140-NYCE-2005).
NMX-I-142-NYCE-2009	18/08/2009	TELECOMUNICACIONES-TERMINOLOGIA Y CONCEPTOS BASICOS APLICABLES A LOS SISTEMAS DE TRANSMISION DE DATOS-COMUNICACION DE DATOS POR LA RED TELEFONICA (CANCELA A LA NMX-I-142-NYCE-2003).
NMX-I-144-NYCE-2007	14/02/2008	VOCABULARIO ELECTROTECNICO-TELECOMUNICACIONES-TERMINOLOGIA PARA EQUIPOS DE MICROONDAS Y CONCEPTOS BASICOS APLICABLES A LA TRANSMISION DE TELEFONIA POR MICROONDAS (CANCELA A LAS NMX-I-144-NYCE-2001 Y NMX-I-176-NYCE-2001).
NMX-I-14763-1-NYCE-2010	27/05/2010	TELECOMUNICACIONES-CABLEADO-CABLEADO ESTRUCTURADO-IMPLEMENTACION Y OPERACION DE CABLEADO EN EDIFICIOS COMERCIALES-PARTE 1: ADMINISTRACION.
NMX-I-154-NYCE-2008	10/06/2008	TELECOMUNICACIONES-CABLEADO-CABLEADO ESTRUCTURADO-CABLEADO GENERICO RESIDENCIAL.
NMX-I-161-NYCE-2003	01/03/2004	TELECOMUNICACIONES-CENTRALES TELEFONICAS ANALOGICAS LOCALES (CANCELA A LA NMX-I-161-CT-1985).
NMX-I-170-NYCE-2009	18/08/2009	TELECOMUNICACIONES-TERMINOLOGIA-DEFINICIONES EMPLEADAS EN EQUIPO DE RADIOCOMUNICACION PARA SERVICIOS MOVILES (CANCELA A LA NMX-I-170-NYCE-2004).
NMX-I-175/01-NYCE-2003	31/10/2003	TELECOMUNICACIONES-COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNETICA-ESPECIFICACION PARA LOS APARATOS Y METODOS DE MEDICION DE LAS PERTURBACIONES RADIOELECTRICAS Y DE LA INMUNIDAD-PARTE 02: METODOS DE MEDICION DE LAS PERTURBACIONES Y DE LA INMUNIDAD. APARATOS Y METODOS DE MEDICION DE LAS PERTURBACIONES RADIOELECTRICAS Y DE LA INMUNIDAD-PARTE 01: APARATOS DE MEDICION DE PERTURBACION E INMUNIDAD (CANCELA A LA NMX-I-175-CT-1988).
NMX-I-175/02-NYCE-2003	01/03/2004	TELECOMUNICACIONES-COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNETICA-ESPECIFICACION PARA LOS APARATOS Y METODOS DE MEDICION DE LAS PERTURBACIONES RADIOELECTRICAS Y DE LA INMUNIDAD-PARTE 02: METODOS DE MEDICION DE LAS PERTURBACIONES Y DE LA INMUNIDAD.
NMX-I-180/01-NYCE-2003	31/10/2003	TELECOMUNICACIONES-METODOS DE PRUEBA PARA MATERIALES UTILIZADOS EN PRODUCTOS TERMOCONTRACTILES. PARTE 01. PRODUCTOS TERMOCONTRACTILES, EXCEPTO TUBOS (CANCELA A LA NMX-I-180/01-1987).
NMX-I-180/02-NYCE-2010	24/01/2011	TELECOMUNICACIONES-METODOS DE PRUEBA PARA MATERIALES UTILIZADOS EN PRODUCTOS TERMOCONTRACTILES-PARTE 02: TUBOS (CANCELA A LA NMX-I-180/02-NYCE-2003).
NMX-I-181-NYCE-2009	18/08/2009	TELECOMUNICACIONES-CIRCUITOS DE ENLACE ENTRE EL EQUIPO TERMINAL DE DATOS (ETD) Y EL EQUIPO DE TERMINACION DEL CIRCUITO DE DATOS (ETCD)-LISTA DE DEFINICIONES (CANCELA A LA NMX-I-181-NYCE-2003).
NMX-I-186-NYCE-2010	24/01/2011	TELECOMUNICACIONES-CABLES-CAPUCHONES TERMOCONTRACTILES PARA USO EN CABLES PRESURIZADOS (CANCELA A LA NMX-I-186-NYCE-2002).
NMX-I-197-NYCE-2009	21/05/2009	TELECOMUNICACIONES-RADIOCOMUNICACIONES-GRUPO DE ESPECIFICACION TECNICA GSM/EDGE RED DE ACCESO POR RADIO-ESPECIFICACION DEL EQUIPO DEL SISTEMA DE ESTACION BASE (BSS)-ASPECTOS DE RADIO.
NMX-I-200-NYCE-2009	28/01/2010	TELECOMUNICACIONES-COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNETICA-DIRECCIONES RELATIVAS A LA UTILIZACION DEL METODO DE SUSTITUCION PARA MEDICIONES DE RADIACION EMITIDA POR HORNO DE MICROONDAS A FRECUENCIAS SUPERIORES DE 1 GHZ. (CANCELA A LA NMX-I-200-NYCE-2004).
NMX-I-213-NYCE-2009	10/02/2010	TELECOMUNICACIONES-CABLES-CABLE OPTICO DIELECTRICO PARA USO AEREO AUTOSOPORTADO (ODAS)-ESPECIFICACIONES Y METODOS DE PRUEBA.
NMX-I-230-NYCE-2010	24/01/2011	TELECOMUNICACIONES-CABLES-TUBOS TERMOCONTRACTILES DE PARED DELGADA CON ADHESIVO PARA USO EN SISTEMAS NO PRESURIZADOS (CANCELA A LA NMX-I-230-NYCE-2002).
NMX-I-235-NYCE-2005	01/03/2005	TELECOMUNICACIONES-INTERFAZ-INTERFAZ DIGITAL A 2 048 kbit/s PARA LA INTERCONEXION ENTRE REDES DE TELECOMUNICACIONES (CANCELA A LA NMX-I-235-1997-NYCE).
NMX-I-236/01-NYCE-2010	24/01/2011	TELECOMUNICACIONES-CABLES-CABLES MULTIPARES DE USO INTERIOR-ESPECIFICACIONES Y METODOS DE PRUEBA PARTE 01-CARACTERISTICAS BASICAS (CANCELA A LA NMX-I-236/01-2003).
NMX-I-236/02-NYCE-2010	24/01/2011	TELECOMUNICACIONES-CABLES-CABLES MULTIPARES DE USO INTERIOR-ESPECIFICACIONES Y METODOS DE PRUEBA-PARTE 02-CARACTERISTICAS PARA COMUNICACIONES DIGITALES. (CANCELA A LA NMX-I-236/02-NYCE-2004).

NMX-I-236/03-NYCE-2005	01/03/2005	TELECOMUNICACIONES-CABLES-CABLES MULTIPARES DE USO INTERIOR-ESPECIFICACIONES-PARTE 03: CARACTERISTICAS DE CABLES FLEXIBLES PARA USO EN DISTRIBUIDORES Y AREAS DE TRABAJO.
NMX-I-237-NYCE-2008	07/08/2008	TELECOMUNICACIONES-CABLES-CABLES DE FIBRAS OPTICAS PARA USO INTERIOR-ESPECIFICACIONES Y METODOS DE PRUEBA (CANCELA A LA NMX-I-237-NYCE-2001).
NMX-I-238-1997-NYCE	31/07/1997	TELECOMUNICACIONES - CABLES TELEFÓNICOS - PRUEBAS ÓPTICAS PARA FIBRAS ÓPTICAS - MÉTODOS DE PRUEBA.
NMX-I-239-NYCE-2009	15/04/2009	TELECOMUNICACIONES-NUMERO IDENTIFICADOR DEL MOVIL (NIM) MEXICANO UTILIZADO POR OPERADORES DE TELEFONIA MOVIL CON TECNOLOGIA CELULAR BASADA EN ESTANDARES AMPS (CANCELA A LA NMX-I-239-NYCE-2003).
NMX-I-240-NYCE-2007	14/02/2008	TELECOMUNICACIONES-COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNETICA-INTERFERENCIA ELECTROMAGNETICA-LIMITES Y METODOS DE MEDICION DE LAS CARACTERISTICAS DE LAS PERTURBACIONES DE RADIO FRECUENCIA PRODUCIDAS POR EQUIPOS DE TECNOLOGIA DE LA INFORMACION (CANCELA A LA NMX-I-240)
NMX-I-248-NYCE-2008	09/10/2008	TELECOMUNICACIONES-CABLEADO-CABLEADO ESTRUCTURADO GENERICOCABLEADO DE TELECOMUNICACIONES PARA EDIFICIOS COMERCIALES-ESPECIFICACIONES Y METODOS DE PRUEBA (CANCELA A LA NMX-I-248-NYCE-2005
NMX-I-262/01-NYCE-2005	15/08/2005	TELECOMUNICACIONES-CABLES-CABLES TELEFONICOS MULTIPARES PARA USO EXTERIOR-PARTE 01: SERVICIOS DE VOZ Y DATOS (CANCELA A LA NMX-I-262-NYCE-1999).
NMX-I-262/02-NYCE-2005	10/10/2005	TELECOMUNICACIONES-CABLES-CABLES TELEFONICOS MULTIPARES PARA USO EXTERIOR-PARTE 2: TRANSMISION DIGITAL.
NMX-I-263/01-NYCE-2005	01/03/2005	TELECOMUNICACIONES-INTERFAZ-PARTE DE CONTROL DE LA CONEXION DE SEÑALIZACION DEL SISTEMA DE SEÑALIZACION POR CANAL COMUN- PARTE 01: DESCRIPCION FUNCIONAL DE LA PARTE DE CONTROL DE LA CONEXION DE SEÑALIZACION (CANCELA A LA NMX-I-263/01-NYCE-1999).
NMX-I-263/02-NYCE-2005	01/03/2005	TELECOMUNICACIONES-INTERFAZ-PARTE DE CONTROL DE LA CONEXION DE SEÑALIZACION DEL SISTEMA DE SEÑALIZACION POR CANAL COMUN-PARTE 02: DEFINICION Y FUNCIONES DE LOS MENSAJES DE LA PARTE DE CONTROL DE LA CONEXION DE SEÑALIZACION (CANCELA A LA NMX-I-263/02-NYCE
NMX-I-263/03-NYCE-2005	01/03/2005	TELECOMUNICACIONES-INTERFAZ-PARTE DE CONTROL DE LA CONEXION DE SEÑALIZACION DEL SISTEMA DE SEÑALIZACION POR CANAL COMUN-PARTE 03: FORMATOS Y CODIGOS DE LA PARTE DE CONTROL DE LA CONEXION DE SEÑALIZACION (CANCELA A LA NMX-I-263/03-NYCE-1999).
NMX-I-263/04-NYCE-2005	01/03/2005	TELECOMUNICACIONES-INTERFAZ-PARTE DE CONTROL DE LA CONEXION DE SEÑALIZACION DEL SISTEMA DE SEÑALIZACION POR CANAL COMUN-PARTE 04: PROCEDIMIENTOS DE LA PARTE DE CONTROL DE LA CONEXION DE SEÑALIZACION (CANCELA A LA NMX-I-263/04-NYCE-1999).
NMX-I-263/05-NYCE-2005	01/03/2005	TELECOMUNICACIONES-INTERFAZ-PARTE DE CONTROL DE LA CONEXION DE SEÑALIZACION DEL SISTEMA DE SEÑALIZACION POR CANAL COMUN-PARTE 05: COMPORTAMIENTO DE LA PARTE DE CONTROL DE LA CONEXION DE SEÑALIZACION (CANCELA A LA NMX-I-263/05-NYCE-1999).
NMX-I-272-NYCE-2000	18/08/2000	TELECOMUNICACIONES-RADIOCOMUNICACION-SERVICIOS DE COMUNICACION PERSONAL DE BANDA ANGOSTA-CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS EQUIPOS DE TRANSMISION DE MENSAJES POR RADIO DE DOS VIAS.
NMX-I-274-NYCE-2011	25/04/2011	TELECOMUNICACIONES-CABLES-CABLES DE FIBRAS OPTICAS PARA USO EXTERIOR-ESPECIFICACIONES Y METODOS DE PRUEBA (CANCELA A LA NMX-I-274-NYCE-2005).
NMX-I-279-NYCE-2009	28/01/2010	TELECOMUNICACIONES-CABLEADO-CABLEADO ESTRUCTURADO-CANALIZACIONES Y ESPACIOS PARA CABLEADO DE TELECOMUNICACIONES EN EDIFICIOS COMERCIALES. (CANCELA A LA NMX-I-279-NYCE-2001).
NMX-I-60793-1-40-NYCE-2012	22/03/2013	TELECOMUNICACIONES-CABLES-METODOS DE PRUEBA OPTICOS PARA FIBRAS OPTICAS-METODOS DE MEDICION Y PROCEDIMIENTOS DE PRUEBA-ATENUACION.
NMX-I-60793-1-42-NYCE-2012	22/03/2013	TELECOMUNICACIONES-CABLES-METODOS DE PRUEBA OPTICOS PARA FIBRAS OPTICAS-METODOS DE MEDICION Y PROCEDIMIENTOS DE PRUEBA-DISPERSION CROMATICA.
NMX-I-61931-NYCE-2010	24/01/2011	TELECOMUNICACIONES-CABLES-FIBRAS OPTICAS-TERMINOLOGIA.
PROY-NMX-I-118/02-NYCE-2011	27/05/2011	TELECOMUNICACIONES-CABLES-PARTE 02: CABLE COAXIAL PARA ACOMETIDA EN SISTEMAS DE TELEVISION POR CABLES (STVC)
ROY-NMX-I-236/03-NYCE-2011	19/10/2011	TELECOMUNICACIONES-CABLES-CABLES MULTIPARES DE USO INTERIOR-ESPECIFICACIONES-PARTE 03: CARACTERÍSTICAS DE CABLES FLEXIBLES PARA USO EN DISTRIBUIDORES Y ÁREAS DE TRABAJO. (CANCELARÁ A LA NMX-I-236/03-NYCE-2005).
PROY-NMX-I-262-01-NYCE-2013	22/07/2013	TELECOMUNICACIONES-CABLES-CABLES TELEFONICOS MULTIPARES PARA USO EXTERIORPARTE 01: SERVICIOS DE VOZ
PROY-NMX-I-288-NYCE-2013	22/07/2013	TELECOMUNICACIONES-INTERFERENCIA ELECTROMAGNETICA-LIMITES DE EXPOSICION MAXIMA DE SERES HUMANOS A CAMPOS ELECTROMAGNETICOS DE RADIOFRECUENCIA (100 KHZ A 300 GHZ)

Figura 2.3 Compilación de Normas Mexicanas Vigentes en materia de telecomunicaciones.

En materia técnica los equipos de telecomunicaciones son Homologados y certificados en el cumplimiento de las normas y estándares mexicanos de acuerdo a la ley de metrología y normalización, estas actividades están a cargo del Comité consultivo Nacional de normalización de Telecomunicaciones (CCNN-T).

También en 2007 se estableció y publicó en el Diario Oficial de la Nación el Plan Nacional de Desarrollo en materia de comunicaciones, y a raíz de este se desarrollo el Plan técnico de Interconexión e interoperabilidad, este se consolida como el instrumento de transición tecnológica hacia las redes de nueva generación, para garantizar al usuario el acceso a cualquier servicio o aplicación, por lo que este establece los lineamientos técnicos para el desarrollo de la banda ancha en referencia a los siguientes parámetros: conducción de tráfico, enlaces de transmisión, puertos de acceso, señalización, co-ubicación, compartición de infraestructura, servicios auxiliares conexos y Acceso a servicios.

2.3.- Estándares Internacionales

Debido a que las telecomunicaciones brindan servicios los cuales, trascienden las fronteras de los países, la regulación internacional de las telecomunicaciones tiene una gran importancia, la cual es para armonizar los alcances tecnológicos en la materia y permitir maximizar el aprovechamiento que su desarrollo ofrece a la sociedad. Los estándares hacen que la vida sea más simple, permitiendo mayor fiabilidad y efectividad en los bienes y servicios que usamos.

Los estándares internacionales, rigen nuestras actividades diarias, pues regulan los bienes y servicios que empleamos, permitiendo olvidarnos de marcas o de algún fabricante en especial. Esto es de vital importancia en la creación de arquitecturas en las cuales los elementos de red son de diferentes propietarios, ya que al utilizar equipos de telecomunicaciones con estándares propietarios no está garantizado que vayan a comunicarse con los demás equipos de la red.

De acuerdo a la ISO, un estándar son acuerdos documentados que contienen especificaciones técnicas para ser usados consistentemente como reglas, guías o definiciones de características para asegurar que los productos y servicios cumplan con su propósito, es por ello que un estándar de telecomunicaciones es un conjunto de normas y recomendaciones técnicas que regulan la transmisión en los sistemas de comunicaciones.

2.3.1.- Categorías de estándares.

Los estándares se pueden dividir en tres tipos:

- Los estándares de facto (de hecho): Son aquellos estándares que originalmente fueron establecidos por el fabricante, pero que han sido aceptados debido a que tienen una alta penetración y aceptación, estos no han sido aprobados por un organismo oficial.
- Los estándares de jure (de por ley): Son aquellos estándares que son legislados por un organismo internacional, tal como la ITU, la ISO, la ANSI, entre otras.
- Los estándares propietarios: Son aquellos que son propiedad de alguna compañía y la cual su uso no tiene alta penetración. En el caso que el estándar tenga éxito, puede llegar a convertirse en un estándar de facto, o incluso, podría ser adoptado por algún organismo oficial y convertirse en un estándar de jure.

2.3.2.- Tipos de Organizaciones de estándares.

Existen dos tipos de organizaciones las cuales definen los estándares, la primera: Las organizaciones oficiales y los consorcios de fabricantes.

Las organizaciones oficiales, está integrado por consultores independientes, integrantes de departamentos o secretarías de estado de diferentes países, como por ejemplo la ITU, ISO, ANSI, IEEE, entre otras.

Los consorcios de fabricantes están integrados por compañías fabricantes de equipos de telecomunicaciones o desarrolladores de software que conjuntamente definen estándares para que sus productos entren al mercado de las telecomunicaciones y

redes (por citar algunos ejemplos: ATM Forum, Frame Relay Forum, Gigabit Ethernet Alliance, ADSL Forum, etc). Una ventaja de los consorcios es que pueden llevar más rápidamente los beneficios de los estándares promulgados al usuario final, mientras que las organizaciones oficiales tardan más tiempo en liberarlos.

Otro aspecto muy importante de los consorcios de fabricantes es que éstos tienen un contacto más cercano con el mundo real - y productos reales. Esto reduce el riesgo de crear especificaciones que son demasiado ambiciosas, complicadas, y costosas de implementar.

2.3.3.- ISO: Organización Internacional para la Estandarización

La ISO o también conocida como la Organización Internacional para la Estandarización, es el desarrollador más grande en el mundo para los Estándares Internacionales. Su misión es promover el desarrollo de la estandarización y actividades relacionadas con el propósito de facilitar el intercambio internacional de bienes y servicios. Los resultados del trabajo de la ISO son acuerdos internacionales publicados como estándares internacionales. Su sede se encuentra en Suiza.

2.3.4.- La ITU: Unión Internacional de Telecomunicaciones.

La ITU (UIT) conocida como la Unión Internacional de Telecomunicaciones, es el organismo especializado de las Naciones Unidas para las tecnologías de la información y la comunicación. A esa organización se le atribuye el espectro radioeléctrico y las órbitas de satélite a escala mundial, se encargan de elaborar las normas que garantizan la interconexión continua de las redes y las tecnologías.

La ITU está formada por tres sectores o comités: el primero de ellos es la ITU-T (antes conocido como CCITT, Comité Consultivo Internacional de Telegrafía y Telefonía), cuya función principal es desarrollar bosquejos técnicos y estándares para telefonía, telegrafía, interfaces, redes y otros aspectos de las telecomunicaciones. La ITU-T envía sus bosquejos a la ITU y ésta se encarga de aceptar o rechazar los estándares propuestos. El segundo comité es la ITU-R (antes conocido como CCIR,

Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones), encargado de la promulgación de estándares de comunicaciones que utilizan el espectro electromagnético, como la radio, televisión UHF/VHF, comunicaciones por satélite, microondas, etc. El tercer comité ITU-D, es el sector de desarrollo, encargado de la organización, coordinación técnica y actividades de asistencia.

2.3.5.- La IEEE

La IEEE corresponde a las siglas de *The Institute of Electrical and Electronics Engineers*, el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, una asociación técnico-profesional mundial dedicada a la estandarización, entre otras cosas. Es la mayor asociación internacional sin fines de lucro formada por profesionales de las nuevas tecnologías, como ingenieros en eléctricos, ingenieros en electrónica, ingenieros en sistemas e ingenieros en telecomunicación.

Los profesionales de redes están particularmente interesados en el trabajo de los comités 802 de la IEEE. El comité 802 (80 porque fue fundado en el año de 1980 y 2 porque fue en el mes de febrero) enfoca sus esfuerzos en desarrollar protocolos de estándares para la interface física de la conexiones de las redes locales de datos, las cuales funcionan en la capa física y enlace de datos del modelo de referencia OSI. Estas especificaciones definen la manera en que se establecen las conexiones de datos entre los dispositivos de red, su control y terminación, así como las conexiones físicas como cableado y conectores.

2.3.6.- La ANSI

El American National Standards Institute (ANSI) es un organismo que supervisa, en Estados Unidos, el desarrollo de normas para productos, servicios y procedimientos. Estas normas son propuestas de forma voluntaria y sin fines de lucro, se coordina con estándares internacionales para asegurar que los productos estadounidenses puedan ser usados a nivel mundial.

Las normas validadas por el ANSI garantizan que las características y las prestaciones de los productos sean coherentes, que cada fabricante utilice los mismos términos y definiciones, y que los productos se ensayen de la misma forma en cualquier lugar. Estas normas, adoptadas por consenso voluntario, se difunden más rápidamente y permiten que los usuarios puedan comparar los productos más fácilmente.

2.3.7.- La EIA

La EIA (Electronic Industries Alliance), es la Organización de la industria americana de electrónica. Es una organización comercial de fabricantes de electrónica y alta tecnología en EE.UU. cuya misión es promover el desarrollo del mercado y competitividad y su objetivo es promover el desarrollo de la Tecnología y mejorar la competitividad de la industria de alta tecnología. Comprende a productos y servicios como sistemas complejos usados por la defensa (Radares), el espacio (Nasa) y la industria.

La EIA se centra en las áreas de la innovación y competitividad global, comercio internacional y acceso del mercado; el ambiente; Reforma de la tecnología de la telecomunicación y de información; y seguridad.

2.3.8.- La TIA

La TIA, Telecommunications Industry Association (Asociación de la Industria de Telecomunicaciones) es una asociación en los Estados Unidos que representa casi 600 compañías. Las compañías que la conforman están envueltas en las telecomunicaciones, banda ancha, telefonía inalámbrica, tecnologías de la información, redes, cableado, satélites, comunicaciones unificadas, comunicaciones de emergencia y tecnología.

TIA está acreditada por el Instituto Americano de Normas Nacionales para desarrollar las normas requeridas por la industria. TIA representa la Industria de las Telecomunicaciones con su subsidiaria, la Asociación de Telecomunicaciones de Multimedia en asociación con la Alianza de Industrias Electrónicas.

TIA representa a los proveedores de comunicaciones y tecnología de la información de productos y servicios para el mercado mundial a través de sus competencias básicas en la elaboración de normas, nacionales e internacionales de promoción, el desarrollo del mercado y los programas de promoción del comercio. La asociación hace posible la convergencia de las nuevas redes de comunicaciones, mientras que para un trabajo competitivo e innovador entorno de mercado. TIA se esfuerza para seguir sus 700 miembros y las oportunidades de negocios para promover el crecimiento económico y el mejoramiento de la humanidad a través de la mejora de las comunicaciones.

Una de las principales funciones de la Telecommunications Industry Association es la escritura y el mantenimiento de normas voluntarias de la industria y las especificaciones, la formulación de posiciones para la presentación en nombre de los Estados Unidos en foros internacionales, y la preparación de información técnica y los informes para su uso por parte de la industria y el gobierno.

3.- ESTADO ACTUAL DE LA BANDA ANCHA Y ESTRECHA

3.1.- La importancia de la velocidad de navegación en la red de acceso.

3.1.1.- Introducción

Red de acceso hace mención a aquella parte de la red de comunicaciones que conecta a los usuarios finales con algún proveedor de servicios y es complementaria al núcleo de red. Muchos de los avances tecnológicos que se pueden percibir directamente en el área de las telecomunicaciones corresponden a esta parte de la red, la misma que puede subdividirse en red de distribución/agregación y red de último kilómetro. Esta denominación es independiente de los medios o protocolos utilizados. Aun cuando en la literatura y en la industria se encuentran una gran cantidad de posibles tecnologías, en la práctica sólo se pueden identificar dos grandes tipos de redes de acceso:

- Acceso por cable físico

Par de cobre.- El medio físico más extendido en las redes de telecomunicaciones a nivel global es mediante un par de cobre, usado tradicionalmente para el servicio telefónico, pero sus características de propagación le permiten transportar una mayor cantidad de información, en efecto a la fecha es capaz de transportar señales de voz, vídeo y datos en forma simultánea, tal es el caso de VDSL2 con un ancho de banda superior a 200 Mbs.

Cable coaxial.- El cable coaxial prácticamente se encuentra solo en los accesos para proveer el servicio de televisión por cable y mediante la adición de componentes electrónicos adecuados también es capaz de soportar lo que se conoce como triple play (teléfono, televisión y acceso a Internet).

Fibra óptica.- El mejor de los medios físicos es indiscutiblemente la fibra óptica, que en teoría puede ser capaz de transportar volúmenes de información en el orden de los terabit/s. Antes de explicar directamente que es la fibra óptica, es conveniente resaltar ciertos aspectos básicos de óptica. La luz se mueve a la velocidad de la luz en el vacío,

sin embargo, cuando se propaga por cualquier otro medio, la velocidad es menor. Así, cuando la luz pasa de propagarse por un cierto medio a propagarse por otro determinado medio, su velocidad cambia, sufriendo además efectos de reflexión (la luz rebota en el cambio de medio, como la luz reflejada en los cristales) y de refracción (la luz, además de cambiar el módulo de su velocidad, cambia de dirección de propagación, por eso vemos una cuchara como doblada cuando está en un vaso de agua, la dirección de donde nos viene la luz en la parte que está al aire no es la misma que la que está metida en el agua). Esto se ve de mejor forma en el dibujo que aparece a nuestra derecha.

Redes híbridas coaxial-fibra.- Nada impide que se usen combinaciones de tecnologías para llevar el servicio hasta el usuario final y ese es el caso de las redes híbridas de fibra óptica y cable coaxial, Hybrid Fiber Coaxial (Fibra híbrida coaxial).

- Acceso inalámbrico

El desarrollo tecnológico experimentado en los últimos años que aprovecha la propagación de señales electromagnéticas a través del espacio libre (reflexión y refracción) ha permitido un explosivo crecimiento de los servicios de telecomunicaciones. Las distintas tecnologías (GSM, 3G, WiFi, WiMAX, LMDS, etc.) permiten proporcionar acceso a más dispositivos (teléfonos móviles, tabletas, videoconsolas portátiles, etc.).

Acceso fijo.- Aun cuando se asocia las tecnologías de acceso inalámbricos con movilidad, su empleo para aplicaciones fijas es usual y en ciertas situaciones brinda mejores resultados en términos de facilidad de despliegue y disponibilidad, evitando los cableados, que si bien son más seguros y proporcionan grandes anchos no son flexibles a los cambios.

Acceso móvil.- Todo tipo de dispositivos móviles puede disponer de acceso por medio de una o más tecnologías, así se puede disponer, por ejemplo de tabletas que permiten el acceso vía WiFi o 3G, de forma indiferente, para proporcionarle acceso a datos.

3.1.2.- Conectividad

Internet pone al alcance de la humanidad una enorme cantidad de información, recursos y, más recientemente, servicios y aplicaciones Web. Para tener acceso a todo esto debemos contar con dos elementos fundamentales: una conexión de acceso a Internet y un Navegador Web instalado en una computadora o en un dispositivo móvil.

La conexión de acceso a Internet se contrata con un Proveedor de Servicios de Internet (ISP por su sigla en inglés) quién por un valor mensual provee una conexión con determinado ancho de banda. Este ancho de banda se mide en kilobits por segundo (kbps) y el costo depende, entre otras cosas, de cuántos kbps se suministren.

Otro aspecto a considerar y que influye en el costo del servicio es si la conexión es dedicada o es compartida. En este último caso se habla de índice de reuso externo que consiste en compartir un ancho de banda X entre varios clientes. Por ejemplo, una Institución Educativa (IE) que contrata una conexión de 4.096 Kbps (equivalente a 4 Mbps ó 512 Kbps.) con un índice de reuso de 8:1 debe compartir la conexión con otros 7 clientes del ISP. En el mejor de los casos, la IE puede tener a su disposición un ancho de banda completo de 4.096 Kbps cuando los otros 7 clientes no estén conectados. El peor escenario se da cuando los 8 clientes utilizan de manera intensiva y simultánea la conexión; a cada uno de ellos le corresponde un ancho de banda de 512 Kbps.

Por otra parte, bien sea que se disponga de una conexión dedicada o con reuso externo, también hay que tener en cuenta el reuso interno. Este hace referencia a cuántos usuarios van a tener acceso a Internet de manera concurrente dentro de la Institución Educativa. Por ejemplo, no se obtiene la misma velocidad de navegación en una sala de informática con 20 computadores que en una con 40. El ancho de banda disponible para la IE, en un momento dado, debe repartirse entre todos los usuarios internos.

Otros dos aspectos a considerar cuando se contrata una conexión a Internet son tanto la tecnología que utiliza el ISP, como su capacidad de soporte técnico, solidez y trayectoria. Respecto a la tecnología, un ISP puede conectar a sus clientes a Internet a

través de diferentes medios como Fibra Óptica, ADSL, GSM, WiFi, entre otras. Este aspecto depende en gran medida de la ubicación geográfica que se tenga y de la cobertura que tenga el ISP. En muchos casos, la mejor opción del mercado (por costo, ancho de banda ofrecido y tecnología empleada) no se puede tomar simplemente porque el ISP no tiene cobertura en el área donde está ubicada la IE.

Un último aspecto que se debe tener en cuenta hace referencia a las velocidades de carga y de descarga. Cuando un ISP ofrece una conexión con un ancho de banda de, por ejemplo, 4 Mbps se refiere por lo regular a la velocidad de descarga de páginas o archivos desde servidores Web. Sin embargo, la velocidad de carga (upload) debería ser como mínimo una cuarta parte de la velocidad de descarga. La velocidad de carga es importante cuando se transmite información desde los computadores de la IE hacia servidores Web, se envían correos electrónicos con archivos adjuntos pesados o cuando se envían formularios, se suben fotos o videos.

Una vez contratada e instalada la conexión a Internet, es recomendable verificar periódicamente que esta se mantenga dentro de los parámetros de velocidad contratados con el proveedor. Para ello, existen aplicaciones en línea que miden dicha velocidad. La velocidad se reporta en Megabits por segundo (Mbps). El ISP con el que se tiene contratada la conexión de acceso a Internet.

- Navegador Web (*Web browser*) es un programa que permite desplegar la información contenida en una página Web almacenada en un servidor bien sea local o de la WWW (*World Wide Web*). Este programa interpreta el código en el que está escrita la página (HTML, JavaScript, etc) y lo presenta en pantalla permitiendo al usuario interactuar con su contenido y navegar desde ella hacia otras páginas de la red mediante enlaces o hipervínculos.

Pero no todos los navegadores Web son iguales o utilizan la misma tecnología, aunque las características que ofrecen al usuario los hagan muy similares.

Respecto a los parámetros de seguridad, es importante tenerlos en cuenta ya que cuando el computador se infecta con software malintencionado (virus, gusanos, troyanos, spyware, etc.), estos programas pueden utilizar la conexión de Internet para enviar información desde el equipo infectado a otros sitios en la Web. Esto hace que la

conexión de Internet se sature y dé al usuario la sensación de lentitud, sin razón aparente.

3.1.3.- Consejos generales para acelerar la navegación

A continuación presentamos una serie de consejos para hacer más rápida la navegación en Internet.

- Instalar un programa firewall (cortafuegos) .Este bloquea el acceso a la conexión de Internet para los programas no autorizados, al tiempo que permite el acceso a las aplicaciones autorizadas.
- Instalar un programa anti espías y actualizarlo con frecuencia. Los programas espía utilizan la conexión de Internet para enviar información desde el equipo a otros sitios, ocupando parte del ancho de banda disponible. Todo esto sin que el usuario se dé cuenta, pues solo nota que el computador, sin razón aparente, se vuelve lento.
- Instalar en el Navegador una extensión (plugin) que bloquee tanto publicidad no solicitada, como componentes flash.
- Instalar en el Navegador una extensión (plugin) para hacer precargas de páginas. Por ejemplo, cuando se realiza una búsqueda en Google, mientras el usuario revisa los resultados, el navegador va precargando las páginas que aparecen en los primeros puestos de la búsqueda.
- Actualizar con frecuencia el navegador de Internet ya que los nuevos servicios y aplicaciones de la Web 2.0 demandan de estas nuevas funcionalidades. Por lo tanto, es recomendable actualizar el navegador a la última versión disponible por lo menos cada seis meses.
- Instalar un programa para limpiar automáticamente el historial de navegación, las cookies y los archivos temporales de todos los navegadores Web instalados en el computador.
- Restringir el acceso a sitios con alta demanda de ancho de banda tales como reproductores de video o de contenidos streaming.

- Preferir el uso de navegadores Web que al descargar páginas compriman las imágenes y que no descarguen automáticamente elementos de flash. Este navegador trae una opción turbo, que al activarla, optimiza su utilización en redes con ancho de banda limitado.
- Tener en cuenta que la velocidad de descarga de una página depende en buena parte del sitio Web en el que está alojada. Hay sitios a los cuales muchos usuarios acceden de manera simultánea, lo que afecta la velocidad de respuesta del servidor. Este caso se presenta con frecuencia cuando se accede a blogs o wikis montados sobre servicios gratuitos.

3.2.- Historia del xDSL

3.2.1.- Introducción

Las tecnologías xDSL fueron creadas por la compañía Bellcore en el año 1987, que unió varias técnicas que empleaban características específicas para lograr transmitir datos de manera eficiente y a velocidades altas sobre el par trenzado del servicio telefónico diseñado para el intercambio de señales de audio.

xDSL está formado por un conjunto de tecnologías que proveen un gran ancho de banda sobre circuitos locales de cable de cobre, sin amplificadores ni repetidores de señal a lo largo de la ruta del cableado, entre la conexión del cliente y el primer nodo de la red. Son unas tecnologías de acceso punto a punto a través de la red pública, que permiten un flujo de información tanto simétrico, como asimétrico y de alta velocidad. Las tecnologías xDSL convierten las líneas analógicas convencionales en digitales de alta velocidad, con las que es posible ofrecer servicios de banda ancha en el domicilio de los clientes, similares a los de las redes de cable o las inalámbricas, aprovechando los pares de cobre existentes, siempre que estos reúnan un mínimo de requisitos en cuanto a la calidad del circuito y distancia.

Las ventajas para el operador del uso de esta tecnología son varias. Por una parte se descongestionan las centrales y la red conmutada, ya que el flujo de datos se separa del telefónico en el origen y se reencamina por una red de datos. Por otra, se puede

ofrecer el servicio de manera individual sólo para aquellos clientes que lo requieran, sin necesidad de reacondicionar todas las centrales locales.

xDSL es una tecnología "Modern-Like" (muy parecida a la tecnología de los módems) en la que es requerido un dispositivo módem xDSL terminal en cada extremo del circuito de cobre. Estos dispositivos aceptan flujo de datos en formato digital y lo superponen a una señal analógica de alta velocidad.

En general, en los servicios xDSL, el envío y recepción de datos se establece a través de un módem xDSL (que dependerá de la clase de xDSL utilizado: ADSL, VDSL, etc.). Estos datos pasan por un dispositivo, llamado "splitter", que permite la utilización simultánea del servicio telefónico básico y del servicio xDSL. El splitter se coloca delante de los módems del usuario y de la central; está formado por dos filtros, uno pasó bajo y otro paso alto. La finalidad de estos dos filtros es la de separar las señales transmitidas por el canal en señales de alta frecuencia (datos) y señales de baja frecuencia (Telefonía).

3.2.2.- Presentación de la familia xDSL

El conjunto de tecnologías que hacen a la familia xDSL, tienen un factor en común que todas las tecnologías DSL (Digital Subscriber Line) funcionan sobre par trenzado y usan la modulación para alcanzar elevadas velocidades de transmisión, aunque cada una de ellas con sus propias características de distancia operativa y configuración.

Las diferentes tecnologías se caracterizan por la relación entre la distancia alcanzada entre módems, velocidad y simetrías entre el tráfico de descendente (el que va desde la central hasta el usuario) y el ascendente (en sentido contrario). Como consecuencia de estas características, cada tipo de módem DSL se adapta preferentemente a algún tipo de aplicaciones. El carácter asimétrico de algunas tecnologías xDSL se adapta perfectamente a Internet, ya que los usuarios de la Red suelen recibir (velocidad de bajada) más datos de los que envían (velocidad de subida).

- **HDSL** (High bit rate Digital Subscriber Line): los primeros en aparecer fueron los modems HDSL, diseñados para ofrecer servicios a velocidades de hasta de 2,048 Mbps sobre 2 o 3 pares de cables en anchos de banda que varían entre

8 kHz y 240 kHz, según la técnica de modulación utilizada de forma simétrica. El HDSL original a 1,544 Mbps utilizaba 2 pares de cobre y se extendía hasta 4,5 Kilómetros. El HDSL a 2,048 Mbps necesitaba 3 pares para la misma distancia (pero no más). Las últimas versiones del HDSL, conocidas como HDSL2, emplean sólo un par de hilos y se espera que se conviertan en un estándar para garantizar la compatibilidad entre equipos. Aplicaciones típicas para HDSL serían para la conexión de central PBX, las antenas situadas en las estaciones base de las redes telefónicas celulares, servidores de Internet, interconexión de LANs y redes privadas de datos.

La familia xDSL en particular.

Nombre	Significado	Velocidad	Modo	Comentario
HDSL/HDSL2	DSL de alta velocidad	1,544 Mbps	Simétrico	Utilizaba 2 pares de hilos. HDSL2 utiliza un par de hilos.
		2,048 Mbps	Simétrico	
SDSL	DSL de par único	768 kbps	Simétrico	Utiliza un par de hilos.
ADSL	DSL asimétrico	De 1,5 Mbps a 8 Mbps	Sentido Downstream (descendente)	Utiliza 1 par de hilos. Mínima longitud de bucle: 5,5 kms.
		De 16 kbps a 640 kbps	Sentido Upstream (ascendente)	
RADSL	DSL de velocidad adaptable	De 1,5 Mbps a 8 Mbps	Sentido Downstream (descendente)	Utiliza un par de hilos, pero puede adaptar la velocidad de datos a las condiciones de la línea.
		De 16 kbps a 640 kbps	Sentido Upstream (ascendente)	
CDSL	DSL de consumidor	Hasta 1 Mbps De 16 a 128 kbps	Downstream Upstream	Utiliza un par de hilos, pero necesita equipos remotos en casa.
IDSL	DSL de RDSI	Igual que el interfaz básico (BRI) de la RDSI	Simétrico	Utiliza un par de hilos, denominado «Bri sin conmutador».
VDSL	DSL de muy alta velocidad	De 13 a 52 Mbps De 1,5 a 6,0 Mbps	Downstream Upstream	Velocidades muy elevadas. De 300 a 1300 de longitud máxima de bucle. Para funcionar necesita una red de fibra y ATM.

Figura 3.1 Familia xDSL en particular

- **SDSL** (Single line Digital Subscriber Line): 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. No obstante, las velocidades son las mismas que en HDSL.
- **RADSL** (Rate Adaptive Digital Subscriber Line): 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. De todos modos, ¿qué ocurre 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? 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.
- **ADSL** (Asymmetric Digital Subscriber Line): esta nueva tecnología va suplantando a las anteriores, ofreciendo velocidades de acceso mayores y una configuración de canales que se adapta mejor a los requerimientos de las aplicaciones dirigidas a los usuarios privados como vídeo simplex (o TV en modo distribución), vídeo bajo demanda o acceso a Internet. Son estas las típicas aplicaciones donde se necesitan unos anchos de banda elevados para recibir la información multimedia y solo unos pocos kilobits por segundo para seleccionarla. SDSL utiliza sólo un par de hilos, pero la necesidad de soportar velocidades simétricas, limita la distancia. ADSL aprovecha la naturaleza asimétrica de muchos servicios de banda ancha y a la vez amplía la distancia a la que puede operar hasta los 5,5 kilómetros. El ADSL utiliza frecuencias que no utiliza el teléfono normal, por lo que es posible conectar con Internet y hablar por teléfono a la vez. Esto se consigue mediante la instalación de un splitter o filtro

separador que, por otra parte, es fundamental para el funcionamiento del ADSL.

ADSL establece tres canales de conexión:

- El de envío de datos (que puede llegar a 1Mb/s)
- El de recepción de datos (hasta 8Mb/s)
- El de servicio telefónico normal
- **CDSL** (Consumer Digital Subscriber Line): Aunque está relacionada de manera cercana con ADSL y RADSL, CDSL mantiene algunas diferencias. CDSL es generalmente más modesto en términos de velocidad y distancia comparado con ADSL y RADSL, pero tiene una clara ventaja: con CDSL no hay que preocuparse por los dispositivos conocidos como splitters (filtros). La función de estos filtros en la casa del usuario es la de permitir la utilización de teléfonos y faxes de la misma manera que se utilizaban con anterioridad. La ventaja de CDSL es que no necesita este filtro y su cableado asociado.
- **IDSL** (ISDN Digital Subscriber Line de RDSI). 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.
- **VDSL** (Very High Digital Subscriber Line): El miembro más reciente de la familia, VDSL. es considerado el «último objetivo» de la tecnología DSL. Las velocidades son las más altas posibles, pero con un alcance de sólo entre 300 y 1.300 metros sobre un par de cobre trenzado.

Esto no es un problema para VDSL. VDSL espera encontrar una red de fibra en ese punto, y también tiene proyectado transportar celdas ATM (Asynchronous Transfer Mode- Modo de Transferencia Asíncrono), no como una opción, pero sí como una recomendación. Esta tecnología, coincide básicamente con ADSL y permite velocidades de hasta 52 Mbps aunque sobre distancias menores. La diferencia básica es la velocidad. Actualmente, el ADSL "sólo" llega a los 8 Mb/s de bajada y el VDSL puede llegar a los 52 Mb/s de bajada.

Proporcionalmente, el VDSL tendrá menor cantidad de velocidad de subida que el ADSL. (Menor proporción, pero mayor cantidad). Otra diferencia es que habrá dos versiones: simétrica y asimétrica. Simétrica quiere decir que la velocidad de subida y bajada es igual (por lo tanto es más cara) y asimétrica, que es más lento subir que bajar. A más distancia de la central, menos velocidad se puede alcanzar. De hecho, esto pasa también con el ADSL, pero de una forma menor. Para conseguir el máximo rendimiento, no se puede estar a más de 300 metros de la central.

En resumen, las técnicas xDSL aumentan la capacidad de transmisión en el bucle de abonado empleando técnicas de modulación avanzadas y módems. Las velocidades de transmisión dependen de la distancia que haya, así como de la sección de los conductores, de la técnica de transmisión utilizada y de otros factores externos.

3.3 La tecnología de acceso de banda ancha actual: ADSL2+

Hablando de las tecnologías xDSL podemos resaltar que estas utilizan como medio de transmisión hacia el usuario final el par de cobre, parte de la infraestructura que se utiliza normalmente como infraestructura para los servicios de banda angosta y la red telefónica pública conmutada (PSTN), y a través de este medio se logran transmitir datos y voz de manera simultánea, en cada extremo se utiliza un modulador que adecua los datos para ser transportados desde el usuario Final hasta los proveedores de servicio y viceversa.

Dentro de esta familia de tecnologías xDSL, podemos encontrar la tecnología basada en ADSL2+ (Asymetrical Digital Subscriber Line 2 plus) que es hoy día la tecnología de acceso fijo más utilizada y difundida alrededor del mundo, sus velocidades de transmisión de datos destacan de entre la familia de tecnologías por lo que es muy importante conocer en mayor detalle sus características.

3.3.1 Características Técnicas de ADSL2+

ADSL2+ funciona dividiendo el espectro de frecuencias que se pueden usar en un medio de par de cobre, Las frecuencias bajas son las menores a 4kHz y son las que se utilizan para transportar la Voz en banda base 56 Kbps, mientras que las Frecuencias

altas disponibles en el cable (mayores a 25kHz) son las que se utilizan para la transmisión de la Banda Ancha sobre el mismo medio basadas en la modulación. Esta banda de altas frecuencias es a su vez subdividida en 2 bandas, la Downstream, y Upstream o Subida y Bajada.

Downstream es el flujo de datos que se da en dirección desde el proveedor de servicios y hacia el usuario final, mientras que Upstream es el flujo que se da desde el usuario final hacia el proveedor de servicios. En ADSL2+ el espectro de frecuencias que se aprovecha dentro del par de cobre logra duplicarse comparado con su antecesor ADSL y ADSL2, alcanzando la utilización de hasta 2.2MHz. Para la transmisión de datos desde el MODEM de usuario (ATU-R) hacia el MODEM del proveedor de servicios (ATU-C) se utiliza la banda de 26kHz a 138kHz, mientras que en sentido contrario se utiliza de 138 KHz. a 2.2 MHz.

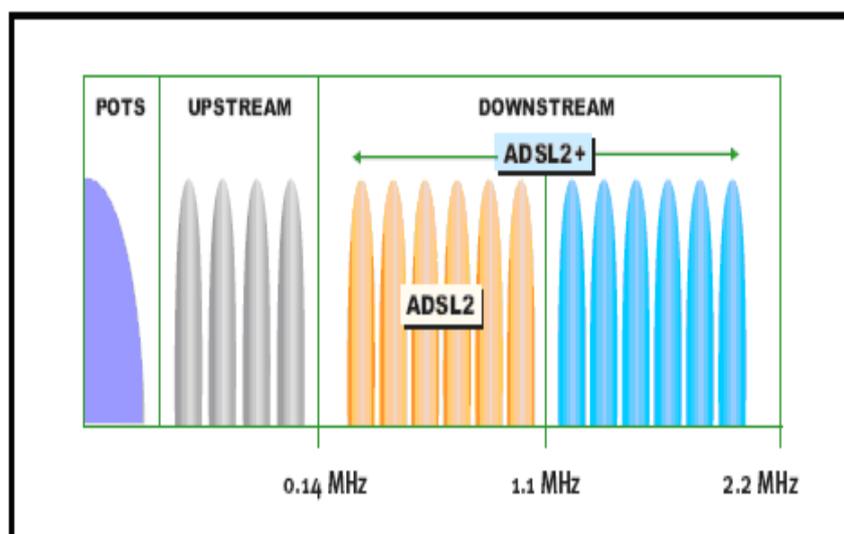


Figura 3.2 Esquema de FDM y DMT para ADSL2+

Para la transmisión los modems realizan tres tareas principales: 1) Codificación y decodificación, 2) separación de canales y 3) separación de voz y datos aunque muy comúnmente hoy día se utilizan dispositivos pasivos de filtrado de frecuencias externos a los modems llamados "Splitters". La Figura 3.3 muestra la estructura básica de un

circuito ADSL2+, en ella se observa que los MODEMS del lado del proveedor de servicios se agrupan en un equipo multiplexor llamado DSLAM.

Para realizar estas 3 tareas los modems utilizan un set de tecnologías y estándares que son modulación discreta de multi-tonos (DMT) y modulación de amplitud de cuadratura (QAM) como principales.

ADSL2+ utiliza la Multiplexación por división de frecuencia en una de sus variantes llamadas DMT. DMT divide el espectro disponible en sub-portadoras discretas o tonos discretos que son señales espaciadas 4.3KHz que contienen parte de la información, por lo que se puede decir que los tonos agrupan la información y robustecen el protocolo, ya que si alguna de las portadoras se atenúa o interfiere el resto de la información puede seguir siendo transportado, esta característica es la que da la peculiar flexibilidad a esta tecnología. Se utilizan para ADSL2+ 512 tonos para Downstream y 64 para Upstream,

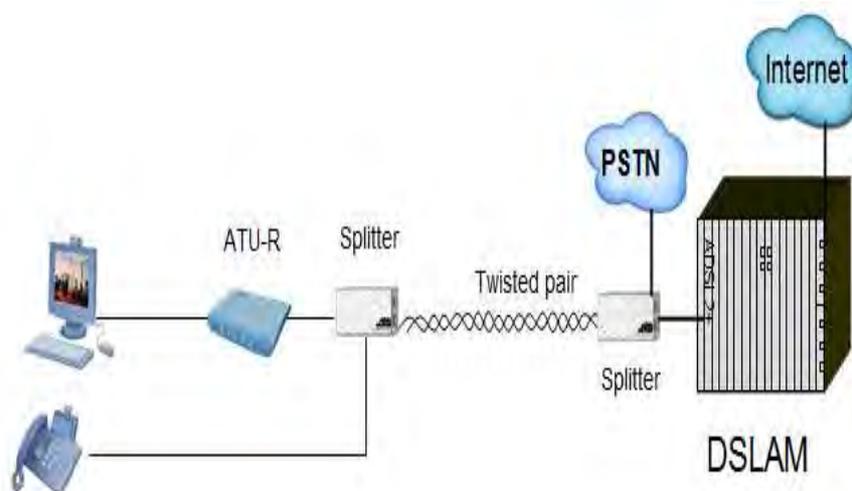


Figura 3.3 Modelo de una topología ADSL2+ clásica

Mientras la modulación por amplitud de cuadratura (QAM) permite modular mayor cantidad de símbolos código en cada una de las sub-portadoras permitiendo así transmitir mayor cantidad de información en cada una de ellas, en esencia QAM combina la modulación de amplitud que consiste en diferentes niveles de voltaje para

los símbolos combinados con la variación de fase, así las diferentes amplitudes en diferentes fases de cada tono o frecuencia representa un símbolo diferente.

Algunas de las portadoras se utilizan para señalización y comunicación entre MODEMS mientras que el resto se utilizan para transmitir datos.

Con estas técnicas de modulación y el espectro de frecuencias utilizado ADSL2+ logra proveer de velocidades de bajada de hasta 24Mbps mientras que para la subida proveen de hasta 1.2 Mbps.

Una de las ventajas de ADSL y ADSL2+ es la flexibilidad que como ya lo mencionamos es debido a la modulación en tonos discretos que permite agrupar la transmisión de datos en diversos grupos discretos o portadoras que se modulan a diferente frecuencia, esta característica hace que la comunicación entre los MODEMS se adapte de acuerdo a la distancia y características físicas del medio entre ellos. Las líneas de par de cobre son filtros para las altas frecuencias que disminuyen su umbral de paso de acuerdo a la distancia, por lo que conforme el radio de cobertura o distancia entre MODEMS crece, provoca que menor número de frecuencias logre ser transmitido. Para ADSL2+ conforme la distancia aumenta las suportadotas o tonos de más alta frecuencia desaparecen y la capacidad de ancho de banda decrece. Así las mayores velocidades se alcanzan a distancia 0 puesto que todas las portadoras o tonos están disponibles, mientras que la máxima distancia es de 6.5km donde solamente los tonos necesarios para la señalización y la mínima transmisión de datos están disponibles. Este comportamiento se ilustra para todos los miembros de la familia xDSL en la figura 3.4

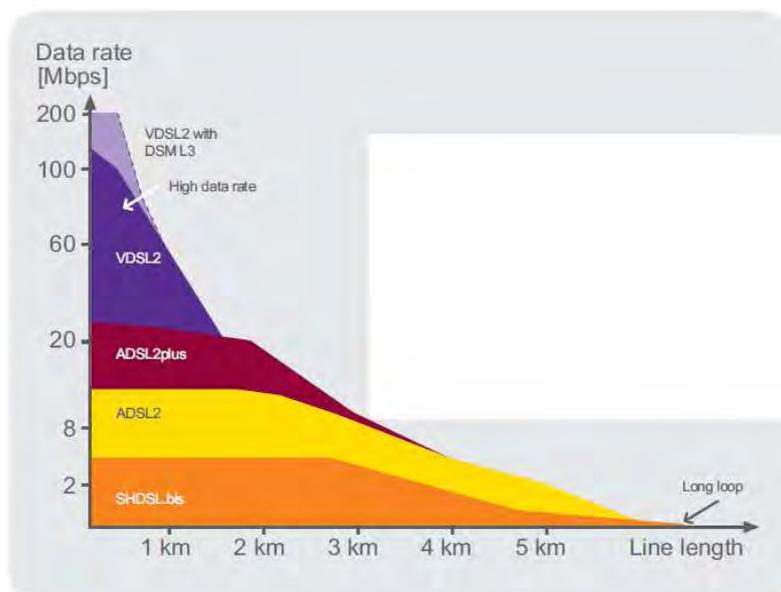


Figura 3.4 Anchos de banda disponibles en términos de la distancia para la familia ADSL y VDSL.

La tecnología y las mejoras para ADSL2+ fueron estudiados por la ANSI, IEEE y la UIT y se estandarizaron a traves de esta última en su recomendación ITU-T G.992.5 aunque sigue cumpliendo con las recomendaciones que previamente se habían hecho para ADSL ITU-T G.992.1 TU-T G.992.2, ITU-T G.992.3 ANSI T1.413

3.4 La Tecnología de Acceso de Banda Angosta Actual: POTS

Antes de empezar el estudio de la telefonía IP, como se verá más adelante, se debe conocer los conceptos más importantes de la telefonía tradicional, que como todos sabemos, hoy por hoy aún es la dominante en el mundo.

POTS es el acrónimo de Plain Old Telephone Service (Servicio Telefónico Ordinario Antiguo), conocido también como Servicio Telefónico Tradicional o Telefonía Básica), que se refiere a la manera en cómo se ofrece el servicio telefónico analógico (o convencional) por medio de cableado de cobre.

La telefonía tradicional tiene ventajas sobre la telefonía IP, las que aún no ha sido posible superar plenamente.

Para referirse a telefonía tradicional se usan diferentes términos: telefonía TDM, telefonía de conmutación de circuitos, Plan Old, Telephone Service. A veces, impropriamente, se le llama telefonía Analógica, lo que es incorrecto puesto que las centrales telefónicas tradicionales y la red que las interconecta, actualmente son 100% digitales.

3.4.1 Redes Conmutadas

Cuando los datos hay que enviarlos a largas distancias, generalmente deben pasar por varios nodos intermedios. Estos nodos son los encargados de encaminar los datos para que lleguen a su destino.

En conmutación de circuitos, los nodos intermedios no tratan los datos de ninguna forma, sólo se encargan de encaminarlos a su destino. En redes de comunicación conmutadas, los datos que entren en las redes provenientes de alguna de las estaciones, son conmutados de nodo en nodo hasta que lleguen a su destino.

Hay nodos sólo conectados a otros nodos y su única misión es conmutar los datos internamente a la red. También hay nodos conectados a estaciones y a otros nodos, por lo que deben de añadir a su función como nodo, la aceptación y emisión de datos de las estaciones que se conectan. Los enlaces entre nodos están multiplexados en el tiempo o por división de frecuencias. Generalmente hay más de un camino entre dos estaciones, para así poder desviar los datos por el camino menos colapsado.

3.4.2 Conmutación de Circuitos

La conmutación de circuitos es un concepto básico en las redes conmutadas.

Para cada conexión entre dos estaciones, los nodos intermedios dedican un canal lógico a dicha conexión. Para establecer el contacto y el paso de la información de estación a estación a través de los nodos intermedios, se requieren estos pasos:

1. Establecimiento del circuito: El emisor solicita a un cierto nodo el establecimiento de conexión hacia una estación receptora. Este nodo es el encargado de dedicar uno de sus canales lógicos a la estación emisora (suele existir de antemano). Este nodo es

el encargado de encontrar los nodos intermedios para llegar a la estación receptora , y para ello tiene en cuenta ciertos criterios de encaminamiento , etc.

2. Transferencia de datos: Una vez establecido el circuito exclusivo para esta transmisión (cada nodo reserva un canal para esta transmisión), la estación se transmite desde el emisor hasta el receptor conmutando sin demoras de nodo en nodo (ya que estos nodos tienen reservado un canal lógico para ella).

3. Desconexión del circuito: Una vez terminada la transferencia, el emisor o el receptor indican a su nodo más inmediato que ha finalizado la conexión , y este nodo informa al siguiente de este hecho y luego libera el canal dedicado . así de nodo en nodo hasta que todos han liberado este canal dedicado.

Debido a que cada nodo conmutador debe saber organizar el tráfico y las conmutaciones, éstos deben tener la suficiente "inteligencia" como para realizar su labor eficientemente.

La conmutación de circuitos suele ser bastante ineficiente ya que los canales están reservados aunque no circulen datos a través de ellos.

Para tráfico de voz, en que suelen circular datos (voz) continuamente, puede ser un método bastante eficaz ya que el único retardo es el establecimiento de la conexión, y luego no hay retardos de nodo en nodo (al estar ya establecido el canal y no tener que procesar ningún nodo ninguna información).

En la figura Figura 3.5 Conmutación de Circuitos, se describen las características de este tipo de conmutación:

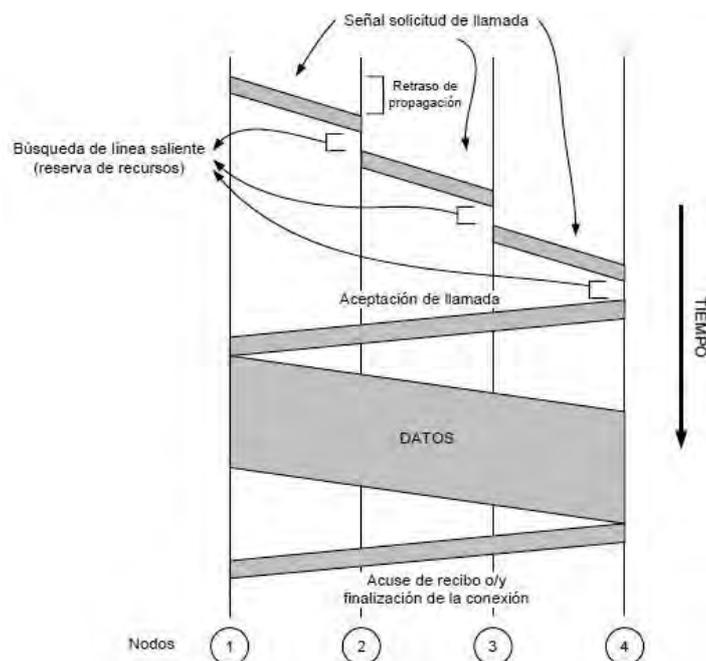


Figura 3.5 Conmutación de Circuitos

Durante el establecimiento de la comunicación se establece un circuito extremo-extremo que se utiliza durante toda la llamada para intercambiar la información entre los abonados A y B.

Cada nodo de conmutación (central telefónica) colabora estableciendo secciones del circuito extremo-extremo. Las distintas secciones del circuito pueden ser de muy distintas naturalezas: par de cobre (conexión galvánica), enlace de radio FDM analógico, enlace de radio TDM digital, redes de datos en que se establece un circuito virtual. La existencia de un circuito dedicado a la comunicación mientras ella esté establecida, garantiza baja probabilidad de pérdida de información.

La red pública de telefonía utiliza conmutación de circuitos. Su arquitectura es la siguiente:

- Abonados: Son las estaciones de la red
- Bucle local: Es la conexión del abonado a la red. Esta conexión, como es de corta distancia, se suele hacer con un par trenzado.

- Centrales: Son aquellos nodos a los que se conectan los abonados (centrales finales) o nodos intermedios entre nodo y nodo (centrales intermedias).
- Líneas principales: Son las líneas que conectan nodo a nodo. Suelen usar multiplexación por división en frecuencias o por división en el tiempo.

3.4.3 Red de Telefonía Pública Conmutada

Al sistema telefónico se le denomina Red de Telefonía Pública Conmutada o PSTN por sus siglas en inglés (Public Switched Telephone Network).

El sistema telefónico: Es el conjunto de dispositivos de hardware o software utilizados para suministrar el servicio de comunicación telefónica (voz) con cobertura global.

En el proceso de conexión y desconexión se utilizan las siguientes funciones imprescindibles, las cuales se tienen ejemplificadas en la Figura 3.4.3.1 Elementos de la PSTN:

- Conmutación: Los nodos de conmutación son parte fundamental de la PSTN, ya que son los encargados de realizar las diversas funciones de procesamiento que requieren cada una de las señales o mensajes que circulan o transitan a través de los enlaces de la red.
- Señalización: Es el lenguaje que las centrales telefónicas utilizan para hablarse entre sí y para hablar con las terminales de los clientes.
- Transmisión: Es el medio físico que conduce las señales portadoras de voz o datos por la red, así como los equipos electrónicos del medio. Puede ser aire, cable, coaxial, fibra óptica, cable de cobre, etc.
- Gestión: Los elementos de gestión mantienen vigilancia ininterrumpida sobre los elementos de red; proporcionan mecanismos automatizados, centralizados y amigables para configurar los elementos de la red.
- Datos: La red de datos otorga al centro de control el poder de comando sobre los equipos electrónicos. Recolecta información sobre el comportamiento de los equipos de la red, transfiere los registros de cada llamada telefónica a las plataformas de facturación y procesamiento.

- Equipos Terminales: Son propiedad de los clientes y pueden ir desde un simple teléfono convencional, una máquina de fax, hasta un complejo sistema de PBX para telefonía interna de una gran empresa.
- Servicios: Los servicios que se pueden prestar en una PSTN son: Larga Distancia Nacional e Internacional, Asistencia por operadoras, Tarjetas de prepago, números gratuitos, etc.

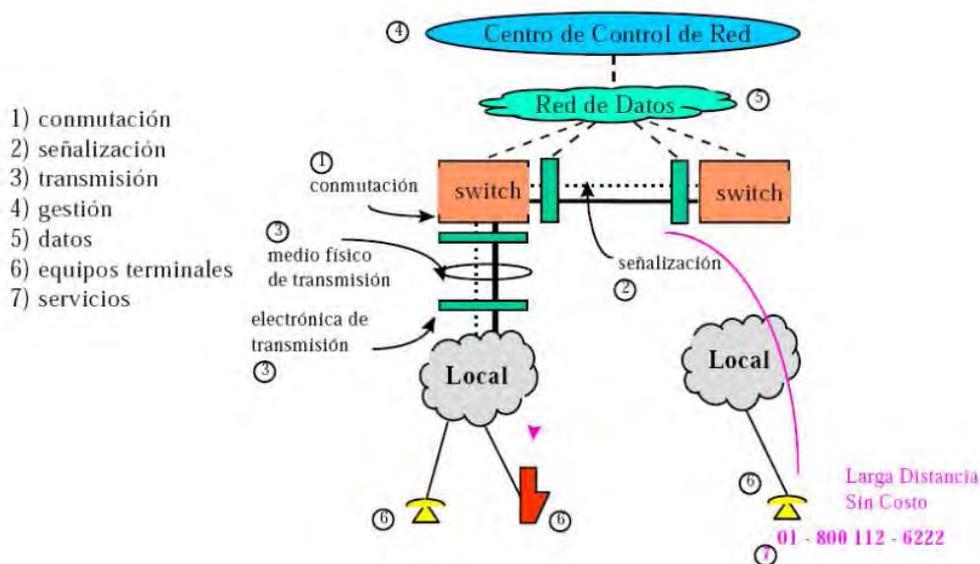


Figura 3.6 Elementos de la PSTN

3.5.- Las tecnologías de acceso inalámbricas.

Las comunicaciones inalámbricas representan una de las mejores alternativas para desplegar servicios de telecomunicaciones no sólo en las zonas urbanas e industrializadas, sino también en las zonas rurales de México, donde la orografía y topografía representa una limitante para otras tecnologías debido a la infraestructura requerida en cableado.

Actualmente en el país, las comunicaciones inalámbricas permiten acceder a Internet, a una intranet corporativa o a su propia red doméstica desde cualquier lugar donde haya cobertura telefónica, lo cual lo limita a zonas urbanas o de mayor crecimiento

económico. El cableado representa altos costos de instalación que no siempre justifican su tendido hasta áreas rurales o geográficamente inaccesibles. Llevar servicios ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) a éstas áreas no es costosamente efectivo para los operadores de servicios en la actualidad. Las limitaciones tecnológicas y topográficas aunadas al crecimiento en el acceso a internet, han motivado el desarrollo de un estándar inalámbrico llamado WiMAX 208.16 que se pretende llegue a un mayor número de usuarios y propicie la introducción de nuevos y mejores servicios de telecomunicaciones.

3.5.1 Tipos de redes inalámbricas.

Una red inalámbrica puede definirse como una interconexión de usuarios que brinda acceso a los recursos de los equipos conectados permitiendo la comunicación entre ellos, simbolizándose por practicidad como nodos. Una de sus principales ventajas radica en la reducción de los costos ya que se elimina el cableado y las conexiones físicas entre esos nodos.

Según su cobertura pueden clasificarse en diferentes tipos:

a) Redes de área personal inalámbricas (Wireless PAN por sus siglas en inglés, Wireless Personal Area Network)

Son generalmente redes inalámbricas que interconectan equipos en un área de cobertura pequeña, en un rango de 9 a 30 metros. Las primeras redes PAN utilizaban enlaces infrarrojo para la interconexión, ofrecían velocidades de 2.4kbps hasta 16Mbps en un rango de hasta un metro pero los dispositivos debían contar con una trayectoria directa entre ellos, es decir, sin objetos que la obstruyeran. A esto se le conoce en telecomunicaciones como línea de vista (LOS, line of sight). La tecnología líder en ésta área es el Bluetooth.

Bluetooth utiliza radio de corto alcance, lo que ofrece una ventaja sobre métodos basados en infrarrojos: las paredes, los muebles, los bolsillos u otros obstáculos ya no suponen un impedimento para las transmisiones de información. Las conexiones son instantáneas y se mantienen incluso cuando los dispositivos no pueden verse mutuamente.

Los estándares actuales, entre los que destacan IEEE 802.15.1, mejor conocido como Bluetooth, IEEE 802.15.4, llamado ZigBee6 y Wireless USB7, no requieren de línea de vista (LOS). Bluetooth 2.0 ofrece velocidades de 3Mb/s mientras que WUSB alcanza los 110Mb/s en distancias de 10 metros. ZigBee, más enfocada a la interconexión de dispositivos, es una red muy simple, de bajo costo, baja velocidad (hasta 250 kb/s) y relativamente segura.

b) Redes de área local inalámbricas (WLAN por sus siglas en inglés, Wireless Local Area Network)

Son las más difundidas por su uso en organizaciones y hogares, permiten conectar dispositivos con una cobertura, de entre 30 hasta los 300 metros. En sus primeras versiones, Ethernet, los dispositivos se conectan a un medio compartido (un cable coaxial, o un concentrador) en el que se difunde la señal transmitida, que puede ser escuchada por todos. Cuando un dispositivo desea enviar información, verifica que el medio esté libre y la transmite en una trama que tiene, entre otros campos, identificadores del remitente y del receptor. Este último toma la trama del medio; los demás la ignoran.

Las Wireless LANS, por otra parte, ofrecen muchas ventajas sobre las LANs Ethernet convencionales, como por ejemplo la movilidad, flexibilidad, escalabilidad, simplicidad y como principal característica la reducción de costos de instalación. Brindan solución a espacios abiertos, pero también a espacios cerrados como edificios cuyo valor arquitectónico o histórico no permita que sean perforados para instalar cableado estructurado.

Sin embargo, y siendo algo que hasta el momento no se ha señalado, las redes locales inalámbricas han estado acompañadas de un halo de inseguridad porque utilizan un medio compartido (el aire) para comunicarse, facilitando la interceptación de mensajes por receptores no deseados, y porque los primeros mecanismos de seguridad diseñados para protegerlas, terminaron siendo muy vulnerables. No obstante, los nuevos protocolos de seguridad IEEE 802.11n permiten que estas redes sean tanto o más seguras que sus contrapartes alambradas, combinando la movilidad de las redes inalámbricas con el rendimiento de las redes fijas lo cual eleva su potencial.

c) Redes de área metropolitana inalámbrica (Wireless MAN, por sus siglas en inglés Wireless Metropolitan Area Network)

Con una cobertura de decenas de kilómetros, en esta categoría suelen concentrarse dos grupos de tecnologías: aquellas utilizadas principalmente para interconectar redes locales dentro de una ciudad y aquellas utilizadas como redes de acceso, principalmente a Internet. Es en este último grupo en el que se ha dado una gran actividad en los últimos años, por lo que se dedicará una sección especial a estas. Para la interconexión de redes locales, la tecnología dominante es MetroEthernet (IEEE 802.3ah) la cual evolucionó de las redes LAN, con las que los usuarios tienen una larga familiaridad. MetroEthernet puede ser implementada sobre líneas de cobre aunque con mayor frecuencia su infraestructura se basa en fibras ópticas. Si el proveedor utiliza DWDM (sección 4), puede alcanzar velocidades de hasta 100Gb/s (EFMF, 2004).

d) Redes de área amplia inalámbrica (Wireless WAN por sus siglas en inglés, Wireless Wide Area Network).

Una WAN es una red que abarca un área geográfica relativamente extensa, permite a diferentes organismos locales, como oficinas de gobierno, e incluso internacionales, universidades y otras instituciones, conectarse a una misma red. La mayoría de estas redes está integrada a la infraestructura de transporte (alambrada) de grandes operadores. Típicamente están formadas por nodos de conmutación de gran velocidad interconectados entre sí con enlaces de fibra óptica.

Por medio de una WAN inalámbrica pueden diferentes organismos establecer conexión utilizando conexiones satelitales, o por antenas de radio de microondas. La forma más común es por medio de satélites los cuales enlazan una o más estaciones bases, para la emisión y recepción, conocidas como estaciones terrestres. Los satélites utilizan una banda de frecuencias para recibir la información, luego la amplifican y repiten para enviarla en otra frecuencia.

Para dar cobertura de transmisiones inalámbricas a un área geográfica determinada formando una red de área extensa (WAN), ésta se divide en zonas más pequeñas, denominadas células. Cada célula es la zona cubierta por una estación base radio de baja potencia con sus correspondientes antenas, y operando a frecuencias de radio

individuales, que se repiten una y otra vez en otras células no adyacentes. Las llamadas realizadas en estas células se gestionan en las estaciones base o en conmutadores móviles.

Con el desarrollo de la telefonía móvil éstas son las redes inalámbricas más comunes porque todos los teléfonos móviles están conectados a una red WAN inalámbrica. Las principales tecnologías en la actualidad son:

- **GSM** (Sistema Global para Comunicaciones Móviles, por sus siglas en inglés Global System for Mobile Communications)
- **GPRS** y **EDGE** (Servicio General de Paquetes vía Radio, por sus siglas en inglés General Packet Radio Service) una tecnología que envía datos en paquetes sobre las transmisiones GSM con el objetivo de aumentar el flujo de datos compartiendo ancho de banda, lo que permite a los usuarios alcanzar velocidades de transmisión de hasta 115 Kbps.
- **UMTS** (Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles, por sus siglas en inglés Universal Mobile Telecommunications System)
- **LTE** (Por sus siglas en inglés Long Term Evolution)

La siguiente figura 3.7 muestra las tecnologías principales de los distintos tipos de redes según su cobertura.

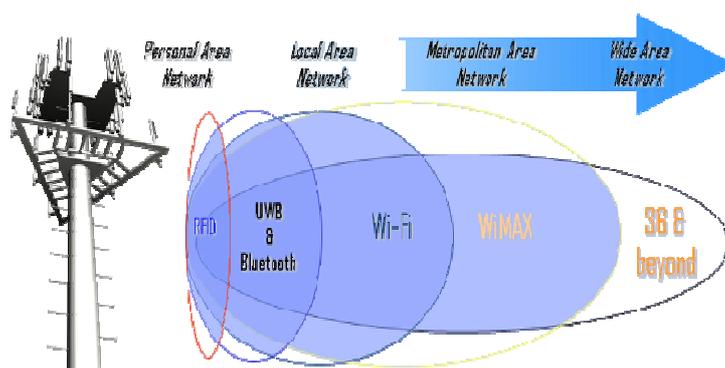


Figura 3.7 Tecnologías según la cobertura de Redes.¹⁷

¹⁷ GSA, Cellular /Personal Communications Service (CPCS) (En línea) Consultado el 20 de noviembre de 2013, disponible en: <https://releasedprices.networx.gov/guide/>

Las principales ventajas que ofrece una red inalámbrica pueden considerarse su fácil instalación, la escalabilidad y facilidad de uso, la robustez y confiabilidad, así como la seguridad que ofrecen, si bien la seguridad es considerada también como una de las desventajas en su implementación, pues el medio de transmisión es el aire y por lo tanto hay exposición, aunque como ya se ha visto, hoy por hoy los nuevos protocolos de seguridad IEEE 802.11n permiten que estas redes sean tanto o más seguras que sus contrapartes alambradas.

En cuanto a su desarrollo y expansión, de acuerdo a Phil Edholm, jefe de tecnologías de Nortel Networks, las tasas de transmisión de equipo digital crecen a un ritmo acelerado. Edholm agrupa las tendencias de crecimiento en tres categorías: fijas, nómadas e inalámbricas. Las tecnologías fijas no permiten la movilidad y se proveen por medios alambrados, por ejemplo, ADSL. Las tecnologías inalámbricas son aquellas que permiten desplazamientos limitados, las redes locales inalámbricas caen en esta categoría. En las tecnologías nómadas se incluyen aquellas que permiten un movimiento libre, como ocurre con la telefonía celular. Las tres categorías presentan crecimientos sostenidos en sus tasas de transferencia, aunque las tecnologías fijas lo hacen a un ritmo menor que las otras dos. Extrapolando este comportamiento, alrededor del año 2030 las tecnologías nómadas e inalámbricas ofrecerán la misma capacidad de transmisión que sus contrapartes alambradas, por lo que es válido imaginar que probablemente algún día no habrá necesidad de las tecnologías fijas, al menos en las redes de acceso. Mientras eso suceda, en la actualidad las redes alambradas siguen siendo dominantes.

3.6 Servicios de la Red de Acceso

Sobre la Red de Acceso, es posible implementar todo tipo de servicios, los cuales dependerán de las necesidades del usuario final. Estos servicios dependen pueden ser empresariales, residenciales o inalámbricos. En el capítulo 6, se describirán a detalle los servicios Triple-Play: Voz, Datos y TV, pero en este capítulo se dará una introducción a estos servicios y además se mencionarán otros diferentes tipos de servicios que se pueden implementar.

3.6.1 Internet Residencial

Internet es un acrónimo de INTERconected NETworks (Redes interconectadas). El servicio de internet residencial, es un servicio que se ha vuelto primordial en las redes de acceso, también conocido como banda ancha residencial.

Podemos definir a Internet como una red de redes, es decir, una red que no sólo interconecta computadoras, sino que interconecta redes de computadoras entre sí. Una red de computadoras es un conjunto de máquinas que se comunican a través de algún medio (cable coaxial, fibra óptica, radiofrecuencia, líneas telefónicas, etc.) con el objeto de compartir recursos.

De esta manera, Internet sirve de enlace entre redes más pequeñas y permite ampliar su cobertura al hacerlas parte de una red global. Esta red global tiene la característica de que utiliza un lenguaje común que garantiza la intercomunicación de los diferentes participantes; este lenguaje común o protocolo (un protocolo es el lenguaje que utilizan las computadoras al compartir recursos) se conoce como TCP/IP.

Así pues, Internet es la red de redes que utiliza TCP/IP como su protocolo de comunicación.

3.6.2 VoIP

VoIP, o voz sobre protocolo de Internet (IP), es la base para comunicaciones telefónicas económicas y aplicaciones más avanzadas de Comunicaciones Unificadas que pueden transformar la forma en que hace negocios. Los teléfonos VoIP pueden ayudar a su empresa a reducir costos, mejorar la colaboración y aumentar la productividad más que los teléfonos comerciales comunes.

VoIP se refiere al método utilizado para transportar llamadas telefónicas sobre una red IP de datos, ya sea que se trate de Internet o de su propia red interna. Uno de los principales beneficios de los teléfonos VoIP es la posibilidad que ofrecen de reducir gastos ya que las llamadas telefónicas se transportan por la red de datos en lugar de la red de la compañía telefónica.

La telefonía IP abarca el conjunto completo de servicios VoIP, incluidos:

- La interconexión de teléfonos VoIP para comunicaciones

- Servicios relacionados como planes de marcación y facturación
- Funciones básicas como conferencias, y transferencia, reenvío y retención de llamadas.

3.6.3 IPTV

Televisión por Protocolo de Internet (IPTV) se ha convertido en la denominación más común para los sistemas de distribución por suscripción de señales de televisión y/o vídeo usando conexiones de banda ancha sobre el protocolo IP. A menudo se suministra junto con el servicio de conexión a Internet, proporcionado por un operador de banda ancha sobre la misma infraestructura pero con un ancho de banda reservado. IPTV no es un protocolo en sí mismo. El IPTV o Televisión sobre el protocolo IP, ha sido desarrollado basándose en el video-streaming. Esta tecnología transformará en un futuro próximo la televisión actual, aunque para ello son necesarias unas redes mucho más rápidas que las actuales, para poder garantizar la calidad en el servicio.

A diferencia de la situación actual, el proveedor no emitirá sus contenidos esperando que el espectador se conecte, sino que los contenidos llegarán solo cuando el cliente los solicite. La clave está en la personalización del contenido para cada cliente de manera individual. Esto permite el desarrollo del Pay per view o pago por evento o el video bajo demanda. El usuario dispondrá de un aparato receptor conectado a su ordenador o a su televisión y a través de una guía podrá seleccionar los contenidos que desea ver o descargar para almacenar en el receptor y de esta manera poder visualizarlos tantas veces como desee.

3.6.4 VPN

Una red VPN (red privada virtual) es una red privada construida dentro de una infraestructura de red pública, como por ejemplo Internet. Las empresas pueden usar una red VPN para conectar de manera segura oficinas y usuarios remotos por medio de un acceso a Internet económico suministrado por un tercero, en lugar de a través de enlaces WAN dedicados o enlaces de acceso telefónico de larga distancia.

Las organizaciones pueden usar una red VPN para reducir sus costes de ancho de banda de WAN, a la vez que aumentan las velocidades de conexión al usar la conectividad a Internet de ancho de banda elevado, tales como DSL, Ethernet o cable. Una red VPN proporciona el máximo nivel de seguridad posible a través de Seguridad IP cifrada (IPsec) o túneles VPN Secure Sockets Layer (SSL) y tecnologías de autenticación. Estas redes protegen los datos que se transmiten por VPN de un acceso no autorizado. Las empresas pueden aprovechar la infraestructura de Internet fácil de aprovisionar de la VPN, para añadir rápidamente nuevos emplazamientos y usuarios. También pueden aumentar enormemente el alcance de la red VPN sin ampliar la infraestructura de forma significativa.

Las redes VPN SSL y VPN IPsec se han convertido en soluciones de VPN principales para conectar oficinas remotas, usuarios remotos y partners comerciales, ya que:

- Proporcionan comunicaciones seguras con derechos de acceso específicos para los usuarios individuales, como por ejemplo empleados, contratistas o partners
- Mejoran la productividad al extender la red empresarial y sus aplicaciones
- Reducen los costes de las comunicaciones y aumentan la flexibilidad.

3.6.5 Videoconferencia.

La videoconferencia es una tecnología que proporciona un sistema de comunicación bidireccional de audio, video y datos que permite que las sedes receptoras y emisoras mantengan una comunicación simultánea interactiva en tiempo real. Para ello se requiere utilizar equipo especializado que te permita realizar una conexión a cualquier parte del mundo sin la necesidad de trasladarnos a un punto de reunión.

La videoconferencia involucra la preparación de la señal digital, la transmisión digital y el proceso de la señal que se recibe. Cuando la señal es digitalizada esta se transmite vía terrestre o por satélite a grandes velocidades.

Para que la videoconferencia se realice se debe de comprimir la imagen mediante un CODEC. Los datos se comprimen en el equipo de origen, viajan comprimidos a través de algún circuito de comunicación, ya sea terrestre o por satélite y se descomprime en el lugar de destino.

3.6.6 Telepresencia.

La Telepresencia es un sistema de videoconferencia más avanzado, que evita los desplazamientos innecesarios, ahorra tiempos improductivos, acelera los procesos de decisión, mejora la comunicación y reduce las emisiones de Co2, como las que producen los desplazamientos por carretera o avión. Es una herramienta cada vez más utilizada por empresas y empleados.

A través de una sencilla conexión entre dos o más sedes, que pueden encontrarse a miles de kilómetros de distancia unas de otras, los sistemas de Telepresencia permiten establecer una comunicación bidireccional o multi-direccional, directa, fluida y flexible, y con niveles de calidad sorprendentes. Permite ver y escuchar al interlocutor como si estuviera a pocos metros de distancia, con una gran calidad de audio y video. Además, no solo se mantiene una comunicación oral y gestual, sino que al mismo tiempo se pueden compartir la visualización simultánea del interlocutor con una imagen de la pantalla de un ordenador donde realizar presentaciones, ver gráficos, etc.

3.6.7 Enlaces de Datos

Es el servicio de que ofrece a las empresas la posibilidad de conectar a dos o más puntos dentro del área metropolitana, nacional e internacional para transmisión privada de datos. Este servicio beneficia a todas aquellas empresas que posean varias oficinas en diferentes puntos dentro de un área geográfica y que desean interconectarse entre sí por medio de un enlace dedicado. Los puntos remotos están conectados por medio de un enlace digital a la red de datos, a la cual está conectado el equipo terminal, como se muestra en la figura 3.8.

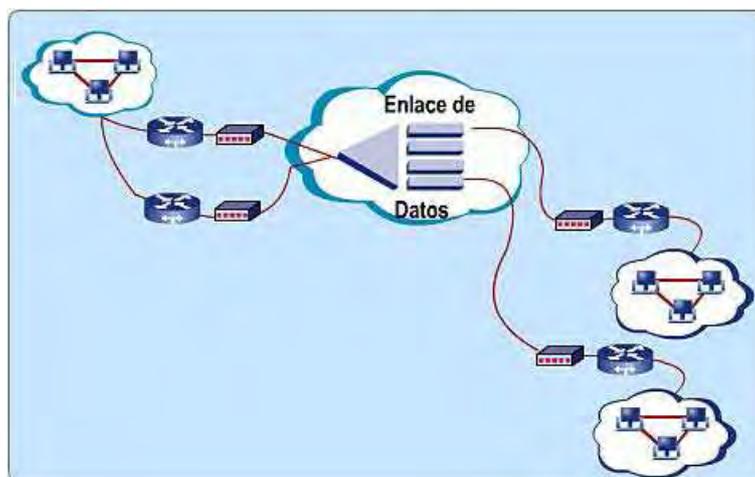


Figura 3.8 Enlaces Digitales

- Velocidades muy pequeñas de múltiplos de 64 Kbps hasta 2,048 Kbps y de banda ancha de 34, 45, 155 y 622 Mbps.
- Los enlaces nx64 permiten tener acceso a redes corporativas y redes administradas.
- Los enlaces Punto- Multipunto permiten la conectividad de distintas oficinas o sucursales con un sitio que se consideraría más importante.

4.- GPON: RED ÓPTICA PASIVA CON CAPACIDAD GIGABIT.

4.1.- Introducción.

Las compañías operadoras de telecomunicaciones han estado trabajando durante mucho tiempo en una red de servicios integrada de acceso al abonado, la cual le permitiera al usuario un acceso en banda ancha a través de fibra óptica, y que tuviera costos de una red tradicional punto a punto (como ADSL).

En poco más de 10 años la fibra óptica se ha convertido en una de las tecnologías más avanzadas que se utilizan como medio de transmisión. Esto vino a revolucionar los procesos de las telecomunicaciones en todos los sentidos, desde lograr una mayor velocidad y disminuir casi en su totalidad los ruidos y las interferencias hasta multiplicar las formas de envío en comunicaciones y recepción por vía telefónica.

Con el fin de posibilitar el acceso a servicios de gran ancho de banda a usuarios localizados a distancias tales que no es posible ofrecerlos con tecnologías xDSL por sus limitaciones técnicas en cuantos a sus condiciones de funcionamiento, o que para ello se deben acercar los nodos xDSL a la zona a servir (es decir un modelo FTTC), en este caso se vuelven atractivas las tecnologías de acceso mediante fibra óptica hasta el domicilio del cliente, es decir FTTH. En este sentido existen diversas tecnologías disponibles y topologías implementables a fin de realizar un despliegue de acceso mediante fibra hasta el hogar. Estas tecnologías pueden clasificarse en primera instancia en dos grandes grupos:

- Redes Activas (AON)
- Redes Pasivas (PON)

4.1.1- Redes Ópticas Pasivas

PON, del inglés Passive Optical Network, es una red óptica pasiva punto-multipunto que lleva una conexión de fibra óptica hasta el usuario. Se le dice pasiva, puesto que es una red donde todos los elementos de la red son pasivos, por lo que no se necesita energía para alimentación en ningún punto intermedio de la red. Las redes pasivas,

generalmente no requieren ningún tipo de actualización ante un posible cambio de tecnología.

Las redes ópticas pasivas presentan una arquitectura similar a las redes de cable coaxial. En las redes de cable existen varios nodos, unidos con la cabecera a través de fibra óptica, de los cuales se llega a los abonados mediante cable coaxial y utilizando divisores (splitters) eléctricos. Las redes ópticas pasivas sustituyen el tramo de coaxial por fibra óptica monomodo y los divisores eléctricos por divisores ópticos. De esta manera, se eliminan todos los componentes activos existentes entre el servidor y el cliente; de ahí proviene el adjetivo “pasivas”.

4.1.2- Elementos de las Redes Ópticas Pasivas

Las Redes Ópticas Pasivas constan de los siguientes elementos:

Sala de Equipos: Es donde están instalados el equipo de transmisión óptica (OLT) y el Distribuidor Óptico General (DGO) responsable de proveer de transmisión a los equipos de acceso.

Red Óptica Troncal/Feeder: Compuesta básicamente por cables ópticos que llevan la señal de la Sala de Equipos hasta los centros de distribución. Estos cables ópticos son indicados prioritariamente para instalación subterránea en el interior de líneas de conductos o subductos y en instalaciones aérea. Para redes PON, las fibras ópticas utilizadas son del tipo monomodo.

Centros de distribución: Para optimizar el aprovechamiento de fibras ópticas, las redes PON normalmente se presentan en topología Estrella-Distribuida. En esta configuración, los centros de distribución hacen la división de la señal óptica en áreas más distantes de la central, disminuyendo el número de fibras ópticas para atender a estos accesos. En este lugar son instalados pequeños armarios ópticos de distribución asociados a divisores ópticos. En este centro de distribución es hecha la división, distribución de la señal óptica asociada a esta área. De forma alternada, estos armarios

pueden ser cambiados por cajas de empalme asociados a divisores ópticos para uso específico en cajas de empalme.

Red Óptica Distribución: Compuesta por cables ópticos, llevan la señal de los centros de distribución a las áreas específicas de atención. Estos cables normalmente son auto soportados con núcleo seco para facilitar la instalación. Asociados a estos cables, son utilizados cajas de empalme para derivación de las fibras para una distribución mejorada de la señal. Cajas de empalme también nombradas de NAP/Network Access Point, son puestos para la distribución de la señal realizando la transición de la red óptica de alimentación a la red terminal.

Red Óptica de Acometida: Compuesta por cables ópticos auto soportados de baja cantidad de fibras. El elemento de sustentación normalmente es utilizado para sujetar el cable de la casa / edificio. Pueden terminar en pequeños DIOs (Distribuidor Interno Óptico) para la transición del cable para cordón óptico) o en pequeños bloqueos ópticos (FOB) para la transición del cable para extensión óptica) en el interior de la casa / edificio.

Red interna: A partir del bloqueo óptico (FOB) o distribuidor interno óptico (DIO), son utilizadas extensiones o cordones ópticos para realizar la transición de la señal óptica de la fibra al receptor interno del usuario.

OLT (Optical Line Termination): Es el elemento activo situado en la central telefónica. De él parten las fibras ópticas hacia los usuarios (cada OLT suele tener capacidad para dar servicio a varios miles de usuarios). Agrega el tráfico proveniente de los clientes y lo encamina hacia la red de agregación. Realiza funciones de router para poder ofrecer todos los servicios demandados por los usuarios.

La fibra y componentes ópticos que comunican la OLT con el ONT son elementos completamente pasivos. Una fibra conecta un puerto del OLT a múltiples ONT usando divisores ópticos (optical splitters). Una red PON puede estar equipada con hasta 128 ONT, aunque habitualmente esta cifra oscila entre 32 y 64. El OLT puede estar situado a una distancia máxima de 20 km con respecto a los ONT, lo que supera con creces las

posibilidades del ADSL por ejemplo (5,5 km) y permite a las redes PON dar servicio a un área geográfica muy amplia.

ONT (Optical Network Termination): Es el elemento situado en casa del usuario que termina la fibra óptica y ofrece las interfaces de usuario. Actualmente no existe interoperabilidad entre elementos, por lo que debe ser del mismo fabricante que la OLT. Se está trabajando para conseguir la interoperabilidad entre fabricantes, lo que permitiría abrir el mercado y abaratar precios (situación actualmente conseguida por las tecnologías XDSL)

En el caso de las ONTs de exterior, deben estar preparadas para soportar las inclemencias meteorológicas y suelen estar equipadas con baterías. Existe una gran variedad de ONTs, en función de los servicios que se quieran ofrecer y las interfaces que ofrezcan al usuario: Interfaces fast ethernet, que pueden alcanzar velocidades de hasta 100 Mbps. Se suelen utilizar en usuarios residenciales para ofrecer servicios de televisión o Internet. Interfaces gigabit ethernet, que pueden alcanzar velocidades de hasta 1 Gbps. Se utilizan para dar servicios a empresas. Interfaces RJ11, que se utilizan para conectar teléfonos analógicos y ofrecer servicios de voz. Interfaces E1 o STM-1, para dar servicios específicos de empresa. Es fundamental para el desarrollo del mercado alcanzar la interoperabilidad OLT-ONT entre diferentes fabricantes.

MDU (Multi Dwelling Unit): Permite ofrecer servicio a múltiples usuarios, frente a las ONTs que dan servicio a un único cliente. Existen varios modelos de MDU entre los que destacan estos dos:

- MDU IPDSLAM:

Termina la fibra óptica que llega de la central telefónica. Utiliza tecnología XDSL para ofrecer servicios a los usuarios. Van integrados dentro de un armario, que se ubica en una zona común del edificio, con fácil acceso a los pares de cobre que llegan a los pisos.

La ventaja fundamental que ofrecen respecto a las ONTs es que permiten aprovechar las tiradas de cobre que existen en los edificios. La desventaja es que tienen todas las limitaciones de las tecnologías XDSL.

- MDU con interfaces fast ethernet:

Están equipadas con una gran cantidad de interfaces ethernet y permiten dar servicio a un edificio que esté cableado con RJ45 o a una empresa.

En la figura 4.1 se muestran a grandes rasgos los tres principales elementos de la red GPON: La OLT, la ODN y los ONUs (ONTs o MDUs)

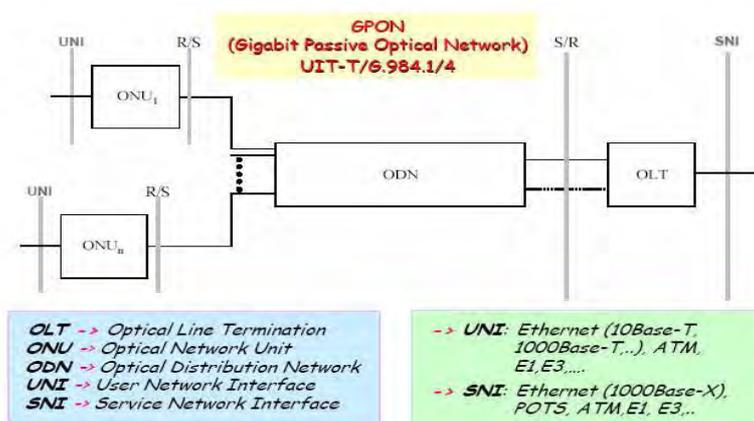


Figura 4.1 Elementos de la red GPON: ONU, ODN y OLT.

4.2.- La tecnología GPON: Red Óptica Pasiva con Capacidad Gigabit.

4.2.1 Generalidades de GPON

Como se detalló en la sección 4.1, una red óptica pasiva (PON, Passive Optical Network) es una red óptica punto-multipunto en la cual no existen elementos activos (amplificadores y/o regeneradores de señal) entre el equipo del operador y los equipos de usuarios finales. Al equipo ubicado en las instalaciones del operador y que se encarga de procesar las señales ópticas se le conoce como terminal de línea óptica (OLT, optical line terminal) y las ONT's (optical network terminal o terminales de red ópticas) u ONU's (optical network unit).

Existen 4 estándares PON que operan actualmente con éxito a nivel mundial:

- ITU-T G.983: Definido por la UIT-T, el estándar G.983 hace referencia a siguientes tecnologías PON:
- APON: Red pasiva óptica ATM (ATM, Asynchronous Transfer Mode Passive Optical Network)
 - APON basa su transmisión en canal de celdas ATM cuya tasa de transmisión es de 155 Mbps que se reparte entre el número de ONU's que estén conectadas a la OLT. Se introducen dos celdas PLOAM (Physical Layer Operations u operadores de la capa física), una para indicar el destinatario de cada celda y la otra funge como canal de supervisión y mantenimiento.
 - Debido a sus niveles tan bajos de transmisión de información, la UIT-T desarrolló un nuevo estándar, basado en APON.
- BPON (Broadband PON - Red Óptica Pasiva de Banda Ancha): Se basan en las redes APON pero con la diferencia que pueden dar soporte a otros estándares de banda ancha debido a su flexibilidad en cuanto al manejo de distintas velocidades de tráfico. Existen dos modos de transmisión de datos en BPON:
 1. Tráfico asimétrico: Transmite a velocidades de 622 Mbps y recibe a 155 Mbps.
 2. Tráfico simétrico: Canal descendente y ascendente equiparable a 622 Mbps.

Si bien BPON realiza mejoras importantes a su predecesor, se trata de una tecnología costosa y limitaciones en su tecnología que no admite mejoras a futuro que se pueden efectuar en su infraestructura.

- Estándar IEEE 802.3 ah. EPON (Ethernet PON)

Especificación realizada con el fin de aprovechar el uso de la infraestructura tecnológica Ethernet y aplicarla a medios de transmisión ópticos. La arquitectura de una red EPON se basa en el transporte de tráfico Ethernet manteniendo las características de la especificación 802.3 (estándar Ethernet). Las principales ventajas de EPON es que incrementa las tasas de manejo de información a niveles de Gbps,

además de que la interconexión a las redes Ethernet es más simple, y la reducción de costos de instalación, operación y mantenimiento se reducen considerablemente ya que estas redes no hacen uso de equipos SDH ni ATM.

- Recomendación ITU-T G.984. GPON (Gigabit PON)

Su estructura se fundamenta en la recomendación ITU-T 983, redes BPON, realizando las siguientes mejoras a la misma:

- *Red multiservicios*: Soporta servicios ATM, Ethernet 10/100 Mbps, voz, video, transporte de información.
- Coberturas a los clientes ubicados hasta 20 km de la OLT.
- Tasas de transferencia simétrica (622 Mbps o 1.25 Gbps) y asimétrica (velocidades de bajada de hasta 2.5 Gbps y de subida de hasta 1.25 Gbps)

La figura 4.2 resume las características fundamentales de las tecnologías PON implementadas.

	IEEE EPON	ITU-T GPON	ITU-T BPON
Velocidad de línea descendente (Mbps)	1250	1244.16 o 2488.16	155.52 or 622.08 or 1244.16
Velocidad de línea canal ascendente (Mbps)	1250	155.52 o 622.08 o 1244.16 o 2488.32	155.52 o 622.08
Codificación de línea	8b/10b	NRZ (+ aleatorización)	NRZ (+ aleatorización)
Direccionamiento por nodo (mín)	16	64	32
Direccionamiento por nodo (max)	256	128	64
Alcance tramo de fibra	10 Km ó 20 Km	20 Km	20 Km
Protocolo nivel 2	Ethernet	Ethernet over ATM (GFP) y/o ATM	ATM
Soporte tráfico TDM (voz, centralitas)	TDMoIP	TDM nativo sobre ATM o TMDaIP	TDM over ATM
Flujos diferentes de tráfico por sistema PON	Depende de LLID /ONUs	4096	256
Capacidad ascendente para tráfico IP	< 900Mbps	1160 Mbps	500Mbps
Gestión y Mantenimiento OA&M	Ethernet OAM, SNMP	PL OAM + OMCI	PL OAM + OMCI
Seguridad en descendente	DES	AES	AES

Tabla 4.2. Características principales de los estándares PON¹⁸

¹⁸ García Yagüe, A. (2012) *GPON Introducción y Conceptos Generales*. Visto en <http://www.ccapitalia.net/download/docs/2012-gpon-introduccion-conceptos.pdf> el 27 de noviembre de 2013.

Las principales ventajas de este tipo de tecnologías se enuncian a continuación:

- La red tiene un alcance de hasta 20 km, distancia hasta la cual se puede ubicar el último usuario de la OLT y aún contar con un servicio óptimo de transmisión/recepción de datos.
- Se ofrecen mayores anchos de banda para compartir información.
- Son redes inmunes al ruido electromagnético.
- Al no contar con elementos activos instalados a lo largo de los tendidos de fibras ópticas, se convierte en una red económica.

4.2.2 Recomendaciones ITU de la tecnología GPON

Como se mencionó anteriormente, la red GPON es una red óptica pasiva de acceso, la cual permite la conexión a altos niveles de velocidad. Está definida perfectamente por la UIT-T en las siguientes recomendaciones emitidas:

- G.984.1: Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits, describe las características generales de las redes GPON.
- G.984.2: Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits: '(...) En esta Recomendación se describe una red de acceso flexible de fibra óptica con capacidad para soportar las necesidades de anchura de banda de los servicios para empresas y particulares, y abarca sistemas con velocidades de línea nominales de 1244,160 Mbps y 2488,320 Mbps en sentido descendente y 155,520 Mbps, 622,080 Mbps, 1244,160 Mbps y 2488,320 Mbps en sentido ascendente. Se describen sistemas de redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits (GPON) simétricas y asimétricas (ascendentes/descendentes). Además, se proponen los requisitos de la capa física y las especificaciones de la capa dependiente de los medios físicos (...)'¹⁹

¹⁹ Unión Internacional de Telecomunicaciones (2003) *Recomendación G.984.2 Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de la capa dependiente de los medios físicos*. Visto en <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.2> es el 25 de noviembre de 2013.

- G.984.3: Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits. Especificación de la capa de convergencia de transmisión. Contiene las especificaciones para la corrección de errores, seguridad en el manejo de la información en la red pasiva, funcionamiento del canal de mantenimiento y describe los principios y mecanismos de señalización para la asignación dinámica de ancho de banda para los usuarios.
- G.984.4: Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits: Básicamente describe los mecanismos de funcionamiento de la interfaz de control y gestión para las ONU's.
- G.984.5: Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits. Define los rangos de longitud de onda reservados para señales de servicio adicionales que se superponen a través de multiplexación por división de longitud de onda (WDM), a futuro, en las redes ópticas pasivas para maximizar el valor de las redes de distribución óptica y hacerlas más funcionales.
- G-984.6 y G-984.7: Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits: Extensión del Alcance. En esta recomendación se describen los parámetros de la arquitectura y de interfaz para sistemas GPON con mayor alcance que utilizan un dispositivo de extensión del alcance de la capa física, como un regenerador o amplificador óptico en el enlace de fibra entre la OLT y la terminación ONT. El alcance máximo es de hasta 60 km hasta el usuario final. Propiamente esta ya no sería considerada como red pasiva al considerar un elemento activo en la red, por lo que se contempla mejoras en la tecnología de los equipos ópticos y en la fabricación de fibras ópticas con menores pérdidas por kilómetro.

Todos los operadores de servicios en redes GPON y los proveedores de tecnología deben de apegarse a estas recomendaciones para asegurar la interconexión de los equipos de distintas marcas y ofrecer servicio de calidad a los usuarios.

4.2.3 Funcionamiento de la red GPON.

Entre la OLT y la ONT se interconecta uno o varios divisores de potencia óptico (splitters) para distribuir la señal óptica proveniente de la central del proveedor. Estos

splitters pueden ser de 1:4, 1:8, 1:16 o 1:32, dependiendo la arquitectura de la red óptica. A cada troncal de fibra se conecta un equipo terminal ONT.

La transmisión de datos entre la OLT y la ONT está siempre asegurada, ya que la primera transmite con una longitud de onda de 1490 nm y la segunda a 1310 nm, con lo que se consigue una transmisión bidireccional sobre un solo hilo de fibra sin que estas señales interfieran entre sí. Se consiguen además tasas de transmisión de información desde 1 Mbps hasta de 2.5 Gbps con un protocolo de transferencia asíncrono ATM.

Debido a la estructura y al modo de entablar enlace de datos entre equipos terminales, la interconexión entre la OLT y ONT es diferente a la que se entabla entre ONT y OLT.

A continuación se describe ambos casos:

- Canal descendente. En este escenario se analiza el proceso de envío de información entre la OLT hacia las ONT's. Se trata de una red punto-multipunto, la OLT transmite la información (audio, datos, video) en modo broadcast. La OLT recopila las señales de voz, datos y video y las multiplexa usando WDM (multiplexación por división de longitud de onda). A datos y voz se le asigna la longitud de onda de 1490 nm y para video se ocupa la longitud de onda de 1550 nm. Además las tramas de datos llevan un encabezado que contiene la información de la ONT destino. El splitter se encarga de distribuir las señales adecuadamente. La red óptica es totalmente transparente al envío de datos.

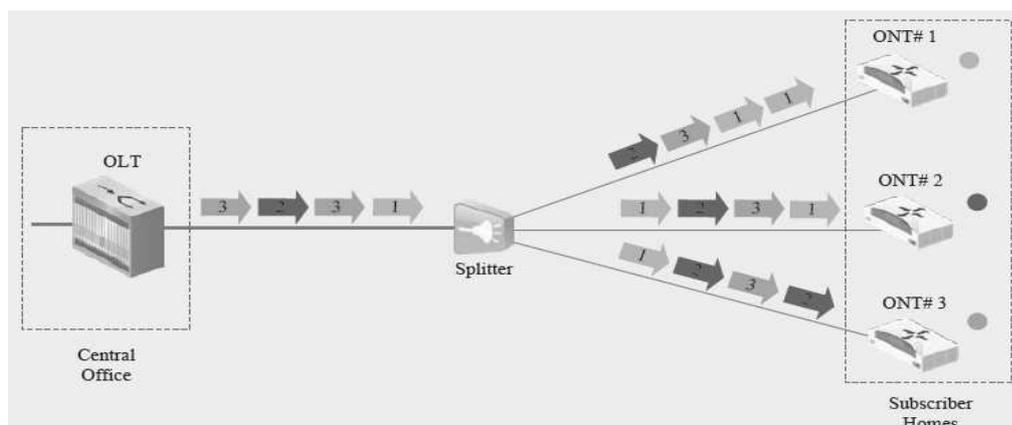


Figura 4.3 Estructura del canal descendente.²⁰

Además la OLT controla el momento en que las ONT's deberán enviar su información y les asigna un slot de tiempo para realizarlo (acceso múltiple por división de tiempo TDMA), con ello se evitan colisiones y se garantiza la máxima optimización del medio de transmisión. La figura 4.3 ejemplifica el funcionamiento del canal descendente.

- Canal ascendente. Para este escenario se considera la red PON como una punto a punto, de la ONT del usuario hasta la OLT. En esta caso cada ONT compila las tramas de datos y voz y las convierte en una señal óptica mapeada en tramas PEM (método de encapsulación PON) Como ya se mencionó la transmisión de datos se hace utilizando TDMA. Finalmente el splitter suma las señales provenientes de cada ONT para direccionarlas hacia la OLT. La figura 4.4 muestra la topología típica del canal ascendente.

²⁰ Marchukov, Y. (2011) *Desarrollo de una aplicación gráfica para el diseño de infraestructuras FTTH*. España, Universidad Politécnica de Valencia.

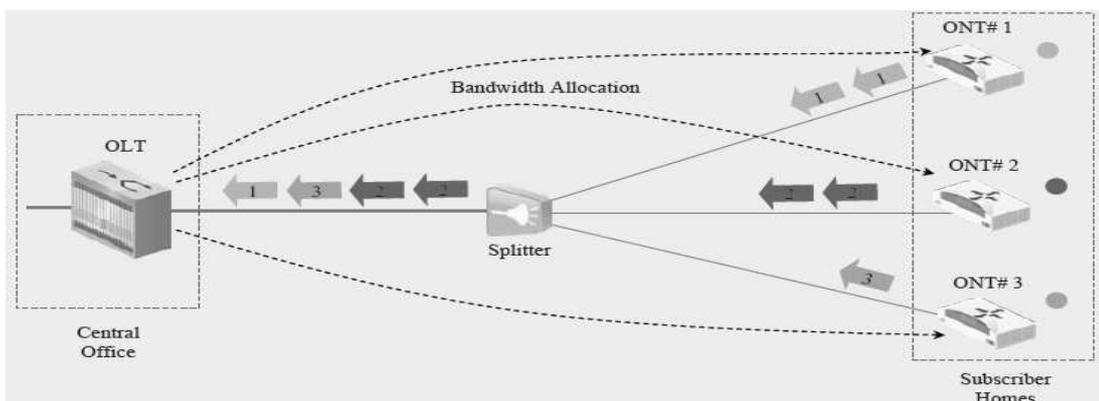


Figura 4.4. Canal ascendente²¹

El éxito de una red GPON, además de manejar altas tasas de transmisión de información es que encapsula varias tecnologías de acceso a la información y esto es gracias al método de encapsulamiento GPON (GEM o GPON Encapsulation Method) y que permite acomodar servicios ATM, Ethernet y TDM en la misma trama. En la figura 4.5 se muestra la estructura de la trama GEM.

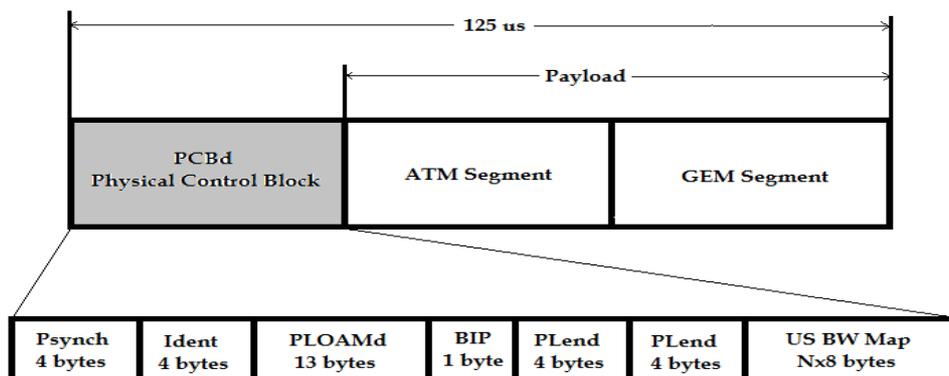


Figura 4.5 Estructura de la trama GEM²²

En el caso del caso ascendente la ONT además de generar tramas GEM, cada una la asigna a un T-CONT (contenedor de transmisión) generado por el canal de operación y mantenimiento y cada T-CONT es enviado en forma de ráfaga hasta la OLT. La figura 4.6 nos muestra el diagrama a bloques de una ONT convencional.

²¹ Ídem

²² Ídem

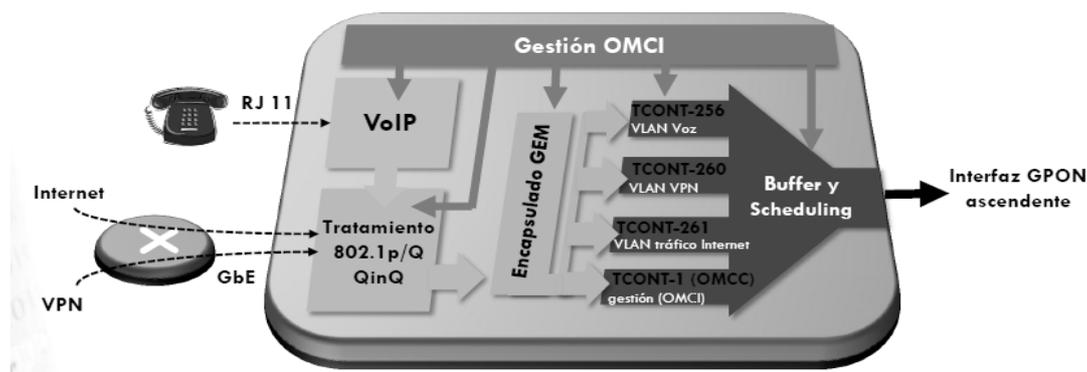


Figura 4.6. Arquitectura de una ONT²³

Además cada ONT informa a la OLT de su requerimiento de ancho de banda por medio de mensajes conocidos como Dynamic Bandwidth Report Upstream (DBRu) o reportes de asignación de ancho de banda de subida, con lo que la OLT tiene un reporte de cada T-CONT que viaja por la red, además de que asigna a cada ONT un ticket donde se indica el momento en que ésta puede enviar los datos de un T-CONT.

4.2.4 Protección de la red GPON.

Hasta el momento hemos hablado de la red típica de GPON, en la cual se tiene únicamente una fibra entre la OLT y las ONU y un solo splitter. Esta arquitectura, a la cual llamaremos configuración básica tiene como desventaja, que si la fibra de distribución sufre algún corte, se perderá el servicio en toda la red, al no tener redundancia. Es por ello que la red GPON cuenta con niveles de protección:

a) Protección tipo B: Diversificación OLTs.

En este tipo de protección, se ocupan dos puertos PON a nivel de la OLT, cada uno de los puertos PON estarán actuando como activo-respaldo, por lo tanto se estará ocupando dos fibras entre la OLT y el primer splitter.

²³ García Yagüe, A. (2012) *GPON Introducción y Conceptos Generales*. Visto en <http://www.ccapitalia.net/descarga/docs/2012-gpon-introduccion-conceptos.pdf> el 27 de noviembre de 2013.

Este tipo de protección protege el puerto PON, y la fibra de distribución, sin embargo no existe protección entre el splitter y las terminales ópticas.

b) Protección tipo C: Diversificación TOTAL

En este tipo de protección es la más robusta en las tecnologías GPON, se ocupan dos puertos PON a nivel de la OLT, cada uno de los puertos PON estarán actuando como activo-respaldo, por lo tanto se estará ocupando dos fibras entre la OLT y el primer splitter. Esto es igual que en la protección tipo B.

Sin embargo, en la protección tipo C, también se tiene protección entre el splitter y ls terminales ópticas, es decir, se tiene un par de fibras desde la OLT hasta las terminales ópticas, de esta forma, este tipo de protección protege el puerto PON, la fibra de distribución, además de ello hay protección entre el splitter y las terminales ópticas.

Para este tipo de protección, se puede usar un splitter 2:N, como se muestra en la figura 4.7. Escenarios de protección para la red GPON, o lo mas recomendado, es utilizar dos splitters 1:N, para así tener redundancia también a nivel de splitter.

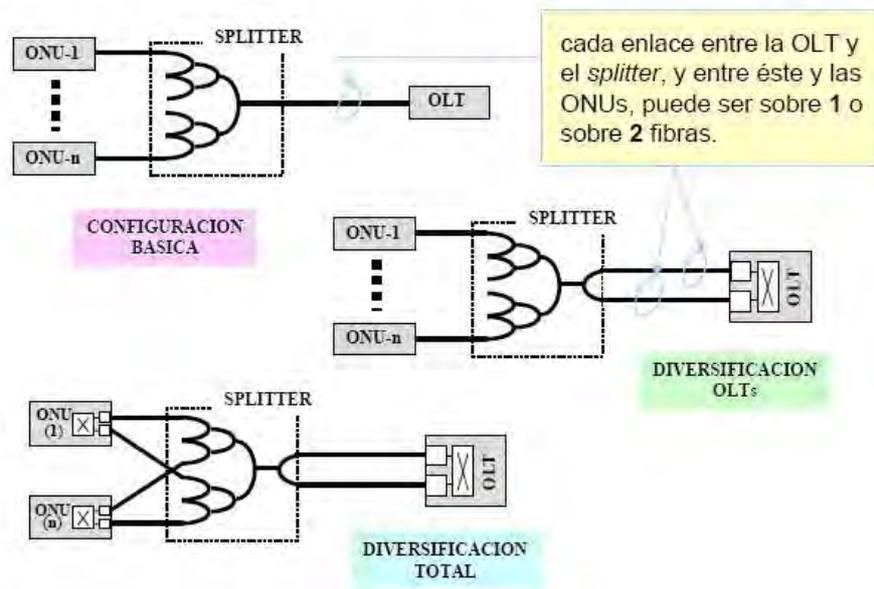


Figura 4.7 Escenarios de protección para la red GPON.

4.3.- Escenarios de implementación de la tecnología GPON.

La principal característica a destacar dentro de las redes GPON tiene que ver con el despliegue de una red totalmente pasiva, es decir, el uso de equipos que funcionan de forma independiente a un servicio eléctrico continuo en su alimentación, evitando la necesidad de conectar los equipos instalados en la red de distribución óptica a la red eléctrica, lo que reduce significativamente los costos de implementación.

Las redes GPON están diseñadas para brindar servicios que requieren un gran ancho de banda, como por ejemplo la IPTV o televisión de alta definición. Estas redes permiten brindar servicios triple play (voz, datos y video) con velocidades de acceso mayores a 50Mbps, para el Internet, con bajos costos de mantenimiento y operación.

El acceso con fibra óptica es una de las tecnologías más importantes en las redes de nueva generación, ya que permite incrementar el ancho de banda de la capa de acceso con un desenvolvimiento sustentable. Para llevar la Fibra óptica lo más cerca posible del usuario, han surgido las Arquitecturas FTTX (Fibra hasta X donde "X" es sustituida por el lugar donde la fibra es llevada) que reducen el uso de cobre. A continuación se presentan las principales Arquitecturas FTTX de implementación.

4.3.1. FTTH Fibra hasta el hogar.

La red GPON diseñada en base a la tecnología FTTH presenta mayores virtudes ya que se cuenta con despliegue total de fibra desde la oficina central hasta el usuario final, lo que obliga un constante monitoreo de la red debido a la susceptibilidad a fallas de enlace. Tal vez la principal desventaja de esta infraestructura es el hecho de que al usar elementos ópticos pasivos la localización de fallas se torna difícil.

El cableado de fibra directo hasta los hogares de los clientes se lleva a cabo por lo general con el objetivo principal de ofrecer televisión por cable u otros servicios de entretenimiento como el vídeo bajo demanda. Debe destacarse que el énfasis de las nuevas redes ópticas pasivas (PON) ha sido el establecimiento de redes de acceso de bajo costo y reducidos costos de mantenimiento ya que no requieren componentes electrónicos activos instalados en su estructura. Ver imagen 4.8

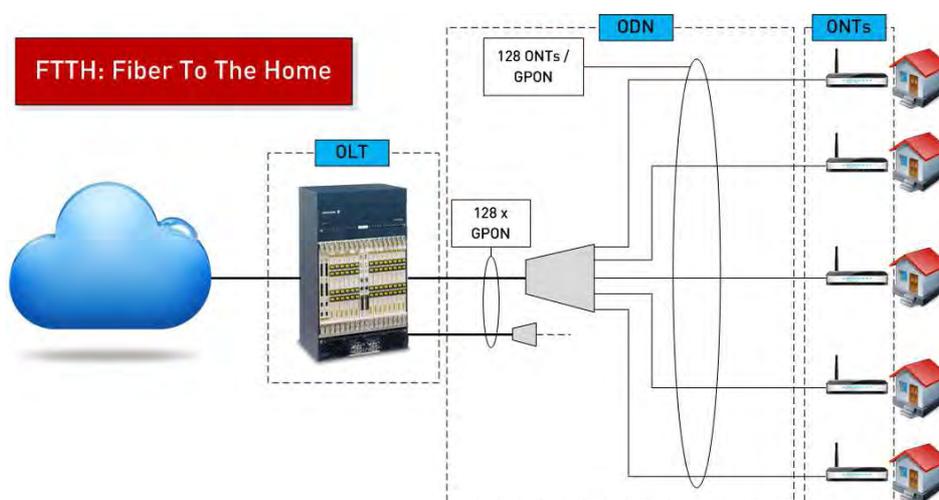


Figura 4.8 Arquitectura FTTH²⁴

Si bien la fibra hasta el hogar pueda considerarse la solución definitiva de la última milla, el tramo final de una línea de comunicación que da servicio al usuario, debe considerarse que los suscriptores digitales, las líneas inalámbricas y los módems de cable no pueden adaptarse a la velocidad que ofrece la fibra, ni pueden ofrecer el mismo tipo de beneficios a largo plazo que la fibra otorga. La falta de FTTH y el rezago de su desarrollo no involucran únicamente la última milla, las redes actuales no son suficientes para manejar el tráfico que se generaría por conexiones de fibra a millones de hogares. La infraestructura no debe ser construida o adaptada sólo en el último kilómetro, sino a través de la red actual del proveedor de servicios.

4.3.2. FTTB Fibra hasta la acometida del edificio.

Esta tecnología se caracteriza porque la red de bajada termina en la entrada de un edificio sea comercial o residencial. A partir de este punto terminal, el acceso interno a los usuarios es normalmente hecho a través de una red metálica de cableado estructurado. Ver figura 4.9. El principal motor de desarrollo para la tecnología FTTB ha sido el auge de la demanda de capacidad de la línea de los usuarios de

²⁴ Martínez, Antonio, FTTH (FIBER TO THE HOME) (En línea) Consultado el 26 de noviembre de 2013, disponible en: <http://www.telequismo.com/2013/03/ftth-fttb.html>

telecomunicaciones de negocios. En la actualidad es generalmente más económico para el operador de red poner cable de fibra óptica directamente a los grandes establecimientos comerciales en lugar de varios pares de cobre. En primer lugar, el cable de fibra óptica ocupa mucho menos espacio para su distribución; además elimina la necesidad de amplificadores y otros dispositivos de regeneración dentro de la red de acceso y proporciona una capacidad instalada suficiente para satisfacer los requerimientos de ancho de banda de clientes futuros.

En la realización más simple de FTTB sólo se requiere un multiplexor estándar y una unidad de terminación de línea óptica en las instalaciones del cliente para proporcionar una gama de diferentes conexiones con diferentes *bit-rate* e interfaces de línea.

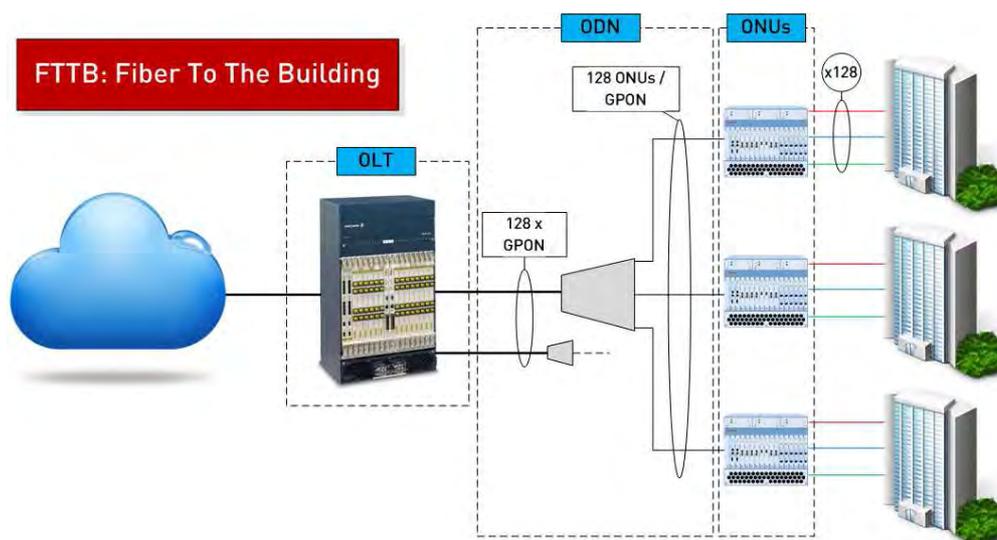


Figura 4.9 Arquitectura FTTB²⁵

4.3.3. FTTC Fibra hasta la cabina.

La tecnología fibra hasta la cabina es una extensión natural de la fibra hasta el edificio. En la fibra a la acera o cabina un multiplexor compartido está instalado en un gabinete

²⁵ Cita referida en Telequismo *op. cit.* nota 1,

sobre la calle en lugar de una sala especial dentro de las instalaciones del cliente. Desde este punto, la línea de cobre existente se utiliza para conectar a los clientes individuales. El principal beneficio de FTTC es la capacidad de racionalizar el cableado de conexiones de cobre como un primer paso en la modernización de la red de acceso, ya que no se requiere la reingeniería e inversión que resultaría de la sustitución total de toda la línea de cobre instalada.

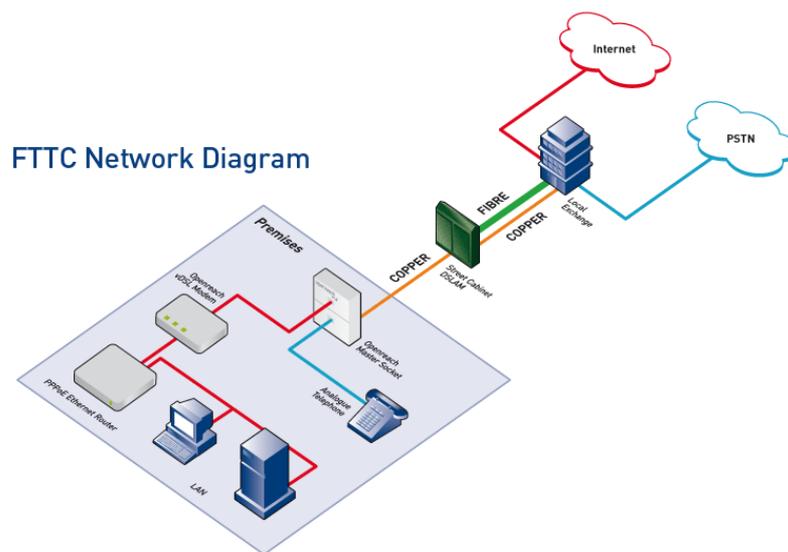


Figura 4.10 Arquitectura FTTC²⁶

FTTC sirve también para interconectar edificios, en donde se utiliza una plataforma que sirve a varios clientes. Cada uno de los clientes tiene una conexión a esta plataforma a través de cable coaxial o de par trenzado.

4.3.4. FTTN Fibra hasta el nodo

Para la tecnología FTTN el recorrido de fibra óptica inicia desde la oficina central hasta un punto alejado del abonado. La ruta de acceso entre el punto intermedio y el abonado no es la fibra óptica, sino otro medio de transmisión, como el cobre. Incluye aquellos casos en los que la trayectoria de la fibra óptica termina en el denominado

²⁶ Powernet, Fibre to the Cabinet - FTTC (En línea) Consultado el 26 de noviembre de 2013, disponible en: http://www.powernet.co.uk/connectivity/fibre_to_the_cabinet.shtml

punto de distribución “intermedio” en la red de acceso local, usualmente localizado en las inmediaciones de una colonia, por lo que también se le asigna a la N la palabra **neighborhood** (vecindario), pues sirve a un conjunto de viviendas y edificios. La siguiente figura sirve para mostrar el alcance (en color magenta) de la fibra en cada una de las tecnologías descritas.

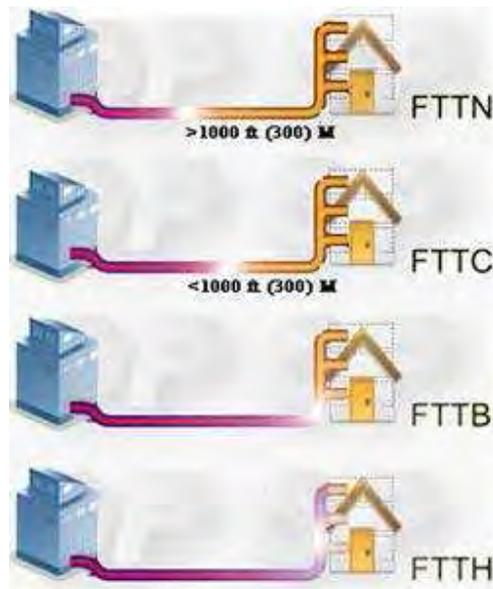


Figura 4.11 Arquitecturas FTTx²⁷

4.3.5 Escenarios FTTx mixtos

A pesar de existir diferentes escenarios de implementación de la tecnología FTTx, los cuales se dan dependiendo del punto hasta donde llegue la fibra óptica proveniente de la OLT, las redes PON comunes se pueden implementar mezcladas.

En figura 4.12 se muestra una típica arquitectura FTTx, en la cual, se mezcla el FTTH, el FTTB y el FTTC/FTTN en la misma red, de esta forma se pueden aprovechar la infraestructura de cobre ya existente (FTTB/FTTC/FTTN) y mezclarla con la nueva red

²⁷ López G. Angélica, FTTx (En línea) Consultado el 27 de noviembre de 2013, disponible en: <http://sx-de-tx.wikispaces.com/FTTx>

FTTH. En la figura 4.13, se muestra por otro lado, la evolución de la misma red a un FTTH, donde el cobre se sustituye totalmente por la fibra óptica.

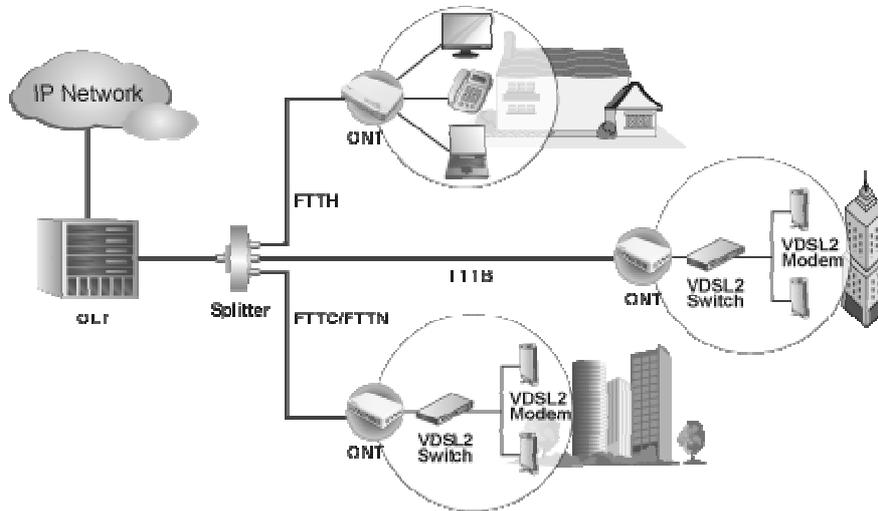


Figura 4.12 Comparativo entre escenarios FTTH, FTTC/FTTN y FTTB.²⁸

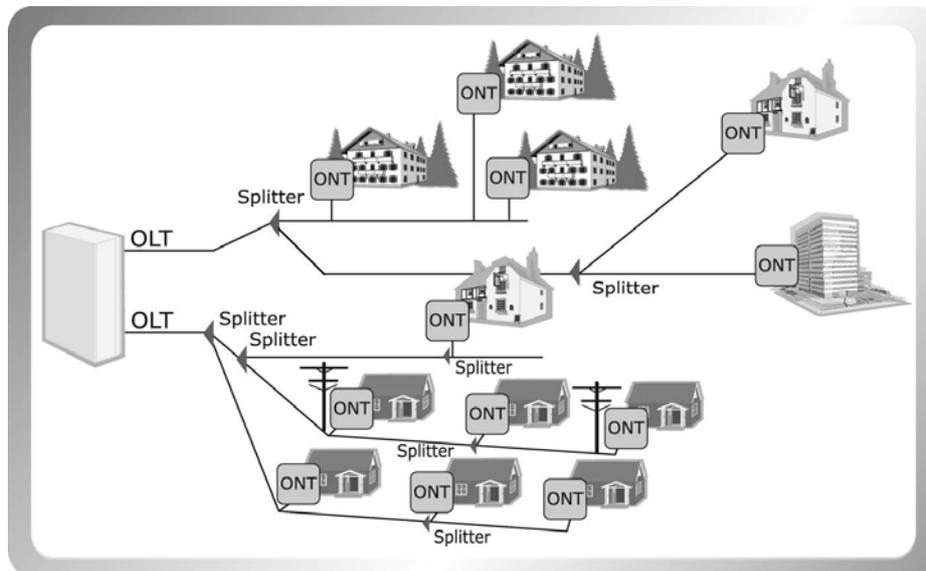


Figura 4.13 Escenario típico para una red FTTx.²⁹

²⁸ Idem

²⁹ Idem

4.4.- Ventajas del uso de GPON en la implementación de una Red de Acceso

Nueva

Las características que nos ofrece la tecnología GPON son entre otras, una estructura de trama escalable de 622 Mbps hasta 2.5 Gbps, además la capacidad de soportar tasas de bits asimétricas. Dicha red de fibra óptica, facilita la transmisión bidireccional de información en una sola fibra llamada PON. Actualmente la velocidad estandarizada por los suministradores de equipos GPON suelen rondar los 2,4 Gbps en el canal de bajada y 1,2 Gbps en el de subida y gracias a estas velocidades de transferencia de datos permite ofrecer videoconferencias o televisión digital de gran calidad. También podemos encontrar en ciertas configuraciones hasta 100 Mbps por abonado.

Otra de sus características es la abundancia de protocolos y servicios preparados para la seguridad de los datos. El método de encapsulación que emplea GPON es GEM (GPON Encapsulation Method) que permite soportar cualquier tipo de servicio (Ethernet, TDM, ATM, etc.) en un protocolo de transporte síncrono basado en tramas periódicas de 125µs. GEM se basa en el estándar GFP (Generic Framing Procedure) del ITU-T G.7041, con modificaciones menores para optimizarla para las tecnologías PON. GPON de este modo, no sólo ofrece mayor ancho de banda que sus tecnologías predecesoras, es además mucho más eficiente y permite a los operadores continuar ofreciendo sus servicios tradicionales (voz basada en TDM, líneas alquiladas, etc.) sin tener que cambiar los equipos instalados en las dependencias de sus clientes. Además, GPON implementa capacidades de OAM (Operation Administration and Maintenance) avanzadas, ofreciendo una potente gestión del servicio extremo a extremo. Entre otras funcionalidades incorporadas cabe destacar: monitorización de la tasa de error, alarmas y eventos, descubrimiento y ranging automático, etc.

Ventajas de las redes ópticas pasivas (PON):

- GPON promete 1.25 Gbps o 2.5 Gbps en canal descendente y un ancho de banda escalable desde 155 Mbps hasta los 2.5 Gbps. La eficiencia de la línea en GPON es de 94 % en ascendente y 95 % en descendente, lo que implica una tasa de línea real de 1, 117 Gbps/ 2, 325 Gbps

Velocidades de Transmisión	
Upstream	Downstream
155 Mbps	1,2 Gbps
622 Mbps	1,2 Gbps
1,2 Gbps	1,2 Gbps
155 Mbps	2,4 Gbps
622 Mbps	2,4 Gbps
1,2 Gbps	2,4 Gbps
2,4 Gbps	2,4 Gbps

Figura 4.14 Velocidades de Transmisión GPON

- En una red GPON, se asigna una longitud de onda para el tráfico de datos (Internet, VoIP, IPTV, etc.) downstream (1.490 nm) y otra para el tráfico upstream (1.310 nm). Además, a través del uso de WDM (Wavelength Division Multiplexing), se asigna una tercera longitud de onda (1.550 nm) que está dedicada para el broadcast de video RF. De este modo, el video/TV puede ser ofrecido mediante dos métodos distintos simultáneamente: RF (Radiofrecuencia) e IPTV. Mediante RF las operadoras de cable pueden hacer una migración gradual hacia IPTV. En este caso, las ONT dispondrán de una salida para video RF coaxial que ira conectada al STB tradicional. Con IPTV la señal de video, que es transformada por la cabecera en una cadena de datos IP se transmite sobre el mismo enlace IP como datos para acceso a Internet de banda ancha. El STB conectado mediante Gigabit Ethernet al ONT, convertirá de nuevo la cadena de datos en una señal de video. Mediante IPTV y GPON, cuyos equipos incorporan capacidades de QoS y multicast IP avanzadas, los operadores pueden ofrecer varios canales de alta calidad de imagen y sonido, incluidos HDTV, así como proporcionar servicios interactivos y personalizados, lo cual no es factible con video RF.
- GPON es una tecnología que permite una convergencia total de todos los servicios de telecomunicaciones sobre una única infraestructura de red basada en IP, permite una notable reducción de costes en los operadores, que al poder usar la misma red para todos sus servicios, podrán ofrecer tarifas más baratas a los abonados por servicio mucho más potentes (voz sobre IP, televisión digital

de alta definición, video bajo demanda, Internet de banda ancha sin restricciones de distancia y velocidad, juegos en red, etc.).

- GPON soportara tanto servicios (voz y video) mediante Multiplicación en el tiempo con un alcance de 750 m a 2.7 Km, como asíncronos (datos) a través de ATM, con un alcance de 20 Km. Así pues, resultara ideal tanto para la oferta triple play como para el intercambio de datos.
- GPON es una tecnología punto a multipunto, en el que todos los usuarios reciben la misma información, pero sólo que quedan con la que está dirigida a ellos. Si dos usuarios piden el mismo canal, ¿Para qué voy a enviarlo dos veces si los usuarios reciben toda la información? El estándar GPON se ha diseñado para que una parte de la trama GPON este dedicada al tráfico multicast, de tal manera que sea accesible por todos los usuarios. Esta es la manera de conseguir enviar una sola copia de cada canal independientemente de los usuarios que la estén solicitando.
- La tecnología GPON ofrece importantes facilidades de gestión, operación y mantenimiento, desde la cabecera OLT al equipamiento de usuario ONU
- Aunque en un principio el coste del equipamiento GPON era sensiblemente más costoso que el de EPON, en la actualidad estos costes se han igualado, debido a la popularización de las tecnologías GPON a nivel mundial y al abaratamiento de las ópticas y componentes. GPON ha sido la tecnología elegida por los grandes operadores y fabricantes en el mundo de los operadores de telecomunicaciones. Eso crea un mercado potencial que permite las tecnologías de escala, no es sólo popular, sino que GPON ese ha convertido en la vencedora en los grandes clientes.
- Mejora la calidad del servicio debido a la inmunidad que presenta la fibra frente a los ruidos electromagnéticos.
- Se simplifica el despliegue de fibra óptica gracias a su topología
- Posibilidad de detección y ubicación de fallas ante situaciones de cortes de fibra óptica.

- Presenta bajas pérdidas, lo cual permite reducir la cantidad de estaciones repetidoras.
- Fácil de transportar e instalar, debido a sus características de reducidas dimensiones, flexibilidad y peso.
- Permite que la información no pueda ser captada desde el exterior de la fibra óptica.
- Estabilidad de la señal dentro de la fibra óptica, frente a variaciones de temperatura.
- Estabilidad frente a variaciones de temperatura.
- Al no conducir electricidad no existe riesgo de incendios por arcos eléctricos.
- El Dióxido de Silicio, materia prima para la fabricación de la Fibra Óptica, es uno de los recursos más abundantes del planeta.
- Escalabilidad. Hoy hablamos de GPON (2,5 Gbps para 64 usuarios) mañana podremos evolucionar XG-PON y WDM PON y seguir utilizando la misma infraestructura de fibra.

5.- VDSL2: LINEA DE ABONADO DIGITAL DE ALTA VELOCIDAD

5.1. La tecnología VDSL2: Línea de Abonado Digital de Alta Velocidad.

VDSL2 es un acrónimo que significa Very High Bit Rate Línea de Abonado Digital Generation 2. El servicio de VDSL2 se puede acceder a través de las líneas telefónicas de cable de cobre existentes. Esto hace que sea muy fácil de conseguir una conexión rápida disponible para las empresas y organizaciones que necesitan una línea que podría ser dividida en una red de gran tamaño con más de tensión normal.

Lo sorprendente es que el acceso VDSL2 está disponible a través de los mismos cables como POTS y menor velocidad DSL. Esto hace que sea muy útil para las empresas que están en el rango de aprovechar el servicio cuando esté disponible en su ubicación. Lo mejor para las empresas que están en el rango al centro prestador del servicio telefónico, o las estaciones que ofrecen estos servicios VDSL2, es pedir a los proveedores de servicios VDSL2 si pueden ofrecer acceso a la red en el lugar. Por lo general, enviar un técnico para poner a prueba las líneas de teléfono y asegúrese de que funcionen lo suficientemente bien sin degradación significativa.

- Servicios que utilizan VDSL2

Hay una amplia gama de servicios que pueden beneficiarse de tener acceso a las redes VDSL2. Estas redes especializadas pueden fácilmente hacer posible que estos servicios tengan una conexión rápida y activa siempre que lo necesiten. Las siguientes son las tecnologías VDSL2 beneficiarios conocidos:

HDTV Television Service - Desde HDTV debe ser transmitida en un formato digital, a menudo se ofrece a través de una conexión por cable. La mejor y más rápida disponible en el mercado es a través de la opción de VDSL2 que ofrecería una transmisión perfecta de las señales de televisión de alta definición. Este es uno de los servicios de entretenimiento que beneficia a la mayor parte a través del acceso a una conexión de tan alto ancho de banda.

Servicio telefónico - servicio telefónico tradicional también puede ser enrutado a través de la conexión extremadamente rápida ofrece a través de VDSL2. Esto no es una

tecnología perfecta y sólo sonido de mayor calidad si el otro número se en ruta a través de una conexión rápida también. Esto se puede integrar en los centros de llamadas masivas, donde las líneas telefónicas van a través de la conexión de servicio VDSL2.

Voz sobre Protocolo de Internet - Esta es otra opción popular que está disponible a través de VDSL2 con un sonido mucho mejor durante las llamadas. La conexión instantánea a ambas líneas digitales y líneas telefónicas tradicionales ofrece la mejor calidad de sonido al utilizar los servicios de VDSL2. Los resultados con esta opción serán muy variables y dependen de la calidad de la conexión de la parte que se está llamando / está llamando a través de la conexión VoIP.

- Velocidades disponibles con VDSL2

VDSL2 es altamente dependiente de la distancia entre el cliente y el proveedor de servicios, debería ser posible conseguir velocidades rápidas incluso cuando está fuera del máximo rango óptimo. Las velocidades que se pueden esperar cuando se encuentra dentro del rango máximo ancho de banda (a menos de 300 metros) pueden superar los más de 100 Mbps en ambas direcciones. Las conexiones normales que cabe esperar cuando fuera de esta distancia son:

100 Mbps ascendente - Aunque esta velocidad no es el máximo disponible con VDSL2, es un gran medio para los que acaban fuera del rango máximo. Hay algo más que se puede esperar cuando se está fuera de los límites para el VDSL en términos de conexiones de aguas arriba.

100 Mbps en sentido descendente - Lo mismo con la corriente, pero es más que probable que degrade al mismo ritmo también. Aprovechando las ubicaciones más cercanas proporcionará mejores resultados con conexiones VDSL2. El aún más la distancia de los proveedores, el menor es el rendimiento, debido al aumento de atenuación de bucle. Esto hace que las velocidades se degradan a la velocidad VDSL e inferior, la distancia más termina siendo.

Tasa descendente	Tasa ascendente	Distancia
100 Mbps	100 Mbps	< 300 m
50 Mbps	50 Mbps	500 m
25 Mbps	25 Mbps	1 km
1 a 4 Mbps	Pocos Kbps	4 – 5 km

Figura 5.1 Velocidades disponibles con VDSL2

5.1.1. Protocolo ITU-T G.993.2.

UIT-G.993.2 VDSL2 es el estándar de comunicaciones DSL más reciente y avanzado. Está diseñado para soportar los servicios conocidos como "Triple Play", incluyendo voz, video, datos, televisión de alta definición (HDTV) y juegos interactivos.

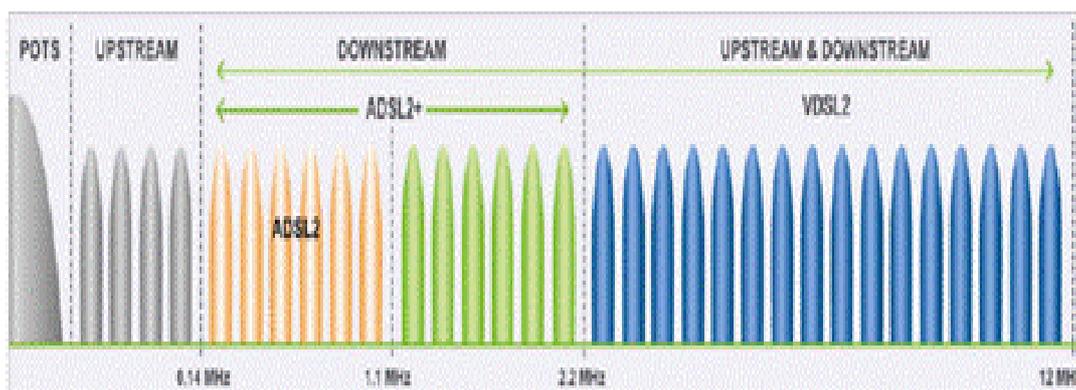


Figura 5.2 Espectro de asignación en VDSL2.

5.1.2. Modulación.

En ADSL y VDSL se utilizan dos tipos de modulación CAP y DMT, cuyas características se describen a continuación. Si bien los sistemas CAP son más sensibles y aparecieron antes en el mercado, en la actualidad la tendencia parece apuntar hacia los sistemas DMT

- Modulación CAP (Carrierless Amplitude and Phase Modulation) (Modulación por Amplitud de Fase sin Portadora) Esta modulación está basada en QAM. El

receptor de QAM necesita una señal de entrada que tenga la misma relación entre espectro y fase que la señal transmitida, pero las líneas telefónicas instaladas no garantizan esta calidad. CAP es una implementación de QAM para xDSL, de bajo coste debido a su simplicidad y con una velocidad de 1.544 Mbps. CAP divide la señal modulada en segmentos que después almacena en memoria. La señal portadora se suprime, puesto que no aporta ninguna información. La onda transmitida es la generada al pasar cada uno de estos segmentos por dos filtros digitales transversales con igual amplitud, pero con una diferencia de fase de 90° . En recepción se re ensamblan los segmentos y la portadora, volviendo a obtener la señal modulada. De este modo, obtenemos la misma forma del espectro que con QAM, siendo CAP más eficiente que QAM en implementaciones digitales.

- Modulación DMT (Discrete multi-tone modulation) (Modulación por Multitono Discreto) Es un sistema de modulación multiportadora COFDM. En ADSL se utilizan 256 portadoras, mientras que en VDSL son hasta 4096 portadoras. Habitualmente se usan los primeros canales para tráfico de canales analógicos de voz. Los siguientes para comunicaciones ascendentes y el resto para comunicaciones descendentes. DMT adapta la tasa de bits en cada subcanal a la relación señal/ruido del mismo.
 - La modulación DMT emplea la transformada discreta de Fourier para crear y demodular cada una de las 256 portadoras individuales, dividiendo el ancho de banda disponible en unidades más pequeñas.
 - La línea se comprueba para determinar qué banda de frecuencias es posible y cuántos bits pueden ser transmitidos por unidad de ancho de banda.
 - Los bits se codifican en el transmisor mediante la transformada rápida de Fourier inversa y después pasan a un conversor analógico/digital.
 - Al recibirse la señal, ésta se procesa mediante una transformada rápida de Fourier para decodificar la trama de bits recibida.

5.1.3. Modo de Transmisión.

- Modo de Transmisión ATM.- El Modo de Transferencia Asíncrono es una tecnología de conmutación que usa pequeñas celdas de tamaño fijo. En 1988, el CCITT designó a ATM como el mecanismo de transporte planeado para el uso de futuros servicios de banda ancha. ATM es asíncrono porque las celdas son transmitidas a través de una red sin tener que ocupar fragmentos específicos de tiempo en alineación de paquete, como las tramas T1. Estas celdas son pequeñas (53 bytes), comparadas con los paquetes LAN de longitud variable. Todos los tipos de información son segmentados en campos de pequeños bloques de 48 bytes, los cinco restantes corresponden a un header usado por la red para mover las celdas. ATM es una tecnología orientada a conexión, en contraste con los protocolos de base LAN, que son sin conexión. Orientado a conexión significa que una conexión necesita ser establecida entre dos puntos con un protocolo de señalización antes de cualquier transferencia de datos. Una vez que la conexión está establecida, las celdas ATM se auto-rutean porque cada celda contiene campos que identifican la conexión de la celda a la cual pertenecen. Asynchronous Transfer Mode (ATM) es una tecnología de switching basada en unidades de datos de un tamaño fijo de 53 bytes llamadas celdas. ATM opera en modo orientado a la conexión, esto significa que cuando dos nodos desean transferir deben primero establecer un canal o conexión por medio de un protocolo de llamada o señalización. Una vez establecida la conexión, las celdas de ATM incluyen información que permite identificar la conexión a la cual pertenecen. En una red ATM las comunicaciones se establecen a través de un conjunto de dispositivos intermedios llamados switches. Transmisiones de diferentes tipos, incluyendo video, voz y datos pueden ser mezcladas en una transmisión ATM que puede tener rangos de 155 Mbps a 2.5Gbps. Esta velocidad puede ser dirigida a un usuario, grupo de trabajo o una red entera, porque ATM no reserva posiciones específicas en una celda para tipos específicos de información. Su ancho de banda puede ser optimizado

identificando el ancho de banda bajo demanda. Conmutar las celdas de tamaño fijo significa incorporar algoritmos en chips de silicón eliminando retrasos causados por software. Una ventaja de ATM es que es escalable. Varios switches pueden ser conectados en cascada para formar redes más grandes. En cuanto al transporte de información, ATM usa tramas de tamaño fijo que reciben el nombre de celdas. El hecho de que todas las celdas sean del mismo tamaño permite construir equipos de switching de muy alta velocidad. Cada celda de ATM tiene una longitud de 53 bytes, reservándose los 5 primeros para el encabezado y el resto para datos. Dentro del encabezado se coloca el par VPI/VCI que identifica al circuito entre extremos, información de control de flujo y un CRC. La conexión final entre dos nodos recibe el nombre de Virtual Channel Connection o VCC. Una VCC se encuentra formada por un conjunto de pares VPI/VCI.

- Modo de Trasmisión (Modo Paquete).- VDSL soporta el modo paquete, modo de transporte en el cual todos los flujos de bits desde y hacia diferentes servicios y dispositivos se organizan en paquetes diseccionados individualmente de longitudes variables. Todos los paquetes se envían sobre el mismo “canal” de máximo ancho de banda suponiendo, Naturalmente, que los paquetes sean paquetes IP

5.1.4. Planes de Banda.

La división del espectro en bandas de frecuencia y su asignación para la transmisión en cada sentido se define por el plan de bandas dependiendo de la región (Región A, América del Norte; Región B, Europa y Región C, Japón).

El esquema general de las bandas se muestra en la siguiente figura.

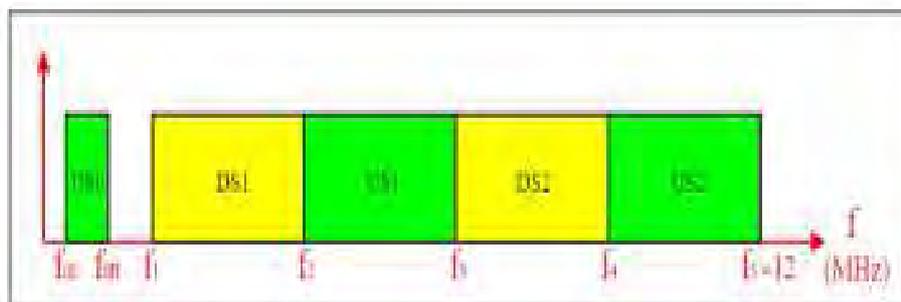


Figura 5.3. Plan de bandas VDSL2.

Donde las bandas de color verde son las de subida y las amarillas son las de bajada. Indicar que tanto USO como la banda de guarda entre USO y DS1 son opcionales y podemos comprobar que varían de un plan a otro. Los valores f_{OL} , f_{OH} , f_1 , f_2 , f_3 y f_4 son los dependientes de la región.

El estándar VDSL2 define dos tipos fundamentales en la asignación de las bandas asignadas para la comunicación en cada sentido, denominados plan de bandas 997 y 998. La principal diferencia entre ambos radica en la asimetría entre los dos sentidos de transmisión en cuanto a velocidades disponibles. Los planes tipo 997 son más simétricos, o sea la velocidad en ambos sentidos es más parecida, mientras que en los planes tipo 998 son más asimétricos, dando más capacidad en el sentido red-usuario (descendente) que en el sentido usuario-red (ascendente) (ITU-T Recommendation G.993.2, 2006).

Dentro de los dos tipos fundamentales de planes de banda definidos, se establecen varias variantes en función de las frecuencias límite de cada una de las bandas y de la frecuencia máxima hasta la que se extiende el plan (hasta 12 MHz, 17 MHz y 30 MHz).

Plan 997:	Plan hasta los 12 MHz.
Plan 997E17:	Plan 997 extendido directamente hasta los 17,664 MHz.
Plan 997E30:	Plan 997 extendido directamente hasta los 30 MHz.
Plan 998:	Plan hasta los 12 MHz.
Plan 998E17:	Plan 998 extendido directamente hasta los 17,664 MHz.
Plan 998E30:	Plan 998 extendido directamente hasta los 30 MHz.
Plan 998ADE17:	Plan 998 extendido hasta 17,664 MHz utilizando la banda superior a 12 MHz. sólo para transmisión en el sentido red-usuario.
Plan 998ADE30:	Plan 998 extendido hasta los 30 MHz utilizando la banda superior a los 12 MHz. sólo para la transmisión en el sentido red-usuario.
Plan HPE17:	Plan que opera sólo en las bandas entre 7,05 y 17,664 MHz.
Plan HPE30:	Plan que opera sólo en las bandas entre 7,05 y 30 MHz.

Figura 5.4 Definición de planes de banda

Por último, de los planes 997, 998, 998ADE17, 998E17 y 998E30 existen diferentes variantes en cuanto a las frecuencias de corte de la US0 y para acomodar los servicios ISDN o POTS (ITU-T Recommendation G.993.2, 2006).

El VDSL1 soporta un ancho de banda de hasta 12 MHz, mientras que en VDSL2 esta banda puede ser extendida hasta 30MHz. Para ser espectralmente compatible con VDSL1, VDSL2 utiliza los mismos planes de banda por debajo de 12MHz. El VDSL2 puede utilizar hasta 4096 subportadoras. Dependiendo del plan de banda en uso, una subportadora puede ser designada para transmisión descendente o ascendente. Tal como en ADSL, la parte inferior del espectro se asigna para los servicios de voz (POTS) y de datos (ISDN) y un filtro divisor se usa para separar la frecuencia de los servicios deseados de la banda de VDSL2. Una opción "modo digital total" también existe, donde prácticamente todas las bandas pueden ser empleadas para VDSL2.

5.1.5. Perfiles de los diferentes modos de implementación.

Teniendo en cuenta el gran número de parámetros configurables disponibles en VDSL2 y el amplio rango de valores que pueden adoptar, para minimizar la complejidad en la implementación de los sistemas VDSL2, se ha acordado un conjunto de combinaciones con los valores de cada parámetro que pueden soportar los sistemas para cumplir igualmente con el estándar, sin perjuicio de que los fabricantes puedan permitir en sus equipos cualquier otra combinación de parámetros y valores. Estas combinaciones se denominan Perfiles y en la actualidad se han definido 8 perfiles: 8a, 8b, 8c, 12a, 12b, 17a y 30a.

Parámetros		Valor del parámetro en cada perfil							
		8a	8b	8c	8d	12a	12b	17a	30a
Max. aggr. downstream Tx power [dBm]		17.5	20.5	11.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5
Max. aggr. upstream Tx power [dBm]		14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5
Requiere soporte US0		S	S	S	S	S	N	N	N
998	Frecuencia superior en downstream [MHz]	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	17.66	30
	Frecuencia superior en upstream [MHz]	5.2	5.2	5.2	5.2	12	12	14	24.89
997	Frecuencia superior en downstream [MHz]	7.05	7.05	7.05	7.05	7.05	7.05	14	27
	Frecuencia superior en upstream [MHz]	8.83	8.83	5.1	8.83	12	12	17.66	30

Tabla 5.5 Perfiles de VDSL2.

Los Perfiles de menor frecuencia tienen mejores indicadores de desempeño en los bucles largos que frecuencias más altas, pero a costa de las velocidades más lentas por usuario.

Perfiles 8a-d mantienen altas velocidades a través de los bucles más largos pero sólo alcanzan velocidades downstream de hasta 80.000 kbps por segundo. Por lo tanto, la fiabilidad en perfiles 8a-8d mejorada en bucles más largos a expensas de la reducción de velocidades en bucles cortos, y son ideales para aplicaciones de bucle más largas, como FTTN.

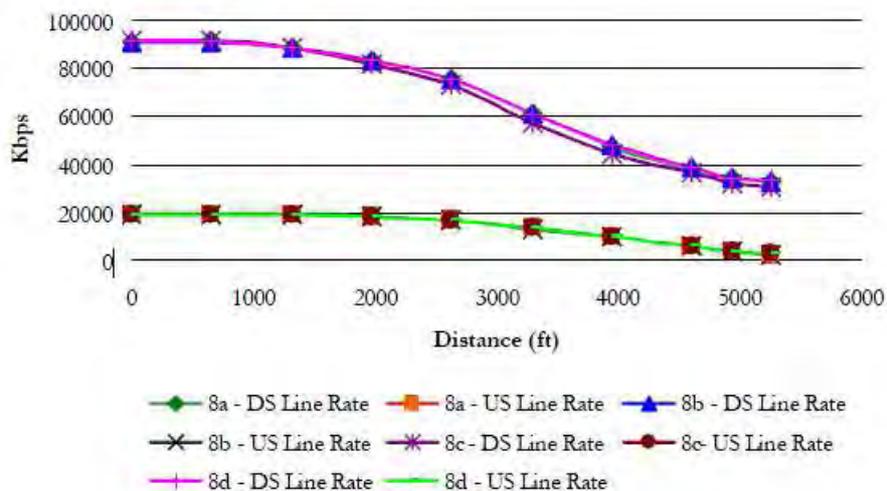


Figura 5.6 VDSL2 Perfiles 8a-8d: Downstream/Upstream

Perfiles 12a y 12b ofrecen un rendimiento parecido de velocidades downstream a 8a-d, pero capacidades de velocidades upstream mucho más altas.

En una época donde los consumidores se vuelven cada vez más productores de contenidos, las capacidades de velocidades más altas de upstream se convertirán en un activo que permite el acceso a una oferta más robusta.

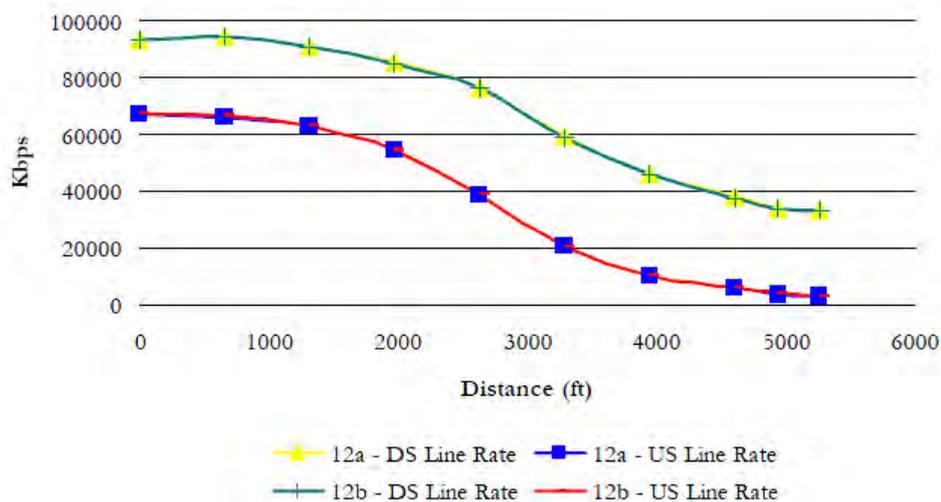


Figura 5.7 VDSL2 Perfiles 12a-12b : Downstream/Upstream

Las velocidades de upstream y downstream son mucho más altas en perfiles 17a y 30a que la que ofrecen los perfiles de 8 y 12 en distancias más cortas. 30a es ideal para FTTB o FTTH, ofreciendo velocidades de datos de más de 100.000 kbps, mientras 17a es ideal para FTTC. Como una opción de menor costo, 17a es una alternativa atractiva cuando no se requieren las más altas velocidades de subida de 30a

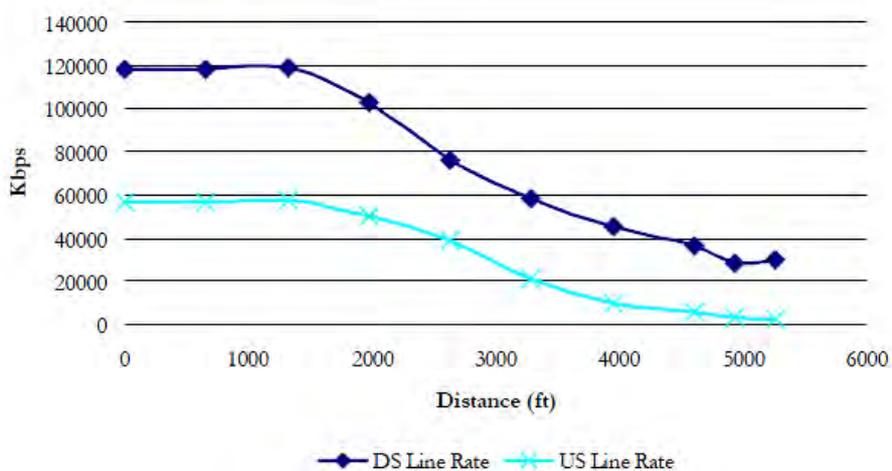


Figura 5.8 Perfil 17A - Downstream/Upstream

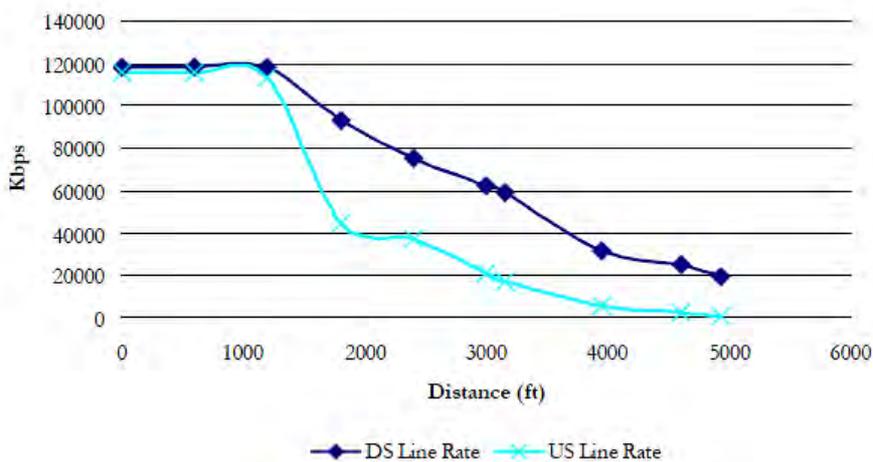


Figura 5.9. VDSL2 Perfil 30A - Downstream/Upstream

5.1.6 Régimen Dúplex.

En la actualidad, las implementaciones de ADSL/2/2+ usan tecnología de régimen FDD (*Frequency-Division Duplex*) para separar la banda de transmisión ascendente (*upstream*) de la banda de transmisión descendente (*downstream*). Teniendo en cuenta las propiedades físicas, sin embargo, no se puede crear una banda de guarda (“*brickwall*”). Es decir, siempre hay algo de fuga espectral entre los anchos de banda. VDSL2 utiliza una técnica basada en la tecnología dúplex digital “Zipper” inventado por *TeliaResearch*. Con esta técnica, subportadoras adyacentes pueden transportar datos en direcciones opuestas. Sin embargo, los requisitos de compatibilidad con el espectro de las tecnologías DSL existentes requieren que varios tonos sean agrupados en bandas de transmisión. Puede mantener la ortogonalidad entre la señal recibida y la señal transmitida de vuelta al receptor, extendiendo cíclicamente los símbolos DMT transmitidos a través del uso de un prefijo y un sufijo cíclico y la sincronización de los transmisores en cada extremo para empezar a transmitir al mismo tiempo (técnica llamada *Timing Advance*). La extensión cíclica (*Cyclic Extension*), que elimina la interferencia intersímbolo (*Intersymbol Interference, ISI*) causada por el canal, reduce la velocidad de datos en el 7,8%. El “eventanamiento” (*windowing*), una técnica de supresión de lóbulos laterales, reduce aún más la fuga espectral entre las bandas de transmisión.

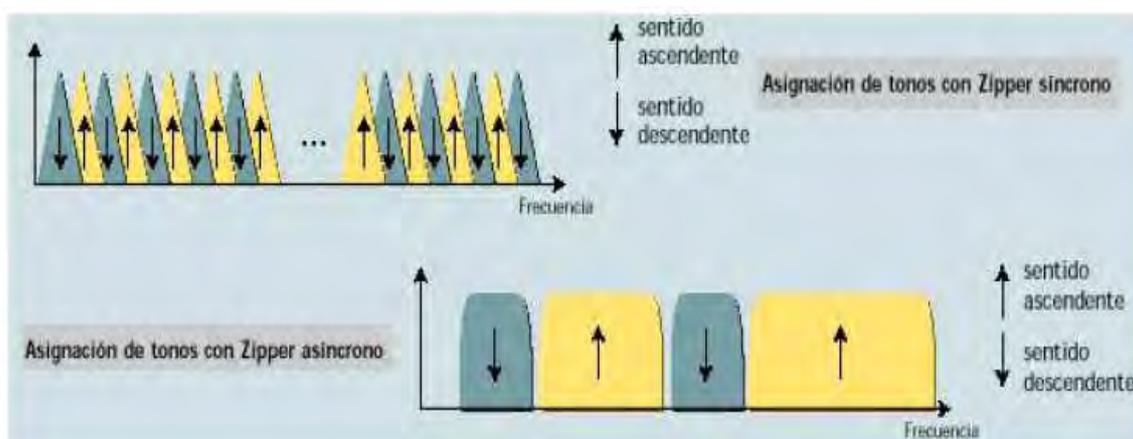


Figura 5.10 Técnica “Zipper”

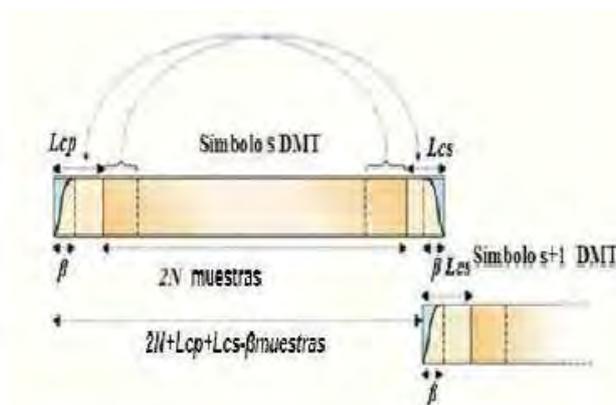


Figura 5.11 Técnica de extensión cíclica (*Cyclicextension*)

5.2. El VDSL2+ utilizado en conjunto con GPON.

Cuando nos referimos a una red de servicios proveedor – cliente final o “end to end” hablamos de toda la infraestructura, conjuntos de tecnologías, protocolos y estándares que hacen posible que los servicios crucen desde el proveedor hacia el usuario final cubriendo la distancia geográfica entre ellos.

De esta forma los proveedores de servicio buscan la optimización de dicha red, logrando tener flexibilidad en las soluciones que pueden ofrecer para satisfacer la demanda de cada usuario final.

Para el Caso de la parte de Acceso, el incremento en el consumo de ancho de banda, sumado a la diversificación de los servicios, a promovido la evolución a nuevas tecnologías: VDSL2 y GPON. Sin embargo una solución optimizada que está alcanzando cada vez mayor popularidad es GPON+VDSL2 posesionándose rápidamente como la alternativa de crecimiento de muchos Proveedores de Servicio.

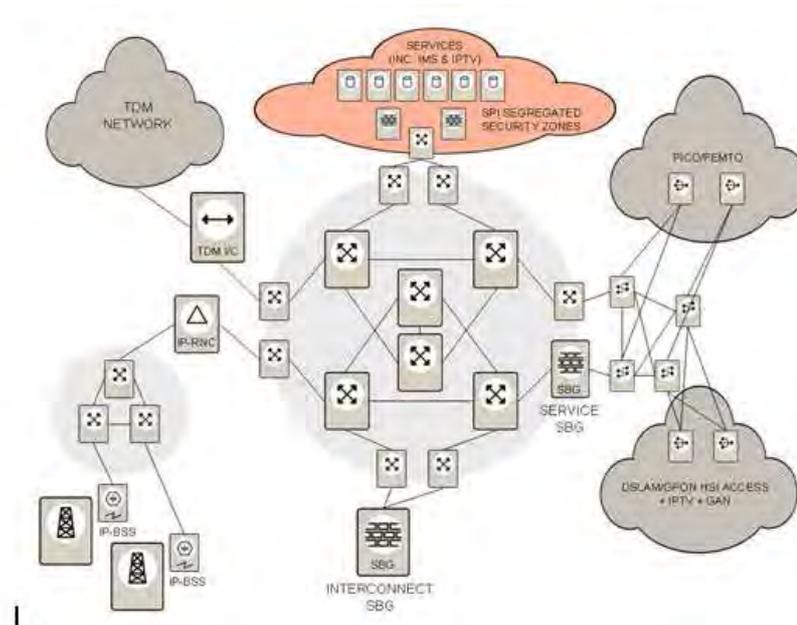


Figura 5.12 Ejemplo de una topología de red de servicios actual End-to-End.

GPON como solución de acceso, se ha estandarizado con 3 principales esquemas de implementación, de los cuales solamente FTTH (Fiber to the home) está pensado para ser una solución de tecnología pura, FTTN, FTTB por su parte son soluciones pensadas para ofrecer la solución GPON y ser complementadas por otra tecnología de última milla para su implementación.

FTTH es la mejor opción tecnológica para orientar el crecimiento de las redes de acceso debido a que es la tecnología que permite ofrecer los mayores anchos de banda y con mayor radio de cobertura, sin embargo su desventaja radica en que al ser totalmente basada en fibra implica la implementación de todo un modelo nuevo de infraestructura de red de distribución y acceso. Este proceso de migración para los Carriers implica una gran inversión y también implica un tiempo considerable de implementación y adopción, al mismo tiempo que implica cambios en la infraestructura instalada en los hogares y en el monitoreo de la misma.

La tecnología que más se adapta a las redes de acceso actuales es la tecnología VDSL2, esto debido a que reutiliza la infraestructura de par de cobre existente desde la

instalación de la Red Telefónica Pública Conmutada y a su vez es compatible con la tecnología de acceso fijo predominante a nivel mundial el ADSL2+. Su generalización se ha detenido por la desventaja que presenta en cuestión de distancia de cobertura. VDSL2 representa una ventaja sobre ADSL2+ solo cuando este se dirige a abonados situados en distancias menores a 1 Km., después de este límite el comportamiento es similar al de ADSL2+ y la atenuación causa que la señal de VDSL2 sea más susceptible de los ruidos de fondo del canal. (Las altas frecuencias manejadas en VDSL2 que van hasta los 30MHz, son más susceptibles al ruido y son propensas de ser atenuadas por las líneas de cobre, así como de sufrir interferencia de los demás abonados, aunque algunas funcionalidades se han agregado al estándar para compensar este comportamiento, tales como PSD& UPBO, esto sigue siendo una de las desventajas de la tecnología).

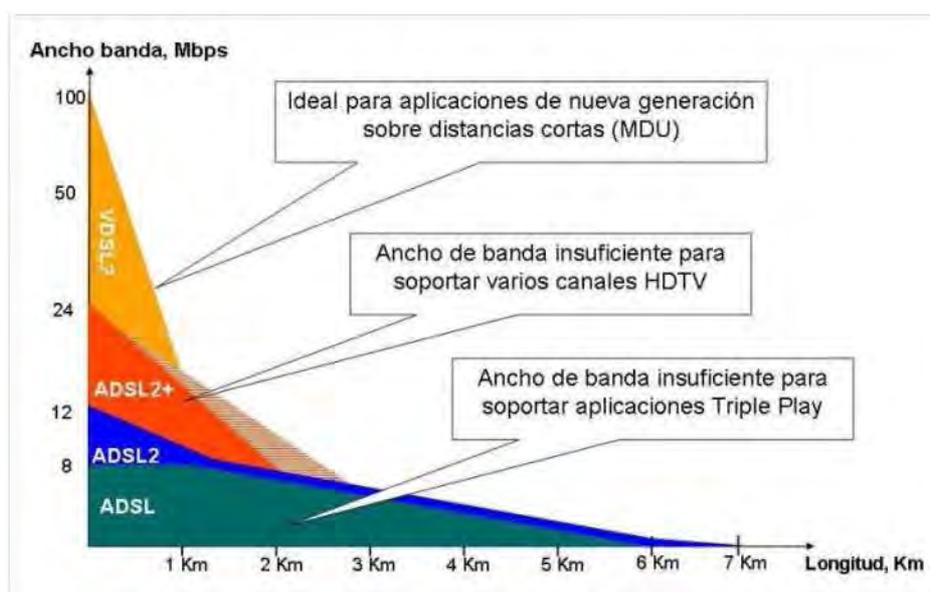


Figura 5.13 Comparación de radii de cobertura y aplicaciones en tecnologías DSL.

Tomando en cuenta entonces las características descritas en los párrafos previos es fácil deducir que la combinación de las tecnologías GPON en sus vertientes FTTN,

FTTC y FTTB y la tecnología VDSL2 se pueden complementar para lograr cumplir con las necesidades de los Carriers y competir para proveer las demandas de ancho de banda de los clientes finales.

La implementación de VDSL como acceso a la última milla utilizando el par de cobre existente y complementándose con una red de Fibra pasiva profunda en la red de distribución logra proveer servicios de banda ancha de hasta 100Mbps bidireccional. Hoy día existen gran gama de proveedores y dispositivos que permiten tener Up-link interfaces GPON, y tener puertos de acceso o abonado VDSL2+, a estos dispositivos se les conoce como MDU. Los MDU están equipados con diferente cantidad de este tipo de interfaces VDSL2+ (algunos incorporan otro tipo de interfaces al mismo tiempo), esto permite dimensionar de forma correcta la instalación de estos dispositivos en la red de distribución, ajustándose a los diferentes escenarios estandarizados para GPON. Típicamente una solución FTTN maneja una cantidad de hasta algunas centenas de abonados, FTTC se posiciona en el orden de las decenas, mientras que FTTB es un poco menor alcanzo comúnmente 10 interfaces como máximo.

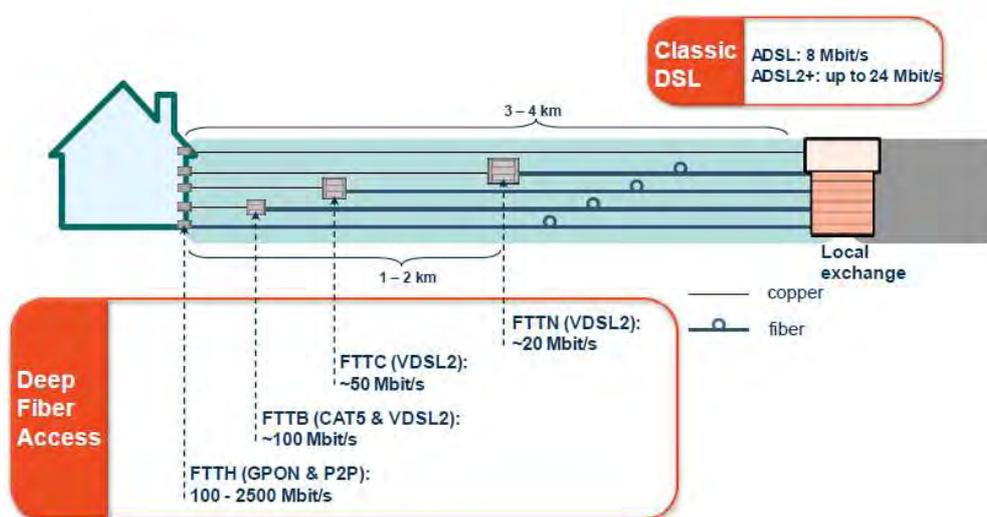


Figura 5.14 Capacidad y cobertura de VDSL2 en función del escenario GPON y/o radio de cobertura.

Además de las ventajas técnicas, las ventajas de operación e instalación son representativas para los proveedores de servicio, y se pueden destacar:

- Se reutiliza parte de la infraestructura existente
- No Requiere instalación de planta pasiva en el extremo de usuario final
- No se Requieren centrales adicionales
- El aumento del costo del monitoreo de los equipos no se afecta por la parte de las terminales remotas ATU-R dado que se siguen soportando los mismos protocolos de gestión que en sus antecesores DSL.
- Al ser compatible con ADSL mantiene la posibilidad de seguir utilizando los servicios de voz de banda angosta, aunque debido a su capacidad de ancho de banda es también ideal para los servicios Triple Play.

Cabe mencionar que se requiere de MDF adicionales y el número de equipo activo en planta externa aumenta, comparado con FTTH.

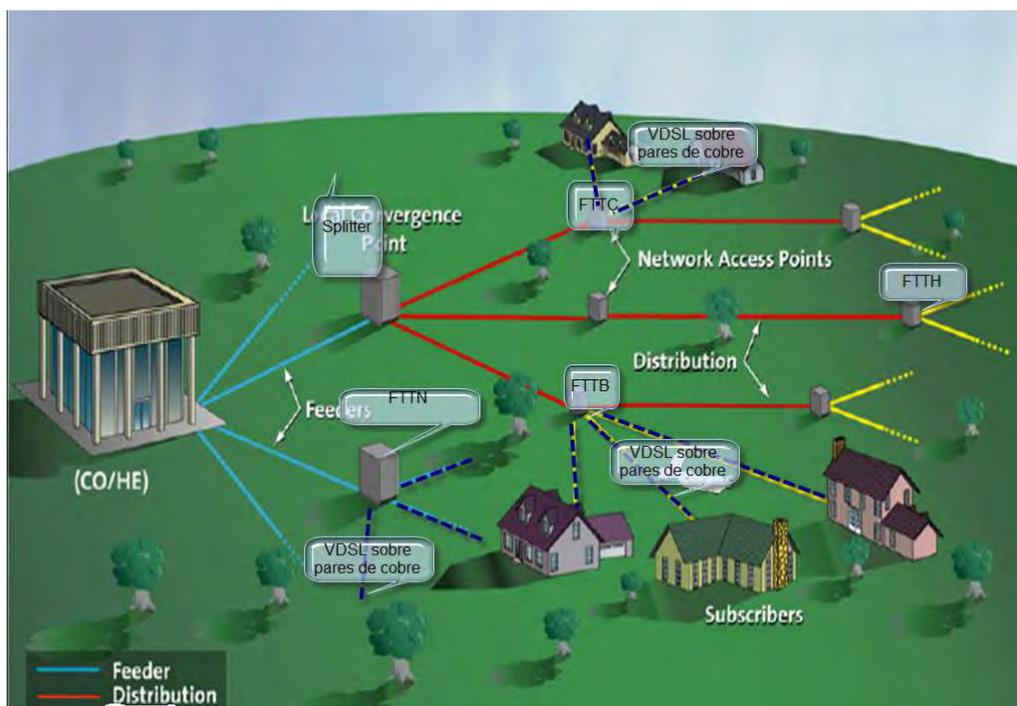


Figura 5.15 Utilización de divisores “splitters” en la red de distribución para diversificar la implementación FTTx de los puertos GPON.

Por último cabe mencionar que un elemento pasivo que se introduce comúnmente en las topologías GPON y más cuando el mercado se orienta a ser complementado con VDSL2 son los Divisores o Splitters. Los divisores, como su nombre lo dice se encargan de partir la señal óptica en diferentes ramas de fibra. Este proceso que no involucra inyección de energía a la red de distribución logra aumentar la zona de cobertura, ayudando así a la optimización de la capacidad de ancho de banda de los puertos GPON.

5.3. Ventajas del uso del VDSL2 en redes de cobre.

La red telefónica de cobre no ha dicho su última palabra. Mientras que la fibra se despliega masivamente, otra tecnología de alta velocidad debuta comercialmente: VDSL2. La tecnología promete triplicar la máxima velocidad en la red de cobre - 28 megabits por segundo (Mbps) en la actualidad a 100 Mbps- a un costo relativamente bajo".³⁰

La Recomendación UIT-T G.993.2, VDSL2 especifica una tecnología de acceso que explota la vigente infraestructura de cables de cobre que se desplegaron inicialmente para el servicio POTS (Servicio Telefónico Ordinario Antiguo, por sus siglas en inglés Plain Old Telephone Service) que alcanza velocidades muy superiores a las del actual ADSL llegando hasta los 100 Mbps en un futuro. Puede ser desplegado desde las oficinas centrales, desde los gabinetes de fibra alimentados ubicados cerca de las instalaciones del cliente o bien dentro de los edificios.

El modelo de aplicación típica para la entrega de servicio de datos a través de VDSL2 con un subyacente servicio POTS en el mismo par de cobre se ilustra en la Figura 5.3.1 (implementación remota con splitter). La VTU-R (Terminal Remota de la Unidad Transceptora VDSL, por sus siglas en inglés VDSL Transceiver Unit - Remote Terminal) es parte de la VDSL2 NT (Terminación de Red, por sus siglas en inglés Network Termination) que normalmente se conecta a uno o más terminales de usuario,

³⁰ Guénaël Pépin, A qui profitera la dernière évolution d'Internet sur cuivre ?, (En línea) Consultado el 02 de diciembre de 2013, disponible en: http://www.lemonde.fr/technologies/article/2013/10/02/a-qui-profitera-la-derniere-evolution-d-internet-sur-cuivre_3487433_651865.html

los cuales pueden incluir terminales de datos, equipos de telecomunicaciones, u otros dispositivos. Estas conexiones son designados por los puntos de referencia S / T. La VTU-R se separa de los dispositivos de banda estrecha por una combinación de un filtro de paso alto (HPF) y un filtro de paso bajo (LPF). Uno o más dispositivos de banda estrecha (POTS teléfonos, dispositivos contestadores telefónicos, módems analógicos de banda de voz, u otros dispositivos) son también parte de la aplicación del modelo en las instalaciones del cliente.

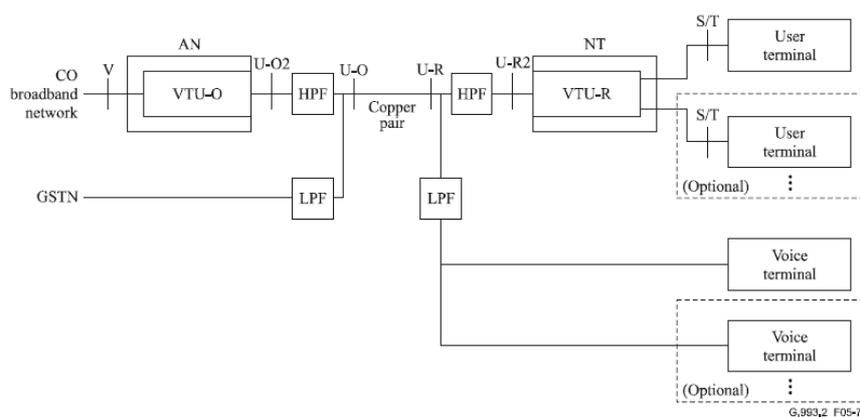


Figura 5.16 Modelo de aplicación del servicio de datos con POTS para la implementación remota con divisor

El despliegue de ésta tecnología VDSL2 no sólo aprovecha la infraestructura telefónica de pares de cobre sino eleva al cobre a velocidades de transmisión más altas, su principal objetivo es poder manejar enormes cantidades de tráfico de datos y contenidos multimedia de manera confiable, desplegar servicios como Triple Play, con voz, video y datos, así como televisión de alta definición. Sin embargo, debido a la infraestructura requerida para éste tipo de tecnología, cerca de la central de transmisión, se observaría un mayor rendimiento en especial en las ciudades menos pobladas, que se encuentran cerca del despachador. Y no en las grandes ciudades, donde muchos abonados están conectados por un "sub-distribuidor" que impide el aprovechamiento de ésta tecnología, o de las zonas rurales que cuentan con conexiones de ADSL con un rendimiento muy bajo en el que no verían ganancia. Dicho

de otra forma, ésta mejora concierne finalmente a algunos clientes solamente, donde la infraestructura actual les permita obtener el mayor rendimiento del VDSL2.

VDSL2 permite en teoría, dependiendo de la distancia y la calidad de la línea, obtener un rendimiento sustancial cuando la distancia con el distribuidor no exceda aproximadamente 1 km. Más allá de eso, el rendimiento sería el mismo que ADSL2+. Ver figura 5.17

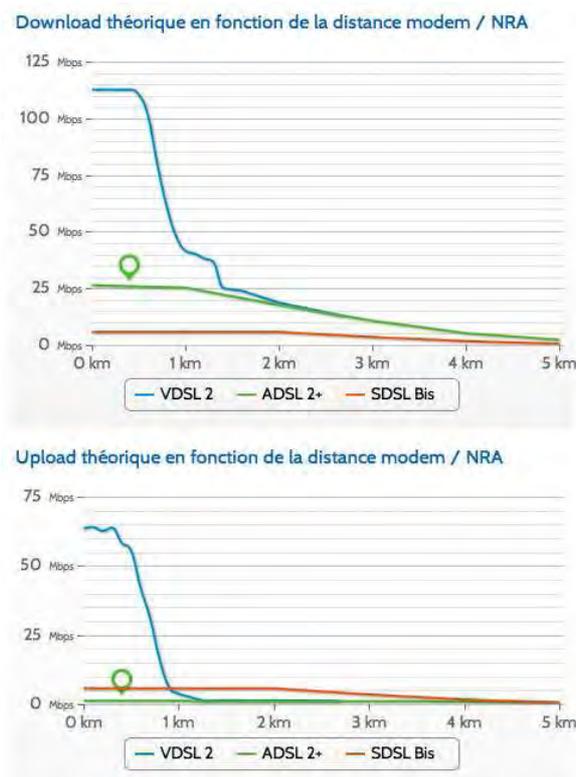


Figura 5.17 comparativa de velocidad ADSL2 y VDSL2³¹

Para los usuarios finales más lejos de la oficina central, el operador tendrá que acortar los bucles de cobre mediante la sustitución de éstos, en parte con la fibra. Aprovechando VDSL2, los modelos de 4 implementaciones se pueden discernir:

- FTTH/VDSL2 como estrategia principal

³¹ CNET France, Passer en VDSL2 : comment savoir si on est éligible?. (En línea) Consultado el 04 de diciembre de 2013, disponible en: <http://forums.cnetfrance.fr/topic/1203281-passer-en-vdsl2--comment-savoir-si-on-est-eligible/>

Desplegando VDSL2 a las cabinas en la calle, combinando la estrategia con el despliegue de VDSL2 desde la oficina central. La mayor ventaja aquí es el tiempo de lanzamiento al mercado. La mayoría de los operadores con un despliegue de VDSL2 a gran escala han comenzado normalmente el despliegue de su FTTH, así como el de la fibra en áreas totalmente nuevas y estratégicas.

- FTTB/VDSL2 como complemento de FTTH

Reduce el costo de conexión de los apartamentos hasta en un 30 % y permite un despliegue más rápido.

- VDSL2 desde la oficina central como complemento de FTTH

Algunos operadores simplemente actualizan a sus suscriptores de ADSL, de la oficina central, a VDSL2 al iniciar su despliegue de fibra. Sin embargo con ésta estrategia, sólo los suscriptores lo suficientemente cerca de la oficina central serían beneficiados. La principal ventaja es que los operadores pueden comenzar inmediatamente a ofrecer servicios de alta calidad a una parte significativa de su base de suscriptores.

- VDSL2 como un retroceso para FTTH

Incluso los operadores con un despliegue agresivo de fibra en su infraestructura están considerando VDSL2 para las áreas que son demasiado caras para introducir fibra, o para zonas donde no se proyecta introducir de inmediato. VDSL2 no ofrece la misma promesa de ancho de banda ilimitado como la fibra lo hace, por lo que la mayoría, si no todos los operadores consideran FTTH a ser su estrategia a largo plazo.

La tecnología VDSL2 tiene, para cualquiera de éstas alternativas, el potencial para alcanzar los 100 Mbps, pero el ruido entre las líneas del cable reduce el rendimiento. La Vectorización VDSL2 es la tecnología de cancelación de ruido que permite cortar todo el ruido o interferencia entre las múltiples líneas VDSL2 en un paquete. Sin interferencias, todas las líneas VDSL2 pueden operar a velocidades pico, como si fueran una única línea en el haz y así ofrecer velocidades más altas que alcanzarán los 100 Mbps de bajada a distancias de hasta 400 metros entre el hogar y la central.

Será la vectorización de VDSL2 lo que permita elevar verdaderamente la velocidad de transmisión en el cobre hasta los 100 Mbps y más allá, con la tecnología de

vectorización VDSL2 el cobre adquiere un nuevo valor. Se alcanzarán velocidades que ofrecen una experiencia de banda ancha más atractiva y competitiva, permitiendo que la fibra se implemente hasta el punto más económico en alguna de las arquitecturas FTTN, FTTC o FTTB, una apuesta tentativa y crucial en tiempos de incertidumbre económica pues permiten aprovechar en la mayor medida posible la planta existente de cobre del operador, y ello permitirá a los operadores comenzar a ofrecer servicios de alta calidad de forma rápida.

6.- SERVICIOS A IMPLEMENTAR EN UN ÁREA CON USO DE SUELO MIXTO URBANO.

6.1. Servicio de internet a través de la red VDSL2 + GPON.

6.1.1 Generalidades

En la actualidad la red telefónica a nivel nacional ha sido ampliada gracias a la introducción de los servicios de acceso a Internet por par de cobre. Sin embargo, gracias a los nuevos avances tecnológicos y a la aparición de las redes ópticas para la transmisión de información y al auge que ha tenido la tecnología GPON para satisfacer las nuevas necesidades de comunicación de los usuarios, que diariamente demandan mejor calidad del servicio de conexión y a mayor velocidad. Por tal motivo se podría suponer que las redes de cobre pronto serán sustituidas por las redes ópticas.

Sin embargo, el hecho de diseñar y construir toda una red de fibra óptica hasta los hogares de los abonados implica una fuerte inversión para la adquisición de equipos y suministros además de construir la nueva red lo que implica la obtención de los permisos gubernamentales correspondientes para efectuar la obra civil. La decisión de cualquier operador de elegir por una topología FTTH o una FTTB/FTTN dependerá del entorno del vecindario donde se planea desplegar la nueva red y de los fondos monetarios con los que cuente para hacerlo. FTTH es la opción ideal para nuevas colonias y edificios con alta densidad poblacional y FTTB para los ya existentes y en los cuales es posible reutilizar la red de cobre existente. En este último escenario es conveniente aplicar el despliegue de tecnología VDSL2, tanto en los nodos IPDSLAM como en los GPON con topología FTTB.

VDSL2 (línea de suscriptor digital de muy alta velocidad) es un estándar aplicado a redes constituidas por tramos de líneas de cobre (no mayores a 1000 metros) y en las que se pueden alcanzar velocidades de transmisión de datos de hasta 100 Mbps simétricos (igual velocidad de subida y bajada de datos en la línea de transmisión) Además de introducir esta mejora de operatividad en la red de acceso presenta otras ventajas con relación al uso de ADSL:

- Permite la configuración de velocidades de upstream/downstream a diferentes valores, incluso simétricos. Esto es porque utiliza diferentes bandas de frecuencia (de 25 KHz hasta los 30 Mhz) para conseguir una distribución óptima de velocidades de transmisión de datos.
- La tecnología de multiplexación es Ethernet de extremo a extremo y se reduce la complejidad de la red y la sobrecarga de datos.
- Las redes VDSL2 son compatibles con tecnologías ADSL y ADSL2+ y soportan ATM.
- Los equipos VDSL2 manejan protocolos para medir el ruido y atenuación en la línea de transmisión, calcular la relación señal a ruido, con lo que se facilita la detección de fallas y su pronta reparación.

6.1.2. Infraestructura de la red de acceso FTTB/FTTN.

Para que cualquier proveedor proporcione un servicio de acceso VDSL2+ GPON debe contar en su red con los siguientes elementos indispensables:

- BRAS (Servidor de Acceso Remoto de Banda Ancha) es conjunto de equipos instalados en la central control del prestador de servicios que distribuyen y convergen el tráfico de datos de cada usuario, además proporciona control de todos los servicios proporcionados (voz, datos, video, etc.), seguridad en el manejo de los mismos, autenticación de usuarios y acreditación de los mismos en la red. El BRAS es el Gateway de control en la red de acceso.

Los componentes fundamentales del BRAS son:

- Identificación del usuario: En esta etapa se identifica el usuario que pretende acceder a la red y maneja el protocolo de paquetes requerido por el cliente. Además obtiene la localización física del usuario, contraseña y proporciona la información necesaria para entablar una conexión segura hacia el exterior (internet)
- Manejo de conexión: Es la parte medular del BRAS y se encarga de vigilar la interoperabilidad entre todos los componentes de la red de acceso; además se

encarga de establecer, mantener y terminar las conexiones iniciadas por los usuarios, con ello protege la seguridad de su información de cliente.

- Autenticación: El BRAS identifica el tipo de usuario que intenta conectarse a la red y decide si le permite entablar la conexión a internet.
- Autorización: Una vez autenticada la conexión se autoriza la misma, para que el usuario pueda navegar en la red.
- Acreditación: Además de autorizar la conexión, el BRAS vigila el manejo de la información generada por usuario como lo es: tiempo de duración de conexión, tráfico de carga/descarga de información a su equipo de cómputo y/o dispositivo móvil. Acredita que esta información sea manejada de forma privada y no esté al alcance de los otros usuarios de la red.
- Localización y manejo de direcciones IP: Además del manejo de conexiones, el BRAS almacena las direcciones IP de todos los equipos de datos de los usuarios conectados a la red en una base de datos y vigila su uso adecuado.
- Control y calidad en el servicio: El BRAS controla todos los servicios de acceso y vigila la calidad de los mismos (QoS)

La configuración de la red desde el cliente hasta el BRAS se muestra en la figura 6.1



Figura 6.1 Ubicación del BRAS en la red de acceso.

Como ya se mencionó anteriormente el BRAS se encarga de entablar y administrar las conexiones para los usuarios, para conseguirlo se vale de los siguientes protocolos de comunicación:

Para entablar y controlar las sesiones de los clientes el BRAS maneja 2 protocolos de comunicación:

- PPP (protocolo punto a punto): Es un protocolo diseñado para dar servicio a los enlaces punto a punto de la red de acceso, adecuándose a las características de ésta y a las nuevas tecnologías empleadas en ella (VDSL2 por ejemplo) Se trata de un protocolo de enlace que puede servir de transporte para múltiples protocolos de red y que contiene mecanismos para establecimiento, negociación y liberación de sesiones de usuarios en internet.
- PPP era necesario para poder asignar direcciones IP de forma dinámica y permitir el uso de múltiples protocolos.
- PPP suministra conexiones de router a router y de host a red a través de circuitos síncronos y asíncronos.
- Proporciona asignación dinámica de direcciones IP.
- Control de la configuración del enlace de datos.
- Configuración de enlace y verificación de la calidad del enlace.
- Detección de errores.
- Opciones de negociación para destrezas tales como negociación de la dirección de capa de red y negociaciones de compresión de datos.

PPPoE (protocolo punto a punto sobre Ethernet) es un protocolo de red para la encapsulación PPP sobre una capa de Ethernet. Es utilizada mayormente para proveer conexión de banda ancha mediante servicios de cable modem y xDSL. Este ofrece las ventajas del protocolo PPP como son la autenticación, encriptación y compresión de datos.

El protocolo PPP (Point-to-Point Protocol) proporciona un mecanismo para transmitir datagramas de diversos protocolos sobre un enlace punto a punto mientras que protocolo PPPoE (PPP over Ethernet) permite establecer sesiones PPP y encapsular paquetes PPP sobre la Ethernet. De este modo, se consigue dotar a una conexión multipunto como es la de Ethernet de las características de autenticación, control de enlace, etc. características de las conexiones punto a punto. El PPPoE se usa fundamentalmente en tecnologías de acceso remoto de banda ancha que proporcionan

una topología de 'bridge' Ethernet, cuando el proveedor de acceso desea mantener la abstracción de sesión asociada al PPP. El protocolo PPPoE se compone de dos fases diferentes: fase de descubrimiento y fase de sesión PPP.

Fase de descubrimiento: Cuando un equipo desea establecer una sesión PPPoE, debe primero efectuar una fase de descubrimiento para identificar la dirección MAC del otro extremo y establecer un identificador de sesión PPPoE. En la fase de descubrimiento, un equipo cliente descubre a un servidor PPPoE, denominado Concentrador de Acceso. Según la topología de la red, puede haber más de un Concentrador de Acceso. La fase de descubrimiento permite al equipo del cliente identificar a todos los Concentradores de Acceso y seleccionar uno de ellos.

La fase de descubrimiento se divide en cuatro partes:

1. El cliente envía un paquete de inicio (PADI: PPPoE Active Discovery Initiation) a toda la red (paquete de broadcast), indicando los servicios que espera recibir
2. El Concentrador de Acceso, si puede satisfacer los servicios requeridos, envía al cliente un paquete de oferta (PADO: PPPoE Active Discovery Offer), indicando los servicios que ofrece
3. El cliente elige, de entre todos los Concentradores de Acceso que han enviado ofertas, aquél que mejor se ajusta a sus necesidades y envía a dicho concentrador un paquete de solicitud de establecimiento de sesión (PADR: PPPoE Active Discovery Request)
4. El Concentrador de Acceso recibe la solicitud de establecimiento de sesión y envía un paquete de confirmación de sesión (PADS: PPPoE Active Discovery Session-confirmation), indicando el identificador de la sesión establecida. A partir de este momento comienza la fase de sesión.

Fase de sesión: Una vez que la fase de descubrimiento se ha completado correctamente, tanto el cliente como el Concentrador de Acceso tienen la información necesaria para construir su conexión punto a punto sobre Ethernet. En la fase de sesión las tramas intercambiadas entre los dos extremos corresponden a las de una sesión PPP, con la particularidad de que dichas tramas van encapsuladas sobre tramas Ethernet.

Después del BRAS el siguiente equipo en la red GPON es la OLT la cual, como ya se explicó, es un equipo ubicado en las instalaciones del operador y que se encarga de procesar las señales ópticas provenientes de los módems instalados en los hogares u oficinas de los usuarios.

De la OLT se derivan las conexiones de fibra óptica hacia los usuarios (red FTTH) o hacia los edificios e inmediaciones de los vecindarios (FTTB o FTTC), en este último caso la FO proveniente de la OLT llega hasta un gabinete exterior instalado en las inmediaciones de una colonia (en un radio no mayor a 1 km) o en un punto estratégico de algún edificio, para distribuir el servicio de acceso, aunque en este escenario ya no llega hasta el usuario final la FO, sino que se conecta a un transductor/multiplexor que transforma la señal óptica a eléctrica y la distribuye a los usuarios a través de líneas de cobre (muchas veces la red de cobre ya existe, lo que reduce los costos de instalación) como servicio VDSL2, con velocidades de conexión de hasta 100 Mbps. A estos gabinetes se les conoce como MDU (Multiple Dwelling Unit o “unidad de conexión para múltiples viviendas”)

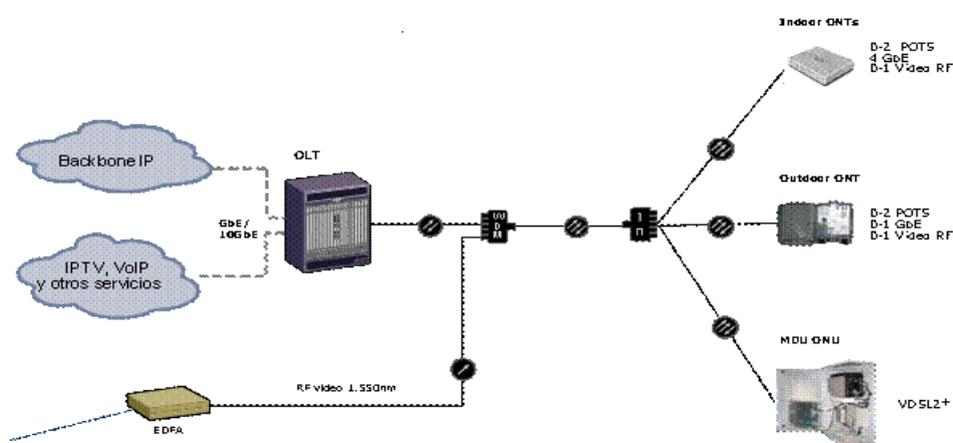


Figura 6.2 Arquitectura de una red GPON, ubicación de la MDU en la misma.

Como bien se señaló, la MDU debe estar hasta un kilómetro del modem del cliente, esto es porque con el incremento de la distancia la velocidad de navegación disminuye drásticamente, con lo que no se asegura ofrecer al usuario los 100 Mbps de velocidad de navegación, además de que la red es demasiado susceptible a las interferencias

ambientales. Sin embargo, mientras que no se supere este límite de distancia, el servicio de navegación es de calidad.

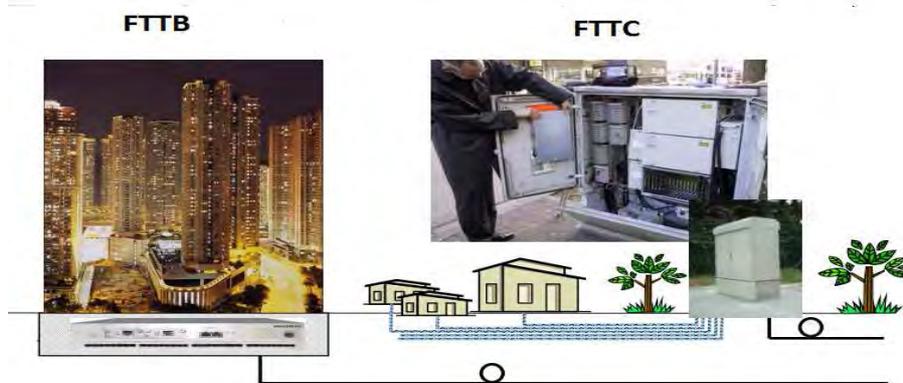


Figura 6.3. Escenarios de instalación de la MDU

6.1.3 Interacción de la Red GPON en los Servicios de Datos.

En la mayoría de las Implementaciones, la parte de la red basada en GPON esta limitada a la red de acceso (aunque como se explicara en detalle mas adelante también puede ser usada en Backhauling). La Red de acceso basada en GPON entonces tiene como interfaces dentro de la red de servicios a otras tecnologías como SDH o ATM y principalmente Ethernet.

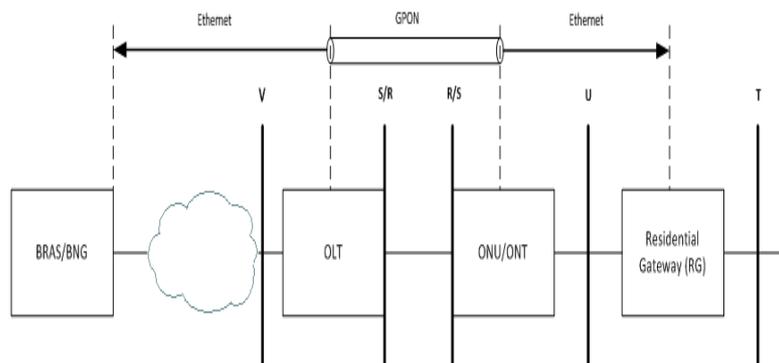


Figura 6.4.- Tecnologías que interconectan a GPON en una arquitectura end to end.

Para lograr transportar los datos de la tecnología Ethernet desde las ONU/ONT hasta las OLT a través de la ODN, GPON realiza una asignación y clasificación del tráfico a través de varias entidades Lógicas. Las Principales son GEM Port y T-CONT

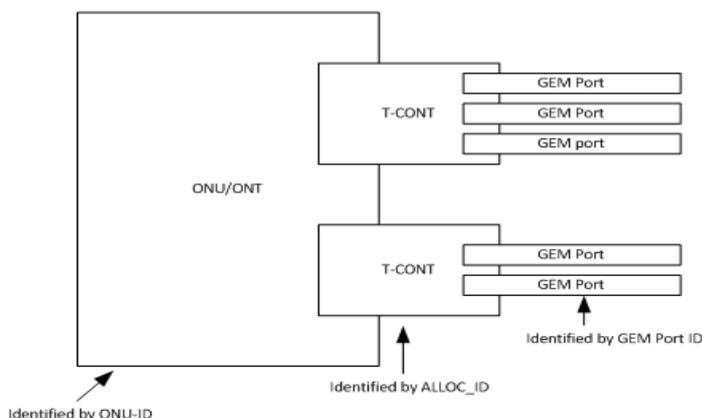


Figura 6.5 Instancias Lógicas de GPON.

El Medio entre la OLT y la ONT se canaliza en instancias llamadas GEM Channel, cada GEM Channel es identificado a los extremos por un ID, llamado GEM Port. Cada GEM Port es único por Interfase GPON y representa un tráfico o un flujo específico entre la OLT y la ONT, cada interfase GPON puede tener varios GEM Ports asociados. El tráfico que proviene de los usuarios Finales hacia las ONT se relaciona con los GEM Ports a través de una VLAN.

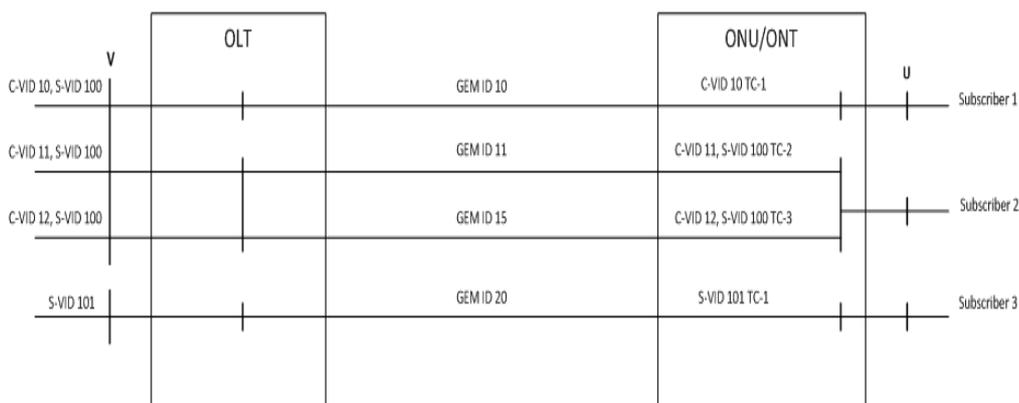


Figura 6.6 Interacción de VLAN y GEM Channel/Port en una red GPON con interfaces Ethernet.

Posteriormente Los GEM en la OLT se Agrupan de acuerdo a la Clase de Servicio que representan en función del servicio que transportan, Los contenedores de Clases de servicio se denominan lógicamente T-Cont. Cada Cont. concentra los GEM Port que corresponden a un traffic Class y que serán redireccionados y temporizados para su transmisión de acuerdo a este criterio. Así a la salida de la OLT en el Up link de este equipo estas asignaciones vuelven a ser traducidas en VLAN basadas en Ethernet.

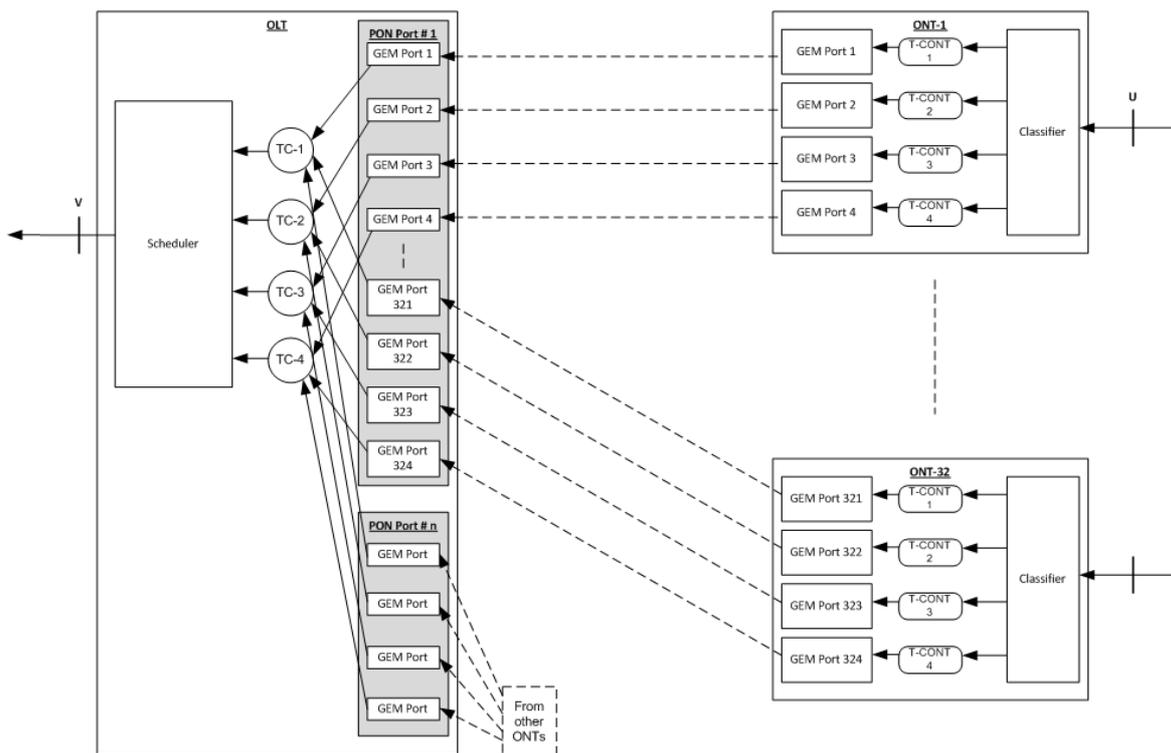


Figura 6.7 Esquema Completo de Organización Lógica en la red GPON.

6.2 Servicios de VoIP a través de la red VDSL2 + GPON.

6.2.1 Definición de VoIP

La Voz sobre IP (VoIP, Voice over IP) es una tecnología que permite la transmisión de la voz a través de redes IP en forma de paquetes de datos. La Telefonía IP es una aplicación inmediata de esta tecnología, de forma que permite la realización de llamadas telefónicas ordinarias sobre redes IP u otras redes de paquetes utilizando computadoras, gateways y teléfonos estándares. En general, servicios de

comunicación - voz, fax, aplicaciones de mensajes de voz - que son transportados vía redes IP, en lugar de ser transportados vía la red telefónica convencional.

La VoIP (Voz sobre IP) esta sigla designa la tecnología empleada para enviar información de voz en forma digital en paquetes discretos a través de los protocolos de Internet (IP significa Protocolo de Internet), en vez de hacerlo a través de la red de telefonía habitual

La Voz sobre IP es una tecnología de telefonía que puede ser habilitada a través de una red de datos de conmutación de paquetes, vía el protocolo IP (Protocolo de Internet). La ventaja real de esta tecnología es la transmisión de voz de forma gratuita, ya que viaja como datos.

6.2.2- Elementos de una red VoIP.

Una red de telefonía IP, se conforma principalmente de Media Gateways, los cuales principalmente son dos: MGC y AG como se muestran en la figura 6.8

El Media Gateway necesita de los siguientes protocolos para el servicio de VoIP:

1.- Tecnología para hacer la conversión de las señales TDM a paquetes de voz.

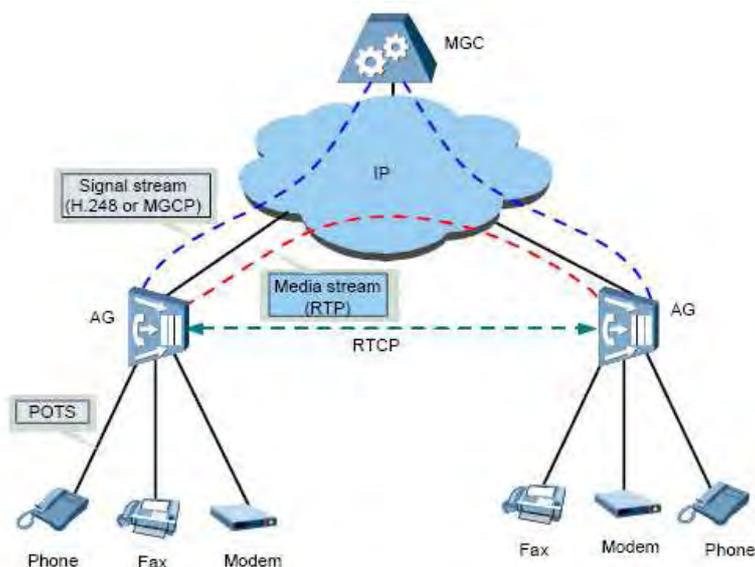


Figura 6.8 El MGC y el AG dentro de una red de Voz sobre IP.

2.- Un protocolo de señalización: SIP, H.248 o MGCP para el intercambio de señalización entre el MGC y el AG.

3.- RTP y RTCP: El MG utiliza el RTP para transportar paquetes de voz, gracias al RTCP (Real-Time Transport Control Protocol)

El Media Gateway Controller (MGC), también llamado como Call Agent, son aquellos elementos en la red VoIP que se encargan del control de llamadas y funcionalidades de señalización, estos equipos se encargan de controlar los Access Gateways, por medio de diferentes tipos de protocolos de señalización, como lo son MGCP, H.248 o SIP.

El Access Gateway tiene una función muy importante en la red de voz sobre IP, se comunica con el MGC a través de la red IP por medio de alguno de los protocolos de señalización ya mencionados, y al realizar una llamada, se comunican directamente con el Access Gateway sin pasar por el MGC, lo cual hace mucho más eficiente la red.

En el servicio de VoIP, las señales TDM se convierten en paquetes IP. De esta forma las señales de banda angosta se transmiten por la red IP.

6.2.3 El protocolo de señalización: SIP

El Protocolo SIP, por sus siglas en ingles: Session Initiation Protocol es un protocolo de señalización de comunicaciones para sesiones multimedia de voz o video llamadas sobre el protocolo IP.

Este protocolo define los mensajes que serán mandados entre usuarios que realizan una llamada. SIP se puede usar para señalar la telefonía sobre IP.

SIP trabaja en conjunto con otros protocolos de nivel de aplicación que transportan el flujo de datos multimedia, principalmente el Real-time Transport Protocol (RTP).

El protocolo SIP se conforma de tres Agentes de Usuario SIP:

- Usuario SIP: Un usuario SIP puede ser una aplicación de mensajería, un softphone, un teléfono IP, o en general cualquier dispositivo o software que sea compatible con SIP y que tenga la capacidad de “registrarse” con una cuenta SIP.
- Servidor SIP: Un servidor SIP es una aplicación o dispositivo que permite crear y gestionar cuentas SIP y permitir que los Usuarios SIP se “registren” almacenando la dirección IP donde deben acceder para realizar la comunicación con este usuario.

- Proxy SIP: Un Proxy SIP es una aplicación que permite que cualquier usuario SIP envíe un comando a otro usuario SIP.

Una vez establecida la comunicación, el envío de los paquetes streaming de audio y vídeo se realiza únicamente y exclusivamente entre la aplicación registrada como 100@dominio y la aplicación registrada como 200@dominio, por lo que queda demostrado que SIP es un protocolo P2P tan mal visto por los medios de comunicación.

SIP comparte con HTTP sus principios de diseño, siguiendo una estructura petición respuesta con códigos de respuesta similares a los de HTTP. Por ejemplo un código de retorno 200 significa OK y el 404 es no encontrado. Y la localización la basa en DNS. Por lo tanto este protocolo está basado en el intercambio de peticiones y respuestas que consisten en una línea inicial. Recibe el nombre de request line e incluyen el nombre de método al que invocan, el identificador del destinatario, el protocolo SIP que se está utilizando. Los principales códigos de respuesta son los siguientes:

1. Invite: Utilizado para invitar a un usuario para participar en una sesión o para modificar parámetros.
2. Ack: Confirma el establecimiento de una sesión.
3. Option: Solicita información sobre las capacidades de un servidor.
4. Bye: Indica la terminación de una sesión.
5. Cancel: Cancela una petición pendiente.

6.2.4 El protocolo de transmisión de media RTP y RTCP.

Para transportar la voz o el vídeo sobre IP, se utilizan el protocolo IP (Internet Protocol) a nivel 3 y el protocolo UDP (User Datagram Protocol) a nivel 4. Pero estos dos protocolos UDP e IP no son suficientes para asegurar el transporte de la voz. Para el transporte de datos en tiempo real, como la voz o el vídeo, es necesario utilizar dos protocolos suplementarios: RTP (Real-Time Transport Protocol) y RTCP (RTP Control Protocol).

RTP y RTCP son dos protocolos que se sitúan a nivel de aplicación y se utilizan con el protocolo de transporte UDP. RTP y RTCP tanto pueden utilizar el modo Unicast (punto a punto) como el modo Multicast (multipoint). RTP y RTCP utilizan puertos diferentes. RTP utiliza un número de puerto par, y RTCP el número de puerto impar que sigue a continuación. Cuando una sesión RTP es abierta, al mismo tiempo se abre una sesión RTCP implícita.

Los números de puerto utilizados por RTP y RTCP están comprendidos entre 1025 y 65535. Los puertos RTP y RTCP por defecto son respectivamente 5004 y 5005.

La función de RTP es proporcionar un medio uniforme de transmisión de datos sometidos a limitaciones de tiempo real (audio, vídeo, etc.). El protocolo RTP permite:

- Identificar el tipo de información transportada.
- Añadir marcadores temporales que permitan indicar el instante de emisión del paquete. De esta forma, la aplicación destino podrá sincronizar los flujos y medir los retardos y la fluctuación.
- Incluir números de secuencia a la información transportada para detectar la pérdida de paquetes y poder entregar los paquetes a la aplicación destino.

El protocolo RTCP está basado en transmisiones periódicas de paquetes de control para todos los participantes en la sesión. Es un protocolo de control de los flujos RTP, que permite transportar informaciones básicas de los participantes de una sesión y de la calidad de servicio.

Existen cinco tipos distintos de paquetes RTCP para cada tipo de información:

- SR (Sender Report) contiene las estadísticas de transmisión y de recepción para los participantes que son emisores activos.
- RR (Receiver Report) contiene estadísticas de recepción para los participantes que no son emisores activos pero sí receptores de una sesión.
- SDES (Source Description) describe la fuente: nombre, email, teléfono, etc.
- BYE permite a una estación indicar el fin de su participación en una sesión.

- APP es un paquete de señalización específico a una aplicación

6.2.5 CODECS a utilizar para la telefonía IP.

- G.711: El estándar de compresión de voz G.711 fue la primera recomendación de la ITU en lo que respecta a codificación de voz y fue propuesto para garantizar la interoperabilidad internacional entre diferentes carriers, en la figura 6.9 se muestran algunos parámetros que caracterizan a este códec.

PARÁMETRO	VALOR
ANCHO DE BANDA CODIFICADO	~ 200-3400 Hz
ESTANDARIZADO	ITU-T 1972
TIPO DE CODIFICACIÓN	PCM (Pulse Code-Modulation)
BIT RATE (Kbps)	64 Kbps
DELAY (ms)	
- TAMAÑO DE LA TRAMA	0.125 ms
- CABECERA	0 ms
MIPS	<< 1
RAM (words)	1

Figura 6.9 Parámetros del G.711

Este tipo de códec puede ser empleado para aplicaciones como:

- Telefonía Digital
- PSTN, VoIP, inalámbrica (G.711 es el estándar mínimo obligatorio para los equipos terminales RDSI)
- Videoconferencia (G.711 es necesario para videoconferencias H.320/H.323)
- Aplicaciones para dispositivos multimedia
- Correo de voz
- G.722: Códec desarrollado para emplearse en videoconferencias ISDN (Integrated Service Digital Network). Además, el G.722 fue el primer códec de voz para banda ancha en ser normalizado por ITU. Mediante el muestreo de la señal de voz a 16 KHz, G.722 puede proporcionar más del doble de información de voz codificada. Lo cual brinda una mejor calidad en lo que respecta a la voz, mucho mejor que la que

se brinda en banda estrecha. En la siguiente figura se muestran los parámetros de G.722.

PARÁMETRO	VALOR
ANCHO DE BANDA CODIFICADO	~ 50-7000 Hz
ESTANDARIZADO	ITU-T 1988
TIPO DE CODIFICACIÓN	Sub-band ADPCM (Adaptive Differential Pulse-Code Modulation)
BIT RATE (Kbps)	12.2 Kbps
DELAY (ms)	
- TAMAÑO DE LA TRAMA	20 ms
- CABECERA	0 ms
MIPS	15-20
RAM (words)	4k

Figura 6.11 Parámetros del G.722

- G.729: El códec G.729 ofrece una calidad de voz similar en calidad a 32 kbps ADPCM (Adaptive Differential Pulse Code Modulation) pero a un cuarto de la velocidad de bits. Con una baja tasa de bits de 8 kbps, G.729 es el estándar ITU-T con la menor tasa de bits, que ofrece oportunidades para un aumento significativo en la utilización de ancho de banda tanto para la telefonía existente así como para las aplicaciones inalámbricas. G.729 opera en marcos de 10 ms, lo que permite que los retrasos en la transmisión sean moderados. Por lo que, en aplicaciones tales como videoconferencias o video llamadas, donde tanto la calidad, como el retardo y el ancho de banda que son muy importantes en lo que significa a la prestación de este servicio, se verán beneficiados sustancialmente gracias a este códec.

PARÁMETRO	VALOR
ANCHO DE BANDA CODIFICADO	~ 200-3400 Hz
ESTANDARIZADO	ITU-T 1995
TIPO DE CODIFICACIÓN	CS-ACELP (Conjugate-Structure Algebraic Code Excited Linear Prediction)
BIT RATE (Kbps)	8 Kbps
DELAY (ms)	
- TAMAÑO DE LA TRAMA	10 ms
- CABECERA	5 ms
MIPS	20 – 25
RAM (words)	< 4K

Figura 6.12 Parámetros del G.729

Este tipo de códec puede ser empleado para aplicaciones como:

- Telefonía Digital
- VoIP, Voz sobre ATM, voz sobre Frame Relay, por radio, por satélite, y por cable.
- Videoconferencias, teleconferencias
- Aplicaciones Multimedia
- Correo de voz
- Media Gateways
- Pruebas y equipos de medición
- PDA (Personal Digital Assistant)

6.3.- Servicios de IPTV a través de la red VDSL2 + GPON.

Conforme el desarrollo tecnológico de las redes de datos se ha ido dando y ancho de banda se ha incrementado esto ha permitido la evolución simultánea de los servicios que se pueden ofrecer. El Video es uno de los contenidos en las redes que requiere de mayor ancho de banda, es por ello que las soluciones GPON, están abriendo el panorama de los proveedores de servicio para la explotación de los servicios de video en tiempo real. El IPTV es uno de los componentes del denominado triple play, que se complementa con los servicios de VoIP e Internet. IPTV es el acrónimo de Televisión sobre Protocolo de Internet (Internet Protocol Television) y se da cuando se

aprovechan las redes de banda ancha para distribuir contenidos de televisión y video a suscriptores conectados a las redes, y cuya distribución de basa en el protocolo de Internet.

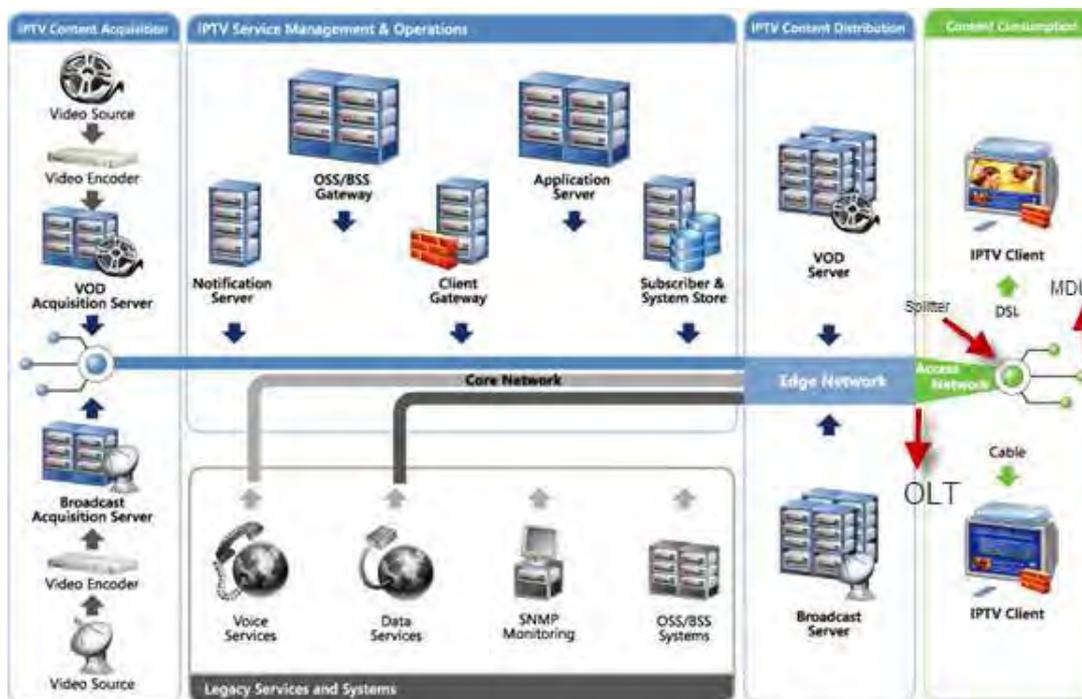


Figura 6.13 Topología de una Red de servicio IPTV.

La solución FTTN integrada por GPON + VDSL2 se ha convertido en una de las opciones más viables para que los proveedores de servicio puedan agregar a su oferta el IPTV. Si bien IPTV se ha concebido ya desde hace algunos años, su difusión había sido limitada y no es hasta los últimos años cuando los usuarios han incrementado la demanda de este servicio, y los proveedores se han comenzado a preocupar por el contenido de Televisión que pueden ofrecer. Este incremento en el consumo de video se ha visto reflejado directamente en el consumo global de datos como se muestra en la Figura 6.13; por ello ha hecho necesario un nuevo dimensionamiento de las redes para poder ofrecer anchos de banda que permitan la explotación Masiva de estos servicios.

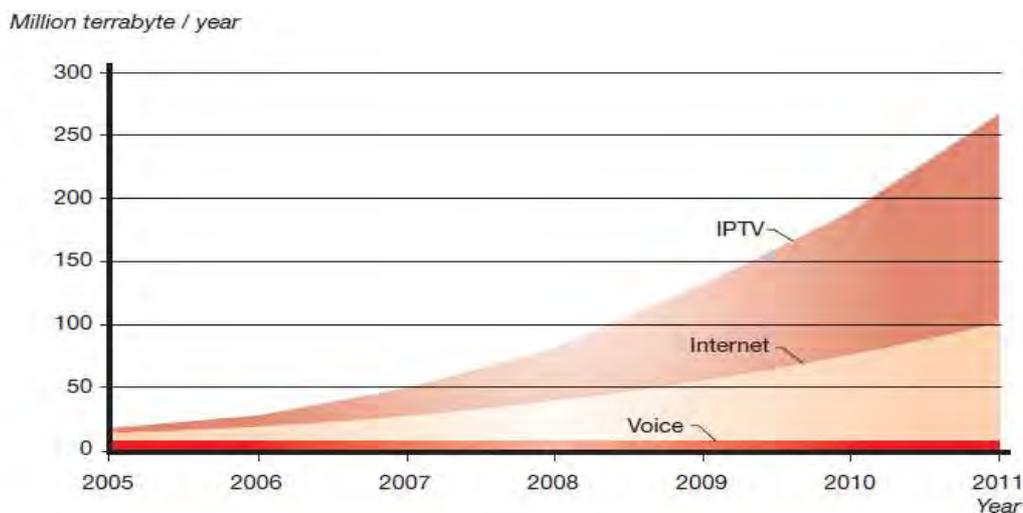


Figura 6.14 Evolución anual de la Cantidad de Datos consumidos por los servicios que integran el Triple Play

6.3.1 IPTV Tipos de Servicios

De los servicios de Televisión tradicionales y los servicios de IPTV podemos destacar ciertas diferencias fundamentales que son piezas claves en el desarrollo e implementación de las redes. La televisión tradicional; que se ofrece por Satélite, por cable o se distribuye a través de la radiodifusión por Aire, es transmitida de forma interrumpida y sin considerar un número particular de usuarios conectados, es decir el contenido se Radiodifunde independientemente del número de receptores sintonizados. En contraste el servicio de IPTV propone al usuario televisión interactiva donde los contenidos se pueden programar de acuerdo a los requerimientos de cada usuario final, y el contenido se adecua a los tiempos y gustos de cada usuario en particular. El desarrollo de los contenidos de IPTV esta en aun en evolución y las expectativas de desarrollo son muy extensas, estas se han clasificado en estados de desarrollo como se muestra en la figura 6.15

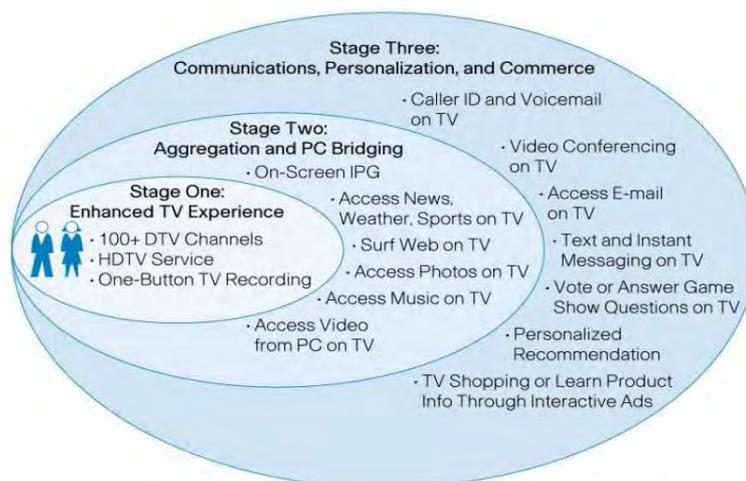


Figura 6.15 Estados de Desarrollo Esperados para los servicios de IPTV. Stage one (1er Estado) Desarrollo básico del Servicio. Stage Two (2do. Estado) Desarrollo Intermedio, Stage 3(3er Estado) Desarrollo Avanzado.

Su principal ventaja compara con la televisión tradicional es que la cantidad de contenidos no está limitada por el Espectro electromagnético que es de carácter finito, y donde cada contenido se transmite en una determinada Frecuencia, en la televisión sobre protocolo de Internet los contenidos provienen de diferentes fuentes IP, que aunque también son finitas, la cantidad de contenidos y la flexibilidad de su explotación superan sin comparación a sus antecesores tecnológicos.

Por otro lado IPTV ofrece además la característica de movilidad, basada en el acceso a través de múltiples dispositivos además de la TV, PC, y Teléfonos Móviles.

Es importante entonces distinguir de Internet TV, que es una pequeña vertiente del IPTV donde la mayor parte del contenido de video se realiza por los mismos usuarios utilizando la infraestructura de Internet, mientras que en la mayor parte de las redes IPTV los contenidos obedecen a otros estándares y se utilizan redes de particular para asegurar mejores niveles de calidad.

Para lograr lo anterior IPTV basa la entrega de servicios en dos principales tipos: 1) Broadcast IPTV, 2) Video Sobre Demanda (VoD.)

6.3.1.1 Broadcast IPTV

Este servicio es lo más similar a un sistema de televisión de paga por cable o satelital, donde los suscriptores tienen derecho a recibir el contenido de ciertos canales, el cual está previamente predefinido y programado y que estará disponible sin importar el número de usuarios que lo vayan a recibir. Para este tipo de Servicios se utiliza la transmisión de tipo multicast, que significa punto a multipunto, o en otras palabras el contenido es mandado a múltiples destinatarios o suscriptores.

Aterrizando el tipo de transmisión multicast a las redes de datos existentes, podemos decir que la administración de este tipo de tráfico ha sido en sí un gran reto, pero así mismo este representado un gran avance en la optimización del uso del ancho de banda y podemos destacar las diferentes variantes del protocolo de manejo de grupos de Internet (IGMP) como pieza clave en el desarrollo y administración de las redes de video.

6.3.1.2 Video sobre Demanda (VoD)

El contenido de video para este tipo de transmisión es interactivo y personalizado, utiliza funcionalidades como Video recording que permite grabar el contenido para visualizarlo después, Time shifting el cual permite agendar la transmisión particular de un contenido específico en un periodo de tiempo deseado por el usuario. Su principal similitud en los sistemas de Televisión tradicionales surge en la era digital con la aparición del servicio de Pago por evento. Este tipo de servicio es el que requiere mayor ancho de banda en ambos lados de la red, tanto del lado de suscriptor, como del lado de los servidores de contenido. Para reducir el número de transmisiones únicas hacia el usuario final se han desarrollado Servidores Locales de Contenido lo cual reduce la cantidad de tráfico en el núcleo de transporte de la Red.

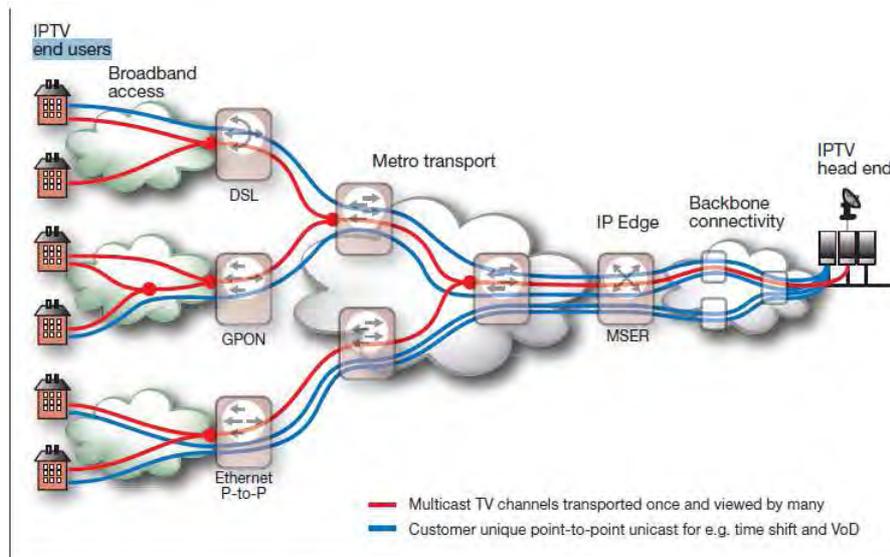


Figura 6.16 Tipos de Servicios de IPTV sobre una topología básica de RED para IPTV.

Sin embargo es notable que el consumo de ancho de banda en la sección de acceso de la red y en particular en la última milla al usuario final no puede reducirse tan significativamente y hace necesario el desarrollo de redes de acceso de Alta capacidad. En esta sección la aparición de dispositivos de codificación/recodificación STB (Set TOP BOX) reducen el ancho de banda consumido por cada stream de video.

6.3.1.3 Protocolos para IPTV

El Servicio de IPTV está basado en diferentes protocolos debido a las diferentes capas previas a la de aplicación que es donde se desarrolla este servicio. De esta forma el servicio de IPTV en sus interfaces a las capas de transporte, sesión y aplicación utiliza los protocolos especializados MPEG transport Stream(MPEG-TS), RTP y RSTP respectivamente.

MPEG-TS.- Este protocolo se encarga de multiplexar la salida de los CODECS de audio y video; llamadas cadenas elementales, en un solo stream de paquetes que es compatible con los protocolos de transporte. De esta forma, audio video e incluso diferentes canales pueden ser transportados dentro de un solo stream.

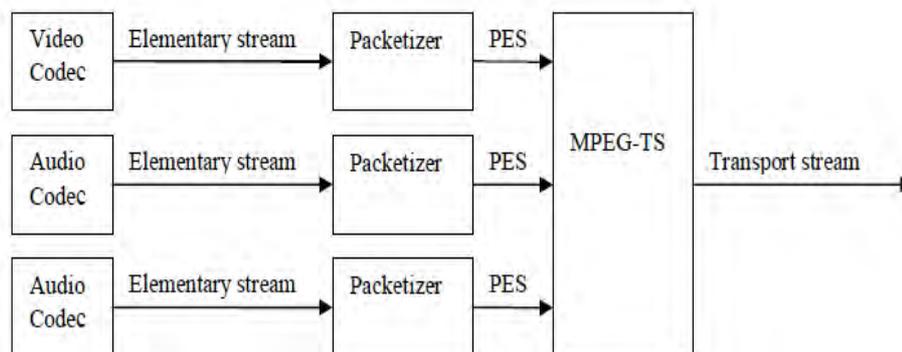


Figura 6.17 Función del protocolo MPEG-TS en IPTV.

Los Codecs más difundidos para la paquetización de Video en IPTV son MPEG-2, MPEG-4, H.263 y H.264 y las resoluciones dependen de la terminal que el usuario utilice.

Real-Time Transport Streaming Protocol (RTSP).- Es el protocolo que permite la interacción del usuario con los servidores de contenido para poder realizar comandos de reproducción en tiempo real tales como el play, pause. Este protocolo es muy similar y tiene sus bases en el HTTP.

6.3.1.4 Calidad de Servicio para IPTV

Los servicios de televisión basados en redes IP, ya sea IPTV o video sobre demanda (VoD) son aplicaciones de baja pérdida y además del ancho de banda requieren buen nivel de calidad de servicio. Algunos de los requisitos mínimos de calidad de la red que se deben cumplir son:

- 1) Un retraso de transferencia de los paquetes IP menor a 1s(IPTD<1s).
- 2) Una variación del retraso de los paquetes IP menor a 50 milisegundos(jitter or IPDV)
- 3) Pérdida de paquetes máxima de 1×10^{-3} (IPLR)
- 4) Tasa de paquetes erróneos máxima de 1×10^{-4}

Lo que se puede traducir en Calidad de Servicio de 4, QoS= 4, de acuerdo a la recomendación de la ITU-T Y.1541

6.3.2 Tecnología GPON+ VDSL2 para Redes de distribución IPTV

Considerando que la parte de la red que mas incremento en capacidad debe brindar para soportar el servicio de IPTV es la red de acceso y además considerando que el consumo promedio en un suscriptor de IPTV (Broadcast IPTV y VoD) es de entre 10Mbps y 20 Mbps dependiendo de la calidad de compresión de video y el numero de Streams o programas de contenido se puedan acceder de forma simultánea, entendemos la necesidad de los operadores de desarrollar redes de acceso de alta capacidad en el menor plazo posible. De esta forma los proveedores de servicio podrán competir con los proveedores de Televisión tradicional en mejores términos.

La Red GPON+VDSL logra proveer al usuario final con capacidades superiores a los 20Mbps y hasta 100Mbps en distancias muy cortas permitiendo la oferta de IPTV con varios canales de contenido de forma simultánea, además de contemplar ancho de banda adicional para Datos y VoIP consolidando así una buena opción para el IPTV. La parte de la red que corresponde a GPON o FTTN representa a su vez una ventaja significativa en la parte del enrutamiento de contenido de IPTV basado en multicast, puesto que el Downstream de GPON está basado en esta forma de transmisión disminuye el procesamiento de IP en esta sección de acceso de la Red.

Aunado a las ventajas intrínsecas de las tecnologías, gran parte de los proveedores de OLT han incluido en sus equipos OLT y ONT las funcionalidades de IGMP, con las cuales logran decrementar el manejo del tráfico de video en las capas superiores de la red. En este contexto una red GPON+ VDSL2 utilizada para proveer IPTV típicamente localiza la OLT en el centro de datos IPTV y estratégicamente distribuye un número de terminales ópticas ONT en los diversos nodos o vecindarios, para después VDSL2 se utiliza para transportar las señales de IPTV hasta los usuarios finales. La Principal función de la ONT es proveer a los suscriptores de IPTV con una interfaz PON, esta recibe el tráfico en formato óptico, lo examina, direcciona y convierte a través de señales eléctricas que después se distribuyen y codifican en términos de la tecnología VDSL2

Las nuevas funcionalidades de VDSL2 relacionadas con calidad de Servicio (QoS), latencia y retraso, además de las técnicas de codificación hacen este protocolo muy

adecuado a la transmisión de IPTV, mientras que la reutilización de la infraestructura de cobre y su compatibilidad con los estándares previos de DSL lo consolidan como el estándar de última milla ideal para complementar GPON en la oferta de IPTV.

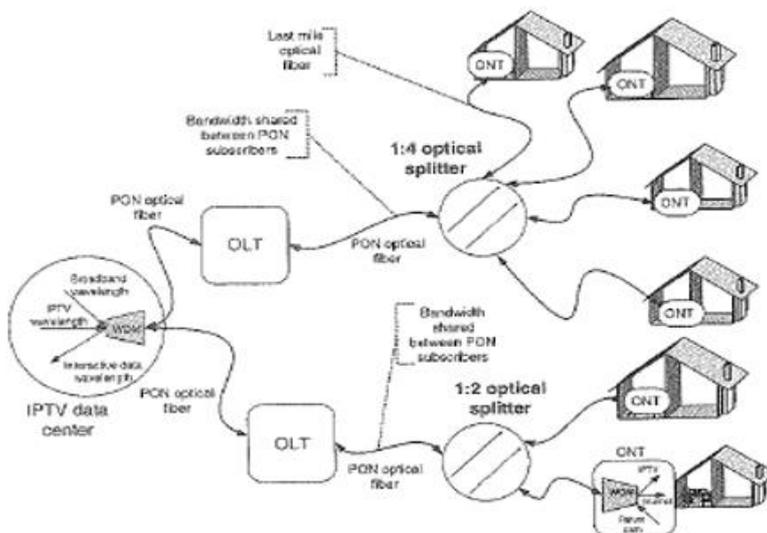


Figura 6.18 Diagrama de una Red GPON para IPTV.

En términos Generales Las terminales Ópticas de Red y MDU's colectan y encapsulan y multiplexan la información y el trafico de cada uno de los usuarios finales. Encapsulan el contenido de los protocolos de aplicación superiores en VLAN's especificas, las cuales son transportadas desde la Red de acceso hasta la parte de manejo, operación y contenido de IPTV en la red, respetando calidades de servicio. El proceso de negociación de los protocolos de capas superiores se realiza a través de los Set Up Box o Decoders en los dispositivos.

7.- ESCALABILIDAD DE LA RED DE ACCESO GPON+VDSL2.

7.1.- Utilización de la red de Acceso GPON para mobile backhaul.

Mobile Backhaul es la intersección de la red móvil con las redes de transporte por paquetes. Algunos de los elementos y funciones de la red de telefonía móvil se encuentran dentro del alcance, y el resto de la funcionalidad y características vienen de la red de transporte por paquetes. En última instancia, es la red de telefonía móvil que sirve a los usuarios finales, sin embargo, la implementación y el diseño del mobile backhaul impacta no sólo las interfaces de elementos móviles, sino que también contribuye a la operación y el rendimiento general de la red móvil. Figura 7.1.

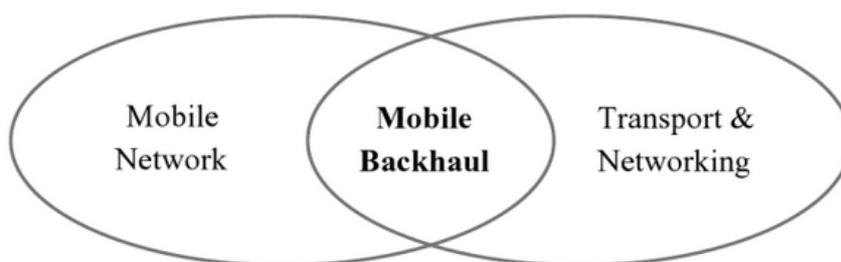


Figura 7.1 Mobile Backhaul

Las redes móviles por sí mismas ya están bien establecidas en prácticamente todo el mundo y siguen expandiéndose, cubriendo áreas cada vez más amplias aumentando así su cobertura. También desarrollan y ofrecen a un ritmo muy rápido cada vez más servicios, incluyendo muchos servicios de banda ancha, los cuales establecen velocidades de bits más y más altas entre las terminales y la red. Esto significa que especialmente el tráfico de datos está creciendo muy rápido en muchas redes de telefonía móvil, por lo tanto, las conexiones entre elementos deben funcionar bien para el correcto funcionamiento de las redes móviles en su conjunto, es por ello que el soporte de las redes de transporte por paquetes también se incrementa. Estas redes de transporte y paquetes que sirven a las redes móviles se denominan "redes de backhaul

móvil" o a menudo, sólo 'backhaul mobile' (MBH), ya que conectan un gran número de estaciones base a un número limitado de sites centralizados.

Hasta ahora la red de radio ofrece un servicio accesible para los usuarios, por medio de llamadas de voz, conexión a Internet y transmisión de video a través de teléfonos inteligentes, por otro lado la evolución del servicio está impulsando el ancho de banda de 100 kbps a más de 100 Mbps para redes de evolución a largo plazo (LTE, long term evolution). Es decir que tanto el número de suscriptores de banda ancha móvil y el ancho de banda consumido por suscriptor están creciendo exponencialmente. Sin embargo para que una red móvil sea funcional se necesita un servicio de transporte eficiente.

Un servicio de transporte para la red de radio se basa en la figura 7.2 de la siguiente forma:

- Un transporte integrado, implementado dentro de un nodo de la red móvil, y
- Un servicio de red de retorno (backhaul), proporcionando un servicio entre los elementos de la red móvil de pares a través de las interfaces físicas externas de los elementos de la red móvil y a través de la red backhaul intermedia.

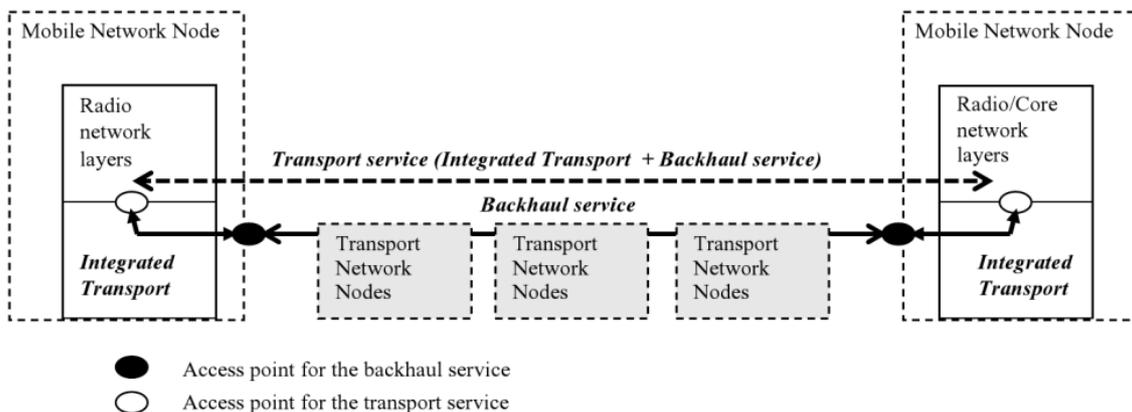


Figura 7.2 Servicio de Transporte

Ambos, el transporte integrado, como el servicioo backhaul son requeridos para servir a la aplicación de servicio móvil. La aplicación de backhaul móvil de PON está motivada

por el ahorro de costes en backhaul y cobertura extendida de las redes móviles. Es eficiente compartir la infraestructura PON con redes backhaul móviles cuando se encuentran estaciones base en un área de servicio de sistema PON. Esto elimina la necesidad de implementar una red backhaul dedicada.

Una estrategia para una red de acceso de telefonía fija basada en paquetes es aprovechar los despliegues de banda ancha residencial GPON para backhaul móvil. Una vez puesta en marcha, las costosas líneas alquiladas pueden ser inutilizadas y en última instancia, retiradas. Los proveedores de servicios impulsan a la fibra cada vez más cerca de la casa para apoyar a los servicios empresariales y residenciales avanzados, con redes de mayor capacidad, siendo aquellas en las que la fibra se despliega todo el camino hasta las instalaciones del abonado. Éstas redes de acceso óptico, fibra hasta el hogar (FTTH), fibra hasta el edificio (FTTB) y fibra hasta el negocio, utilizan predominantemente la tecnología de red óptica pasiva (PON), siendo los dos más comunes Ethernet PON (EPON, estandarizada por la IEEE) y Gigabit PON (GPON, estandarizado por la ITU-T).

Para determinar si es posible aprovechar una red residencial GPON para backhaul móvil de manera que aumente su rentabilidad y reduzca los costes operativos, depende de si GPON puede cumplir los requisitos para 3G/LTE backhaul. Si se puede cumplir con estos requisitos, entonces GPON puede brindar una posición única y proporcionar una solución rápida y rentable a los cuellos de botella del ancho de banda del backhaul móvil. Figura 7.3

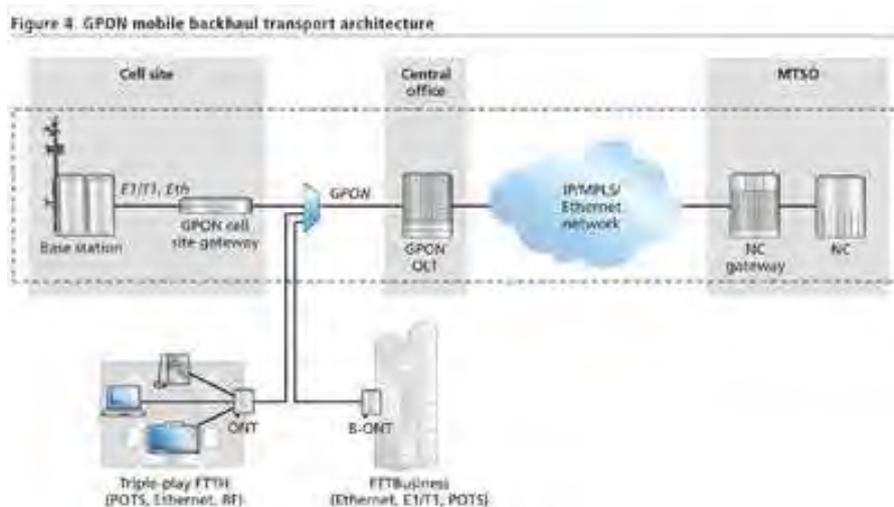


Figura 7.3 Arquitectura de Transporte GPON mobile backhaul

Para contemplarse como una solución rentable para los cuellos de botella de ancho de banda con experiencia en redes MBH existentes, es imprescindible que GPON cumpla con los siguientes requisitos clave:

- Ancho de Banda. Capacidad de soportar servicios de banda ancha móviles como redes inalámbricas que evolucionan a la plena LTE.
- Calidad de Servicio. Capacidad de soportar servicios que son sensibles a las demoras.
- Transporte de Paquetes convergente. Capacidad para transportar y administrar servicios basados en paquetes y basados en TDM en una sola Ethernet (o paquete) de la red.
- Demarcación. Capacidad para monitorear los puntos finales de la red de backhaul en apoyo para reforzar el acuerdo de nivel de servicio (SLA) y el aislamiento de fallos.
- Sincronización de la Estación Base. Capacidad de proporcionar la sincronización requerida por las redes de acceso de radio.
- Endurecimiento. Soporte opcional para la redundancia y robustez del ambiente.

Satisfacer las necesidades de Triple Play residencial implica un largo camino hacia la

satisfacción de los requerimientos de ancho de banda, calidad de servicio, y la convergencia. Sin embargo, brindando soporte a los servicios empresariales se vuelve sinérgico con los requerimientos de mobile backhaul para la convergencia, la demarcación, la sincronización, la redundancia y el endurecimiento. El hecho de que GPON ya haya sido desplegado para Triple Play y que clientes de pequeñas empresas hagan que sea un buen candidato para backhaul móvil; nos permiten suponer que optimizaciones adicionales podrían hacerlo incluso una mejor elección.

Se espera que el backhaul móvil se convierta en una de las principales aplicaciones de GPON, especialmente como redes móviles que evolucionen a través de tecnologías como el acceso a paquetes de alta velocidad y LTE a servicios móviles basados en IP multimegabit.

Por ahora, 10GPON es lo más moderno en alta velocidad para PON estandarizado y desplegable. Sin embargo, ya existe un interés en la próxima ola de sistemas PON con tasas más allá de 10 Gbps. Esto es impulsado por las aplicaciones multimedia cuyo alto consumo de ancho de banda tiende a seguir incrementándose en el futuro próximo.

7.2.- Utilización de la red de Acceso GPON para servicios empresariales.

Los nuevos implementadores de FTTH y FTTB (Propietario de la infraestructura, operador o proveedor de servicios), deben identificar los segmentos de mercado en los que enfocará el negocio, los cuales se pueden dividir en: residencial o empresarial.

Los servicios residenciales típicos incluyen telefonía básica (VOIP), acceso a Internet y servicios de televisión IP de alta definición. FTTH y FTTB proporcionan una plataforma para la entrega de nuevos servicios como las compras en línea, banca por internet, tareas escolares, el acceso a servicios públicos en línea, nuevos servicios de televisión, juegos en línea, etc. Otro foco de negocio se enmarca en la búsqueda de socios estratégicos para ofrecer servicios, como puede ser un sistema integrado para implementar **smart grid** (red eléctrica inteligente) o tecnologías de automatización del hogar.

Los servicios empresariales no son diferentes a los servicios residenciales, pero los usuarios empresariales están interesados en paquetes de servicios personalizados con

características adicionales, tales como disponibilidad, mayor seguridad y servicio al cliente. FTTH, permite ofrecer a las empresas la prestación de servicios como videoconferencia y telepresencia.

Además, en la planeación de un proyecto de FTTH se debe realizar una investigación de mercado para evaluar las necesidades vs. el máximo valor a pagar por parte de los suscriptores, teniendo en cuenta factores como la geografía, la demografía, la competencia y la regulación. Para lograr un mayor retorno de la inversión se debe realizar un despliegue de FTTH en zonas seleccionadas y para este fin existen algunos criterios que pueden utilizarse para el análisis y la clasificación de las posibles áreas de despliegue, estos pueden ser divididos en dos grupos: los relacionados con los suscriptores y con los costos de implementación por hogar o conjuntos de oficina.

- Penetración de mercado: áreas con mayor penetración de Internet de banda ancha (DSL, cable u otras tecnologías) permiten una mayor venta de servicios FTTH.
- ARPU: áreas con mayor ARPU en servicios de telecomunicaciones y TV, permiten tener unos ingresos más altos por cada suscriptor.
- Densidad de edificaciones: áreas que comprenden zonas de oficinas y negocios tienen un costo más bajo de despliegue hasta el cliente.
- Zonas Urbanas: las áreas urbanas contienen una mayor cantidad de suscriptores potenciales que las zonas generalmente incurren en un menor despliegue coste por construcción de zonas rurales.

Las redes de datos corporativas se han convertido en una infraestructura básica dentro del entorno empresarial, cobrando más importancia cuanto más grande es la empresa al aumentar el número de empleados que requieren conectividad, tanto entre ellos como con el exterior. Estas redes, además de dar servicio a los puestos de trabajo, también tienen otras funciones: como la de conectar los sistemas de video-vigilancia con el servidor de seguridad, los teléfonos IP a la centralita telefónica o proveer a las salas de audio y video-conferencias de un ancho de banda adecuado para su correcto funcionamiento.

La decisión sobre la tecnología utilizada a la hora de diseñar una de estas redes es algo que debe tratar con detenimiento: No solo tendrá un impacto directo en el costo de instalación, sino también en el costo de mantenimiento anual e incluso en la escalabilidad futura para dar cabida a nuevos usuarios y servicios.

Debido a esto, muchos grupos empresariales están optando por instalar en sus oficinas los servicios GPON, ya sea como FTTH o como FTTB (combinado con tecnología VDSL2) La mayoría de los consorcios en construcción están optando por desplegar toda una infraestructura óptica en sus edificios, pensando en que el área donde se asentarán la cuenta con la red óptica del proveedor del servicio de fibra hasta la casa pensando en la escalabilidad de la red local. Si en la zona de asentamiento los distribuidores del servicio de acceso aun no cuentan con fibra óptica hasta las construcciones, se opta por una red VDSL2, teniendo en cuenta que las líneas de cobre no pueden superar el kilómetro de longitud para asegurar el óptimo servicio.

7.2.2 Soluciones GPON empresariales, FTTH.

Teniendo en cuenta el caso en que la fibra óptica llega desde la central de servicios hasta los “módems” en las oficinas, se diseña toda una red óptica/eléctrica. Se basa en el despliegue de una red GPON en la que desde una OLT se distribuirán fibras ópticas que se irán dividiendo hasta llegar a cada una de las ONT's situadas en las mesas de trabajo, despachos o salas de la empresa. A partir de la ONT se pueden conectar alámbricamente tantos equipos como puertos Ethernet tenga, dependiendo la tecnología, ya sean estaciones de trabajo, cámaras de seguridad, teléfonos IP, proyectores, estaciones de videoconferencias, etc.

Otra de las ventajas que ofrecen las soluciones de fibra hasta el escritorio (FTTD) es, un mayor ahorro de costes tanto de instalación como de mantenimiento. La instalación es más sencilla al tener que llevar muchos menos cables (una fibra por PON en la OLT a diferencia de uno por usuario en switches Ethernet) y de menor tamaño hasta cada estación de trabajo, sin contar con que la fibra óptica es más económica que el cable Ethernet (costos elevados del cobre frente a la fibra de vidrio).

El hecho de utilizar sólo elementos pasivos para el despliegue hace también innecesario reservar armarios o salas para los equipos de red de cada planta, eliminando la necesidad de alimentación, ventilación, etc. que supone en el caso de una solución Ethernet. Al ahorro energético que esto supone se le debe añadir la reducción en el consumo por puerto, ya que cada puerto Ethernet consume una media de 3W de potencia mientras que una conexión óptica sólo consume entre 1W y 1,5W.

Los costos de mantenimiento son también menores, ya que se pasa de gestionar un switch principal a gestionar únicamente la OLT, y a través de ella las ONT's, usuarios y servicios de la red GPON corporativa. Estos gastos de mantenimiento disminuyen por la durabilidad de los equipos, ya que los switch Ethernet suelen tener un tiempo de vida útil de entre 5 y 7 años mientras que los equipos ópticos duran más de 10. También la actualización de la red es mucho más sencilla, ya que no es necesario cambiar el cable de fibra óptica para conseguir velocidades superiores en un futuro como ocurre en el caso de cable de cobre.

La principal característica de la red de fibra óptica en comparación con las redes de cobre es la de ofrecer superior ancho de banda utilizable por punto de conexión, capacidad acompañada de una completa gestión de calidad de servicio (QoS) asociada con los diferentes servicios transportados. En conjunto las redes PON acaban transportando más tráfico y eficaz.

7.2.2 Soluciones GPON empresariales, FTTB y FTTC.

La incertidumbre económica en el sector de las telecomunicaciones aumentó la necesidad de disminuir los costos operativos y las inversiones de manera que se prolongue el uso de la infraestructura de cobre tradicional con la incorporación de VDSL2, para aprovechar y reutilizar la red de cobre existente en la mayoría de los edificios corporativos, para ofrecer servicios de acceso a la red rápidos y que resultaran atractivos para consumo.

Luego de terminada la fase de modernización, una gran cantidad de usuarios seguirán conectados a las redes tradicionales de TDM, lo que implica un alto costo operativo. A fin de poder mantener una red única con base de IP para la totalidad de los servicios de

banda estrecha y banda ancha, los nodulos de acceso modernos deben poder soportar todas las interfaces tradicionales. Por ello los proveedores están instalando equipos en sus centrales que puedan operar con las tecnologías antiguas y ofrecer conexiones rápidas y de calidad. Ante esto, se ofrece una solución GPON FTTB o FTTC y así reutilizar la infraestructura de cobre del edificio con lo que se reducen costos de instalación y tiempo de implementación de la tecnología.

Actualmente existe una significativa evolución en el sector de las telecomunicaciones impulsada principalmente por los exigentes requerimientos de los clientes. Esta implica que los operadores deben innovar continuamente su oferta de servicios y redes con el fin de satisfacer las necesidades de sus usuarios. La convergencia de servicios, aplicaciones y dispositivos impulsa esta tendencia, donde el cliente espera cada vez más y mejores servicios a un costo competitivo. Las tecnologías de acceso VDSL2 son un factor fundamental que permite avanzar hacia la obtención de este objetivo. Llegando a la siguiente fase de banda ancha: los servicios “TriplePlay”, que no es otra cosa que proporcionar servicio de Internet, voz, video y televisión en un solo paquete.

7.3.- La evolución de GPON: 10 GPON.

7.3.1 Descripción de estándar 10GPON.

Después de darse la evolución del ADSL hacia el GPON, los proveedores de tecnologías de acceso se han dado a la tarea de mejorar sus productos para ofrecer a sus clientes una mejora en los equipamientos y alcanzar velocidades de transferencia de datos superiores a las ya ofrecidas. Además los usuarios de los servicios de acceso cada día requieren servicios mucho más rápidos de acceso a la red para disfrutar de los nuevos productos que se ofrecen, sobre todo encaminados al video y televisión IP.

10G-PON (XG-PON) es un nuevo estándar para transmisiones de banda ancha y tiene la capacidad de entregar velocidades de acceso a Internet, simétricas, de 10 Gbps y coexiste en cualquier red PON (no importando la arquitectura de la red FTTx) Además favorece el desarrollo de servicios de nueva generación como la televisión de alta

definición en IP, video conferencias, con lo que se incentiva la implementación de servicios Triple Play.

Este nuevo estándar está fundamentado en las siguientes recomendaciones de la UIT:

- Recomendación G.987: Definición del estándar 10GPON.
- Recomendación G.987.1: Descripción de los requerimientos generales de la red para la implementación de la tecnología XG-GPON, incluyendo los operacionales y del sistema para dar soporte a aplicaciones de negocios y residenciales.
- Recomendación G.987.2: Especificaciones técnicas de la capa PMD (Physical Media Dependent o dependencia del medio físico)
- Recomendación G.987.3: Descripción de la capa TC (Transmission Convergence o convergencia de transmisión)

Una de las principales características de esta tecnología es que permite la convivencia con el estándar GPON en la misma red FTTx, por lo cual es indispensable que exista una adecuada distribución de frecuencias entre ambos servicios. La figura 7.4 describe estas distribuciones de bandas de frecuencias:

Banda de operación	Upstream: 1260-1280 nm. Downstream: 1575 – 1581 nm.
Tasas de transferencia de información máximo.	Asimétrico: 10 Gbps down, 2.5 Gbps up Simétrico: 10 Gbps down/up
Máxima distancia de la fibra óptica desde la central del operador hasta el cliente.	20 km

Figura 7.4. Principales características del estándar 10 GPON.

Además de que la red 10 GPON puede ser aplicada a cualquier escenario FTTx, es posible que coexista esta con la red GPON convencional. El uso de uno u otro servicio dependerá del ancho de banda que el cliente final haya adquirido. Es posible

interconectar una OLT GPON a una OLT 10GPON en cascada, con lo que se dará servicio a una mayor cantidad de clientes además de que se tendría un radio de cobertura de hasta 40 km, esto es, teniendo en cuenta que la máxima distancia a la que puede estar el cliente final conectado de la OLT 10GPON es de 20 km y si en este punto se instala una OLT GPON, la cual tiene un alcance de 20 km, es posible tener 40 km de cobertura, por lo cual es posible brindar el servicio de acceso a la red a usuarios en colonias alejadas de la central principal del concesionario, lo que a su vez le reduce costos de instalación y operación, lo que a su vez se traduce en una tarifa menor y más atractiva a los usuarios. La figura 7.5 nos muestra un escenario de implementación de ambas redes PON.

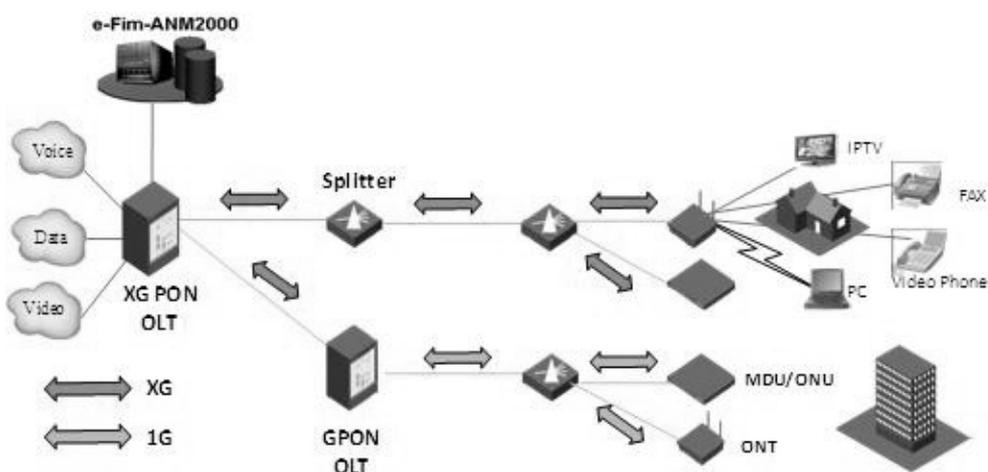


Figura 7.5. Red 10GPON + red convencional GPON³²

7.3.2 Redes Ópticas Pasivas de nueva generación: WDM-PON

Actualmente se está iniciando el despliegue de una nueva red de acceso óptica mucho más eficiente que la actual GPON, WDM-PON, la cual emplea WDM (*Wavelength Division Multiplexing* o *multiplexación por división de longitud de onda*), es decir, a cada ONT llega una longitud de onda (λ).

³² XGPON Application Scenarios. Visto en <http://www.fiberhomegroup.com/product/8/369.aspx>, 18 de diciembre de 2013.

Las tecnologías requeridas para WDM-PON están disponibles hoy en día y existen ya pequeños despliegues comerciales por parte de algunos proveedores de tecnología en el mundo. Por ello, es necesario avanzar en la estandarización y conseguir una reducción de costes de los componentes ópticos para ser consideradas aptas para despliegues masivos. Hasta el día de hoy la Unión Internacional de Telecomunicaciones no ha emitido ninguna recomendación para este estándar, por lo que ha retrasado su comercialización a nivel mundial.

WDM-PON es realmente bastante más sencillo que el resto de tecnologías PON, debido a que aunque se conserve a nivel físico la misma arquitectura punto a multipunto, a nivel virtual cada ONT tiene una longitud de onda (λ) dedicada. Así, podemos ver de forma lógica cada λ como un canal punto a punto, que podrá transportar velocidades dedicadas y simétricas a cada usuario, que van desde los 100 Mbps hasta los 10 Gbps. Para la transmisión sobre una única fibra sin interferencias se utilizan bandas de λ 's distintas en sentido ascendente y descendente. El WDM-PON, la λ ascendente y descendente pueden ser únicas para el abonado o cliente empresarial FTTH sobre una ONT pero también pueden ser compartidas por varios abonados FTTB/C a través de una MDU (*Multi-Dwelling Unit*).

La utilización de WDM-PON en la red de acceso ofrece grandes beneficios respecto a las técnicas tradicionales de GPON:

- Puesto que no hay compartición en el tiempo de la λ , es mucho más sencillo ofrecer altos anchos de banda garantizados distintos, simétricos o asimétricos, dedicados y sin ningún tipo de contención, a cada abonado.
- Alta escalabilidad en ancho de banda debido a la transparencia de la tasa binaria y a la facilidad en añadir o quitar canales.
- Mayores distancias y factores de división, debido a las menores pérdidas ópticas.
- Gestión y operación y mantenimiento de la red más sencillo.
- Mayor seguridad, debido a la separación del tráfico entre abonados.

- Mayor facilidad para crear redes ópticas abiertas con “unbundling” de λ 's, lo cual permite la compartición de la misma red de acceso física por varios operadores tal y como ocurre en las actuales redes xDSL sobre cobre.
- Menor latencia, lo cual es junto a elevados anchos de banda muy importante para aplicaciones como el “mobile backhaul” de LTE y también mejorará la experiencia de usuario en juegos online, servicios “cloud computing” y comunicaciones unificadas, etc.

WDM-PON puede soportar distancias de hasta 85 km si necesidad de extensores, pudiendo los operadores consolidar el equipamiento activo necesario en la red de acceso y reducir sensiblemente el número de centrales.

El principal reto de WDM-PON es cómo hacer que una misma ONT pueda trabajar en distintas λ 's. La necesidad de que las ONT sean capaces de ser sintonizadas en cualquier λ es completamente imprescindible para mejorar la eficiencia en fabricación y logística, así como reducir los costes y complejidad de instalación y soporte posterior. Existen diversas tecnologías de WDM-PON para conseguir “colorless OTN”, dependiendo de cómo se fija la λ ascendente (la que transmite la ONT).

- Preselección remota. Una fuente de luz de banda ancha o BLS (Broadband Light Source) es generada remotamente en la OLT llegando una determinada λ a la ONT, donde alimenta a un dispositivo modulador. Es la tecnología más madura y económica y permite hasta 32 ONT's conectadas por puerto PON, distancias de hasta 40 km y velocidades de hasta 1 Gbps.
- Reutilización. Una parte de la energía de cada λ descendente es reutilizada para modular la λ ascendente, lo cual elimina los costes asociados al BLS y mejora la calidad de la portadora y la eficiencia espectral. Esta tecnología necesita aún de mayor investigación y permitirá conectar hasta 96 ONT por PON, distancias de hasta 50 km y velocidades de hasta 2,5 Gbps.
- Sintonización. Es la tecnología empleada en los sistemas DWDM de larga distancia y metropolitanos actuales, pero es muy cara por el momento para el acceso. En este caso, la λ ascendente es generada localmente en la ONT. Es la

tecnología con mayor rendimiento: permite conectar hasta 96 ONT por puerto PON en la OLT y se alcanzarán distancias de hasta 85 km y capacidades de hasta 10 Gbps, velocidad similar a una 10 GPON.

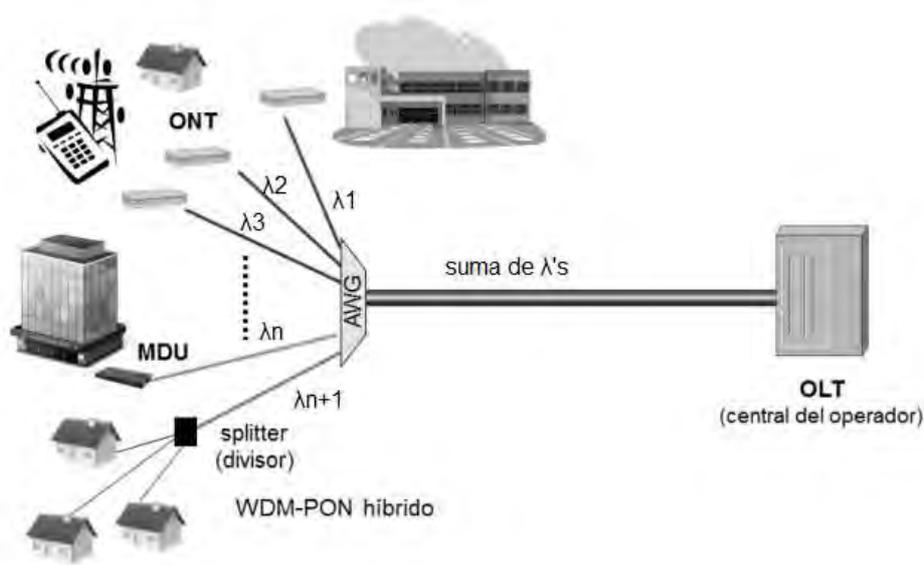


Figura 7.6. Arquitectura de una red WDM-PON.

7.4.- El futuro de VDSL2.

7.4.1 Limitaciones del DSL

En la actualidad, las redes de telecomunicaciones cuya infraestructura es de cobre, tienen la limitante de que las velocidades de comunicación de los datos, se ven afectadas con las distancias para brindar el servicio desde el cuarto de comunicaciones hasta el usuario final.

El crecimiento de la vida moderna depende mucho de lo rápido del acceso a Internet por aplicaciones como lo son el email, voz, búsqueda de información y las redes sociales, mientras el IPTV incrementa el uso del video por Internet. Al crecer la conectividad de las redes inalámbricas incrementaran la demanda del ancho de banda en las redes de acceso durante la década.

En redes típicas ADSL, se manejan velocidades de transmisión a su máximo de 8 Mbps, mientras que las redes avanzadas que utilizan VDSL provenientes de nodos

fibra óptica, pueden suministrar velocidades de hasta 52 Mbps. En las redes coaxiales de las cableras, se pueden ofrecer velocidades de hasta los 50 Mbps para brindar sus servicios. Por lo tanto, la búsqueda por nuevas técnicas DSL que permitan maximizar las velocidades de comunicación aprovechando la infraestructura de cobre existente, ha venido en crecimiento.

En la figura 7.7 se muestra un resumen de las velocidades y distancias alcanzadas según el tipo de tecnología xDSL.

Tecnología xDSL	Velocidad de subida máxima (Mbps)	Velocidad de bajada máxima (Mbps)	Distancia (m)
ADSL	1	8	2000
ADSL2	2	12	2500
ADSL2+	5	24	2500
VDSL	16	52	300
VDSL2	100	100	300

Figura 7.7 Velocidades y distancias según el tipo de tecnología xDSL.

7.4.2 Panorama Actual

Hoy en día el despliegue y desarrollo de las redes de telecomunicaciones basadas en cobre, se han convertido en una tecnología que se ha visto en disminución y considerada antigua, debido al auge de las tecnologías implementadas en fibra óptica, que brindan una mayor velocidad de comunicaciones de datos a una distancia mayor a comparación con la red de cobre.

Consecuentemente, empresas suplidoras de servicios de telecomunicaciones que poseen toda su infraestructura en cobre, han invertido muchos recursos con el fin de aumentar las velocidades sus conexiones, para así poder competir con las empresas que desarrollan sus redes en fibra óptica y cableras, y responder a la demanda de

servicios a usuarios que consumen un gran ancho de banda, durante los años próximos.

Es por eso que nace la tecnología DSL llamada Vectorización, que sirve para aumentar las velocidades de transmisión de datos sobre los cables de cobre, alcanzando así velocidades de 100 Mbps si la distancia es de un kilómetro.

Con el desarrollo de esta tecnología, los proveedores de servicios podrán aprovechar y maximizar la capacidad de su infraestructura de red cobre existente y responder a la demanda de servicios que requieran grandes anchos de banda como los suministrados en las redes de fibra óptica.

7.4.3 Tecnología VDSL2 Modo Fantasma

La tecnología del VDSL *Modo Fantasma* supone la creación de un canal “fantasma” o virtual creado a partir de la configuración de dos pares de cobre en el transporte de datos, utilizando las técnicas de vectorización y de enlace o agrupación. La técnica de la vectorización es una forma estándar que se utiliza para eliminar las interferencias y diafonía que se da entre las líneas de cobre VDSL. La técnica del enlace o agrupación, se utiliza para tratar varias líneas de cobre como si fuera un canal agregado, aumentando el ancho de banda por un múltiplo casi igual al número de cables en cuestión.

En general, la técnica del *Modo Fantasma* se basa principalmente, en la transmisión de una señal digital a través de dos cables trenzados con modo diferencial (uno positivo y otro negativo), contiguo a otro par trenzado que con otra señal. Como existe un modo diferencial entre ambos pares trenzados, se obtiene una tercera señal “fantasma” en donde su mitad negativa se envía por un par trenzado (que a su vez está llevando una señal convencional), y la mitad positiva es enviada por el otro par trenzado. El voltaje diferencial entre cada par se le llama “modo fantasma”. Con el fin de transmitir y recibir las señales, se utilizan procesadores analógicos para separar las tres (dos reales y una fantasma). En la figura 7.8 se muestra básicamente la técnica utilizada en donde se obtiene una tercera señal sobre dos pares de líneas de cobre separados.

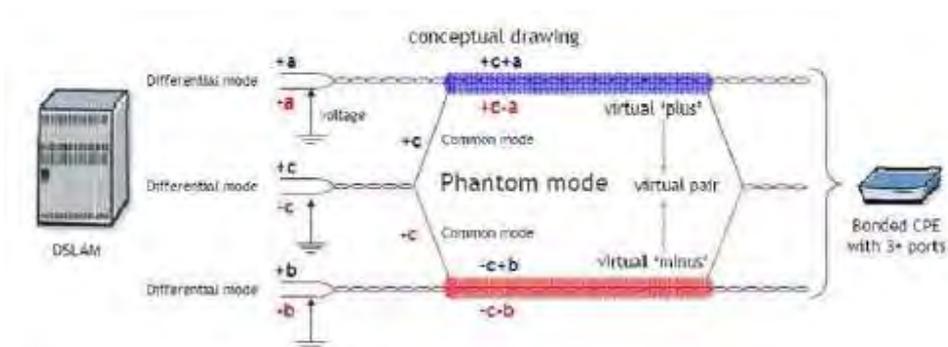


Figura 7.8 Ejemplos de configuraciones de pares convencionales con la técnica DSL *Phantom Mode*.

Es importante indicar que entre los requisitos de la tecnología están, que el usuario cuente con al menos dos líneas telefónicas ya conectadas y con un equipo *modem* con tres canales de entrada.

7.4.4 Tecnología VDSL2 Vectorización

VDSL2 es la tecnología líder de Acceso de DSL debido a las altas velocidades que alcanza. Debido a los altos anchos de banda soportados por VDSL2 se tienen limitantes en las distancias que se alcanzan. Con el uso de la auto cancelación de ruido de FEXT proporcionada por la técnica de vectorización, se alcanzan importantes mejoras en la relación de señal a ruido con lo cual se alcanzan anchos de banda más altos en una distancia.

El alcance del desarrollo de cualquier línea DSL depende de la distancia de la línea y del ruido en el cable. La atenuación de la línea incrementa directamente al incrementar la frecuencia e incrementar la distancia del cable; como resultado, el ancho de banda usable decrece al incrementar la distancia del cable. En adicción a la pérdida de la señal, la otra causa de la reducción del ancho de banda de la señal DSL es la interferencia entre las señales en el mismo cable, lo cual se le llama como NEXT (Namely Near-end crosstalk) y FEXT (Far-end crosstalk), ambos el NEXT y el FEXT son mostrados en el cable en el diagrama 7.9

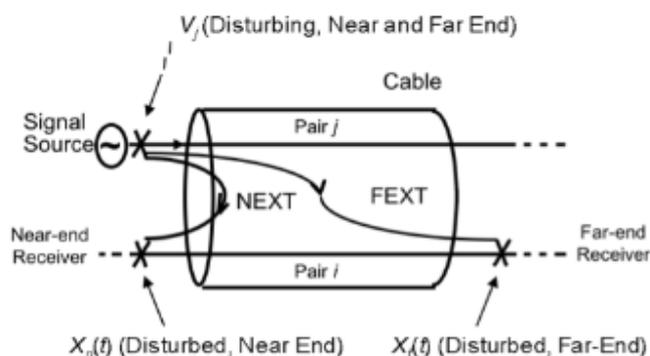


Figura 7.9 Interferencia en el cable de abonado.

La tecnología VDSL2 Vectorización funciona eliminando la diafonía entre pares adyacentes (crosstalk) de forma similar a los sistemas de cancelación de ruido de los auriculares. Conceptualmente, se trata de conseguir el efecto de que cada uno de los bucles estuviese solo, llegando a un rendimiento cuasi óptimo de la tecnología VDSL2 (ver imagen en la cabecera). Se miden las interferencias de todos los pares de cobre dentro de un cable o manguera, inyectando señales para cancelar este problema. Con ello, se mejora el ancho de banda efectivo de un usuario en más de un 100%.

Para ello se requiere de un potente sistema, ya que cuantos más pares haya dentro de un cable, más parámetros habrá a calcular, pues se genera más diafonía. Todas las líneas se analizan simultáneamente, en las 4.096 portadoras de VDSL2 que se encargan de 4.000 símbolos por segundo cada una de ellas. Por ejemplo, con sólo un cable de 200 pares, se requieren 2.621 millones de operaciones por segundo.

Con VDSL2 Vectoring, se habla de velocidades de 100 Mbps en bucles de hasta 400 metros de longitud, y 40 Mbps cuando la distancia a la central llega al kilómetro.

8.- PLANEACION Y DISEÑO DE UNA GPON + VDSL2 EN UN AREA CON USO DE SUELO MIXTO RESIDENCIAL DE LA CIUDAD DE MEXICO.

En la administración de las redes de Telecomunicaciones, la determinación de diversos parámetros tales como la velocidad de enlace que requieren los usuarios es una tarea ardua que lleva a determinar los servicios y/o prestaciones que puede utilizar y que una empresa puede proveer. Además de otros factores que influyen en la velocidad de transmisión de datos óptima, la cantidad de equipo y la distribución del mismo. Estos cálculos se realizan haciendo diversas consideraciones y siguiendo ciertas metodologías; a este proceso se le denomina Planeación y Diseño de una Red.

En este capítulo se realizará la planeación y el diseño de una red de acceso Fijo GPON+VDSL2 para una área modelo de uso de suelo Mixto típica de la Ciudad de México, basados en la estructura de este tipo de zona urbana y en sus características de servicios y de distribución demográfica y de funcionalidad.

Durante esta etapa se planea responder a las preguntas: 1) Donde colocar la OLT, 2) Donde colocar los Splitters, 3) Cuantos niveles de Splitters se utilizarán 4) La topología resultante deberá ser flexible 5) La arquitectura deberá ser escalable. Para determinar las respuestas a estas piezas claves es necesario conocer las demandas del Mercado de instalación.

8.1 Estudio y caracterización de tres áreas con distinto tipo de uso de suelo en la Ciudad de México.

El uso de suelo se refiere a la ocupación de una superficie determinada en función de su capacidad agrológica o industrial, por tanto de su potencial de desarrollo, se clasifica de acuerdo a su ubicación como urbano o rural, y representa un elemento fundamental para el desarrollo de la ciudad y sus habitantes ya que es a partir de éstos que se conforma su estructura urbana y por tanto se define su funcionalidad.

Actualmente esta clasificación de las zonas se ocupa por los urbanistas para la planeación del desarrollo de las ciudades y asentamientos, y sobresales por su importancia tres regiones:

- 1) Zonas con uso de suelo habitacional-residencial.- Se definen como las zonas del paisaje urbano cuya principal funcionalidad es el permitir el asentamiento de casas habitación y hogares o residencias.
- 2) Zonas con uso de suelo Comercial – industrial.- En estos espacios se desarrollan las principales actividades productivas de la región, desde las actividades industriales y empleos de producción o servicios, hasta las actividades comerciales de venta y compra de productos.
- 3) Zonas con uso de suelo complementarias.- Tienen una baja densidad de población permanente, su principal funcionalidad son el complemento a las actividades que se realizan en las dos zonas anteriores tales como esparcimiento, reservas naturales, zonas deportivas, transporte etc.

En algunos lugares el crecimiento ha sido normalizado desde el principio de la construcción de las ciudades creando áreas homogéneas que pueden ser clasificadas en su totalidad; en México el crecimiento demográfico y la explotación de los suelos en la ciudad ha sido desordenada, y ha dado lugar a zonas en las que los diferentes usos de suelo conviven mezclados en la misma región geográfica, dando origen a lo que se conoce como Zonas con uso de suelo Mixto Residencial en las que Corredores Comerciales, complejos industriales, edificios departamentales, zonas habitacionales y cines comparten el espacio, y se complementan con espacios de esparcimiento como parques, zoológicos, cines etc.

A parte de la planeación del desarrollo urbano, en el sector de las telecomunicaciones la clasificación de las zonas de las ciudades juega un papel vital en la planeación, diseño y dimensionamiento de las redes. Para dichas actividades la demanda de ancho de banda en función de los servicios que se ofrecen a los habitantes de cada tipo de zona de uso de suelo permite optimizar la implementación de las redes para satisfacer

las demandas actuales, prever las necesidades futuras y obtener el máximo beneficio con la menor inversión.

Siendo tan importante para el desarrollo de las redes de telecomunicaciones la caracterización de las zonas de uso de suelo donde se planean implementar, la implementación de una red de acceso basada en GPON+ VDSL2 debe considerar las características propias de las diferentes zonas de uso de suelo sus demandas y necesidades de crecimiento futuro hablando de consumo de Banda Ancha y servicios.

8.1.1 Análisis de un Zona de uso de suelo Residencial.

Estas zonas de uso de suelo tienen alta densidad demográfica, su principal funcionalidad es dar espacios para la vivienda y espacios para la satisfacción de las necesidades básicas de las familias como escuelas y pequeños comercios.

El paisaje urbano en este tipo de zona está compuesto por casas habitación, condominios, edificios departamentales y desarrollos urbanos donde principalmente se pueden considerar 2 escenarios de implementación:

- 1) Fibra hasta el edificio (FTTB)+ VDSL2
- 2) Fibra hasta el gabinete (FTTN-FTTC+VDSL2) para espacios con alta densidad de casas solas

Para este tipo de zonas la localización de la OLT no puede estar tan alejada de los usuarios finales debido a que se requiere de varios niveles de división óptica, para que cada puerto PON pueda transportar el ancho de banda para múltiples usuarios finales, el costo se traduce en que la atenuación que cada división produce disminuye el radio de cobertura de la OLT.

$$\text{Splitting factor } 2N \Rightarrow \text{Systematic Attenuation} = N \times 3 \text{ dB}$$

La tendencia de servicios a la que se orientaría el despliegue de redes de banda ancha GPON+ VDSL2 estaría basada en el desarrollo tecnológico, y los nuevos servicios surgen en la oferta.

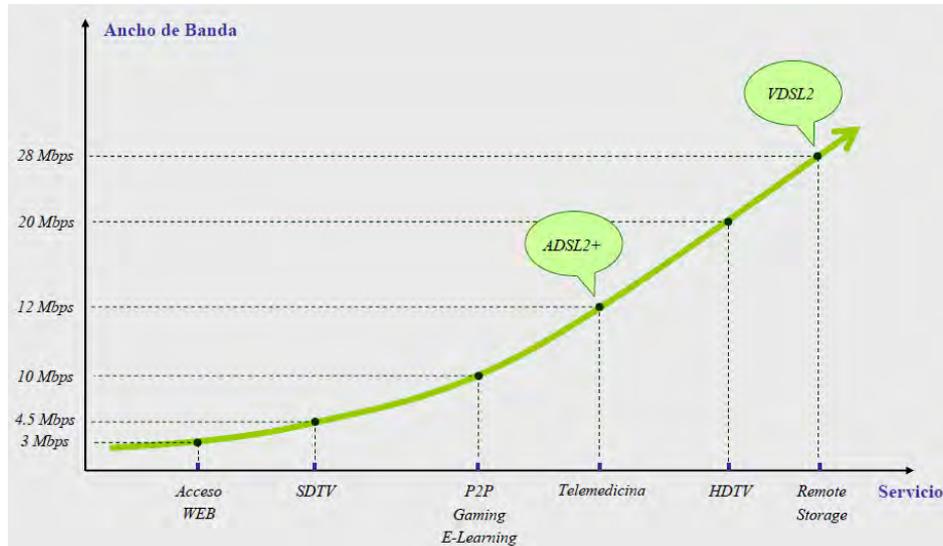


Figura 8.1 Evolución de Servicios VS Ancho de banda requerido.

Aunque en sus primeros niveles de implementación básicamente estaría orientado a la explotación de paquetes “Triple Play” y Juegos Online (online Gaming) resultando en una capacidad de 20Mbps por usuario (Considerando 2 streams de SDTV 5Mbps x2 + 4 Mbps de Internet para datos y 5 Mbps para online Gaming, y posibilidad de VoD) la apertura del ancho de banda disponible al usuario final permitiría la evolución y la oferta de nuevos servicios incrementando las necesidades de ancho de banda por usuario hasta alrededor de 70Mbps, lo cual a su vez guiaría a los operadores a futuras implementaciones de redes FTTH .

Sin embargo también debemos considerar que en México la utilización de las Telecomunicaciones en los hogares es baja, la penetración de las redes de datos de banda ancha ha sido de tan solo 26% al 2012, con una tasa de crecimiento Anual que ha aumentado pero aun hoy es menor al 5% siendo este punto una consideración que se puede traducir en que el despliegue de una red GPON + VDSL2 en una área Residencial – Habitacional tendría un lento retorno de la inversión en los primeros años.

No obstante la penetración de la telefonía tradicional es de 83.6 %, lo que significa una ventaja en términos de la utilización de VDSL2 como complemento facilitando su implementación y reduciendo costos.

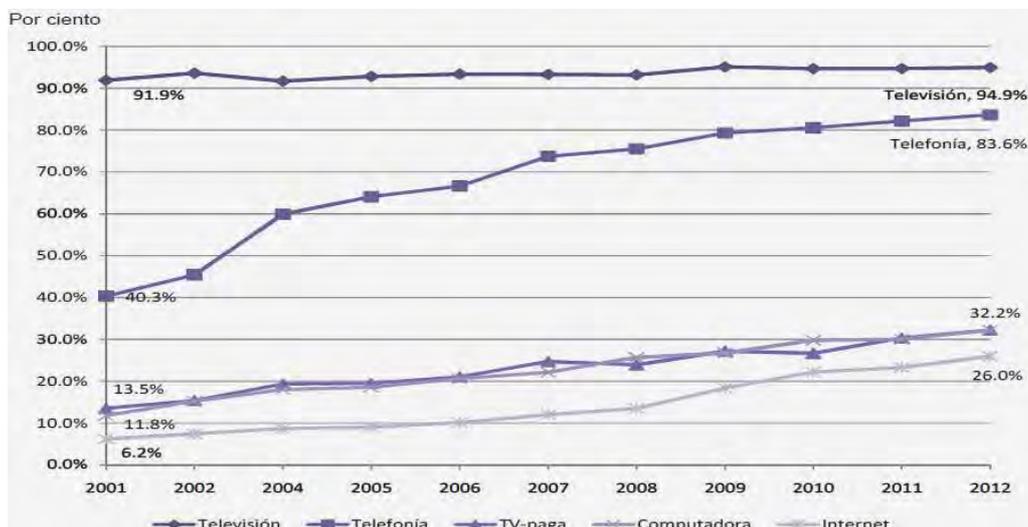


Figura 8.2 Penetración de Servicios de Telecomunicaciones en México según INEGI 2012.

Los especialistas consideran que con la reforma en la legislación de las Telecomunicaciones, el decremento de los costos y la diversificación de los servicios de banda ancha las Demanda en conexiones en los hogares aumentara en gran medida.

8.1.2 Análisis de una Zona de uso de suelo industrial y de servicios.

En cuanto al uso de suelo industrial, son de considerarse las industrias pesadas, las cuales según la normatividad del Reglamento de Zonificación para el Distrito Federal no podrán ubicarse a menos de 75 metros, cuando menos, de zonas con destinos y usos habitacionales; la industria mediana, las cuales podrán ubicarse en zonas con destinos y usos habitacionales siempre y cuando estén separadas de éstas por una calle de 12 metros de ancho mínimo, y la industria ligera, la cual puede ubicarse en zonas con los usos y destinos diversos.

La composición de este tipo de zonas puede identificarse por su uso en: oficinas del sector privado y de gobierno, sucursales bancarias y corporativos, centros comerciales,

tiendas departamentales y de autoservicio, así como universidades, bibliotecas, museos, hospitales, hoteles, centros de convenciones, etc. donde la infraestructura es distinta y el acceso a los servicios permite que se planteen los escenarios de implementación antes vistos para distribución de banda ancha:

- 1) Fibra hasta el edificio (FTTB)+ VDSL2
- 2) Fibra hasta el gabinete (FTTC)+ VDSL2

La arquitectura FTTB se utiliza principalmente en zonas con una alta concentración de usuarios finales tales como corporativos, edificios con múltiples oficinas y hoteles por mencionar algunos. Ésta configuración permite además explotar el mayor ancho de banda que entrega VDSL2 al desplegar el cobre dentro del mismo edificio sin prolongar su distribución y con ello ser afectado por la atenuación en función de la distancia a la central. Puede considerarse la FTTB como un paso intermedio hacia la plena FTTH.

Para el escenario FTTC, la configuración es muy semejante, salvo el hecho de que la fibra llega sólo hasta el gabinete, ubicado a algunos cientos de metros de los usuarios finales, punto desde donde los enlaces de cobre cubren el resto hasta los usuarios finales, edificios, centros y oficinas; inicia aquí la que pudiera ser la principal desventaja de ésta opción, pues VDSL2 presenta una atenuación de ancho de banda considerable en relación a la distancia con la central. Figura 8.3

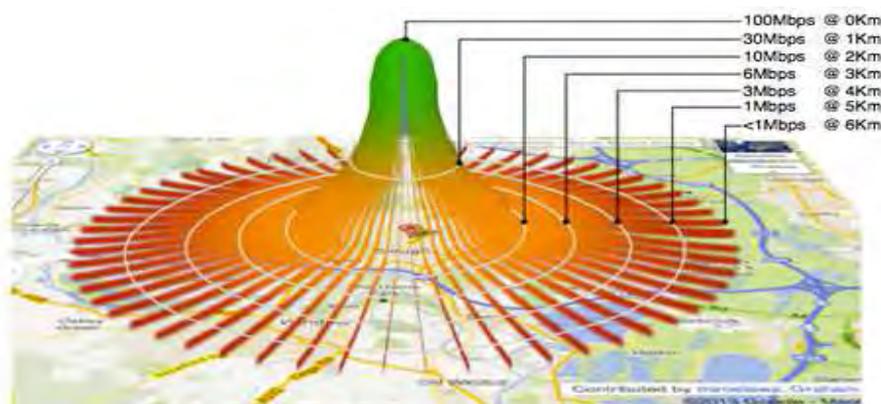


Figura 8.3 VDSL2 Atenuación en relación a la distancia con la central.

Es crucial en ese sentido, el diseño de una red GPON+VDSL2 que brinde la cobertura suficiente para los sectores que conforman un área Industrial y de Servicios en la Ciudad de México, los requerimientos tecnológicos de éstos sectores se incrementan día con día debido al progresivo número de usuarios, sean éstos empleados, clientes o proveedores de los servicios de banda ancha en las zonas industrial y de servicios donde la oferta de Triple Play: voz (directorios, IVR), banda ancha (transacciones y volumen de datos en procesamiento en línea) y televisión de alta definición (videoconferencias) son una apuesta fuerte de cada vez mayor demanda.

Si bien FTTH representa para los proveedores la mejor opción para establecer una red que sea capaz de dar cobertura a la creciente demanda de ancho de banda tanto en zonas residenciales, como de servicios, los costos que involucran su infraestructura son también mayores para ambos sectores urbanos. Es probable que la rentabilidad de una infraestructura de acceso a la última milla se halle en la combinación de éstas configuraciones, FTTH, FTTB y FTTC.

8.1.3 Análisis de un área con uso de suelo mixto.

Esta categoría de uso del suelo incluye una mezcla de actividades de tipo residencial combinadas con otras actividades que pueden ser comerciales, de servicios o institucionales, que se desarrollan simultáneamente en un mismo predio. También se subdivide en mixto urbano y mixto vecinal.

- Mixto vecinal: Incluye las actividades mixtas (residencial combinada con comercio y/o servicios), que por su magnitud brindan su oferta con alcance vecinal. La relación que se establece entre estas actividades y la población les da una connotación de carácter comunitario a las mismas.
- Mixto urbano: Se clasifican bajo esta categoría las actividades mixtas que brindan una oferta heterogénea (residencial combinada con comercio y/o servicios), tal como se explicó antes, con alcance extra vecinal conformando zonas especializadas de carácter muy intenso que atraen clientes de todas partes de la ciudad o localidad urbana.

La definición de zona de uso de suelo mixto permite 3 escenarios de implementación:

- Fibra hasta el hogar (FTTH)+ VDSL2
- Fibra hasta el edificio (FTTB)+ VDSL2
- Fibra hasta el gabinete (FTTC)+ VDSL2

La adopción de las últimas tecnologías de última milla como VDSL2, los operadores pueden obtener suficiente ancho de banda para sus servicios de destino, tales como multi servicios de IPTV a través de canal de línea POTS existente. VDSL2 ofrece 100 Mbps simétricos sobre POTS línea para ofrecer varios canales de televisión de alta definición para servicios residenciales y también es ideal para servicios comerciales debido a su alta capacidad de ancho de banda.

En cuanto a la capacidad de las redes FTTH, debemos tener en cuenta que cada puerto GPON permitirá dotar de conexión a 128 abonados. Si tenemos en cuenta que casi todos los fabricantes ofrecen para sus OLTs tarjetas de hasta 8 puertos GPON, obtendríamos una capacidad de 1024 usuarios por tarjeta. Elevando el cálculo a nivel total de la OLT, es habitual que las mismas ofrezcan capacidad para albergar 16 tarjetas, obteniendo un total de **16.384 potenciales clientes por cada OLT.**

- **Para FTTB** la red GPON no tiene por objeto llegar hasta cada abonado, sino hasta una ubicación central en cada edificio o bloque de edificios. Desde ese emplazamiento hasta cada vivienda se pueden plantear diferentes soluciones de acceso en base a cada escenario.

Aparece en este caso un nuevo elemento de red que será el encargado de llevar a cabo la conexión entre la OLT y el usuario, se trata de la ONU. Este elemento conectará con la OLT a través de uno o varios puertos GPON y encaminará los datos a los abonados, realizando las funciones de un nodo de distribución.

De esta manera este tipo de redes permiten reutilizar parte de las infraestructuras existentes al interior de los edificios pudiendo a través de la misma ofrecer servicios xDSL con la calidad que permite ofrecer un tendido de par de cobre de tan corta distancia

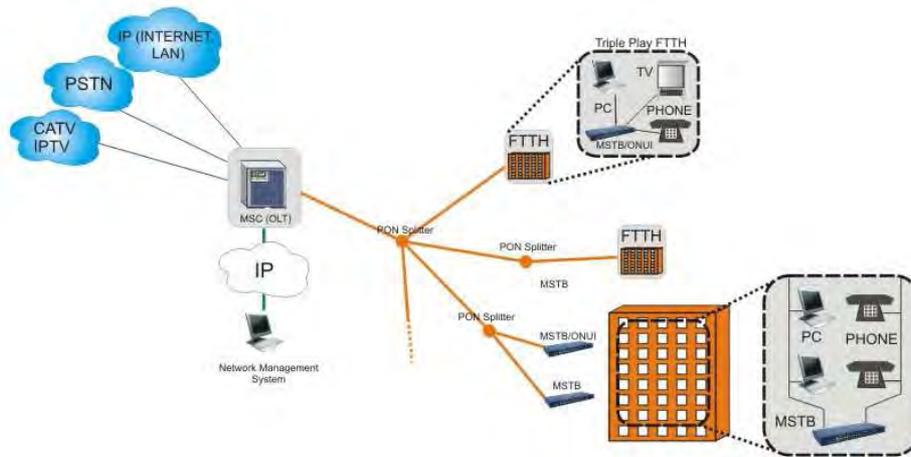


Figura 8.4 FTTH / FTTB utiliza la misma unidad central OLT, y el cliente de FTTH pueden tener acceso de triple play sobre una misma fibra

- FTTC de banda ancha está disponible en dos variantes que ofrecen una velocidad de línea de bajada 80 MB o 40 MB, pero la velocidad máxima real del servicio será ligeramente inferior a este en torno a 78/39 MB. Diferentes velocidades de subida están disponibles en cualquiera de 2 Mbps o 10 Mbps en la variante 40 MB y 20 MB arriba en la 80 MB. FTTC utiliza cable de fibra óptica desde la central telefónica local para conectarse al gabinete lado de la calle más cercana, que sirve a su propiedad. Esto es normalmente dentro de unos pocos cientos de metros de su propiedad. Se instala un nuevo gabinete al lado o cerca de la línea telefónica existente. El nuevo gabinete albergará un DSLAM VDSL2 capaz (una mini-versión de lo que actualmente ofrece el servicio de banda ancha ADSL) a la que se conectará la línea telefónica. A medida que el gabinete esté cerca de su propiedad y también utiliza la tecnología VDSL2 más nuevo, la velocidad de la banda ancha es por lo general mucho más alto. Los armarios están disponibles en una variedad de tamaños, y la instalación requiere el gabinete a un suministro de red eléctrica, así como la canalización de vincularlo al gabinete de edad y por supuesto la canalización para llevar la fibra a la central telefónica. En algunas zonas de la fibra de un gabinete no se remonta al intercambio ya existente. Esto no afecta a las velocidades posibles, ya que la

fibra puede funcionar durante muchos kilómetros sin que la señal se vea afectada.

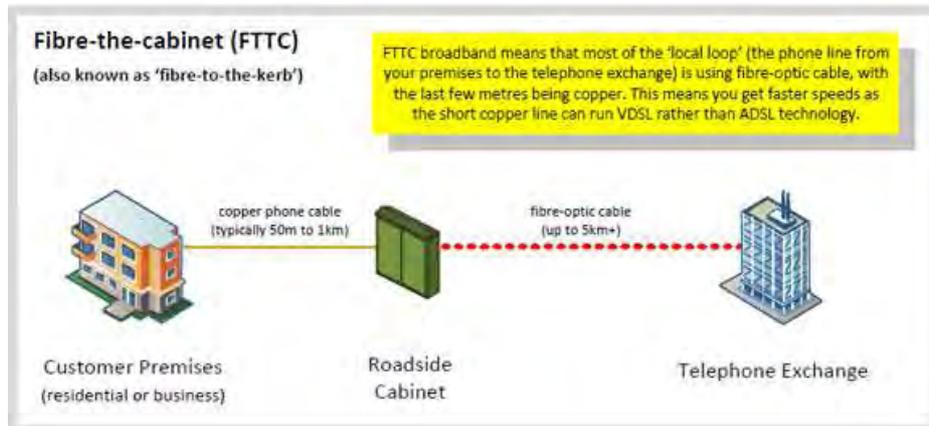


Figura 8.5 FTTC Arquitectura

8.1.4 Análisis de factibilidad de la implementación de una red de acceso GPON+VDSL2 en las diferentes zonas de uso de suelo.

Si bien, la penetración de la tecnología GPON en el mercado de las telecomunicaciones se ha producido vertiginosamente, dando servicio de acceso a internet a los nuevos consorcios habitacionales y empresariales no ha logrado del todo desplazar el uso de las redes de cobre, por lo que los desarrolladores de tecnología se vieron en la necesidad de acoplar GPON a las redes de cobre, de allí que haya nacido los escenarios FTTB y FTTC, donde conviven los estándares GPON y VDSL2. A continuación se describen las ventajas de utilizar una u otra red.

- Ventajas de FTTB sobre FTTH

Permite reutilización de infraestructuras (par de cobre, cableado Ethernet,...), con lo que existe un ahorro monetario considerable para los concesionarios de los servicios, debido a que solo deben construir la red óptica necesaria hasta el vecindario o edificio correspondiente y se distribuye el servicio VDSL2+ a partir del gabinete OUTDOOR instalado que contiene las ONT's correspondientes.

Tiempo de despliegue menor para ofrecer servicios que demandan más ancho de banda y distancias que ADSL2+. El operador no necesita negociar el despliegue de fibra dentro del edificio hasta las casas de los clientes, con lo que es posible que los abonados disfruten de los servicios contratados más rápido, a diferencia de implementar una red FTTH, donde es indispensable construir la red de fibra óptica hasta la casa u oficina del cliente final, lo que retrasa el tiempo de implementación de su servicio de conexión de datos.

Inversión inicial menor, debido a la reutilización de la infraestructura de cobre existente. Hay un ahorro en coste de tramitación de licencias, coste de mano de obra de ingeniería e instalación y costo de fibra óptica, por lo que la inversión inicial es menor para los concesionarios y pueden ofrecer un servicio de calidad y a mejor precio a sus clientes y, como ya se mencionó, el tiempo de implementación se ve reducido.

Aumenta la capilaridad de un único puerto GPON (16.384 usuarios frente a 128) La mayoría de las tecnologías que ofrecen GPON al mercado permiten conectar por cada puerto PON de la OLT hasta 128 ONT's, lo que supone una limitante al momento de planear y construir la red de fibra óptica, ya que el servicio de alta velocidad solo puede llegar a una cantidad "reducida" de abonados. Sin embargo con la interconexión a las redes de cobres es posible conectar en cada puerto de la OLT 16, 384 módems VDSL, con lo cual se amplía la capacidad y alcance de la red.

Puesta en marcha más sencilla al no requerir intervención en la acometida hasta el abonado. En una red FTTB y FTTC la responsabilidad del concesionario es la de solo construir la red óptica desde su centralita, donde está instalada la OLT y desplegar la fibra óptica hasta el gabinete exterior donde se encuentra la ONT, ya que la red de cobre en el edificio o vecindario es existente y, por lo tanto, en las casas u oficinas de los clientes existe la acometida para conectar el módem.

Costes de terminal de abonado inferiores. Es sensiblemente más económico un router xDSL que una ONT. Generalmente las empresas prestadoras de servicios de internet ofrecen a sus clientes, sin ningún costo, el módem para conectar sus equipos a internet, por lo que la inversión para adquirir estos equipos recae en dichas empresas.

El precio de un módem para xDSL oscila entre los 30 y 70 dólares, mientras que el precio de una ONT sobrepasa los 100 dólares por unidad, y si existe un daño en el equipo del cliente, el concesionario, por contrato, se ve obligado a cambiar el módem correspondiente sin ningún costo adicional, lo que representa una mayor pérdida.

Ventajas de FTTH sobre FTTC

Por tratarse de una nueva tecnología, se requiere desplegar toda una red nueva de fibra óptica desde la OLT hasta las ONT's de los usuarios. Si bien esto se traduce en un alto costo para la construcción de la misma, a largo plazo reduce la probabilidad de fallas, por lo que la eficiencia en la prestación del servicio es casi del 100%, a diferencia de tener que usar una red de cobre existente la cual, en la mayoría de los casos, se trata de infraestructura vieja y que no ha recibido mantenimiento durante mucho tiempo, por lo que es demasiado propensa a presentar fallas que ocasionen cortes en el servicio de transmisión de datos.

Escalabilidad de la red. La red FTTH permite la escalabilidad del servicio, actualmente se está trabajando en los nuevos estándares 10 GPON y WDM-PON para ofrecer un mayor ancho de banda a los usuarios. La red de cobre tiene la limitante en el uso del ancho de banda, por lo que la máxima velocidad ofrecida es de 100 Mbps. Otros de los impedimentos que tiene esta red es los cortos alcances que tiene, es decir, para asegurar una buena transmisión de datos, el cliente no debe estar a más de 2 km de distancia del gabinete OUTDOOR para asegurar un buen servicio. En el caso de GPON y 10 GPON este radio de cobertura se incrementa a 20 km, y si se aplican en conjunto ambas tecnologías este radio se incrementa al doble.

Falta de preparación de las redes internas de los edificios para recibir redes de banda ancha. Como ya se ha mencionado las redes de cobre, en su mayoría ya son viejas y obsoletas por lo que no están preparadas para ser usadas como medio de transmisión para servicios VDSL.

- Desventajas de implementar una red FTTx

Altos costos de inversión en la red por la fragmentación de mercados. El hecho de ofrecer un servicio de transferencia de información implica el investigar el alcance que

tendrá el servicio, es decir, a qué tipo de clientes irá orientado, residenciales, empresariales, comerciales o industriales y el área geográfica de mercadeo. Generalmente las áreas de implementación son zonas de uso de suelo mixto, y como están establecidos clientes con diferentes necesidades de conectividad por lo que el diseño de la red no será homogéneo.

Dificultades en el acceso a la infraestructura de los operadores establecidos. Actualmente en México se ha realizado la apertura del mercado de las telecomunicaciones, con lo que es posible que los operadores de servicios puedan interconectarse a las redes públicas para transmitir sus señales. Sin embargo, la interconectividad no se realiza de manera libre, ya que se tienen que respetar las normatividades de los operadores ya establecidos, además de cumplir con las leyes mexicanas (Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y la Ley Federal Telecomunicaciones) y acatar las disposiciones del Instituto Federal de Telecomunicaciones y de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT).

Tramites de autorizaciones ante autoridades locales y por la existencia de múltiples reglas legales a nivel nacional y local para el tendido de redes. Para implementar cualquier red de telecomunicaciones se requiere tramitar permisos especiales para realizar la obra civil, ya que implica la apertura de zanjas en las calles para efectuar el tendido de fibra óptica, además se debe de contar con el permiso otorgado por la SCT para poder operar y explotar un servicio de telecomunicaciones. Generalmente la obtención de estos permisos tardan demasiado tiempo debido a todos los trámites burocráticos.

Tomando en cuenta los argumentos mencionados anteriormente es conveniente implementar una red FTTH para zona de suelo de uso mixto nuevas o en construcción, donde se puede desplegar una red de fibra óptica que llegue hasta los usuarios finales, mientras para aquellas áreas existentes es conveniente desplegar una red FTTB o FTTC, realizando las adecuaciones pertinentes para su óptimo funcionamiento.

8.2 Planeación de la red de acceso GPON+VDSL2 en un área con uso de suelo mixto residencial en la ciudad de México.

Para poder realizar una propuesta de diseño de Red GPON+VDSL2 que represente mejor una alternativa optima para su implementación por parte de los proveedores de Servicios que operan en las Zonas con Uso de Suelo Mixto de la ciudad de México, el primer requisito es realizar una buena planeación, donde se definan los alcances y limitantes previstas en nuestro diseño y también donde se detallen las bases y asunciones que tomaremos en cuenta para realizar una propuesta de implementación GPON+VDSL2 y su análisis.

8.2.1 Modelado de una zona de uso de suelo mixto residencial en la ciudad de México.

El modelo de red que se va a proponer va enfocado a la implementación de una red de acceso GPON+VDSL2 que mejore las características de la actual red ADSL2. Se considera que la red de transporte actual implementada tiene la capacidad necesaria o puede ser escalada de forma tal que cumpla con las necesidades de Ancho de Banda que requiere la Red GPON+VDSL2 (típicamente 10Gbps o superiores); por esta razón el estudio de esta parte de la red queda fuera del alcance de este modelo, y solo nos enfocamos a las células de acceso que serán zonas de uso de suelo Mixto Residencial de la ciudad de México.

Partimos como primer punto en consideración el radio de cobertura que puede cubrirse con una OLT (que es el elemento principal de la red GPON) es de 20km, por lo que basados en esta premisa comenzamos el estudio de las zonas de implementación. Después debemos considerar que estaremos utilizando diferentes grados de división óptica en la sección de la ODN, disminuyendo con esto el radio de cobertura en gran medida. Teóricamente si una OLT se divide 1:32 en su red de distribución el alcance máximo alcanzado sin considerar otros factores externos será de 10Km.

Finalmente consideramos las características de la zona de implementación, principalmente la densidad de población media de una zona con uso de suelo Mixto

Residencial de la ciudad de México, de Acuerdo al INEGI ³³ alrededor de 6000hab/km². También tenemos que cada hogar es hoy de 3.5 miembros por lo que nuestro mercado estaría compuesto por 1690 hogares por km². Debido a esta alta densidad de población para este diseño decidimos considerar zonas de cobertura de 5km de radio. Para tener un modelo general de la composición y poder generar una estructura propuesta tomamos como base 4 zonas de uso de suelo Mixto Residencial de la ciudad de México: Lindavista, Polanco, Tlalnepantla y Cuautitlán Izcalli. Con la ayuda de Google-earth Pro realizamos aproximaciones de lo que sería una zona de cobertura radial de 5km, para observar una aproximación de sus características.

³³ INEGI Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, estudio de Densidad de Población 2012
<http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/densidad.aspx?tema=P>

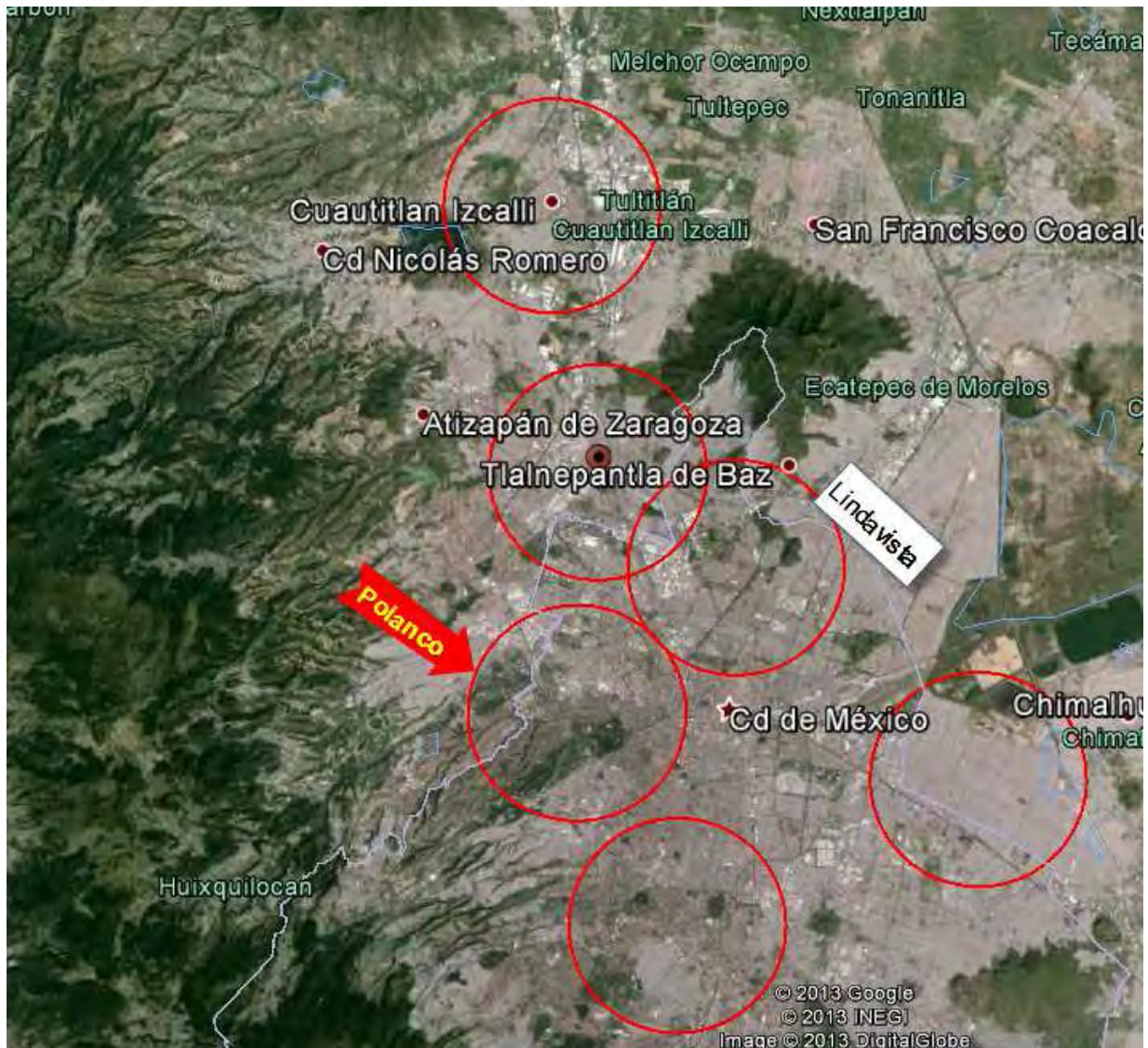


Figura 8.6 Zonas de cobertura de 5Km radiales en zonas con uso desuelo Mixto de la Ciudad de México, las zonas de Chimalhuacán y Coyoacán al sur muestran zonas con uso de suelo Residencial en contraste.

Se puede observar diferencias en la distribución del uso de suelo a nivel de paisaje y en una vista más cercana se puede distinguir en cierta medida las secciones donde se establecen corredores comerciales o industriales y también donde se encuentran asentamientos residenciales, así podemos tener una aproximación a la distribución porcentual del uso de suelo. Cabe Mencionar que en algunas regiones el uso de suelo

mixto se ha dado incluso sobre el mismo espacio, marcando la tendencia de desarrollo para el futuro donde edificios proporcionan plazas comerciales, oficinas corporativas y departamentos residenciales en la misma área sin embargo esto es difícil de modelar e identificar.

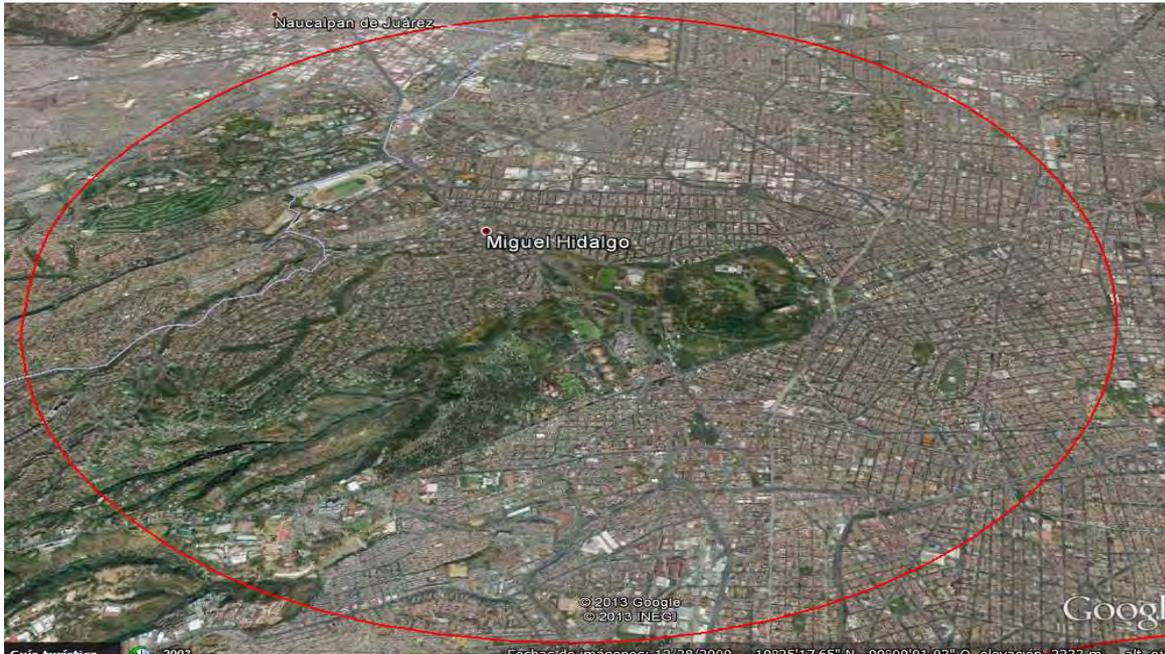


Figura 8.7 Zona radial de 5km centrada en Polanco.



Figura 8.8 Radio de 5km en la zona de Tlalnepantla



Figura 8.9 Zona de Cobertura de 5km radiales centrada en Cuautitlán Izcalli.



Figura 8.10 Zona de cobertura de 5km radiales centrada en Lindavista

Después de realizar el análisis de las 4 zonas muestras de forma similar a lo que se muestra en la figura 8.11, podemos tener elementos para establecer las siguientes bases:

- El porcentaje promedio de uso de suelo Comercial –industrial es del 35%
- El porcentaje promedio de uso de suelo Residencial es del 50%
- El porcentaje de uso de suelo complementario es 15%
- La distribución de las zonas de uso de suelo es aleatoria en cuanto a dirección sin embargo las zonas industriales se concentran en diferentes manchas de la zona de cobertura de forma casi específica.

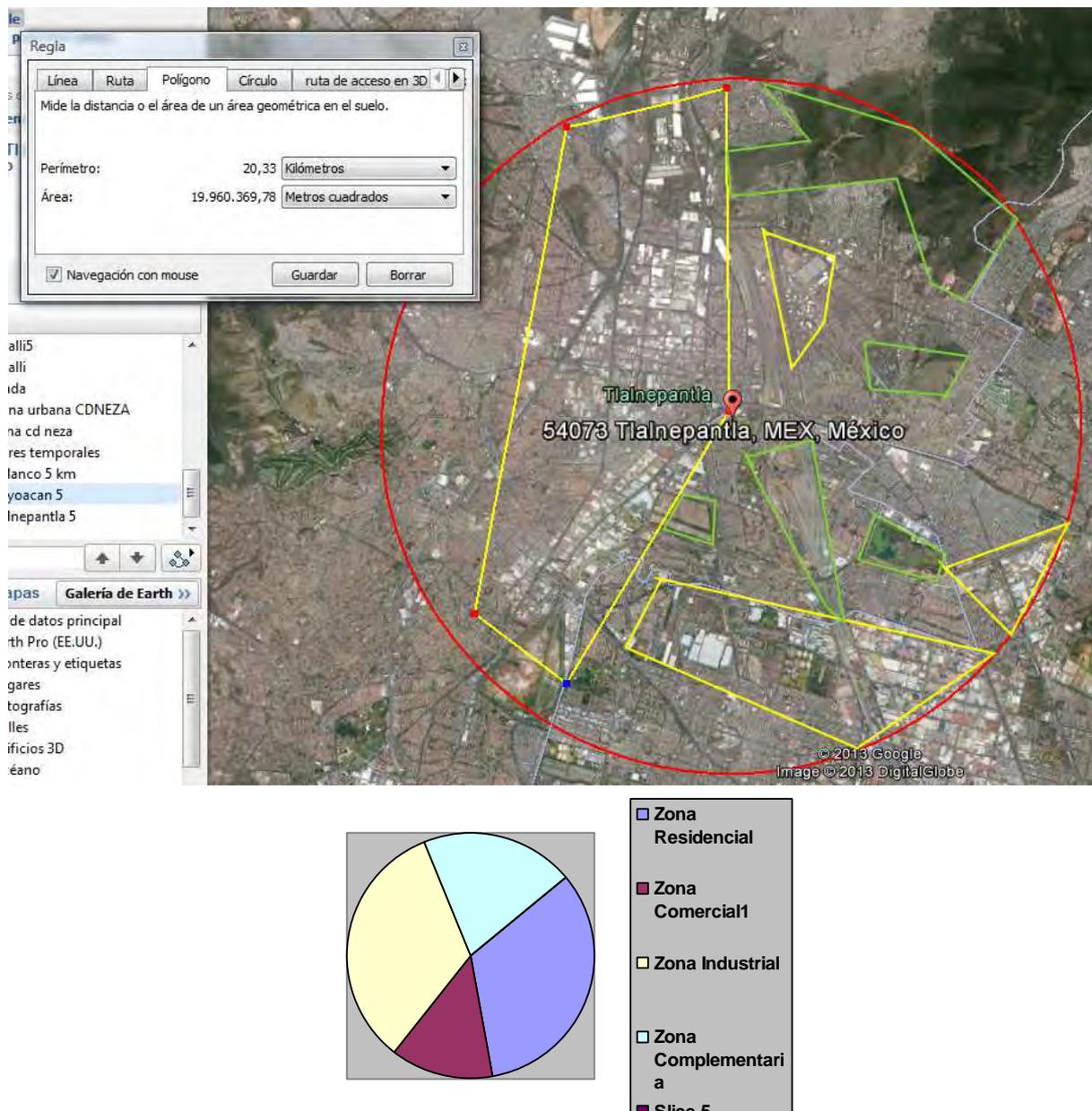


Figura 8.11 Análisis de la distribución del suelo de una zona radial de 5km.

8.2.2 Caracterización de equipo necesario para implementación de una red GPON+VDSL2 en un área con uso de suelo mixto residencial en la ciudad de México.

Para la propuesta de solución de una red de acceso de alta velocidad, se propondrán principalmente los siguientes equipos:

- Equipos para la oficina telefónica: Principalmente serán OLT, los cuales iniciarán con la red óptica pasiva GPON.
- Equipos para gabinetes de intemperie: Serán los equipos que funcionarán para dar terminación de la red óptica pasiva GPON pero que además iniciarán con la red de cobre VDSL2, esto en el escenario FTTC/FTTB. Estos serán los MDUs/DSLAMs.
- Equipos Terminales: Son los equipos que estarán del lado del usuario, y que darán por terminada la red de acceso, en el escenario FTTC/FTTB serán módems, y en el escenario FTTH serán ONT's.

Para poder simplificar la electrónica, se propondrá que sea el mismo equipo el que funcione como OLT y como MDU/DSLAM, para ello se utilizará *“Repisa Multiservicio”*, el cual será un equipo altamente flexible y modular, con lo cual se podrá convertir de OLT a MDU, con el simple hecho de cambiar las tarjetas que lo compongan.

Para los equipos terminales, si se tendrán dos terminales: Modem de VDSL2 y ONT's, ambas con la capacidad de realizar funciones de ruteo y que además soportarán el protocolo de voz SIP para dar el servicio de telefonía a través de internet.

- **Repisa Multiservicio**

Como se ha mencionado en el subtema anterior, para la implementación del equipo que actuará como OLT y como MDU/DSLAM, será la misma repisa, pero para ello se tendrá que utilizar una repisa multiservicio.

Repisa Multiservicio es un equipo, el cual está diseñado para funcionar en la red de acceso, sus dimensiones hacen posible que sea instalado tanto en interiores como en gabinetes de intemperie. El equipo se compone de ranuras, cada ranura tiene una funcionalidad, y puede trabajar como OLT o como MDU/DSLAM de acuerdo al tipo de tarjeta que le sea instalada.

El equipo será nombrado RMS-KJ22 (Repisa Multiservicio KJ22), esta repisa tiene la estructura que se muestra en la figura 8.12

necesidades del cliente. Para la aplicación de OLT se considerarán ambas ranuras, pero para la aplicación de MDU/DSLAM con una ranura será suficiente.

- Las ranuras 7 y 8 no tendrán una aplicación en particular, se podrían instalar a futuro ampliaciones de hardware para el procesamiento de alguna nueva funcionalidad a futuro, como la implementación de VDSL2 Vectores, alguna forma de gestión remota o alguna aplicación a futuro. Para la aplicación de OLT se utilizará una ranura para gestión remota de la repisa, para la aplicación de MDU/DSLAM no serán utilizadas.
- Las ranuras de la 9 a la 22 son para las tarjetas de servicio, podrían ser tarjetas ADSL, ADSL2+, VDSL2, GPON, ETHERNET, POTS o algún otro tipo de servicio. Para la aplicación de OLT utilizaremos tarjetas de servicio GPON, y para la aplicación de MDU/DSLAM utilizaremos VDSL2.

Repisa Multiservicio: RMS-KJ22

Característica	Descripción
Nombre	Repisa Multiservicio: RMS-KJ22
Capacidad	2 slots para tarjetas de poder, 2 para tarjetas de enlace de subida, 2 para tarjetas de control, 2 slots para tarjetas especiales (gestión o uso futuro) y 14 slots para tarjetas de servicio.
Función	La repisa al ser multiservicio, puede trabajar tanto como DSLAM como OLT, esto de acuerdo al tipo de tarjeta de servicio que sea usada.
Redundancia	Se puede contar con redundancia a nivel de tarjeta de poder, tarjeta de enlace, tarjeta de control y tarjeta de gestión.

Tabla 8.13 Resumen de la repisa multiservicio RMS-KJ22.

- **Tarjetas para la repisa multiservicio RMS-KJ22.**

- **Tarjeta de poder: PDR:**

La tarjeta de poder PDR, es la tarjeta de poder de la repisa multiservicio RMS-KJ22. Esta tarjeta servirá para la alimentación de la repisa con -48V. En la figura 8.14 se tiene un resumen de las características de la tarjeta de poder PDR.

Tanto para OLT como para MDU/IPDSLAM, se utilizarán dos tarjetas PDR, en las ranuras 1 y/o 2, esto para que se tenga balanceo de carga y además redundancia a nivel de fuerza.

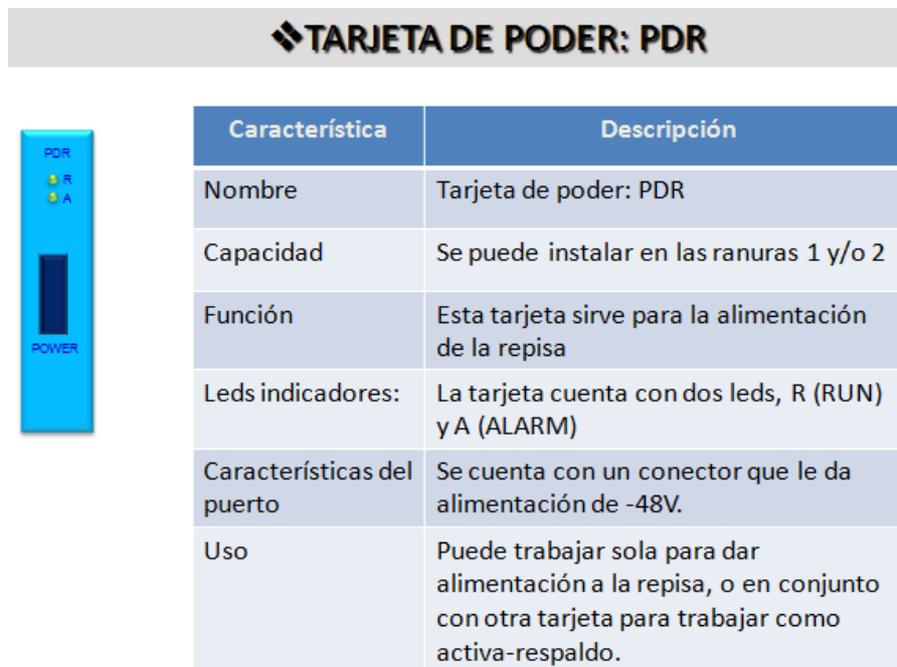


Figura 8.14 Resumen de la tarjeta de poder: PDR

- **Tarjeta de enlace: LN2X10GE**

La tarjeta de enlace LN2X10GE es la tarjeta que proporcionará la salida hacia la red de transporte. En la figura 8.15 se tiene un resumen de las características de la tarjeta de enlace: LN2X10GE.

Se utilizará esta tarjeta únicamente en la solución de OLT y se usarán dos tarjetas, esto para actuar con redundancia, se decide que sean enlaces de 10GE puesto que de esta forma se contará con 4 enlaces de 10GE, disponibles para la conexión de la OLT hacia la red de transporte.

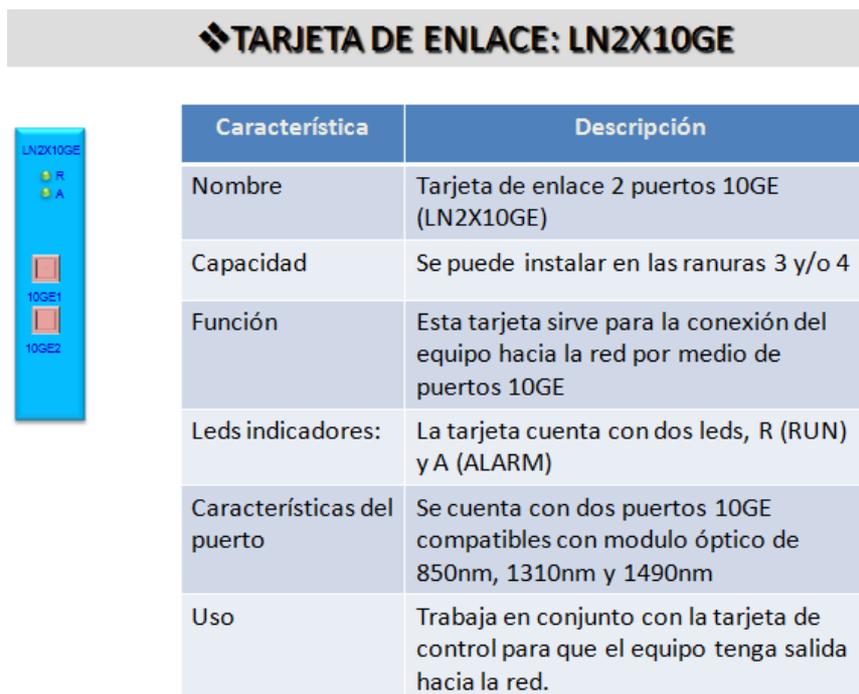


Figura 8.15 Resumen de la tarjeta de enlace: LN2X10GE

o **Tarjeta de enlace: LN2XPON**

La tarjeta de enlace LN2XPON es la tarjeta que proporcionará la salida de la repisa multiservicio hacia la red superior, es decir hacia la OLT, con lo cual se convertiría en un equipo MDU. En la figura 8.16 se tiene un resumen de las características de la tarjeta de enlace: LN2XPON.

Esta tarjeta será usada únicamente en la repisa multiservicio RMS-KR22 que será utilizada con funcionalidad de MDU/IPDSLAM. Se utilizará solo una tarjeta LN2XPON, puesto que solo se contará con una subida PON, para convertir la repisa en un MDU. Se utilizará solo un puerto PON.

Como escalabilidad, en un futuro se podría utilizar el segundo puerto para protección del puerto primario o para alguna otra aplicación a futuro.

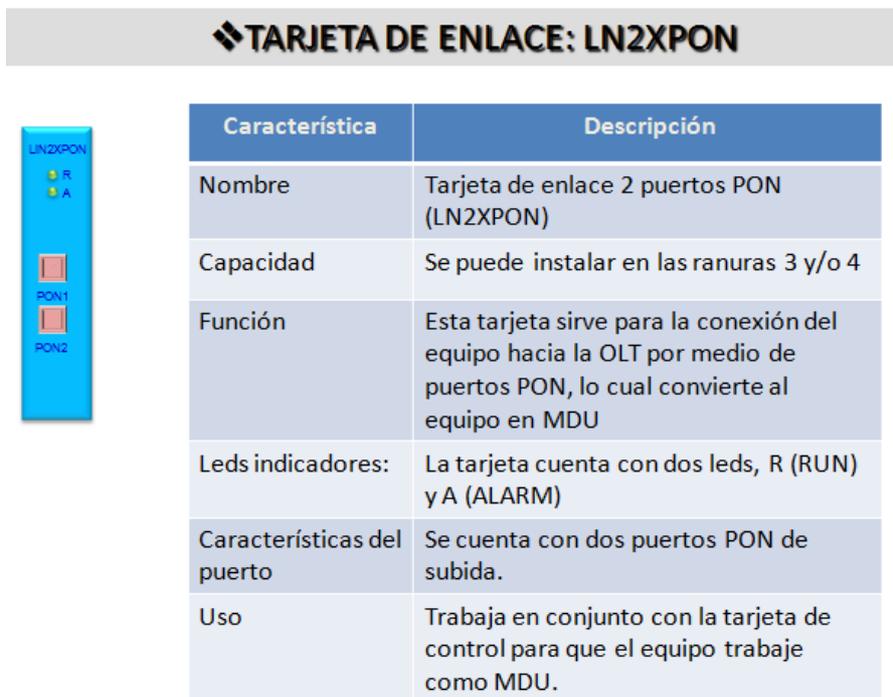


Figura 8.16 Resumen de la tarjeta de enlace: LN2XPON

○ **Tarjeta de control: CNTRL-09**

La tarjeta de control CNTRL-09, será la tarjeta de control del equipo RMS-KR22, en la cual se tiene el procesamiento principal del equipo. En la figura 8.17 se tiene un resumen de las características de la tarjeta de control.

Esta tarjeta será usada en ambas aplicaciones de la repisa multiservicio RMS-KR22: Tanto para OLT como para MDU/IPDSLAM. Sin embargo:

- Al ser la OLT un equipo que maneje mayor cantidad de tráfico, y usuarios, para la aplicación de OLT, se usarán dos tarjetas, para tener redundancia.
- Al tener menos flujo de tráfico el MDU/IPDSLAM, utilizará únicamente una tarjeta de control, sin tener redundancia.

La tarjeta de control además de ser el cerebro del equipo, tiene dos puertos, uno de ellos es para la gestión remota del equipo, por medio de una interfaz Ethernet, se cuenta también con un puerto serial para que el equipo pueda ser manipulado de forma local.

❖ TARJETA DE CONTROL: CNTRL-09



Característica	Descripción
Nombre	Tarjeta CNTRL-09
Capacidad	Se pueden instalar hasta dos por repisa, se instala en las ranuras 5 y/o 6
Función	Es la tarjeta en la cual se encuentra el procesamiento del equipo
Leds indicadores:	La tarjeta cuenta con dos leds, R (RUN) y A (ALARM)
Características del puerto	Se cuenta con una interfaz para gestión local (SER) y una interfaz para gestión remota (MGT)
Uso	La tarjeta de control es la misma independientemente de la tarjeta de subida o de la tarjeta de servicio que se use (OLT o DSLAM)

Figura 8.17 Resumen de la tarjeta de control: CNTRL-09

○ **Tarjeta de gestión: 2XMGT**

La tarjeta de gestión 2xMGT, es la tarjeta que proporcionará puertos extra para la gestión del equipo de forma remota. En la figura 8.18 se tiene un resumen de las características de la tarjeta de gestión.

Esta tarjeta se tiene contemplada únicamente para la funcionalidad de OLT, esto debido a que la gestión remota del MDU/IPDSLAM se hará por medio de la misma línea de la OLT.

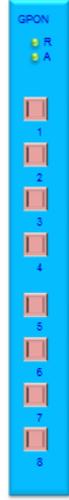


Figura 8.18 Resumen de la tarjeta de gestión: 2XMGT

- **Tarjeta de Servicios: GPON**

Esta tarjeta es la encargada de proporcionar las Interfaces PON hacia la red de usuario Final, Basicamente es lo que define a la repisa Multiservicio como OLT, agrupa 8 interfaces PON con acceso frontal.

❖ TARJETAS DE SERVICIOS: TARJETA GPON



Característica	Descripción
Nombre	Tarjeta GPON
Capacidad	8 puertos GPON
Función	Es la tarjeta que provee el servicio de GPON
Leds indicadores	La tarjeta cuenta con dos leds, R (RUN) y A (ALARM)
Características del puerto	Cada puerto PON, puede manejar hasta 128 usuarios
Tipo de laser	Laser tipo C

Figura 8.19. Tarjeta de servicios PON

○ **Tarjeta de Servicios: VDSL2**

Es la interface que se ocuparia en los MDU's hacia los CPE o Modem VDSL2, esta compuesta por 2 sockets de conectores para 24 Pares de cobre cada uno, proporcionando 48 Puertos VDSL2 por tarjeta, a traves de cables Multipar.

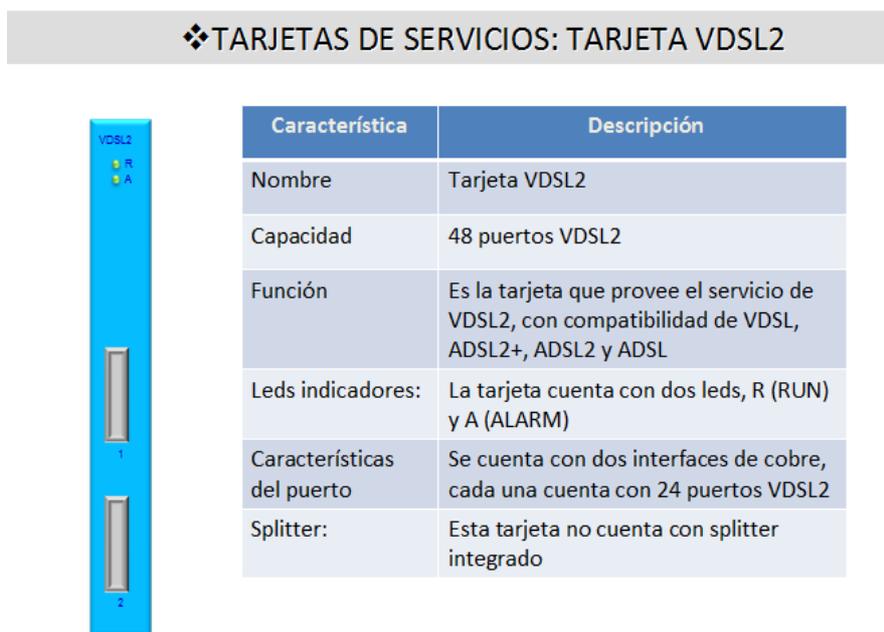


Figura 8.20 Tarjeta de servicios VDSL2

8.2.3 Estudio de las necesidades de consumo de ancho de banda en una zona de uso de suelo mixto de la Ciudad de México.

Para que las tecnologías de la información y comunicación (TIC) puedan cumplir el papel de habilitadoras del crecimiento económico y social de un país, es fundamental que existan redes con capacidad suficiente para satisfacer la demanda. La banda ancha genera diversos beneficios económicos y sociales, que van desde incrementos en la productividad y generación de empleo, hasta una entrega más eficiente de los servicios públicos, un aumento en la calidad de los procesos de educación y de salud, y más oportunidades que se traducen en mayor inclusión social. Es debido a éstas razones, que el actual trabajo plantea la incorporación de GPON+VDSL2 en zonas de uso de suelo mixto dentro de la Ciudad de México en atención a esas necesidades.

En términos del crecimiento económico que puede impulsar la implementación de ésta propuesta, podemos tomar como comparativo el estudio sobre el impacto de la banda ancha en el crecimiento económico, que fue publicado por el Banco Mundial en 2009. A

través de un análisis de regresión multivariada, con datos de 1980 al 2006, se llega a la estimación de que 10 puntos porcentuales adicionales en el nivel de penetración de banda ancha, incrementan en 1.38 puntos porcentuales el crecimiento del producto interno bruto en países en desarrollo y 1.21 puntos porcentuales en países desarrollados. El efecto de causalidad entre una variable y otra no está contundentemente demostrado, pero la correlación positiva entre crecimiento económico y penetración de banda ancha no es cuestionable, lo cual justifica la inversión en éstas tecnologías, facilitando su implementación para una zona de uso de suelo mixto, impulsando su crecimiento económico y social basados en el incremento y mejora del despliegue de servicios de banda ancha.

Este despliegue permitiría también, fortalecer la capacidad instalada de banda ancha en el Distrito Federal, y ser un referente para su uso e implementación en el resto del país. La planta instalada de banda ancha fija en México ha aumentado rápidamente en los últimos años (Figura 8.21), aunque aun se combaten rezagos.

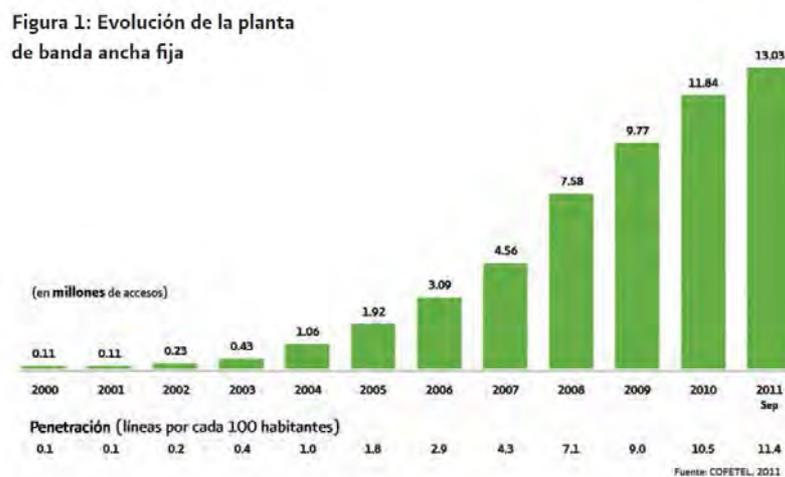


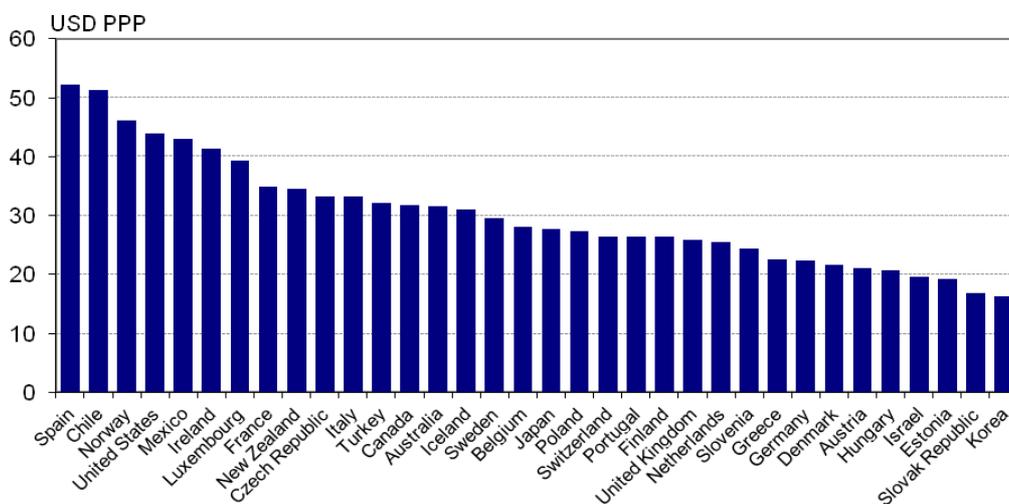
Figura 8.21 Evolución de la planta de banda ancha fija en México.

Enfocándonos en la zona urbana con uso de suelo mixto para la que planteamos la implementación de la red con capacidad de brindar servicios de banda ancha mediante los escenarios FTTB, FTTC, FTTN y FTTH, debido a que la zona urbana muestra los mejores indicadores de penetración y por ende una mayor disponibilidad de

infraestructura. De los 18 millones de hogares urbanos, 55% cuenta con teléfono fijo, 77% con al menos un teléfono móvil, 40% posee una computadora y 30% tienen conexión a internet. Para los habitantes de estas zonas urbanas, la oferta y los precios de la banda ancha representan un factor crucial en la decisión de los individuos para acceder los servicios.

Con la llegada de la banda ancha, un análisis comparativo de precios se volvió un desafío aún mayor pues existen tres cuestiones que precisan ser abordadas para una comparación adecuada: (1) el precio efectivo del servicio, (2) la calidad del servicio, generalmente entendida como la velocidad contratada, y (3) la oferta en paquetes, toda vez que muchas de ellas son ofrecidas de manera conjunta con otros servicios de telecomunicaciones.

La Figura 8.2.2 muestra el precio mensual promedio para el acceso a internet para velocidades desde los 2.5 Mbps, en dólares PPP para los países de la OCDE hacia septiembre de 2012.



8.22 Precios promedio de banda ancha en países de la OCDE, septiembre 2012

La introducción de los escenarios planteados, con capacidad de ofrecer hasta 100Mbps permitirá impulsar a México a un mejor posicionamiento global, traduciéndose primordialmente en un beneficio para los usuarios finales, en la actualidad resulta claro que el acceso a internet por banda ancha se ha convertido en un sinónimo de acceso a

una amplia gama de acceso a la información, redes sociales, servicios de diversa índole y productos, de ahí que la principal necesidad de los consumidores se traduzca en más y mejor calidad de navegación, pero sobre todo, una mayor velocidad.

En términos generales, a pesar que los indicadores asociados al servicio de banda ancha en México muestran una evolución positiva, la infraestructura de telecomunicaciones instalada aún es insuficiente para poder proveer servicios de banda ancha a toda la población, por lo que se requiere incrementar tanto la disponibilidad de red de acceso (“última milla”) como la de transporte, con miras a alcanzar los niveles de desarrollo equiparables a los de los principales socios comerciales de México.

El primer reto es reducir la brecha de mercado. Dicha brecha se refiere a la diferencia entre los niveles de penetración existentes en los estratos altos de la sociedad, y los que potencialmente se pueden alcanzar en los estratos de menores ingresos, por lo que deberá fomentarse la apropiación de internet en éstos últimos, para ello es necesario diseñar nuevas formas de introducción, como la implementación de una red que éste trabajo sugiere plasmada en una solución GPON+VDSL2 para una zona de uso de suelo Mixto.

8.3 Diseño de la red de acceso GPON+VDSL2 en un área con uso de suelo mixto residencial en la ciudad de México.

El mercado de servicios de telecomunicaciones actualmente, se ha ido fortaleciendo con la implementación de nuevas tecnologías y la aparición de nuevas estrategias en el ámbito comercial, en la parte de Acceso Fijo se ha enfocado en la reducción de costos, principalmente para Internet; mejorando la velocidad y ancho de banda, y buscando el objetivo común que consiste en conservar y ampliar la cantidad usuarios. El diseño propuesto está enfocado para empresas, comercios y de manera importante para el sector residencial. A futuro los beneficiados con este diseño será la parte de los nuevos edificios y suelos complementarios. Sin embargo este diseño también ayudara a los proveedores a realizar la implementación de la nueva infraestructura de manera ligera, debido a que se basara en reutilizar parte de la infraestructura de cobre

existente que se utiliza hoy día para el acceso a través de ADSL2+. Por este motivo se modela la infraestructura de cobre que generalmente esta implementado en este tipo de Zonas para tomarlo como punto de partida.

8.3.1 Infraestructura de la red de cobre existente en el modelo de la zona con uso de suelo mixto residencial.

El área de servicio que nos enfocaremos esta modelada por una circunferencia de 5km de radio que encierra una zona de uso de suelo Mixto Residencial promedio de la ciudad de México, por lo que se tendrían 78.54 km² (3.1416x5²) divididos en uso de suelo residencial (45%), uso de suelo comercial (15 %), un porcentaje de uso de suelo industrial (25%) y uso de suelo complementario (15 %)

En el área residencial seria de 35.34 km², Por lo que habría 59729 hogares (basados en la densidad de población 1690 hogares/km² ,de los cuales basado en las estadísticas solo alrededor del 30 % (19900) cuenta con acceso a Internet fijo, por lo que consideramos 25000 conexiones de cobre implementadas en esta zona. (Estas tienen un aumento en la penetración del 30 % anual, esto es cada año se incrementaría en 19 900 hogares la demanda del servicio, factor que se considerara Para la implementación complementaria).

En el área comercial seria de 11.78 km² con una demanda de mayor ancho de banda pero menor cantidad de usuarios. Asumimos que la cantidad de conexiones requeridas en comparación de una zona residencial es de una cuarta parte. Por lo que aquí se considera tener 1500 usuarios

La Zona Industrial tiene similares características a la zona comercial, bajo número de usuarios con requerimientos importantes de ancho de banda, con una superficie de 19.635km² esta zona requiere de alrededor de 2500 conexiones de acceso.

El área complementaria seria de 11.78 km² dividida en varias manchas, donde la mayor parte son áreas verdes y se considera un número de conexiones presentes

despreciable, y en nuestra propuesta estarán destinadas a la implementación FTTH para satisfacer las necesidades de crecimiento.

En conclusión esta área debe contar con infraestructura de cobre suficiente para dar conexión de acceso a 29000 usuarios más un factor de crecimiento inmediato por lo que modelamos una infraestructura para 31000 puertos ADSL2+.

Cada DSLAM que ofrece ADSL2+ cubre un radio 3 Km. con capacidad de ofrecer BW superior a 1MBps, por lo que una zona de 3 Km de radio esta hoy día cubierta con alrededor de 5 centrales de servicio conteniendo los equipos DSLAM para ADSL2+. Para Dimensionar cuantas repisas de servicio se pueden tener instaladas en cada central cubriendo las conexiones actuales se considera que típicamente cada repisa DSLAM soporta 800 usuarios en los principales proveedores, por lo que dependiendo de la ubicación geográfica de la central cada equipo podrá tener diferente número de Repisas instaladas para cubrir las necesidades de esa ubicación en específico.

En la figura 8.23 se muestra lo que sería la distribución y la cobertura de las 5 centrales IPDSLAM. Considerando que la zona completa estaría diseñada con 31000 usuarios.

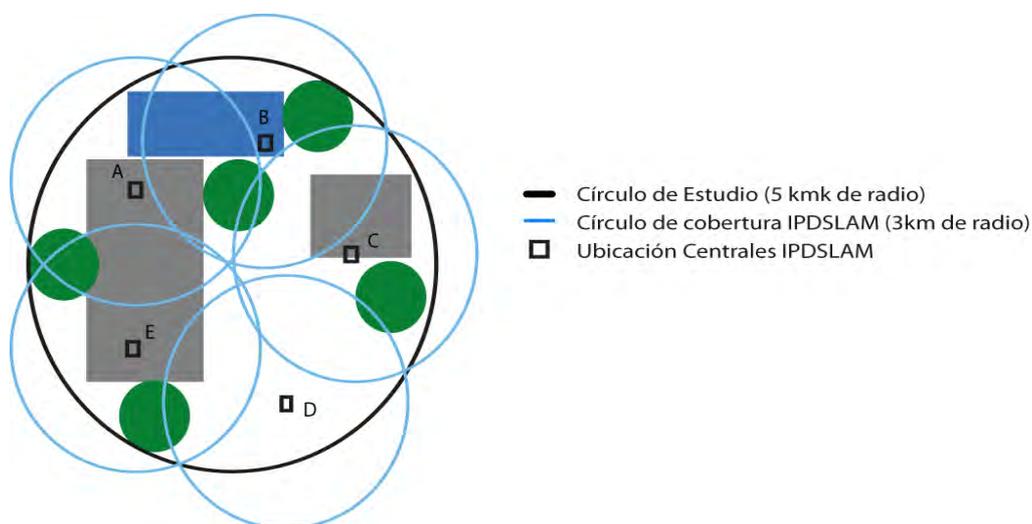


Figura 8.23 Distribución de las centrales y zona de cobertura de cada una de ellas en nuestra región urbana-mixta.

Se nombrará a las centrales como A, B, C, D y E. Se considera que en la región D se tienen 6912 usuarios, en las regiones B y C se tienen 5888 y 5632 usuarios, mientras en las regiones A y E se tienen 5632 y 4608 usuarios cada una respectivamente. Considerando la cantidad de puertos de cada central, hipotéticamente, las centrales C tendría 8 IPDSLAM de 800 puertos cada una de ellas, las centrales B y D tendrían 8 y 9 IPDSLAM y las centrales A y C tendrían 7 y 6 IPDSLAM. Las centrales A y E tendrían su ubicación estratégica, al tener su centro en las zonas industriales y comerciales, es por ello que se considera en estas áreas menor densidad de usuarios, ya que son usuarios los cuales son menor en cantidad, sin embargo se ofrecerá un nuevo reto: Serán usuarios a los que se les puede ofrecer un mayor ancho de banda con una mejor calidad de servicio.

Finalmente después de considerar todas las premisas y factores propios de nuestro Modelo así como las consideraciones técnicas de las redes de Acceso de cobre que hemos venido estudiando, la topología final de la red de cobre existente en nuestro Modelo y sobre la que basaremos el diseño de la red GPON VDSL2 se puede resumir como, una red de Repisas DSLAM localizadas en 5 puntos diferentes y de las cuales se extiende Cable de Alimentación hacia 31 diferentes armarios y cada armario distribuye los cables multi-par hasta los gabinetes de distribución, de acuerdo a la distribución de usuarios y tipo de suelo específico. En promedio 4 Gabinetes de distribución son alimentados por cada armario sin que esto sea uniforme. Cada Gabinete de distribución tiene capacidad de alojar 256 pares de cobre que servirán para dar servicio a los usuarios finales, estos forman conexiones tipo estrella hasta el usuario final; a partir de los gabinetes de distribución la implementación general hasta el ATU-R es a través de Postes y pequeñas cajas de distribución. En total Se cuenta con 122 Gabinetes de Distribución para cubrir la Zona Modelo y los poco mas 31000 puertos de servicio Dimensionados.

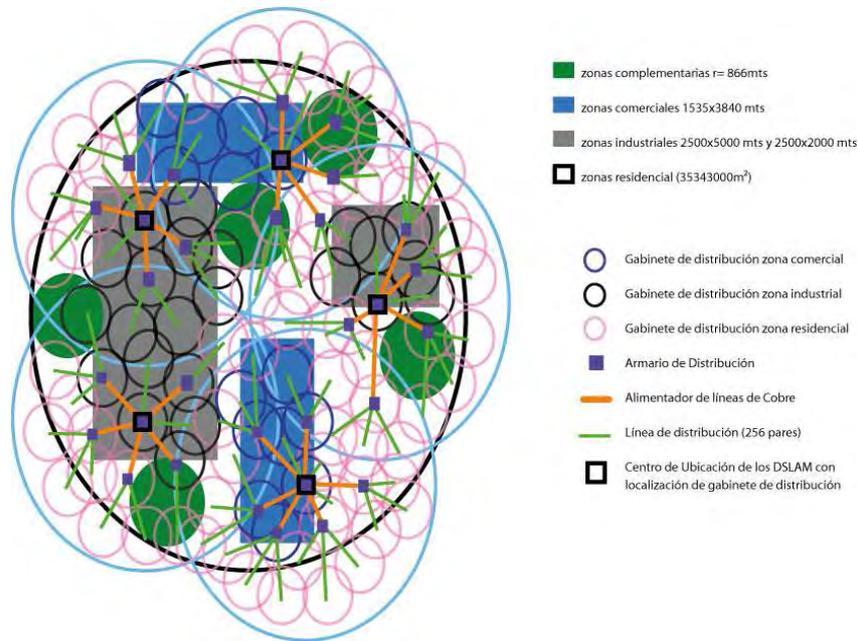


Fig. 8.24 Topología de la Red de Cobre Existente en Zona Modelo con Uso de Suelo Mixto Residencial de la Ciudad de México

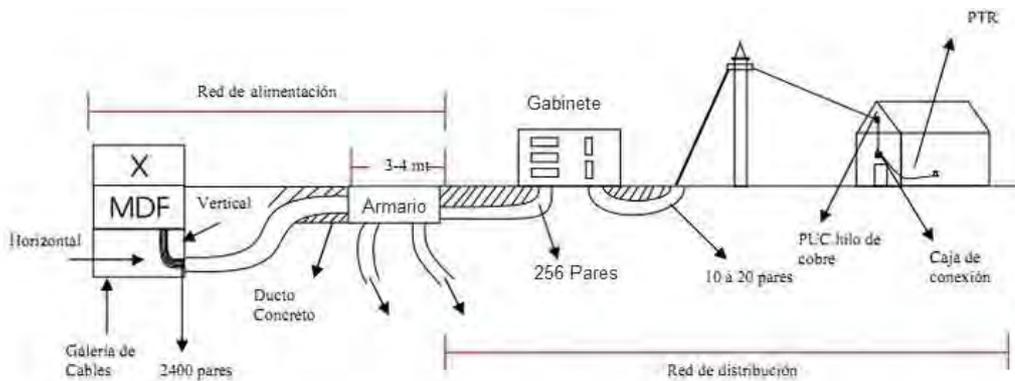


Fig. 8.25 Esquema de la Red de distribución de cobre hasta el usuario Final.

La distribución de cada Central de ubicación de los DSLAM las coloca en una zona de distribución de 3km a la redonda como se describió anteriormente, cada una de ellas conectará a los armarios de distribución para distribuirse a los gabinetes que brindan

cobertura y que hemos definido tienen una capacidad de 256 conexiones con una cobertura de 400m; a partir de ese punto la implementación general hasta el ATU-R será través de Postes y pequeñas cajas de distribución.

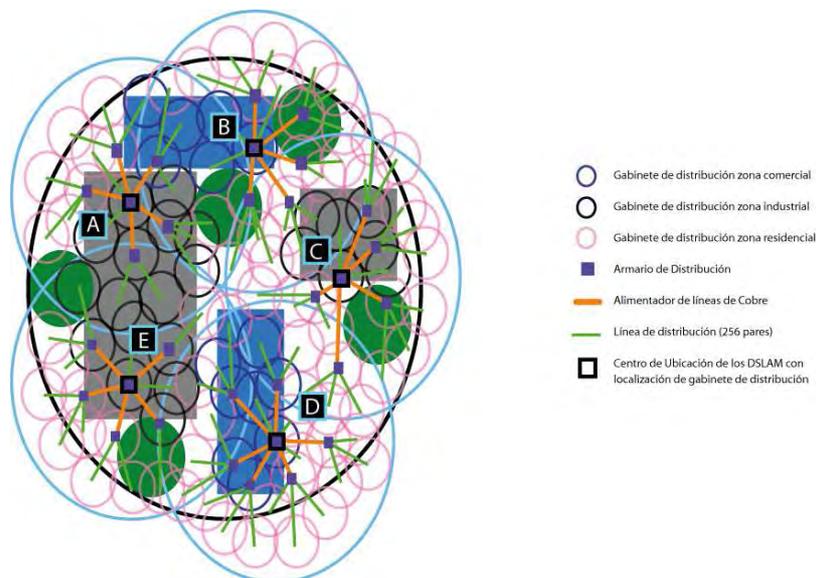


Figura 8.26 Modelo de Red de Distribución

De acuerdo a la figura anterior, la distribución de armarios y gabinetes para cada Central se describe a continuación:

	# Armarios	# Gabinetes Zona Residencial	# Gabinetes Zona Comercial	# Gabinetes Zona Industrial
Central A	6	10	3	9

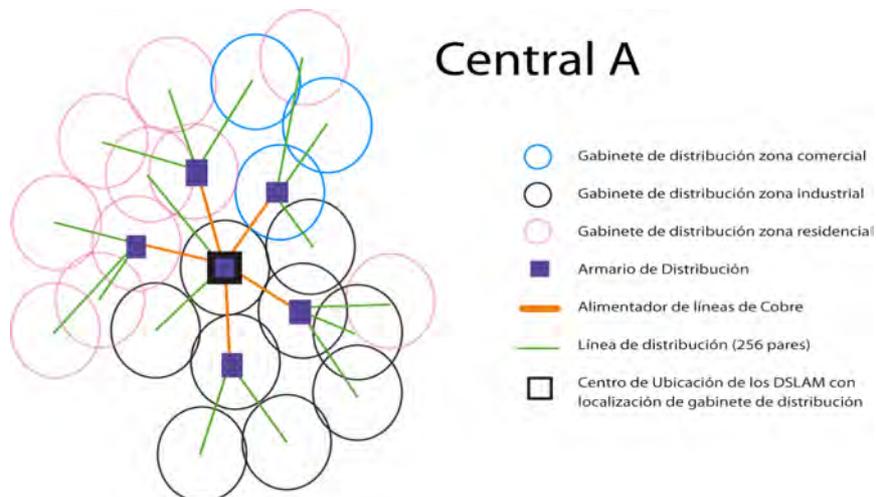


Figura 8.27 Red de Distribución de la Central A.

	# Armarios	# Gabinetes Zona Residencial	# Gabinetes Zona Comercial	# Gabinetes Zona Industrial
Central B	6	18	3	2

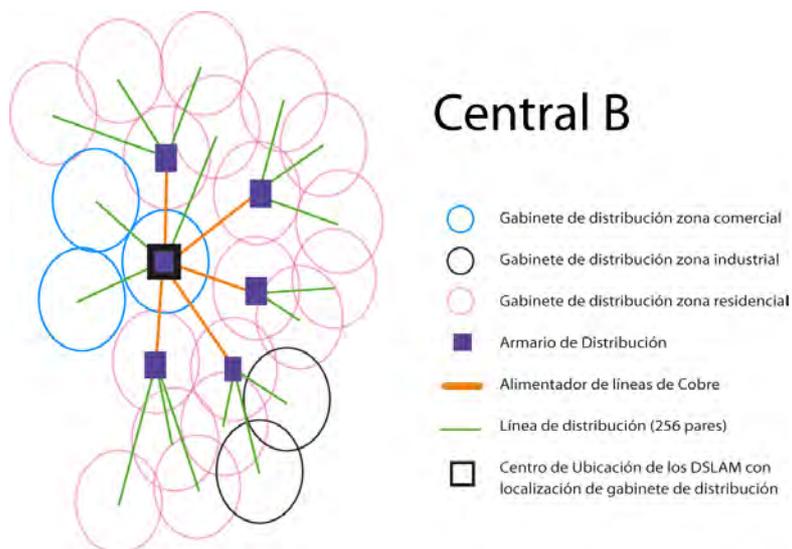


Figura 8.28 Red de Distribución de la Central B.

	# Armarios	# Gabinetes Zona Residencial	# Gabinetes Zona Comercial	# Gabinetes Zona Industrial
Central C	6	17	0	5

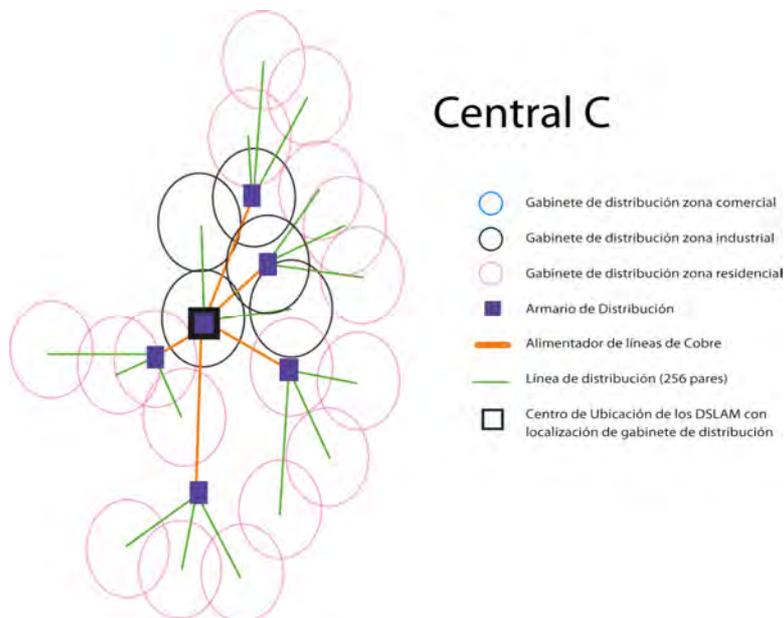


Figura 8.29 Red de Distribución de la Central C.

	# Armarios	# Gabinetes Zona Residencial	# Gabinetes Zona Comercial	# Gabinetes Zona Industrial
Central D	7	19	8	0

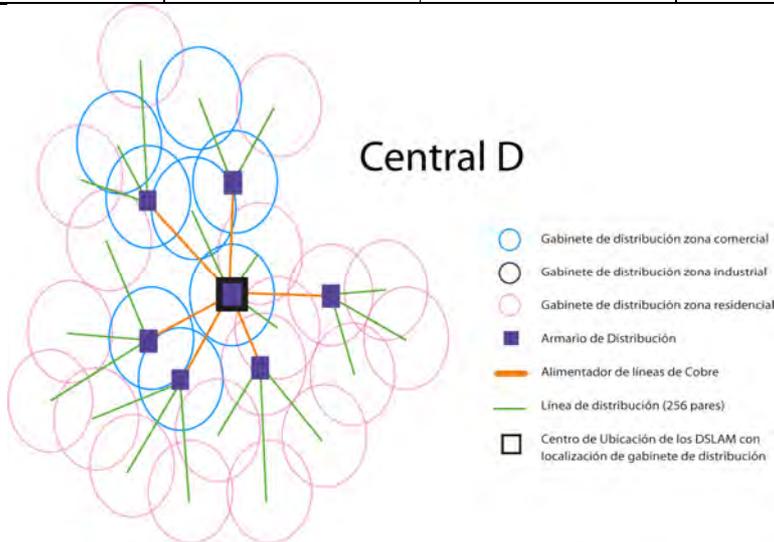


Figura 8.30 Red de Distribución de la Central D.

	# Armarios	# Gabinetes Zona Residencial	# Gabinetes Zona Comercial	# Gabinetes Zona Industrial
Central E	6	11	0	7

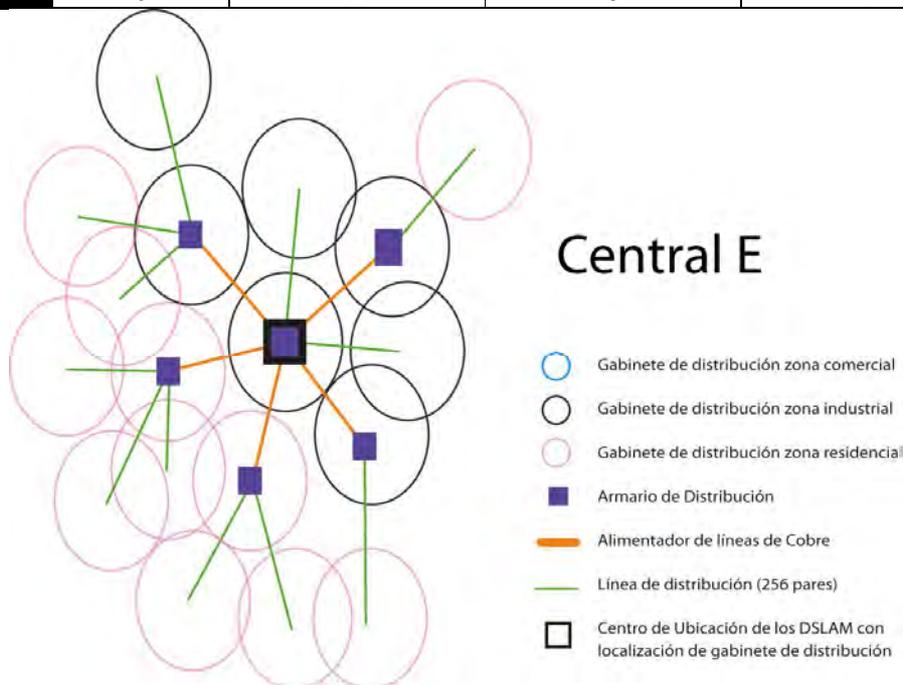


Figura 8.31 Red de Distribución de la Central E.

En resumen la distribución general se describe en la siguiente tabla:

	# Armarios	# Gabinetes Zona Residencial	# Gabinetes Zona Comercial	# Gabinetes Zona Industrial
Central A	6	10	3	9
Central B	6	18	3	2
Central C	6	17	0	5
Central D	7	19	8	0
Central E	6	11	0	7
TOTAL	31	85	14	23
Total Gabinetes			122	

Figura 8.32 Principales características de las redes de distribución de servicios.

8.3.2 Justificación del uso de Carrier Ethernet como tecnología de transmisión de información.

Tomando en cuenta el modelo de la red de cobre propuesto en los puntos anteriores y considerando el equipamiento del mismo (5 centrales DSLAM) se contempla la red de interconexión entre las mismas y el backbone, necesario para ofrecer los servicios contemplados (Interenet, VoIP, Video, IPTV, Gaming, etc)

Metro Ethernet es una arquitectura destinada a suministrar conectividad entre redes metropolitanas. Estas redes soportan gran cantidad servicios y aplicaciones que incluyen soporte de a tráfico de datos en tiempo real (telefonía y video IP). Para la transmisión de información se utiliza como medio típico enlaces de fibra óptica dada su gran capacidad de envío de datos y a grandes distancias. Las velocidades que se manejan típicamente son de 1 Gbps, 2.5 Gbps, 10 Gbps, 40 Gbps y, en la actualidad, ya existen enlaces operando de 100 Gbps

La principal ventaja de utilizar una red de Carrier Ethernet es que se trata de una topología de amplio uso, ya que estas interfaces son las más difundidas para las soluciones de “Networking”, son redes de bajo costo en cuanto a administración, operación y funcionamiento de la red se refiere y los servicios de Ethernet permiten a los usuarios acceder a conexiones de banda ancha a menor costo.

Estas redes de conectividad también facilitan el poder modificar y manipular de una manera más dinámica, versátil y eficiente el ancho de banda a utilizar y la cantidad de usuarios en corto tiempo, lo que se traduce en que es muy sencillo implementar servicios de mayor velocidad con solo realizar cambios en el hardware original de un enlace de Carrier.

Esta facilidad será muy útil cuando se contemplen crecimientos de capacidad de usuarios en la red VDSL, aumento de velocidad y escalabilidad de la misma. El modelo básico de los servicios Ethernet está conformado por una red de transporte MEN (Metro Ethernet network) ofrecida por el prestador del servicio de transmisión de datos;

los usuarios acceden a la red mediante equipo cliente (CE), generalmente se trata de un router, que proporciona la velocidad para el enlace de datos.

8.3.2.1 Modelado de la red de transmisión para equipos de acceso en la Zona con uso de Suelo Mixto.

Se considerará a la central “A” de IPDSLAM como la principal, así como el “agregador” de Carrier Ethernet, dicho agregador será el encargado de conectar a los 5 equipos DSLAM y al BRAS (la función de éste se abordó en el capítulo 6 del presente trabajo) del proveedor del servicio de acceso.

Debido a que la distancia promedio entre las centrales “B”, “C”, “D” y “E” con la central “A” no excede los 3Km, es suficiente establecer solo el enlace de fibras ópticas entre el equipo de Carrier y el DSLAM sin la necesidad de instalar equipos de amplificación óptica, solo contemplar que la interconexión se realizará con módulos ópticos de largo alcance (cuyo umbral de potencia de salida oscila entre los -2 dBm y 0 dBm y una longitud de onda de operación de 1310 nm y una velocidad de 1 Gbps). La figura 8.33 muestra dichas interconexiones.

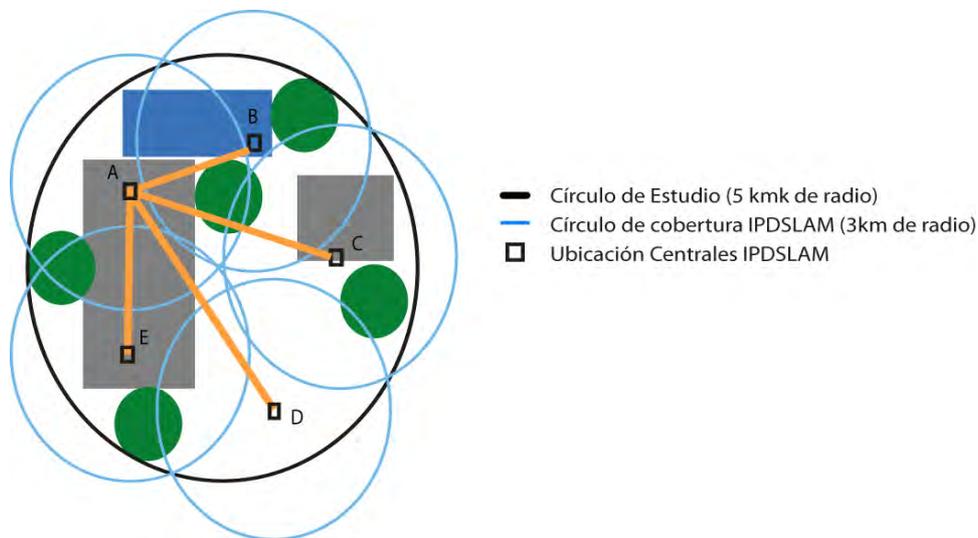


Figura 8.33 Establecimiento de los enlaces de fibra óptica entre centrales DSLAM.

En el caso de los equipos DSLAM que funcionarán en la central “A” es más que suficiente conectarlos al Carrier Ethernet por medio de un enlace óptico de corto alcance, de 850 nm de longitud de onda y una potencia de salida de -5 a -7

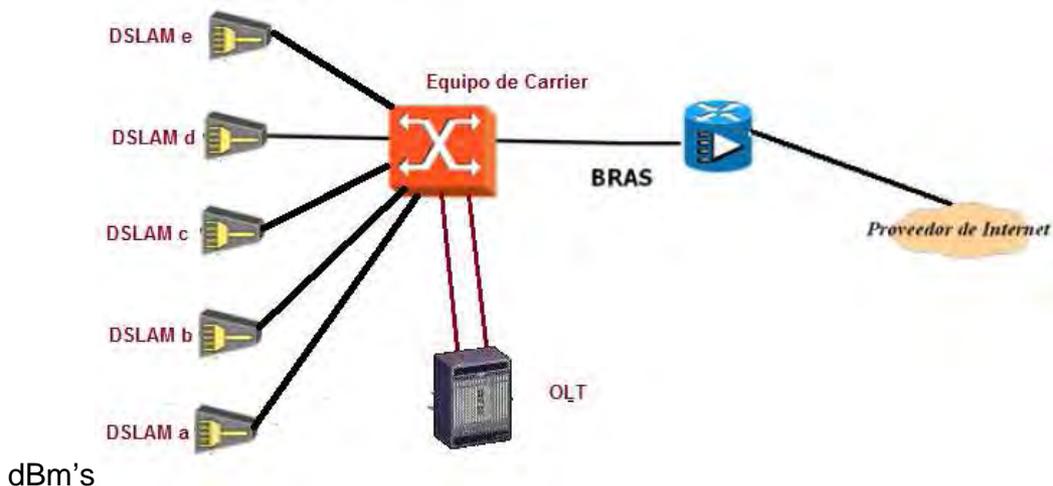


Figura 8.34 Topología general de la red de transporte para conexión de equipos de acceso.

8.3.3 Estructura de la red de acceso ODN.

El área residencial que consideramos ocupa una región de 35.34 km² con 19900 hogares que cuentan con acceso a Internet fijo, para 1 km² tendríamos 507 hogares, dentro de cada Central se tienen instalados los DSLAM que proveen servicios a ese número de hogares. Para el área comercial se considera tener 1500 usuarios y para la zona Industrial alrededor de 2500 conexiones de acceso, 127 usuarios por Km² en ambos casos.

Dado el dimensionamiento de la región y la cantidad de clientes potenciales se considera el uso de un equipo GPON OLT, por lo cual será requerido el despliegue de una red de fibra óptica completa para cubrir las necesidades de los clientes, ya sea que esta llegue hasta los hogares u oficinas, o que ésta se conecte a gabinetes externos o MDU's y realizar las interconexiones pertinentes con las redes existentes para ofrecer servicios de navegación VDSL2.

Para la construcción de la ODN haremos uso de divisores de potencia (splitters) de 1:2, 2:4 y 2:8 para la distribución de la fibra óptica en la calle, escalamiento de la red y entrega del servicio de navegación en zonas con baja densidad poblacional, esto hará una red sencilla y fácilmente operable en el caso de atención de fallas en la misma, como se muestra en la figura 8.35

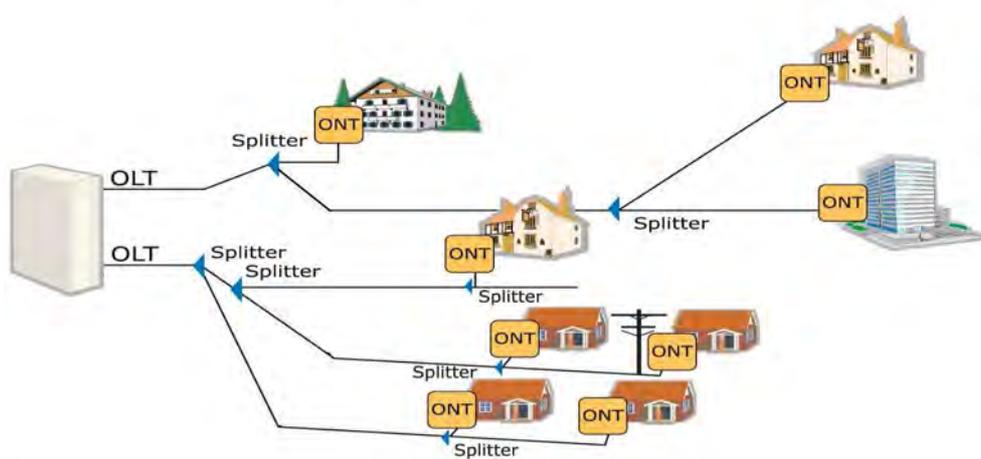


Figura 8.35 Implementación de la ODN haciendo uso de splitters 1:2

La principal desventaja de implementar una red de este tipo es que se requiere el uso de una gran cantidad de divisores de potencia óptico, además que cada uno de ellos ocasiona pérdidas por inserción degradando la señal óptica por lo que los clientes más alejados a la OLT pudiera no asegurárseles un servicio óptico causado por eventuales caídas de potencia en la señal de servicio.

Para simplificar la ODN se hará uso de splitters de 2:4 o de 2:8 en aquellas zonas donde la concentración de clientes sea mayor, con lo cual se reduce la instalación de una mayor cantidad de distribuidores de fibra óptica. Con el uso conjunto de splitters se optimizará la red de forma sustancial. Adicionalmente se proveera a la red con puntos de distribución de fibras opticas(ODF) para hacer traspasos y conexiones La figura 8.36 ejemplifica este diseño de red.

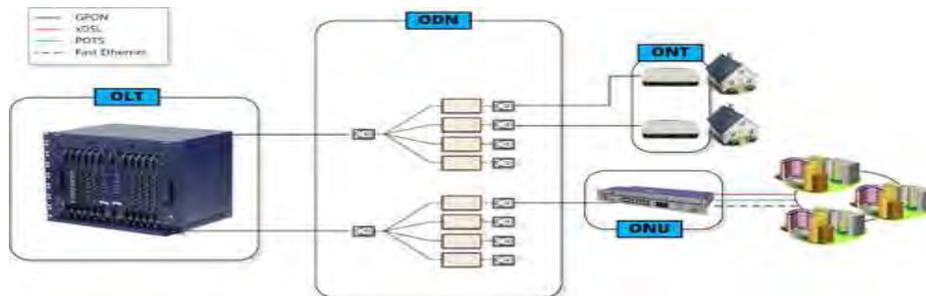


Figura 8.36 Aprovisionamiento de splitters 1:4 en la red GPON

8.3.4 Diseño de la red GPON+VDSL2 como complemento de la red de cobre existente en el Modelo.

Para el diseño de la red de GPON+VDSL2, nos basamos totalmente en la red existente de cobre ya detallada en el apartado 8.3.2 y en la red de transporte existente el apartado 8.3.3. el escenario a implementar es el FTTC para toda la red en la cual ya existe el cobre. Para las áreas nuevas, sobre las cuales aún no existe la red de cobre implementada, se considera utilizar el FTTH. Por lo tanto, partimos de las siguientes consideraciones:

CONSIDERACIONES TÉCNICAS:

- 1.- El IPDSLAM de la central A será la que será sustituida por la OLT, esto es debido a que en esa central es donde se encuentra la conexión a la red de transporte Carrier Ethernet.
- 2.- Las centrales dentro de las cuales se encuentran los IPDSLAM serán desalojadas, en su lugar se instalará al menos un splitter y además un equipo MDU-IPDSLAM que brindará el servicio de VDSL2 a través de la red de cobre ya existente.
- 3.- Cada uno de los armarios existentes en cada una de las regiones, será sustituido por un equipo MDU-IPDSLAM que brindará el servicio de VDSL2 a través de la red de cobre y además al menos un splitter óptico.

4.- Cada uno de los gabinetes existentes en cada una de las regiones, será sustituido por un equipo MDU-IPDSLAM que brindará el servicio de VDSL2 a través de la red de cobre.

5.- Se considera reutilizar la trayectoria existente de cada una de las centrales hacia cada uno de sus distritos, esta trayectoria se encuentra actualmente ocupada por cable de cobre, y se plantea el sustituirla por uno o dos pares de fibras, como parte de la ODN.

6.- El MDU que se plantea utilizar es el RMS-KJ22 con 672 puertos, esto con diferente número de tarjetas de servicios en las ranuras para zonas residenciales, comerciales e industriales puesto que es donde de esta forma se cubre el requerimiento presente y futuro, pues no se plantea a corto plazo, el sustituir el cobre por fibra óptica.

7.- Para zonas completamente nuevas, ya sea residencial, comercial o industrial, se plantea el uso del FTTH o el FTTO, lo que conlleva a la instalación de la fibra óptica hasta el hogar.

8.- Utilizaremos protección tipo B para las zonas residenciales, y protección tipo C para las zonas con cobertura industrial y comercial.

CONSIDERACIONES DE SERVICIOS.

1.- GPON considera 1.25 Gbps de subida y 2.5Gbps de bajada para puerto PON.

2.- VDSL2 perfil 17a es el perfil que se plantea utilizar, alcanzando un máximo teórico de 100M simétricos (subida y bajada). Se plantean tres tipos de servicios:

- Servicio Residencial de Triple-play: hasta 20M de bajada y hasta 10M de subida, se considera únicamente este perfil ya que es considerado como el peor de los casos, pero esto no significa que no existan perfiles de menor capacidad para el servicio residencial. Este servicio al ser de tipo residencial, no asegura un ancho de banda

dedicado para cada usuario, es decir, el ancho de banda se comparte. Se considerará como promedio para este diseño un perfil de 10M de bajada y 5M de subida.

- Servicio Industrial: Servicio de Datos Dedicados: Para los comercios o industrias, se consideran enlaces de 5Mbps, 10Mbps, 20Mbps, para servicios de datos asegurados, VPNs o enlaces empresariales y enlaces de voz, todos estos servicios se consideran a diferencia de los residenciales en donde no se garantiza el ancho de banda, como servicios con calidad de servicio.

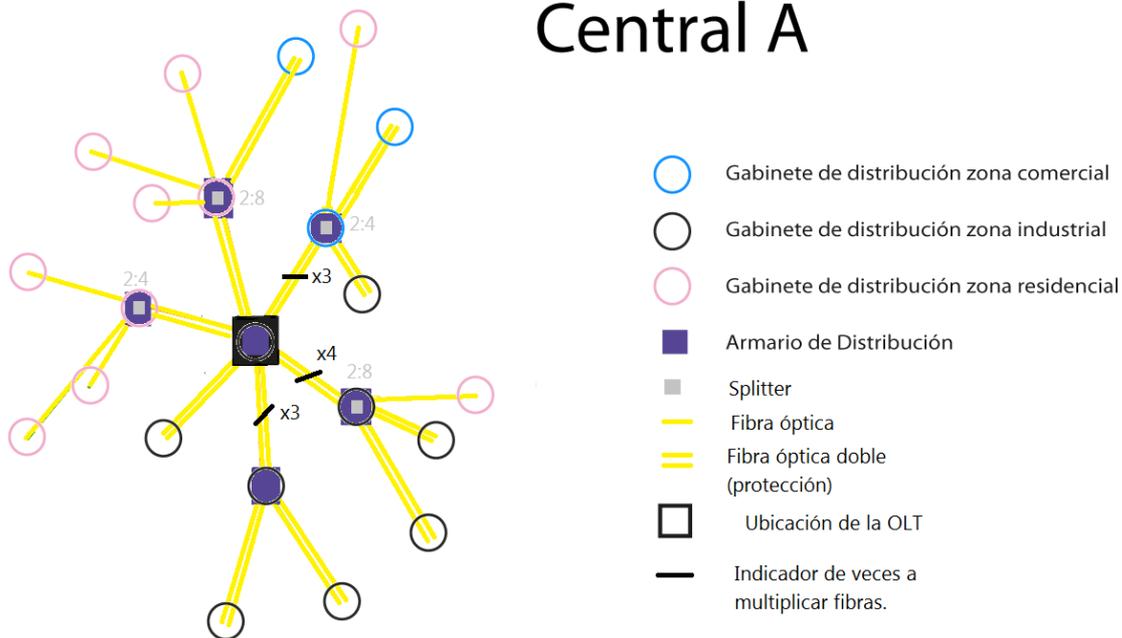
- Servicio Comercial: Servicio de Datos Dedicados + Datos no asegurados: Para las zonas comerciales, se consideran servicios dedicados que serían los mismos que los que se ofrecerán para la zona industrial, pero aunado a eso, se le agregarán los servicios que se ofrecen a nivel residencial, es decir, se considera que un comercio pueda necesitar un servicio de datos asegurado, pero además de ello, el servicio de IPTV no asegurado. Para ello, estaremos proponiendo los mismos perfiles del servicio industrial: 5Mbps, 10Mbps, 20Mbps asegurados mas 20Mbps pero no asegurados.

CONSIDERACIONES CON RESPECTO AL NÚMERO DE USUARIOS:

- Para cada gabinete y/o armario, en zona residencial, se considera 256 usuarios. El ancho de banda en este caso no es asegurado, y será un ancho de banda que se comparta, por lo tanto se consideran 50 Mbps, para cada MDU con 256 usuarios.

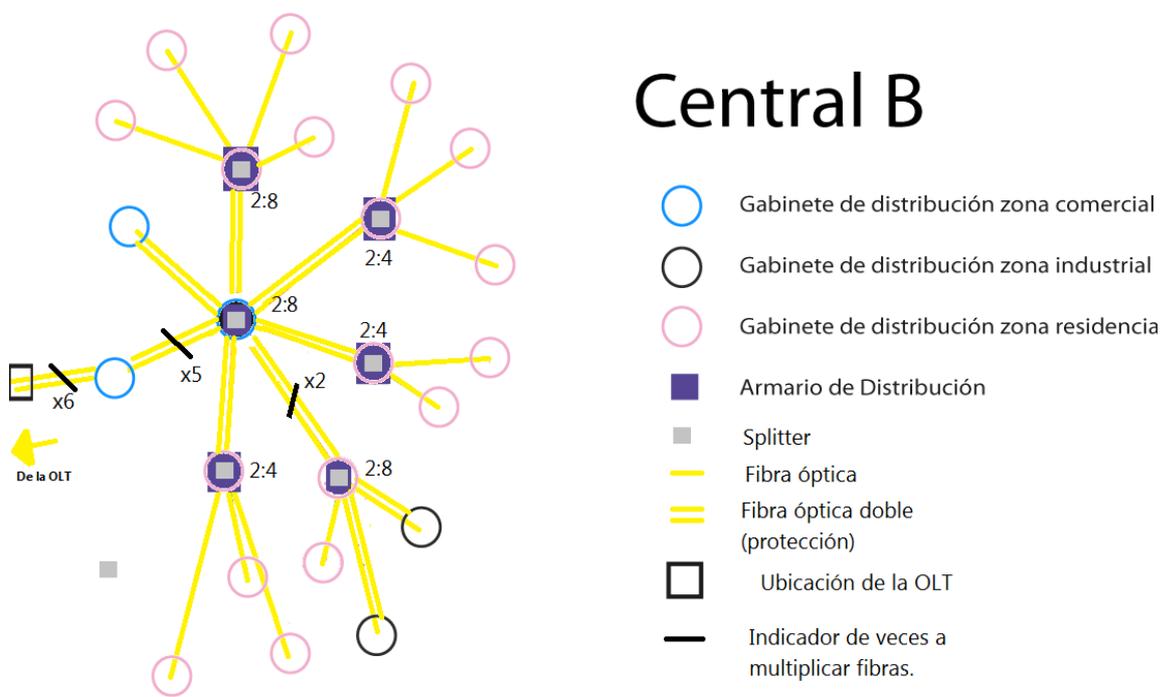
- Para cada gabinete y/o armario en zona comercial o industrial, se consideran 128 usuarios, esto debido a que en estas zonas se encuentra menor densidad de usuarios: Estos 128 usuarios, se consideran con un ancho de banda promedio de 12Mbps por usuario, lo que da un ancho de banda de 1.5 Gbps.

Central A



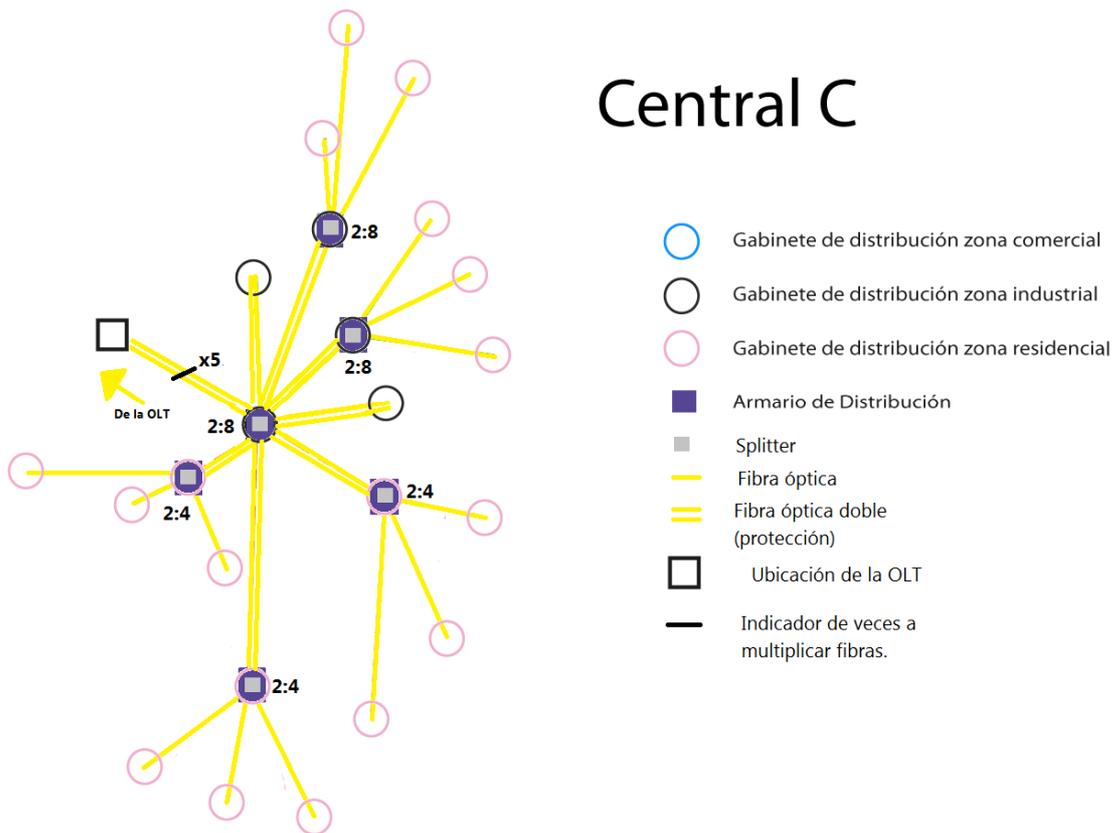
	# Splitters	Puertos PON en la OLT	# MDU Zona Residencial	# MDU Zona Comercial	# MDU Zona Industrial
Central A	3	26	10	3	9

Figura 8.37. Distribución de servicios central A



	# Splitters	Puertos PON en la OLT	# MDU Zona Residencial	# MDU Zona Comercial	# MDU Zona Industrial
Central B	6	12	18	3	2

Figura 8.38. Distribución de servicios central B



	# Splitters	Puertos PON en la OLT	# MDU Zona Residencial	# MDU Zona Comercial	# MDU Zona Industrial
Central C	6	10	18	0	5

Figura 8.39. Distribución de servicios central C

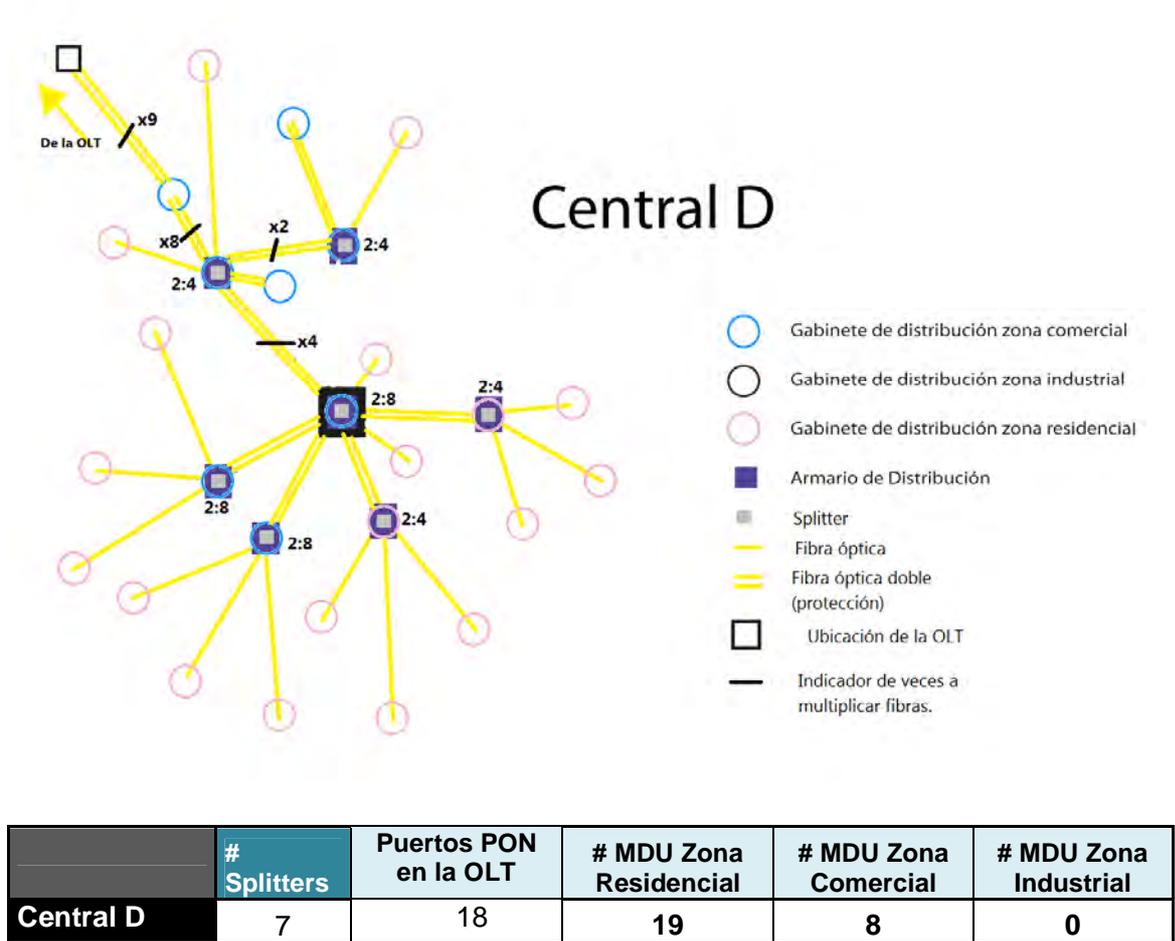
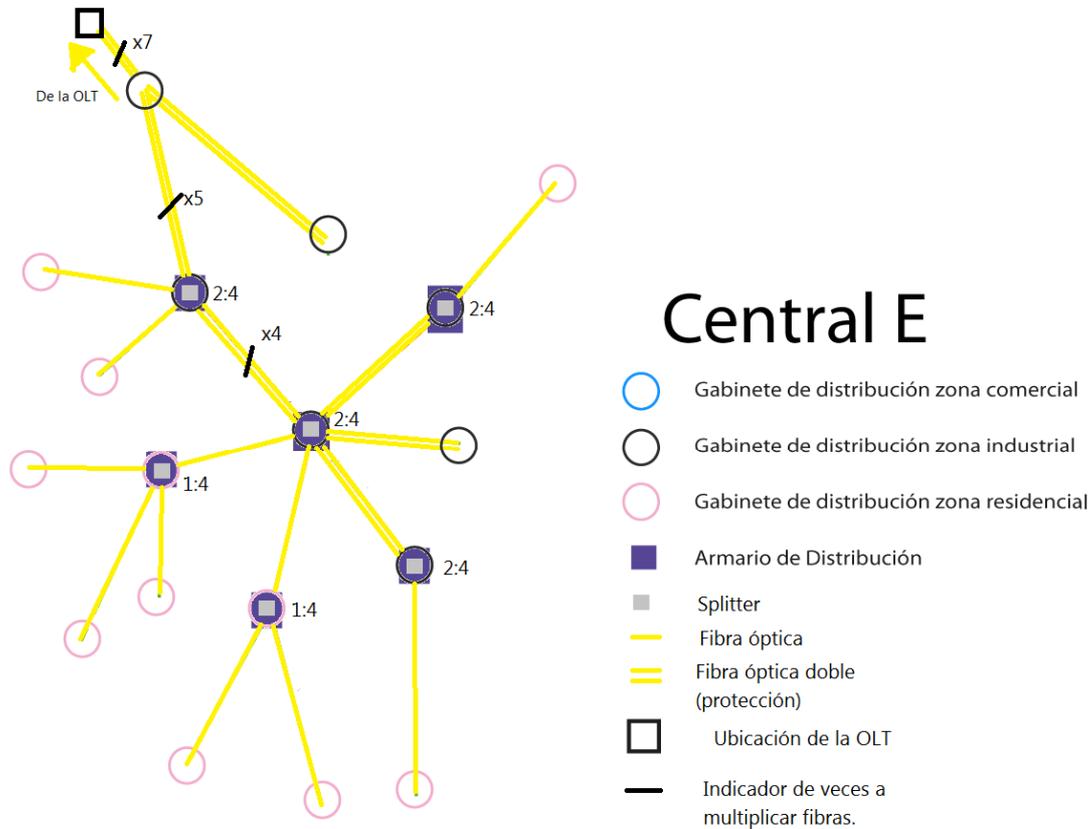


Figura 8.40. Distribución de servicios central D



	# Splitters	Puertos PON en la OLT	# MDU Zona Residencial	# MDU Zona Comercial	# MDU Zona Industrial
Central E	6	14	11	0	7

Figura 8.41. Distribución de servicios central E

En perspectiva para esta implementación de forma Lógica se utilizarían 80 Puertos PON de La OLT, de los cuales 40 se utilizarían para Trabajo y los otros 40 Para los Respaldos, Por lo que para su conexión la OLT se dividirá en 2 mitades en su sección de slots de servicio, considerando una mitad para ser poblada como Trabajo y la otra como respaldo.

Cada Zona seria complementada con algunos DFO (Distribuidores de Fibra Óptica) para poder realizar las conexiones y enrutar las fibras a los diferentes Armarios y locaciones geográficas de acuerdo a las Topologías Previas.

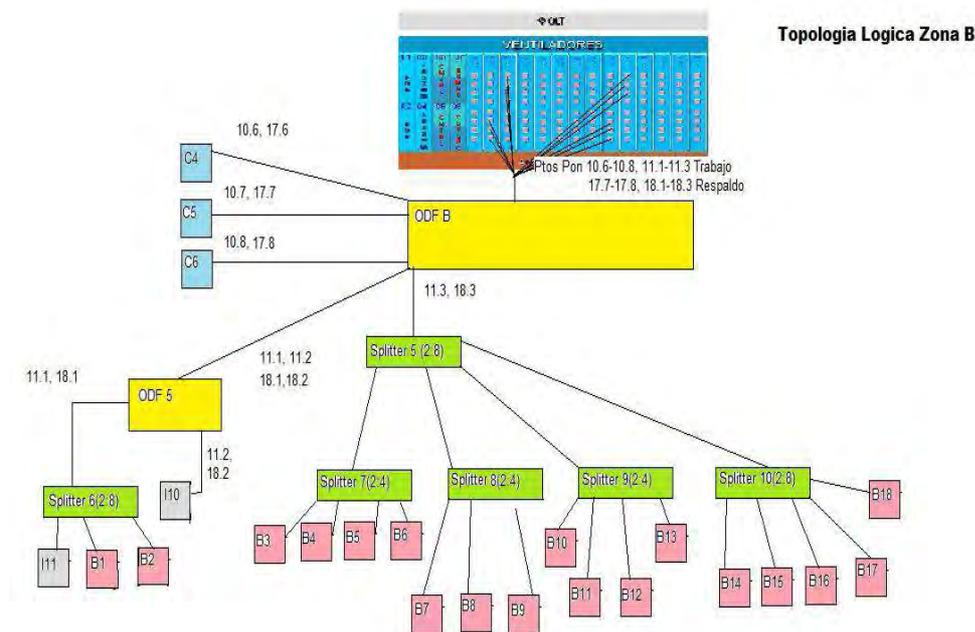


Figura 8.43. Topología lógica Zona B.

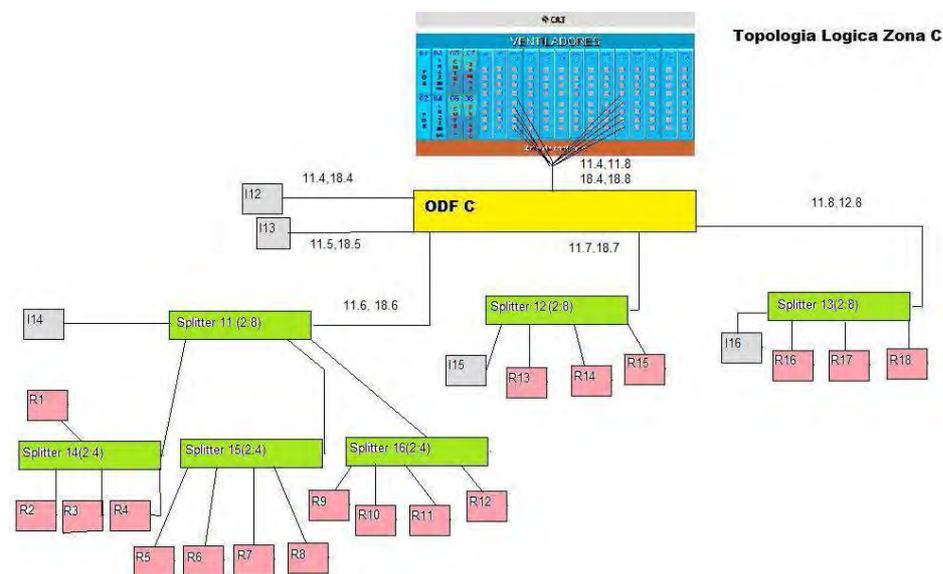


Figura 8.44. Topología lógica Zona C.

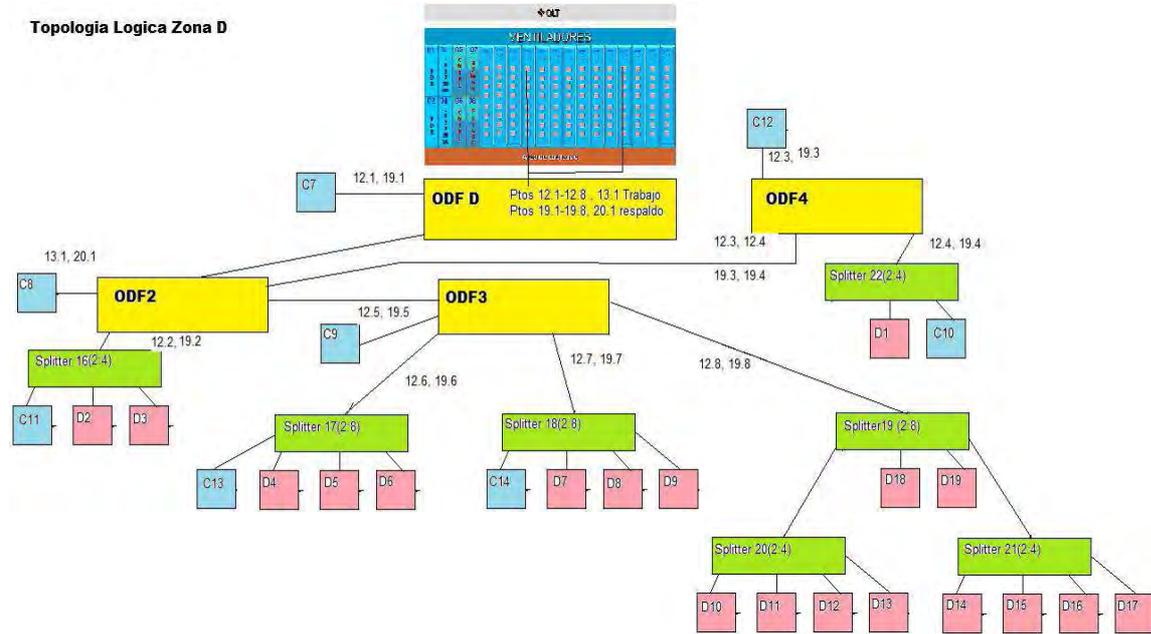


Figura 8.45. Topología lógica Zona D.

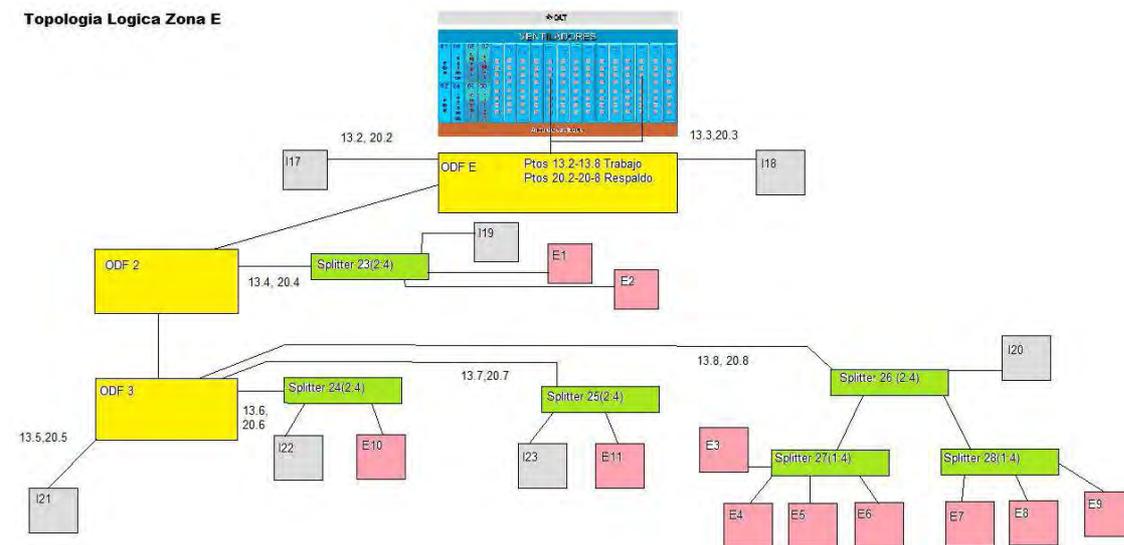


Figura 8.46. Topología lógica Zona E

8.3.5 Ventajas de la implementación GPON+VDSL2 en nuestro modelo.

Debido a que la red actual de cobre está casi a su máxima capacidad, y para satisfacer un mercado que demanda más ancho de banda, que la red de cobre por sí sola no es capaz de cubrir, se propone el diseño de una red que pueda satisfacer la demanda de ancho de banda actual y que a futuro sea escalable.

El hecho de implementar la tecnología GPON+VDSL2 en la topología de la red de acceso propuesta implicará desplegar enlaces de fibra óptica desde la OLT hasta las centrales “b”, “c”, “d” y/o “e”, y equipando a las repisas DSLAM con tarjetas de servicio VDSL y tarjetas de enlace PON, se puede ofrecer a los usuarios un incremento de velocidad de internet hasta de 100 Mbps. Para la central “a” se puede realizar el mismo reequipamiento, aunque aquí solo bastaría sustituir las fibras conectadas al Carrier Ethernet por fibras a la OLT.

Para aquellos usuarios demasiado alejados de las centrales DSLAM principales (distancias superiores a 1,500 metros), entonces se contemplará la instalación de MDU's junto a los gabinetes de distribución de cableado y realizando las interconexiones pertinentes se podrá dar el incremento de velocidad para estos clientes.

Se tendrían 16 slots libres en la OLT, con lo que en zonas residenciales, primero se podrá satisfacer la demanda actual de 19900 usuarios, segundo cubrir la demanda a mediano plazo de hasta 31000 usuarios, y para las zonas comerciales e industriales se tendrían menos slots pero con un mayor ancho de banda.

El implementar una red GPON+VDSL2 implica una importante inversión económica para el nuevo equipamiento de los nodos de acceso y transmisión pero se pueden ofrecer soluciones de mayor navegación a los clientes a corto plazo, una vez que se reutiliza toda la red de cobre existente.

En contraparte a la inversión, la instalación es más sencilla al tener que llevar muchos menos cables y de menor tamaño hasta cada OLT, sin contar con que la fibra óptica es

más económica que el cable Ethernet y los costos de mantenimiento son también menores, debido que únicamente a la OLT se le daría mantenimiento, y la durabilidad de los equipos es de unos 10 años. Tomando en cuenta que la red es mucho más sencilla, no es necesario cambiar el cable de fibra óptica para conseguir velocidades superiores en un futuro.

8.3.6 Escalabilidad.

Tomando en cuenta que la población va en aumento cada año, y con ello el diseño de la red debe cubrir la demanda de ancho de banda actual y a futuro se tendrían 3 posibles escenarios.

- Corto Plazo.- Se tendrían 50794 líneas de abonado libres en total por las 122 MDU's, para compensar el crecimiento de nuevos edificios y zonas complementarias. Además se tendrían 32 puertos PON libres en la OLT para FTTH o nuevos MDU.
- Mediano plazo: Para evitar la saturación de la OLT se puede escalar la velocidad de transmisión de 2.5 Gbps a 10 Gbps, por lo que se requiere equipar al agregador de Carrier Ethernet con tarjetas que manejen este tipo de enlaces y módulos ópticos a esta velocidad en éste y en la OLT, además de cambiar el módulo óptico de los puertos PON conectados a las MDU's que manejen velocidad de datos de 10 Gbps la evolución de 10 GPON sería la vectorización VDSL2, sin necesidad de aumentar el número de OLT's .
- Largo Plazo.- Cuando se llegaran a terminar los 14 slots disponibles en las OLT's, se pueden instalar nuevas OLT's sin necesidad de modificar el diseño de la red implementada.

CONCLUSIONES

Este trabajo concluye de forma satisfactoria debido a que se logra planear y diseñar una red de acceso fijo de alta velocidad basados en la solución GPON + VDSL2 (FTTB, FTTC) con base en una eficiente planeación que permite la implementación óptima en una zona con uso de suelo mixto de la ciudad de México. En adición nuestro diseño incorpora grandes ventajas que benefician a todos los interesados en la red de acceso, ya que nos permitió re utilizar a través de la tecnología de VDSL2 la sección de acceso de cobre que previamente se utilizaba con los servicios ADSL2+, lo cual nos brinda una gran ventaja, ya que se reutiliza la infraestructura de cobre ya existente, ahorrando costos de instalación.

Si bien la distribución actual de los servicios de telefonía, video y datos de los principales proveedores en México es suficiente para las cubrir las necesidades actuales, la población demanda conexiones de acceso a Internet eficientes, de alta velocidad y de bajo costo, además de que hoy en día los servicios de voz, video y datos aumentan y requieren mayores anchos de banda. El sector industrial y empresarial requieren también accesos a la red para entablar y hacer crecer sus negocios. Sumamos a eso que hoy en día se tienen diferentes redes para ofrecer servicios empresariales y residenciales, además de que los precios para las conexiones de alta velocidad aún son demasiado elevados y las redes de telecomunicaciones para servicios DSL no han sido explotadas adecuadamente. Es por ello que se propuso el diseño de una red de acceso de alta velocidad, para ofrecer servicios de alta velocidad haciendo uso de estándares de acceso como el VDSL2 y el GPON que, aunque se trata de una tecnología óptica, es adaptable con la primera.

Un gran reto que se cumplió en este trabajo fue considerar la necesidades particulares de una región de uso de suelo mixto, donde las demandas de los usuarios no son las mismas, esta situación se solucionó con la modularidad del diseño que divide la zona de cobertura en microrregiones capaces de ser cubiertas con VDSL2 (Radios de 400 metros), de esta forma cada micro región puede ser distinguida y caracterizada de acuerdo al requerimiento geográfico particular.

En nuestro diseño consideramos algunas premisas de distinción entre usuarios residenciales, comerciales e industriales que conviven en suelo mixto. Se contempló la gran cantidad de usuarios concentrados en regiones residenciales con necesidades de servicios pero sin compromiso de mantener el nivel de alto consumo todo el tiempo, perfilando estas regiones como mejor esfuerzo; mientras que las zonas comerciales e industriales requieren menos puntos de conexión pero con mayor capacidad de ancho de banda garantizado, por lo que se les perfiló con redundancia, debido a la gran importancia que cobra la disponibilidad de la red para algunos negocios. La solución aquí descrita considera esta necesidad en sus perfiles e infraestructura, ambas se incluyeron optimizando la solución en global.

Nuestro diseño logró representar una solución óptima para facilitar la implementación de servicios de mayor ancho de banda en una zona con uso de suelo mixto residencial de la ciudad de México, sin embargo ésta es altamente generalizable y los principios de diseño se pueden retomar para el diseño e implementación de redes GPON+VDSL2 en otras regiones del país con características de uso de suelo similares.

La Red GPON+VDSL2 considera el crecimiento y la diversificación de los servicios que se pueden ofrecer a través de las redes de banda ancha, lo que en términos técnicos se traduce en mayor demanda de ancho de banda por usuario; por lo que los equipos planeados para utilizar en nuestro diseño permitirían el crecimiento en términos de ancho de banda para cada usuario final, cuyo límite tecnológico sería el de VDSL2(100Mbps), pero que debido a la base de GPON utilizada puede remplazarse de forma práctica por componentes ópticos y ofrecer en un futuro FTTH como segunda fase de crecimiento de la Red.

En términos de crecimiento el dimensionamiento de los equipos y de la red en general permitiría en todas sus secciones la adición de nuevos usuarios debido a que se tomó en cuenta la tasa de crecimiento de mercado, y la mayoría de los equipos tienen la posibilidad de ser escalados a corto plazo porque se cuentan con puertos libres para un crecimiento inmediato. En términos de mediano plazo el crecimiento de los MDU y terminales están contemplados con puertos libres en los splitters y nuevos puertos

PON disponibles en la OLT, y a largo plazo se contempla la escalabilidad de los puertos de enlace de la OLT así como el estudio de nuevas tecnologías como 10GPON y VDSL2 Vectorización que seguirán manteniendo vigente la estructura propuesta. Por lo anterior nuestra red está preparada para satisfacer las expectativas de demanda y crecimiento presentes y a futuro de manera óptima.

El diseño de nuestra red se basa en las desventajas que puede traer el instalar una red completa FTTH en una zona donde ya existe cobre instalado, ya que el FTTB/FTTC permiten el acercamiento hasta el usuario con fibra óptica, pero evitando los costos de cambiar también la red interna del usuario final lo cual sería una desventaja del FTTH. Sin embargo, solo para aquellas zonas donde aun no existe la infraestructura de cobre, y se va a instalar una red completamente nueva, se recomienda implementar el FTTH, puesto que esta aplicación es totalmente compatible con el FTTB/FTTC.

Otro de los problemas que soluciona nuestro diseño, es que en la actualidad, se cuenta con redes independientes para brindar los servicios empresariales e industriales y por otro lado la red de cobre para servicios residenciales. Con nuestro diseño se unifican ambas redes en una red óptica pasiva, la cual brindará servicios tanto empresariales e industriales, como residenciales, sin la necesidad de invertir en equipo o infraestructura extras.

Finalmente nuestro trabajo de diseño cumple con los resultados esperados y puede ser una propuesta viable escalable y generalizada para la zona de uso de suelo Mixto de cualquier región, además de que puede sentar guía para tomar criterios de diseño e implementación de una red GPON+VDSL2 en general. La solución propuesta con GPON+VDSL2 en zonas de uso de suelo mixto permite reincorporar las redes de acceso fijas a la competencia con las redes móviles, al abrir las puertas para la diversificaciones de nuevos y más atractivos servicios para todo tipo de usuarios dentro de la región.

GLOSARIO.

ADSL: Asymmetric Digital Subscriber Line o Línea de abonado digital asimétrica

AG: Access Gateway

Ancho de Banda: En Internet se denomina ancho de banda de una conexión a la cantidad de información o de datos que se puede transmitir a través de esa conexión en un período de tiempo dado. Por lo general se indica en bits por segundo (bps), kilobits por segundo (Kbps), kilobytes por segundo (KBps) o megabits por segundo (Mbps). La equivalencia entre estas diferentes medidas es la siguiente: 4.096.000 bps = 4.096 kbps = 512 KBps = 4 Mbps. El valor de KBps se obtiene dividiendo el valor de kbps entre 8 ya que 8 bits = 1 byte.

ANSI: Instituto Americano de Estándares Nacionales o American National Standards Institute.

ASP (Application service provider). Proveedor de Servicios y aplicaciones

ATM: El *Modo de Transferencia Asíncrono (ATM - Asynchronous Transfer Mode)* proporciona un método de transporte flexible que puede adaptarse a la voz, al vídeo y a los datos. ATM dispone de un mecanismo para conmutar unidades de datos a través de las redes. A diferencia de los protocolos de conmutación de paquetes, que transmiten unidades de datos de tamaño variable, ATM opera con una unidad de datos de tamaño fijo denominada *celda*. Al estandarizar el tamaño de la unidad de datos, la eficiencia de los conmutadores aumenta significativamente. ATM es el protocolo de transmisión de la *RDSI-B (Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha)* o *B-ISDN*. Es capaz de alcanzar velocidades de 155 Mbps, e incluso de 600 Mbps.

ATU-C.- Acces Terminal Unit Central , Unidad Terminal de Acceso- Central

ATU-R.- Acces Terminal Unit Remote, Unidad Terminal de Acceso- Remoto

BFD (Bidirectional forward detection).- Detección de reenvío bi-direccional

BROADCAST: Es una forma de transmisión de información donde un nodo emisor envía información a una multitud de nodos receptores de manera simultánea, sin necesidad de reproducir la misma transmisión nodo por nodo.

CBU: Unidad Backhaul celular, por sus siglas en inglés **Cellular Backhaul Unit**.

CDSL: Consumer Digital Subscriber Line o Línea de Consumidor DSL

DMT: Discrete Multitone modulation, modulación de tono discreto

DSL: Digital Subscriber Line o línea de abonado digital

DSLAM: Digital Subscriber Line Access Multiplexer, Multiplexor de Acceso de Línea de abonado digital

DSL Phantom Mode: DSL modo Fantasma

DVB (Digital video broadcasting): Radiodifusión de Video Digital

DWDM: Es el acrónimo, en inglés, de *Dense wavelength Division Multiplexing*, que significa *Multiplexación por división en longitudes de onda densas*. DWDM es una técnica de transmisión de señales a través de fibra óptica usando la banda C (1550 nm) Con DWDM se consigue un mayor número de canales ópticos reduciendo la dispersión cromática de cada canal mediante el uso de un láser de mayor calidad, fibras de baja dispersión o mediante el uso de módulos DCM "Dispersion Compensation Modules". De esta manera es posible combinar más canales reduciendo el espacio entre ellos. Actualmente se pueden conseguir 40, 80 o 160 canales ópticos separados entre si 100 GHz, 50 GHz o 25 GHz respectivamente.

EIA: Alianza de las Industrias de Electrónica o Electronic Industries Alliance

END- TO-END: Término coloquial que se emplea para describir redes completas desde el usuario final hasta los proveedores de servicio.

FDM: Frequency Division Multiplexer, multiplexación por división de frecuencia

FEXT: Far-end crosstalk

Frecuencia: Número de ciclos de la onda por unidad de tiempo.

FRR: Fast reroute

FTTB: Fibra hasta la acometida del edificio, por sus siglas en inglés ***Fiber to the building***

FTTC: Fibra hasta la cabina, por sus siglas en inglés ***Fiber to the curb***

FTTH: Fibra hasta el hogar, por sus siglas en inglés ***Fiber to the home***

FTTN: Fibra hasta el nodo, por sus siglas en inglés ***Fiber to the node***

GEM: Método de encapsulación GPON, por sus siglas en inglés ***GPON Encapsulation Method***.

GFP: Procedimiento de entramado genérico, por sus siglas en inglés ***Generic Framing Procedure***.

GPON: Red Pasiva Óptica de Gigabyte, por sus siglas en inglés ***Gigabit Passive Optical Network***.

HDSL: High bit rate Digital Subscriber Line o Línea de abonado digital de alta velocidad binaria

ISDL: ISDN Digital Subscriber Line de o ISDN la Línea del Subscriptor Digital

IGMP (Internet group multicast protocol: Protocolo de Manejo de Grupos de internet

IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers. Instituto de Ingenieros Eléctricos y electrónicos

Internet - INTERconnected NETWORKS

IPTV: Internet Protocol Television: Televisión por Protocolo de Internet.

ISO: Organización Internacional para la Estandarización o International Organization for Standardization.

ISP: Internet service provider

ITU: International Telecommunication Union. Unión Internacional De Telecomunicaciones UIT.

Kbps: Kilobits por segundo .

Longitud de onda.- Distancia entre dos valores de amplitud máxima de la onda

LOS: Línea de Vista, por sus siglas en inglés ***Line of Sight***.

LTE: Evolución de largo alcance, por sus siglas en inglés **Long Term Evolution**.

Mbps: Megabits por segundo

MDF: Main Distribución Frame, Repisa de Distribución principal, Dispositivos que permiten la agrupación y distribución de señales a través de proveer diversos puntos e interfaces de conexión.

MDU: Multi Dweling Unit, Termino que se utiliza para equipos diseñados para proveer acceso a múltiples usuarios en la misma localidad o para cajas con diferentes tecnologías en diferentes interfaces.

MGC: Media Gateway Controler

Modulación CAP (Carrierless Amplitude and Phase Modulation).- Modulación por Amplitud de Fase sin Portadora

Modulación DMT (Discrete multi-tone modulation): Modulación por Multitono Discreto

NEXT: Namely Near-end crosstalk

nPVR: Network PVR

OAM: (Operation Administration and Maintenance) Operación Administración y Mantenimiento

OLT: Optical line terminal o terminal de línea óptica

ONT: (Optical Network Units) Unidades de red óptica

PLOAM: Physical Layer Operations u operadores de la capa física

PON: Red Pasiva Óptica por sus siglas en inglés ***Passive Optical Network***.

POTS/PSTN: Plain Old Telephone Service/Public Switched Red de Telefonía Publica conmutada

PVR: Personal video recorder

QAM: Quadrature Amplitude Modulation, modulación por amplitud de cuadratura.

QoS: Quality of service

RADSL: Rate-adaptive digital subscriber line o Línea de Abonados Digital de Tasa Adaptable

RTCP: RTP Control Protocol.

RTP.- Real-Time Transport Protocol.

SDSL: Symmetric Digital Subscriber Line o Línea Simétrica Del Suscriptor Digital

SIP: Session Initiation Protocol

SPLITTER: Divisor Óptico, Dispositivo que divide uniformemente señales de entrada ente múltiples puertos de salida, o en sentido contrario agrupa las señales ópticas de múltiples puntos en una sola salida

STB (Set-top_box): Aparato que se coloca encima del televisor

TCP/IP: Las siglas TCP/IP se refieren a un conjunto de protocolos para las comunicaciones de datos. Este conjunto toma su nombre de dos de sus protocolos más importantes, el protocolo TCP (Transmission Control Protocol o Protocolo de Control de Transmisión) y el protocolo IP (Internet Protocol o Protocolo de Internet).

TDM: (Time Division Multiplexing) Multiplexación por división de tiempo.

TDMA: La multiplexación por división de tiempo (*Time Division Multiple Access* o TDMA) es una técnica que permite la transmisión de señales digitales y cuya idea consiste en ocupar un canal (normalmente de gran capacidad) de transmisión a partir de distintas fuentes, de esta manera se logra un mejor aprovechamiento del medio de transmisión. El Acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) es una de las técnicas de TDM más difundidas.

TIA: Asociación de la Industria de Telecomunicaciones o Telecommunications Industry Association

TRIPLE PLAY: Conjunto de servicios de banda ancha conformado principalmente por voz, datos y video.

UDP: User Datagram Protocol.

UIT: Unión Internacional de Telecomunicaciones conocida también como ITU, International Telecommunications Union, por sus siglas en inglés.

UIT-R: Sector de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones

VDSL.- Very high bit-rate Digital Subscriber Line o Línea de Abonados Digital de Tasa Muy Alta.

VDSL2: Very High Bit Rate Línea de Abonado Digital Generation 2

VDSL2 NT: Terminación de Red de VDSL2, por sus siglas en inglés **VDSL2 Network Termination.**

VoIP: Voz sobre protocolo de Internet (IP)

VPN: Red Privada Virtual

VTU-R: Terminal Remota de la Unidad Transceptora VDSL, por sus siglas en inglés

VDSL Transceiver Unit - Remote Terminal.

XDSL: Se conoce como xDSL a la familia de tecnologías de acceso a Internet de banda ancha basadas en la digitalización del bucle de abonado telefónico

WDM: La multiplexación por división de longitud de onda (WDM, del inglés *Wavelength Division Multiplexing*) es una tecnología que multiplexa varias señales sobre una sola fibra óptica mediante portadoras ópticas de diferente longitud de onda.

WiMAX: Interoperabilidad mundial para acceso por microondas, por sus siglas en inglés ***Worldwide Interoperability for Microwave Access***

WLAN: Redes de área local inalámbrica

WMAN: Redes de área metropolitana inalámbrica

WPAN: Redes de área personal inalámbrica

WWAN: Redes de área amplia inalámbrica

Bibliografía.

Libros

- ✓ Akujobi C. M. y Sadiku, M. N, (2008) Introduction to Broadband Communication Systems, Texas, Estados Unidos: Chapman & Hall/CRC
- ✓ Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión (2013) *Ley Federal de Telecomunicaciones*. México. Congreso de los Estados Unidos Mexicanos.
- ✓ Cameron Debra, Optical Networking, A Wiley Tech Brief, New York USA, John Wiley & Sons
- ✓ Cárdenas de la Peña, E. (1987), *El telégrafo (p. 30)*. México: Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
- ✓ Cherry, S., Edholm's law of bandwidth Spectrum, Estados Unidos, IEEE
- ✓ DWIVEDI, Y. H. (2008) *Consumer adoption and usage of Broadband*, Estados Unidos: IRM Press.
- ✓ España Boquera, M. (2003) *Servicios Avanzados de Telecomunicación*. España, Ediciones Díaz de Santos S.A. de C.V.
- ✓ Hecht, E. (2000). *Óptica*. España. Addison Wesley Iberoamérica.
- ✓ Large, David & Farmer, James. 2009 Broadband cable access Networks: the HFC Plant. Burlington, Massachusetts : M. Kaufmann c 2009
- ✓ López García, J. (2010). *¿Cómo mejorar la velocidad de navegación en Internet?* España. Eduteka
- ✓ Marchukov, Y. (2011) *Desarrollo de una aplicación gráfica para el diseño de infraestructuras FTTH*. España, Universidad Politécnica de Valencia.
- ✓ Martínez, E. y Serrano, A. (2000). *Fundamento de Redes y Telecomunicaciones*. Paperback: España
- ✓ Mendoza Vargas, H. (2013) *El territorio y la innovación: la red telegráfica mexicana, 1850-1910*. México: Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM.
- ✓ Metsälä, Esa & Salmelin, Juha; *Mobile Backhaul* ; John Wiley & Sons ; 2012 ; United Kingdom.
- ✓ Morales Blanco, L. (2007) *La telefonía en México 1878-1930*. México: Sindicato Nacional de Telefonistas de México.
- ✓ M.P. Clark, Network and Telecommunications, Design and Operation, New York USA, John Wiley & Sons
- ✓ Nokia Siemens Networks (2007). *Broadband Access for All- A Brief Technology Guide*. Nokia Siemens Networks: Finlandia.

-
- ✓ O'Driscoll, Gerard (2008) Next Generation IPTV services and Technologies. Wiley: New Jersey USA.
 - ✓ Pearson, M. (2010) *WDM-PON: a viable alternative for next generation FTTP*. FTTH Prism Magazine, USA.
 - ✓ Ramirez Diaz, M. (2009) Tesis que para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Administración: *Propuesta de cambio organizacional de una empresa de Telecomunicaciones en México*. México, Instituto Politécnico Nacional.
 - ✓ Secretaría de Gobernación (2013, 23 de septiembre) Estatuto Orgánico del Instituto Federal de Telecomunicaciones. En: *El Diario Oficial de la Federación*, p1.
 - ✓ Torres Nieto, Á. (2007). Telecomunicaciones y telemática: de las señales de humo a las redes de información y a las actividades por Internet. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.
 - ✓ Valdés Quintana, M (2012) *Análisis del impacto económico del despliegue de la banda ultra ancha y alternativas político-económicas para incentivar y regular su implantación*. España, Universidad Carlos III de Madrid.
 - ✓ Weinstein, Stephen, Luo, Yuanqui & Wang, Ting ; *Passive Optical Networks, Enhancing the last mile access* ; John Wiley & Sons ; 2012 ; United States of America

Reportajes de Artículos o Revistas

- ✓ Alcatel Lucent®, VDSL2 Vectoring, GET TO FAST, FASTER, (En línea) Consultado el 02 de diciembre de 2013, disponible en: <http://www.alcatel-lucent.com/solutions/vdsl2-vectoring>
- ✓ Academia Mexicana de Ingeniería (1989). Mesas Redondas sobre: Metrología y normalización en la electrónica y las telecomunicaciones. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología: México
- ✓ Álvarez, C. (2007) *Historia de las Telecomunicaciones en México*, (en línea) Consultado el 4 de noviembre de 2013, disponible en <http://revistabimensualup.files.wordpress.com/2007/09/d2-historiadelastrcomunicacionesenmxicooriginal1.pdf>
- ✓ Arberg, Peter & Cagenius, Tornjorn(2007). Network infrastructure for IPTV (En línea) Consultado el 07/12/13 y disponible en: http://www.ericsson.com/res/thecompany/docs/publications/ericsson_review/2007/2_NetworkInfrastructure.pdf

-
- ✓ Autores Científicos Técnicos y Académicos. Javier Luque Ordóñez. Espectro electromagnético y espectro radioeléctrico. Recuperado de http://www.acta.es/medios/articulos/ciencias_y_tecnologia/062017.pdf con fecha 4 de Noviembre de 2013.
 - ✓ Baker, Joe & Cagenius, Torbjorn y otros. Deep-Fiber Broadband Access networks. (En Línea) Consultado el 02/12/13 y disponible en http://www1.ericsson.com/cm/res/thecompany/docs/publications/ericsson_review/2007/1_deep_fiber_web.pdf
 - ✓ CFT. EL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO EN MÉXICO. ESTUDIO Y ACCIONES. (En línea) Consultado el 04 de noviembre de 2013, disponible en: <http://www.cft.gob.mx:8080/portal/wp-content/uploads/2012/11/EL-ESPECTRO-RADIOEL-CTRICO-EN-MEXICO.-ESTUDIO-Y-ACCIONES-FINAL-CONSULTA.pdf>
 - ✓ CISCO. Soluciones (En línea) consultado el 27-11-2013 y disponible en: <http://www.cisco.com/web/LA/soluciones/la/>
 - ✓ CISCO, Tecnología inalámbrica, (En línea) Consultado el 20 de noviembre de 2013, disponible en: <http://www.cisco.com/web/LA/productos/wireless/technology.html>
 - ✓ CISCO. The evolving IPTV services architecture (En línea) consultado el 08/12/13 y disponible en: http://www.cisco.com/en/US/solutions/collateral/ns341/ns525/ns537/ns549/ns746/net_implementation_white_paper0900aecd806530a4.pdf
 - ✓ COFETEL, El Espectro Radioeléctrico en México. Estudio y Acciones. (En línea) Consultado el 05 de noviembre de 2013, disponible en: <http://www.cft.gob.mx:8080/portal/wp-content/uploads/2012/11/EL-ESPECTRO-RADIOEL-CTRICO-EN-MEXICO.-ESTUDIO-Y-ACCIONES-FINAL-CONSULTA.pdf>
 - ✓ COFETEL: Gaceta -31 “Banda Ancha: Herramienta de Crecimiento” (En línea) consultado el 12 de noviembre de 2013 y disponible en: <http://www.cft.gob.mx:8080/portal/wp-content/uploads/2012/06/Gaceta-31.pdf>
 - ✓ COFETEL: *Plan Técnico de Interconexión e Interoperabilidad* (En Línea) consultado el 12 de noviembre de 2013 y disponible en: http://www.cft.gob.mx/es_mx/Cofetel_2008/plan_tecnico_fundamental_de_interconexion_e_intero
 - ✓ Consulta del Catalogo de Las Normas Oficiales Mexicanas Vigentes (En Línea) consultado el 10 de Noviembre de 2013 y disponible en: <http://www.economia-noms.gob.mx/noms/consultasAction.do>

-
- ✓ Consulta del Catalogo de Las Normas Mexicanas (En Línea) Consultado el 10 de Noviembre de 2013 y disponible en: <http://www.economia-nmx.gob.mx/normasmx/consulta.nmx>
 - ✓ "G.993.5 Self-FEXT Cancellation : Very high speed digital subscriber line (VDSL2)." (consultado el 16-12-2013 y disponible en: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.993.5/en>)
 - ✓ IEEE. Global Access Network Evolution(2010) (En línea) Consultado el 01/12/13 y disponible en <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=5200326&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fstamp%2Fstamp.jsp%3Ftp%3D%26arnumber%3D5200326>
 - ✓ IPN, *Reglamento para la Zonificación del Distrito Federal*, (En línea) Consultado el 22 de diciembre de 2013, disponible en: <http://www.poi.ipn.mx/Documents/Normateca/reglamento/Reglamento%20de%20Zonificacion%20para%20el%20DF.pdf>
 - ✓ ISO: International Standarization Organization (En línea) consultado el 13 de Noviembre de 2013 y disponible en <http://www.iso.org>
 - ✓ ITU: International Telecommunication Union (En línea) (consultado el 13 de Noviembre de 2013 y disponible en <http://www.itu.int/es/Pages/default.aspx> con fecha 13/11/2013)
 - ✓ ITU. Radio Spectrum Management recuperado de <http://www.itu.int/ITU-D/treg/projects/itu-ec/Ghana/modules/FinalDocuments/Spectrum.pdf> con fecha 4 de Noviembre de 2013.
 - ✓ López G. Angélica, FTTx (En línea) Consultado el 27 de noviembre de 2013, disponible en: <http://sx-de-tx.wikispaces.com/FTTxCISCO>, Tecnología inalámbrica, (En línea) Consultado el 20 de noviembre de 2013, disponible en: <http://www.cisco.com/web/LA/productos/wireless/technology.html>
 - ✓ Martínez, A (2013) ¿FTTH o FTTB?, ésa es la cuestión, Visto en <http://www.telequismo.com/2013/03/ftth-fttb.html> el 27 de diciembre de 2013
 - ✓ OCDE; *OECD Communications Outlook 2013*; (En línea) Consultado el 6 de enero del 2014 y disponible en: http://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/oecd-communications-outlook-2013_comms_outlook-2013-en
 - ✓ Recommendation ITU-T G.993.2, Very high speed digital subscriber line transceivers 2 (VDSL2), (En línea) Consultado el 04 de diciembre del 2013, disponible en <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.993.2-201112-I/en>
 - ✓ Redes Publicas Telefónicas Conmutadas. (En línea) consultado el 21-11-2013 y disponible en: http://ingenierias.uanl.mx/1/pdf/1_Calero_Alejandro_Redetes_telefonicas.pdf

-
- ✓ Repositorio Digital de Tesis PUCP. (En línea) consultado el 11-12-2013 y disponible en: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/>
 - ✓ SCT; *Acciones para el fortalecimiento de la banda ancha y las tecnologías de la información y comunicación*; (En línea) consultado el 28 de Diciembre de 2013 y disponible en: <http://www.sct.gob.mx/uploads/media/AFBAyTICs.pdf>
 - ✓ Secretaria de Economía: normalización (En línea) consultado el 11 de Noviembre y disponible en: <http://www.economia.gob.mx/comunidad-negocios/competitividad-normatividad/normalizacion/nacional> con fecha de 11/11/2013
 - ✓ Sevalia, Piyush, *Driving the new FTTHybrid*. (En línea) Consultado el 21 de diciembre de 2013, disponible en: <http://www.ospmag.com/issue/article/driving-new-ftthybrid>
 - ✓ Telecomm-Telégrafos, *Historia del Organismo*, (En línea) Consultado el 04 de noviembre de 2013, disponible en: http://www.telecomm.net.mx/telecomm/dmdocuments/Historia_Organismo.pdf
 - ✓ The National Broadband Plan: Connecting America (En línea) consultado el 16-12-2013 y disponible en: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/>
 - ✓ Unión Internacional de Telecomunicaciones (2008) *Recomendación G.984.1 Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits: Características generales*. Visto en <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.1> es el 25 de noviembre de 2013.
 - ✓ Unión Internacional de Telecomunicaciones (2003) *Recomendación G.984.2: Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de la capa dependiente de los medios físicos*. Visto en <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.2> es el 25 de noviembre de 2013.
 - ✓ Unión Internacional de Telecomunicaciones (2008) *Recomendación G.984.3 Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de la capa de convergencia de transmisión*. Visto en <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.3> es el 25 de noviembre de 2013.
 - ✓ Unión Internacional de Telecomunicaciones (2008) *Recomendación G.984.4: Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Especificación de la interfaz de control y gestión de la terminación de red óptica*. Visto en <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.4> es el 25 de noviembre de 2013.
 - ✓ Unión Internacional de Telecomunicaciones (2008) *Recomendación G.984.5: Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Redes ópticas pasivas con capacidad de gigabits: Banda de ampliación*. Visto en <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.5> es el 25 de noviembre de 2013.
 - ✓ Unión Internacional de Telecomunicaciones (2008) *Recomendación G.984.6: Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabit (GPON): Extensión del*

-
- alcance*. Visto en <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.5/es> el 25 de noviembre de 2013.
- ✓ Unión Internacional de Telecomunicaciones (2013) *Recomendación G.987 Sistema de red óptica pasiva con capacidad de 10 Gigabit (XG-PON): Definiciones, abreviaturas y siglas*. Visto en <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.987-201206-l/es> el 16 de diciembre de 2013.
 - ✓ Unión Internacional de Telecomunicaciones (2013) *Recomendación G.987.1: Redes ópticas pasivas con capacidad de 10 Gigabit (XG-PON): Requisitos generales*. Visto en <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.987.1-201206-l/es> el 16 de diciembre de 2013.
 - ✓ Unión Internacional de Telecomunicaciones (2013) *Recomendación G.987.2: Redes ópticas pasivas con capacidad de 10 Gigabit (XG-PON): Especificación de capa dependiente del medio físico (Physical media dependent, PMD)*. Visto en <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.987.2-201206-l/es> el 16 de diciembre de 2013.
 - ✓ Unión Internacional de Telecomunicaciones (2013) *Recomendación G.987.3: Redes ópticas pasivas con capacidad de 10 Gigabit (XG-PON): Especificaciones de la convergencia de transmisión (TC)* Visto en <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.987.3-201206-l/es> el 16 de diciembre de 2013.
 - ✓ Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (En línea) (consultado el 27-11-2013 y disponible en: <http://virtual.uaeh.edu.mx/riv/videoconferencia.php>)
 - ✓ UPICSA - IPN: *Estandares Internacionales de Telecomunicaciones* (En línea) (consultado el 13 de Noviembre de 2013 y disponible en http://www.sites.upiicsa.ipn.mx/polilibros/portal/Polilibros/P_terminados/Admon-II-Infom/Administracion_Informatica_I/CAI/UNIDAD%20VI/PUNTO6.4.HTML con fecha de 13/11/2013)

Consulta en Internet

- ✓ Baker, Kevin. Discrete Multitone Asymmetrical Digital Subscriber Line. (En línea) (consultado el 19-11-2013 y disponible en: http://www.tekkom.dk/mediawiki/images/3/3d/Adsl_1.pdf)
- ✓ Calvet González, G. y Barber Curi, C. (s.f.) *La industria de las telecomunicaciones en México*, (en línea) Consultado el 4 de noviembre de 2013
- Sánchez Onofre, J. (2012, 27 de noviembre) Mexsat costará 21,000 mdp. En: El

-
- Financiero, p1 en http://ols.uas.mx/PubliWeb/Articulos/Financiero-industria_tele.pdf
- ✓ CNMC, TELECOS (En línea) (Consultado el 21 de diciembre de 2013, disponible en: <http://telecoscm.tumblr.com>)
 - ✓ CNET France, Passer en VDSL2 : comment savoir si on est éligible?. (En línea) Consultado el 04 de diciembre de 2013, disponible en: <http://forums.cnetfrance.fr/topic/1203281-passer-en-vdsl2--comment-savoir-si-on-est-eligible/>
 - ✓ Categorías de uso de suelo. Consultado el 28 de Diciembre de 2013. Disponible en [http://public.cwpanama.net/~hrosales/descargas/Usosdelsuelo\(categorias\).pdf](http://public.cwpanama.net/~hrosales/descargas/Usosdelsuelo(categorias).pdf)
 - ✓ Faúndez Zanuy Marcos (2001). Óptica. Barcelona, España. Boixareu Editores. What is VDSL2, Recuperado de <http://www.tech-faq.com/vdsl2.html>, con fecha 2 de Diciembre de 2013
 - ✓ Fibre Broadband (FTTC / FTTH) Guide. Consultado el 28 de Diciembre de 2013. Disponible en <http://www.thinkbroadband.com/guide/fibre-broadband.html>
 - ✓ García Yagüe, A. (2012) *GPON Introducción y Conceptos Generales*. Visto en <http://www.ccapitalia.net/descarga/docs/2012-gpon-introduccion-conceptos.pdf> el 27 de noviembre de 2013.
 - ✓ GSA, Cellular /Personal Communications Service (CPCS) (En línea) Consultado el 20 de noviembre de 2013, disponible en: <https://releasedprices.networx.gov/guide/>
 - ✓ Guénaël Pépin, A qui profitera la dernière évolution d'Internet sur cuivre?, (En línea) Consultado el 02 de diciembre de 2013, disponible en: http://www.lemonde.fr/technologies/article/2013/10/02/a-qui-profitera-la-derniere-evolution-d-internet-sur-cuivre_3487433_651865.html
 - ✓ Gutiérrez, F. (2006). *La evolución de Internet en México y su impacto en el ámbito educativo (De 1986 a 2006)*, (en línea) Consultado el 5 de noviembre de 2013, disponible en: <http://www.fergut.com/wordpress/sobre-internet/la-evolucion-de-internet-en-mexico-y-su-impacto-en-el-ambito-educativo-de-1986-a-2006/>
 - ✓ Harstead, Ed, *Reinforcing Mobile Backhaul with GPON*. (En línea) Consultado el 06 de diciembre de 2013, disponible en: <http://www.ospmag.com/issue/article/reinforcing-mobile-backhaul-gpon>
 - ✓ Incera José; Cartas, Rodolfo; Cairó, Osvaldo; *Redes Digitales: Presente y Futuro* (En línea) Consultado el 20 de noviembre de 2013, disponible en: <http://allman.rhon.itam.mx/~jincera/IntroRedesDigitales.pdf>
 - ✓ International Communications & Nexans. *The FTTx Mini-Guide* (En línea) (Consultado el 02/12/2013 y disponible en http://www.nexans.co.uk/Corporate/2007/fttx_guide.pdf)

-
- ✓ Introducción a las redes de conmutación. . (En línea) (consultado el 21-11-2013 y disponible en: <http://dtm.unicauca.edu.co/pregrado/conmutacion/transp/1-Introduccion.pdf>)
 - ✓ La red PSTN. (En línea) (consultado el 21-11-2013 y disponible en: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/mendez_e_c/capitulo1.pdf)
 - ✓ Malik, O. Amazing...Bell Labs Pushes DSL Speeds to 300 Mbps. GigaOM. (En línea) (consultado el 16-12-2013 y disponible en: <http://gigaom.com/2010/04/20/dsl-speed-300-mbps/>)
 - ✓ Martínez, Antonio, FTTH (FIBER TO THE HOME) (En línea) Consultado el 26 de noviembre de 2013, disponible en: <http://www.telequismo.com/2013/03/ftth-fttb.html>
 - ✓ Martínez, E. (2005) *Telefonia Celular: 15 años de historia en México*, (en línea) Consultado el 05 de noviembre de 2013, disponible en: <http://www.eveliux.com/mx/telefonía-celular-15-anos-de-historia-en-mexico.php>
 - ✓ Martinez, V., Delgado J. Escalante, José. Diseño de una Red ADSL2+ aplicado a la ciudad de Guayaquil (En línea) (Consultado el 19-11-2013 y disponible en <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/1235>)
 - ✓ Millan Ramon, 2009. FTTB & VDSL2. El cobre tiene vida para rato.(En línea) (consultado el 01/12/2013 y disponible en <http://www.ramonmillan.com/tutoriales/fttbvdsl2.php>)
 - ✓ Millán, R., RDSI (En línea) (Consultado el 4 de noviembre de 2013, disponible en <http://www.ramonmillan.com/tutoriales/rdsi.php>)
 - ✓ Piedras, E. (2012) Evolución de la banda ancha en México (en línea), visto el 6 de noviembre de 2013 en http://www.canieti.org/comunicacion/noticias/colaboraciones/13-02-12/EVOLUCI%C3%93N_DE_LA_BANDA_ANCHA_EN_M%C3%89XICO.aspx
 - ✓ Powernet, Fibre to the Cabinet - FTTC (En línea) Consultado el 26 de noviembre de 2013, disponible en: http://www.powernet.co.uk/connectivity/fibre_to_the_cabinet.shtml
 - ✓ Rajiv Chaudhuri. End to End IPTV Design and implementation: how to avoid Pitfalls(En línea) (consultado el 09/12/13 y disponible en: http://www.networks2008.org/data/upload/file/Tutorial/T6_Chaudhuri.pdf).
 - ✓ Ramírez, S. Jesús; Díaz, José Vicente, Las redes inalámbricas, más ventajas que desventajas. (En línea) Consultado el 19 de noviembre de 2013, disponible en: <http://www.uv.mx/iiesca/files/2012/12/redes2008-2.pdf>
 - ✓ Redes GPON. Guti A. Gutierrez Recuperado de <http://es.scribd.com/doc/173984737/Redes-Gpon> con fecha 28 de Noviembre de 2013.

-
- ✓ RFC3550: RTP & RTCP (En línea) (consultado el 11-12-2013 y disponible en: <http://www.ietf.org/rfc/rfc3550.txt>)
 - ✓ Rodríguez Montiel, E. (2009) *El fenómeno histórico de la radio en México, una mirada socio técnica*, (en línea) Consultado el 5 de noviembre de 2013, disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=199520330077>
 - ✓ Salas de Telepresencia (En línea) (consultado el 27-11-2013 y disponible en: <http://www.salasdetelepresencia.com/>)
 - ✓ Tellion. Tellion FTTH & FTTN\VDSL2 solution. Seeking Maximum Value in the last Mile Market. (En línea)(Consultado el 02/12/13 y disponible en http://www.st-samsung.com/FTTx_Solution.pdf)
 - ✓ TELMEX Empresas (En línea) (consultado el 27-11-2013 y disponible en: <http://www.telmex.com/web/empresas/>)
 - ✓ Vallejo Espinosa, Regis, Diseño de una red de última milla con tecnología GPON para la parroquia Cumbayá en el Distrito Metropolitano de Quito (En línea) Consultado el 24 de noviembre de 2013, disponible en: <http://repositorio.uisek.edu.ec/jspui/handle/123456789/527>
 - ✓ Vanhastel, Steffan, Van Daele, Wim, VDSL2: Turning Copper Into Gold, Mining Tactics for Migration to Fiber. (En línea) Consultado el 03 de diciembre de 2013, disponible en: <http://www.ospmag.com/issue/article/vdsl2-turning-copper-gold>
 - ✓ Walter Goralski (2000). *Tecnologías ADSL y XDSL*. España. McGraw Hill.
 - ✓ XGPON Application Scenarios. Visto en <http://www.fiberhomegroup.com/product/8/369.aspx>, 18 de diciembre de 2013.