



TESIS DE MAESTRÍA

Redes GPON-FTTH, Evolución y Puntos Críticos para su despliegue en Argentina

Por:

Álvaro Osorio G.

Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones
Universidad de Panamá – 2004

Presentado a la Escuela de Posgrado del ITBA en
Cumplimiento de los requerimientos para la obtención del título de:

Máster en Ingeniería de las Telecomunicaciones
En el Instituto Tecnológico de Buenos Aires (ITBA)

2016

Firma del Autor

Instituto Tecnológico de Buenos Aires
Fecha (día, mes y año)

Certificado por

Miguel Ibañez, Profesor de Redes de Acceso
Instituto Tecnológico de Buenos Aires
Tutor de la Tesis

MIEMBROS DEL JURADO

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer de corazón a todas aquellas personas que de alguna forma me ayudaron que este proyecto lo haya podido finalizar, en especial:

A mi esposa, por el apoyo infinito y constante para lograr que lo termine. Gracias por haber tenido la paciencia y dedicación suficiente. Sin tu ayuda, no hubiese podido.

Al profesor Miguel Ibañez, por aceptar ser mi tutor y ayudarme con el material y sus consejos a lo largo de todos estos años.

A la Universidad, en representación del Profesor Pablo Fierens, que con sus notificaciones y atenciones me motivaron a seguir y no dejar abandonado. Muchas gracias.

.

A mis padres, por haberme apoyado y ayudado día a día. Sé que ha sido difícil para ellos, por mi ausencia, pero ha merecido la pena.

Gracias a todos por haber participado en esta parte de mi vida, muy importante. Todos han aportado un pequeño grano de arena. Estoy muy agradecido.

INDICE

INDICE DE FIGURAS.....	10
INDICE DE TABLAS	14
Planteamiento del Problema y Justificación.....	16
<i>Problema</i>	16
<i>Justificación</i>	16
Objetivos del proyecto	17
<i>Objetivo General</i>	17
<i>Objetivos Específicos</i>	17
CAPITULO I	18
INTRODUCCIÓN A LAS REDES ÓPTICAS PASIVAS.....	18
I.1 Descripción.....	18
I.2. Redes Ópticas Pasivas - Evolución.....	18
1.2.1 Redes Activas (AON) y Redes Pasivas (PON).....	19
1.2.2 Arquitectura General de las Redes Ópticas Pasivas	21
1.2.2.1 Elementos Principales	21
1.2.2.2 Otros componentes de una Red Óptica Pasiva	27
1.2.3 Funcionamiento General de una Red PON.....	29
I.3 Estándares de las Redes Ópticas Pasivas.....	35
1.3.1 Recomendación: ITU-T G.983.X.....	35
1.3.2 Recomendación IEEE 802.3ah	37
1.3.3 Recomendación ITU-T G.984.X.....	38
I.4 Ventajas y Desventajas de las Redes Ópticas Pasivas	41
1.4.1 Ventajas de las redes PON.....	41
1.4.2 Desventajas de las redes PON	42
I.5 Redes de transmisión basado en GPON.....	44

1.5.1	Descripción de las redes GPON	44
1.5.2	Arquitectura GPON	47
1.5.3	Canales de Transmisión.....	53
1.5.4	Clasificación de las redes GPON según su topología.....	58
1.5.4.1	FTTB (Fibra hasta el Edificio – Fiber to the Building o también puede entenderse como Fibra hasta la empresa - Fiber to the Business).....	59
1.5.4.2	FTTB para MDU	60
1.5.4.3	FTTB para Empresas. Otro nombre que recibe es FTTO, Fibra hasta la Oficina (Fiber to the Office).....	60
1.5.4.4	FTTP (Fibra hasta la Premisas del cliente – Fiber to the Premises)	60
1.5.4.5	FTTC – FTTCab (Fibra hasta el Gabinete – Fiber to the Cabinet o Fibra hasta la Acera – Fiber to the Curb)	60
1.5.4.6	FTTN (Fibra hasta el Nodo – Fiber to the Node)	61
1.5.4.7	FTTH (Fibra hasta el Hogar – Fiber to the home).....	61
1.5.4.8	FTTA (Fibra hasta la Antena - <i>Fiber-to-the-antenna</i>):.....	61
1.6	Redes FTTh	62
1.6.1	Características, elementos, y estructura de Redes FTTH.....	62
1.6.1.1	Fibra Óptica.....	62
1.6.1.2	Elementos Activos.....	76
1.6.1.3	Elementos Pasivos	79
1.6.2	Ventajas y Desventajas de una red FTTH	85
1.6.2.1	Ventajas de las redes FTTH.....	85
1.6.2.2	Desventajas de las redes FTTH	86
1.6.3	Diseño y Formas de instalación de una red FTTH.....	86
1.6.3.1	Especificaciones y consideraciones para el diseño de una red FTTh... ..	87
1.6.3.2	Técnicas de Despliegue del cableado de Fibra.....	92
1.6.4	Factores importantes a considerar para la implementación de una red FTTH ..	96
1.6.4.1	Fases del diseño de la red.....	96
1.6.4.2	<i>Escenarios del Despliegue</i>	97
1.6.5	Estimaciones de coste del Despliegue de una red GPON-FTTH.....	102

CAPITULO II	104
CONSUMO DE ANCHO DE BANDA EN LA REGIÓN.....	104
2.1 Panorama del Crecimiento de la Banda Ancha Fija en la Región.....	104
2.1.1 Penetración	107
2.1.2 Rol de los Gobiernos Latinoamericanos.....	110
2.2 Panorama del Estado de la Banda Ancha Fija en la región	113
2.2.1 Asequibilidad.....	113
2.2.2 Calidad	116
2.3 Panorama del Estado de Banda Ancha Móvil en América Latina	118
2.3.1 Penetración	119
2.3.2 Asequibilidad.....	120
2.3.3 Crecimiento de redes LTE o de 4ta Generación en la Región.....	122
2.3.3.1 Infraestructura cableada para la expansión de redes inalámbricas de banda ancha.....	126
2.3.3.2 La necesidad de facilitar la entrada de equipos	127
2.4 Estado del Crecimiento de Banda Ancha Fija y Móvil en Argentina	129
2.4.1 Situación Banda Ancha Fija en Argentina.....	130
2.4.2 Situación Banda Ancha Móvil en Argentina	134
2.4.2.1 Proveedores de telefonía Móvil en Argentina.....	139
2.5.1 Infografía de Despliegue de Redes FTTH/B en algunos países de la Región .	149
2.5.2 Implementación de redes FTTh en Argentina.	152
2.5.2.1 Empresas que Están desplegando redes GPON-FTTh en Argentina .	152
 CAPITULO III	 159
DESARROLLO DE SERVICION DE VIDEO SOBRE FIBRA ÓPTICA.....	159
3.1 Redes de acceso.....	159
3.1.1 Tecnologías de Acceso Guiado	160
3.1.1.1 Cables de Par de cobre o tecnologías xDSL	160
3.1.1.2 Cable Coaxial.....	162

3.1.1.3	Tecnología sobre cableado eléctrico PLC (Powerline Communications)	162
3.1.1.4	Cableado sobre Fibra Óptica.....	162
3.1.2	Tecnologías de Acceso no guiado o redes Inalámbricas	163
3.1.2.1	Acceso inalámbrico Fijo	163
3.1.2.2	<i>Comunicaciones Móviles</i>	164
3.1.2.3	<i>Redes MAN/LAN</i> inalámbricas (Wi-Fi, WiMAX).....	164
3.1.2.3	Redes de acceso por Satélite	165
3.2	Fundamentos de Red HFC – Red Híbrida Fibra Óptica Coaxial – Hybrid Fiber Coaxial	166
3.2.1	<i>Estructura y Topología</i>	168
3.2.1.1	La Cabecera (HEAD END)	168
3.2.1.2	La Red Troncal	169
3.2.1.3	La red de Distribución.....	170
3.2.1.4	La acometida (DROPS).....	170
3.2.1.5	Equipos Terminales	171
3.2.1.6	<i>Fuentes de Alimentación:</i>	171
3.2.1.7	<i>CMTS</i>	171
3.2.1.8	<i>Softswitch</i>	172
3.2.1.9	Nodo Óptico	172
3.2.1.10	<i>Amplificadores</i>	172
3.2.1.11	<i>Splitters</i>	173
3.2.1.12	<i>Taps</i>	173
3.2.1.13	<i>Decodificador de Televisión</i>	173
3.2.1.14	<i>Cable Módem</i>	173
3.2.1.15	<i>Cable coaxial</i>	174
3.3	Transmisión de Datos en una red HFC	175
3.4	Docsis 3.1	176
3.5	Ventajas, Desventajas y Límites de las redes HFC.....	177
3.6	Tecnología RFoG (Radio Frecuencia sobre Vidrio).....	178
3.7	Operadores de Multiservicios por cable se vuelcan a GPON	187

3.7.1	Ejemplo de Grandes Empresas de Multiservicio de cable en Latinoamérica y se vuelcan a despliegues FTTH	190
CAPITULO IV		193
MARCO REGULATORIO DE LAS TELECOMUNICACIONES EN LA REPUBLICA ARGENTINA		193
4.1	LEGISLACION VIGENTE DE LAS TELECOMUNICACIONES EN ARGENTINA 193	
4.2	PLANES DE LA NACIÓN ARGENTINA PARA LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES.....	194
4.2.1	Plan Nacional Argentina Conectada	195
4.2.2	Plan Red Federal de Fibra Óptica (REFEFO)	196
4.2.3	Plan Federal de Internet.....	200
4.3	ORGANISMOS DE REGULACIÓN Y CONTROL	202
4.3.1	Organismos Internacionales en Materia de Telecomunicaciones, Estandarización, Sistemas de Acceso de Fibra Óptica y Redes GPON.....	202
4.3.2	Entidades y Organismos Nacionales que velan por el control de los servicios de telecomunicaciones.....	209
4.4	NORMATIVAS DE LAS INSTALACIONES EN TELECOMUNICACIONES EN ARGENTINA	213
4.4.1	Reglamento para Instalaciones de Telecomunicaciones en Inmuebles – Edición No 6 – Año 2015	213
4.5	CONCLUSIONES DE ESTE CAPITULO.....	220
CAPITULO V		221
IMPACTO DE LAS TECNOLOGÍAS EN REDES OPTICAS PASIVAS EN LA EDUCACIÓN Y EN EL MERCADO.....		221
5.1	Descripción.....	221
5.2	Educación en Argentina	222
5.2.1	Criterios utilizados para programas de escuelas técnicas, grado de ingeniero y posgrado en telecomunicaciones en la Rep. Argentina y su necesidad de adecuamiento moderno y escalonado de conocimiento en redes ópticas.	222

5.2.1.1	<i>Carreras de Grado</i>	223
5.2.1.2	<i>Carreras de Postgrado</i>	224
5.2.2	Matriz comparativa de Centros educativos que ofrecen enseñanzas sobre redes Ópticas	226
5.2.2.1	<i>Puntos relevantes</i>	227
5.2.2.2	<i>Puntos Flojos</i>	228
5.3	Mercado Laboral en la Región	229
5.3.1	Bolsas de Empleo.....	230
CAPITULO VI		239
PUNTOS DE CONTINUACIÓN PARA FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO		239
6.1	Actualización de la tecnología GPON.....	239
6.1.1	Descripción y evolución de redes NG PON	240
6.1.1.1	Redes XG-PON1 (10GPON).....	243
6.1.1.2	<i>Una Nueva Tecnología evolución a largo Plazo Redes NG-GPON2</i> ..	247
6.2	Futuro de otras Tecnologías.....	253
6.2.1	<i>Tecnologías sobre Cobre</i>	253
6.2.2	Tecnologías Inalámbricas móviles.....	256
CONCLUSIONES FINALES		261
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		267

INDICE DE FIGURAS

Capítulo I

Figura No 1. 1: Diagrama de redes ópticas Activas y Pasivas	19
Figura No 1. 2: Elementos de redes ópticas Pasivas	22
Figura No 1. 3: Elementos que componen al OLT - GPON	23
Figura No 1. 4: Funcionamiento divisor óptico pasivo	25
Figura No 1. 5: ONT y MDU	25
Figura No 1. 6: Funcionamiento Método de Encapsulación	27
Figura No 1. 7: Elementos adicionales de redes ópticas Pasivas	28
Figura No 1. 8: Diagrama básico de una red punto-multipunto PON	30
Figura No 1. 9: Diagrama utilizando 2 longitudes de Onda	33
Figura No 1. 10: Diagrama utilizando 3 longitudes de Onda	33
Figura No 1. 11: Diagrama Triplexer con 3 longitudes de Onda	34
Figura No 1. 12: Antecedentes redes Ópticas Pasivas	35
Figura No 1. 13: Configuración de Referencia para redes GPON	44
Figura No 1. 14: Características de una red GPON	46
Figura No 1. 15: Método de Encapsulación empleado en GPON	47
Figura No 1. 16: Configuración de red GPON basada en la protección	48
Figura No 1. 17: Arquitectura básica red GPON	49
Figura No 1. 18: Código de Línea NRZ	51
Figura No 1. 19: Aplicaciones a través de GPON	56
Figura No 1. 20: Topologías de redes GPON-FTTX	59
Figura No 1. 21: Composición de la FO	63
Figura No 1. 22: Representación Ley de Snell	64
Figura No 1. 23: Fibra Óptica Monomodo	66
Figura No 1. 24: Propagación de la Luz en FO Monomodo	66
Figura No 1. 25: Fibra Óptica Multimodo	67
Figura No 1. 26: Propagación de la Luz en FO Multimodo	67
Figura No 1. 27: Ventanas de transmisión de la FO	70
Figura No 1. 28: Diagrama Equipos Activos OLT	76
Figura No 1. 29: Diagrama Equipos Activos ONT	77
Figura No 1. 30: Esquema ONT básico	78
Figura No 1. 31: Divisor Óptico Pasivo	79
Figura No 1. 32: Distribuidor de Fibra Óptica	80
Figura No 1. 33: Fibra Óptica en Arquitectura FTTH	81
Figura No 1. 34: Conectores para Fibra Óptica	82
Figura No 1. 35: Adaptadores para Fibra Óptica	83
Figura No 1. 36: Patchcord y pigtail de fibra óptica	83

Figura No 1. 37: Cajas de Empalme de fibra óptica	84
Figura No 1. 38: Especificaciones de Diseño para una red FTTH	87
Figura No 1. 39: Red urbana con redes de acceso con viviendas unifamiliares	87
Figura No 1. 40: Red urbana con redes de acceso con viviendas multifamiliares	89
Figura No 1. 41: Red de acceso en entornos rurales.....	91
Figura No 1. 42: Técnicas de despliegue cableado Fibra Óptica.....	92
Figura No 1. 43: Técnicas de soterramiento de cables de FO.....	93
Figura No 1. 44: Técnicas de tendido de cable aéreo auto soportado	95

Capítulo II

Figura No 2. 1: Crecimiento de aplicaciones con acceso a la red.....	104
Figura No 2. 2: Comparativo de de Banda Ancha en América Latina 1T2015.....	106
Figura No 2. 3: Promedio de Banda Ancha en resto del mundo 2015	107
Figura No 2. 4: Penetración de Banda Ancha Fija en Latinoamérica 2012-2013	113
Figura No 2. 5: Precios de planes Banda Ancha Fija por País	114
Figura No 2. 6: Variación 2014-15 Pplanes más baratos de banda ancha fija (moneda local).....	115
Figura No 2. 7: Velocidad de Banda Ancha Efectiva en Mbps (2014).....	117
Figura No 2. 8: Velocidades de Carga y Descarga en países de la región (2014).....	117
Figura No 2. 9: Panorama Banda Ancha Móvil en Latinoamérica.....	118
Figura No 2. 10: Penetración de la Banda Ancha en América Latina 2014.....	119
Figura No 2. 11: Plan más barato Banda Ancha Móvil LatAM- 2014	120
Figura No 2. 12: Plan más barato BA Móvil para Smartphones de 500MB LatAM- 2014	121
Figura No 2. 13: Plan Prepago Banda Ancha Móvil al menos 10MB LatAM- 2014	122
Figura No 2. 14: Crecimiento redes 4G en América Latina	122
Figura No 2. 15: Penetración LTE en América Latina 2015	124
Figura No 2. 16: Infografía despliegue redes LTE en América Latina 2013	125
Figura No 2. 17: Infraestructura cableada hacia las antenas de celulares (FTTA)	126
Figura No 2. 18: Evolución Histórica de Accesos de BA en Argentina.....	129
Figura No 2. 19: Banda Ancha Fija en Argentina.....	130
Figura No 2. 20: Accesos residenciales. Enero 2015 – Marzo 2016	131
Figura No 2. 21: Mercado Móvil en Argentina	134
Figura No 2. 22: Venta de Móviles por categoría 2010-2014.....	135
Figura No 2. 23: Mercado Argentino de Móviles 2010-2014	136
Figura No 2. 24: Evolución ventas de Móviles por Marca 2010-2014	136
Figura No 2. 25: Redes 4G en Argentina	139
Figura No 2. 26: Etapas de despliegue de las Redes 4G en Argentina	140
Figura No 2. 27: Cobertura 4G Claro Argentina-2015.....	142

Figura No 2. 28: Cobertura 4G Personal Argentina-2015.....	143
Figura No 2. 29: Cobertura 4G Movista Argentina-2015	143
Figura No 2. 30: Evolución Anual de casas pasadas con FTTH/B	145
Figura No 2. 31: Suscriptores y casas pasadas con FTTH/B 2015	147
Figura No 2. 32: Proyección Anual de casas Pasadas FTTH/B	148
Figura No 2. 33: Proyección Anual de suscriptores FTTH/B	149

Capítulo III

Figura No 3. 1: Redes de Acceso.....	159
Figura No 3. 2: Tecnologías xDSL.....	160
Figura No 3. 3: Red Híbrida Fibra-Coax HFC.....	166
Figura No 3. 4: Esquema de una Red Híbrida Fibra-Coax HFC	167
Figura No 3. 5: Estructura de una red HFC	168
Figura No 3. 6: Comparación RFoG y HFC	179
Figura No 3. 7: Transición HFC hacia PON.....	180
Figura No 3. 8: Micronodo RFoG.....	181
Figura No 3. 9: Diagrama de Instalación de Micronodo RFoG	182
Figura No 3. 10: Arquitectura RFoG.....	184
Figura No 3. 11: Convivencia RFoG con GPON.....	186

Capítulo IV

Figura No 4. 1: Red Troncal Argentina Conectada	195
Figura No 4. 2: Metas Argentina Conectada	196
Figura No 4. 3: Red Federal de Fibra Optica	197
Figura No 4. 4: Red de FO Desplegada y Plan de Conectividad	200

Capítulo V

Figura No 5. 1: Resultados de Búsqueda por Categorías	234
Figura No 5. 2: Resultados de Vacantes de Especialistas en FO	234
Figura No 5. 3: Resultados de Búsqueda por Categorías	235
Figura No 5. 4: Resultados de Vacantes de Especialistas en FO	236
Figura No 5. 5: Resultados de Búsqueda por Categorías	237
Figura No 5. 6: Resultados de Vacantes de Especialistas en FO.....	237

Capítulo VI

Figura No 6. 1: Evolución de las redes NGPON	242
Figura No 6. 2: Topología de red XGPON	244
Figura No 6. 3: Coexistencia de XGPON y GPON a través de WDM1r	245
Figura No 6. 4: Sistema WDM-PON	248
Figura No 6. 5: Topología WDM-PON	249
Figura No 6. 6: ODSM-PON	250
Figura No 6. 7: Stacked-XGPON	251
Figura No 6. 8: Coherent-WDM-PON	252
Figura No 6. 9: Redes 5G	259

INDICE DE TABLAS

Capítulo I

Tabla No 1. 1: Comparativa de las principales tecnologías sobre PON.....	40
Tabla No 1. 2: Tipos de redes GPON en base a Calidad	52
Tabla No 1. 3: Capacidades Nominales respecto al tipo de red.....	53

Capítulo II

Tabla No 2. 1: Promedio Velocidades en América Latina 2015	105
Tabla No 2. 2: Estadísticas de penetración a Internet de usuarios por región.....	107
Tabla No 2. 3: Estadísticas de penetración a Internet de usuarios por país	109
Tabla No 2. 4: Accesos Residenciales según tipo de conexión – 2015- 1T2016	131
Tabla No 2. 5: Cuentas de Banda Ancha según tipo de tecnología	132
Tabla No 2. 6: Accesos residenciales según ancho de banda y provincia	133
Tabla No 2. 7: Redes FTTh/B México – DIC 2014	149
Tabla No 2. 8: Redes FTTh/B Chile – DIC-2014.....	150
Tabla No 2. 9: Redes FTTh/B Uruguay – Diciembre 2014	150
Tabla No 2. 10: Redes FTTh/B Colombia – Diciembre 2014	151
Tabla No 2. 11: Redes FTTh/B Brasil – Diciembre 2014.....	151

Capítulo III

Tabla No 3. 1: Evolución Tecnologías xDSL	161
Tabla No 3. 2: Bandas de Frecuencias y Servicios de satélites.....	166
Tabla No 3. 3: Atenuación de cables Coaxiales según frecuencia	174
Tabla No 3. 4: Versiones de Docsis	176
Tabla No 3. 5: Longitudes de Onda RFoG y GPON.....	187

Capítulo IV

Tabla No 4. 1: Dimensiones para espacio en Gabinete de Distribución	216
---	-----

Capítulo V

Tabla No 5. 1: Carreras de Grado inscriptas en el CuNEAU	224
Tabla No 5. 2: Carreras de Postgrado inscriptas en el CuNEAU	225
Tabla No 5. 3: Matriz comparativa Centros Educativos en Argentina	227

Capítulo VI

Tabla No 6. 1: Especificaciones de la capa física de XGPON-1	246
--	-----

Planteamiento del Problema y Justificación

Problema

Inexistencia de un estudio que establezca la situación de los requerimientos para el despliegue de tecnologías de Acceso, sobre todo las implementaciones en Fibra Óptica y otros servicios complementarios, lo más cercano al usuario o abonado. En este caso implementaciones de redes GPON-FTTH en Argentina, evaluando los marcos regulatorios, educativos, laboral y económico.

Justificación

La demanda de banda ancha continúa aumentando día a día, no sólo en términos de velocidad sino también por el número de usuarios y empresas que necesitan de este tipo de servicio. Otras tecnologías se han presentado y desplegado para ampliar la disponibilidad de acceso a Internet de manera más rápida, práctica y económica.

Las redes GPON están siendo implementado con éxito mundialmente, la Solución de Redes Ópticas Pasivas (PON – Passive Optical Network) permite accesos con velocidades Gigabits compartido por los abonados residenciales y pequeñas oficinas, en topologías de FTTH (Fiber-To-The-Home), donde una fibra óptica exclusiva es llevada hasta el usuario final. Los diferenciales tecnológicos como una red de acceso totalmente Óptica y los componentes ópticos pasivos (splitters ópticos) aplicados en la red externa, disminuyen considerablemente los costos operativos.

En Argentina aun los despliegues de redes GPON-FTTH vienen siendo casi exclusivamente en sitios que se están construyendo de cero, utilizándolas como prueba piloto para ofrecer acceso a Internet, como barrios cerrados y en algunas municipalidades, implementadas por cooperativas eléctricas aprovechando su propio tendido. En ciudades grandes como en capital Federal encontramos una escasa distribución.

La elección de este tema, se basa en que Argentina, dentro de la región (Latinoamérica) viene rezagada respecto a otros países como Brasil, Uruguay o Chile con el despliegue de redes GPON-FTTH y en la parte educativa, para técnicos especializados en fibra óptica, merece una

reestructuración, debido a las tecnologías existentes en la que solo se viene implementando sistemas basados en cobre.

Objetivos del proyecto

Objetivo General

Desplegar un análisis del desarrollo de la tecnología GPON-FTTH en Argentina, tomando en consideración sus inicios, su despliegue, su capacidad de crecimiento, comparativa con otras tecnologías, sus virtudes y desventajas, además de su impacto en el mercado Laboral y Educativo.

Objetivos Específicos

- Describir los elementos básicos que componen una red GPON-FTTH.
- Identificar las publicaciones sobre el consumo de ancho de banda en la región y en Argentina.
- Describir las similitudes y diferencias con otras tecnologías, basadas en fibra óptica para la transmisión de datos y por qué GPON-FTTH presenta mejores ventajas.
- Describir las normativas y Autoridades que hacen cumplirlas, en el despliegue este tipo de sistemas en Argentina.
- Establecer un muestreo de poblaciones de técnicos, ingenieros, personal especializado y otros actores para el despliegue de este sistema.
- Establecer un muestreo entre las Facultades, Escuelas Técnicas o Instituciones de Educación Superior para indagar sobre carreras o cursos sobre fibra óptica y/o redes ópticas pasivas.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN A LAS REDES ÓPTICAS PASIVAS

I.1 Descripción

Desde hace algunos años, las compañías operadoras de telecomunicaciones han estado trabajando en una red de servicios integrada de acceso al abonado, la cual le permitiría al usuario un acceso en banda ancha a través de fibra óptica, y que tuviera costos de una red tradicional punto a punto así como las tecnologías de cobre, como ADSL o por cable modem.

En poco más de una década, la fibra óptica se ha convertido en una de las tecnologías más avanzadas que se utilizan como medio de transmisión. Este novedoso material 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 de cobre, por sus limitaciones técnicas, en cuantos a sus condiciones de funcionamiento, o que para ello se deben acercar los nodos 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.

I.2. Redes Ópticas Pasivas - Evolución

Las comunicaciones a través de fibra óptica son relativamente recientes. Para el año 1977, se instaló una prueba piloto, en Inglaterra; dos años más tarde, se producían en cantidades importantes de pedidos de este material. Las ondas de luz son una forma de energía electromagnética y la idea de transmitir información por medio de luz, como portadora, tiene más de un siglo de antigüedad. Hacia 1880, Alexander G. Bell construyó el fonógrafo que enviaba mensajes vocales a corta distancia por medio de la luz. Sin embargo, resultaba inviable por la falta de fuentes de luz adecuadas.

Con la invención y construcción del láser, los 60's, volvió a tomar idea la posibilidad de utilizar la luz como soporte de comunicaciones fiables y de alto potencial de información, debido a su elevada frecuencia portadora (10¹⁴ Hz). Por entonces, empezaron los estudios básicos sobre modulación y detección óptica. Los primeros experimentos sobre transmisión atmosférica pusieron de manifiesto diversos obstáculos como la escasa fiabilidad debida a precipitaciones, contaminación o turbulencias atmosféricas.

El empleo de fibras de vidrio como medio guía no tardó en resultar atractivo: tamaño, peso, facilidad de manejo, flexibilidad y coste. En concreto, las fibras de vidrio permitían guiar la luz mediante múltiples reflexiones internas de los rayos luminosos, sin embargo, en un principio presentaban elevadas atenuaciones.

1.2.1 Redes Activas (AON) y Redes Pasivas (PON)

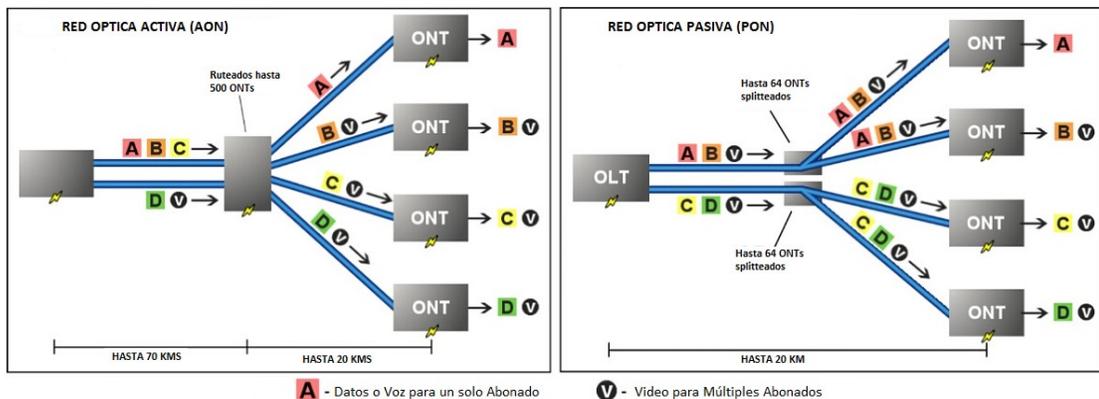


Figura No 1. 1: Diagrama de redes ópticas Activas y Pasivas

Redes Ópticas Activas (AON)

Tipo de red que utiliza como medio de transmisión fibra óptica, en la cual se utilizan elementos activos, tanto en la central como fuera de ella, que requieren energía para su alimentación y permiten largas distancias entre la sala de equipos y los abonados. Son redes basadas en el Standard IEEE 802.ah, las redes activas Ethernet proveen de ancho de banda simétrico con velocidades superiores a 1Gbps por puerto sobre una única fibra utilizando para ello dos longitudes de onda multiplexadas y diferenciadas sobre cada fibra óptica. En ese caso estas redes cumplirían la función de red de acceso y no únicamente de transporte como es actualmente.

Características:

- Largo alcance (necesita láseres más potentes).
- Necesitan alimentación a los componentes de red.
- Del gabinete, nodo, etc. hay un buen tramo final de cobre, que limita el BW.
- Ancho de Banda de usuarios dedicados: esto significa mayor CAPEX y OPEX.
- Arquitectura simple.
- Requiere de muchos acuerdos de derechos.

Redes Ópticas Pasivas (PON)

En las *redes Ópticas Pasivas - Passive Optical Network* – son redes de fibra óptica cuyos componentes son enteramente pasivos en la red de distribución (no en la central o domicilio del cliente). Es un tipo de red que se caracteriza porque tiene una gran variedad de aplicaciones, mediante accesos de fibra óptica. Además que permiten compartir una misma fibra entre varios usuarios.

Esta tecnología define como máxima distancia entre un OLT y un equipo ONU de 20 Km para que la red PON sea operativa. Con las redes Ethernet activas éste límite pueden darse distancias superiores a 80Km desde el punto de distribución hasta el usuario, pero agregando equipamiento activo durante el trayecto.

Con este tipo de sistemas se permite eliminar todos los componentes activos existentes entre el servidor y el cliente introduciendo en su lugar componentes ópticos pasivos para guiar el tráfico por la red, cuyo elemento principal es el dispositivo divisor óptico (conocido como splitter).

La utilización de estos sistemas pasivos reduce considerablemente los costes y son utilizados en las redes FTTX. Por contrapartida, el ancho de banda no es dedicado, sino multiplexado en una misma fibra en los puntos de acceso de red de los usuarios.

Dependiendo de la solución tecnológica adoptada es posible implementar la infraestructura de Red Óptica Pasiva - PON de dos formas: Topología **Punto-a-Punto** o Topología **Punto-Multipunto**.

Para el primer grupo, La conexión entre la Central de Equipos y el abonado se realiza directamente. Para los segundos, La conexión entre la Central de Equipos y el abonado se comparte a través de Splitter óptico, permitiendo la utilización de cable óptico troncal de menor capacidad.

Características:

- Son económicamente más atractivas.
- La ODN (Optical Distribution Network), es totalmente pasiva.
- Se accede a uno o múltiples clientes via una sola fibra monomodo pasiva, esto significa menor CAPEX y OPEX.
- Son más complejas que las AON.
- Los láseres son de menor potencia.
- Mejor economía de escala.
- Un punto de falla, afecta a varios usuarios.
- Si el número de usuarios aumenta, el BW de cada usuario baja.

I.2.2 Arquitectura General de las Redes Ópticas Pasivas

Las redes PON se destacan por la ausencia de elementos activos a lo largo del tramo desplegado hasta los usuarios. La gran ventaja de estos sistemas está en su coste que se ve reducido por utilizar tan solo elementos pasivos. También cabe destacar que la planificación de este tipo de redes se centra en el uso del splitter óptico, elemento clave para dividir la señal y dirigirla hacia los abonados.

I.2.2.1 Elementos Principales

Avanzando desde la red hacia el usuario podemos decir que una arquitectura de red PON está formada por los siguientes elementos:

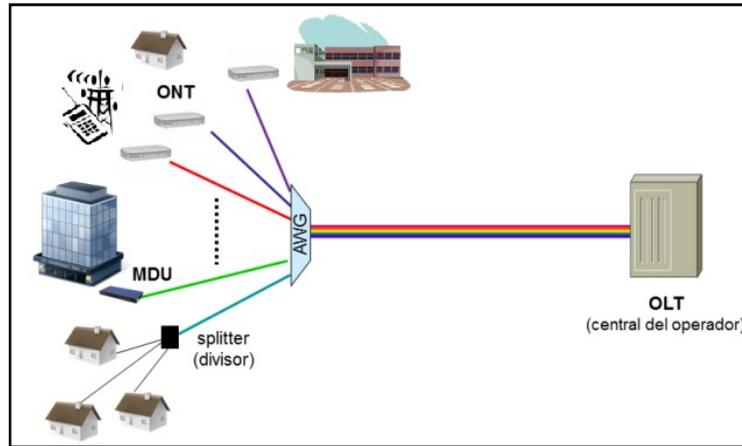


Figura No 1. 2: Elementos de redes ópticas Pasivas

Módulo OLT (Optical Line Terminal - Unidad Óptica Terminal de Línea)

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.

Cada OLT, adquiere datos de tres fuentes diferentes de información, actuando como concentrador de todas ellas. Así pues, el OLT de cabecera tiene conexión con las siguientes redes:

- **PSTN** (*public switched telephone network*) o RTB (red telefónica básica), para los servicios de voz; el OLT se conecta a través de un router de voz o un *gateway* de voz mediante interfaz correspondiente MGCP (*media gatewaycontroller protocol*) o protocolo de controlador *gateway* de medios de comunicación.
- **Internet**, para los servicios de datos o VoIP; el OLT se conecta a través de un router o *gateway IP/ATM* de voz, mediante encapsulamiento IP sobre ATM.

- **Video broadcast** o VoD (*video on demand*), para los servicios de videodifusión; el OLT se conecta directamente, o bien indirectamente a través de un router o *gateway* ATM.

El OLT no es un hardware único, sino que se subdivide en tres módulos o equipos diferentes, cada uno de ellos encargados de gestionar un tráfico determinado:

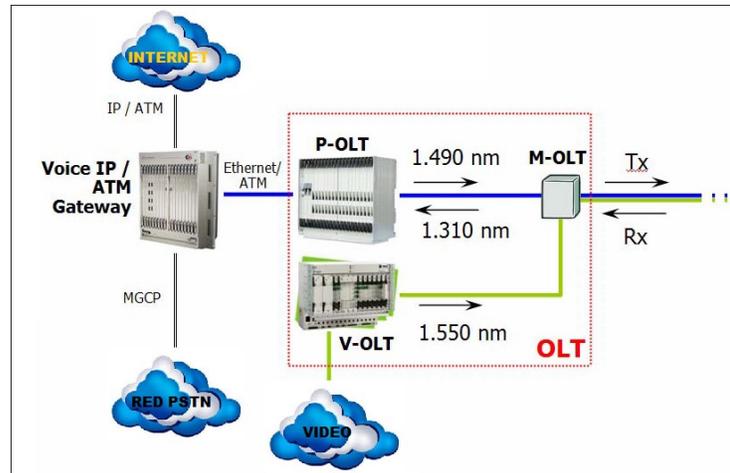


Figura No 1. 3: Elementos que componen al OLT - GPON

- **P-OLT**, OLT proveedor (*provider OLT*). Concentra la información, y la divide en función de su naturaleza (voz-datos), también se encarga de multiplexar el canal descendente (en dirección a los ONT), para ello, utiliza una longitud de onda dedicada.
- **V-OLT**, OLT de video (*video OLT*). Este equipo se encarga únicamente de transportar las tramas de video y video bajo demanda VoD procedentes de la red de videodifusión, hasta los ONT de los usuarios.
- **M-OLT**, OLT multiplexador (*multiplexer OLT*). Es un equipo multiplexor WDM que permite la multiplexación y demultiplexación entre las señales procedentes del P-OLT y V-OLT.

Divisores ópticos (splitter óptico)

Es considerado el elemento principal de la red, ya que permite dividir la señal óptica de una fibra de entrada a varias fibras de salida, pudiendo ofrecer servicio a varios abonados con una única fibra que parta de cabecera.

Este elemento es el divisor de potencia pasivo que permite la comunicación entre el OLT y sus respectivos ONT's a los que presta servicio. Sin embargo, no sólo se dedican a multiplexar o demultiplexar señales, sino que también combinan potencia, son dispositivos de distribución óptica bidireccional, con una entrada y múltiples salidas:

- La señal que accede por el puerto de entrada (enlace descendente), procede del OLT y se divide entre los múltiples puertos de salida.
- Las señales que acceden por las salidas (enlace ascendente), proceden de los ONT (u otros divisores) y se combinan en la entrada.

El hecho de ser elementos totalmente pasivos, les permite funcionar sin necesidad de energización externa, abaratando su coste de despliegue, operación y mantenimiento.

Tan sólo introducen pérdidas de potencia óptica sobre las señales de comunicación, que son inherentes a su propia naturaleza.

Existe una relación matemática inversa entre las pérdidas introducidas por el divisor, y el número de salidas del mismo, siendo ésta:

$$\text{Atenuación Splitter} = 10 \text{ Log } 1 / N$$

Así pues, un divisor de potencia con dos salidas, en el peor de los casos, pierde 3 dB (la mitad de la potencia) en cada salida.

Podemos graficar el funcionamiento de un divisor con la siguiente:

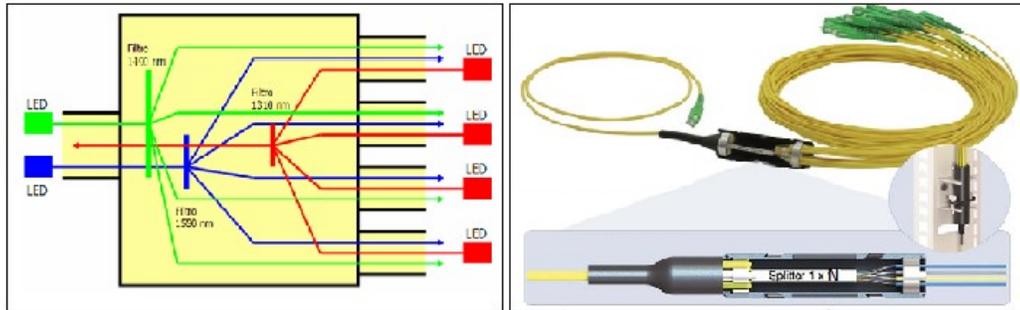


Figura No 1. 4: Funcionamiento divisor óptico pasivo

Donde poner los divisores ópticos es una decisión crítica:

- En la oficina central.
- En cascada como splitteo Distribuido.
- En splitteo Centralizado.

La utilización de la OLT y los costos operacionales (el OPEX), son clave.

ONT (Optical Network Terminal - Unidad Optica Terminal de la Línea)

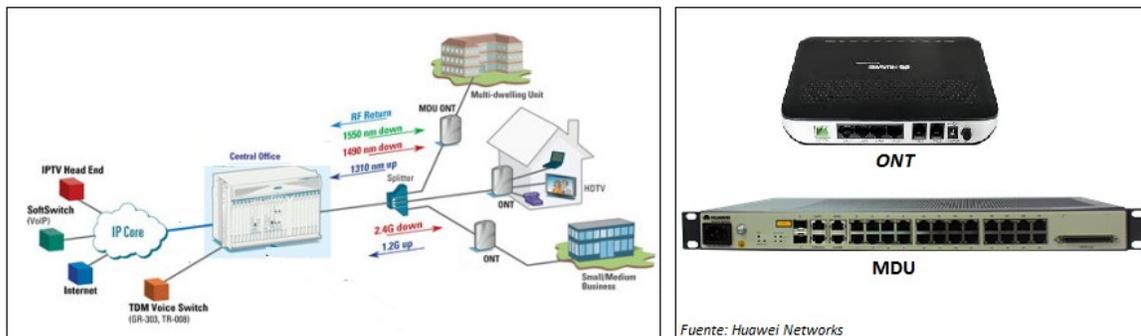


Figura No 1. 5: ONT y MDU

Elemento ubicado en la vivienda del abonado. Es el responsable de recibir y filtrar la información procedente del OLT destinada a un usuario determinado y ofrecerle al mismo distintas interfaces para poder disfrutar los distintos servicios.

Existen dos tipos de ONT según su función:

- **H-ONT**, u ONT del hogar (*Home ONT*), preparado para ser instalado en los hogares y otorgar servicios a un usuario en particular.
- **B-ONT** u ONT de edificio (*Building ONT*), preparado para ser instalado en los R.I.T.I. o cuartos de comunicaciones de los edificios privados o empresas, y que se encuentran capacitados para dar servicio a varios usuarios conectados a él a través de un repartidor.

Cada ONT recibe todas las señales enviadas por su ONT de cabecera correspondiente, al igual que el resto de ONTs de su misma etapa. La información de los OLT se transmite mediante difusión **TDM**, y por lo tanto, llega a todos los ONT por igual. Sin embargo, el ONT tiene la tarea de filtrar aquella información que sólo vaya dirigida él mismo (en un intervalo temporal determinado).

El filtrado de la información, se lleva a cabo a nivel de protocolo Ethernet, a través de las denominadas tramas PEM (*PON encapsulation method*). La trama, consta de tres campos:

- **Cabecera** (*header*): este campo contiene información sobre sincronización de la trama.
- **CRC**: que permite conocer si la información enviada ha llegado correctamente y sin errores a su destino.
- **Carga útil** (*Payload*): son los datos a enviar

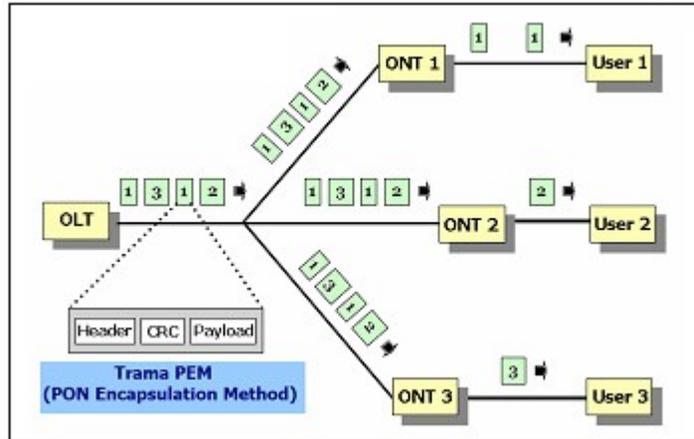


Figura No 1. 6: Funcionamiento Método de Encapsulación

MDU (Multi Dwelling Unit - Unidad MultiFamiliar)

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 XDSL: 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 fastethernet. 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.

1.2.2.2 Otros componentes de una Red Óptica Pasiva

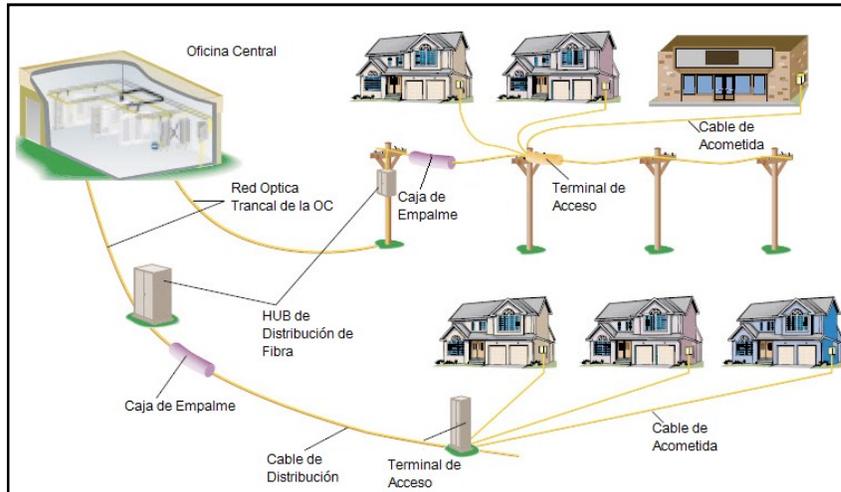


Figura No 1. 7: Elementos adicionales de redes ópticas Pasivas

Sala de Equipos / Cabecera:

Es donde están instalados el equipo de transmisión óptica (OLT) y el Distribuidor Óptico General (DGO) responsable por la transición entre el equipo de transmisión y los cables ópticos troncales de transmisión.

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 aéreas, devanados por mensajero. Para redes PON, las fibras ópticas utilizadas son del tipo monomodo.

Red Óptica Distribución (ODN – Optical Distribution Network)

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.

Red Óptica de Acometida

Compuesta por cables ópticos auto soportados de baja cantidad de pelos de fibra. A partir de la caja de empalme terminal - NAP, llevan la señal óptica hasta el abonado. El elemento de sustentación normalmente es utilizado para sujetar el cable de la casa / edificio del abonado. Debido a las grandes restricciones de espacio y utilización de conductos ya existentes,

normalmente son utilizadas fibras ópticas de características especiales para evitar la pérdida de señal por curvaturas acentuadas.

Red interna

Son utilizados extensiones o cordones ópticos para realizar la transición de la señal óptica de la fibra al receptor interno del abonado. Por las mismas razones de restricción de espacio y utilización de conductos existentes internamente a la casa del abonado, las extensiones y cordones ópticos son hechas en fibra óptica especial tipo All Wave Flex.

I.2.3 Funcionamiento General de una Red PON

Una vez vistos cada uno de los componentes, se puede explicar con más detalle el funcionamiento global de la red:

El tramo principal de fibra se tiende entre el terminal de línea óptica (OLT), situado en el nodo central (CO), y el centro distribuidor óptico (FDH), posicionado cerca del grupo de abonados. En este punto se utiliza un splitter (divisor óptico) para la conexión de los abonados al núcleo de la fibra (hasta 64 abonados). A continuación, cada bucle de abonado se equipa con un terminal de red óptica (ONT) que se conecta con las ramas del divisor.

El OLT asegura la transmisión de voz y datos a una longitud de onda distinta a la del ONT (a 1490 nm OLT y a 1310 nm ONT), con lo cual se consigue realizar la transmisión en ambos sentidos sobre tan solo una fibra sin interferencia entre las señales.

Al mismo tiempo, el OLT puede estar conectado a un multiplexador por longitud de onda (WDM) para la difusión conjunta de video, voz y datos sobre una fibra. La emisión de la señal de video se realiza en un solo sentido, normalmente a 1550nm.

En la siguiente figura se muestra el esquema básico de una red PON, en la cual podemos observar los elementos explicados previamente:

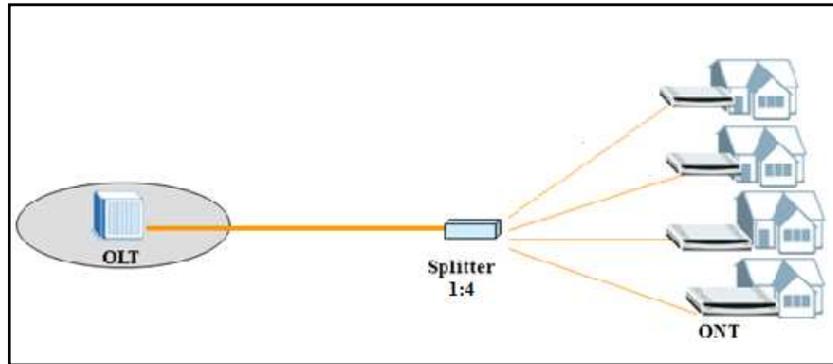


Figura No 1. 8: Diagrama básico de una red punto-multipunto PON

Dependiendo de las necesidades del usuario se pueden realizar enlaces de distintas capacidades de transmisión. En la actualidad se ofrecen conexiones, tanto simétricas como asimétricas, desde 50 Mbps hasta 2.5 Gbps. El protocolo elegido se basa en el modo de transferencia asíncrona (ATM) y es llamado ATM-PON. También es posible el uso de otros protocolos, tales como: BPON, GPON, EPON. Me centraré principalmente en GPON, que es el objeto de estudio de esta investigación.

Canal Descendente

El canal descendente es el sentido de información procedente del OLT del operador hasta los ONT's ubicados en las premisas de los usuarios finales. En este canal, la red PON se comporta como una red punto-multipunto.

La OLT recoge infinidad de tramas de voz y datos agregados que se dirigen hacia la red PON, a través del P-OLT (voz y datos) y el V-OLT (video). Las tramas recogidas por estos equipos, las transforman en señales inyectables en las diferentes ramas de los usuarios. Estas ramas están conformadas por una o dos fibras que conducen las señales bi o unidireccionales, y que se encuentran acopladas pasivamente mediante divisores de potencia que permiten la unión de todos los ONT de la red, sin necesidad de regeneración intermedia de señales (evitando elementos activos).

Estos divisores son los encargados de recibir la información procedente del OLT y filtrar y enviar al usuario final aquellos contenidos que vayan dirigidos a él. En este procedimiento, se utiliza un

protocolo de difusión basado en TDM (*time división multiplex*), enviando la información de cada usuario en diferentes instantes de tiempo.

El OLT tiene prefijados diferentes intervalos temporales que corresponden cada uno de ellos a un usuario determinado, de tal forma que en función de cada segmento temporal, el ONT de cada usuario filtra la información destinada a él.

Un aspecto importante a considerar son las longitudes de onda (λ) a las que transmiten información las OLT hacia las ONT. Estas longitudes, varían en función de si la rama del árbol o conexión del ONT, dispone de una conexión monofibra o bifibra.

Si la conexión del divisor con el ONT se produce a través de dos fibras ópticas, una de ellas está dedicada al canal descendente, por lo que la información viaja en las siguientes longitudes de onda:

- Voz y Datos: $\lambda_D = 1310$ nm
- Video: $\lambda_V = 1550$ nm

Si la conexión del divisor con el ONT se produce a través de una fibra óptica, el mismo canal sirve tanto para la transmisión como para la recepción, otorgándole a cada una de ellas una longitud de onda específica. Para el caso del canal descendente, serían las siguientes:

- Voz y Datos: $\lambda_D = 1490$ nm
- Video: $\lambda_V = 1550$ nm

Canal Ascendente

El canal ascendente es el sentido de información procedente del ONT del usuario final, hasta el OLT del operador. En este canal, la red PON se comporta como una red punto a punto.

Cada ONT recoge las tramas de voz y datos agregadas de cada usuario y se dirigen hacia el OLT. En este punto, el ONT realiza la misma operación que el OLT en el canal descendente, es decir, convierte las tramas en señales inyectables a través de la fibra óptica dedicada al usuario.

El divisor de cada etapa, es el encargado de recoger la información procedente de todos sus ONTs correspondientes y multiplexarla en una única salida de fibra, en dirección al OLT del operador.

Para poder transmitir la información de los diferentes ONT sobre el mismo canal, es necesario, al igual que en el canal descendente, la utilización de TDMA, de tal forma que cada ONT envía la información en diferentes intervalos de tiempo, controlados por la unidad OLT.

En cuanto a las longitudes de onda de trabajo, cabe destacar que independientemente de si la conexión del ONT con el divisor es bifibra o monofibra, la longitud de onda de trabajo del canal ascendente es siempre la misma. La información enviada por el usuario (voz y/o datos), viaja siempre a:

- Voz y Datos: $\lambda_D = 1310$ nm

Con el sistema descrito anteriormente, se está ideando una red entramada en estructura de árbol o estrella, con infinidad de posibilidades físicas y lógicas de servicios a los usuarios.

Gracias a la utilización de la fibra óptica como medio de transmisión, y de divisores ópticos para la difusión y concentración de información, las redes PON permiten alcanzar velocidades de hasta 2,5 Gbps para transmisión y recepción de información, a usuarios situados a 60 km de la central.

Dos longitudes de onda

La aplicación más común para evitar interferencias entre los contenidos en el canal descendente y ascendente es utilizar dos longitudes de onda diferentes superpuestas utilizando técnicas WDM (Wavelength Division Multiplexing). Esto implica el uso de filtros ópticos para separarlas.

Las redes ópticas pasivas han de estar ajustadas en función de la distancia entre el usuario y la central, el número de splitters y su atenuación. Para que el nivel luminoso que reciba cada ONU esté dentro de los márgenes, o bien se ajusta el nivel del láser o la atenuación de los splitters.

El siguiente diagrama muestra la arquitectura básica de una red óptica pasiva con dos longitudes de onda. La longitud de onda descendente es en 1490nm y transmite los datos a 2,488 Gbps. La longitud de onda ascendente es en 1310nm y transmite los datos a 1,244 Gbps.

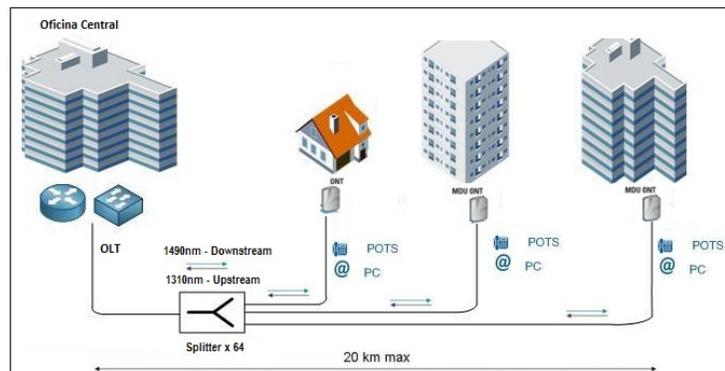


Figura No 1. 9: Diagrama utilizando 2 longitudes de Onda

Tres longitudes de onda

La arquitectura de un sistema de longitud de onda GPON tres es idéntica a la de un sistema de longitud de onda dos, con la adición de una longitud de onda de vídeo. El siguiente diagrama muestra la arquitectura de una red de RF de tres longitudes de onda de superposición GPON.

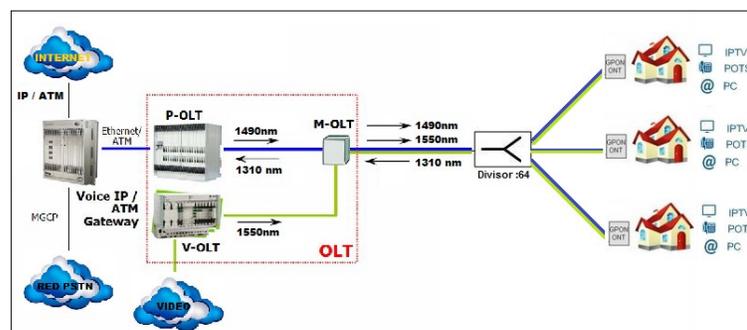


Figura No 1. 10: Diagrama utilizando 3 longitudes de Onda.

Hay que tener en cuenta que sólo hasta 64 ONT's están indicados para un solo puerto OLT. Esto se debe a la señal de video de RF de superposición y no la señal GPON. Para llegar a 20 kilómetros y 64 abonados en una sola red, la máxima cantidad de luz que una fibra aceptará (20 dBm o mW 100) debe ser insertado en la fibra por el equipo de video de RF de superposición, y cualquier potencia óptica adicional simplemente se desperdicia. Actualmente el splitter óptico puede derivarse hasta 128 ONTs.

El transmisor / receptor de superposición de vídeo RF en la ONT GPON se llama triplexer y generalmente se aplican con una óptica unidimensional.

La ONT se limita a convertir la señal óptica de 1550 en una señal eléctrica para la entrega en todo el hogar de más de 75 ohmios de cable coaxial.

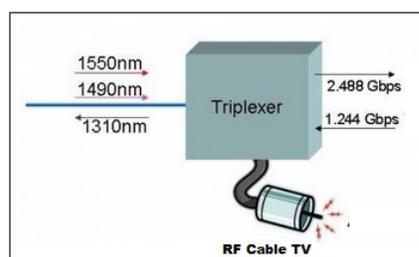


Figura No 1. 11: Diagrama Triplexer con 3 longitudes de Onda

I.3 Estándares de las Redes Ópticas Pasivas

Como se describió anteriormente todos los elementos que intervienen en una red óptica Pasiva y sus funciones, así como el funcionamiento total del sistema. Ahora se describen los estándares en la que se basan dichos sistemas.

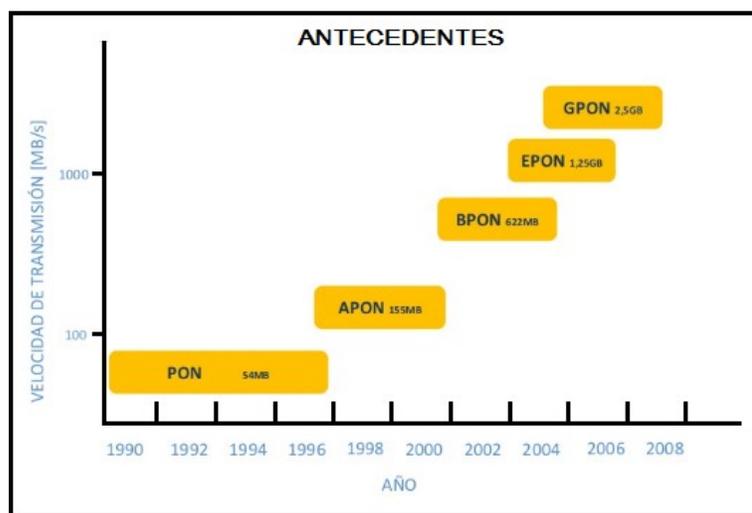


Figura No 1. 12: Antecedentes redes Ópticas Pasivas

I.3.1 Recomendación: ITU-T G.983.X

APON (ATM Passive Optical Network) - ITU-T G.983.1

Las especificaciones iniciales definidas para las redes PON fueron hechas por el comité FSAN (Full Service Access Network), el cual utiliza el estándar ATM como protocolo de señalización de la capa 2 (Enlace de Datos). A-PON se adecua a distintas arquitecturas de redes de acceso, como, FTTH (Fibra hasta la vivienda), FTTB (Fibra al edificio) y FTTC (Fibra hasta el gabinete).

La transmisión de datos en el sentido descendente se realiza con una corriente de ráfagas de celdas ATM de 53 bytes cada una, con 3 bytes para la identificación del ONT. Poseen una tasa binaria de 155,52 Mbps que son repartidos entre todos los usuarios existentes.

Para el canal ascendente, en cambio, se utilizan ráfagas de 54 celdas ATM, de las cuales dos son PLOAM (Physical Level Operations And Maintenance) que contienen información de destinos de cada celda y mantenimiento de la red

BPON (Broadband PON) - ITU-T G.983.x

Esta tecnología surge como una mejora de la tecnología APON para integrar y obtener acceso a más servicios como Ethernet, distribución de video, VPL, y multiplexación por longitud de onda (WDM) logrando un mayor ancho de banda, entre otras mejoras.

Al igual que APON utiliza el protocolo ATM, pero tiene la diferencia que puede dar soporte a otros estándares de banda ancha. En su primera versión, las redes BPON estaban definidas bajo una tasa fija de transmisión de 155 Mbps, tanto para el canal ascendente como para el descendente, sin embargo, más adelante se modificó para flexibilizarla, admitiendo canales asimétricos, Canal descendente 622 Mbps y Canal ascendente 155 Mbps.

A pesar de presentar mejoras respecto a las redes APON, tenían un elevado coste de implantación, así como diversas limitaciones técnicas. Permiten de forma asimétrica alcanzar velocidades de hasta 1.2 Gbps de la siguiente forma: Canal descendente: 1,244 Gbps. Canal ascendente: 622 Mbps.

Las longitudes de onda de trabajo que establece el estándar BPON, varían en función de si se utilizan 1 o 2 fibras por cada ONT, aunque para ambos establece una longitud de onda dedicada para la difusión de vídeo desde el OLT hasta los ONT, siendo ésta diferente de las utilizadas en la transmisión de voz y datos. Las longitudes de onda son:

Para 1 fibra por cada ONT, compartida para la transmisión y la recepción:

- Canal descendente: $\lambda=1480-1500$ nm
- Canal ascendente: $\lambda=1260-1360$ nm.
- Video: $\lambda=1550-1560$ nm

Para 2 fibras por cada ONT, una para transmisión y otra para recepción:

- Canal descendente: $\lambda=1260-1360$ nm
- Canal ascendente: $\lambda=1260-1360$ nm
- Video: $\lambda=1550-1560$ nm

Las redes BPON, admiten un ratio máximo de 32 divisores por OLT, y cada divisor, admite un máximo de 64 salidas a usuarios ONT. Esto supone un total de:

$$\text{Usuarios Máximo} = 32 (\text{Divisores / OLT}) * 64 (\text{Usuarios / Divisor}) = \mathbf{2048 \text{ usuarios / OLT}}$$

I.3.2 Recomendación IEEE 802.3ah

EPON (Ethernet PON)

La principal característica es que transporta tráfico nativo de red Ethernet en lugar del clásico tráfico ATM.

La intención de este estándar era aprovechar las ventajas de la tecnología de fibra óptica de redes PON, y aplicarlas a Ethernet. Se optimizó el tráfico IP, se mejora la seguridad y soporta mayores velocidades de transmisión de datos. Trabaja directamente a velocidades Gigabit (Se divide entre el número de usuarios). La reducción de los costes debido a que no utilizan elementos ATM y SDH, sino que se transmiten tramas Ethernet puras.

Las características principales de este tipo de red son:

- La tasa binaria es simétrica: 1244 Gbps tanto para Downstream como para Upstream.
- Admite un ratio máximo de 16 divisores por OLT permitiendo 1024 usuarios / OLT.
- El tipo de fibra que se utiliza es monomodo estándar según la norma ITU-T G.652.
- La longitud máxima de la fibra no puede superar los 10 km.
- La trama Ethernet posee una longitud variable y está estructurada de la siguiente manera:

Sus principales ventajas frente a los sistemas anteriores APON y BPON son:

- Ofrece QoS (Calidad de servicio) en ambos sentidos, tanto descendente como ascendente. La interconexión entre las etapas es más simple.
- Facilita en gran medida la llegada con fibra hasta los abonados, ya que los equipos con los que se accede son más económicos al usar interfaces Ethernet.
- La gestión y administración de la red se basa en el protocolo SNMP, lo cual permite reducir la complejidad de los sistemas de gestión de otras tecnologías.

I.3.3 Recomendación ITU-T G.984.X

GPON (Gigabit PON)

A día de hoy, el estándar más avanzando sobre el que se sigue aún trabajando es el nacido a partir de la evolución de las redes BPON. Se denomina **GPON** (Gigabit PON) y se encuentra estandarizado bajo la norma ITU-T G.984.x.

A continuación se presenta una descripción de las recomendaciones de la UIT o ITU respecto a la serie G para sistemas, medios de transmisión y redes digitales:

- **G.984.1:** Redes ópticas pasivas con capacidad Gigabits. Características Generales (3/2008).
- **G.984.2:** Redes ópticas pasivas con capacidad Gigabits. Especificación de la capa dependiente de los medios físicos (2003).
- **G.984.3:** Redes ópticas pasivas con capacidad Gigabits. Especificación de la capa de convergencia de transmisión (2004).
- **G.984.4:** Redes ópticas pasivas con capacidad Gigabits. Especificación de la interfaz de control y gestión de la terminación de red óptica (2004).
- **G.984.5:** Redes ópticas pasivas con capacidad Gigabits. Banda de Ampliación (2007).
- **G.984.6:** Redes ópticas pasivas con capacidad Gigabits. Extensión del alcance (2008).
- **G.984.7:** Redes ópticas pasivas con capacidad Gigabits. Largo alcance.

GPON permite transmisión de información encapsulada bajo dos tecnologías:

- ATM, exactamente igual que en el caso del estándar BPON, pero mejorada.
- Ethernet o TDM, usando para ello el GEM (*GPON Encapsulation Mode* o modo encapsulado GPON) basado en GFP (*Generic Framing Procedure*) o dual.

Las mejoras que ofrece GPON respecto de todos los estándares anteriores es, de forma general, aumentar el ancho de banda en transmisión, y aportar seguridad a la propia red a nivel de protocolo.

Así pues, GPON permite tasas de transmisión muy variadas, que se encuentran en el rango de entre los 622 Mbps, (como su antecesor BPON), hasta los 2,488 Gbps en el canal descendente. Al igual que BPON, este estándar permite tanto la transmisión de datos simétrica como asimétrica, cuyas tasas de transmisión, para cada una de ellas son:

- Transmisión simétrica: caudales de entre 622 Mbps y 2,488 Gbps para canal descendente y ascendente.
- Transmisión asimétrica: caudales diferentes para el canal descendente y ascendente:
 - Canal descendente hasta: 2,488 Gbps.
 - Canal ascendente hasta: 1,244 Gbps

El hecho de permitir un ancho de banda tan sumamente elevado, permite la transmisión de prácticamente cualquier información multimedia y soportar cualquier servicio de operador. Además, dado su origen de transferencia multi-soporte (ya sea vía ATM o vía Ethernet y TDM), le configura como soporte global multi-servicio:

- Transmisión de voz.
- Ethernet 10/100 Base-T.
- Servicio ATM.

Cabe destacar que la estandarización permite encauzar el canal descendente y el ascendente bajo 1 o 2 fibras monomodo (según norma ITU-T G.652), con un alcance máximo de 60 km entre divisor y ONT, y de 20 km entre ONTs de misma etapa.

Las longitudes de onda de trabajo que establece el estándar GPON varían en función de si se utilizan 1 o 2 fibras por cada ONT, aunque para ambos establece una longitud de onda dedicada para la difusión de vídeo desde el OLT hasta los ONT, siendo ésta diferente de las utilizadas en la transmisión de voz y datos. Las longitudes de onda son:

Para 1 fibra por cada ONT, compartida para la transmisión y la recepción:

- Canal descendente: $\lambda=1480-1500$ nm
- Canal ascendente: $\lambda=1260-1360$ nm
- Video: $\lambda=1550$ nm

Para 2 fibras por cada ONT, una para transmisión y otra para recepción:

- Canal descendente: $\lambda=1260-1360$ nm
- Canal ascendente: $\lambda=1260-1360$ nm
- Video: $\lambda=1550$ nm

Las redes GPON, admiten un ratio máximo de 128 divisores ópticos por OLT, y cada divisor, admite un máximo de 64 salidas a usuarios ONT. Esto supone un total de:

Usuarios Máximos: 128 (Divisores/OLT) * 64 (Usuarios / Divisor) = **8192 Usuarios / OLT**

Comparativamente, el estándar GPON permite aumentar de forma considerable el número de ONTs conectadas a un mismo OLT de cabecera. La proporción respecto a los estándares BPON y EPON es la siguiente:

- 4 veces más usuarios GPON respecto BPON.
- 8 veces más usuarios GPON respecto EPON.

A continuación presento una Tabla de Comparación entre los estándares antes mencionados:

Características	BPON	GPON	EPON
Tasa de bits (Mbps)	<i>down: 1.244, 622, 155 up: 622, 155</i>	<i>down: 2.488, 1.244 up: 2.488, 1.244, 622, 155</i>	<i>down: 1.250 up: 1.250</i>
Codificación de línea	NRZ (+ <i>scrambling</i>)	NRZ (+ <i>scrambling</i>)	8b/10b
Ratio de división máximo	1:32	1:128 (1:64 en la práctica)	1:32
Alcance máximo	20 km	60 km (con 20 km de distancia entre ONTs)	20 km
Estándares	Serie ITU-T G.983.x	Serie ITU-T G.984.x	IEEE 802.3ah
Soporte TDM	TDM sobre ATM	TDM nativo, TDM sobre ATM, TDM sobre paquetes	TDM sobre paquetes
Soporte vídeo RF	No	Sí	No
Eficiencia típica (depende del servicio)	83% <i>downstream</i> 80% <i>upstream</i>	93% <i>downstream</i> 94% <i>upstream</i>	61% <i>upstream</i> 73% <i>downstream</i>
OAM	PLOAM+OMCI	PLOAM+OMCI	Ethernet OAM (+SNMP opcional)
<i>Downstream</i>	<i>Churning</i> o AES	AES	No definida

Tabla No 1. 1: Comparativa de las principales tecnologías sobre PON

I.4 Ventajas y Desventajas de las Redes Ópticas Pasivas

A continuación presento algunas de las características positivas e inconvenientes que presentan el despliegue de redes ópticas pasivas:

I.4.1 Ventajas de las redes PON

Muchas de las propiedades de las redes PON vienen dadas por la utilización de fibra, y por supuesto, de los elementos pasivos que la componen, que sumados a la configuración específica de estrella o árbol, le otorgan ciertas ventajas frente a otras topologías. Esto otorga a las redes PON dos ventajas indiscutiblemente importantes: el ahorro de costes en implementación, la capacidad y ancho de banda de las redes ópticas pasivas. A continuación se enumeran las ventajas más relevantes:

- Las redes PON permiten llegar a usuarios localizados a distancias de hasta 20 Km desde la central (o nodo óptico). Esta distancia supera considerablemente la máxima cobertura de las tecnologías DSL (máximo 5Km desde la central).
- La propia estructura PON, permite gestionar de manera eficiente el tráfico de la red gracias al uso de WDM (Multiplexación por División de Longitud de onda). Las señales de voz y datos viajan a través de la red en la longitud de onda de segunda ventana, mientras que las señales de vídeo lo hacen en tercera ventana. De este modo se evita la mezcla de las señales entre sí, y se facilita la difusión desde el OLT a los diferentes ONTs.
- Minimizan el despliegue de fibra en el bucle local, al poder utilizar topologías en árbol es mucho más eficiente que las topologías punto-a-punto. Además, simplifica la densidad del equipamiento de central, reduciendo el consumo.
- Ofrecen una mayor densidad de ancho de banda por usuario debido a la mayor capacidad de la fibra para transportar información que las alternativas de cobre (xDSL). Puede alcanzar los 2,5 Gbps de tasa descendente para el usuario. Esto quiere decir que se trata de una tecnología capaz de proporcionar al usuario el servicio Triple Play (datos, telefonía y vídeo).
- Como la arquitectura punto-multipunto, las PON permiten superponer una señal óptica de Televisión procedente de una cabecera CATV en otra longitud de onda sin realizar modificaciones en los equipos portadores de datos.

- Aumentan la calidad del servicio y simplifican el mantenimiento de la red, al ser inmunes a ruidos electromagnéticos, no propagar las descargas eléctricas procedentes de rayos.
- Permite crecer a mayores tasas de transferencia superponiendo longitudes de onda adicionales.
- Aunque las redes PON como concepto existen desde la década de los 90, solo en los últimos dos o tres años han llegado a alcanzar una madurez tecnológica que permiten que numerosos operadores comiencen a utilizarlas en forma masiva. En estos momentos parece que sea la opción preferida para edificar la futura red de acceso al abonado, una vez agotadas las posibilidades de crecimiento de las tecnologías xDSL.
- La utilización de elementos pasivos consigue abaratar de una manera muy considerable el coste del despliegue de la red. Por otra parte, también se consigue ahorrar en el mantenimiento de la red, ya que los elementos pasivos no requieren tanta atención como los activos, y al mismo tiempo son más baratos.

I.4.2 Desventajas de las redes PON

A pesar de la gran cantidad de ventajas que poseen las redes PON intrínsecas a su configuración, también existen algunos inconvenientes derivados de la misma. Sin embargo, no llegan a ser lo suficientemente importantes como para evitar utilizar las redes PON como la mejor configuración posible para una red FTTH, los cuales se mencionan a continuación:

- Escasa madurez con dispositivos DWDM actuales.
- Existencia de dispersión cromática y por modo de polarización en las fibras ya instaladas.
- Acumulación de diferencias de ganancias para distintas longitudes de onda en redes con EDFA en serie.
- Definir cómo se arbitra el tráfico en el canal ascendente.
- División de Potencia en el Budget Optico. Número de divisiones que sufre la fibra hasta llegar a una ONT.
- Interoperabilidad. Es importante que cualquier OLT sea capaz de interactuar con cualquier ONT.
- La conmutación de paquetes sobre las capas ópticas obliga a disponer de buffers de almacenamiento en los nodos ópticos.
- Los dispositivos sintonizables son caros y tienen rango de sintonía baja lo que reducen la cantidad de canales a Multiplexar.

- Al igual que es una gran ventaja el uso de un divisor óptico para la distribución de la señal, también es un inconveniente. El hecho que un divisor distribuya la información procedente del OLT a todos los ONTs que se encuentran conectados a la misma etapa o árbol de distribución, provoca una reducción en la eficiencia de la red, la cual es menor que en un enlace punto-a-punto.

A pesar de estos inconvenientes, las redes PON siguen siendo la mejor opción, ya que el ahorro económico respecto a otras configuraciones es muy grande y la flexibilidad de la red acepta la conexión de multitud de usuarios con unas pérdidas aceptables.

I.5 Redes de transmisión basado en GPON

I.5.1 Descripción de las redes GPON

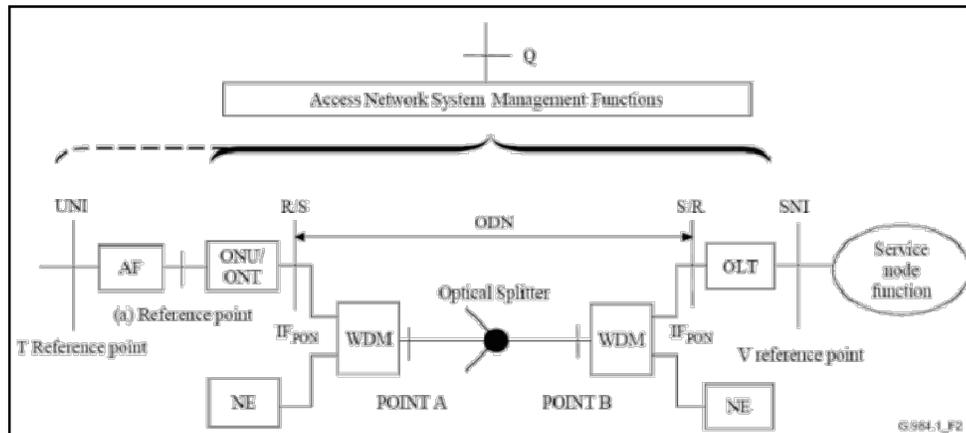


Figura No 1. 13: Configuración de Referencia para redes GPON¹

GPON (Gigabit Passive Optical Networks) o red óptica pasiva con capacidad de gigabit, es la estandarización de las redes PON a velocidades superiores a 1 Gbps.

Se define los siguientes componentes así:

OLT: Terminal de Línea Óptica.

ONU: Unidad de Red Óptica.

ONT: Terminal de red Óptica.

ODN: Red de Distribución Óptica.

WDM: Módulo de Multiplexación por División de Longitud de Onda. Solo si es aplicable

NE: Elemento de red que utiliza las distintas longitudes de onda de la OLT y ONU.

AF: Función de adaptación (Algunas veces incluida en la ONU).

¹ Fuente: Recomendación ITU-T G.984.1

SNI: Interfaz de Nodo de Servicio.

UNI: Interfaz de Usuario de red.

S: Punto de referencia S. Punto de acceso óptico del lado del equipo.

R: Punto de referencia R. Punto de acceso óptico del lado de la red.

Q: Punto de referencia Q. Punto de referencia de red en la red de administración.

Es uno de los estándares más sugerentes a la hora de ofrecer una conexión con fibra óptica en áreas metropolitanas. Este tipo de redes punto a multipunto se basa en dividir la señal óptica entre abonados a través de una red de fibra completamente pasiva. El OLT (Optical Line Terminal) es el equipo de central y la ONT (Optical Node Terminal) el equipo de abonado.

GPON ofrece una capacidad de 2,5 Gbps downstream y 1,25 Gbps upstream compartidos por cada 64 abonados sobre distancias de hasta 20 km. El método de encapsulación que emplea esta tecnología se basa en el protocolo GEM (Generalized Encapsulation Method) que permite soportar cualquier tipo de servicio (Ethernet, TDM, ATM, etc.) con baja sobrecarga, aprovechando así al máximo el ancho de banda disponible. Sus características de QoS (Quality Of Service) y OAM (Operation Administration and Maintenance) avanzadas, permiten una gestión dinámica del ancho de banda e integrar una red IP completa extremo a extremo.

Características

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.

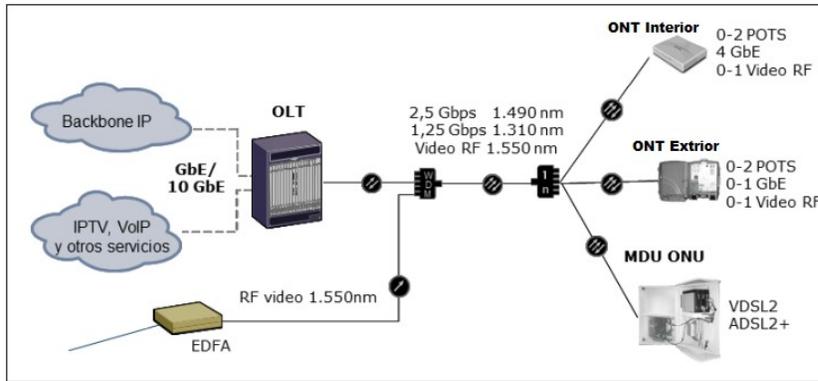


Figura No 1. 14: Características de una red GPON²

Otra de sus características es la multitud 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.

Una vez realizada la encapsulación de Ethernet o ATM sobre GEM, es necesario que éstas se encapsulen a su vez sobre tramas TDM para poder transmitirse desde el OLT hasta el resto de ONT en modo broadcast o difusión.

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.

Al igual que las tramas PEM, para transmisión sobre redes genéricas APON, o BPON, el protocolo de transferencia GEM determina un tamaño de trama aleatorio, aunque determina la longitud de algunos de sus campos:

- **Cabecera (header)**; este campo contiene información sobre sincronización de la trama y posee una longitud fija de 32 bits.

² Fuente: <http://www.ramonmillan.com/imagenes/fotostutoriales/gponarquitectura.png>

- **CRC**; que permite conocer si la información enviada ha llegado correctamente y sin errores a su destino. Posee una longitud fija de 8 bits.
- **Carga útil (payload)**; Sobre este campo, se carga la información procedente del protocolo superior, con una longitud de hasta 1518 bytes. En este caso, encapsula y cifra la información procedente del paquete Ethernet o bien de la celda ATM.

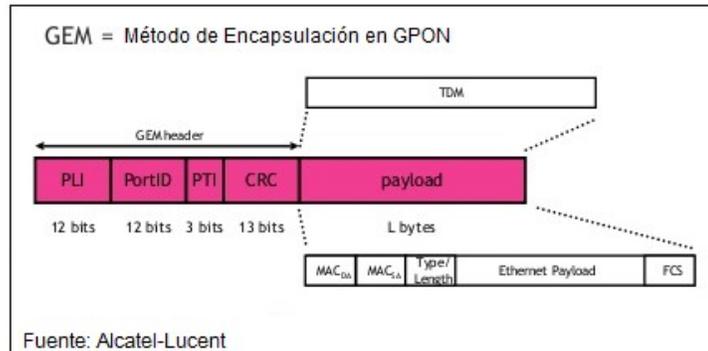


Figura No 1. 15: Método de Encapsulación empleado en GPON

GPON implementa capacidades de OAM (Operation Administration and Maintenance) avanzadas, ofreciendo una excelente gestión del servicio extremo a extremo. Cabe destacar otras funcionalidades como monitorización de la tasa de error, alarmas y eventos, descubrimiento y ranging automático.

1.5.2 Arquitectura GPON

Al ser uno de los sistemas de Redes Ópticas Pasivas, GPON consta de un OLT (Optical Line Terminal), ubicado en las dependencias del operador y una ONU/ONT (Optical Networking Terminal) ubicado en las dependencias de los abonados.

La OLT consta de varios puertos de línea GPON, cada uno soportando hasta 64 ONT's. En las arquitecturas donde es necesario complementar con tecnologías XDSL, las ONT son sustituidas por MDU (Multi-Dwelling Units), reutilizando así el par de cobre instalado pero, a su vez, consiguiendo las cortas distancias necesarias para conseguir velocidades simétricas de hasta 100 Mbps por abonado.

La OLT está conectada a la red conmutada mediante interfaces normalizados, tanto en términos de velocidad binaria, balance de potencia, fluctuación de fase, etc. Consta de 3 partes principales:

- Función de interfaz de puerto de servicio.
- Función de conexión cruzada.
- Interfaz de red de distribución óptica.

El estándar establece diferentes configuraciones de red, relacionadas con la protección de la misma. Así pues, se puede introducir redundancia en la arquitectura de transmisión, duplicando la fibra de transporte entre el OLT y el divisor de cabecera. Incluso, esta redundancia se puede extrapolar a planta externa, entre los divisores y los ONTs, mallando la red aun más.

Así pues, la red puede tener tres tipos de configuraciones determinadas:

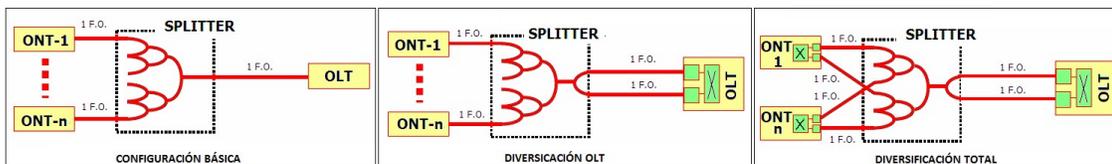


Figura No 1. 16: Configuración de red GPON basada en la protección

- **Configuración Básica.** Está constituida por una fibra de conexión entre el divisor de cabecera y el OLT. Además, la conexión entre los diferentes divisores de etapa y sus ONT correspondientes, se realizan a través de un enlace monofibra. Esta configuración requiere técnicas WDM.
- **Diversificación OLT.** Esta configuración, establece un enlace de dos fibras entre el divisor de cabecera y el OLT. La conexión entre los divisores de etapa y los ONT se realizan a través de enlace monofibra. Con esta configuración, no es necesaria la utilización de WDM, ya que la información de cada canal (ascendente y descendente) viajan a través de una fibra óptica dedicada.
- **Diversificación Total.** Con esta configuración, se establece, además de un enlace de dos fibras entre el divisor de cabecera y el OLT, una conexión bifibra entre los diferentes

divisores de etapa y los ONT, mallando la red de unos divisores a otros, y diversificando la señal de unos divisores a otros (antes independientes entre si).

La ONU/ONT tiene bloques funcionales similares a la OLT, con la diferencia que para el manejo del tráfico en lugar del bloque de conexión cruzada se especifica la función MUX y DEMUX de servicio.

Las ONUs/ONT proveen funcionalidades de capa 2 y capa 3, los cuales permiten el ruteo del tráfico interno en la ONU. EL diseño y costos de la ONU son factores clave para el desarrollo de la tecnología PON utilizada.

Para conectar la OLT con la ONT con datos, se emplea un cable de fibra óptica para transportar una longitud de onda de downstream. Mediante un pequeño divisor pasivo que divide la señal de luz que tiene a su entrada en varias salidas, el tráfico downstream originado en la OLT puede ser distribuido.

Puede haber una serie de divisores pasivos 1 x n (donde n = 2, 4, 8, 16, 32, o 64) en distintos emplazamientos hasta alcanzar los clientes. Esto es una arquitectura punto a multipunto o una topología en árbol. Los datos upstream desde la ONT hasta la OLT, se distribuyen en una longitud de onda distinta para evitar colisiones con la transmisión downstream, se agrega por la misma unidad divisora pasiva permitiendo que el tráfico sea recolectado desde la OLT sobre la misma fibra óptica que envía el tráfico downstream.

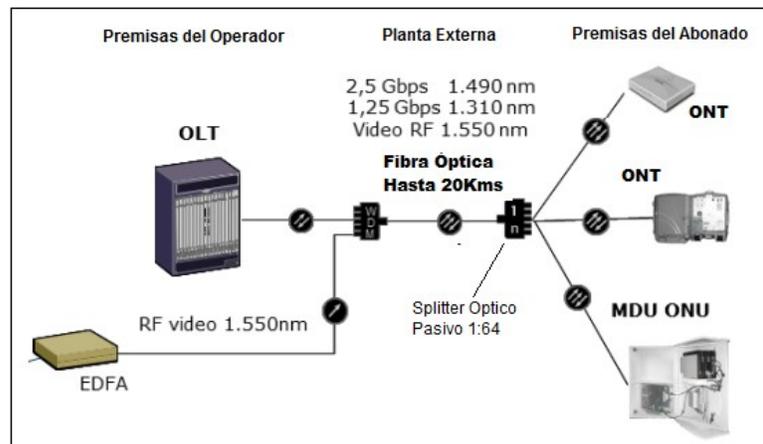


Figura No 1. 17: Arquitectura básica red GPON

Para el tráfico downstream se realiza un broadcast óptico, aunque cada ONT sólo será capaz de procesar el tráfico que le corresponde o para el que tiene acceso por parte del operador, gracias a las técnicas de seguridad AES (Advanced Encryption Standard). Para el tráfico upstream los protocolos basados en TDMA (Time Division Multiple Access) aseguran la transmisión sin colisiones desde la ONT hasta la OLT. Además, mediante TDMA sólo se transmite cuando sea necesario, por lo cual, no sufre de la ineficiencia de las tecnologías TDM donde el período temporal para transmitir es fijo e independiente de que se tengan datos o no disponibles.

Un beneficio añadido es la escalabilidad que tienen las redes de fibra óptica gracias al empleo de multiplexación por división de longitud de onda (WDM), tecnología que permite aumentar el ancho de banda disponible multiplexando varias señales con diferentes longitudes de onda sobre una única fibra óptica.

Esto implica que, una vez realizado el despliegue de fibra, no es necesario hacer cambios sobre el para aumentar la capacidad de la red. Si tenemos desarrollada una red GPON, podremos evolucionar a XGPON (tasas de 10Gbps compartidos), WDM PON (1 Gbps simétrico para cada usuario) y 10G-PON (10 Gbps simétricos para cada usuario) sin que la modificación de la infraestructura de fibra suponga un gasto añadido. Esto presenta una ventaja respecto a las redes basadas en cobre, ya que los cables Ethernet se clasifican en categorías según la tasa de transmisión soportada y por tanto, si queremos aumentar la capacidad de la red debemos cambiar el cableado a una categoría superior.

Capa Física

Las normativas ITU-T G.984.1 y G.984.2 establecen la velocidad y capacidad de la línea en cada sistema, así como los requerimientos del medio físico necesario para otorgar dicho servicio.

En GPON, se transmite bajo una fibra, o bajo dos fibras ópticas en el enlace OLT-ONT. En función de una u otra configuración, el funcionamiento en bandas ópticas es diferente.

Así pues, las bandas de transmisión en longitud de onda para cada canal (ascendente y descendente), son las definidas así:

1 fibra → 1260-1360nm (Upstream) y 1480-1500nm (Downstream)

2 fibras → 1260-1360nm (Upstream) y 1260-1360nm (Downstream)

Esta transmisión, también según la normativa G.984.2, debe realizarse bajo fibra monomodo optimizada para 2ª ventana, según se especifica en la normativa ITU-T G.652 para este canal de transmisión. La transmisión en 2ª ventana es aquella banda de longitudes de onda con un máximo en 1310 nm, y comprendida entre 1190 – 1390 nm.

Para la transmisión de luz, el estándar también fija un código de línea determinado, siendo éste el **NRZ** o sin retorno a cero (*Non Return to Zero*) pseudoaleatorizado. La señal binaria es codificada usando pulsos rectangulares, que no son más que amplitudes modulares con código determinado. La señal fluctúa entre +1 y -1 en función de si hay luz o no (bit=1, bit=0),

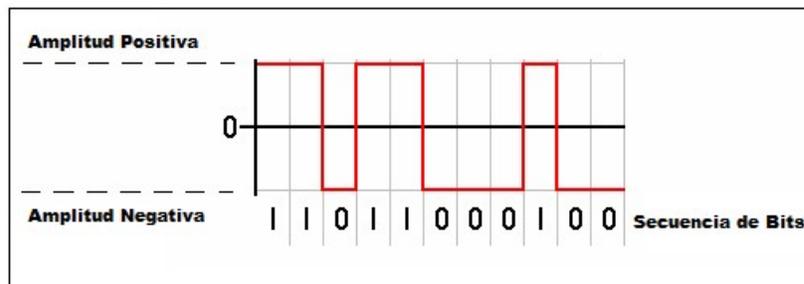


Figura No 1. 18: Código de Línea NRZ

En cuanto al número de saltos y divisores ópticos permitidos por la red, el estándar G.984.2 establece un máximo de hasta 128 divisores por cada OLT de cabecera.

Además, la normativa incluye una serie de divisores genéricos, siendo estos: 1:16, 1:32, y 1:64.

Según el dato anterior, podemos calcular el máximo de usuarios permitidos por OLT así:

$$\text{Usuarios Máximos: } 128 \text{ (Divisores/OLT)} * 64 \text{ (Usuarios / Divisor)} = \mathbf{8192 \text{ Usuarios / OLT}}$$

Como beneficio en esta red, vemos una reducción de instalación de nodos OLT (equipo activo) aumentando el número de divisores (elemento pasivo), que son considerablemente más económicos, y por tanto, reducimos el coste global de despliegue de la red GPON.

El número de divisores instalados influye en las pérdidas por atenuación de la red. Estos elementos, introducen un nivel de pérdidas en la red que, sumado a los de otros elementos pasivos y a las pérdidas de la propia fibra óptica, suponen un nivel global de pérdidas que permiten clasificar la red GPON en 3, en función de su calidad. Así pues, existen tres tipos de redes GPON en función de su calidad, asociadas a un rango de pérdidas determinado entre el OLT de cabecera y el ONT de usuario final así:

Tipo de ODN	CALIDAD	Márgen de Pérdidas
A	Excelente	5 - 20db
B	Muy Buena	10 – 25db
C	Buena	15 – 30db

Tabla No 1. 2: Tipos de redes GPON en base a Calidad

La calidad, se encuentra directamente asociada a dos parámetros muy importantes de la red, que son la capacidad nominal de la red, y la distancia máxima de enlace.

Así pues, se establece una serie de conjuntos de velocidad, asociados a un canal determinado (ascendente y descendente). Independientemente de la capacidad final de la red. El usuario final puede disfrutar de diversas velocidades, sin necesidad de tener que contratar el máximo de velocidad ofrecido por la red.

Así pues, para ofrecer ciertas cotas de capacidad, es necesario tener un tipo de ODN mínimo determinado. No es factible, por ejemplo, otorgar un servicio de máxima capacidad 2,5 Gbps mediante una red ODN/C. Para ello, el estándar establece las siguientes asociaciones entre paquetes de velocidad y clase de ODN.

Capacidad Nominal		ODN Min
Downstream	Upstream	
1.244,16 Mbps	155,52 Mbps	C
1.244,16 Mbps	622,08 Mbps	C
1.244,16 Mbps	1.244,16 Mbps	B
2.488,32 Mbps	155,52 Mbps	B
2.488,32 Mbps	622,08 Mbps	B
2.488,32 Mbps	1.244,16 Mbps	A
2.488,32 Mbps	2.488,32 Mbps	A

Tabla No 1. 3: Capacidades Nominales respecto al tipo de red

En cuanto a la distancia permitida entre el OLT y el ONT, que garantiza los cotas de capacidad de la tabla anterior, el estándar GPON establece:

- **Alcance lógico.** Es la distancia máxima permitida para la gestión del enlace por capas superiores: MAC, IP, etc. Esta distancia es de hasta 60 km entre el OLT de cabecera y el ONT de usuario.
- **Alcance físico.** Es la distancia máxima de cable físico instalado entre el OLT de cabecera, y el ONT de usuario final, siendo ésta de hasta 20 km.

I.5.3 Canales de Transmisión

El estándar GPON, y más concretamente la normativa ITU-T G.984.3, establece ciertas particularidades respecto a los protocolos de transmisión, tanto para el canal ascendente como para el descendente. A pesar de que mantiene los protocolos de funcionamiento y acceso al medio, incorpora algunas modificaciones susceptibles de ser mencionadas. Las más importantes, son las que se especifican a continuación:

Canal Descendente

Se utiliza tecnología conceptualmente similar a **TDM** (*Time Division Multiplexing*). Todos los datos se transmiten a todas las ONTs (el splitter es un elemento pasivo que simplemente replica los datos). Cada ONT filtra los datos recibidos (sólo se queda con aquellos que van dirigidos hacia él). Tiene el problema de que el operador/usuario puede querer confidencialidad de los datos. Debido a esta confidencialidad se puede utilizar cifrado de los datos.

Canal Ascendente

Se utiliza tecnología conceptualmente similar a **TDMA** (*Time Division Múltiple Access*). La OLT controla el canal ascendente, asignando ventanas a las ONT. Se requiere un control de acceso al medio para evitar colisiones y para distribuir el ancho de banda entre los usuarios.

Al ser el splitter un elemento pasivo, es necesaria la perfecta sincronización de los paquetes ascendentes que le lleguen, para que sea capaz de formar la trama GPON. Es por ello necesario que la OLT conozca la distancia a la que están las ONTs para tener en cuenta el retardo.

Consideraciones generales

Todos los elementos situados entre OLT y ONT (fibra óptica, divisores ópticos, repartidores y conectores) son elementos pasivos (no requieren alimentación eléctrica). Esto implica que la OLT necesita un mecanismo que le permita identificar a cada uno de los usuarios que tiene conectados a una misma fibra. Para ello se ha creado un elemento denominado número de serie de ONT, que debe estar configurado tanto en la OLT como en la ONT. La OLT debe tener un registro de los números de serie de ONT de todos los usuarios y a qué puerto pertenecen (es decir, de qué fibra cuelgan).

El número de serie está compuesto por 8 bytes (64 bits). Los primeros 4 bytes identifican al fabricante y los 4 siguientes a la ONT. Para que sea más manejable, se suele convertir el número a ASCII (8 caracteres ASCII) o a hexadecimal (16 caracteres hexadecimales).

Uno de los principales problemas que se ha intentado resolver en la tecnología GPON ha sido el conseguir gestión remota del equipamiento de usuario, ya que cada visita a casa del cliente supone un elevado coste económico. Esto permite reducir los costes derivados del OPEX.

Para ello, dentro de la norma GPON G.984.4 de la ITU-T se ha desarrollado un protocolo denominado OMCI, interfaz de control y mantenimiento ONT (*ONT Management and Control Interface*). Este protocolo permite la configuración remota de las ONTs, cuyas funciones principales son:

- Establecer y liberar conexiones en la ONT
- Gestionar los puertos físicos de la ONT
- Solicitar información de configuración y estadísticas de rendimiento.
- Informar autónomamente al operador del sistema de eventos, tales como cortes de fibra

El protocolo OMCI se ejecuta sobre una conexión GEM entre la controladora del OLT y la controladora de la ONT y se establece durante la fase de arranque de la ONT.

Para cada ONT se establece un canal de gestión entre OLT y ONT. Este protocolo es asimétrico: el OLT es el maestro y la ONT es el esclavo. Un único OLT empleando diversas instancias del protocolo sobre canales de control independientes puede controlar múltiples ONTs. Los requerimientos de la OMCI dados en la recomendación G.984.4 son necesarios para manejar la ONT en las siguientes áreas:

- Gestión de la configuración
- Gestión de fallos y seguridad
- Gestión del rendimiento

El protocolo OMCI es uno de los aspectos fundamentales para garantizar la interoperabilidad entre fabricantes.

Aplicaciones

Al ser GPON 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,

se ofrecen tarifas más baratas a los abonados por servicios mucho más potentes (voz sobre IP, televisión digital de alta definición, vídeo bajo demanda, Internet de banda ancha sin restricciones de distancias y velocidad, juegos en red, etc.).

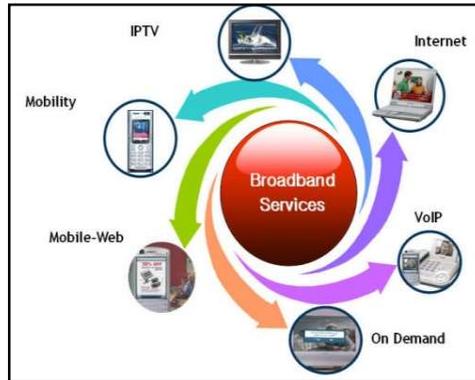


Figura No 1. 19: Aplicaciones a través de GPON³

El estándar GPON soportara tanto servicios síncronos (voz y vídeo) mediante Multiplexación en el tiempo con un alcance de 750m a 2.7km, como asíncronos (datos) a través de ATM, con un alcance de 20Km. Así pues, resultará ideal tanto para triple play como para el intercambio de datos.

Además de poder implementar Multicast, protocolo utilizado para la difusión de televisión, que no es el servicio de video bajo demanda. Este protocolo, integrado en la ONT, OLT y decodificador, permite al usuario seleccionar el canal de televisión que recibe en cada momento.

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, el OLT no tiene que enviarlo dos veces, pues los usuarios reciben toda la información.

El estándar GPON se ha diseñado para que una parte de la trama esté 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.

³ Fuente: http://wikitel.info/wiki/UA-Redes_PON_GPON_derivados

Los servicios que se pueden ofrecer con GPON se pueden diferenciar como residenciales y comerciales.

Entre las diferentes aplicaciones tenemos:

Datos

- Acceso a información de forma rápida y eficaz. El acceso a redes de ordenadores como Internet, redes corporativas de empresa para tele-trabajo, o la propia red del proveedor de servicios, aumentarían su velocidad a niveles muy elevados.
- Servicios de entretenimiento digital, que engloban descargas de música y video a tasas de velocidad elevadas.
- Servicios P2P basados en el compartimiento de archivos multimedia.
- Servicios de juegos en línea o *gaming*.
- Servicios de mensajería instantánea e emails con gran contenido de información.
- Líneas de datos privadas, incluso dentro del hogar.
- Servicios generales de monitorización y seguridad.

Voz

- Servicio de voz tradicional - **POTS** (*plain old telephone services*), ya sean líneas simples o dúplex.
- **VoIP**. Gracias a las redes de fibra, sería posible la utilización de centralitas con multitud de llamadas IP simultáneas, es decir, gestión de llamadas a través de paquetes IP de centralita a centralita.
- **Voz alta calidad** (*premium*) ofrecido a 0,5 Mbps.

El ancho de banda mínimo consumido por los servicios de voz empaquetados bajo Triple Play es de alrededor de 1.5 Mbps, lo que supone un total de hasta tres líneas de voz diferentes de alta calidad.

Video

Los servicios de video ofrecidos por las redes GPON son, por así decirlo, los más atractivos desde el punto de vista doméstico, y es por eso que los operadores hacen mayor hincapié:

- **SDTV** (*standard definition TV*) o video de definición estándar sobre IPTV. Ofrece un servicio de difusión televisiva con más de 30 canales diferentes.
- **HDTV** (*high definition TV*) o video alta definición sobre IPTV. Para este tipo de difusión de video, se utiliza la codificación MPEG-4 a 7,5 Mbps; o bien la codificación WM9, a 10 Mbps. Ofrece un servicio con más de 10 canales diferentes.
- **VoD** (*video on demand*) o video bajo demanda o video a la carta. Este sistema permite al usuario el acceso a contenidos multimedia de forma personalizada. El usuario puede elegir en cualquier momento el programa que desea ver, sin depender de un horario fijo de programación; del mismo modo puede detener el programa y reanudarlo a voluntad.
- **PPV** (*pay per view*) o servicios de pago por visión o pago por evento. Es una modalidad de televisión de pago, en la que el abonado paga por los eventos individuales que desea ver. Éstos pueden ser eventos deportivos, películas recién estrenadas, conciertos musicales importantes, etc
- Servicio de Radiodifusión FM, AM, etc.

I.5.4 Clasificación de las redes GPON según su topología

Es un término genérico para designar arquitecturas de red de acceso de alto desempeño ó de alta velocidad, basadas en tecnología óptica. FTTx es muy reconocida como una solución óptima para proporcionar un ancho de banda tanto en instalaciones nuevas como en las ya existentes. Los retos tecnológicos y económicos básicos de FTTx se han resuelto en base a la inmensa capacidad de la fibra, ya que esta es la base del sistema de telecomunicaciones mundial.

El enlace de telecomunicaciones de fibra óptica se extiende desde el equipo de conmutación del operador hasta por lo menos los límites de la propiedad privada del cliente. En esta arquitectura,

la fibra óptica terminará antes de llegar al área de la casa o el espacio de las oficinas del negocio. Entonces, la trayectoria de acceso continuará por otro medio de acceso, tal como cable de cobre o conexión inalámbrica hasta el suscriptor.

De acuerdo a las diferentes topologías que se presenta sobre el terreno, y de acuerdo a como fue planificado, una red GPON presenta varios tipos de arquitecturas, llamadas Redes FTTx – Fiber-to-the-X, donde X, significa el sitio final hasta donde llega la fibra. Así pues tenemos:

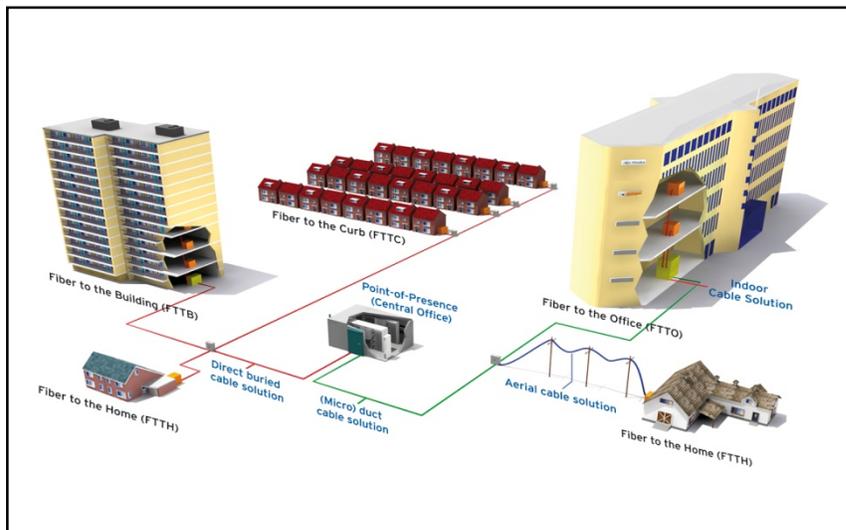


Figura No 1. 20: Topologías de redes GPON-FTTx⁴

1.5.4.1 FTTB (Fibra hasta el Edificio – Fiber to the Building o también puede entenderse como Fibra hasta la empresa - Fiber to the Business)

Fibra hasta el edificio. Se emplea para designar el recorrido de la fibra óptica desde las instalaciones del operador hasta propiedades privadas, pero la fibra óptica termina antes de alcanzar el espacio habitable.

En esta configuración, la fibra llega hasta el límite de una construcción, como el sótano o en Centro Comercial, y luego la conexión final llega hasta el usuario, a través de otra tecnología complementaria (Cable, DSL, powerline PLC, etc). Se divide en dos escenarios, uno para

⁴ Fuente: http://fibraoptica.blog.tartanga.net/files/2013/05/lzarra_centre_26.jpg

múltiples unidades de vivienda (MDU) y el otro para las empresas. Cada escenario tiene las siguientes categorías de servicios.

I.5.4.2 FTTB para MDU

- Servicios de banda ancha asimétrica (por ejemplo, servicios de broadcast digital, VoD, descarga de archivos, etc.)
- Servicios de banda ancha simétrica (por ejemplo, broadcast de contenidos, correo, intercambio de archivos, aprendizaje a distancia, telemedicina, juegos online, etc.)
- POTS y RDSI. La red de acceso debe ser capaz de proporcionar, de manera flexible, servicios telefónicos de banda estrecha con el timing oportuno para la introducción.

I.5.4.3 FTTB para Empresas. Otro nombre que recibe es FTTO, Fibra hasta la Oficina (Fiber to the Office)

- Servicios de banda ancha simétrica (por ejemplo, Group software, broadcast de contenidos, e-mail, el archivo de de cambio, etc.)
- POTS y RDSI. La red de acceso debe ser capaz de proporcionar, de manera flexible, servicios telefónicos de banda estrecha con el momento oportuno para la introducción.
- Los servicios de línea privada. La red de acceso debe ser capaz de proporcionar, de manera flexible, servicios privados de varios tipos en la línea.

I.5.4.4 FTTP (Fibra hasta la Premisas del cliente – Fiber to the Premises)

Este término se utiliza en varios contextos: como un término general para ambos FTTH y FTTB, o cuando la red de fibra incluyen tanto las viviendas y pequeños negocios.

I.5.4.5 FTTC – FTTCab (Fibra hasta el Gabinete – Fiber to the Cabinet o Fibra hasta la Acera – Fiber to the Curb)

Fibra que termina en un gabinete ubicado típicamente en la calle, aproximadamente entre 300 y 600m de las instalaciones del cliente.

1.5.4.6 FTTN (Fibra hasta el Nodo – Fiber to the Node)

Es muy similar a FTTC, pero el gabinete de la calle está más lejos de los locales del usuario. El tramo de fibra termina en una cabina situada en la calle de entre 1,5 a 3 km del usuario. El recorrido de fibra óptica va, en este caso, desde las instalaciones del operador hasta un punto alejado del abonado que luego se definirá en FTTH ó FTTB. La ruta de acceso entre el punto intermedio y el abonado no es la fibra óptica, sino otro medio de transmisión. En este caso se interpondría una especie de intermediario entre el cable y el usuario.

1.5.4.7 FTTH (Fibra hasta el Hogar – Fiber to the home)

Se define como una arquitectura de telecomunicaciones en el que se proporciona una vía de comunicación a través de cables de fibra óptica que se extiende desde el equipo de conmutación del operador de telecomunicaciones al límite mismo de las casas, oficinas y o negocios de los clientes.

1.5.4.8 FTTA (Fibra hasta la Antena - *Fiber-to-the-antenna*):

Fibra hasta la antena es una nueva generación de conexión de alto rendimiento de la estación hasta la antena, en el marco del despliegue de nuevas redes móviles 4G/LTE por los operadores de telecomunicaciones.

En el presente trabajo centraré el estudio sobre redes GPON usando la topología FTTH (Fibra hasta la casa) implementadas en la República Argentina.1.6 Topología FTTH – Fibra hasta la Casa

1.6 Redes FTTh

I.6.1 Características, elementos, y estructura de Redes FTTH

Los elementos principales que componen una red FTTH son la Fibra Óptica, el OLT, el ONT y el divisor óptico. Por lo tanto, en el presente apartado se detallan las características y funciones generales de cada uno de ellos.

I.6.1.1 Fibra Óptica

Este es un elemento fundamental de la red, del cual ésta toma el nombre. Una fibra óptica se puede definir como un cable o un filamento de vidrio de alta pureza u otro material transparente capaz de transportar haces de luz. Es bastante flexible, su grosor es muy reducido y posee las características necesarias para transportar los haces que llevan la información gracias a una serie de reflexiones internas.

Entre las principales características de la fibra óptica, se puede mencionar que son muy compactas y ligeras. Además, poseen bajas pérdidas de señal, proporcionan una amplia capacidad de transmisión y poseen un alto grado de confiabilidad debido a su inmunidad a las interferencias electromagnéticas de radio frecuencia.

Una fibra óptica, no conduce señales eléctricas, por lo que son ideales para incorporarse en cables sin ningún tipo de componente conductor y pueden incluso, usarse en condiciones peligrosas de alta tensión. Por otra parte, poseen la capacidad de tolerar altas diferencias de potencial sin ningún circuito adicional de protección y no existen problemas debido a los cortocircuitos.

La fibra posee un gran ancho de banda, que puede ser utilizado para incrementar la capacidad de transmisión con el fin de reducir el coste por canal. Así por ejemplo, un cable de 6 fibras ópticas, permite transportar las señales de más de 5.000 canales diferentes o líneas principales, mientras que se requieren de 10.000 pares de cobre convencional para brindar el servicio a ese mismo número de usuarios

Composición y Geometría de la Fibra Óptica

La geometría física de la fibra óptica y el índice de refracción son las claves necesarias que condicionan el funcionamiento general, comportamiento y ancho de banda de los diferentes tipos de fibra óptica. No obstante, todas y cada una de ellas, comparten una estructura genérica, que permite la transmisión en general.

Toda fibra óptica está constituida por tres estructuras o capas concéntricas que difieren en sus propiedades de composición

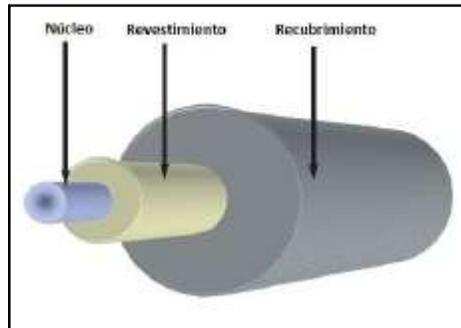


Figura No 1. 21: Composición de la FO

- **Núcleo:** Es la parte más interna de la fibra y se encarga de conducir las señales ópticas procedentes de la fuente de luz hasta el dispositivo de recepción. Se trata de una sola fibra continua de vidrio fabricada a elevada temperatura a partir de cuarzo ultra puro, plástico o dióxido de silicio. Posee un diámetro muy pequeño, que varía entre los 10 y 300mm. Cuanto mayor es el diámetro del núcleo, mayor es la cantidad de luz que el cable puede transportar.
- **Revestimiento:** Es la parte intermedia de la fibra, que rodea y protege al núcleo. Este medio posee un índice de refracción menor al del núcleo, de forma que actúa como una capa reflectante (a modo de espejo), consiguiendo que las ondas de luz que intentan escapar del núcleo sean reflejadas y retenidas en el mismo. Está fabricado a elevada temperatura con base en silicio de naturaleza cristalina, y generalmente son de cuarzo o plástico transparente. En esta capa se suelen añadir varias capas de plástico con el fin de absorber los posibles impactos o golpes que pueda recibir la fibra y proporcionar una protección extra contra curvaturas excesivas del cable, es decir, para preservar la fuerza de la fibra.
- **Recubrimiento:** El recubrimiento es la parte externa de la fibra y actúa a modo de

amortiguador, protegiendo el núcleo y el revestimiento de posibles daños y agentes externos. En definitiva, provee al cable de cierta protección mecánica a la manipulación. Está fabricado con material plástico, capaz de resguardar la fibra óptica de la humedad, el aplastamiento, los roedores y otros riesgos del entorno.

En muchas ocasiones el recubrimiento aparece claramente dividido a su vez en dos subcapas: el recubrimiento primario y el recubrimiento secundario. En aquellos casos en los que el recubrimiento primario lleva otro adicional secundario, la fibra suele utilizarse para exterior o bajo tierra.

Las fibras ópticas generalmente se agrupan en un determinado número de fibras, suelen ser grupos de 4,8,16,24,32,64,128... que a su vez pueden reagruparse para formar un cable recubierto con un revestimiento de material plástico que protege los tubos formando en apariencia un único cable.

Principios de Transmisión

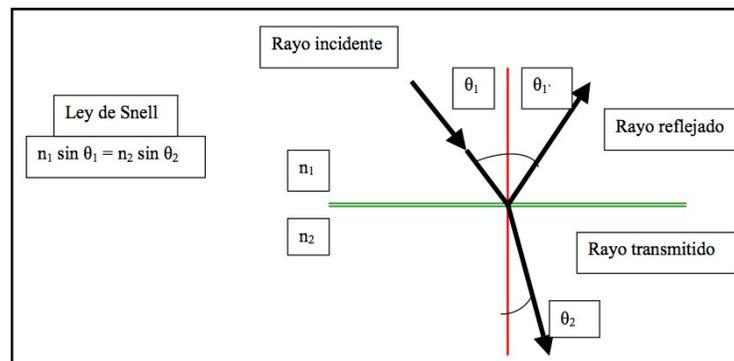


Figura No 1. 22: Representación Ley de Snell

La fibra óptica transmite información mediante pulsos o haces de luz, la cual viaja a través de ella, mediante un principio que se conoce como *Principio de reflexión interna total* y se da debido a que el índice de refracción del revestimiento (Cladding) n_2 es menos que la del núcleo (core), n_1 lo que permite que la luz quede atrapada dentro del núcleo y así pueda propagarse a través de toda su longitud. La ecuación que representa la relación entre el ángulo incidente y el ángulo transmitido (refractado):

$$n_1 = \frac{\text{Sen}(\theta_2)}{\text{Sen}(\theta_1)} \quad [\text{Ley de Snell}]$$

$$n_2 = \frac{\text{Sen}(\theta_1)}{\text{Sen}(\theta_2)}$$

Clasificación de la Fibra Óptica

En función de la designación del material que compone el núcleo de la fibra, se pueden distinguir distintos tipos:

- **Fibra de silicio:** es la forma cristalina más pura del vidrio, son muy buenas conductoras y poseen unas prestaciones excepcionales como vehículo de transmisión de luz. Fibra de vidrio: posee tanto el núcleo como la envoltura óptica de vidrio, con índices de refracción diferentes. En general, suelen tener un diámetro comprendido entre 50 y 70 micras.
- **Fibra de Vidrio.** Este tipo de fibra, posee tanto el núcleo como la envoltura óptica de vidrio, con índices de refracción diferentes. En general suelen tener un diámetro pequeño, de entre 50 y 70 micras, y se agrupan en haces multifibra. Son aptas para la iluminación, señalización, transmisión de imágenes, endoscopias, etc.
- **Fibra de plástico:** está constituida por un núcleo de plimetacrilato de metilo y una envoltura óptica de polímero plástico con índice de refracción diferente. Este tipo de fibra ofrece ventajas en cuanto a uniformidad de transmisión del espectro visible, filtración de rayos ultravioletas e infrarrojos, resistencia mecánica, flexibilidad, peso reducido y facilidad de instalación.
- **Fibra de núcleo líquido:** son de tecnología más reciente, y están compuestas por un núcleo líquido con una envoltura óptica de polímero plástico. Su grosor es superior al de los otros tipos de fibras (entre 3 y 8 mm). Su principal aplicación se orienta hacia la iluminación en modo monofibra.

También se puede clasificar según el modo de propagación:

- **Monomodo:** permite tan sólo la propagación de un único modo de transmisión. Esto es posible gracias a que el diámetro del núcleo de este tipo de fibras es muy reducido, y suele estar comprendido entre 8 y 10 micras, por lo que tan sólo permite la propagación de un haz de luz fundamental.

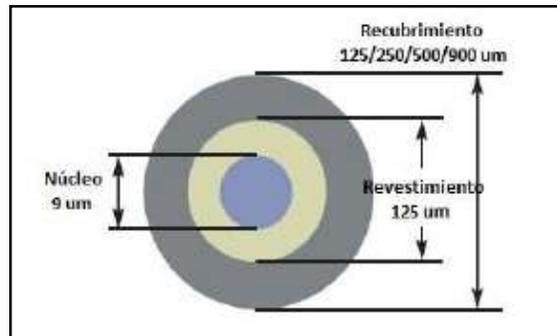


Figura No 1. 23: Fibra Óptica Monomodo

Gracias a esta geometría, el haz que se propaga, lo hace sin reflexiones, es decir, posee una trayectoria paralela al eje de la fibra, eliminando el desfase o ensanchamiento del pulso en recepción y en consecuencia, la dispersión modal.

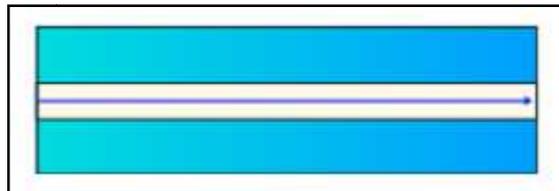


Figura No 1. 24: Propagación de la Luz en FO Monomodo

- **Multimodo:** soporta la propagación de varios modos de transmisión. Esto es gracias a que el diámetro del núcleo de este tipo de fibras es amplio, y suele estar comprendido entre 50 y 62.5 micras, por lo que el acoplamiento de la luz en diferentes modos es más sencillo.

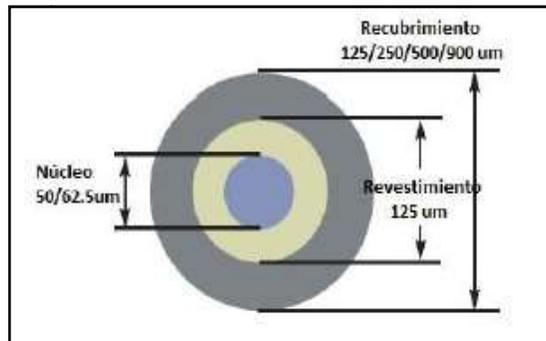


Figura No 1. 25: Fibra Óptica Multimodo

Los rayos que viajan a través del núcleo de la fibra reflejándose contra el revestimiento. Como es lógico, este tipo de fibra tiene peores prestaciones que el anterior, ya que posee una velocidad de propagación menor y una atenuación mayor, debida a las reflexiones interiores

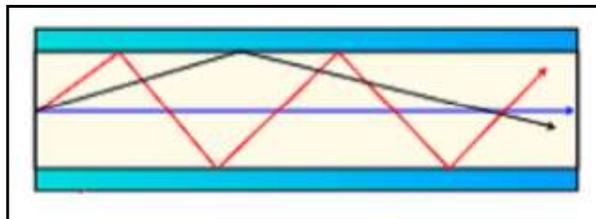


Figura No 1. 26: Propagación de la Luz en FO Multimodo

Dentro de las fibras multimodo existen dos tipos en función del índice de refracción:

- **Fibra multimodo gradual:** este tipo de fibras son las más utilizadas entre las multimodo. En estas fibras el índice de refracción del núcleo no es constante, si no que varía de forma progresiva.
- **Fibra multimodo de salto de índice:** este tipo de fibras tienen un índice de refracción del núcleo constante y el cambio con el índice de refracción del revestimiento no es gradual.

La principal diferencia entre estos dos tipos es que la fibra de salto de índice posee una mayor dispersión.

Clasificación de acuerdo a su estructura

Existe otro tipo de clasificación en función de la estructura del cable de fibra óptica.:

- **Estructura ajustada**

Contiene varias fibras con una protección secundaria que rodea un miembro central de tracción, todo esto es recubierto de una protección exterior. La protección secundaria de la fibra consiste en una cubierta plástica, esta proporciona una protección frente al entorno además de un soporte físico para estructurar y sostener los cables. Debido al diseño ajustado del cable, este es más sensible a las fuerzas de estiramiento o tracción y puede ver incrementadas sus pérdidas provocadas por microcurvaturas. Este tipo de cable, al ser más flexible y tener un radio menor, ha sido diseñado para instalaciones interiores. También se utiliza en tendidos exteriores verticales más elevados, debido a que la fibra holgada presenta problemas en estos casos.

- **Estructura holgada**

Está formada por varios tubos de fibra rodeando un miembro central de refuerzo rodeados de una cubierta protectora. Cada tubo de fibra lleva varias fibras ópticas que están de forma holgada en su interior. Estos tubos pueden ir llenos de un gel resistente que impide que el agua entre en la fibra o huecos.

Esta estructura se realiza para proteger a la fibra de las fuerzas mecánicas exteriores que se ejercen sobre el cable. El elemento central de refuerzo puede ser de kevlar, acero o un material similar. Sirve para reforzar el cable y como soporte durante las operaciones de tendido. La cubierta o protección exterior del cable se puede hacer con polietileno, goma o coraza de acero para aplicaciones tanto exteriores como interiores. Esta estructura se utiliza generalmente para instalaciones exteriores, incluyendo aplicaciones aéreas, tubos o conductos y en instalaciones directamente enterradas. No son adecuadas para recorridos muy verticales, porque existe la posibilidad de que el gel externo fluya o las fibras se muevan.

Otros aspectos importantes de la Fibra Óptica

- **Angulo de aceptación:**

Es el máximo ángulo para el cual la onda luminosa incidente es atrapada por las paredes de la fibra. De esta forma cuando la onda incide sobre la fibra con un ángulo menor al ángulo de aceptación es posible transmitir información a través de la misma.

- **Apertura numérica:**

En los conductores de fibra óptica se utiliza el efecto de la reflexión total interna para conducir el rayo luminoso desde el exterior.

La apertura numérica es un número adimensional que caracteriza el rango de ángulos para los cuales el sistema óptico transmite luz. La apertura numérica está relacionada con los índices de refracción del núcleo y el revestimiento y con el ángulo de aceptación. También está relacionado con el ángulo de salida del sistema.

La apertura numérica es:

$$AN = \sin(\theta) \quad \text{Donde } \theta \text{ es el ángulo de aceptación de la fibra.}$$

- **Ventanas de trabajo**

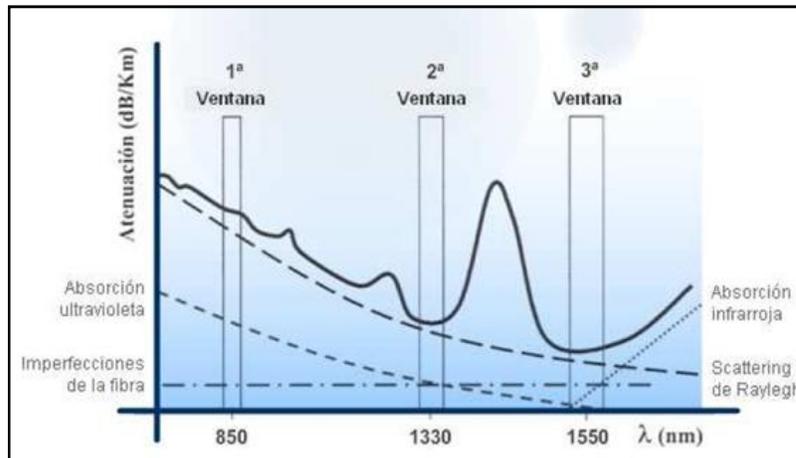


Figura No 1. 27: Ventanas de transmisión de la FO⁵

Es una longitud de onda central de una fuente luminosa que se utiliza para transmitir la información a través de la fibra óptica. La utilización de una ventana u otra determina parámetros tan importantes como la atenuación y la dispersión que sufrirá la señal que se transmite.

Existen tres ventanas de mínima atenuación localizadas entre las fronteras de absorción ultravioleta e infrarrojo que abarcan el rango de 800nm a 1600nm. Las ventanas de trabajo más corrientes son:

1ª ventana: se localiza en los 800 nm y tiene una atenuación de 3 dB/km.

2ª ventana: se localiza en los 1300 nm y tiene una atenuación de 0.5 dB/km.

3ª ventana: se localiza en los 1550 nm y tiene una atenuación de 0.2 dB/km.

Parámetros de las Fibras Ópticas

Una vez conocida la estructura y composición de una fibra óptica, es necesario conocer los parámetros que caracterizan a las fibras:

⁵ Fuente: http://fibraoptica.blog.tartanga.net/files/2012/01/fundamentos-de-fibras-opticas_22.jpg

- **Parámetros estructurales**

Los parámetros estructurales son todos aquellos relacionados con la geometría y estructura propia de cada fibra óptica. Estos parámetros determinan y caracterizan los tipos de fibras ópticas existentes en el mercado, de tal forma que la clasificación de las fibras depende directamente de ellos. Existen muchos y muy variados tipos de parámetros que caracterizan las fibras aunque los más importantes son:

- Perfil de índice de refracción, cuya variación permite obtener fibras con diferentes dispersiones.
- Dimensiones del núcleo y del revestimiento, que determinan el tipo de propagación: monomodo o multimodo.
- Diámetro del campo modal, que indica cómo se produce la distribución geométrica de la luz en el modo propagado
- Apertura numérica, que indica el número de rayos capaces de entrar en el núcleo de transmisión de una fibra óptica.
- Longitud de onda de corte, que determina que la fibra óptica transmita en un solo modo de propagación únicamente.

- **Parámetros de Transmisión**

Son todos aquellos relacionados con la transmisión de señales a través de fibra óptica. Existen también muchos tipos de parámetros que caracterizan las fibras y en función de su naturaleza y efectos sobre la fibra se clasifican en dos grandes grupos: parámetros de atenuación y parámetros de dispersión.

- **Atenuación:** La luz que viaja a través de una fibra óptica pierde potencia a medida que avanza a lo largo de ella, y por tanto, con la distancia. Las pérdidas por atenuación limitan la distancia de Transmisión y dependen de la longitud de onda de la luz y del material por el que se propaga.

Se define la atenuación en el interior de la fibra como la relación entre las potencias luminosa de salida y entrada a la misma, expresada en decibelios y calculada para una longitud de onda determinada, según la expresión:

$$A = 10 * \text{Log} (P_t / P_r)$$

La atenuación de la luz en una fibra óptica se produce como consecuencia de varios efectos y se pueden clasificar en pérdidas extrínsecas y pérdidas intrínsecas.

Pérdidas Extrínsecas

Se deben a factores extrínsecos a la naturaleza de las fibras, como lo son los parámetros de curvatura, los empalmes entre fibras ópticas o los parámetros externos, debidos a la instalación o temperatura a la que se ve sometida la fibra. A consecuencia de estos se producen atenuaciones en la luz que se transmite a lo largo de la fibra, por lo que principalmente producen una pérdida de potencia de la señal a lo largo de la transmisión, disminuyendo el valor de la amplitud de dicha señal.

Pérdidas Intrínsecas

Este tipo de pérdidas se deben a factores intrínsecos a la naturaleza de las fibras, y por tanto propios de la fabricación y funcionamiento operacional de las mismas.

Estas pérdidas originan disminuciones de potencia en la señal transmitida, disminuyendo la amplitud de dicha señal. Ejem de pérdidas intrínsecas:

Pérdidas inherentes a la fibra durante el proceso de fabricación de la misma.

- *Absorción por rayos UV e IR*, que originan las denominadas ventanas de operación de la fibra óptica o bandas de longitudes de onda óptimas para la transmisión de luz.

- *Reflexión de Fresnel*, originada por el salto o variación del índice de refracción en el interfaz de unión entre fibra.
- *Scattering de Rayleigh*, se produce cuando la luz colisiona en su camino con partículas extrañas al medio continuo por el que se propaga.

➤ **Dispersión:** La dispersión se traduce en pérdidas en el ancho de banda de la señal, así como en pérdidas por distancia recorrida (como en el caso de la atenuación). El ancho de banda de una fibra óptica es una medida de su capacidad de transmisión de información, limitado por la dispersión total de la fibra o ensanchamiento del pulso transmitido. Este hecho limita la capacidad de transmisión de información dado que los pulsos se distorsionan y ensanchan a lo largo de la transmisión, solapándose unos con otros y convirtiéndose en indistinguibles para el equipo receptor.

La dispersión limita tanto la distancia de transmisión como el ancho de banda de la misma y es una función de la longitud de la fibra óptica, dado que cuanto mayor sea la longitud de la fibra, más pronunciado será el efecto. Este tipo de dispersión en el ancho de banda se puede subdividir en tres categorías:

- *Dispersión modal*, originada por los diferentes caminos o modos que sigue un haz de la luz de fibra, dando como resultado que los diferentes rayos de luz recorran distancias diferentes y lleguen al otro extremo de la fibra en instantes de tiempos distintos.
- *Dispersión por polarización del modo*, producida por una circularidad imperfecta del núcleo de la fibra, lo que da lugar a que existan efectos de dispersión no deseados en la fibra.
- *Dispersión cromática*, que surgen como consecuencia de la dispersión del material y la dispersión de guía de onda (proprios del material y de la geometría de la fibra).

Ventajas y Desventajas de la Fibra Óptica

Los sistemas clásicos de comunicaciones, utilizan señales eléctricas soportadas por cable coaxial, cobre, radio, etc. en función del tipo de aplicación a dar servicio. Estos sistemas presentan algunos inconvenientes y limitaciones que hicieron necesario buscar otras vías para transmisión de datos, basándose en otro tipo de señales diferentes al electromagnetismo, como es el caso de la fibra óptica.

El propio hecho que una fibra utilice la energía luminosa como medio de transmisión, presenta un conjunto importante de ventajas sobre otros soportes utilizados en la transmisión de señales analógicas y digitales.

Las principales ventajas que ofrece la fibra óptica, como medio de transmisión respecto a otros sistemas basados en señales electromagnéticas sobre metales son:

- Permiten mayor velocidad de transmisión. Las señales recorren los cables de fibra óptica a velocidades muy cercanas a la velocidad de la luz ($c = m/s$), mientras que las señales eléctricas recorren los cables a una velocidad entre el 50 – 70% de ésta, según el tipo de cable.
- Mayor capacidad de transmisión. Pueden lograrse velocidades superiores a los 2 Gbps, puesto que la velocidad de transmisión aumenta con la frecuencia de transmisión. Presentan inmunidad total ante las interferencias electromagnéticas. La fibra óptica no produce ningún tipo de interferencia electromagnética y no se ve afectada por las radiaciones. Por lo tanto, tampoco poseen riesgo de cortocircuito ni de otros daños de origen eléctrico.
- No existen problemas de retorno a tierra, interferencias cruzadas y reflexiones como ocurre en las líneas de transmisión eléctricas.
- La atenuación en la transmisión aumenta con la distancia más lentamente que en el caso de los cables eléctricos, lo que permite mayores distancias entre repetidores de señal.
- No poseen riesgo de cortocircuito ni de otros daños de origen eléctrico.
- Los cables de fibra óptica, pesan la décima parte que los cables de cobre apantallados, por ejemplo. Ésta es una consideración muy importante en aplicaciones militares, propias de barcos y aviones.
- Los cables de fibra óptica son apropiados para utilizar en una amplia gama de temperaturas, dado que soportan mejor temperaturas extremas que los cables de origen

metálico.

- Permiten incrementar la capacidad de transmisión de datos añadiendo nuevos canales que utilicen longitudes de onda distintas a las ya empleadas, mediante técnicas de WDM.
- La fibra óptica presenta una mayor resistencia a los ambientes y líquidos corrosivos que los cables eléctricos.
- Las materias primas utilizadas en la fabricación de la fibra óptica son muy abundantes, y se espera que con el tiempo el coste de fabricación se reduzca a un nivel similar al de los cables metálicos.
- La vida media operacional y el tiempo medio entre fallos de un cable de fibra óptica, son muy superiores a los de un cable de origen eléctrico.

Entre los inconvenientes que presenta la fibra óptica se puede mencionar:

- *Conversión electro-óptica:* Antes de conectar una señal eléctrica de comunicación a una fibra óptica, la señal debe convertirse al espectro luminoso (850, 1310 ó 1550 nm). Esta conversión se lleva a cabo mediante un dispositivo electrónico en el extremo del transmisor, el cuál proporciona un formato propio a la señal de comunicaciones, y la convierte en señal óptica usando un LED o un LASER de estado sólido.
- *Caminos homogéneos:* Es recomendable un camino físico recto o semirecto para el cable de fibra. El cable, sin embargo se puede enterrar directamente en tierra, situar en tubos o disponer en cables aéreos a lo largo de dichos caminos homogéneos. Esto puede requerir la compra o alquiler de la propiedad por la que discurren, y algunos derechos sobre el camino puede ser imposibles de adquirir. Para localizaciones como terrenos montañosos o algunos entornos urbanos, pueden ser más adecuados otros métodos de comunicación sin hilos.
- *Instalación especial:* Debido a la naturaleza dieléctrica de la fibra, son necesarias técnicas especiales para la instalación de los enlaces. Se deben sustituir los métodos convencionales de instalación para cables metálicos como, por ejemplo, soldadura, sujeción o crispado. Son reemplazados por los conectores u empalmes ópticos, que requieren de equipos más costosos.
- *Reparaciones.* Un cable de fibra óptica que ha resultado dañado no es fácil de reparar. Así pues, los procedimientos de reparación requieren un equipo de técnicos con bastante destreza y habilidad en el manejo del equipamiento. En algunas situaciones, puede ser

necesario reparar el cable entero. Este problema puede ser aún más complejo si cabe, dado el gran número de usuarios que cuentan con dicho servicio. Es importante, por ello, el diseño de un sistema propio con rutas físicamente diversas, que permita afrontar tales contingencias.

I.6.1.2 Elementos Activos

OLT (Optical Line Terminal)

El OLT es el elemento activo situado en la central del proveedor. De él parte el cable principal de fibra hacia los usuarios y es él mismo el que se encarga de gestionar el tráfico hacia los usuarios o proveniente de ellos, es decir, realiza funciones de router para poder ofrecer todos los servicios demandados por los usuarios.

Algunos de los objetivos de los OLT son:

- Realizar las funciones de control en la red de distribución: control de las potencias emitidas y recibidas, corrección de errores e interleaving.
- Coordinar la multiplexación de los canales de subida y de bajada.

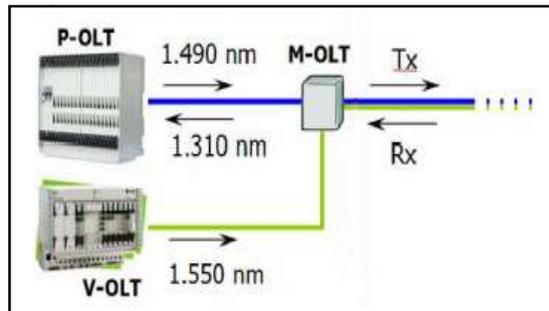


Figura No 1. 28: Diagrama Equipos Activos OLT

Al utilizar distintas longitudes de onda para cada cosa se consigue evitar interferencias entre los contenidos del canal ascendente y descendente. Para ello se emplean técnicas WDM (Multiplexación por división de longitud de onda) basadas en el uso de filtros ópticos.

También hay que destacar que los OLT no emiten a la misma potencia a todos los ONT, sino que lo hacen dependiendo de la distancia a la que se encuentren de la central. Esto es posible gracias a los dimensionadores de distancia que poseen los OLT, que son capaces de calcular la distancia existente entre el usuario final y la central. Gracias a este mecanismo se consigue que a cada abonado le llegue la potencia necesaria, de la manera que las ráfagas de luz tendrán una menor potencia cuando se dirijan hacia los abonados cercanos a la centralita, mientras que para los abonados que se encuentren más lejos se les asignará una potencia mayor.

ONT (Terminal de Red Óptica - Optical Network Terminal)

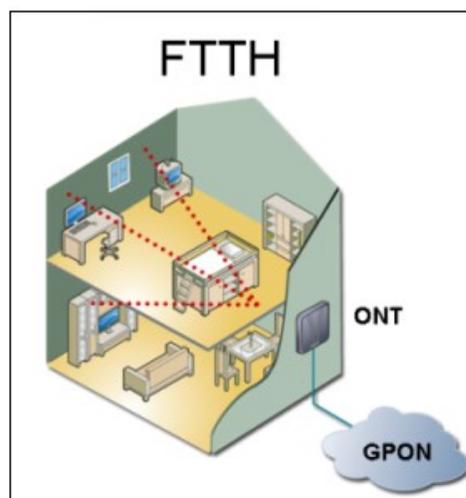


Figura No 1. 29: Diagrama Equipos Activos ONT

Los ONT son los elementos encargados de recibir y filtrar la información destinada a un usuario determinado procedente de un OLT. Además, de recibir la información y dársela al usuario en un formato adecuado, cumple la función inversa. Es decir, encapsula la información procedente de un usuario y la envía en dirección al OLT de cabecera, para que éste la redireccione a la red correspondiente. Normalmente se encuentran instalados en los hogares junto a la roseta óptica correspondiente.

Una vez realizado el filtrado y obtenido la información que interesa, el ONT debe diferenciar las señales de video (que proceden del V-OLT) y las tramas de voz y datos (procedentes del P-OLT).

Para realizar este segundo filtrado, el módulo electro-óptico posee dos fotodiodos: uno analógico APD (analogic photo-diode) y otro digital DPD (digital photo-diode). Los filtros ópticos son:

- OAF, filtro óptico analógico (optical analogic filter); la señal de video a 1550 nm se demultiplexa en longitud de onda con este filtro, atacando al fotodiodo analógico APD para realizar la conversión en frecuencia.
- ODF, filtro digital óptico (optical digital filter); la señal de voz y datos a 1490 nm se demultiplexa en longitud de onda con este filtro, atacando al fotodiodo digital DPD.

Aparte del filtrado de la información recibida, el ONT es capaz de enviar información al OLT de cabecera en una longitud de onda dedicada de 1310 nm. Para ello dispone de un LED encargado de enviar señales luminosas. Para evitar la colisión entre las tramas enviadas por los ONTs se recurre a la multiplexación por división en el tiempo (TDM), la cual es gestionada por el OLT, encargado de asignar intervalos de tiempo a cada ONT.

Existe una gran variedad de ONTs, en función de los servicios que se quieran ofrecer y las interfaces que ofrezcan al usuario:

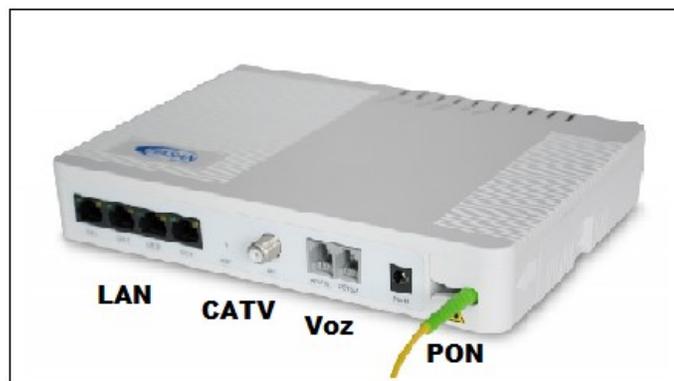


Figura No 1. 30: Esquema ONT básico⁶

⁶ Fuente: <http://dasannetworks.eu/en/tresc,pokaz,18,dasan-networks-gpon-ont-h640gr.html>

- Interfaces FastEthernet y GigabitEthernet que pueden alcanzar velocidades de hasta 100Mbps y 1Gbps. Se suele usar en usuarios residenciales y comerciales, para aplicaciones de Datos, Voz, Video e IPTV sobre Internet.
- Interfaces FXS - RJ11 para conectar equipos analógicos para ofrecer servicios de voz.
- Interfaces E1 o STM-1, para servicios específicos a Empresas.
- Interfaz tipo F para servicio de RF CATV.
- Interfaz GPON. En su mayoría para conector SC/APC.

I.6.1.3 Elementos Pasivos

Splitter o Divisor Óptico

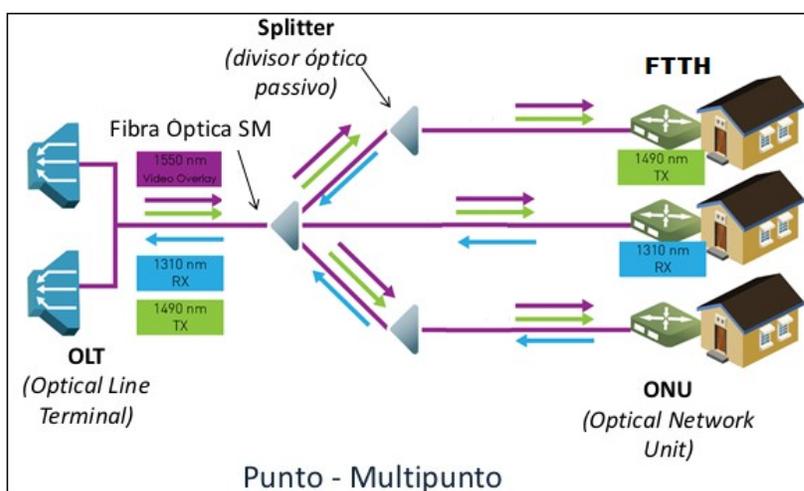


Figura No 1. 31: Divisor Óptico Pasivo⁷

Se trata de un elemento pasivo situado a lo largo del tramo que se extiende entre el OLT y sus respectivos ON'T's a los cuales presta servicio. Sus funciones básicas son las de multiplexar y demultiplexar las señales recibidas. Por otra parte, son dispositivos de distribución óptica bidireccional, es decir, también son capaces de combinar potencia.

⁷ Fuente: Furukawa.com.br/br/solucoes/fttx-150.html

Existen diversos tipos de divisores, ya que no todos se construyen a partir de la misma tecnología. No obstante, los divisores más habituales son de dos tipos:

- Para dispositivos con gran número de salidas (> 32 salidas), se utilizan divisores realizados basándose en tecnología planar.
- Para dispositivos con menor número de salidas (< 32 salidas), se utilizan divisores realizados a base de acopladores bicónicos fusionados.

ODF – Distribuidor de Fibra Óptica - Optical Distribution Frame



Figura No 1. 32: Distribuidor de Fibra Óptica⁸

Más que un equipo pasivo, es un repartidor óptico, donde se acoplan los conectores de cada pelo de fibra así como los empalmes y patchcords, brindando a la red la posibilidad que los elementos conectados a él, logren una escalabilidad adecuada y un orden.

Fibra Óptica

⁸ Fuente: http://www.furukawa.com.br/arquivos/galerias/10/34_3.jpg

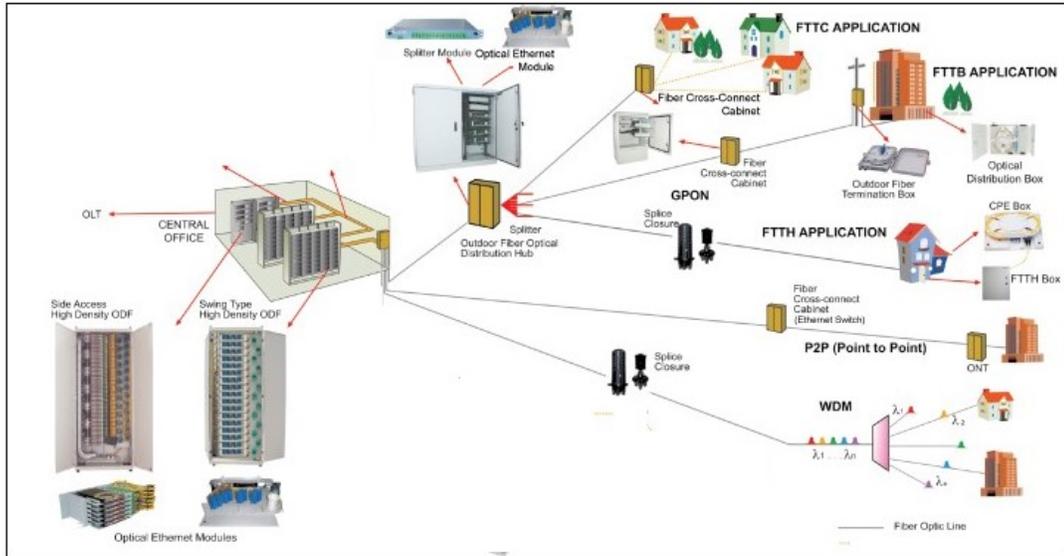


Figura No 1. 33: Fibra Óptica en Arquitectura FTTH⁹

El cable de fibra es el elemento encargado de encauzar, concentrar, guiar y transmitir la luz con muy pocas pérdidas, incluso cuando presenta curvaturas. Utilizada ampliamente en telecomunicaciones para enviar y recibir una gran cantidad de datos a una gran distancia con velocidades superiores al cableado tradicional de cobre. Son el medio de transmisión por excelencia, inmune a las interferencias electromagnéticas.

Los cables de fibra óptica utilizan la luz como portadora de información. Se trata en realidad de una onda electromagnética de la misma naturaleza que las ondas de radio, con la única diferencia que la longitud de las ondas es del orden de micrómetros en lugar de metros o centímetros.

Conectores Ópticos

⁹ Fuente: <http://www.canovate.com/wp-content/uploads/2014/11/Fiber-Optic-Solutions-700x396.jpg>

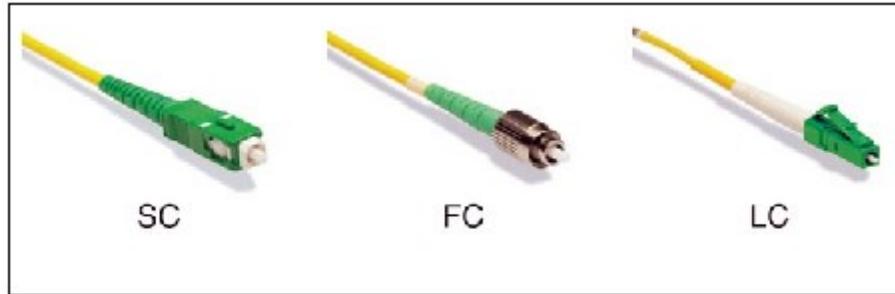


Figura No 1. 34: Conectores para Fibra Óptica

El conector óptico es un dispositivo que une dos fibras ópticas, de manera repetible con bajas pérdidas ópticas de conexión. Generalmente las pérdidas que se originan en las conexiones se deben a los desplazamientos laterales de los ejes de las fibras.

Los conectores se utilizan generalmente para la terminación de fibras ópticas, ya sea para conectorización a otras fibras o a paneles de distribución de señal, en los que es necesariamente imprescindible este tipo de elementos.

Para poder realizar un enfrentamiento entre dos conectores de fibra óptica, bien tipo fibra a fibra, o fibra a panel, es necesario la utilización de un elemento denominado adaptador que permite un correcto posicionamiento enfrentado de dos fibras, ya sean idénticas y diferentes.

Cualquier conector está constituido básicamente por un casquillo o férula, un cuerpo, una cápsula o corona y un manguito descargador de tensión.

Existen tres categorías diferentes de conectores:

- **Simplex**, conector con una fibra terminada.
- **Dúplex**, conector con dos fibras terminadas.
- **Multifibra**, conector con más de dos fibras (hasta 72).

Los **conectores simplex** son actualmente los más frecuentes para despliegues FTTH. La Figura No 1.35, muestra los tipos más comunes de conectores simplex:

Adaptadores de Fibra Óptica



Figura No 1. 35: Adaptadores para Fibra Óptica

Los adaptadores de fibra, son básicamente elementos ópticos pasivos que permiten la transición mecánica necesaria para poder dar continuidad al paso de luz del extremo conectorizado de un cable de fibra óptica a otra.

Se comportan como pequeños tambores o cajas que reciben un conector de cada lado produciendo un acople óptico, con la mínima pérdida posible. Se utilizan en los distribuidores para facilitar la re conexión y cambio rápido, acoplado el *pigtail* que se haya empalmado al cable de fibra con el cordón de conexión que se conecta a los equipos receptores o emisores. También se utiliza para conectar un tramo de fibra a los equipos de medición.

Patchcords de fibra óptica o Pigtail

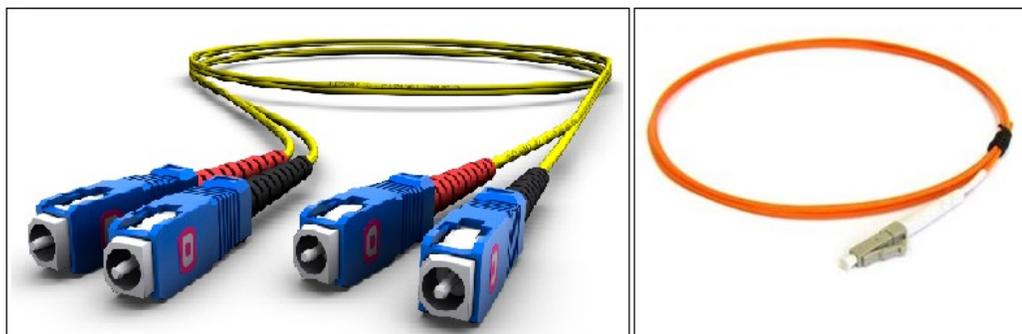


Figura No 1. 36: Patchcord y pigtail de fibra óptica

Un patchcord de fibra es un cable de pequeña longitud con una protección ajustada y gruesa, cubierta y/o chaqueta protectora y conectores en ambos extremos.

La cubierta siempre es de color naranja para fibra óptica multimodo y de color amarillo para las fibras monomodo. Este producto viene ensamblado en fábrica, bien en longitudes estándar o bien en longitudes a medida según el requerimiento.

Los patchcords de fibra han tenido tradicionalmente muchos usos, principalmente para conectar el equipamiento óptico instalado con el panel de conexión de fibra. Su flexibilidad permite que se puedan usar en localizaciones ajustadas, dentro de cabinas y armarios repletos de equipamiento. Se pueden utilizar para conexiones cruzadas de fibra, para conectar el equipamiento de prueba a los enlaces de fibra óptica, y el radio de curvatura de un cordón de conexión es muy pequeño, generalmente del orden de 2.5 cm.

Se deben amarrar suavemente con abrazaderas para asegurarlos de una manera ordenada. Las longitudes en exceso se pueden almacenar en bandejas o atar en círculos suaves con un radio superior al radio de curvatura mínimo establecido por el fabricante.

Si se parte por la mitad un cordón de conexión, cada mitad se convierte en un latiguillo, conocido popularmente como *pigtail*.

Tanto los patchcords como los pigtails que se utilicen en una instalación de cable de fibra óptica, deben tener el mismo diámetro del núcleo y si es posible del revestimiento, así como también conectores compatibles entre sí y con los adaptadores del distribuidor de fibra.

Cajas de Empalme



Figura No 1. 37: Cajas de Empalme de fibra óptica

Las cajas de empalme proporcionan un medio de protección del entorno tanto al cable de fibra (ahora ya desnudo o pelado) como a los empalmes. Los empalmes exteriores se protegen dentro de una caja de empalme, la cual posee en un extremo unos tubos a través de los cuales se inserta el cable de fibra óptica.

Existen cajas para montajes interiores y exteriores. Las cajas de tipo exterior deben estar fabricadas a prueba de intemperie y con un sellado impermeable. La capacidad de estas cajas es variable, y existen cajas que permiten resguardar empalmes hasta de cuatro cables de diámetros distintos. Algunos ejemplos son la caja Torpedo, caja Mondragón, etc.

El cable de fibra se mantiene sujeto mediante abrazaderas y el miembro de refuerzo central se amarra fuertemente al soporte de la caja. Los miembros de refuerzo metálicos se llevan siempre a tierra para evitar derivaciones eléctricas.

La caja en su interior posee bandejas de empalme o casetes, que se utilizan para proteger y mantener los empalmes individuales tanto mecánicos como por fusión, y además existen los denominados organizadores de fibra óptica. Existen bandejas disponibles para muchos tipos de empalmes, incluyendo varios empalmes mecánicos con marcas registradas, empalmes por fusión desnudos, empalmes por fusión con funda termocontráctil, etc.

1.6.2 Ventajas y Desventajas de una red FTTH

Entre las cosas positivas e inconvenientes que aun presentan las redes de fibra hasta la casa podemos enumerar lo siguiente:

1.6.2.1 Ventajas de las redes FTTH

- Enorme capacidad de transmisión de información.
- Baja atenuación: Largas distancias sin repetidores (hasta 20 Kms).
- Posibilidad de brindar N-Play sin limitaciones, y servicios futuros de gran ancho de banda. Red totalmente pasiva, sin necesidad de instalar equipos activos en la planta externa. Posibilidad de actualizar una red CATV a FTTH, y seguir brindando televisión ya sea analógica o digital utilizando Redes RFoG.

- Soporta no solo Televisión digital, sino también Televisión convencional analógica (CATV), bajando los costos de mantenimiento de la red (OPEX), entre otros.
- Opción ideal para cable operadores que tienen que actualizar su planta externa, debido al deterioro con el paso del tiempo de la misma.
- Su principal ventaja es su proyección. Ampliación del ancho de banda (futuro, escalable a 10Gbps) con nuevas tecnologías, solo cambiando el equipo en la cabecera, sin necesidad de actualizar la red.

1.6.2.2 Desventajas de las redes FTTH

- Un mediano / Alto costo en planta externa, así como el despliegue y los equipos de abonados.
- Alto costo en Operación y Mantenimiento.
- Aunque el par de cobre tiene los días contados, no podemos olvidar que tiene una particularidad, y es que el par de cobre aunque ofrece menos velocidad, no es compartido, esto hace que en determinadas situaciones sea más robusto que otras soluciones a priori mejores.
- Para empresas que recién comienzan en el negocio de Fibra Óptica, con una tradición del mundo cobre, supone un alto costo la preparación de técnicos en FO así como sus herramientas.

1.6.3 Diseño y Formas de instalación de una red FTTH.

Para la instalación de cualquiera forma de red FTTH, se necesitan seguir unas pautas a la hora de diseñar. Así se podrá garantizar un modelo de calidad para la planificación de la red. De este modo, se podrá elegir la mejor solución a cada tipo zona residencial o comercial que se encuentre. Es muy importante un estudio previo de la zona en la que se vaya a realizar la instalación para conocer las necesidades de los diferentes clientes. Por ello, vamos a ver las diferentes edificaciones que podemos encontrar.

1.6.3.1 Especificaciones y consideraciones para el diseño de una red FTTh



Figura No 1. 38: Especificaciones de Diseño para una red FTTh¹⁰

Los ambientes en los que esta tecnología puede ser desplegada pueden ser divididos de forma general, como sigue:

Residencial - Casas o Viviendas unifamiliares

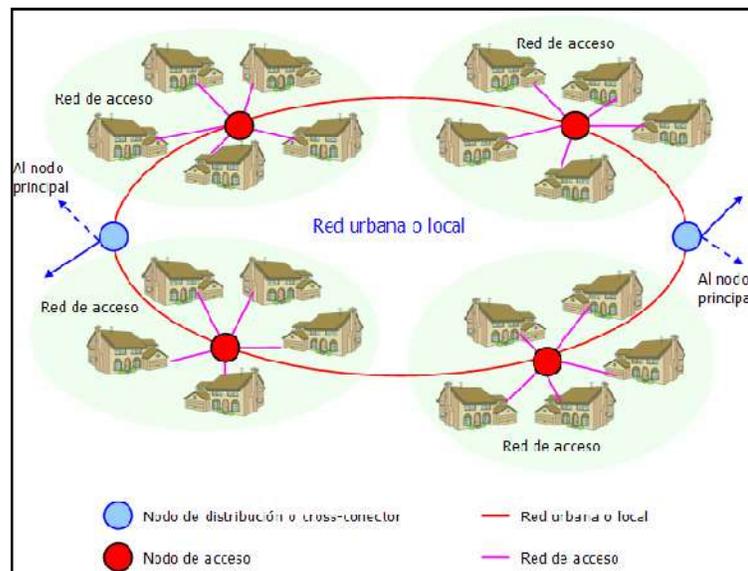


Figura No 1. 39: Red urbana con redes de acceso con viviendas unifamiliares

¹⁰ Fuente: <http://www.fiberoptictel.com/wp-content/uploads/2015/03/FTTx-ARCHITECTURE-layout-e1427295500475.jpg>

En esta caso, hablamos de casas, chalets o adosados. Son viviendas de un solo núcleo familiar, por lo que necesitarán una sola toma por vivienda. Estas casas pueden formar una manzana o incluso, en núcleos urbanos, estar intercaladas entre bloques de edificios. Como la conexión sería única, solo se realizaría instalación en el domicilio en el caso de que el cliente contratara los servicios ofrecidos por la red que estamos diseñando. Por ello, se utilizarán también elementos de distribución con cubierta protectora de exterior, al igual que en los bloques con cableado exterior.

Los nodos de acceso que dan servicio a las áreas con viviendas unifamiliares, suelen ubicarse en lugares apropiados para ello, que resulta ser el punto más cercano a todos ellos. En estos casos se debe establecer un enlace de conexión punto a punto con un par de fibra entre cada vivienda y el nodo de acceso.

Este nodo además, se conectará al nodo central o principal a través de dos nodos de distribución de fibra (si es posible) o equipos de cross-conexión. El tamaño de la red de acceso se encuentra limitada por el despliegue técnico o de la proyección inicial, y el tamaño del nodo de acceso determina el número de usuarios que pueden conectarse al sistema.

En ocasiones durante el primer despliegue de la fibra a lo largo de las zonas, no se conectan todas las viviendas a la red de acceso, para economizar coste, dado que el proceso de implantación de la red tiene un coste muy elevado, y el hecho de ser viviendas unifamiliares conlleva una fuerte inversión a la hora de instalar la fibra individualmente para cada casa.

Departamentos, Viviendas multifamiliares o Bloques de pisos

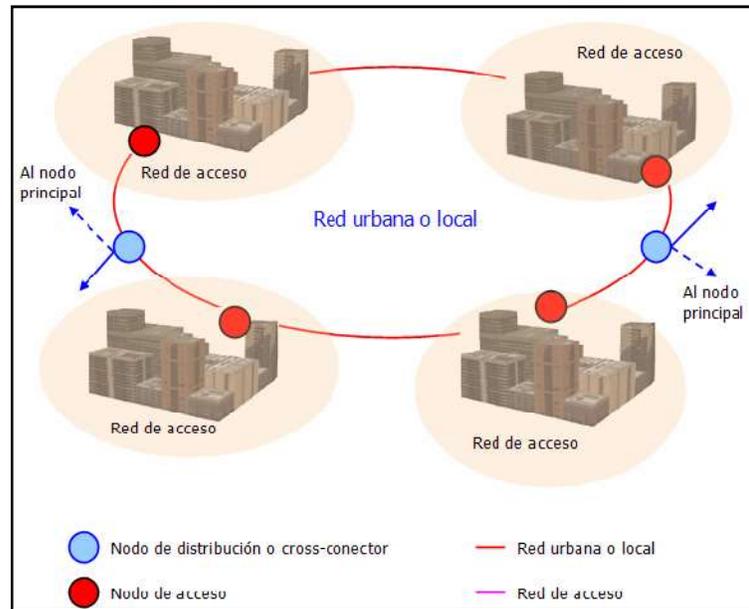


Figura No 1. 40: Red urbana con redes de acceso con viviendas multifamiliares

Las áreas con bloques de viviendas multifamiliares consisten generalmente en diversos propietarios (que serán abonados finales) distribuidos en varias plantas por bloque. Estas propiedades se encuentran agrupadas dentro de un área limitada y pueden ser viviendas de nueva construcción con canalizaciones internas o viviendas de antigua construcción con cableado por fachada.

En caso de fibra hasta el hogar, se instalará un divisor en una caja de empalmes perteneciente a la red de alimentación para desplegar una única fibra a cada edificio, introduciéndola por la arqueta de entrada o por la misma pared de la estructura, en caso de una instalación de fachada. Ya dentro del edificio, la fibra llegaría a un convertidor opto-eléctrico u otro nuevo divisor óptico, según los criterios de ingeniería del diseño, para el caso de una fibra hasta el edificio o una fibra hasta el hogar, respectivamente.

Frecuentemente en estas áreas es interesante para las comunidades de vecinos dejar entrar la red urbana en la propiedad para conectarse directamente al nodo de acceso, lo que implica que no son necesarias cajas de empalme en un supuesto punto concentrador de fibra a instalar en el

edificio. El nodo de acceso se conectará directamente al nodo principal de la comunidad a través de dos nodos de distribución (si es posible) o equipos de cross-conexión.

Se recomienda instalar como red urbana principal, un cable óptico de 8 fibras como mínimo por cada nodo de acceso dentro de áreas con viviendas multifamiliares. A la hora de instalar fibras dentro de estas áreas, el número de puntos de empalme debe ser reducido lo máximo posible para reducir los costes de instalación, optimizar el espacio para los empalmes y obtener una red robusta. Los empalmes se ubican generalmente en cajas de empalme o concentradores de fibra, que suelen emplazarse en una sala ubicada en la planta baja o sótano del edificio.

Las fibras que discurren por el interior de los edificios, se pueden instalar en cables tanto juntos como separados. Estas fibras discurren desde cada vivienda hasta la caja de empalme o concentrador del R.I.T.I (Recinto de instalación de telecomunicaciones interior) a través de la canalización ICT (Infraestructura Común de Telecomunicaciones). Este tipo de canalización se divide en dos:

- **Canalización principal.** Es la canalización vertical del edificio, y se define como la troncal de distribución. Nace en el R.I.T.I. y sube hasta la planta más alta del edificio. A lo largo de esta canalización, se suelen instalar registros por planta para la segregación de las fibras que irán a cada vivienda.
- **Canalización secundaria.** Es la canalización horizontal de cada planta del edificio. Nace en los registros de planta de la canalización horizontal y llegan hasta los registros de abonado, situados en la vivienda.

Finalmente, las redes FTTH terminan con una fibra en punta por cada vivienda, generalmente alojada en el registro de abonado o de usuario. La llegada de fibras en áreas con pisos o comunidades de vecinos alcanza normalmente al 100% de las viviendas, aunque no demanden servicios a corto o medio plazo. Esta es una estrategia muy eficiente, particularmente.

Rural

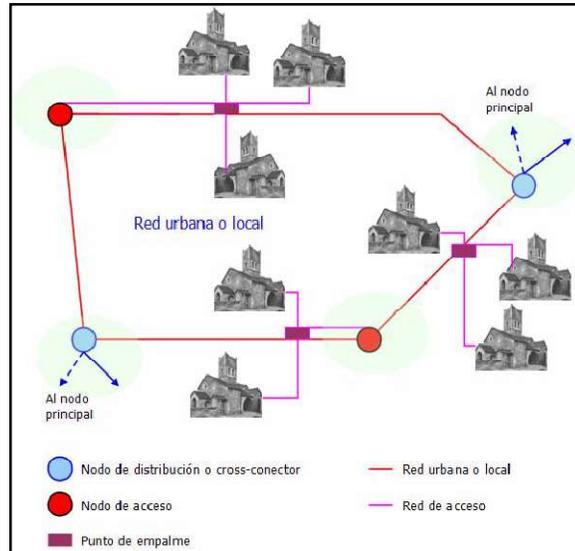


Figura No 1. 41: Red de acceso en entornos rurales

En el caso de áreas que cuenten con escasa población, tales como los medios rurales, los despliegues de fibra tan sólo se deben realizar cuando las redes de conexión municipal o regional han sido construidas. Para que este despliegue sea económicamente viable, se deben planificar distintos puntos de conexión para los conductos y cables desde el inicio de la red, sin necesidad de instalar un cable por vivienda hasta el nodo de acceso.

En cuanto a las previsiones futuras de conexión, se deben preparar los cables en el interior de la tierra o, lo que es más común, en cámaras de comunicaciones ubicadas en aceras o calzadas.

La conexión de cada propiedad en este tipo de áreas se debe ajustar a las siguientes premisas:

- **La geografía:** El nodo de acceso se debe implantar en un pueblo o similar a través del cual pase la red de conexión municipal o regional sobre la que se sustenta el servicio.
- **La distancia al nodo de acceso:** En este tipo de áreas se deben de utilizar siempre fibras monomodo, que son las que soportan distancias superiores a 1 km con un mínimo de calidad.

Tipo de área para redes FTTH

- **Greenfield:** Nuevas construcciones simultáneas, tanto de red como de edificios.
- **Brownfield:** Edificios existentes pero infraestructura de red existente en un estándar bajo.
- **Overbuild:** Adiciones a infraestructura de red existente.

1.6.3.2 Técnicas de Despliegue del cableado de Fibra

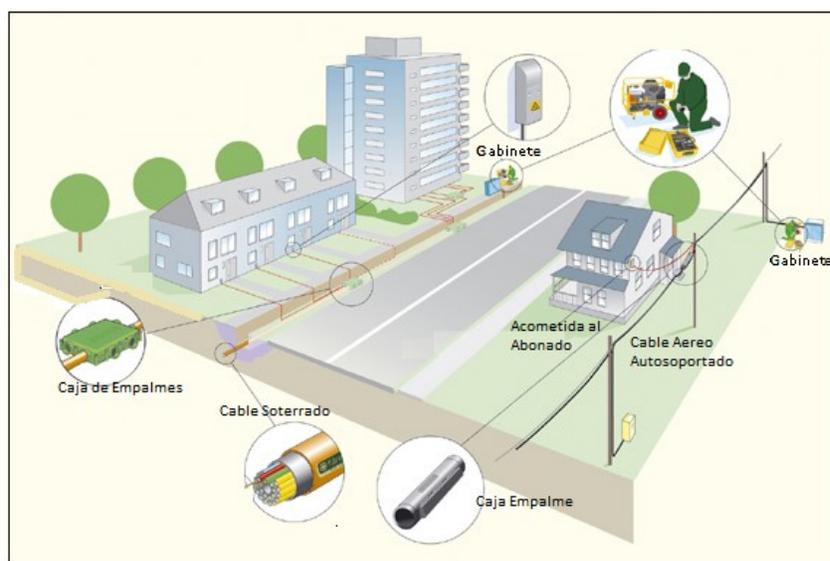


Figura No 1. 42: Técnicas de despliegue cableado Fibra Óptica¹¹

Una vez la fase de diseño ha concluido con todos sus aspectos, planos y anexos necesarios, se pone en marcha el despliegue de fibra con todas las obras necesarias para llevarlo a cabo:

¹¹ Fuente: <http://atekcommunications.com/catalog/images/ftth-mainpic.jpg>

Cables Soterrados

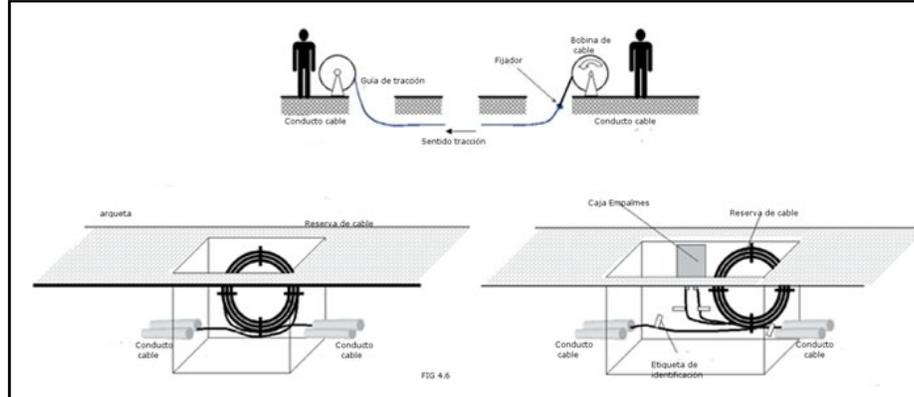


Figura No 1. 43: Técnicas de soterramiento de cables de FO¹²

El uno de los métodos más óptimos para desplegar una red de fibra. Este tipo de instalación posee grandes ventajas, como una alta fiabilidad y protección del cable, además de un menor impacto visual. Sin embargo, con frecuencia es necesaria la excavación de canales o zanjas, lo que eleva considerablemente los costes de instalación, hasta lo suficiente como para decantarse en muchos casos por otra técnica más asequible. En su recorrido por el subsuelo, la fibra confina todo el cableado central de las fincas que le rodean en el menor número de zanjas posibles, para disminuir el coste del despliegue. Esto hace que la técnica sea apropiada para una alta densidad de usuarios y se planifique para el mayor número de años posible.

Para procurar una durabilidad en la instalación, se deben utilizar materiales especiales capaces de soportar la presión de la tierra sin sacrificar por ello prestaciones al sistema. El conducto instalado debe suministrar, además de la impermeabilidad necesaria, la protección frente a la presión de la tierra y del aire requerida para la instalación de unidades de fibra o cables si se usan técnicas de soplado, ya que de lo contrario existiría riesgo de compresión o tensión de la fibra.

Es muy importante, que entre tramos se habiliten cámaras o accesos destinados a la reparación o sustitución de cableado o equipamiento defectuoso, facilitando las operaciones de

¹² Fuente: <http://siscomtelperu.com.pe/img/canalizacion.jpg>

mantenimiento. Estos accesos deben habilitarse de acuerdo con la planificación llevada a cabo durante el diseño, manteniendo el compromiso entre la disponibilidad de espacio a lo largo del trayecto junto con la necesidad de suministrar un punto de control para el acceso a la fibra. En dichos puntos se instalará una arqueta o caja de empalme entre conductos que permitirá la manipulación de la fibra, habilitando el espacio suficiente para cualquier operación necesaria, ya sea la sustitución de la fibra, la realización de un empalme, o el enrollamiento del cable sobrante en las bandejas habilitadas.

En función de la cantidad de cables a desplegar y del grosor que estos posean se debe colocar un conducto de un grosor determinado. En ciertas redes se procura instalar conductos del orden de 1,5 veces el diámetro del cable que contiene, si bien algunas configuraciones recomiendan un radio incluso mayor en caso de albergar cables de diferentes tipos. La profundidad del cable está sometida a las normativas municipales respecto a las obras, aunque generalmente se recomienda enterrar el conducto a una profundidad de 0,35 metros para zonas verdes o pavimentos, y una mayor profundidad para las calles de asfalto (a partir de 0,55 m).

Para instalar el conducto se suele emplear tanto la técnica del enterrado como la excavación. El enterrado de cable se realiza de forma sencilla y económica aunque, dado que provoca cierto impacto visual, solo es apto para áreas no pobladas o enlaces de larga distancia donde las perforaciones no sean viables. En el transcurso de la obra es recomendable mantener ciertas precauciones como pre-evaluar el terreno para salvar imprevistos, tratar de evitar obstáculos, o transportar de una vez todo el material necesario a la zona afectada.

En las ciudades, en cambio, la existencia de calles y zonas asfaltadas presenta un impedimento para el enterrado de cables. Además, en estas zonas es ya habitual encontrarse con diversas canalizaciones como luz, agua, gas, etc. Por lo tanto, para el despliegue en zonas pobladas es más apropiado cavar zanjias para desplegar ahí los conductos, o bien utilizar las canalizaciones existentes ya mencionadas. En caso de que el cable cubra un largo trayecto, será necesaria una preparación previa y una planificación precisa de cara a la instalación de conductos.

Entre las técnicas para de instalación de cables por conductos están:

- Instalación tradicional con guías pasa-cables.
- Soplado con aire comprimido o con agua.

Tendido de Cables Aéreos

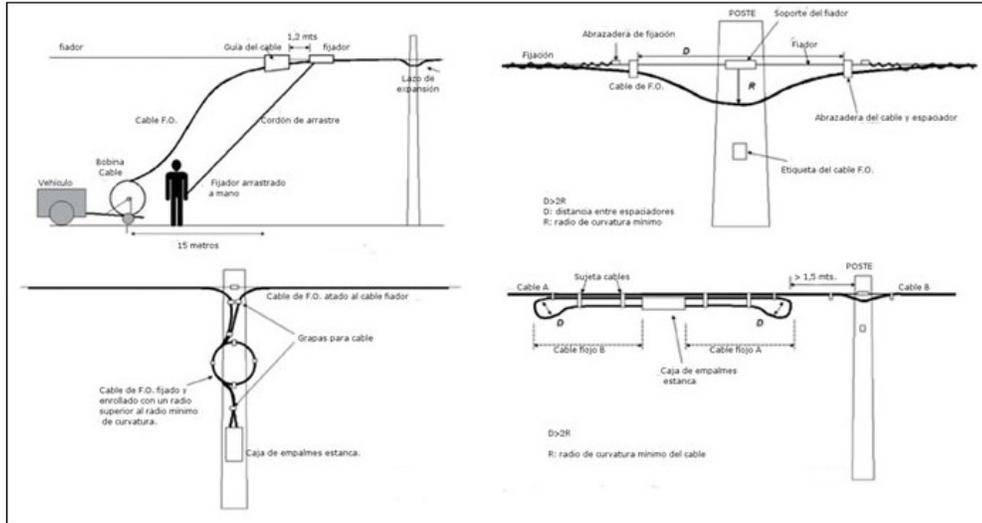


Figura No 1. 44: Técnicas de tendido de cable aéreo auto soportado¹³

En ciertas instalaciones es preferible optar por este tendido, través de fachadas o postes, en lugar del cable enterrado. Este tipo de despliegues son más económicos que los conductos subterráneos, además son capaces de salvar obstáculos, lo que los dota de flexibilidad y una facilidad a la hora de la instalación. Por el contrario, el tendido de cable provoca un mayor impacto visual en el entorno que le rodea, más aún si este pasa por un área de tránsito. Además, al estar a la vista, es vulnerable ante sabotajes e inclemencias del entorno que pueden afectar a la integridad de la instalación.

Desplegar una red de fibra, mediante un tendido aéreo es la principal opción en caso de que un acceso subterráneo sea descartado, bien porque el edificio no posea canalizaciones o arquetas de entrada de este tipo, bien porque los conductos enterrados se topen con algún obstáculo que provoque que el coste para sortearlo sea mayor que el de instalar un acceso a la superficie. Además, en las redes de larga distancia no suelen existir conductos preparados para instalaciones de telecomunicaciones, por lo que el cable aéreo suele resultar la opción más rentable.

¹³ Fuente: <http://siscomtelperu.com.pe/img/cableado-aereo.jpg>

Para instalar el tendido se emplean postes de madera como los utilizados en las redes de cobre, muy frecuentes en, por ejemplo, la red telefónica. En caso de enlaces de larga distancia pueden usarse los postes de aluminio de alta tensión o, si el tendido discurre a lo largo de la calle, puede adherirse a la fachada de las estructuras. De esta forma, se evita el despliegue de soportes adicionales para el cable, con lo que disminuyen los costes. Por último, se debe destacar que en las redes de alimentación este método se vuelve más habitual en aquellos despliegues con pocos usuarios, o usuarios muy alejados entre sí; ya que instalar un acceso a la superficie para cada uno de ellos no resulta práctico. También es posible utilizar, para la instalación de cable aéreo, un cable existente envolviendo o amarrando la fibra a él, siempre y cuando el peso del conjunto no comprometa la integridad de ambos y garantice un pleno funcionamiento.

1.6.4 Factores importantes a considerar para la implementación de una red FTTH

Una vez definidos los aspectos teóricos relacionados con el proyecto a implementar, se describen las características de la red, su estructura y los elementos que la conforman.

1.6.4.1 Fases del diseño de la red

La ejecución de un proyecto de despliegue de una red FTTH está dividida en varias fases:

- **Fase inicial**

Se definen una serie de normas que tratan de dimensionar la red FTTH adecuadamente y minimizar problemas en el futuro con la red instalada y en funcionamiento. Estos principios básicos se han obtenido realizando un estudio sobre las condiciones más importantes que se deben cumplir para el diseño de una red FTTH y a partir de la experiencia.

- **Capilaridad:** se debe intentar que en las zonas del despliegue de la red se pueda ofrecer servicio al mismo o mayor volumen de clientes que en la actualidad cubre la red de cobre.
- **Capacidad:** se trata de realizar un diseño fácilmente escalable, actuando con

visión de futuro en aquellas partes críticas en las que en un futuro puede haber problemas de ampliación de la red. Estos posibles problemas pueden ser saturación en las infraestructuras, problemas de petición de permisos de instalación de la red o largos tiempos de espera para su concesión, necesidad de realizar nuevos canalizados... Gracias a este principio de evitarán en un futuro posibles problemas que impliquen inversiones muy costosas y se garantiza que el proyecto rebasa el presupuesto en el futuro.

- **Calidad:** se realizará un diseño con el objetivo de alcanzar la mayor solidez posible, tratando de evitar actuaciones posteriores y minimizar futuras averías.
- **Distancia máxima** La distancia que puede alcanzar la fibra óptica en una red FTTH viene determinada por el margen de potencia entre el equipo central (OLT) y el equipo de usuario (ONT). Para poder llevar a cabo la realización de un despliegue con nivel de splitting 1:64 (1:4 x 1:16), una potencia de emisión del equipo central de 0 dB y una sensibilidad en el equipo de usuario de -28 dBm, la distancia máxima que se podrá alcanzar es de unos 20 km.

- **Obtención de permisos**

Los gestores comerciales se encargan de solicitar permisos a cada comunidad de vecinos para la instalación de los cables y los elementos de la red FTTH. Estos permisos se almacenan en una herramienta destinada a este objetivo puesto que son necesarios para el diseño del recorrido de la red.

- **Ingeniería**

Los técnicos de campo realizan un replanteo del trazado de la red y las situaciones donde se va a instalar. A continuación se procede al diseño de la red FTTH en el software de diseño adecuado. En esta fase también se realiza un estudio básico de seguridad y salud y un proyecto de legalización de la red.

1.6.4.2 Escenarios del Despliegue

Una vez claros los conceptos de la tecnología FTTh, se realizan los estudios de viabilidad y los requerimientos básicos para el diseño e instalación de la red, en cuanto a capacidad, calidad y

distancia. Una vez hecho esto se procederá al diseño de las redes, garantizando las recomendaciones y parámetros anteriormente estipulados.

En un escenario típico de despliegue de una red FTTH, la mayor parte del CAPEX para el que implemente la red, es el coste de la obra civil, si bien la inversión final depende de varios factores antes descritos:

- Posibilidad de hacer despliegues de fibra aérea en vez de soterrada.
- Densidad de hogares.
- Disponibilidad de canalizaciones previas.

Una forma de aminorar los costos, sería desplegar redes ópticas abiertas (*open access*), es decir, ofrecer la capacidad de que varios agentes exploten simultáneamente de forma comercial la fibra, minimizando el coste por hogar pasado y acelerando el incremento de la base de clientes; por lo que es una solución idónea.

Gracias a lo expuesto en el párrafo anterior, la fibra óptica ha generado nuevos modelos de negocio, no sólo por los servicios que puede ofrecer, también por los roles que pueden adquirir los distintos agentes que invierten en la construcción y explotación de las redes. Se puede decir que existen tres tipos de roles, pudiendo el agente u operador tener uno o varios de ellos así:

- El operador de red es el operador que construye la infraestructura física pasiva, es decir, el cableado, fibras, divisores, cabinas, etc.
- El operador de comunicaciones es el que instala y opera los equipos activos, proporcionando la conectividad a proveedores de servicios.
- Los proveedores de servicios son los que controlan a los clientes finales y comercializan los servicios de banda ancha.

Para poder realizar un despliegue de infraestructura óptica de la mejor forma posible, es imprescindible conocer el escenario del despliegue, sus particularidades, destacar las características más importantes. Si la zona a desplegar es una zona urbana o rural, si el tendido sería soterrado o aéreo. Si se incluyen tanto en oficinas, comercios, iglesias, colegios, así como viviendas unifamiliares y multifamiliares. Cuál sería la escalabilidad futura.

Teniendo en cuenta los datos de catastro y de los datos recopilados en la zona se puede calcular que la cantidad máxima de posibles clientes.

Aspectos Legales

Para poder facilitar la proyección de una red se deben firmar acuerdos legales activos antes de comenzar el proyecto. Sin embargo existen muchas propiedades complicadas que pueden transformar acuerdos sencillos en complicados, incluso difíciles de realizar. Cualquier acuerdo deberá beneficiar mutuamente a las partes implicadas de un modo razonable.

Existe un gran número de modelos diferentes de acuerdos, pero el más destacado es el que consiste en ceder el derecho de uso de la propiedad, a cambio de servicios gratuitos, descuentos en el acceso a la red de servicio o simplemente dinero. También es conveniente establecer acuerdos con aquellas propiedades privadas que se ven afectadas por el paso de la red a través de su interior. Un buen acuerdo que contempla el tránsito de cables a través de cualquier propiedad, debería cubrir al menos los próximos 25 años a contar a partir de la instalación de la red, y además debería de continuar vigente aunque la propiedad se vendiese. Por el contrario, aquellos actores que cuenten previamente con el derecho de instalación de líneas en ciertos emplazamientos, cuentan con la ventaja de no necesitar permisos previos ni acuerdos para llevar a cabo el proyecto.

Especificaciones técnicas de la Instalación de la red

Previo al diseño de un proyecto al detalle y de manera exhaustiva, se realiza una planificación básica de la instalación. Esto permitirá destacar algunos requerimientos básicos del despliegue, tales como número de conexiones, ubicación de los divisores y de los elementos de repartición.

Es recomendable realizar la planificación de una red tan extensa como para dar servicio a tantos usuarios finales como sea posible desde el menor número de nodos de acceso. El tamaño del nodo de acceso viene determinado por las condiciones locales para la red de cable, tales como:

- Tipo de construcciones.
- Distancias entre viviendas o propiedades.
- Acuerdos entre propietarios.
- Derechos de instalación, etc.

Cada proyecto es único y requiere su propia planificación.

Una vez claros los conceptos de la tecnología FTTh, se realizan los estudios y los requerimientos básicos para el diseño e instalación de la red, en cuanto a capacidad, calidad y distancia. Una vez hecho esto se procederá al diseño de las redes, garantizando las recomendaciones y parámetros anteriormente estipulados.

A partir de la información recibida de la planificación básica general, se debe de realizar una planificación detallada de la instalación. Este proceso incluye principalmente los siguientes pasos a seguir:

- Preparar detalladamente la delineación de planos con la infraestructura, recorrido del cable, tipos de microconductos, saltos y terminaciones de red.
- Listado de materiales con los costes específicos y totales.
- Estimación global de los costes de la ingeniería, materiales e instalación.
- Condiciones del suministro de materiales.
- Métodos de instalación, canalizaciones y excavaciones para las diferentes partes de la red.
- Para el diseño de la infraestructura de la red, en primer lugar se realiza la división del sitio en zonas. De esta manera se permite realizar el diseño óptimo de la red, puesto que se minimizan los costes de la instalación, garantizando que cada abonado está a la menor distancia posible de los nodos a los que se debe conectar.

Una vez realizado todo lo anterior, con el diseño general del proyecto, planos, resuelto los temas legales y anexos vinculantes con la información detallada, se debe trasladar dicha información a la práctica, y por lo tanto a la instalación en campo.

Es necesario tener en cuenta que un proyecto de implantación de red consta de 3 fases:

- Proyecto de despliegue e implementación.
- Instalación de red, y
- Final de instalación

Recomendaciones Básicas antes de iniciar las instalaciones

Perforaciones

Antes de comenzar la instalación, es necesario chequear si la planificación es certera y exacta, y corresponde con la realidad. Algunas actividades perturban el curso normal de la jornada de trabajo, tales como las perforaciones. Cualquier perforación se debe llevar a cabo con las herramientas y métodos apropiados para el material a ser perforado.

En el final de la Instalación, se recoge el estado final de la red y las posibles variaciones acaecidas durante el proceso de instalación no reflejadas en el proyecto inicial.

Cuando se finaliza la instalación y se entregan las mediciones de pérdidas del sistema al cliente, es necesario realizar y firmar una certificación final de la instalación. Para ello se debe de realizar una última inspección visual, en la que se deben reparar aquellos errores cometidos durante la instalación, garantizando una garantía de calidad.

Protección de zonas visibles

Los accesorios como tubos, canaleta, bandejas, etc. que protegen y esconden cables y microconductos deben ser instalados en general en áreas sensiblemente visibles como escaleras, sótanos y garajes antes de que comience la instalación. Es importante escoger el tipo de accesorio para cada caso, que encaje correctamente en el ambiente, que sea lo menos visible y al mismo tiempo que ofrezca una buena protección.

Información a los residentes

Los residentes deben estar informados con tiempo de antelación antes de que la instalación comience, particularmente si se ven afectados o desconectados servicios básicos del edificio o viviendas, tales como potencia eléctrica, teléfonos o ascensores.

I.6.5 Estimaciones de coste del Despliegue de una red GPON-FTTH

Para obtener los costes de despliegue y costos de operación de una red de acceso FTTH/GPON, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- **Inversiones necesarias para el despliegue CAPEX:**

Se identifican las inversiones que sean necesarias en toda la estructura de red existente entre la cabecera de red, esto es puertos OLT, repartidor óptico, cajas de distribución, etc y la de los abonados a la que se va a dar el acceso, tanto en la obra civil, los equipos activos y los pasivos, materiales e instalaciones.

Para la cabecera de red se especifican la cantidad de puertos por cabeceras de red necesarios para el despliegue. En función de esas cantidades se define la cantidad de tarjetas PON o equipos OLT necesarios. En la red de alimentación se definen la cantidad de mangas de alimentación por cabecera de red, el número de splitters en base al número de hilos por manga de alimentación.

Costes recurrentes: Se identifican los siguientes:

- Costes de gestión y operación de la red de acceso FTTH/GPON.
- Costes por uso, en el caso de una operadora, o alquiler, en el de un operador alternativo, de las infraestructuras de obra civil existentes.

Todos estos costes se determinan en función de la dimensión de la demanda potencial que se estime en cada proyecto. Para el análisis de la rentabilidad que se realiza posteriormente, a los costes propios de una red de acceso FTTH/GPON se le suman el resto de costes recurrentes que se precisan para dar servicios de banda ancha.

Para cuantificar las inversiones que se precisan para el despliegue de una red de acceso FTTH/GPON, se divide la red de acceso en diferentes tramos, evaluando las necesidades de inversión en cada uno de ellos.

- **Costos de operación de una red de acceso FTTH/GPON – OPEX**

Entre los costos de operación y mantenimiento se incluyen:

- Los costos generados por el personal técnico y administrativos.
- Los equipos informáticos.
- Vehículos y materiales.
- Servicios básicos.
- Gestión comercial y
- Accesos a Internet.
- etc.

CAPITULO II

ESTADO DE LA BANDA ANCHA EN LA REGIÓN

2.1 Panorama del Crecimiento de la Banda Ancha Fija en la Región



Figura No 2. 1: Crecimiento de aplicaciones con acceso a la red

La gran proliferación de dispositivos tecnológicos como teléfonos inteligentes o smartphones, tabletas, SmartsTV, nuevas generaciones de máquinas de escritorio, dispositivos con capacidad de conexión a la red como relojes o sensores utilizados en la educación, ciencia, deportes o incluso en automovilismo, y de aplicaciones, en especial el video, han sido sin duda los motores del crecimiento del sector de las comunicaciones en el último tiempo. Detrás de este aumento de dispositivos y novedosas aplicaciones, se encuentra la Banda Ancha, sin ella sería complicado explicar estas tendencias y el desarrollo de las telecomunicaciones en los últimos años.

Para seguir con este crecimiento se hace necesario continuar implementando el uso de tecnología, mayormente las redes de nueva generación sobre fibra Óptica, o las llamadas redes FTTX y las tecnologías inalámbricas, con el despliegue de redes de 4ta y 5ta Generación, que según estudios se empezarán a masificarse a partir del 2020 con la salida de la 5ta generación de redes móviles.

Estudiaremos en este capítulo, cómo se ha ido desarrollando el despliegue y crecimiento de la Banda Ancha en la Región Latinoamericana y principalmente Argentina. Tomaré de base algunos estudios realizados por otros colegas de profesión y por organismos especializados en el tema para dar un pantallazo de como está y a dónde se dirige esta tendencia.

Tomando en un reporte del primer cuarto del 2015, elaborado por Akamai¹, durante el primer trimestre de 2015 Estados Unidos y Canadá se mantuvieron muy por delante, como es de esperar, de los demás países en la región, pero destaca que países como Colombia y Bolivia mostraron cambios positivos durante este período de tiempo, al mostrar 23% de incremento cada uno, aumentando su conexión media en 4.5 Mbps y 1,5 Mbps, respectivamente. Para el caso de Argentina mostraron pequeños avances, con aumentos de 3,1% lo que se tradujo en 1,5 Mbps.

Global Rank	Country/Region	Q1 2015 Avg. Mbps	QoQ Change	YoY Change
19	United States	11.9	7.4%	13%
22	Canada	11.6	8.1%	19%
51	Uruguay	6.7	13%	55%
58	Chile	5.7	14%	75%
69	Mexico	4.9	9.7%	23%
75	Argentina	4.6	3.2%	47%
76	Colombia	4.5	23%	51%
77	Peru	4.5	12%	64%
81	Ecuador	4.1	8.5%	23%
89	Brazil	3.4	13%	29%
95	Panama	3.2	7.5%	21%
96	Costa Rica	3.0	7.2%	51%
132	Bolivia	1.5	23%	62%
136	Venezuela	1.5	3.1%	17%
137	Paraguay	1.4	5.2%	20%

Tabla No 2. 1: Promedio Velocidades en América Latina 2015¹⁴

¹⁴ Fuente: <http://www.finanzasdigital.com/wp-content/uploads/2015/06/Velocidad-de-conexión-en-América.jpg>

Los 3 países destacables, además de Argentina, son Uruguay, Chile y México. Lo destacable es que Uruguay aparece como primer lugar en las estadísticas, con valores muy similares a países de Europa como España, Portugal o Inglaterra. Las peores medidas la tienen Bolivia, Venezuela y Paraguay.

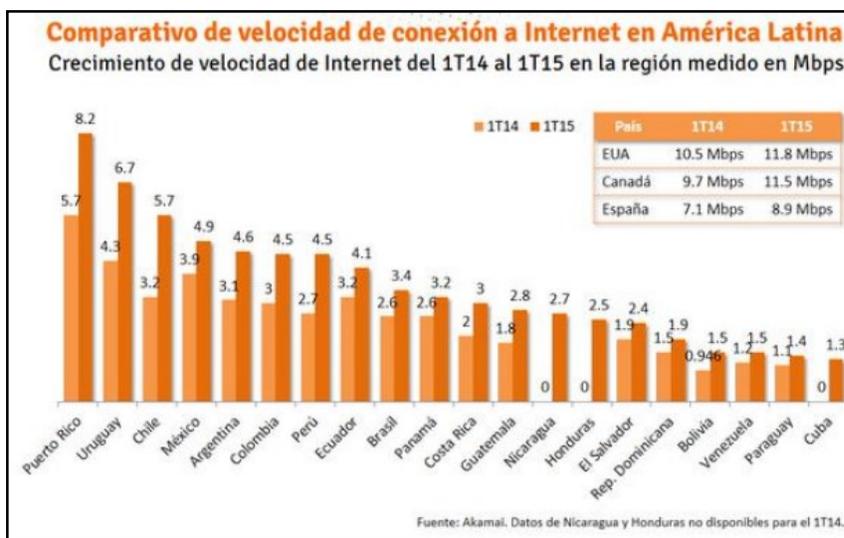


Figura No 2. 2: Comparativo de de Banda Ancha en América Latina 1T2015¹⁵

Si comparamos con mediciones similares en el resto del mundo podemos observar que los llamados países industrializados aventajan por un amplio margen al de Latinoamérica. Esto debido a que los esfuerzos por actualizarse con las nuevas redes de acceso son parte de su política de estado. Brindar a su población un mejor servicio.

¹⁵ Fuente: <https://content.akamai.com/PG5641-Q4-2015-SOTI-Connectivity-Report.html>

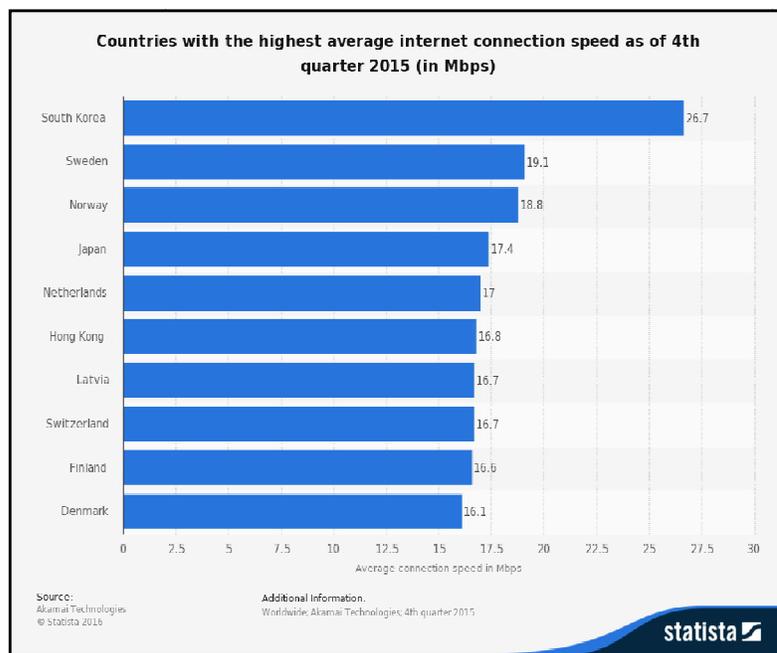


Figura No 2. 3: Promedio de Banda Ancha en resto del mundo 2015¹⁶

2.1.1 Penetración

LATIN AMERICAN INTERNET USERS AND POPULATION STATISTICS						
REGION	Population (2015 Est.)	% Pop. of World	Internet Users, 30-Nov-15	Penetration (% Population)	Users % World	Facebook 15-Nov-15
Latin America Only	598,131,600	8.2 %	338,595,866	56.6 %	10.1 %	292,100,000
Rest of the World	6,661,770,643	91.8 %	3,027,665,290	45.4 %	89.9 %	1,223,104,150
WORLD TOTAL	7,259,902,243	100.0 %	3,366,261,156	46.4 %	100.0 %	1,515,204,150

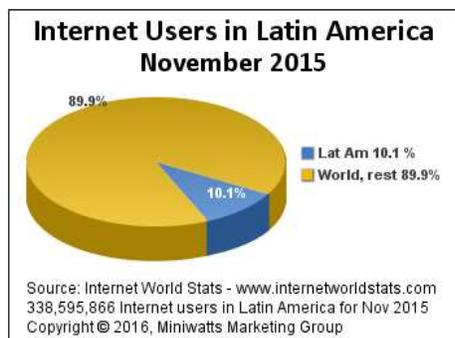


Tabla No 2. 2: Estadísticas de penetración a Internet de usuarios por región¹⁷

¹⁶ Fuente: <http://www.statista.com/statistics/204952/average-internet-connection-speed-by-country/>

¹⁷ Fuente: <http://www.internetworldstats.com/stats10.htm#spanish>

Existen diferentes estudios que establecen una estrecha correlación entre la penetración de la banda ancha y el crecimiento del Producto Interno Bruto de un país. Esta correlación aplica tanto para economías desarrolladas como para economías en subdesarrollo; más aún, algunos estudios establecen también un impacto positivo en materia de empleo, competitividad y productividad.

Es por eso que a nivel mundial muchos países han trabajado en desarrollar planes tendientes a promover el desarrollo de la banda ancha. Latinoamérica no ha sido la excepción; países como Uruguay, Chile, Brasil, Colombia, Argentina, Chile, Perú, Costa Rica, Panamá, Colombia y México, entre otros, son ejemplos de estas iniciativas.

La masificación de los servicios de banda ancha es clave para consumir los beneficios asociados al desarrollo de Internet. Diversos estudios muestran que dichos beneficios son no lineales, aumentando conforme crece el nivel de penetración. Esto significa que es necesario alcanzar una masa crítica de adopción en hogares y empresas para maximizar el impacto positivo de Internet sobre el aparato productivo y el tejido social.

América Latina experimentó en los últimos años grandes avances en el acceso a Internet, pero muchos países siguen rezagados: los usuarios no alcanzan a la mitad de la población total de la región.

Latin American Internet Users - November 2015					
COUNTRIES / REGIONS	Population (Est. 2015)	Internet Users, 30-Nov-15	% Population (Penetration)	Users % in Region	Facebook 15-Nov-15
Argentina	43,431,886	34,785,206	80.1 %	10.3 %	27,000,000
Bolivia	10,800,882	4,214,504	39.0 %	1.2 %	3,800,000
Brazil	204,259,812	117,653,652	57.6 %	34.7 %	103,000,000
Chile	17,508,260	12,667,226	72.3 %	3.7 %	11,000,000
Colombia	48,203,405	28,475,560	59.1 %	8.4 %	24,000,000
Costa Rica	4,814,144	4,236,443	88.0 %	1.3 %	2,800,000
Cuba	11,031,433	3,309,430	30.0 %	1.0 %	n/a
Dominican Republic	10,478,756	6,054,013	57.8 %	1.8 %	3,800,000
Ecuador	15,868,396	13,471,736	84.9 %	4.0 %	8,700,000
El Salvador	6,141,350	2,900,000	47.2 %	0.9 %	2,900,000
Guatemala	14,918,999	4,700,000	31.5 %	1.4 %	4,700,000
Honduras	8,746,673	2,400,000	27.4 %	0.7 %	2,400,000
Mexico	121,736,809	60,000,000	49.3 %	17.7 %	60,000,000
Nicaragua	5,907,881	1,000,000	27.1 %	0.5 %	1,000,000
Panama	3,657,024	1,899,892	52.0 %	0.6 %	1,500,000
Paraguay	6,783,272	2,916,807	43.0 %	0.9 %	2,600,000
Peru	30,444,999	16,000,000	52.6 %	4.7 %	16,000,000
Puerto Rico	3,598,357	2,834,786	78.8 %	0.8 %	2,100,000
Uruguay	3,341,893	2,200,000	65.8 %	0.6 %	2,200,000
Venezuela	26,457,369	16,276,611	61.5 %	4.8 %	12,000,000
TOTAL	598,131,600	338,595,866	56.6 %	100.0 %	292,100,000

Tabla No 2. 3: Estadísticas de penetración a Internet de usuarios por país¹⁸

El retraso en la adopción de banda ancha en América Latina se debe a diversos factores. Algunos estudios enfatizan los factores vinculados a la oferta del servicio, tal como limitaciones en la cobertura y restricciones en la calidad de servicio ofrecida. Otros estudios hacen hincapié en los factores asociados a la demanda, tal como una baja capacidad de absorción de tecnología por parte de hogares y empresas (fuertemente asociada a niveles de educación) y bajos niveles de ingreso per cápita.

La penetración de banda ancha en América Latina está por debajo de los niveles esperados dada la dotación de recursos económicos y las características demográficas de los países de la región. Esto sugiere que operan también factores regulatorios que llevan a los mercados de banda ancha de la región a operar por debajo de su potencial en términos de adopción, cobertura y precios de los servicios.

¹⁸ Fuente: <http://www.internetworldstats.com/stats10.htm#spanish>

2.1.2 Rol de los Gobiernos Latinoamericanos

Los esfuerzos de los gobiernos por desarrollar la penetración de banda ancha en la región, diferentes países han trabajado en el desarrollo de planes ambiciosos tendientes a impulsar el crecimiento de la banda ancha de varias maneras. Por una parte, intervienen de manera directa en la obtención de los resultados:

En el caso de Argentina en donde se desarrolla el Plan Nacional de Telecomunicaciones – Argentina Conectada, implementada en el 2010, a través de la empresa estatal AR-SAT, que es la responsable de garantizar el despliegue de la infraestructura, y cuya intención del gobierno es convertir a esta empresa en un operador mayorista que comercialice el acceso a operadores existentes, así como a pequeñas cooperativas.

Se destaca este plan por su magnitud, complejidad e inversión el Sistema de Satélites Geoestacionarios Argentinos. El proyecto, a cargo de la Empresa Argentina de Soluciones Satelitales S.A. (ArSat) y con la colaboración del INVAP, tiene como objetivo la construcción y puesta en órbita de los satélites ARSAT-1 (ya en órbita), ARSAT-2 (septiembre de 2015) y ARSAT-3 (2017). La función principal de estos satélites es brindar servicios de telefonía celular, televisión digital, Internet y transmisión de datos a instituciones públicas y privadas. Estos servicios, actualmente alojados en satélites extranjeros, serán una fuente de ingresos adicional para nuestro país.

El lanzamiento de ARSAT-1, y el desarrollo de ARSAT-2 y de ARSAT-3, posicionan a la Argentina como el único país de la región con capacidad de manejo de la tecnología satelital geoestacionaria y como octavo en el mundo junto a Estados Unidos, Japón, países de la Unión Europea, China, India y Canadá.

Otro de los ejes importantes del Plan Argentina Conectada es el proyecto de la Red Federal de Fibra Óptica (REFEFO) oficializado mediante el decreto núm. 2427 de 2012. El objetivo principal de esta red es lograr la conectividad total del territorio argentino para brindar servicios de telefonía celular, telefonía fija, televisión digital e Internet. Esta obra se propone conectar el 97% del territorio nacional mediante un tendido de 58.000 Km de fibra óptica, y, el 3% restante,

mediante cobertura satelital. Además, fija como objetivo un mejoramiento de la calidad de la banda ancha, estableciendo en 10Mbps el piso de conectividad para las nuevas redes.

En Brasil, en cambio, el gobierno se ha apoyado en operadores privados empleando La Red Dorsal Nacional en el Plan Nacional de Banda Ancha y aprovechando la red de fibra óptica no utilizada que se encuentra bajo el control del gobierno brasileño. Se lanzó en el 2011 y actualmente ya tiene conectadas un 81% de las de las ciudades del país.

Colombia, por su parte, lanzó su Plan Vive Digital cuyo principal objetivo fue cuadruplicar el número de accesos de banda ancha en cuatro años (8.8 millones a finales de 2014). Para tal efecto, el gobierno colombiano inició el despliegue de una Red de Fibra Óptica Nacional con la intención de conectar 700 municipios con servicios de banda ancha de alta velocidad y también subastó espectro en las bandas de 1,900 MHz, 2.1 GHz y 2.5 GHz.

En México, el gobierno impulsó Red Pública Compartida de Telecomunicaciones, establece las bases de participación de potenciales desarrolladores de dicha red, así como el calendario que deberán seguir los interesados en el concurso. Consiste en el diseño, instalación, despliegue, operación, mantenimiento y actualización de la red compartida y la comercialización del servicio mayorista de telecomunicaciones a través de dicha red. También impulsó la reasignación de la banda de 700 MHz que proveería servicios mayoristas a los que tendrán acceso los operadores existentes, así como potencialmente operadores móviles virtuales.

En Chile se impulsó en el 2013, la Agenda Digital Imagina Chile 2013-2020. Hoja de ruta del Gobierno en torno a las tecnologías de la información con el fin de impulsar el desarrollo digital y tecnológico del país. Establece cinco ejes estratégicos: Conectividad e Inclusión Digital, Innovación y Emprendimiento, Educación y Capacitación, Servicios y Aplicaciones y Entorno para el Desarrollo Digital.

En el caso de Uruguay se implementó La Agenda Digital 2011-2015. La finalidad es incrementar los beneficios sociales y económicos que derivan de la incorporación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) a la vida cotidiana. Su función principal es la de coordinar y

priorizar programas que promuevan el uso más eficiente de las TIC respecto a las actividades desarrolladas por la ciudadanía, las empresas y el Gobierno.

Los resultados de los planes anteriores son diversos; por una parte, países como Colombia y Brasil han superado las expectativas. Colombia cerró en el año 2014 con el 100% del objetivo de 8.8 millones de accesos de banda, mientras que Brasil llegó a 137 millones de conexiones de banda ancha (23 millones fijas y 114 millones móviles), cifra muy por arriba de la meta de 90 millones de accesos para finales de 2014.

2.2 Panorama del Estado de la Banda Ancha Fija en la región

Según datos de la UIT, las conexiones de banda ancha fija (BAF) en Latinoamérica alcanzaron 63 millones de suscriptores a finales de 2013, lo que representa más de 8 % de todos los accesos de BAF a nivel mundial. En términos de población, la región promedió 10%, cifra muy baja comparada con el 33% de la penetración promedio de banda ancha fija para Europa Occidental o el 28% para Estados Unidos.

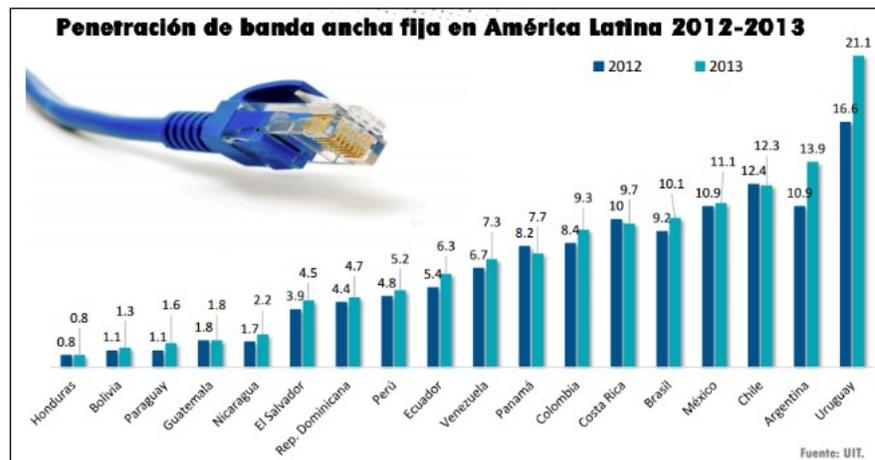


Figura No 2. 4: Penetración de Banda Ancha Fija en Latinoamérica 2012-2013¹⁹

2.2.1 Asequibilidad

La asequibilidad de la banda ancha se refiere al precio del servicio en relación a los ingresos de la población en un mercado determinado. Dado el peso de los determinantes económicos de la demanda de la banda ancha en los países de la región, la información sobre la penetración según niveles de ingreso debe ser complementada con información sobre el costo del servicio y su asequibilidad.

¹⁹ Fuente: Informe 2012-2013 UIT

El precio de los equipos de acceso también es una limitante a la difusión de la banda ancha en la región; mientras que en América Latina un notebook promedio cuesta cerca de 6% del PIB anual per cápita, en regiones desarrolladas como Estados Unidos y países de Europa, el porcentaje equivalente es de 1%.

En siguiente gráfico se muestran las tarifas de acceso en las modalidades Banda Ancha fija, expresadas en tasas de Paridad de Poder Adquisitivo (PPA) y en Dólares norteamericanos (USD).

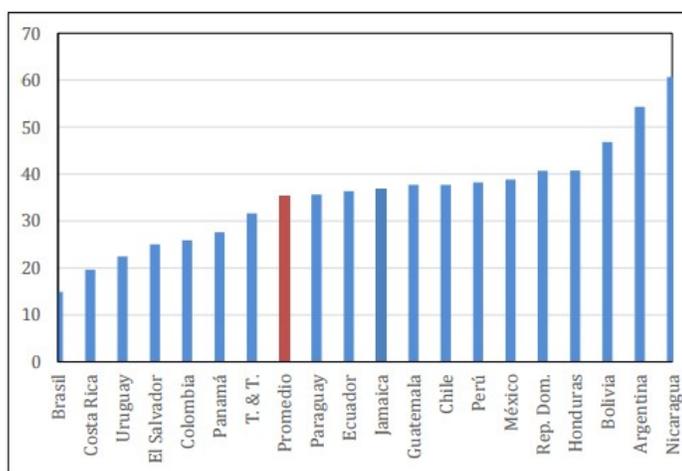


Figura No 2. 5: Precios de planes Banda Ancha Fija por País²⁰

De acuerdo con el Gráfico de la Figura No 2.4, la banda ancha fija más cara de la región está en Nicaragua, Argentina y Bolivia. 5 En el otro extremo, los países que ofrecen los planes más accesibles son Brasil, Costa Rica y Uruguay. Las diferencias en las posibilidades de acceso entre los países llegan a ser importantes. Por ejemplo, el precio del plan más barato de Nicaragua equivale a 4 veces el plan más barato de Brasil.

²⁰ Fuente: La brecha digital en América Latina: precio, calidad y Asequibilidad de la banda ancha en la región- Viecens-Callorda, Año 2016

Es importante también aclarar también que los datos en U\$S PPP (Precio Promedio Ponderado) de Argentina deben ser observados con cierta cautela dado el desdoblamiento cambiario presente en el país al momento del relevamiento.

Es de interés analizar la evolución de los precios de un año a otro. En este sentido, dado que la comparativa en dólares PPP podría esconder elementos que no son específicos del mercado de banda ancha, resulta útil analizar las variaciones de los precios de los planes más baratos en la moneda local.

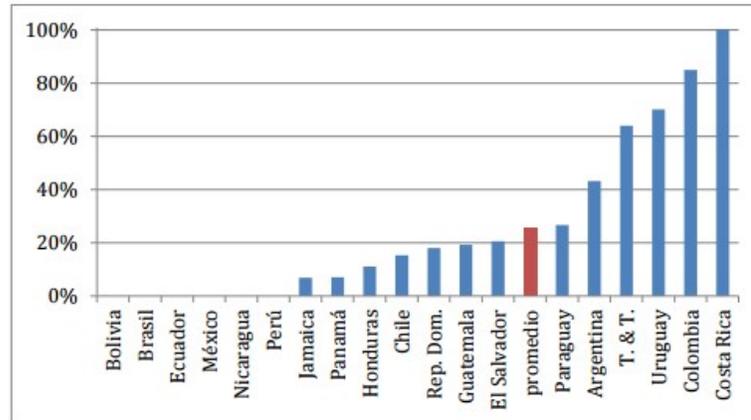


Figura No 2. 6: Variación 2014-15 Pplanes más baratos de banda ancha fija (moneda local)²¹

Se deduce del Gráfico de la Figura No 2.5 que en 6 de los países (Bolivia, Brasil, Ecuador, México, Nicaragua y Perú) el precio del plan más barato medido en moneda local no varió, mientras que en el resto de los países subió. Esto último es llamativo y preocupante puesto que, los niveles de inflación han sido muy bajos y de un dígito en todos los países, con Argentina como única excepción, mientras que en la mayoría de países donde los precios del plan más barato han subido las subas son de dos dígitos. En otras palabras, en 12 de los países relevados el precio del plan más barato ha subido por encima de los niveles de inflación correspondientes.

²¹ Fuente: La brecha digital en América Latina: precio, calidad y Asequibilidad de la banda ancha en la región- Viacens-Callorda, Año 2016

2.2.2 Calidad

El adecuado desarrollo de la banda ancha se relaciona no solamente a los precios de acceso sino también a otras características de la oferta. Entre éstas destaca la calidad ofrecida por los principales prestadores del servicio, cuyo indicador más relevante es la velocidad de descarga de datos prometida.

Si bien la calidad prometida difiere de la calidad real, se asume que esta diferencia no varía significativamente entre países, lo que otorga validez a los resultados comparativos obtenidos.

El Gráfico de la Figura No 2.6 presenta los resultados los parámetros de estimación de la calidad son las velocidades de conexión de carga y descarga de datos para la banda ancha global.

Es un hecho que tanto en los países de América Latina como en los países avanzados, la velocidad de descarga es mucho mayor que la de carga (aproximadamente 2,5 veces más). La velocidad de carga promedio para América Latina es 2,92 Mbps y para los países avanzados es de 13,41 Mbps.

Uruguay (5,9 Mbps) es líder en la región, seguido por México (5,67 Mbps) y Brasil (4,23 Mbps). La República Bolivariana de Venezuela, el Estado Plurinacional de Bolivia y Perú cuentan con las velocidades más bajas.

La velocidad de descarga promedio en banda ancha global para América Latina es de 7,26 Mbps y para los países más avanzados de la muestra, 32,20 Mbps. En la región solo cuatro países, Uruguay, Chile, Brasil y México, están por encima del promedio regional. Hoy Uruguay ocupa este lugar con 22,58 Mbps cifra muy similar a la de España, Portugal o Inglaterra.



Figura No 2. 7: Velocidad de Banda Ancha Efectiva en Mbps (2014)²²



Figura No 2. 8: Velocidades de Carga y Descarga en países de la región (2014)²³

²² Fuente: Observatorio Regional de Banda Ancha (ORBA) de la CEPAL, con base en datos de Ookla

²³ Fuente: Observatorio Regional de Banda Ancha (ORBA) de la CEPAL, con base en datos de Ookla

Observamos en los datos de las Figura No 2.6 y 2.7, que Argentina marca un promedio de 6,34Mbps de descarga y 1,79Mbps de Subida.

2.3 Panorama del Estado de Banda Ancha Móvil en América Latina

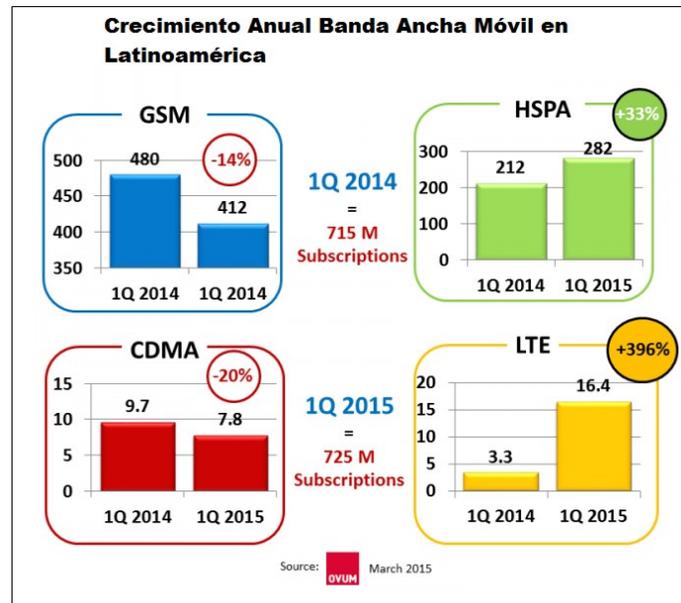


Figura No 2. 9: Panorama Banda Ancha Móvil en Latinoamérica²⁴

En América Latina y el Caribe viven unas 634 millones de personas. Según los últimos reportes, la brecha de cobertura de banda ancha móvil en la región es relativamente pequeña, ya que solo el 10 por ciento de la población (unas 64 millones de personas) vive fuera del alcance de una red 3G o 4G. No obstante, solo el 33 por ciento (207 millones) de las personas son usuarios en la actualidad de servicios de banda ancha móvil. Esto significa que el 57% de los latinoamericanos que cuentan con la cobertura necesaria, pero no han suscrito una conexión de banda ancha móvil, lo que supone un obstáculo para la expansión del comercio electrónico en la región.

²⁴ Fuente: 4gamericas.org

Dentro de esta última categoría, más de 100 millones de personas viven en Brasil, el mercado más grande de la región. La brecha de demanda también varía significativamente en la región: hay países, como Chile y Costa Rica, en los que la proporción de usuarios de servicios de banda ancha móvil es relativamente elevada, mientras que en otros mercados, como Guatemala y Ecuador, existe una importante brecha entre la disponibilidad de los servicios de banda ancha móvil y su adopción.

El mercado de telefonía móvil en América Latina y el Caribe está madurando rápidamente con un incremento del 5% anual de suscriptores en los últimos cinco años y un crecimiento esperado del 4% de media para los próximos cinco.

Según estimaciones realizadas, se espera que para el 2019, las conexiones de banda ancha móvil 3G y 4G en América Latina y el Caribe rondaran el 85 por ciento del total de líneas móviles. Con unos 196 millones de suscriptores.

2.3.1 Penetración

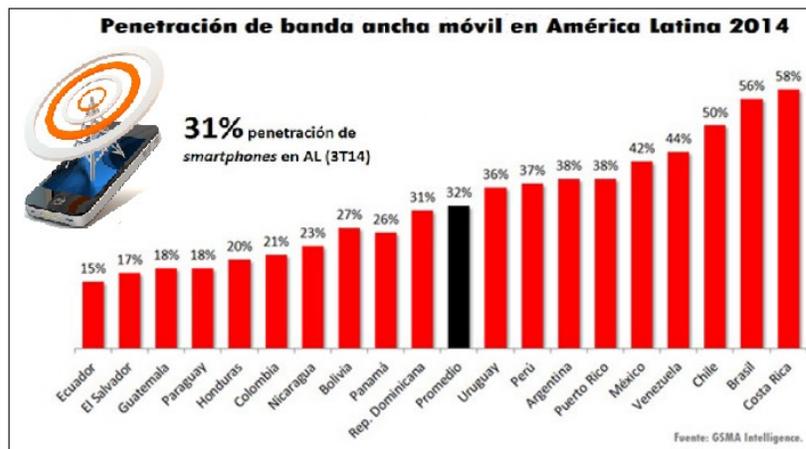


Figura No 2. 10: Penetración de la Banda Ancha en América Latina 2014²⁵

²⁵ Fuente: GSMA Intelligence

Según datos de GSMA Intelligence, asociación que aglutina a los operadores y fabricantes de móviles indica en uno de sus informes que la penetración de banda ancha móvil en Latinoamérica alcanzó un promedio de 31% en el tercer trimestre del 2014, siendo Costa Rica el país con el índice más alto, seguido por Brasil y Chile.

Entre los países, Costa Rica es el de mayor penetración de banda ancha móvil con 58%, seguido por Brasil que alcanzó 56% en el mismo periodo. Chile aparece en tercer lugar con 50%, y Venezuela es el cuarto país con 44% de penetración. México está en la quinta posición (42%), mientras que Argentina es séptima (38%) seguida por Perú (37%). Colombia está en la posición 14º con una penetración de banda ancha móvil de 21%.

2.3.2 Asequibilidad

La plataforma móvil es perfecta para atacar la brecha de adopción de banda ancha en América Latina. No sólo cuenta con problemas de conectividad más simples que los móviles fijos y WiFi de hogar, sino que el contenido al cual se accede puede estar en cualquier idioma y mediante íconos para los analfabetos funcionales o digitales.

El análisis de los precios se hace de la misma manera que con la banda ancha fija, comparando los precios de los planes más baratos, en este caso con al menos 1GB de descarga. En la comparativa del Gráfico de la Figura 2.11 se incluye de manera conjunta planes para smartphones y planes para PC.

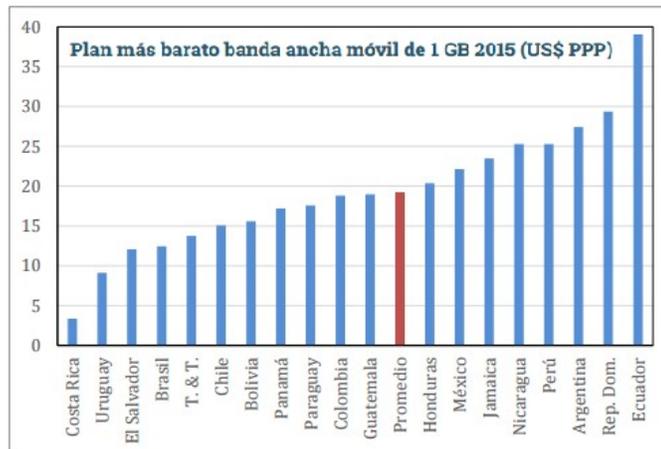


Figura No 2. 11: Plan más barato Banda Ancha Móvil LatAM- 2014²⁶

²⁶ Fuente: La brecha digital en América Latina: precio, calidad y Asequibilidad de la banda ancha en la región-

Como se puede notar en el gráfico anterior, Ecuador, República Dominicana, Argentina y Perú aparecen como los países más caros de la región con precios por encima del promedio. Por su parte, Costa Rica, Uruguay y El Salvador se mantienen entre los más baratos en ambos mercados.

El Gráfico de la Figura No 2.12 a continuación muestra el plan más barato entre los planes exclusivos para smartphones con al menos 500 MB de CAP.

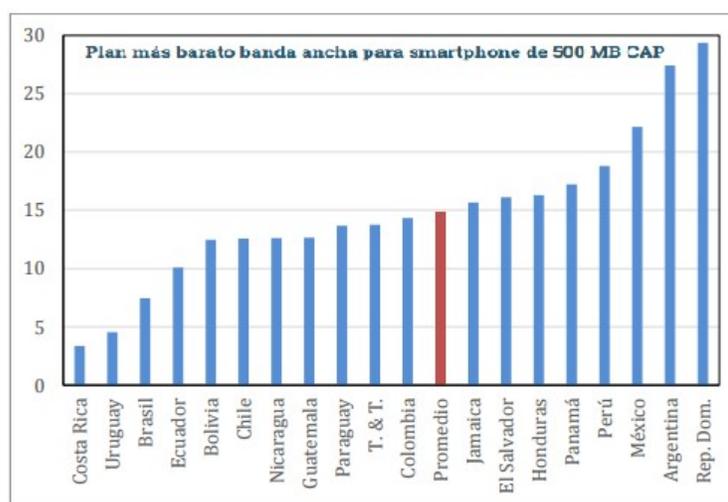


Figura No 2. 12: Plan más barato BA Móvil para Smartphones de 500MB LatAM- 2014²⁷

Cuando se restringen los planes de banda ancha móvil solo a aquellos que poseen smartphones, pero con menor capacidad de descarga, Ecuador deja de aparecer entre los más caros y Costa Rica continúa teniendo el plan más barato. El Gráfico de la Figura No 2.13 muestra los precios de planes prepagos de un día.

²⁷ Fuente: La brecha digital en América Latina: precio, calidad y Asequibilidad de la banda ancha en la región- Viezens-Callorda-2016

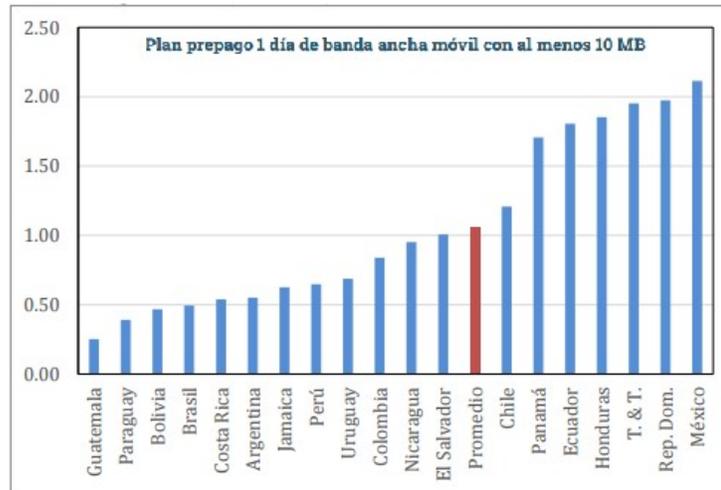


Figura No 2. 13: Plan Prepago Banda Ancha Móvil al menos 10MB LatAM- 2014²⁸

Según vemos, Argentina se destaca en este indicador. Hasta el momento aparecía entre los más caros de la región, pero cuenta con un precio por día barato en términos relativos. Otros países que aparecen son Guatemala, Paraguay, Bolivia, Brasil y Costa Rica. Al mismo tiempo, México destaca con el precio por día más caro.

2.3.3 Crecimiento de redes LTE o de 4ta Generación en la Región



Figura No 2. 14: Crecimiento redes 4G en América Latina

²⁸ Fuente: La brecha digital en América Latina: precio, calidad y Asequibilidad de la banda ancha en la región- Vicens-Callorda-2016

Las primeras redes comerciales de LTE (Long-Term Evolution) o de 4ta Generación, de América Latina y el Caribe surgen a partir del 2011 con lanzamientos en Brasil, Puerto Rico y Uruguay. Caso contrario a tecnologías anteriores, como 2G o 3.5G, la llegada de esta tecnología en la región ocurre al mismo tiempo en que la misma fuese ofrecida en mercados como Reino Unido, España, Francia e Italia, o por los grandes operadores en los Estados Unidos.

Anteriormente, la llegada de una nueva generación de tecnología inalámbrica para servicios móviles llegaba a la región latinoamericana con una demora de 5-6 años. Con LTE, aparte de tener finalmente una red totalmente IP, vemos el inicio del fenómeno de la simultaneidad: las nuevas redes son desplegadas al mismo tiempo tanto en mercados desarrollados como en aquellos en vías de desarrollo gracias a la inversión de los gobiernos o de empresas que intentan expandirse en el mercado de las telecomunicaciones.

De acuerdo a cifras de 4G America's la penetración de 4G LTE en América Latina llegó al 8,91% a fin de 2015. Cinco mercados superaron el promedio, todos ellos en América del Sur.

Uruguay lidera América Latina en la adopción de LTE, con una penetración de 48,91%; en segundo lugar se ubica Chile (17,95%), tercero Perú (13,15%), cuarto Brasil (11,65%) y quinto Argentina (10,39%). Se debe destacar el crecimiento acelerado que ha tenido la tecnología en Perú y Argentina, mercados que vieron la llegada de su primera red LTE en 2014.

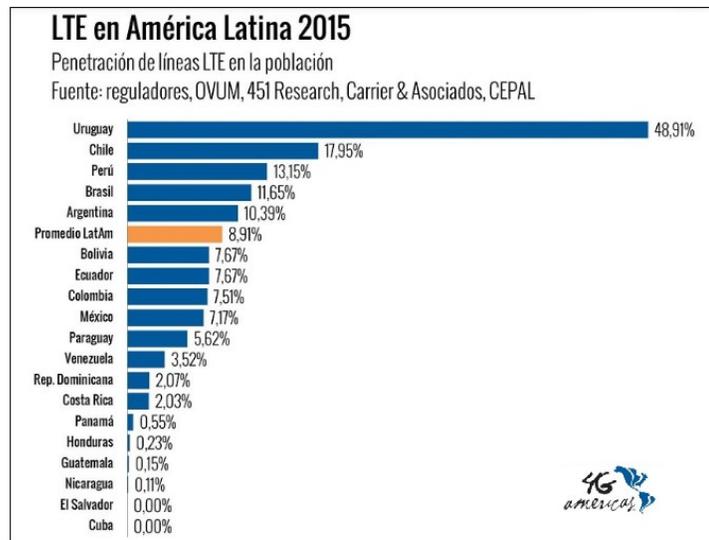


Figura No 2. 15: Penetración LTE en América Latina 2015²⁹

En total, 14 mercados se encuentran bajo el promedio regional en penetración de líneas LTE en la población. En este segmento se pueden encontrar incluso mercados cuyos despliegues comerciales de LTE tuvieron lugar durante 2012, como Bolivia y México, que registran una penetración 4G en la población del 7,67% y 7,17, respectivamente.

Infografía

²⁹ Fuente: 4G Americas.org



Figura No 2. 16: Infografía despliegue redes LTE en América Latina 2013³⁰

Exceptuando las Guayanas, el 100% de América del Sur tiene al menos una red 4G en funcionamiento. Uruguay y Brasil fueron pioneros en diciembre de 2011 al ofrecer el servicio en algunas ciudades, algo que se fue extendiendo a medida que más operadoras se sumaban al 4G.

Colombia y Paraguay se sumaron durante 2012. Le siguieron un año después Chile, Ecuador y Venezuela. En 2014 lo hicieron Perú y Bolivia y fueron así los últimos países en anunciar la puesta en marcha de una red 4G en sus territorios.

Detrás de esos países, los más avanzados en la prestación de servicios de cuarta generación figuran Costa Rica, Nicaragua, Perú, Puerto Rico y Uruguay. En América Latina y el Caribe, en noviembre de 2013 sumaban 25 las redes comerciales 4G que brindan cobertura en distintos sectores.

³⁰ Fuente: 4Gamericas.org

Brasil es el país en que más operadoras ofrecen este tipo de conectividad: allí, seis empresas operan redes con 4G. En Colombia existen cuatro; en Chile tres; en Paraguay dos; y en Bolivia, Venezuela y Perú, una en cada país.

La Argentina llegó en último lugar dentro de América del Sur a pesar de tener más líneas activas que habitantes.

En la región, según la asociación integrada por empresas del sector 4G Americas, Brasil, Chile y Colombia son los países, que en el 2015, estuvieron cerca del nivel ideal para la cobertura de 4G.

2.3.3.1 Infraestructura cableada para la expansión de redes inalámbricas de banda ancha

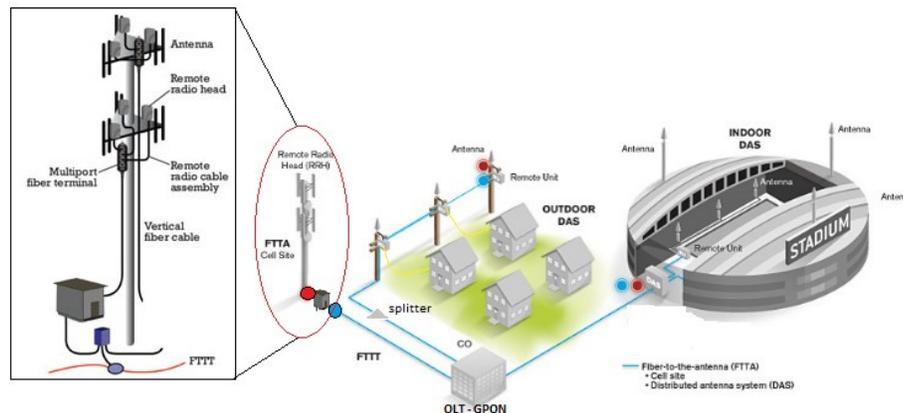


Figura No 2. 17: Infraestructura cableada hacia las antenas de celulares (FTTA) ³¹

Una de las características más ignoradas de las redes inalámbricas es el hecho de que la parte donde carecen de infraestructura cableada es la pertinente a la interfaz aérea, o sea el espacio entre la antena y el dispositivo con el que se comunica. La parte posterior a la antena recibe poca prensa, pero es sumamente importante pues es la que permite a las tecnologías de banda ancha

³¹ Fuente: http://www.exfo.com/Global/Products/Solutions/FTTA-Diagram_1HR.jpg

proveer las velocidades que promete. Cada antena tiene un enlace que la conecta con la red dorsal de fibra óptica de su mercado, permitiendo que el tráfico bidireccional que maneja llegue a su destinatario final.

La mayoría de estas conexiones –conocidas como backhaul– son por medio de redes cableadas de cobre o fibra óptica. La llegada de tecnologías de banda ancha móvil a velocidades que superan los 20 Mbps tiene como consecuencia, también la evolución de las conexiones de backhaul de las redes inalámbricas. Mientras que para servicios 2G una conexión E1/T1 era suficiente, en la actualidad estamos hablando de conexiones de fibra FTTH (Fibra hasta la Antena) o VDSL2 a través de FTTC (Fibra hasta el Gabinete).

Soluciones como FTTx da mayor flexibilidad y escalabilidad para ofrecer mayor ancho de banda a los clientes con una mejor eficiencia.

Esto tiene como consecuencia que independientemente de la innovación tecnológica que desee hacer el operador móvil con el despliegue de LTE en la interfaz aérea, si las conexiones de backhaul no pueden soportar las altas velocidades que viabiliza esta tecnología, el resultado es una conexión similar a la que se obtiene con tecnologías anteriores. Como ejemplo tenemos el caso de Bolivia, donde la baja calidad del backhaul hace que las antenas LTE apenas ofrezcan velocidades esperadas de un despliegue 3G.

Facilitar el despliegue de fibra óptica hasta las premisas de las antenas es sumamente importante para la expansión de redes de banda ancha móvil capaces de ofrecer velocidades superiores a los 1Gbps, permitiendo la dinamización de todo el ecosistema de telecomunicaciones de un país.

2.3.3.2 La necesidad de facilitar la entrada de equipos

Así como el espectro RF y la obtención de permisos a nivel local son elementos necesarios para el despliegue y expansión de nuevas tecnologías móviles, la disponibilidad de dispositivos que puedan conectarse a estas redes es esencial. Una red móvil que carece de dispositivos que puedan conectarse a la misma no cumple ninguna función.

Es por esta razón que es sumamente importante que los gobiernos regionales adopten medidas para facilitar la llegada de dispositivos compatibles con las nuevas tecnologías. La proliferación de estos aparatos a bajo costo sirve para acelerar la adopción de tecnologías de banda ancha móvil como LTE. Lo anterior, considerando que la llegada de servicios de banda ancha inalámbrica superiores a 10 Mbps o 20 Mbps fuerza a los proveedores de banda ancha fija (léase cabledem, DSL, etc.) a mejorar su oferta para mantenerse competitivos.

Desafortunadamente, la realidad en América Latina y el Caribe en lo relacionado a disponibilidad de nuevos dispositivos no es alentadora en muchos países, siendo Venezuela el caso más notable de la región. Los problemas de obtención de divisas en moneda fuerte impiden a los operadores actualizar sus redes a la velocidad que desearían. Mismo caso que sufrió Argentina hasta el nuevo cambio de gobierno.

2.4 Estado del Crecimiento de Banda Ancha Fija y Móvil en Argentina

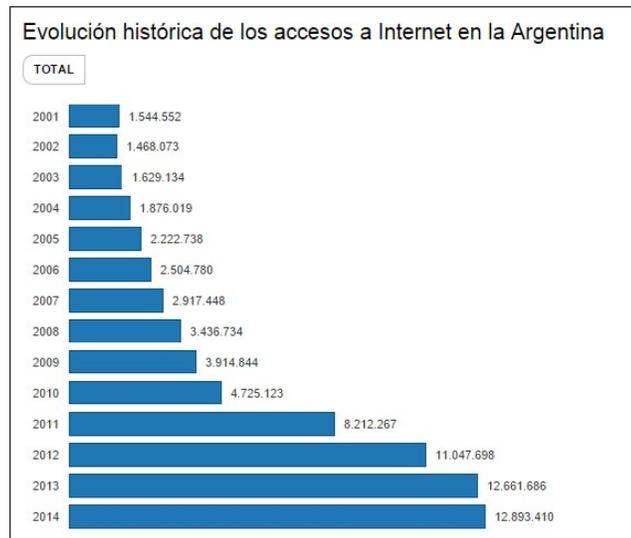


Figura No 2. 18: Evolución Histórica de Accesos de BA en Argentina³²

Internet se convirtió en un servicio más dentro de los requisitos que tienen los hogares argentinos, y detrás de estos números existen comportamientos que definen diversas formas de uso del acceso a la red de redes.

Entre los dispositivos de acceso a Internet el teléfono móvil se ubica en primer lugar, seguido por los diversos formatos de computadora personal (sea de escritorio, portátil o todo en uno) y en el tercer lugar se encuentran las tabletas.

El acceso a las redes sociales, la lectura de artículos en la Web o de libros electrónicos y reproducir videos y canciones son las actividades más realizadas por los usuarios argentinos desde los smartphones y tabletas.

Los televisores inteligentes o Smart TV tienen un capítulo aparte en el reporte. En la Argentina ya existe una base instalada de unos 2,5 millones de unidades. El 68 por ciento de estas pantallas que se conectan a Internet consumen los servicios de streaming de películas y series de

³² Fuente: Indec.gov.ar – Informe Junio 2014

plataformas como Netflix y Crackle. Le sigue YouTube, con consumos que no sólo se limitan a pequeños clips de video, sino a documentales, producciones especiales y a las transmisiones de Fútbol para Todos.

2.4.1 Situación Banda Ancha Fija en Argentina

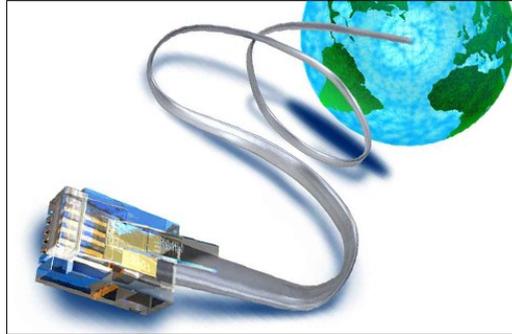


Figura No 2. 19: Banda Ancha Fija en Argentina

Las velocidades de banda ancha fija en la Argentina se ubicaron en los 4,1 Mbps durante 2013, con la expectativa de alcanzar los 11 Mbps dentro de tres años, de acuerdo a un reporte Cisco Visual Networking Index. A su vez, la compañía dijo que el 67 por ciento de la población argentina tendrá acceso a Internet para 2018

En comparación, las velocidades globales de banda ancha se encuentran en 16 Mbps a finales de 2013, y se ubicarán en torno a los 32 Mbps en 2018. Para ese entonces, más de la mitad de este tipo de conexiones, el 55 por ciento, serán superiores a 10 Mbps, y tendrá a Japón y Corea del Sur como los mercados que tendrán los accesos más rápidos, con 100 Mbps.

Según un reporte elaborado por el Indec en Junio del 2016, para el período comprendido entre el primer trimestre de 2015 y el mismo trimestre de 2016, tanto en Total de accesos residenciales como en Total de accesos de organizaciones se observaron alzas que alcanzaron 9,5% y 6,0% respectivamente. Indicando que existen unos 16.091.940 millones de accesos residenciales a Internet, con un claro predominio del servicio de banda ancha.

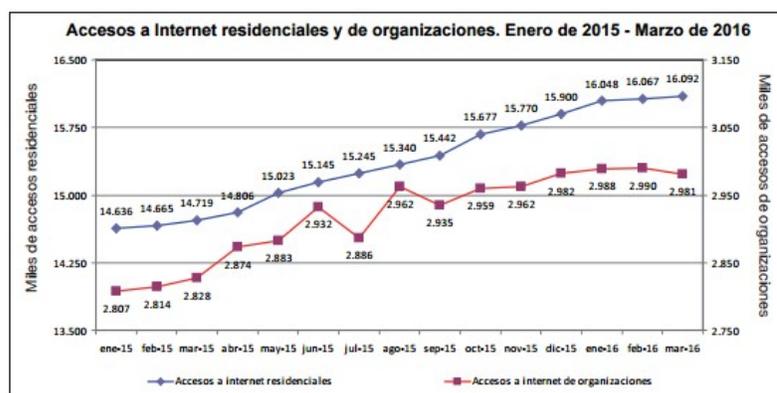


Figura No 2. 20: Accesos residenciales. Enero 2015 – Marzo 2016³³

. Accesos a Internet residenciales por tipo de conexión. Año 2015 y primer trimestre de 2016			
Periodo	Total de accesos residenciales	Accesos fijos	Accesos móviles (pospagos)
Primer trimestre de 2015	14.673.560	5.959.973	8.713.587
Cuarto trimestre de 2015	15.782.501	6.221.294	9.561.207
Primer trimestre de 2016	16.069.049	6.254.685	9.814.364
Variación % del primer trimestre respecto:			
al trimestre anterior	1,8	0,5	2,6
al mismo trimestre del año anterior	9,5	4,9	12,6
2015			
Enero	14.635.938	5.950.664	8.685.274
Febrero	14.665.419	5.953.651	8.711.768
Marzo	14.719.323	5.975.604	8.743.719
Abril	14.806.058	5.994.189	8.811.869
Mayo	15.023.026	6.034.333	8.988.693
Junio	15.144.894	6.079.764	9.065.130
Julio	15.244.843	6.114.165	9.130.678
Agosto	15.340.412	6.146.070	9.194.342
Septiembre	15.442.272	6.183.695	9.258.577
Octubre	15.677.492	6.210.136	9.467.356
Noviembre	15.769.645	6.217.482	9.552.163
Diciembre	15.900.365	6.236.263	9.664.102
2016			
Enero*	16.048.057	6.251.068	9.796.989
Febrero*	16.067.151	6.248.988	9.818.163
Marzo*	16.091.940	6.264.000	9.827.940
Variación % de Enero de 2016 respecto:			
al mes anterior	0,9	0,2	1,4
al mismo mes del año anterior	9,6	5,0	12,8

Tabla No 2. 4: Accesos Residenciales según tipo de conexión – 2015- 1T2016³⁴

³³ Fuente: Indec.gov.ar – Informe Internet_06_16

³⁴ Fuente: Indec.gov.ar – Informe Internet_06_16

Cuentas de Conexión dependiendo del tipo de conexión

De acuerdo al informe del Indec de Diciembre del 2014 las cuentas dependiendo del tipo de tecnología de acceso tenemos:

Cuentas de Banda Ancha según tipo de tecnología						
Periodo	Total de cuentas de Banda Ancha	ADSL	Otras conexiones de DSL	Cablemódem	Wireless, Satelital y otras conexiones	
2013	Enero	11.251.007	3.124.588	2.462	934.389	7.189.568
	Febrero	11.216.648	3.128.156	2.460	929.384	7.156.648
	Marzo	11.507.417	3.138.415	2.457	920.134	7.446.411
	Abril	11.476.347	3.150.594	2.470	913.810	7.409.473
	Mayo	11.495.408	3.155.870	2.497	904.705	7.432.336
	Junio	11.671.267	3.177.278	2.512	897.247	7.594.230
	Julio	11.856.507	3.193.238	2.529	971.303	7.689.437
	Agosto	11.778.758	3.212.187	2.543	1.009.378	7.554.650
	Septiembre	11.928.326	3.250.279	2.547	1.034.442	7.641.058
	Octubre	12.260.697	3.257.549	2.592	1.060.921	7.939.635
	Noviembre	12.544.759	3.269.255	2.593	1.072.555	8.200.356
	Diciembre	12.587.154	3.288.178	2.586	1.085.875	8.210.515
2014	Enero	12.454.080	3.291.096	2.563	1.086.928	8.073.493
	Febrero	12.676.884	3.297.116	2.572	1.095.376	8.281.820
	Marzo	12.820.927	3.298.799	2.585	1.105.369	8.414.174
	Abril	12.819.003	3.284.869	2.607	1.154.678	8.376.849
	Mayo	12.740.486	3.243.389	2.610	1.166.012	8.328.475
	Junio	12.858.256	3.318.948	2.616	1.179.652	8.357.040
	Julio*	13.008.189	3.329.891	2.839	1.195.824	8.479.635
	Agosto*	13.201.613	3.342.534	2.839	1.209.815	8.646.425
	Septiembre*	13.332.071	3.357.323	2.860	1.220.345	8.751.543

Tabla No 2. 5: Cuentas de Banda Ancha según tipo de tecnología³⁵

Distribución Geográfica del Acceso de Banda Ancha en Argentina.

Los accesos residenciales crecieron 10,2% entre diciembre de 2014 y diciembre de 2015. En ese período, se observó que la provincia de Mendoza tuvo el mayor incremento siendo el mismo 26,1%. Además, se destacaron las provincias de Neuquén y San Juan con un aumento de 22,6% en ambos casos. Los accesos residenciales incorporaron 1.478.043 nuevas conexiones entre

³⁵ Fuente: Informe Indec Internet_12_14

diciembre de 2015 e igual mes del año anterior. Los accesos de organizaciones aumentaron 6,9% entre diciembre de 2015 y diciembre de 2014. En este lapso, se observó que se destacaron las provincias de Catamarca, Río Negro y Corrientes cuyos incrementos fueron 16,5%, 13,3% y 11,8% respectivamente.

Accesos a Internet residenciales y de organizaciones según provincia. Diciembre de 2015				
Jurisdicción	Total de accesos residenciales		Total de accesos de organizaciones	
	Dic 2015	Variación anual %	Dic 2015	Variación anual %
Total del país	15.900.365	10,2	2.982.349	6,9
CABA y provincia de Buenos Aires	8.645.488	9,7	1.599.127	6,2
Catamarca	93.516	7,7	13.062	16,5
Chaco	164.773	7,7	33.091	7,1
Chubut	326.536	18,8	37.369	5,8
Córdoba	1.662.465	6,3	366.208	8,9
Corrientes	209.590	13,2	33.440	11,8
Entre Ríos	339.415	10,9	77.981	10,0
Formosa	60.660	12,0	9.571	4,7
Jujuy	166.127	7,0	18.041	9,4
La Pampa	158.206	-3,4	24.608	-6,3
La Rioja	118.673	6,7	10.636	10,5
Mendoza	675.256	26,1	111.220	5,9
Misiones	176.106	8,4	35.198	4,7
Neuquén	313.752	22,6	48.889	10,3
Río Negro	245.277	14,6	34.577	13,3
Salta	274.512	8,9	55.206	6,3
San Juan	188.406	22,6	28.664	1,6
San Luis	150.480	16,6	18.154	5,5
Santa Cruz	100.532	6,0	12.185	-2,5
Santa Fe	1.158.735	7,3	314.447	8,1
Santiago del Estero	123.194	6,8	20.027	6,1
Tierra del fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur	117.856	2,0	14.583	-2,2
Tucumán	430.810	13,0	66.065	7,8

Tabla No 2. 6: Accesos residenciales según ancho de banda y provincia³⁶

Los accesos de organizaciones incorporaron 191.826 nuevas conexiones entre diciembre de 2015 e igual mes del año anterior

³⁶ Fuente: Indec.gov.ar – Informe Internet_06_16

2.4.2 Situación Banda Ancha Móvil en Argentina



Figura No 2. 21: Mercado Móvil en Argentina

Es indiscutible que cada vez somos más los que usamos un *smartphone*. De acuerdo con mediciones de eMarketer en junio de 2015, Argentina contaba con más de 11 millones de *smartphones* activos, con una penetración de este tipo de dispositivos superior al 43,5%. Según pronósticos GSMA hacia 2020, este número será de más del 72%, poniendo al país al tope de los rankings a nivel regional

En mayo del 2013, el gobierno nacional decidió licitar el espacio radioeléctrico para ofrecer LTE y ampliar además el remanente del 3G que jamás llegó a utilizar Libre.Ar. Nombre de la operadora móvil estatal creada por ArSat, que sería un proveedor mayorista para pymes y cooperativas.

El anuncio del Gobierno Nacional acerca de la licitación del espectro disponible para redes 4G y del remanente de 3G se presentó como un alivio para solucionar los problemas de las saturadas redes 2G y 3G que aun existen. Además de ampliar la red 3G existente, la puesta en marcha del 4G alivia el espacio actual, traduciéndose en un servicio más eficiente sea cual sea la tecnología mediante la que se conecten los usuarios.

Según un informe del estudio Carrier y Asociados (marzo 2015), dedicado al análisis del mercado: “el mundo de los celulares registró cambios de diversa índole. Uno de ellos es el notable crecimiento que tuvieron los teléfonos inteligentes, lo que implica que dejarían de usarse los más básicos, que sólo ofrecen servicio de mensajería, o los socialphones, que permiten el uso de ciertas aplicaciones de mensajería y redes sociales”.

Hoy, los teléfonos básicos sólo representan un 7% del mercado argentino. A partir de este panorama, se calcula que durante el 2015 los smartphones van a superar el 90% de participación.

Nota 1

Libre.Ar: En el año 2012, la expresidenta Cristina F. de Kirchner anunció la firma Libre.ar, una operadora móvil estatal, de la mano de la empresa Ar-Sat, que venía a solucionar parte de los problemas de comunicación que se presentan con las operadoras actuales, pero que no entró en funcionamiento.

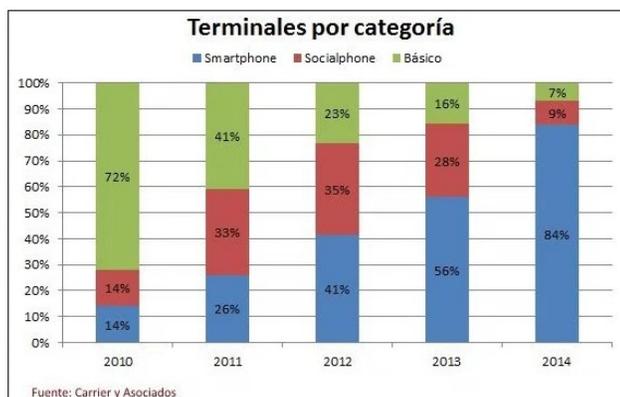


Figura No 2. 22: Venta de Móviles por categoría 2010-2014

Para el año 2014, el mercado de los celulares registró una caída del 12%, en comparación con el año anterior, esto se dio debido a la dificultad de los fabricantes para acceder a insumos importados. Esto afectó a los productores de Tierra del Fuego, de donde provienen casi el 99% de los productos comercializados en el país.



Figura No 2. 23: Mercado Argentino de Móviles 2010-2014

A nivel de marcas de equipos móviles los smartphones se han convertido en una tendencia que se expande, los modelos se han estandarizado y mucho no se diferencian demasiado en su sistema operativo, por lo tanto la posición de las marcas dentro del mercado es vertiginosa.

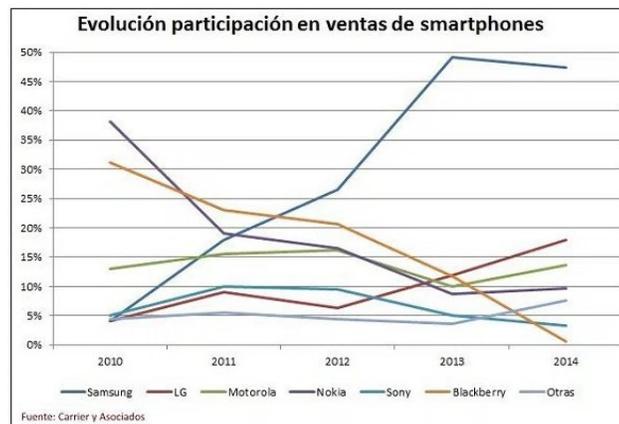


Figura No 2. 24: Evolución ventas de Móviles por Marca 2010-2014

Notamos que Samsung, con un 47% del mercado, se destaca por su alta gama de modelos que se adaptan a todos los gustos y costos. Tienen una buena relación entre el precio y la calidad del producto.

En segundo lugar se ubica LG, que tiene mejores precios que la anterior, creciendo del 12% al 18%, y es seguida por Motorola, que creció del 10% al 14%. Atrás, se posicionan Nokia y Sony, que sigue perdiendo en las ventas. El escenario más perjudicado fue para Blackberry, que pasó de un 12% del mercado a un 1%.

Cantidad de líneas telefónicas

La cantidad de líneas nuevas en el país ha crecido año a año, salvo por dos excepciones: en la crisis del 2002 y en 2014. Si bien a la primera se le puede adjudicar motivos netamente económicos, la 2da por temas de importación.

De acuerdo con datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (Indec) a finales del 2014, en la Argentina existían 62,5 millones de líneas de telefonía móvil activas, es decir, 1,5 equipo móvil por habitante.

Sin embargo, según el análisis del estudio Carrier y Asociados, dedicado al análisis del mercado, establecen que las líneas en uso superan los 37 millones. A continuación presentan el siguiente análisis:

- “Las cifras que publican los operadores en sus balances tienen en cuenta las líneas que todavía están técnicamente en servicio. Pero esto no implica que haya estado en uso en los últimos meses. Por lo tanto, para aproximar el número real de líneas en uso hay que considerar diversos factores: la población, la proporción de usuarios con 2° líneas (por ejemplo, una personal y otra laboral) y las líneas no asociadas a teléfonos, como módems celulares, tablets con conectividad y equipos M2M (máquina a máquina), como los utilizados en sistemas de monitoreo, alarmas, entre otras cosas.
- Partiendo del análisis de la pirámide poblacional surge que el mercado potencial máximo de individuos en Argentina se ubica en aproximadamente unos 33,5 millones de personas (no líneas). Esta cifra asume que todo individuo de 10 años o más tiene una

línea móvil, independientemente de su condición socio económica.

- Partiendo de los 31 millones de usuarios más la cantidad de segundas líneas se llega a unas 36 millones de líneas conectadas a teléfonos. A esto hay que sumarle 1,6 millón de líneas que conectan otros dispositivos y se alcanzan las 37,6 millones de línea en uso efectivo".

Datos móviles y apps: la nueva modalidad de consumo

No sólo cambiaron los modelos de los dispositivos, sino también que hay un viraje en lo que se consume. Antes, los principales ingresos de las telefónicas se basaban en las llamadas, pero hoy las vías de comunicación han cambiado y adquiere una gran relevancia el consumo de datos móviles. Un caso a mencionar es con el proveedor Movistar, que registró una caída del 0,4% en la cantidad de minutos traficados, mientras que el tráfico de datos creció un 67,5%, y estos últimos representaron un 47% del total de sus ingresos (2014). Además, se estima que un 10% de los usuarios de Internet sólo acceden a través de su celular.

Con la adopción del 4G en la Argentina continúa a paso firme gracias a la creciente oferta de dispositivos compatibles, aunque será recién en 2019 cuando la mayoría de los móviles sean capaces de conectarse a redes de alta velocidad.

La Argentina fue el último país de América del Sur en licitar espectro para redes 4G. Inicialmente se ofrecieron frecuencias en la bandas de los 1700MHz y 2100MHz, recién en octubre del año pasado (2015), cuando solamente recibieron autorización para utilizar las frecuencias AWS (es decir, las dos primeras). Queda pendiente la adjudicación del espectro en la banda de 700 Mhz, que permite una mejor cobertura y menos dispersión de la señal, permitiendo una mejor calidad de servicio.

2.4.2.1 Proveedores de telefonía Móvil en Argentina

Según la página del Ente Nacional de Comunicaciones – Enacom- (ex CNC), en Argentina hay 3 proveedores privados de Telefonía Móvil.

- AMX ARGENTINA S.A. (CLARO)
- TELEFÓNICA MOVILES ARGENTINA S.A. (MOVISTAR)
- TELECOM PERSONAL S.A. (PERSONAL)

Cobertura 4G LTE en Argentina



Figura No 2. 25: Redes 4G en Argentina

A fines del 2014, el Estado Nacional subastó diez lotes de frecuencias de 3G y 4G LTE (Long Term Evolution). En particular, se destacan las bandas de 700 MHz, 1700 MHz y 2100 MHz, destinadas a LTE ya que, este servicio permite una mayor velocidad de conexión y un uso más eficiente del espectro comparado con la tecnología 3G. Estas nuevas frecuencias, ampliaron el ancho de banda en 214 MHz (34 MHz destinadas a 3G y 180 MHz para 4G), llevando de 170 MHz a 384 MHz el espectro radioeléctrico dedicado a la telefonía móvil. Esta ampliación posicionó a la Argentina entre los cuatro países de la región con mayor espectro otorgado. Detrás de, Brasil con 542 MHz, Chile con 465 MHz y Colombia con 412,5 MHz.

Una de las características de esta licitación es que, por primera vez, se incluyó un límite de 15 años para la licencia de telecomunicaciones. Esto le permitirá al Estado Nacional, volver a usufructuarlas en el futuro si se considera que puede lograr alguna mejora económica o de servicio. También se incluyeron obligaciones de cobertura, las cuales se deben realizar en 5 etapas teniendo que alcanzar un 98 % de la población en un plazo máximo de cinco años.

		ETAPA 1	ETAPA 2	ETAPA 3	ETAPA 4	ETAPA 5
LUGARES	✓ CAPITALES PROVINCIALES					
	✓ REGIÓN AMBA					
	✓ MAR DEL PLATA					
	✓ BAHÍA BLANCA					
	✓ ROSARIO					
	13 CORREDORES: 5.343 KMS					
PLAZOS	🕒 HASTA 18 MESES (24 MESES PARA OPERADOR ENTRANTE)					
	HASTA 27 MESES (36 MESES PARA OPERADOR ENTRANTE)					
	HASTA 36 MESES (45 MESES PARA OPERADOR ENTRANTE)					
	HASTA 45 MESES (54 MESES PARA OPERADOR ENTRANTE)					
	HASTA 60 MESES (69 MESES PARA OPERADOR ENTRANTE)					
<p>LOCALIDADES CON MÁS DE 50 MIL HABITANTES</p> <p>11 CORREDORES: 4.607 KMS</p> <p>LOCALIDADES CON MÁS DE 10 MIL HABITANTES</p> <p>10 CORREDORES: 4.736 KMS</p> <p>LOCALIDADES CON MÁS DE 3 MIL HABITANTES</p> <p>12 CORREDORES: 5.358 KMS</p> <p>LOCALIDADES CON MÁS DE 500 HABITANTES</p> <p>9 CORREDORES: 6.407 KMS</p>						
<p>LAS EMPRESAS DEBERÁN BRINDAR COBERTURA DE SERVICIO 4G A LAS LOCALIDADES DE HASTA 500 HABITANTES QUE SE ENCUENTREN A MENOS DE 20 KMS DE LOS CORREDORES DEFINIDOS, EN EL PLAZO QUE CORRESPONDIERA SEGÚN LA ETAPA.</p>						
<p>Presidencia de la Nación SECRETARÍA DE COMUNICACIONES</p>						

Figura No 2. 26: Etapas de despliegue de las Redes 4G en Argentina ³⁷

Con la implementación de la red 4G en Argentina, permitirá descongestionar las redes 3G. A su vez, la mejora de calidad percibida por los usuarios potenciará la demanda. En la actualidad, las operadoras venden casi todos sus planes de abono con voz + banda ancha y solo terminales nuevos compatibles con 3G/4G. A partir del año 2020, se espera la disponibilidad de la tecnología 5G, la cual mantendrá alta la demanda sobre este tipo de servicio.

³⁷ Fuente: Secretaría de Comunicaciones

Además de Movistar, Personal y Claro, el pliego de licitación de las redes 4G establecía que en Argentina debe haber un cuarto operador en este mercado. Este lugar lo ganó, en la licitación, la empresa AirLink, que es el proveedor de Internet del grupo Vila-Manzano. Esta empresa nunca llegó a pagar por la licencia y el Estado terminó quitándole la concesión. Una reciente ley, aprobada por el Congreso, se le transfirió esta banda de frecuencias a la empresa estatal Arsat, pero su rol no es de comunicaciones móviles, sino satelitales.

De acuerdo a datos de las empresas, ya suman alrededor 3,7 millones de dispositivos que se conectan a 4G, la gran mayoría agrupados en Buenos Aires, Córdoba y Rosario. Las empresas proveedoras, Personal, Movistar y Claro comenzaron a conectar otras importantes áreas urbanas de la Argentina, por lo que la cobertura dará un salto en los próximos meses.

Es un número importante, si se tiene que cuenta que la red 4G recién empezó a desplegarse en diciembre de 2014, cuando el Estado finalmente entregó el espectro.

Los clientes de Movistar están bajo el paraguas del 4G el 63% del tiempo, mientras que los de Claro y Personal en el 35% y 39% de las veces, respectivamente, es decir, existe todavía un uso de la infraestructura 2G y 3G bastante alto.

En términos de velocidad, las empresas Claro y Personal tienen una conexión promedio de 11 Mbps, por delante de los 10 Mbps de Movistar.

Esos promedios están por debajo de los 12,6 Mbps globales, que tiene picos de 36 Mbps en Nueva Zelanda y de 25 en Corea del Sur.

De acuerdo a las páginas de las compañías operadoras la cobertura 4G a nivel nacional es la siguiente:

Claro Argentina

Según la Página de Claro.com.ar, se planeaba tener para fines del 2015 una cobertura casi nacional



Figura No 2. 27: Cobertura 4G Claro Argentina-2015³⁸

Telecom Personal

Según se puede constatar en la página de Personal, Se amplió la cobertura de redes 4G en las zonas comprendidas por: Zona Norte de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, el Área Metropolitana, Córdoba Capital, la ciudad de Rosario, Mar del Plata, Pinamar, la ciudad de Salta, la ciudad de Santa Fé, la ciudad San Miguel de Tucumán. Además de nuevas coberturas en: Resistencia, Corrientes, Posadas, Formosa, Santiago del Estero, La Rioja, Paraná, Mendoza, Ushuaia y Bariloche.

³⁸ Fuente: Claro.com.ar – 4G– Mayo 2015



Figura No 2. 28: Cobertura 4G Personal Argentina-2015³⁹

Movistar

Según se puede constatar en la página de Movistar.com.ar, tienen desplegadas Antenas a lo largo del país, por mencionar, Capital Federal, Provincia de Buenos Aires, Córdoba, San Juan, Mendoza, o en ciudades como: San Martín, San Rafael, Rosario, Santa Fé, Bahía Blanca, Neuquén, Termas de Rio Hondo, San Carlos de Bariloche, Trelew, Comodoro Rivadavia, área de la costa de Buenos Aires, etc.



Figura No 2. 29: Cobertura 4G Movista Argentina-2015⁴⁰

³⁹ Fuente: Personal.com.ar – 4G– Julio 2015

⁴⁰ Fuente: Movistar.com.ar – 4G - Julio 2015

2.5 Implementaciones de redes GPON-FTTH/B en la región.

La Tecnología FTTH/B ya es una realidad en América Latina, y está facilitando el desarrollo económico regional en aquellos países que ya la han adoptado, ya sea por razones estratégicas a nivel nacional, como el caso de Uruguay o por razones simplemente comerciales, como en la mayoría de casos en los otros países.

Según datos IDATE.ORG, en el FTTH Council LATAM para la edición 2015, se obtienen estos puntos clave:

- Alrededor de 14.995.900 FTTH/B (Fiber to the Home/Building) HP (Casas Pasada) y 2.656.950 abonados en la región al final del año 2014
- Índice de utilización: 17,7 %
- Tasas de crecimiento: +57% abonados, +46% de casas pasadas entre diciembre de 2013 y diciembre de 2014.
- Factores clave para la región: servicios de televisión, mobile backhauling, dinamismo en el mercado
- inmobiliario, calidad de la base de cobre de las soluciones de banda ancha.

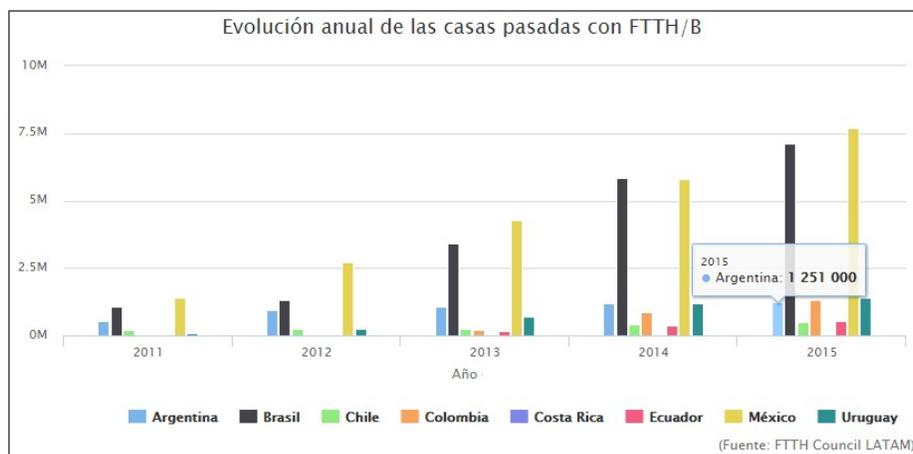


Figura No 2. 30: Evolución Anual de casas pasadas con FTTH/B ⁴¹

A lo largo de Latinoamérica, vemos que la cantidad de casas pasadas con FTTH/B corresponde a cerca de un 10 por ciento del total de hogares a nivel nacional —Sería el caso de Argentina, Chile, Ecuador y Jamaica; y con un 11 por ciento, Brasil y Colombia. Algunos caso excepcionales serían: Barbados, cuya penetración es del 95 por ciento y Uruguay, donde el 100 por ciento de los hogares tienen acceso a la red de fibra óptica, de acuerdo con cifras del FTTH Council.

En el caso de Barbados, se trata de una pequeña isla donde los dos operadores más importantes —Digicel y Flow— se embarcaron en sendas inversiones para llevar fibra a los hogares. Y en el caso de Uruguay, un país con un territorio extenso aunque con una población acotada, la situación de monopolio de la estatal Antel y una decisión política de tender fibra óptica a lo largo del país lograron que el país oriental sea líder en FTTH, y también en velocidad y precios de Internet.

En el resto de los países, el mercado FTTH/B está una etapa temprana en la región LATAM, donde la mayoría de los países se encuentran todavía centrados en la expansión y disponibilidad de Banda Ancha tradicional a lo largo de todo su territorio. La región también tiene que hacer frente a dificultades económicas. La diferencia no es sólo entre países, sino también dentro de los países, lo que podría explicar porqué la Banda Ancha Súper Rápida no es una prioridad.

⁴¹ Fuente: FTTH Council LATAM 2016

En los mercados más grandes, la competencia parece haber tenido un impacto positivo y realmente se han mejorado algunas regiones con el avance de redes FTTH, para ampliar y/o acelerar sus implementaciones. Este es el caso de Brasil, Argentina, México y Chile. El tipo de actores involucrados en FTTH también puede ser muy diferente al comparar los países. En algunos casos (Argentina, México, Chile, Uruguay), los titulares desempeñan un papel fundamental y son muy activos en este nuevo mercado. Pero en la mayoría de los casos, los primeros despliegues se han iniciado por pequeños actores privados, centrados en áreas limitadas, al menos en el corto/medio plazo.

En general, la región latinoamericana tiene un gran potencial para el despliegue de redes FTTH, tanto por su demografía como por el dinamismo de su mercado inmobiliario. Por otro lado, también se pueden encontrar dificultades debido a que la interconexión internacional no siempre es eficiente. Tenemos el ejemplo, en Bolivia, donde su interconexión internacional es insuficiente, lo que tiene un impacto en las capacidades reales que los ISPs tienen para proporcionar a sus clientes.

El crecimiento tanto en términos de cobertura (casas pasadas) y el índice de utilización (abonados) son impresionantes (respectivamente +46% y +57% en el año 2014, cuando la tendencia es mucho menor en Europa por ejemplo, donde el foco está todavía en expansión de la cobertura).

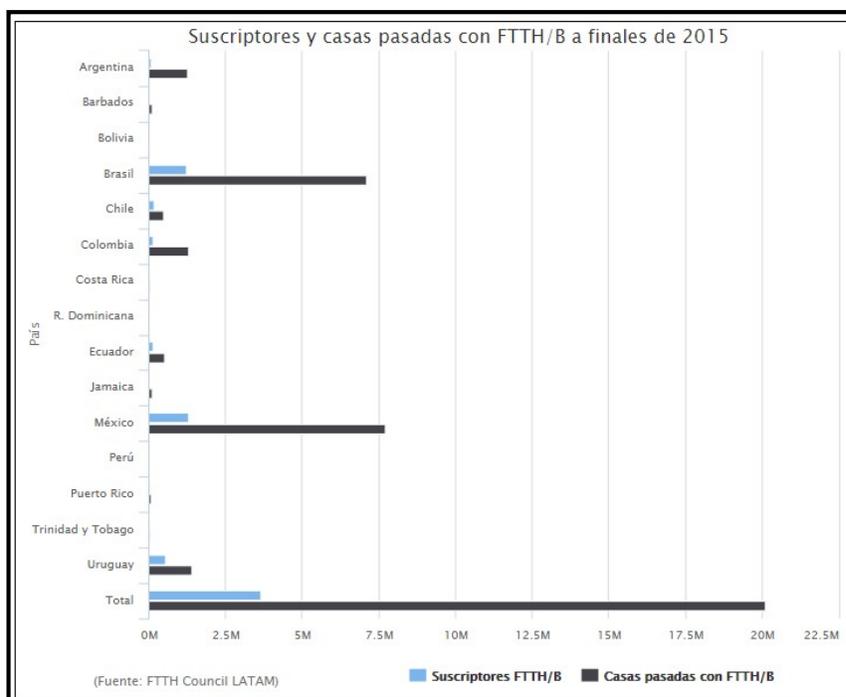


Figura No 2. 31: Suscriptores y casas pasadas con FTTH/B 2015 ⁴²

Los datos del FTTH Council demuestran que aún cuándo la cobertura de casas pasadas con FTTH es amplia, no lo es tanto la suscripción de los servicios. Esto no es un problema intrínseco de la fibra óptica, sino que lo es de cualquier tecnología de acceso, aunque sí creemos que es un problema a resolver si se quiere garantizar un correcto retorno de inversión.

Al comparar la región LATAM con otras regiones con más madurez en el mundo, es evidente que el potencial es muy alto porque el mercado está en su etapa muy temprana. Sin embargo, también es importante mencionar que, en términos de tasas de penetración (número de abonados sobre el número total de hogares en un país), 7 países de LATAM han entrado en el ranking mundial, con tasas desde el 1 (Trinidad y Tobago) a más de 43% (Uruguay, donde la tasa de penetración es aún mayor que en los países europeos líderes en el ranking).

México, Brasil y Chile están entre los países con las tasas de penetración que alcanzan el 3,13%, 1,52% y 2,68% respectivamente a finales de 2014.

⁴² Fuente: FTTH Council LATAM 2016

Proyecciones de despliegues FTTH/B en Latinoamérica

De acuerdo con la consultora Point Topic, “a nivel mundial, la fibra al hogar registró en 2015 el mayor crecimiento histórico en cantidad de suscriptores, con un incremento del 60,6 por ciento entre diciembre de 2014 y mismo mes de 2015. Y actualmente hay más cantidad de suscriptores de FTTH de aquellos utilizando tecnologías basadas en cable. En América Latina todavía este nivel de crecimiento parece muy lejano”.

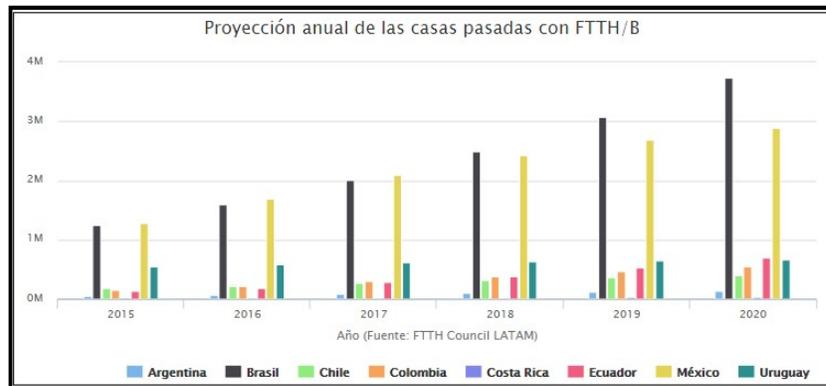


Figura No 2. 32: Proyección Anual de casas Pasadas FTTH/B ⁴³

FTTH Council espera pasar de las actuales 20 millones de casas pasadas con fibra en Latinoamérica a 41 millones de hogares en 2020. Y de unos 3,6 millones de suscriptores de fibra a más de 9,7 millones para la misma fecha.

⁴³ Fuente: FTTH Council LATAM 2016

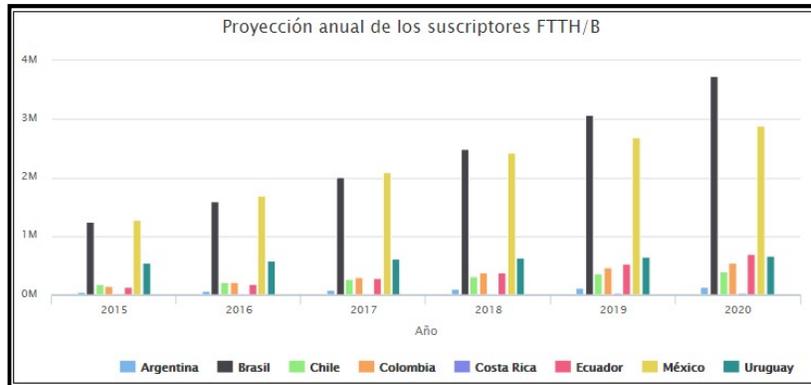


Figura No 2. 33: Proyección Anual de suscriptores FTTH/B ⁴⁴

2.5.1 Infografía de Despliegue de Redes FTTH/B en algunos países de la Región

A continuación presento una pequeña infografía de redes FTTH/B desplegadas en algunos países de Latinoamérica. La fuente de información es Council LATAM Americas Chapter – 2015 con datos hasta diciembre del 2014.

México

Datos FTTH/B	Diciembre de 2014	
	Abonados	Casas Pasadas
Total FTTH/B en Mexico	910.000	4.800.000
Axtel	210.000	1.300.000
Telmex	550.000	1.500.000
Total Play	150.000	2.000.000
Otras arquitecturas FTTx ^(*)	Diciembre de 2014	
	Abonados	Casas Pasadas
Total de FTTN en Mexico	68.000	3.650.000
Cablemas	38.000	150.000
Otras ⁽¹⁾	30.000	3.500.000

(*) Otras arquitecturas FTTx refieren a Fibre-to-the-Node/ Curb+VDSL/VDSL2, Fibre-to-the-Last-Amplifier (cable) y FTTx/LAN
(1) Otras incluyen Telmex (FTTN+VDSL2), Cablevision, Maxcom

Tabla No 2. 7: Redes FTTh/B México – DIC 2014

⁴⁴ Fuente: FTTH Council LATAM 2016

Chile

Datos FTTH/B	Diciembre de 2014	
	Abonados	Cesos pasados
Total de FTTH/B en Chile	133.700	461.000
Entel	7.500	11.000
GTD Group	60.000	100.000
Telefonica Chile/ Movistar	66.200	350.000
Otras arquitecturas FTTx ^(*)	Diciembre de 2014	
	Abonados	Cesos Pasados
Total de FTTN en Chile (**)	518.700	3.370.000
Entel	38.000	70.000
Claro Chile	87.500	n/e
Telefonica Chile/ Movistar	108.200	400.000
VTR	285.000	2.900.000

(*) Otras arquitecturas FTTx refieren a Fibre-to-the-Node/
Curb-VDSL/VDSL2, Fibre-to-the-Last-Amplifier (cable) y
FTTx/LAN
(**) El número total de cesos pasados toma en cuenta la
superposición de la red entre los jugadores.

Tabla No 2. 8: Redes FTTh/B Chile – DIC-2014

Uruguay

Datos FTTH/B	Diciembre de 2014	
	Abonados	Casas Pasadas
Total de FTTH/B en Uruguay	502.000	1.197.000
Antel	502.000	1.197.000

Tabla No 2. 9: Redes FTTh/B Uruguay – Diciembre 2014

Colombia

Datos FTTH/B	Diciembre de 2014	
	Abonados	Casas Pasadas
Total FTTH/B en Colombia	27.000	866.000
EPM Telecomunicaciones/UNE	7.000	25.000
ETB	20.000	841.000
Otras arquitecturas FTTx ^(*)	Diciembre de 2014	
	Abonados	Casas Pasadas
Total FTTN en Colombia	800	5.000
Claro	800	5.000

(*) Otras arquitecturas FTTx se refiere a Fibra-Hasta-El-Nodo/Esquina +VDSL/VDSL2, Fibra hasta el último amplificador (cable) y FTTx/LAN.

Tabla No 2. 10: Redes FTTh/B Colombia – Diciembre 2014

Brasil

Datos FTTH/B	Diciembre de 2014	
	Abonados	Casas Pasadas
Total FTTH/B en Brasil	947.500	5.850.000
Oi	30.000	300.000
Telefonica Brasil	380.000	4.000.000
TIM Brasil	3.000	50.000
Otros (1)	534.500	1.500.000
Otras arquitecturas FTTx ^(*)	Diciembre de 2014	
	Abonados	Casas Pasadas
Total Otros FTTN en Brasil	482.000	6.690.000
GVT	42.000	500.000
Telefonica Brasil	100.000	na
Net Serviços	90.000	5.000.000
TIM Brasil	140.000	1.390.000
Oi	110.000	1.800.000

(1) Otros incluye operadores que han lanzado o anunciado un proyecto FTTH piloto en zonas escogidas como por ejemplo Copel or SuperOnda Telecom.
 (*) Otras arquitecturas FTTx se refiere a Fibra-Hasta-El-Nodo/Esquina +VDSL/VDSL2, Fibra hasta el último amplificador (cable) y FTTx/LAN.

Tabla No 2. 11: Redes FTTh/B Brasil – Diciembre 2014

2.5.2 Implementación de redes FTTh en Argentina.

La demanda de mayor capacidad de banda ancha y el crecimiento del consumo de video online son dos tendencias de las que escuchamos hablar desde hace ya varios años y que, desde el lado de la infraestructura, parecerían tener una única solución: desplegar fibra óptica al hogar. Pero la realidad es que la fibra al hogar (FTTH), si bien viene creciendo notablemente en los últimos todavía no alcanza las tasas de penetración sobre hogares que tienen otras tecnologías como el cobre o los sistemas híbridos.

2.5.2.1 Empresas que Están desplegando redes GPON-FTTh en Argentina

A continuación presento un listado de empresas que han desplegado redes FTTH dentro del territorio nacional. Algunas son grandes empresas o Multinacionales, otras en cambio pequeñas pymes y cooperativas.

Fuente de información: Council LATAM Americas Chapter – 2015

Claro Argentina

A finales de 2010, América Móvil decidió integrar sus operaciones de línea fija y móvil en Argentina, las cuales formaban parte de las marcas Telmex Argentina y Claro. Desde entonces, Claro es el nombre de la marca de las operaciones de América Móvil en Argentina. Claro actualizó progresivamente la infraestructura fija de Telmex FTTH en algunas partes del país.

Al final de 2014, desplegó su red de fibra óptica en Buenos Aires y más allá. Por Mar del Plata, Rosario, Neuquén, Salta y Mendoza son parte de su cobertura.

En cuanto a los servicios a los usuarios finales, proporciona Internet con velocidad de conexión de hasta 50 Mbps desde septiembre de 2011.

Inicialmente, esta oferta sólo estaba disponible en Mendoza y la mayor parte de los distritos de la ciudad de Buenos Aires, Tres de Febrero, Morón, Vicente López, Avellaneda, Berazategui. En julio de 2012, la compañía ganó un importante contrato con la provincia de Salta para la interconexión de todos los edificios públicos (1.932 edificios) con FTTH (GPON) y el suministro de servicios de telecomunicaciones en las ciudades de Salta, Orán y Tartagal.

Cantidad de Abonados: 30.000 Cantidad de Casas Pasadas: 800.000

CABLE VISIÓN Y FIBERTEL

Cablevisión pertenece al Grupo Clarin y Fintech Holdings. Es el mayor proveedor de televisión por cable en Argentina desde 1981. Proporciona servicios de acceso a Internet bajo su filial Fibertel, creada en 1997. Cablevisión, a través de FiberTel, se involucró en el mercado FTTH/B en febrero de 2010. Inicialmente, el proyecto era implementar una red FTTH para usuarios profesionales (FTTO).

Su proyecto se inició con Enablence Technologies. La primera meta era llegar a 500 a 1.000 clientes profesionales, para aumentar seguidamente ese número tan pronto como la empresa diciembre decidiría ampliar la prestación de servicios FTTH a usuarios residenciales. Como principal operadora de cable, Cablevisión también está involucrada en el despliegue de Docsis 3.0. Invertió alrededor de 35 millones de dólares para actualizar su red de cable con Docsis 3.0 desde finales de 2010 en la región AMBA. Lanzó sus servicios en 2011 septiembre. Inicialmente, los clientes que se encuentran en la ciudad de Santa Fe, Campana, Zarae, La Plata, Rosario, Córdoba, Paraná y Mar del Plata pueden optar por los servicios de fibra óptica. El primer objetivo era llegar a 60.000 clientes a través DOCSIS 3.0 a finales de 2012. En realidad, su objetivo llegó

más tarde de lo esperado. En 2015, la operadora tiene previsto invertir USD 1.6 millones para el despliegue de su red, incluida la actualización DOCSIS 3.0.

Cantidad de Abonados: 4.400 Cantidad de Casas Pasadas: 190.000

TELECOM Argentina

En el año 2009, Telecom Argentina ganó un contrato para desplegar una red FTTH, basada en tecnología GPON, en un complejo residencial "Zona 60" en el sur de Argentina. La red abarca 10.000 hogares, lo que representa alrededor de 4 millones de dólares en inversiones. Telecom Argentina también participa en el lanzamiento de VDSL. De hecho, esta arquitectura es la preferida en las zonas donde el bucle local es demasiado largo y no lo suficientemente eficiente para proporcionar servicios de banda ancha.

En 2013, Telecom Argentina anunció importantes inversiones para ampliar su red de fibra óptica.

Invirtió ARS 1.1 millones para la implementación de ambos FTTH / FTTB y arquitecturas VDSL. El primer objetivo era poder proporcionar conexión de alta velocidad a finales de 2013. Pero desde de diciembre de

2014, los clientes sólo pueden optar a una velocidad máxima de conexión de 30 Mbps mediante VDSL.

Cantidad de Abonados: 3.200 Cantidad de Casas Pasadas: 72.000

TELEFONICA Argentina

Telefónica de Argentina es el otro jugador argentino. Disfrutó de un monopolio en la prestación de servicios de línea fija en el sur del país y sigue siendo el proveedor dominante hoy en día.

La operadora lanzó un proyecto piloto de FTTH en Buenos Aires en 2009. El despliegue de FTTH permanece en periodo de prueba desde entonces. Telefónica también desplegó FTTB para proporcionar soluciones de alta velocidad a las empresas más importantes. Los contratos se realizan de uno en uno. Telefónica es reticente a vender sólo conexiones de fibra óptica y, en la mayoría de los casos, integra FTTB en una oferta más amplia incluyendo teléfonos móviles y servicios de VPN. La empresa tiene planes para el despliegue de una red FTTN con 1.000 nodos de fibra óptica. Los clientes residenciales podrían disfrutar de 40 Mbps banda ancha. Por otra parte, las empresas y clientes gubernamentales podrían estar conectadas con cables de fibra óptica (FTTH) más fácilmente pero, en diciembre de 2014, los clientes sólo pueden optar por una velocidad máxima de conexión de hasta 10 Mbps.

Cantidad de Abonados: 2.600 Cantidad de Casas Pasadas: 84.000

DAVITEL

DAVITEL es una operadora alternativa con base en Neuquén. Opera bajo el nombre de marca Neuquén

Televisión. DAVITEL comenzó con el despliegue de una red HFC en la ciudad de Neuquén en el año 2008, en 20.000 hogares. A continuación, considerando que esto no era suficiente para abastecer a servicios de más rendimiento, decidió involucrarse en el despliegue de FTTH. Durante los primeros meses, atrayó a 500 clientes y amplió su red a 1.500 familias. Por lo tanto, se decidió ampliar su cobertura FTTH a 70% de los hogares de la ciudad de Neuquén llegando a 45.000 hogares a mediados de 2013. Pero su red no creció tan pronto como se esperaba. Al final 2014, calculamos que su red FTTH abarca 32.000 hogares. La operadora también anunció un objetivo en términos de abonados: 5.500 abonados FTTH al final 2014.

Cantidad de Abonados: 1.400 Cantidad de Casas Pasadas: 32.000

IPLAN

Iplan es una empresa de telecomunicaciones propiedad privada (el principal accionista es el grupo de inversiones Madisson). En un primer momento proporcionaba conectividad de voz y

datos, y posteriormente la empresa amplió su oferta de soluciones integradas (como la computación en nube) para las PYMEs. Iplan desarrolló la primera red IP nacida en Argentina principalmente para llegar a las PYMEs, permitiéndoles acceder a servicios de tecnología que previamente estaban disponibles sólo para las grandes empresas. Concentrada principalmente en la ciudad de Buenos Aires, IPLAN se encuentra actualmente en el proceso de ampliación de su cartera de servicios y de su oferta a las principales ciudades de Argentina. En un principio, la operadora esperaba ampliar su red de fibra óptica en la ciudad de Buenos Aires en 2014, pero parece que este proyecto fue aplazado.

Desde el año 2008, Iplan ofrece bucle local de FTTB a Telecom y Telefónica, que conecta las PYMEs a la red. Después de ser el primer operador de red IP nativo en Argentina, Iplan se está orientando hacia FTTB para desarrollar su proyecto.

Este programa necesita nueve meses de ejecución y una inversión de 5 millones de dólares. Iplan extiende su legado de red FTTN a 1.000 km de fibra óptica. La operadora utiliza la tecnología VDSL2 para proporcionar acceso a internet de hasta 10 Mb/s.

Cantidad de Abonados: 250 Cantidad de Casas Pasadas: 4.000

OTRAS EMPRESAS

WILTEL-NEXT

Ubicada en Rafaela, provincia de Santa Fe, ofrece a las empresas servicios de fibra óptica con Internet de alta velocidad de 1 a 100 Mbps.

Los clientes sólo pueden optar por una velocidad de conexión de hasta 10 Mbps. En 2012, Wiltel comenzó la migración de su infraestructura de red a FTTH utilizando GPON en 15 ciudades en el norte de provincia de Santa Fe. Los sitios que cubre son: Barrio 30 de Octubre, Alberdi, Brigadier López, Villa Aero Club, Villa Los Alamos, Pizzurno y los nuevos desarrollos Don Dante, Tierra de Pioneros y Loteo Boidi. También en zonas de los barrios Mosconi, Central Córdoba, 9 de Julio y Villa Rosas.

Estimaciones de IDATE: 10.000 hogares y 700 abonados a fines de 2014.

TELPIN

Cooperativa de Teléfono de Pinamar creada en 1999, está probando FTTH Pinamar, en la provincia de Buenos Aires y tiene planes de migrar todos sus abonados antes de que finalice 2021.

EL objetivo inicial es llegar a 1.100 hogares en una zona residencial y 1.800 hogares en múltiples unidades de la ciudad. Al final de 2014, Telpin no ofrece ningún servicio de banda ancha ultrarrápido. El cliente sólo puede optar por una conexión a Internet de hasta 20 Mb/s.

Cantidad de Abonados: 3200 Cantidad de Casas Pasadas: 14.000

TECNORED

En una empresa, tiene más de 5 años de experiencia en el diseño e implementación de Redes FTTH / GPON. Ha implementado la primer red FTTH del norte del país, en la ciudad de Canals (Pcia. de Córdoba) en el año 2009. Y actualmente están implementado otras 12 redes en distintas ciudades a lo largo del país.

Cantidad de Casas Pasadas: 29.000

METROTEL

Es una filial de Roggio Group, suministra servicios de Internet a clientes empresariales con una velocidad de conexión de hasta 50 Mbps via FTTO. Su red de fibra se desplegó en el area de Buenos Aires (AMBA), Córdoba, Neuquen y Rosario llegando a 1.700 km de fibra óptica a finales de 2014.

Obstáculos que encuentran las empresas para el despliegue de redes FTTH en Argentina

De acuerdo recopilaciones de algunas declaraciones dada por los profesionales a cargo de los proyectos de despliegue de redes FTTH, en algunas de las empresas, los principales problemas para un correcto despliegue de esta tecnología, con los que se encuentran son:

- Los permisos municipales y el uso del posteo (tendido aéreo). Declaró Patricio Seoane, de Internet Services. También menciona que el obstáculo regulatorio para dar TV por cable desapareció con el decreto 267/2015. “La amenaza es que las telefónicas en dos años entran al negocio.
- La principal demora que enfrenta el mercado es el otorgamiento de permisos para realizar obras, coincidió Ignacio Ardohain, gerente comercial de FiberCorp, quien aclaró que la situación se logra minimizar gracias a la extensa trayectoria con la que cuenta la empresa en el mercado y a la relación con los diversos actores en las comunidades donde operamos.
- Desde Telecom apuntaron “al alto tiempo de recupero de las inversiones necesarias para el despliegue de las redes FTTH debido a su alto valor de implementación por requerir materiales desarrollados específicamente para esta tecnología y mano de obra altamente calificada para el despliegue y la operación”.

Estas causas “no permiten arribar masivamente a los hogares de todos los territorios en el corto plazo”.

Otro condicionante a la hora de un despliegue es, el obstáculo con el que se encuentran los ingenieros de proyecto a la hora de solicitar el permiso de ingreso a la propiedad privada del cliente (principalmente edificios) para realizar el diseño y la construcción de esta red, debido a que existe desinformación por parte de quienes deben franquear la entrada.

CAPITULO III

DESARROLLO DE SERVICION DE VIDEO SOBRE FIBRA ÓPTICA

3.1 Redes de acceso

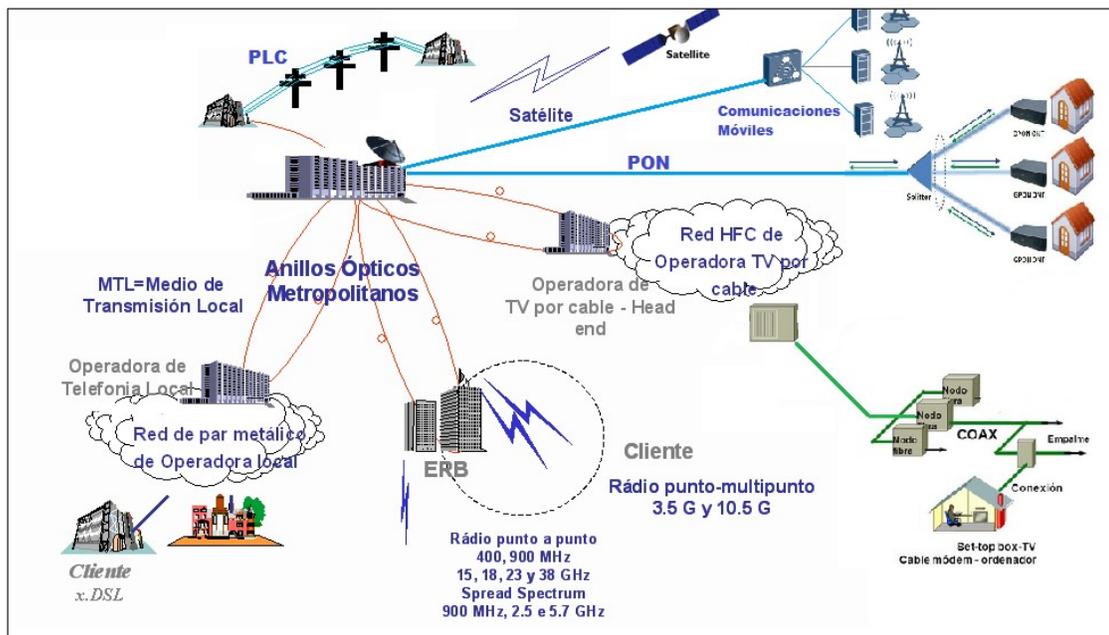


Figura No 3. 1: Redes de Acceso

Una Red de Acceso es aquella que forma parte de la red de comunicaciones y que conecta a los usuarios finales con algún proveedor de servicios. Muchos de los avances tecnológicos que se pueden percibir directamente en el área de las telecomunicaciones corresponden a esta parte de la red.

Los servicios que se quieran dar, y el precio relativo al que se espere vender cada uno de ellos, son los que van a determinar la arquitectura y la tecnología de las redes que se construyan. Los usuarios son indiferentes a la tecnología o la infraestructura que se emplea para facilitarle el servicio de conexión, por ello, en última instancia, el progreso o fracaso de las diferentes redes

de acceso no va a depender de la solvencia técnica, empresarial o financiera de las empresas que se constituyan en operadores, sino de su capacidad para dar servicios a los usuarios a mejores precios y con mejores prestaciones y calidad que los que ahora reciben.

Las redes de Acceso pueden dividirse en dos categorías:

- Red de distribución/agregación y
- Red de última milla.

Esta denominación es independiente de los medios o protocolos utilizados. Se identifican dos grandes tipos de redes de acceso:

- **Tecnologías de Acceso Guiado**, es decir que precisan de un medio físico de transmisión para el transporte de la información. Se divide en cableado metálicos y de Fibra Óptica.
- **Tecnologías de Acceso no guiado**. Son todas aquellas que utilizan el aire como medio de transmisión. Propagan la información por medio del uso del espectro electromagnético u ondas de radio. Se les denomina Redes de Acceso inalámbrico.

3.1.1 Tecnologías de Acceso Guiado

3.1.1.1 Cables de Par de cobre o tecnologías xDSL

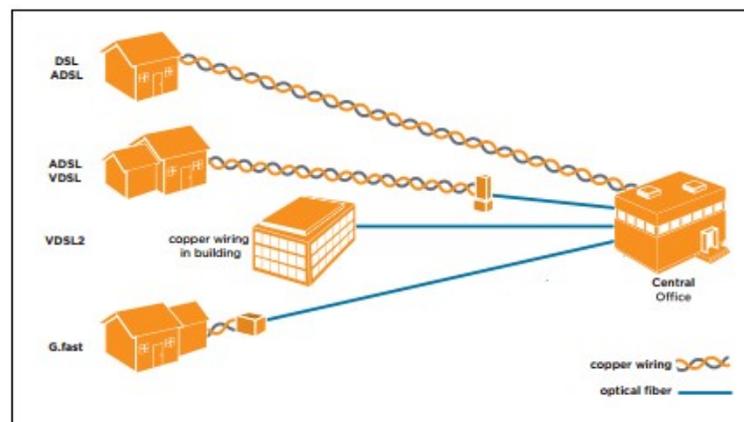


Figura No 3. 2: Tecnologías xDSL

Es el medio físico más extendido en las redes de telecomunicaciones a nivel global. Se hace mediante par de cobre, usado en sus inicios principalmente en el transporte de la voz para el servicio telefónico. Actualmente con sus características de propagación permiten transportar una gran cantidad de información, como señales de voz, vídeo y datos en forma simultánea.

En los últimos años se han desarrollado fórmulas mejoradas del ADSL en relación a sus velocidades de acceso y al alcance de conexión, como el **ADSL2**, en sus diferentes versiones, el **VDSL** y ahora con **G.Fast** con un ancho de banda de hasta 500 Mbit/s.

A continuación presento una tabla con la información de la evolución de las redes xDSL desde sus inicios hasta ahora.

TECHNOLOGY	YEAR ITU RATIFIED	DOWNSREAM MAX	UPSTREAM MAX	FREQUENCY BAND	MAX DISTANCE
ADSL	1996	8 Mbps	1 Mbps	1.1 MHz	3000 metres
ADSL2	2002	12 Mbps	3.5 Mbps	1.1 MHz	2500 metres
ADSL2+	2003	24 Mbps	3.3 Mbps	2.2 MHz	2500 metres
VDSL	2004	52 Mbps	16 Mbps	12 MHz	1000 metres
VDSL2 17a	2006	100 Mbps	50 Mbps	17 MHz	750 metres
VDSL2 30a	2006	100 Mbps	100 Mbps	30 MHz	300 metres
G.FAST 106a	2014	500 Mbps	500 Mbps	106 MHz	250 metres

Tabla No 3. 1: Evolución Tecnologías xDSL ⁴⁵

G.fast es una tecnología reciente que puede llegar a ofrecer velocidades agregadas hasta 1 Gbps, pero a distancias muy reducidas entre el nodo y el usuario. Debido a que se requiere longitudes de bucle reducidas, es necesario que los proveedores de servicios lleven la fibra a una distancia máxima de 250 m del usuario.

⁴⁵ Fuente: <https://3c1234cb37a65c85d678c0b661dd6c6c30d11ae5.googleusercontent.com/host/0B69bykn4nc7QWDR0cE1CV2JfNkk/xdsl.jpg>

3.1.1.2 Cable Coaxial

Este tipo de cableado 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 otros servicios como telefonía, televisión y datos o acceso a Internet.

3.1.1.3 Tecnología sobre cableado eléctrico PLC (Powerline Communications)

Tecnología de última milla que permite prestar servicios de banda ancha como: transmisión de Internet, datos, voz, video, contenido en general y además gestionar redes de energía, sobre los cables de distribución eléctrica, incluyendo el cableado interno de las casas. El estado actual de desarrollo de esta tecnología de 2da generación, permite la transmisión simétrica de datos de hasta 200Mbps.

3.1.1.4 Cableado sobre Fibra Óptica

La introducción de la fibra óptica en el nodo de acceso permite disponer de un medio de transmisión de gran ancho de banda para el soporte de servicios de banda ancha, tanto actual como futuro.

En función de la aplicación en particular y de los servicios que son entregados, podemos encontrar diversas soluciones técnicas:

- *Red Híbrida de Fibra y Coaxial – HFC*

Una red híbrida (HFC) tiene un tramo de fibra óptica hasta un punto y de coaxial desde ese punto hasta los abonados. En este tipo de redes, los usuarios únicamente deben disponer de un módem de cable para poder conectarse. Las redes de cable disponen de una capacidad de transmisión de 160 Mb/s en bajada y 120 Mb/s de subida, por lo que se convierte en una solución interesante para ofrecer servicios de voz, datos y TV.

- Redes Ópticas Pasivas

Explicado en el capítulo anterior, este tipo de redes lleva la conexión de fibra lo más cercano al usuario. Presentan una arquitectura muy similar a las de redes de cable, donde existen varios nodos ópticos, unidos con la cabecera a través de fibra óptica, de los cuales se llega a los abonados utilizando divisores ópticos eliminando todos los componentes activos existentes entre el servidor y el cliente. Con el estándar GPON las velocidades superan el Gbps.

3.1.2 Tecnologías de Acceso no guiado o redes Inalámbricas

Las soluciones sin inalámbricas conectan los usuarios a la red utilizando transmisores y receptores de radio mediante el espectro radioeléctrico. Las tecnologías inalámbricas pueden dividirse de la siguiente manera:

- Acceso Inalámbrico Fijo (WLL o Wireless Local Loop, LMDS, MMDS).
- Comunicaciones móviles.
- Redes MAN/LAN inalámbricas (Wi-Fi, WiMAX).
- Redes de acceso por satélite.

3.1.2.1 Acceso inalámbrico Fijo

Los Sistemas de Acceso fijo vía radio son todos aquellos que utilizan el espectro radioeléctrico como medio para establecer la conexión entre la red de telecomunicaciones y el domicilio del cliente. Se les conoce también con otros nombres como bucle de acceso local vía radio, bucle local inalámbrico o sistemas de acceso inalámbrico punto-multipunto. También aparecen en ocasiones bajo los acrónimos ingleses FWA (*Fixed Wireless Access*) o WLL (*Wireless Local Loop*). Las redes WLL opera en la banda de 3400 a los 3700 MHz, con alta velocidad en la transmisión de datos y voz. Ofrece velocidades entre los 128 y los 510kbps.

LMDS: El Sistema de Distribución Local Multipunto o LMDS (del inglés Local Multipoint Distribution Service) es una tecnología de conexión vía radio inalámbrica que permite, gracias a su ancho de banda, el despliegue de servicios fijos de voz, acceso a Internet, comunicaciones de datos en redes privadas, y video bajo demanda.

La tecnología LMDS trabaja en el margen superior del espectro electromagnético, en la banda Ka de 28 GHz (27,5-29,5 GHz) y en la banda de 31 GHz (31,0-31,3 GHz) utilizada habitualmente para el control de tráfico y vigilancia meteorológica en un rango de 2-7kms. Esta tecnología ofrece velocidades a partir de los 128Kbps, hasta un máximo de 155Mbps (el máximo teórico es de 1,5 Gbps).

MMDS: Multipoint Multichannel Distribution System. Permite velocidades de acceso a Internet de hasta 3Mbps y 26 canales de televisión en sistema PAL. Ofrecen distancias entre 50 y 100Kms. La banda de MMDS utiliza frecuencias microondas con rangos de 2 GHz a 3 GHz en Banda L. La recepción de las señales entregadas con esta tecnología requiere una antena especial de microondas, y un decodificador que se conecta al receptor de televisión.

3.1.2.2 *Comunicaciones Móviles*

Son aquellos accesos inalámbricos que permiten una movilidad prácticamente plena al usuario. Esta movilidad se consigue mediante la disposición de una red de múltiples puntos de acceso inalámbrico (normalmente exteriores) de tal forma que el usuario tenga cobertura en una zona mucho más amplia que la que conseguiría con un solo punto de acceso inalámbrico. Este es el caso de los servicios de banda ancha a través de teléfono móvil. Con las redes de 3era Generación se pueden alcanzar velocidades entre 3 y 14Mbps y con redes de 4ta generación (LTE – Long Term Evolution) se pueden llegar a velocidades superiores a 100Mbps.

3.1.2.3 *Redes MAN/LAN inalámbricas (Wi-Fi, WiMAX).*

- Wi-Fi

Es una tecnología inalámbrica para dar servicio a redes de datos LAN. Sin embargo, en ciertas condiciones puede ser utilizada como tecnología de acceso a operadores locales y pequeños ISPs para el acceso a su red de transporte. En estos casos se utilizan antenas exteriores con un mayor área de cobertura que los puntos de acceso/routers Wi-Fi utilizados en interiores. Actualmente el protocolo **802.11ac se pueden llegar a velocidades de 1Gbps, en la banda de 5Ghz.**

- WiMAX

Es una tecnología inalámbrica desarrollada bajo el estándar IEEE 802.16. Está pensada para la creación de redes metropolitanas inalámbricas y como tecnología de acceso de última milla. Es una solución utilizada sobre todo en zonas donde no se pueden ofrecer servicios de banda ancha mediante cable.

A diferencia del estándar Wi-Fi, WiMAX puede cubrir grandes distancias con un gran ancho de banda. Puede ser una alternativa para ofrecer servicios de banda ancha a zonas donde el medio de transmisión físico (cobre, fibra óptica, cable) es de difícil implantación. Se puede transmitir hasta 100 Mbps en un rango de 50 kilómetros

3.1.2.3 Redes de acceso por Satélite

El acceso a Internet mediante un satélite es la única opción viable en muchas zonas, especialmente zonas rurales, montañosas o de difícil acceso donde no existe tendido de cable ni cobertura 3G.

Para utilizar un acceso por satélite es necesario el uso de una antena parabólica y de un módem DVB-S específico para este tipo de conexiones que permite comunicación bidireccional.

Banda	Enlaces satélite (GHz)		Antena típica (m)	Servicio por satélite
	Ascendente	Descendente		
L	1,626-1,66	1,53-1,559	Terminales de mano	Móviles (MSS)
S	2,655-2,69	2,5-2,655	Terminales de mano	Móviles (MSS)
C	5,725-7,075	3,4-4,2 4,5-4,8	2,4 m	Fijo (FSS) (Telefonía, TV y datos)
Ku	12,75-13,25 14-14,8 17,3-18,1	10,7-12,75	1 m	Fijo (FSS) y Difusión (BSS) (Telefonía, TV DTH y datos)
Ka	27,0-31,0	18.1-21.2	< 0,6 m	Fijo (FSS) y Relay de datos (servicios de banda ancha)

Tabla No 3. 2: Bandas de Frecuencias y Servicios de satélites

3.2 Fundamentos de Red HFC – Red Híbrida Fibra Óptica Coaxial – Hybrid Fiber Coaxial

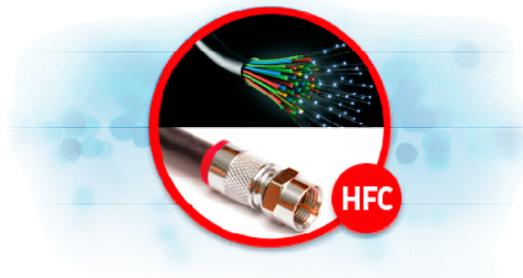


Figura No 3. 3: Red Híbrida Fibra-Coax HFC

Una red HFC de nueva generación es una red que combina fibra óptica y cable coaxial para la distribución de datos. Esta tecnología permite el acceso a Internet de banda ancha, telefonía fija, televisión y otras variantes como Video-on-Demand, Pay-Per-View, Juegos On Line y otros.

La topología HFC se puede dividir principalmente en dos partes. La primera corresponde a la sección de la red, en la cual se conecta el abonado por medio de cable coaxial a un nodo zonal.

En la segunda parte se encuentra la interconexión de los nodos zonales mediante fibra óptica a una red troncal.

La tendencia de las diferentes empresas Multi-servicio es sustituir progresivamente la red coaxial por redes de fibra óptica, acercando la fibra hacia el usuario.

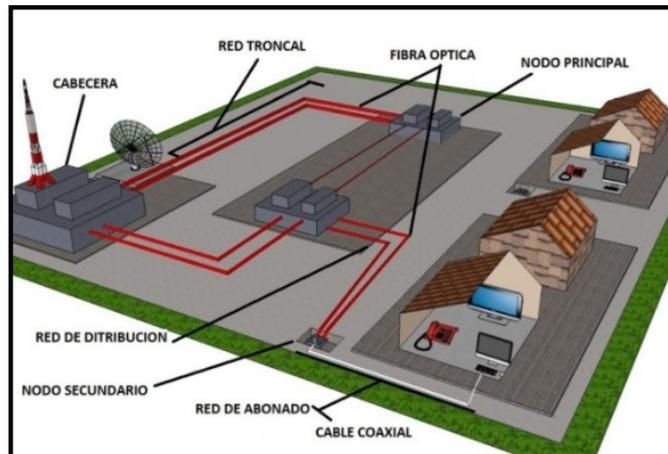


Figura No 3. 4: Esquema de una Red Híbrida Fibra-Coax HFC

El origen de las redes HFC se encuentra en los sistemas de televisión por cable coaxial. La industria de la distribución de canales de televisión por cable sufrió un cambio a mediados de los años 70 con la utilización de la tecnología satelital, la cual permitía aumentar el número de canales que se transmitían anteriormente, provenientes incluso de distintos continentes. Con la utilización de esta tecnología se fomentó la aparición de canales temáticos, como por ejemplo, los especializados en noticias, deportes y documentales, etc.

Las mejoras más destacables de HFC con respecto a CATV son:

- Cables con menos pérdida.
- Implementación de fibra óptica en la red.
- Amplificadores bidireccionales.

Esto hizo posible pasar de una red unidireccional que sólo brindaba televisión por cable, a una red bidireccional para tener servicios de voz y datos, así como también servicios de PPV (Pay

Per View) y VoD (Video on Demand) solicitados mediante aplicaciones con las que interactúa el usuario con el proveedor de servicios.

3.2.1 Estructura y Topología

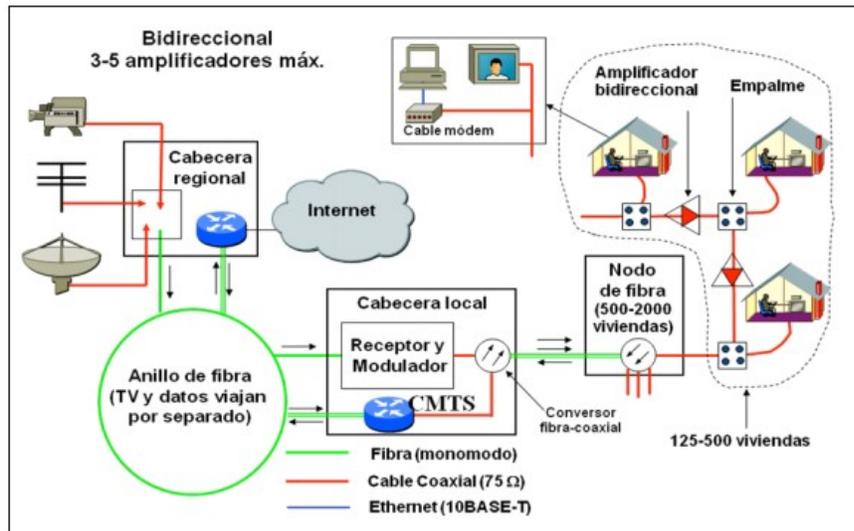


Figura No 3. 5: Estructura de una red HFC

Como ya se mencionó anteriormente ésta red se compone por una parte de fibra óptica y otra parte que usa cable coaxial, en esta parte del capítulo se detalla la estructura de cada una de las partes que conforman a una red HFC y su principal funcionamiento,

Una red HFC se compone básicamente de cuatro partes claramente diferenciadas:

- La cabecera (HEAD END)
- La red troncal
- La red de distribución
- La acometida (DROPS).
- Terminales

3.2.1.1 La Cabecera (HEAD END)

Es el espacio geográfico donde se establecen, procesan y multiplexan las distintas señales recibidas o contenidos. Su principal función es combinar dichas fuentes de información y luego introducirlas en la red. En el caso de la televisión por cable, la Cabecera es la encargada de combinar las señales provenientes de distintos lugares y medios físicos e incluso tipos de información y formas de codificación. Antiguamente los operadores de cable combinaban señales provenientes de satélites, cables e incluso antenas radioeléctricas. En la actualidad, los nuevos operadores de cable son, en su mayoría, Operadores Multi-Servicio, proporcionando telefonía e Internet de alta velocidad. Esto se consigue utilizando técnicas de división por frecuencia.

Está conformada por:

- Parque de antenas.
- Receptores satelitales.
- CMTS (Cable Modem Termination System).
- Moduladores y Demoduladores.
- Softswitch.
- Codificadores de datos.
- Multiplexor.
- Transmisores ópticos.
- Receptores ópticos.
- Divisores ópticos

3.2.1.2 La Red Troncal

La red troncal es aquella que distribuye la señal desde la cabecera hasta las zonas donde se encuentran los nodos finales. El primer paso en la evolución de las redes clásicas todo-coaxial de CATV hacia las redes de telecomunicaciones por cable HFC consistió en sustituir las largas cascadas de amplificadores y el cable coaxial de la red troncal por enlaces de fibra óptica.

Las interconexiones de fibra proveen en las redes HFC la conectividad entre el punto donde se genera el espectro FDM y el punto central de distribución coaxial. También es utilizada para comunicar las Cabeceras y con proveedores externos de información como Broadcasters y

proveedores de Internet. Las conexiones básicas propias de la red HFC son: Estrella, Anillo Cubierto, Anillo Cubierto Analógico y Anillo Digital de Repetición

Esta red troncal está conformada por:

- Amplificadores ópticos.
- Fibra óptica
- Nodo óptico.
- Divisores ópticos.

3.2.1.3 La red de Distribución

La red de distribución es aquella que reparte la señal que lleva la información de varios usuarios desde el nodo óptico hasta el tap más cercano al abonado. Esta red se basa en cable coaxial junto a una serie de equipos activos y pasivos para la propagación y división de la señal. En el caso de la red HFC normalmente la red de distribución contiene un máximo de 2 ó 3 amplificadores de banda ancha y abarca grupos de unas 2000 viviendas.

Algunos de estos equipos que conforman esta red son:

- Fuentes de poder
- Cable coaxial.
- Splitters o Divisores.
- Acopladores.
- Taps.
- Amplificadores LE (Line Extender)

3.2.1.4 La acometida (DROPS)

Es aquella que conecta la red de distribución hasta la red interna del cliente. El cable de distribución llega hasta los taps que es el punto donde termina esta red y desde una de las salidas de este dispositivo se llega al abonado con cable coaxial.

Entre los equipos terminales y materiales que el abonado necesita para obtener los diferentes servicios enviados por la cabecera se pueden encontrar:

- Decodificador de televisión
- Cable módems.
- Splitter
- Cable coaxial RG6 o RG11

3.2.1.5 Equipos Terminales

Los equipos terminales proveen la interfaz entre los dispositivos de aplicaciones del usuario final y el sistema de distribución compartido. Dependiendo del servicio, los equipos terminales pueden realizar funciones como: transformación de formatos de los datos de la red, testeo y otras funciones de seguridad. Por lo general, son la cara más visible de la red y proveer a los usuarios de estos equipos representa una gran inversión debido principalmente al alto número de equipos que puede tener una red.

Equipos y materiales involucrados de red – Funcionalidad

3.2.1.6 Fuentes de Alimentación:

Su función es la de alimentar los equipos que activos de la red HFC. Estas fuentes se ubican estratégicamente dependiendo de la cantidad de equipos a alimentar y la distancia entre ellos.

3.2.1.7 CMTS

Es un dispositivo ubicado en la cabecera de la red que se encarga de enviar datos y a la vez recibir las solicitudes del cable modem del usuario a través del canal ascendente. Un CMTS

puede manejar desde 4000 hasta 150000 cable módems. Este equipo es el que otorga a la red la opción de proporcionar servicio de internet o VoIP (Voice over Internet Protocol), dispone de interfaces tanto Ethernet (para el tráfico desde Internet) como RF (conectarse a la Red HFC).

3.2.1.8 *Softswitch*

Dispositivo que controla los servicios de telefonía procesando y proporcionando control sobre las llamadas hacia y desde la red de telefonía pública. Atraviesa la red HFC mediante el CMTS realizando una comunicación vía IP. Si la llamada se produce entre dos teléfonos registrados en el Softswitch se establece una comunicación entre ellos.

3.2.1.9 *Nodo Óptico*

Convierte la señal que viaja desde la cabecera al usuario, de óptico a eléctrico o viceversa para el canal de retorno, que viaja desde el abonado hasta la cabecera. Para poder realizarlo el nodo óptico contiene un receptor y un transmisor óptico y de esta manera obtener un sistema bidireccional con opción para que los datos viajen en cualquier sentido desde la cabecera hasta el usuario pasando de un medio a otro.

3.2.1.10 *Amplificadores*

Los amplificadores cumplen la función de regenerar la señal que viaja a través del cable coaxial y se atenúa debido a la resistencia de sus componentes conductores. Están instalados a intervalos regulares a lo largo del cable para compensar las pérdidas y asignan una ganancia típica de 20 a 40 dBm.

- *Amplificador Mini Bridger:* Este tipo de amplificador es usado en la red de distribución, puede tener tanto de 2 salidas balanceadas de 47 dBm cada una, o 3 salidas, una principal de 47 dBm y dos secundarias de 42 dBm cada una.

- *Amplificador LE (Extensores de Línea)*: Este tipo de amplificador LE es un amplificador de una sola salida de 46dBm que necesita un nivel de entrada mínimo de 17 dBm para amplificar la señal

3.2.1.11 *Splitters*

Dispositivo pasivo que se lo utiliza para dividir o repartir la señal. Pueden ser de dos, tres o cuatro salidas.

3.2.1.12 *Taps*

Reparte la señal desde el cable de distribución al abonado. Los taps pueden tener dos, cuatro u ocho salidas con dos tipos de pérdidas, por inserción y por derivación. Las pérdidas por inserción están en el orden de 1dBm y las pérdidas por derivación que pueden ser 23dBm, 20dBm, 17dBm, 14dBm, 10dBm, 7dBm o 4dBm. Todas las pérdidas mencionadas pueden ser encontradas en taps de dos, cuatro y ocho salidas.

3.2.1.13 *Decodificador de Televisión*

Es un decodificador que filtra la información que recibe de la cabecera, dejando pasar únicamente la que tiene que ser mostrada para el cliente, proporcionando al abonado únicamente los canales por los que ha pagado.

3.2.1.14 *Cable Módem*

Se encuentra en el domicilio de abonado y es el que establece conexión con el CMTS ubicado en la cabecera para permitir el acceso a la red. Por un lado se interconecta con la red HFC mediante un conector de cable coaxial (interfaz F) y por el otro lado se conecta cualquier dispositivo de red, en las premisas del abonado usando una interfaz Ethernet.

3.2.1.15 **Cable coaxial**

Es un cable cilíndrico, comprendido por un hilo conductor en el centro que transporta el flujo de datos, una malla conductora recubriendo la forma cilíndrica usada como referencia a tierra, un dieléctrico separando los dos conductores y una chaqueta exterior para protección.

Para cada etapa de la red se utiliza un cable distinto según su funcionalidad y características, entre los más usados están:

- Cable 500
- Cable 750
- Cable RG-6
- Cable RG-11

El cable 500 y 750 son usados en la red de distribución, esto es desde el nodo óptico hasta el tap, que es el límite entre esta red y la acometida. En cambio para conectar los equipos del abonado se utilizan cables RG6 y RG11.

Atenuación en relación a la frecuencia				
Frecuencia (MHz)	Atenuación (dB/100m)			
	Cable 500	Cable 750	Cable RG-6	Cable RG-11
5	0.52	0.36	2.5	1.3
55	1.77	1.21	5.82	3.25
83	2.17	1.51	6.55	4
211	3.58	2.43	10.42	6.45
250	3.94	2.66	11.28	6.94
300	4.3	2.92	12.26	7.62
350	4.69	3.18	14.22	8.21
400	5.02	3.44	14.87	8.83
450	5.35	3.67	16.01	9.32
500	5.67	3.87	16.35	9.91
550	5.97	4.07	18.12	10.35
600	6.27	4.30	18.34	10.83
750	7.09	4.86	21.43	12.45
865	7.68	5.28	21.9	13.52
1000	8.27	5.71	23.5	14.84

Tabla No 3. 3: Atenuación de cables Coaxiales según frecuencia

3.3 Transmisión de Datos en una red HFC

Cuando se utiliza una red CATV para transmitir datos se reserva un canal de televisión para el sentido descendente; para esto se definen unas normas: la norma americana NTSC o europea PAL o SECAM, según la americana el ancho de banda del canal será de 6 MHz, por el contrario según la norma europea éste será de 8MHz.

Espectro y Canalización

El espectro de las redes de cable evolucionó desde los 300/400/45 MHz de las redes antiguas de CATV hasta los 860MHz de las actuales redes HFC (América).

Canalización para el Canal Descendente:

- De 87.5 a 108 MHz para radiodifusión-FM sonora.
- De 54 a 550 MHz (quitando la banda FM) para difusión de televisión en formato analógico
- De 550 a 862 MHz para servicios digitales.

Canalización para el Canal Ascendente:

El ancho de banda ascendente es un recurso limitado, pues debe ser compartido por todos los usuarios haciendo uso de técnicas de acceso al medio. Este ancho de banda suele dividirse en varios canales RF ascendentes, de 1 a 6 MHz cada uno, con capacidad entre 1.6 y 10 Mbps por canal, de acuerdo al uso de técnicas de modulación digital (por ejemplo modulación QPSK) y normalizadas según el estándar DOCSIS.

Tecnología Docsis - Data Over Cable Service Interface Specification - Especificación de Interfaz para Servicios de Datos por Cable

Es el estándar no comercial que define los requisitos de la interfaz de comunicaciones y operaciones para los datos sobre sistemas de cable, lo que permite añadir transferencias de datos de alta velocidad a un sistema de televisión por cable (CATV) existente.

La versión europea de DOCSIS se denomina EuroDOCSIS. La principal diferencia es que, en Europa, los canales de cable tienen un ancho de banda de 8 MHz (PAL), mientras que, en Estados Unidos y gran parte de América del Sur, es de 6 MHz (NTSC). Esto se traduce en un mayor ancho de banda disponible para el canal de datos de bajada (desde el punto de vista del usuario, el canal de bajada se utiliza para recibir datos, mientras que el de subida se utiliza para enviarlos). También existen otras variantes de DOCSIS que se emplean en Japón.

Evolución de la tecnología Docsis y sus puntos más relevantes.

Estándar	Prestaciones	Servicios y beneficios
DOCSIS 1.0 5 Mbit/s de subida	Especificación estándar	Alta velocidad de datos Acceso a Internet
DOCSIS 1.1 10 Mbit/s de subida	Calidad de Servicio Seguridad	Doble capacidad en retorno Bajo costo
DOCSIS 2.0 <i>Advanced PHY</i> 30 Mbit/s de subida	S- CDMA A-TDMA	Servicios simétricos Punto-a-Punto <i>Business-to-business (B2B)</i>
DOCSIS 3.0 Cualquier capacidad (en ambos sentidos)	Vinculación de canales QoS para <i>multicast</i> IPV6	Video sobre IP

Tabla No 3. 4: Versiones de Docsis

Se suma a la tabla anterior la última actualización de la norma:

3.4 Docsis 3.1

- Rompe la atadura con la vieja canalización de 6 MHz que Docsis tomó como legado de la TV analógica.
 - Nuevas técnicas de corrección de errores: LDPC = Low Density Parity Coding.

- Mejora la robustez del sistema: OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) en vez de SCQAM - Single Carrier QAM.
- Mejora de la eficiencia espectral: Uso de modulaciones de mayor orden (4096 QAM, 8192 QAM y 16384 QAM)
- Múltiples Perfiles de Modulación. Permite adaptarse a cada situación de relación C/N
- Habilita nuevos rangos de frecuencia:
 - Mid Split = retorno 5-85 MHz
 - High Split = retorno 5-200MHz
 - Ultra High Split = retorno 5-300 MHz
 - Extensión del downstream hasta 1700 MHz

3.5 Ventajas, Desventajas y Límites de las redes HFC

Entre las ventajas, respecto a las antiguas redes CATV, podemos mencionar:

- Costo - Menos costes de mantenimiento debido a un menor número de amplificadores necesarios.
- Fiabilidad - Al cambiar a fibra se hace inmune al ruido. Menos atenuación (distorsión).
- Ancho de Banda - Alta capacidad de ancho de banda, el aumento de la tradicional red de CATV (hasta 330MHz o 450MHz) a 750MHz con HFC.
- Flexibilidad - Tiene la capacidad de adaptarse a los nuevos servicios tales como voz, datos o vídeo sin necesidad de cambiar las actuales parámetros de funcionamiento .
- Tamaño - mucho menos espacio se requiere en los conductos subterráneos de cableado y más fácil para los instaladores de manejar.
- Seguridad - Mucho más difícil de extraer información de detectada, una gran ventaja para los bancos e instalaciones de seguridad. Inmune a las interferencias electromagnéticas de señales de radio, sistemas de auto ignición, rayo, etc se pueden dirigir con seguridad a través de atmósferas explosivas o inflamables.

Dentro de los inconvenientes podemos señalar:

- Costo - especialmente costosa para los abonados rurales, debido a largos cables necesarios.
- Habilidad requerida - Las fibras ópticas no se pueden empalmar con tanta facilidad como el cable de cobre. Se requiere capacitación adicional del personal y equipos de empalme de precisión y de medición costosos.
- Calidad de la señal - se reduce a medida que más usuarios utilizan la red. La Velocidad de transmisión también disminuye.

3.6 Tecnología RFoG (Radio Frecuencia sobre Vidrio)

RFoG (Radio Frecuencia sobre Vidrio) es una tecnología surgida, debido a la demanda del mercado, se basa en una distribución óptica totalmente pasiva que llega con un cable de Fibra Óptica directamente a la casa. Actualmente bajo el estándar ANSI/SCTE 174 2010.

El tramo de distribución con cable coaxial, presente en las redes HFC, quedaría solo reducido al interior de la vivienda si es necesario. Constituye una herramienta competitiva de los cableros para enfrentar a las compañías telefónicas con sus soluciones PON.

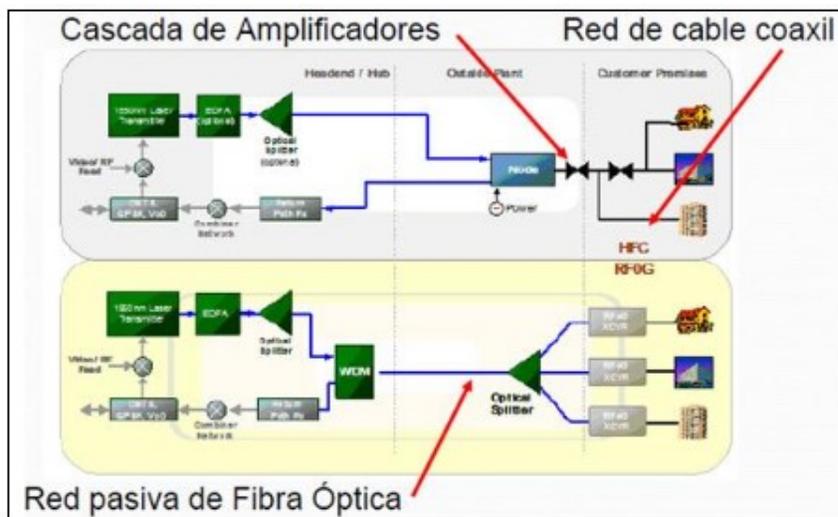


Figura No 3. 6: Comparación RFoG y HFC

Dado el cambio que existe por nuevas aplicaciones que precisan de mayor ancho de banda, los operadores de cable preparan sus redes para ofrecer este tipo de servicios de banda ultra ancha a los abonados residenciales y comerciales, enfrentándose a importantes consideraciones de topología. Los operadores multisistemas buscan reducir al mínimo los gastos de capital y operativos para evitar la interrupción del servicio en su transición a un sistema con mayores prestaciones, basados en redes totalmente ópticas de un alto ancho de banda.

Al extender su oferta de servicios para incluir no sólo la difusión de vídeo sino también servicios como triple-play (vídeo bajo demanda, Internet de alta velocidad y voz), han logrado ampliar con éxito su cuota de mercado. Sin embargo, la situación actual no les permitirá alcanzar sus objetivos a largo plazo. Hay una serie de factores que están obligando a los operadores Multisistemas a revisar la arquitectura de su red de acceso con tecnologías que faciliten unas mayores prestaciones. Entre estos factores cabe destacar:

- La proliferación de dispositivos conectados: televisores, teléfonos inteligentes y tabletas.
- Los competidores que están construyendo redes de fibra óptica con velocidades Gigabits.
- La gran expansión de las aplicaciones OTT (Over-The-Top), proporcionadas por proveedores de servicios sin infraestructura de red.

- La urgencia para los operadores de evolucionar hacia servicios de vídeo de mayor calidad, por ejemplo con resolución 4K.

Es por esto que un paso intermedio, antes de agotar todas las instancias, llevar la tecnología HFC hacia soluciones totalmente ópticas (FTTX) y brindar, en primera instancia, los mismos servicios, sin reemplazar el equipamiento en la cabecera, las terminales del abonado o modificar toda la infraestructura ya implementada, con la implementación de RFoG (En español - Radio Frecuencia sobre vidrio).

RFoG, se convierte en una solución viable para los operadores de cable, la frecuencia de radio a través de vidrio permite a los operadores de cable una implementación de conductividad de fibra directamente a los locales, a la vez que aprovechan las infraestructuras existentes DOCSIS, permitiendo a los operadores mejor costo-beneficio.

Al agregar un micronodo RFoG, se proporcionan servicios bidireccionales completos de RF por una red de distribución de fibra óptica. Se pueden desplegar como ONT RFoG independiente o junto a un ONT EPON o GPON para proporcionar una solución de superposición de video RF bidireccional a la red digital EPON o GPON de alta velocidad.

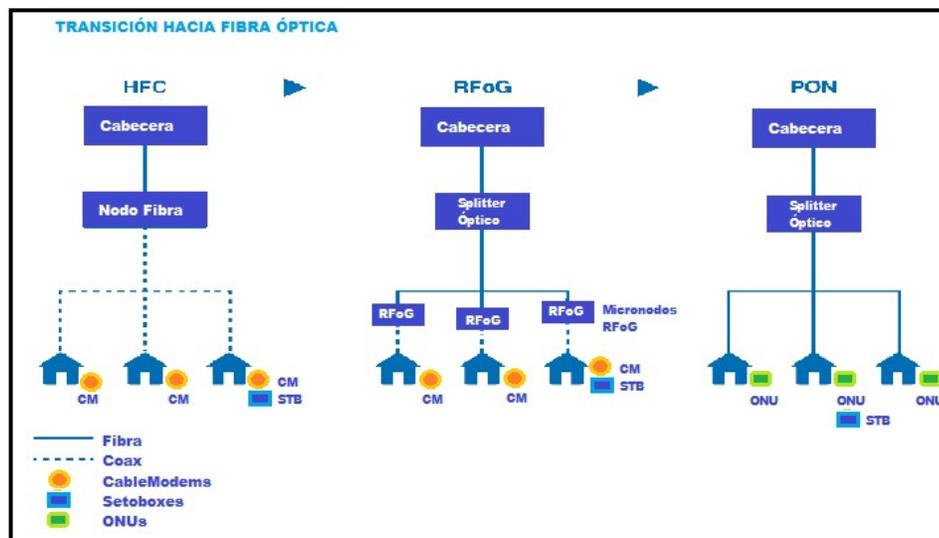


Figura No 3. 7: Transición HFC hacia PON

Tenemos entonces las siguientes características:

- Permite la reutilización de la infraestructura y los componentes de cabecera existente
- Fácil de desplegar, y encaja en los procesos y flujos de trabajo existentes. Utilización de las aplicaciones de backoffice desarrolladas para HFC, así como el sistema de billing y aprovisionamiento.
- Arquitectura de red a prueba de futuro, se utiliza con tecnología existente conocida y fiable.
- Suave transición hacia las tecnologías PON como GPON.
- Preparación de la infraestructura de red de transporte sin tocar el abonado (CM-Cablemodem, STB-setoboxes).

Micronodo

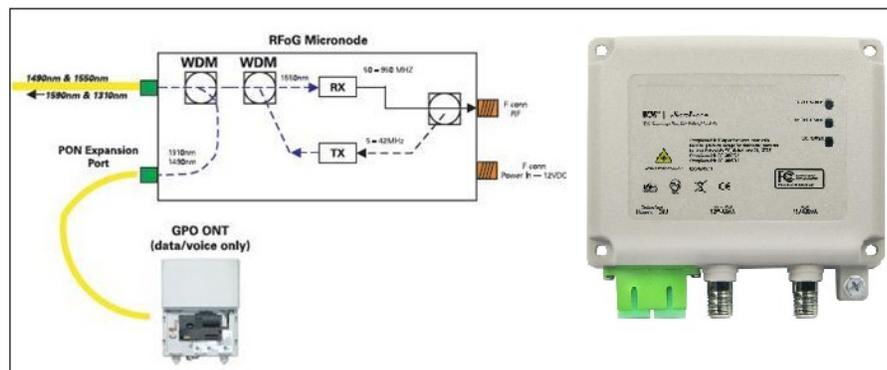


Figura No 3. 8: Micronodo RFoG

Como parte de la implementación de una solución RFoG se hace necesario la instalación de un micronodo también llamado ONU (Optical Network Unit) en las premisas del abonado, y su función es la de convertir la señal óptica a eléctrica. Cumple la misma función que la de un nodo óptico (FTTB/FTTN), pero con la diferencia es que se encuentra ahora en la vivienda del usuario.

El micronodo termina la conexión de fibra óptica en la premisa del cliente y convierte la señal de bajada en RF y viceversa. Cuenta con 2 puertos, uno óptico y otro para señal RF. La salida RF se conecta a un splitter, mediante cable coaxial (RG6), así se divide y llega por un lado al decodificador de video y el otro a un cablemodem, si solo se quiere una conexión a internet, o sino a un eMTA (Embedded Multimedia Terminal Adapter), para conectar un teléfono analógico o una computadora para conexión a Internet. Es decir, se mantiene el mismo esquema de conexión de una red HFC. El camino de retorno hasta la cabecera, para voz, datos y video, es sobre la longitud de onda de 1310nm o 1590nm, que se convierte de óptico a eléctrico e ingresa al CMTS.

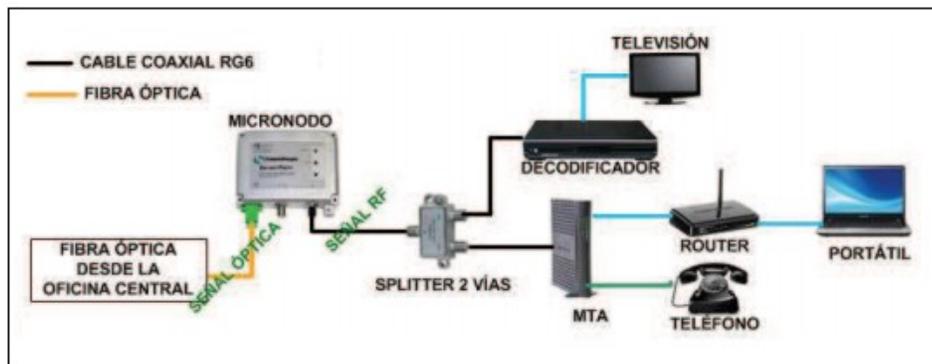


Figura No 3. 9: Diagrama de Instalación de Micronodo RFoG

A diferencia de las redes HFC, una red GPON no ofrece un camino de retorno análogo para soportar comunicaciones de 2 vías. En el caso de RFoG, con el empleo del micronodo en la infraestructura montada, hace transparente el camino de retorno donde permite que el equipo que emplea Docsis, en la vivienda del abonado, pueda comunicarse con la infraestructura de cabecera.

Nivel de recepción óptica

Está entre +1dBm a -6dBm, en donde -6dBm sería el nivel de recepción más bajo que el equipo pueda tolerar, por lo que para el diseño se debe tomar en cuenta estos valores para no trabajar en los extremos.

Potencia de transmisión

Está en 3dBm +/-1dBm. Parámetro que permite determinar, en base al presupuesto de pérdidas del enlace, el nivel de recepción mínima del receptor de la cabecera.

Señal RF

Se maneja dentro de los rangos de frecuencia que utiliza la red HFC, así se tiene que para el retorno la ventana de 5 a 42MHz y para la bajada de 54 a 1002MHz. En el caso de la potencia entregada en la bajada de 17dBm, aunque algunos fabricantes poseen modelos que pueden llegar a entregar hasta 36dBm.

Longitud de Onda de Retorno

Se debe tener muy en cuenta si se desea implementar, sin inconvenientes, una red donde coexistan RFoG y GPON.

Implementación de una solución RFoG

Las empresas multiservicios, al querer evolucionar hacia una red netamente pasiva por fibra óptica, comprenden que no solo con desplegar RFoG aumenta por sí solo un aumento adicional de ancho de banda en la red, pues este, al heredar toda la infraestructura de HFC, permanece utilizando el mismo espectro de frecuencias. Sin embargo, le permite al cableoperador contruir a

futuro una infraestructura de acceso, que teóricamente soporta una capacidad de 30THz, de una conexión de fibra óptica hasta la casa.

Quizás el beneficio más atractivo de RFoG es la posibilidad de reducir costos operativos, obteniendo las mismas ventajas que las implementadas en redes PON, la no utilización de equipos activos electrónicos antes de la premisa del cliente, por lo que se generan menos costos de mantenimiento. La fibra óptica entrega una señal limpia, pues no se ve afectada por ruido o señales electromagnéticas, como el cable coaxial. Otro coste reducido es que mientras una red PON alcanza hasta 20kms entre el nodo y el cliente sin usar componentes activos, las redes HFC requieren que haya amplificadores cada 1000 pies para mantener la calidad de la señal.

La implementación más sencilla de RFoG es realizando la conversión de señal en la cabecera y enviando el tráfico de bajada sobre señales ópticas hacia los decodificadores y cablemodems en las viviendas del abonado. Los servicios de video y de datos del CMTS son combinados para luego realizar una conversión eléctrica a óptica en una plataforma de transmisión óptica. El tráfico de video y datos de bajada son alimentados sobre una longitud de onda de 1550nm mediante (WDM – Multiplexación por división de Longitud de Onda). La señal se recibe en el micronodo, donde se realiza la conversión óptica a eléctrica, hacia el cablemodem proveniente del CMTS. De ser necesario, se pueden utilizar amplificadores (EDFA – Erbium-Doped Fiber Amplifier) para alcanzar distancias mayores.

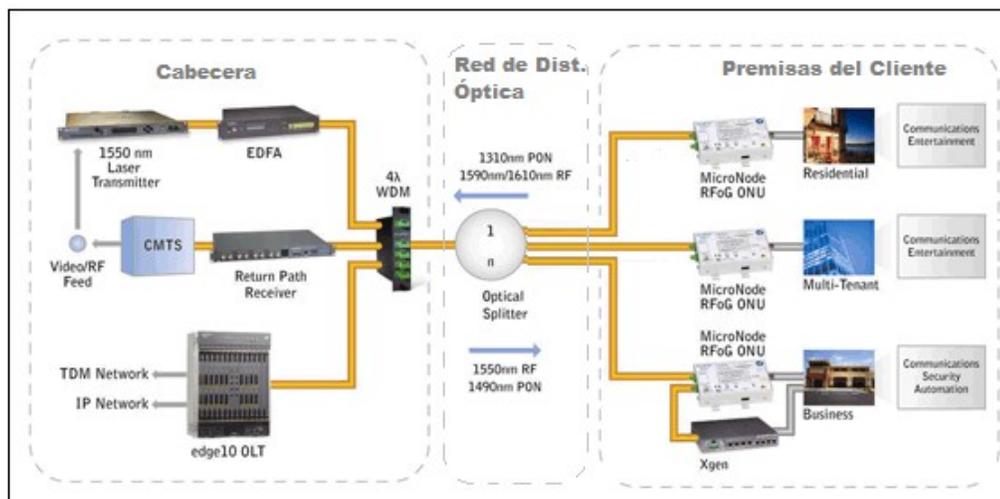


Figura No 3. 10: Arquitectura RFoG

Mediante la implementación no-propietaria, basada en estándares RFoG, los cableoperadores pueden implementar soluciones FTTX, que hoy en día proporcionan una ventaja competitiva, migrando hacia una solución basada en GPON.

Tipos de Arquitecturas RFoG:

- Arquitectura de Fibra Tapped
- Arquitectura de Fibra Dropped.

Arquitectura de Fibra Tapped: Este tipo de arquitectura es del tipo Punto-a-Multipunto, soporta hasta 32 puertos por fibra. Va del nodo a una sola fibra, sobre la calle, entregando una porción de la señal a cada casa, de igual manera a una infraestructura HFC. Requiere un diseño para seleccionar los valores adecuados de tap para atender a cada área. Su ventaja es que reduce el grueso del tendido de cables de fibra sobre la calle. La denominación de los taps se maneja por el número de puertos y la atenuación.

Arquitectura de Fibra Dropped: Consiste en un enlace Punto-a-Punto, desde el nodo hasta el splitter y se instala una fibra única y dedicada hasta el cliente. Este tipo de arquitectura es más similar a las empleadas en una red PON. La gran ventaja es se permite migrar de manera más fácil hacia una red PON.

Principales ventajas de RFoG

- Se mantienen los equipos en ambos extremos :
 - Cabecera : TX & RX Laser, moduladores, CMTSs, etc
 - Equipamiento del cliente: Set Tops, Cable Modems, MTA
- Comparte los mismos sistemas de aprovisionamiento y administración que el HFC.
- Menor ingreso de interferencias en el retorno:
 - Permite utilizar la banda de 5 a 20 MHz y trabajar con 64 QAM

- Mayor capacidad de downstream : Aplicable a IPPV, VOD & CM
 - 1 GHz sin problemas de cascada y espaciamento
- Una misma cabecera puede alimentar nodos HFC y RFoG.
- Paso previo hacia la migración de redes GPON.
- Costo competitivo en zonas de baja densidad

Convivencia de GPON con RFoG

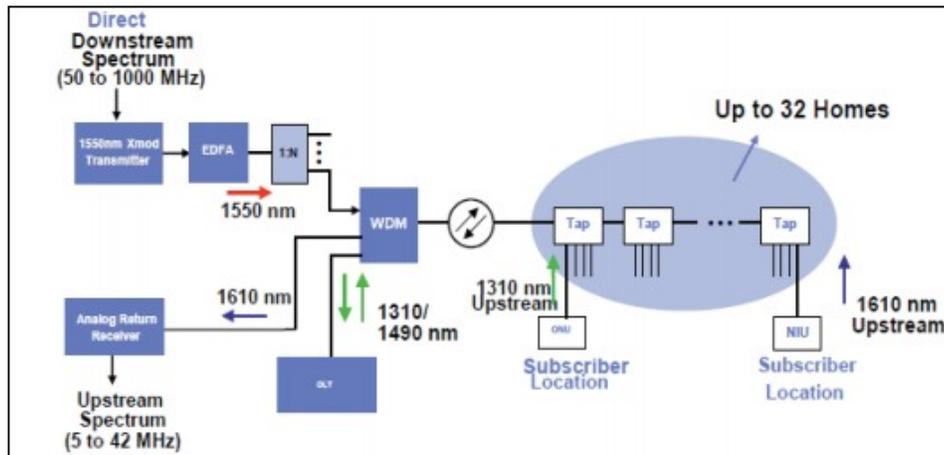


Figura No 3. 11: Convivencia RFoG con GPON

Como se explicó anteriormente, con la arquitectura de Fibra Dropped, las empresas cableoperadoras, pueden implementar una red basada en GPON en convivencia con una RFoG, solo deben tener en cuenta las longitudes de onda empleadas para cada sistema. En la siguiente tabla (Tabla No 3.5), se resumen las longitudes de onda para que puedan coexistir ambas tecnologías en una misma red.

Tecnología	Downstream	Upstream
RFoG	1550nm	1590nm/1610nm
GPON	1490nm	1310nm

Tabla No 3. 5: Longitudes de Onda RFoG y GPON

La creciente demanda de los clientes de medianas y grandes empresas, los servicios de empresas tienen el potencial de convertirse en el siguiente segmento de gran volumen para los operadores Multiservicios de cable. Para crecer en este segmento, estas empresas necesitan rediseñar la arquitectura de sus redes de acceso. Tienen que soportar la necesidad de las empresas de mayor ancho de banda, tanto en sentido ascendente como descendente, así como facilitar una calidad de servicio superior.

Considerando que se requiere hacer una inversión para mantener los clientes actuales y que existe la oportunidad de realizar un cambio no abrupto hacia una nueva tecnología, RFoG sería una solución parcial que permitiría conservar la inversión realizada en la infraestructura y además la posibilidad de hacer coexistir dicha red con tecnologías PON, sobre la misma red, hasta llegar a una migración definitiva.

3.7 Operadores de Multiservicios por cable se vuelcan a GPON

La tecnología PON proporciona a los operadores Multiservicios de cable una red que les permite ofrecer hoy en día servicios de empresa competitivos - y además les proporciona la base para cubrir las crecientes necesidades de servicios residenciales con velocidades de Gigabit.

La aceleración por el uso de datos en forma de voz, vídeo, y acceso a páginas webs en Internet ha sido el motor que impulsa el crecimiento de las redes FTTH. La demostración por lo que el despliegue de fibra óptica, como un medio sobre el que todo el consumo de datos es a la vez práctico y realizable se ve justificada, de múltiples maneras, en el desarrollo de esta tesis. Los aspectos más importantes de cómo será la infraestructura de entrega, y su costo vs. las métricas de capacidad, son en última instancia, lo más importantes a tener en cuenta para alcanzar los objetivos de cada vez mayor tasa de adopción de FTTH.

Para los operadores de sistemas múltiples (MSO), de la industria de la televisión por cable, la cantidad de fibra en sus redes ha aumentado de manera constante y el punto de demarcación entre la fibra y el cable coaxial se ha desplazado cada vez más cerca de los hogares de los consumidores. Sin embargo, el impulso de tomar fibra todo el camino a la casa se ve obstaculizada por algunos factores. Cuando se requiere una nueva construcción de nuevas extensiones de campo o greenfields, el despliegue de fibra óptica es la opción más obvia para las consideraciones de longevidad y capacidad.

Para los operadores de cable, a medida que aumenta la demanda de banda ancha de alta velocidad y sus competidores, los operadores de telecomunicaciones, pisándole los talones o superándolo, expandiéndose ofreciendo televisión por Internet (IPTV) a través de sus redes FTTH, tienen la imperiosa necesidad de invertir en sus redes o hacer frente a la pérdida de suscriptores. Ahora la pregunta que les surge es: actualizan sus redes con el fin de competir más eficazmente o se convierten también en operadores de redes FTTH?

Actualización de la red

La ruta de actualización para servicios gigabit existe, pero requerirán significativas inversiones en la red. Con las redes actuales, se pueden conseguir velocidades de 100 Mbps de descarga y hasta 300Mbps solo para un mercado seleccionado. Esta disponibilidad de velocidades depende de factores como: la distancia del abonado hasta la fibra, la condición física del cable y el número de viviendas servidas – muy similares a la tecnología xDSL. Donde se vive determina lo que se puede conseguir. Con los nuevos modelos de cablemodems adheridos al estándar DOCSIS 3.1 las velocidades de descarga teórica pueden llegar hasta los 10Gbps de Descarga y el de subida en 1Gbps.

Para esto, primero se requeriría una migración de red completa al servicio de TV digital, y reclamar el espectro de cable necesario que transporta hoy en día los canales de TVs analógicos. Para obtener mayores velocidades también se requiere hacer una división de nodos, es decir agregar más nodos y bajar el número de abonados servidos por nodo, desplegando la fibra y los nodos lo más cercano al suscriptor.

Ahora, ofreciendo un ancho de banda relativamente competitivo y una ruta de actualización en camino, ¿por qué algunos operadores de cable tendrían que invertir en redes FTTH?

Obviamente, el paso a la fibra en la red de transporte aumenta en gran medida la capacidad mediante el uso de múltiples longitudes de onda y una mayor fiabilidad con la eliminación de muchos amplificadores RF que están sujetos a fallas eléctricas de muchos tipos.

Los servicios de negocio donde las empresas de cable están desplegando redes FTTH son: Servicios Carrier Ethernet y servicios de backhaul celular/ hotspot WiFi. Para nuevos sitios residenciales o greenfield, tiene más sentido desplegar fibra a futuro que seguir instalando cable coaxial.

Los costos de operación para el cableado coaxial por el mantenimiento de su infraestructura por los equipos activos (fuentes de alimentación, baterías, amplificadores de RF, etc.), se estiman que por kilómetro de planta externa, una red HFC es 10 veces más cara que operar de una red PON y es 5 veces más caro por suscriptor.

Escenarios de Fibra Óptica

La fibra óptica es la opción más evidente en las implementaciones de Greenfield, cuando los operadores de cable se expanden hacia territorios donde no tienen la infraestructura existente.

Existen varias tecnologías que pueden combinar la fibra óptica con DOCSIS, que están dirigidas a los operadores que tienen tanto las redes de fibra pura y HFC. Como comenté en unos párrafos anteriores, un enfoque consiste en RF sobre vidrio (RFOG), que permite a los operadores de cable proporcionar servicios tradicionales basados en el uso de hardware con DOCSIS, través de una red óptica pasiva genérica (PON). Sin embargo, RFOG por sí solo no proporciona mejoras de ancho de banda en comparación con el estándar HFC. A menos que se separen en nodos ópticos con RFOG y vaya actualizándose todo a DOCSIS 3.1.

Un mejor camino a seguir sería desplegando tecnologías FTTH combinando con estándares basados en PON debido al ancho de banda extra que traen. Con GPON puede tener velocidades de 2,5 Gbps de descarga, con 10G EPON puede tener 10 Gbs, y con TWDM PON puede tener hasta 40 Gbps.

3.7.1 Ejemplo de Grandes Empresas de Multiservicio de cable en Latinoamérica y se vuelcan a despliegues FTTH

Como se explicó anteriormente, muchas empresas que en la actualidad tienen sus redes implementaciones de HFC, pero previendo que les queda muy poco tiempo, antes que dichas redes se vean colapsadas, por la enorme demanda de mayores velocidades y más servicios, se han visto obligados a empezar a migrar hacia redes ópticas pasivas. A continuación comento algunos de los ejemplos más emblemáticos en empresas de Latinoamérica y EU.

Brasil Febrero 2009 ⁴⁶

Telefónica y su filial de cable brasileña TVA lanzaron al mercado en el 2009 un servicio de IPTV con HD sobre una red FTTH, que alcanza 26 barrios de la ciudad de Sao Paulo, lo que representa unas 200.000 viviendas. Para conquistar mayor cantidad de clientes la empresa apuesta al PPV con una oferta de 600 películas en HD con precios que oscilan entre los US\$ 1,65 y US\$ 2,92.

El servicio se denomina Trio Xtreme e incluye banda ancha de hasta 30 Mbps, canales de TV abierta y de pago en HD, VOD y un paquete de telefonía fija ilimitado para llamadas locales de fijo a fijo entre números dentro de la red del operador. Los precios oscilan entre los US\$ 102 mensuales con una conexión de 8 Mbps, hasta US\$ 141 por el paquete que incluye el plan de 30 Mbps y el plan de telefonía ilimitada.

Telefónica planea expandir el modelo de IPTV sobre FTTH al resto de los países donde posee una compañía de telefonía fija: Chile, Colombia, Perú y Argentina.

⁴⁶ Fuente: <http://nextvlatam.com/>

Mayo de 2015

El servicio de IPTV en el mercado de TV paga brasileño ha mostrado un gran crecimiento durante el último año al crecer un 132% su base de clientes, comparando marzo de 2014 con marzo de 2015, según información de la Agencia Nacional de Telecomunicaciones (Anatel). Esta modalidad de acceso finalizó el período con 111 mil suscriptores.

Esta tecnología comenzó a ser utilizada en Brasil en 2011 aunque recién en 2013 inició su despegue y en 2014 tuvo su mejor año. Igualmente, el IPTV aún representa una pequeña cuota, aproximadamente el 0,6%, del mercado de TV por suscripción de Brasil, que en su totalidad sumó 19,76 millones de usuarios al término del tercer mes de este año. Los principales operadores que brindan IPTV son Vivo (Telefónica) y Oi.

Anatel también informó que la TV Satelital sigue siendo líder del sector con 12 millones de usuarios y que la TV por Cable posee 7,6 millones. Mientras que la compañía con más clientes es América Móvil (Net y Claro) que tiene 10,3 millones, seguida de DirecTV (Sky) con 5,7 millones y Oi con 1,2 millones.

México Junio 2016 ⁴⁷

La compañía de telecomunicaciones Megacable de México anunció a través de un comunicado de prensa que puso en funcionamiento su red de fibra óptica (FTTH) en la localidad de Querétaro a través de la que brindará servicios de IPTV, banda ancha y telefonía fija.

Megacable habría invertido USD 50 millones en la instalación de su nueva red, que dará servicio a 118.000 usuarios en la zona centro-norte de México. Los beneficios incluyen Video On Demand (VOD) y grabación digital en la nube (Cloud DVR), además de internet de hasta 200 Mb y servicios de voz por Wifi.

El paquete triple play de Megacable cuenta con 130 canales en calidad estándar y 60 canales en alta definición (HD) por USD 30 mensuales, aunque tiene una promoción de contratación con los dos primeros meses a USD 22.

⁴⁷ Fuente: <http://nextvlatam.com/es/megacable-de-mexico-lanzo-iptv-en-queretaro/>

La competencia en FTTH se ha despertado en México. Telmex anunció más de un millón de conexiones, Totalplay también desplegó FTTH en el Distrito Federal y Axtel en Guadalajara - sede de Megacable- y Monterrey. También Cablemás (Televisa Telecom) montó FTTH.

Octubre 2014 ⁴⁸

La compañía de telecomunicaciones Axtel de México está planeando alquilar la red de fibra óptica de Telmex (de Carlos Slim) para expandir sus servicios de IPTV y de banda ancha, según publicó el periódico local El Universal. Axtel TV tiene como objetivo para fin de 2015 llegar a 39 ciudades y hasta el momento está presente en diez.

La nueva legislación en México obliga a Telmex, en su condición de agente preponderante en el sector, a compartir su infraestructura bajo precios regulados. El próximo 30 de octubre, Telmex debería lanzar la oferta de referencia y allí Axtel podría solicitar la utilización de la red.

Igualmente, Carlos Slim ideó una estrategia de venta de activos para evitar ser catalogado como agente preponderante. Si su plan prospera, Axtel no podría alquilar su red de FTTH. La otra opción de Axtel sería la Comisión Federal de Electricidad (CFE) que, detrás de la de Telmex, cuenta con la segunda red de fibra óptica más grande de México.

⁴⁸ Fuente: <http://nextvlatam.com/>

CAPITULO IV

MARCO REGULATORIO DE LAS TELECOMUNICACIONES EN LA REPUBLICA ARGENTINA

4.1 LEGISLACION VIGENTE DE LAS TELECOMUNICACIONES EN ARGENTINA

Actualmente rige la Ley No 27.078 – llamada Argentina Digital, que incluye las modificaciones efectuadas por el Decreto 267/2015 (29/12/2015), a través de un Decreto de Necesidad y Urgencia (DNU) por el presidente actual de la República Argentina.

El Decreto modificó las Leyes N° 26.522 (Ley de Servicios de Comunicación Audiovisual) y, como mencioné, la Ley N° 27.078, donde se crea una nueva autoridad para las Comunicaciones, llamada ENACOM – Ente Nacional de Comunicaciones - que asume las funciones de la AFSCA y la AFTIC (Organismos que controlaban, antes del decreto, los servicios de Comunicación Audiovisual y las Tecnologías de la Información, respectivamente).

Este nuevo ente u organismo, es autárquico y descentralizado y está bajo el Ministerio de Comunicaciones y tiene plena capacidad jurídica para actuar en los ámbitos del derecho público y privado.

4.2 PLANES DE LA NACIÓN ARGENTINA PARA LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES

Con las modificaciones que se hicieron a la ley 27.078, a través del decreto 267, se impactó especialmente en las autorizaciones del Estado sobre las empresas con licencia de comunicaciones.

Se modificaron artículos referidos a la concentración de licencias de TV, radio y señales de cable, permitiendo una acumulación por parte de las grandes empresas del sector. Estas modificaciones habilita la convergencia entre los medios de comunicación audiovisual y las empresas de telecomunicaciones, permitiendo a diferentes grupos ingresar al mercado del famoso Triple Play (prestación de TV, Internet y Telefonía por parte de un mismo proveedor).

Así por ejemplo, empresas nacionales de cable como CableVisión, pueden ofrecer Telefonía fija y móvil y el ingreso de las empresas telefónicas (Telecom, Telefónica y Claro) al negocio de la TV por cable, pero éstas últimas, solo podrán prestar el servicio de Radiodifusión por suscripción, mediante vínculo físico y/o mediante vínculo radioeléctrico, transcurridos 2 años contados a partir del 1° de enero de 2016, y que la Enacom puede posponer una año más, por lo que el servicio de Triple Play estaría recién a partir del 2019.

En otros países esta veda ha sido utilizada para que la industria del cable se fortalezca y no sea absorbida por las empresas telefónicas, en un primer momento. En Chile y México, en tanto, se estableció que las telefónicas podía ingresar a ese negocio una vez que las cableoperadoras estuviesen listas, como compensación a futuro, así podían tener un determinado porcentaje en el market share de las telefónicas.

Con el Gobierno anterior se empezó a ejecutar dos planes muy importantes, el Plan Nacional Argentina Conectada y el Plan Red Federal de Fibra Óptica (REFEFO), luego con el gobierno actual y algunas modificaciones en la Ley de Telecomunicaciones, se ejecuta el Plan Federal de Internet, que continúa el trabajo de los anteriores.

4.2.1 Plan Nacional Argentina Conectada

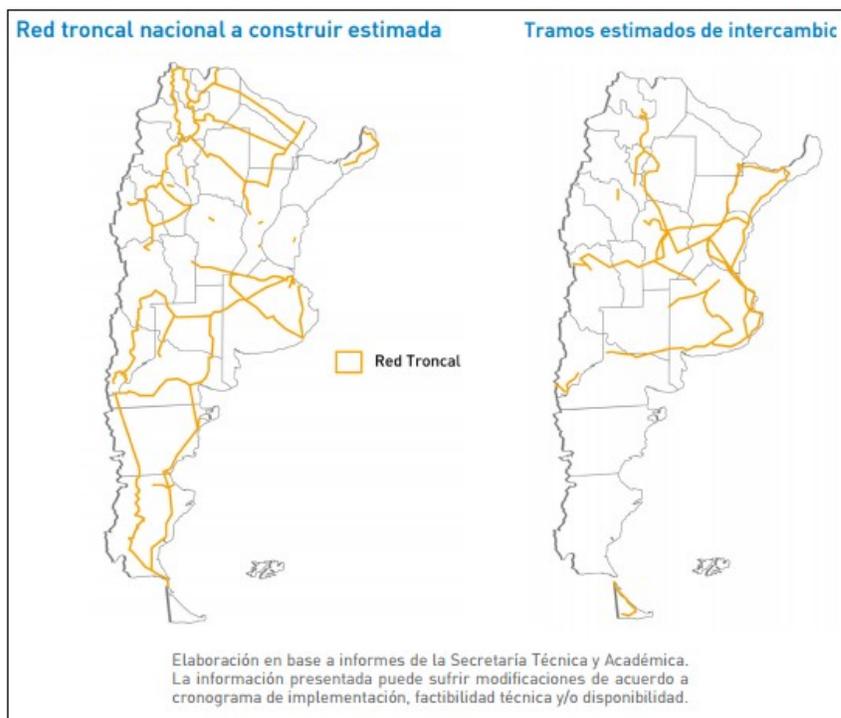


Figura No 4. 1: Red Troncal Argentina Conectada ⁴⁹

Se presentó en Octubre del 2010 el Plan Nacional de Telecomunicaciones “**Argentina Conectada**”, impulsado por el Estado Nacional y ejecutado por el Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios.

Características de este Plan:

- El Plan de Ejecución era de 2011-2015.
- Como política de Estado, este plan involucra a provincias, municipios, sindicatos, pymes, cooperativas y universidades.
- Tiene como objetivo establecer una plataforma digital de infraestructura y servicios que brinde soluciones de conectividad al 97 por ciento de las localidades del país y previendo

⁴⁹ Fuente: <http://scripts.minplan.gob.ar/octopus/archivos.php?file=2802>

la conexión satelital al 3 por ciento restante para el año 2015.

- Entre sus metas estaban:

Metas del Plan Argentina Conectada en materia de infraestructura y equipamiento			
Meta	Plazo de ejecución	Meta	Plazo de ejecución
Cobertura de red troncal de fibra a más de 1.700 localidades (se prevén licitaciones de infraestructura)	2011-2015	Instalación de 2.000 antenas de conectividad a Internet Satelital (con alcance a escuelas rurales)	2011-2012
Mejoramiento de la calidad de conexiones de banda ancha fija, estableciendo 10 Mbps como piso tecnológico de calidad para las nuevas redes	2011-2015	Instalación de 11.000 antenas de Televisión Digital Satelital en establecimientos públicos y educativos	2010-2012
Ampliación de la conectividad de los organismos gubernamentales en los ámbitos nacional, provincial y municipal	Sujeto a cronograma de desarrollo de Red Federal de Fibra Óptica y cronograma de gobiernos provinciales	Establecimiento de 250 Núcleos de Acceso al Conocimiento (NAC)	2011-2015
Conectividad al 100% de las escuelas públicas	2011- 2015	Multiplicación de Puntos de Acceso Digital (PAD) en todo el territorio.	2011-2015
		Reordenamiento del Espectro Radioeléctrico	2011-2015

Figura No 4. 2: Metas Argentina Conectada ⁵⁰

El plan nacional de telecomunicaciones Argentina Conectada tenía como ejes estratégicos:

- Inclusión digital;
- Optimización del uso del espectro radioeléctrico;
- Desarrollo del servicio universal;
- Producción nacional y generación de empleo en el sector de las telecomunicaciones;
- Capacitación e investigación en tecnologías de las comunicaciones;
- Infraestructura y conectividad;
- Fomento a la competencia y favorecer los servicios gubernamentales y la oferta de contenidos culturales.
- Mejorar la gestión y calidad en las comunicaciones entre las distintas áreas de gobierno y fomento al desarrollo de contenidos convergentes.

4.2.2 Plan Red Federal de Fibra Óptica (REFEFO)

⁵⁰ Fuente: <http://scripts.minplan.gob.ar/octopus/archivos.php?file=2802>



Figura No 4. 3: Red Federal de Fibra Óptica ⁵¹

La Red Federal de Fibra Óptica (REFEFO) empezó a desarrollarse por el Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios, del gobierno anterior, para la homogeneización de los derechos de acceso a los servicios de información y comunicación de cada ciudad y pueblo de la República Argentina.

Contaba, hasta el momento del traspaso del gobierno, con más de 32.000 kilómetros de fibra óptica en todo el país, aunque la gran mayoría de la red todavía no estaba iluminada por lo que no podía brindar servicios y permitía alcanzar más de 1.800 localidades, de las cuales 1.460 de esas localidades no contaban con Servicio de Telefonía Básica.

La REFEFO se pensó como una red multipropósito, que permitirá la conexión de instituciones públicas así como prestadoras de servicios minoristas de telecomunicaciones y de servicios de comunicación audiovisual.

⁵¹ Fuente: <http://scripts.minplan.gob.ar/octopus/archivos.php?file=2802>

También se expandiría el servicio de conectividad hacia las diferentes regiones del país para ofrecer ancho de banda a distintos proveedores de Internet, y se promueven las condiciones de creación de mercados competitivos que brinden servicios de calidad y buen precio a los usuarios de internet en todo el país.

La implementación de la Red Federal de Fibra Óptica está a cargo de la empresa nacional de telecomunicaciones AR-SAT, que realiza las licitaciones para la construcción de infraestructura.

Estado de ambos planes antes del cambio del gobierno

Avance en Redes Celulares.

- Se licitó del espectro para aumentar los servicios de comunicación celular, para la implementación de redes 4G.

Avance en el Plan Satelital

- Incluyó los lanzamientos y puesta en órbita de los satélites AR-SAT1 (2014) y AR-SAT2 (2015). En este momento se encuentra en comercialización de los servicios satelitales y conexos.
- Pruebas de integración del satélite AR-SAT2 con el satélite de observación de la tierra, SAOCOM.
- Se realizaron pruebas del lanzador de satélites Tronador II, que permitiría poner en órbita satélites de 250Kgs.
- Inicio de la obra de la plataforma de lanzamientos de satélites de observación de la Tierra, en Puerto Belgrano. Esto permitiría que Argentina sea el único país del hemisferio sur capaz de hacer una misión satelital completa (diseño, construcción, ensayos y lanzamientos de satélites).
- Postergación de inicios de fabricación del Satélite AR-SAT3 por parte de Arsat.

Avances en el Plan de Televisión Digital

- Actualmente el 83% de la población cuenta con la cobertura de Televisión Digital, a través de 82 estaciones digitales operativas. En páginas como TDA o Arsat no indican cuando habrá una cobertura del 100%.
- 1 millón 400mil decodificadores distribuidos
- Ampliación de destinatarios de TV Digital.
- Exportación de la Plataforma de TV Digital hacia Venezuela.
- 23 canales de TV Digital disponibles en la grilla. Convenio con canales privados, digitalización de canales públicos y plan de fomento de contenidos.

Avances en el Plan de Red Federal de Fibra Óptica

- Según la página de ARSAT, el tendido tiene actualmente 35 mil kilómetros, lo que equivale al 60% del total previsto, de los cuales solo 1500Kms están en funcionamiento.
- 1461 localidades alcanzadas.
- Se finalizó el Centro Nacional de Datos, en Benavides.
- Creación de 10 empresas Públicas provinciales de Telecomunicaciones para administrar redes.
- Creación del Doctorado en Telecomunicaciones en el Instituto Balseiro.
- Diseño de las redes de seguridad, educación y salud para desarrollar plataformas sobre la red de FO interactuando con todas las carteras del gobierno nacional.
- Inicio de instalación de 2428 estaciones satelitales VSAT de conectividad a Internet para establecimientos educativos rurales y de frontera.

4.2.3 Plan Federal de Internet

Es la continuación de los planes anteriores, pero elaborado por el gobierno actual. Tiene como objetivo conectar durante los próximos dos años a más de 1100 localidades de la Argentina a la Red Federal de Fibra Óptica para que sus habitantes puedan acceder a servicios de Internet de banda ancha de alta calidad.

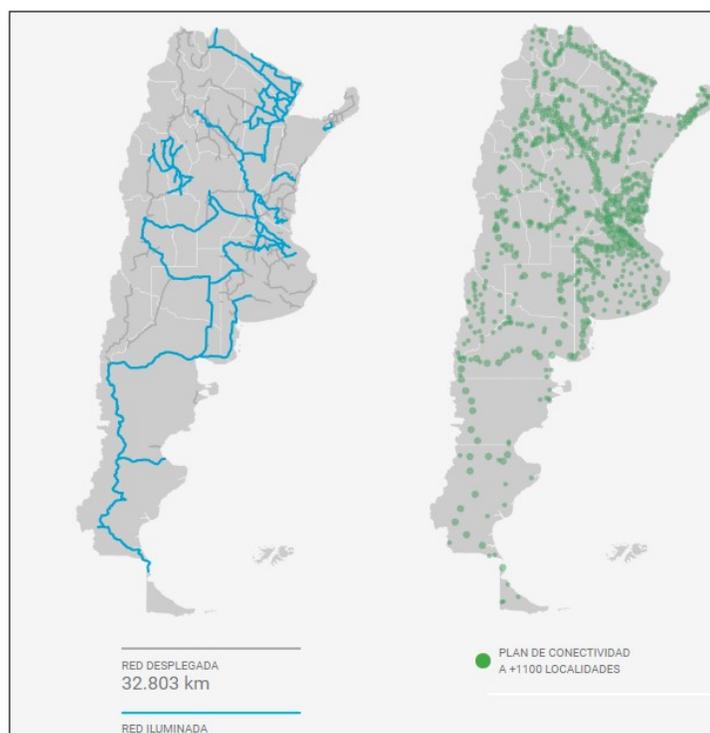


Figura No 4. 4: Red de FO Desplegada y Plan de Conectividad

Algunos de los puntos importantes de este plan son:

- Ar-sat prestará servicios de transporte de datos e Internet mayorista a los proveedores locales, que serán los encargados de realizar el tendido y conexión domiciliaria. Arsat no será proveedor directo a los usuarios sino a empresas.
- Actualmente tiene 50 localidades conectadas, con 396 para conectarse inmediatamente, que beneficiarían a 1.5 millones de habitantes. El plan sería conectar 1100 para el 2018 beneficiando 29 millones de usuarios.

- El plan de inversión es de \$4.600 millones para 2 años.
- Incluye wifi gratuito en plazas, parques y sitios públicos de las localidades beneficiadas.
- Brindará servicio dentro de los pueblos y las Cooperativas, Cableras y empresas de Internet podrán conectarse a menor costo y con más velocidad para dar mejor servicio a los argentinos.

4.3 ORGANISMOS DE REGULACIÓN Y CONTROL

4.3.1 Organismos Internacionales en Materia de Telecomunicaciones, Estandarización, Sistemas de Acceso de Fibra Óptica y Redes GPON.

- UIT

El Organismo que rige estrictamente la materia de las Comunicaciones, a nivel Internacional, es la **Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT)** es el organismo especializado en telecomunicaciones de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), encargado de regular las telecomunicaciones a nivel internacional entre las distintas administraciones y empresas operadoras.

Funciones

- Desarrolla estándares que facilitan la interconexión eficaz de las infraestructuras de comunicación nacionales con las redes globales, permitiendo un perfecto intercambio de información, ya sean datos, faxes o simples llamadas de teléfono, desde cualquier país;
- Trabaja para integrar nuevas tecnologías en la red de telecomunicaciones global, para fomentar el desarrollo de nuevas aplicaciones tales como Internet, el correo electrónico y los servicios multimedia;
- Gestiona el reparto del espectro de frecuencias radioeléctricas y de las órbitas de los satélites, recursos naturales limitados utilizados por una amplia gama de equipos incluidos los teléfonos móviles, las radios y televisiones, los sistemas de comunicación por satélite, los sistemas de seguridad por navegación aérea y marítima, así como por los sistemas informáticos sin cable;
- Se esfuerza por mejorar la accesibilidad a las telecomunicaciones en el mundo en desarrollo a través del asesoramiento, la asistencia técnica, la dirección de proyectos, los programas de formación y recursos para la información, y fomentando las agrupaciones entre las empresas de telecomunicaciones, los organismos de financiación y las organizaciones privadas;
- Engloba a 188 Estados Miembros y a más de 450 entidades del sector privado, que trabajan juntos para desarrollar sistemas de telecomunicaciones mejores y más

asequibles, y para ponerlos a disposición del mayor número posible de personas.

- ITU-T

El Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT (UIT-T), es el órgano permanente de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) que estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios, y publica normativas sobre los mismos, con vista a la normalización de las telecomunicaciones a nivel mundial, así como analizar las especificaciones técnicas necesarias para que los sistemas de comunicaciones sean compatibles con los elementos que conforman las redes y servicios de las TIC.

Funciones

Las normas producidas por el UIT-T conocidas como "*Recomendaciones*", son las que definen cómo funcionan e interactúan las redes de telecomunicaciones. Las Recomendaciones UIT-T no tienen carácter vinculante hasta que son adoptadas en la legislación nacional. No obstante, los niveles de cumplimiento son elevados debido a su aplicabilidad internacional y a la alta calidad garantizada por la Secretaría del UIT-T y los miembros procedentes de las principales empresas y administraciones del mundo.

- ISO

La **Organización Internacional de Normalización** o **ISO**, es el organismo encargado de promover el desarrollo de normas internacionales de fabricación (tanto de productos como de servicios), comercio y comunicación para todas las ramas industriales.

Las normas desarrolladas por ISO son voluntarias, comprendiendo que ISO es un organismo no gubernamental y no depende de ningún otro organismo internacional, por lo tanto, no tiene autoridad para imponer sus normas a ningún país. El contenido de los estándares está protegido

por derechos de copyright y para acceder a ellos el público corriente debe comprar cada documento.

La ISO está compuesta por representantes de los organismos de normalización (ON) nacionales, que produce diferentes normas internacionales industriales y comerciales. Dichas normas se conocen como «normas ISO» y su finalidad es la coordinación de las normas nacionales, en consonancia con el Acta Final de la Organización Mundial del Comercio, con el propósito de facilitar el comercio, el intercambio de información y contribuir con normas comunes al desarrollo y a la transferencia de tecnologías.

Funciones

Su función principal es la de buscar la estandarización de normas de productos y seguridad para las empresas u organizaciones (públicas o privadas) a nivel internacional.

- Organización Internacional de Telecomunicaciones por Satélite (INTELSAT).

La Organización Internacional de Telecomunicaciones por Satélite “Intelsat” es un organismo internacional que surge en 1965 y facilita las comunicaciones a nivel internacional, debido a que uno de sus principales fines consiste en suministrar el segmento espacial necesario para proveer a todas las áreas del mundo servicios públicos de telecomunicaciones.

Funciones

Tiene como objetivo principal el desarrollo, construcción, establecimiento, mantenimiento y explotación del segmento espacial del sistema comercial mundial de telecomunicaciones satelitales.

- ANSI

El **Instituto Nacional Estadounidense de Estándares** (ANSI, por sus siglas en inglés: *American National Standards Institute*) es una organización, no gubernamental, que supervisa el

desarrollo de estándares para productos, servicios, procesos y sistemas en los Estados Unidos. El ANSI es miembro de la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) y de la Comisión Electrotécnica Internacional (International Electrotechnical Commission, IEC). La organización también coordina estándares del país estadounidense con estándares internacionales, de tal modo que los productos de dicho país puedan usarse en todo el mundo.

Funciones

Acreditar a organizaciones que realizan certificaciones de productos o de personal de acuerdo con los requisitos definidos en los estándares internacionales. Los programas de acreditación ANSI se rigen de acuerdo a directrices internacionales en cuanto a la verificación gubernamental y a la revisión de las validaciones.

- ETSI

Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI, por sus siglas en Inglés: **European Telecommunications Standards Institute**), es una organización de estandarización independiente, no gubernamental, de la industria de las telecomunicaciones (fabricantes de equipos y operadores de redes) de Europa, con proyección mundial.

Funciones

Es responsable de la normalización de las Tecnologías de la información y la comunicación (TICs) dentro de Europa. Estas tecnologías incluyen telecomunicaciones, la radiodifusión y áreas relacionadas, como transporte inteligente y la electrónica médica.

- TIA

La Asociación de la Industria de Telecomunicaciones (TIA, por sus siglas en inglés) representa la industria mundial de tecnologías de la información y la comunicación (TIC). Los miembros de la industria incluyen compañías relacionadas con telecomunicaciones, banda ancha, telefonía móvil inalámbrica, tecnología de la información, redes, cable, satélite, comunicaciones unificadas y comunicaciones de emergencia. Cuenta con acreditación ANSI y se usa, principalmente, en el mercado norteamericano.

Funciones

Elaborar normas industriales, redactar iniciativas de políticas, implementar inteligencia de mercado y publicar una serie de estándares sobre el cableado estructurado para voz y datos para redes LAN.

Junto con algunas empresas que conforman un comité en TIA, se elaboran normas de telecomunicaciones para componentes de cableado de cobre y fibra óptica en la propiedad del usuario, ocupándose de topologías de cableado, configuraciones de tomas de corriente y diseño de sistemas, además de otros sistemas relacionados.

- EIA

La Alianza de Industrias Electrónicas (De acuerdo a sus siglas en Inglés es: **Electronics Industry Association**). Es una organización comercial compuesta como una alianza de asociaciones de comercio para los fabricantes de electrónica en los Estados Unidos. Estas asociaciones, a su vez rigen los sectores de la actividad de las normas de la EIA.

Funciones

Desarrollar y fijar normas y publicaciones sobre las principales áreas técnicas: los componentes electrónicos, electrónica del consumidor, información electrónica, y telecomunicaciones.

- IEEE

Instituto de Ingenieros Eléctricos y de Electrónica (por sus Siglas en Inglés IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers). Es 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 electricistas, ingenieros en electrónica, científicos de la

computación, ingenieros en informática, ingenieros en medicina, ingenieros en telecomunicaciones e Ingenieros en Mecatrónica. Principalmente responsable por las especificaciones de redes de área local como 802.3 Ethernet, 802.5 TokenRing, ATM y las normas de Gigabit Ethernet.

A través de sus miembros, más de 380.000 voluntarios en 175 países, el IEEE es una autoridad líder y de máximo prestigio en las áreas técnicas derivadas de la eléctrica original: desde ingeniería computacional, tecnologías bio médica y aeroespacial, hasta las áreas de energía eléctrica, control, telecomunicaciones y electrónica de consumo, entre otras.

Funciones

Según el mismo IEEE, su trabajo es promover la creatividad, el desarrollo y la integración, compartir y aplicar los avances en las tecnologías de la información, electrónica y ciencias en general para beneficio de la humanidad y de los mismos profesionales.

- COMISIÓN INTERAMERICANA DE TELECOMUNICACIONES (CITEL)

Creada en 1965 con la participación de casi todos los países miembros de la Organización de Estados Americanos (OEA).

Funciones

Promover y estimular el desarrollo de las telecomunicaciones, por medio del estudio, financiamiento, construcción operación normalización mantenimiento asistencia técnica, así como la unificación de criterios y normas técnicas relativas al uso y explotación de las telecomunicaciones, para lo cual recomienda estudios y promueve la adopción de acuerdos entre los estados miembros.

- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DEL COMERCIO (OMC)

Creado en 1994, cuenta con un Grupo de Negociación sobre Telecomunicaciones Básicas y Servicios de telecomunicaciones de valor añadido.

Funciones

Impulsar la libre circulación de bienes y servicios eliminando las trabas a la libertad de comercio y ha adquirido gran relevancia en el sector de las telecomunicaciones debido a que, en el seno de la Organización, se celebran distintos acuerdos vinculados con diversas actividades y sectores incluido el de las telecomunicaciones, cuyas actividades cada vez cobran mayor relevancia en el plano económico mundial.

- FSAN

El Grupo FSAN (de las siglas en inglés: The Full Service Access Network), que traducido al español sería: *Red de Acceso de Servicio Completo*, es un foro para proveedores líderes mundiales de servicios de telecomunicaciones, laboratorios de pruebas independientes y proveedores de equipos que trabajan hacia un objetivo común en las redes de acceso de fibra de banda ancha. FSAN cuenta con más de 70 organizaciones miembros, incluyendo más de 20 operadores de redes, que representan a los principales expertos en tecnologías BPON, GPON, XGPON1 y NGPON2.

Funciones

Conducir las normas existentes en los servicios y productos en la industria, mientras avanza simultáneamente con sus propias especificaciones en los organismos de normalización pertinentes. Este Grupo tiene mucho cuidado en asegurarse que no exista un mínimo solapamiento o esfuerzo duplicado con otras organizaciones como BBF (*Broadband Forum – Foro de Banda Ancha*).

- FTTH Forum LATAM

El Consejo Fiber-to-the-Home (FTTH) de las Américas, es una asociación (2001) que consiste en empresas y organizaciones que ofrecen video, Internet y / o los servicios de voz a través de banda ancha, todas las redes de fibra, así como las empresas que fabrican productos FTTH y otros involucrados en la planificación y construcción de redes FTTH.

Funciones

El Consejo trabaja para crear un grupo que comparta conocimiento y construya consenso de la industria sobre las cuestiones clave en torno a la fibra hasta el hogar.

4.3.2 Entidades y Organismos Nacionales que velan por el control de los servicios de telecomunicaciones

Entre las entidades nacionales de la República Argentina que rigen y controlan, con sus lineamientos, los servicios de las redes de telecomunicaciones tenemos:

- Ministerio de Comunicaciones

El **Ministerio de Comunicaciones** del Poder Ejecutivo Nacional de Argentina fue creado por decreto del presidente Mauricio Macri, mediante el decreto número 13/2015 del Boletín Oficial de la República Argentina, transfiriendo la AFSCA y la AFTIC a la órbita del ministerio. Además tiene a su cargo las empresas ARSAT y Correo Argentino.

- ENACOM

El ENACOM funciona en bajo el Ministerio de Comunicaciones de la Nación, creado por el decreto 267/2015, encargado del cumplimiento de la Ley 26.522 de Servicios de Comunicación Audiovisual y de la Ley 27.078 Argentina Digital —conocida como Ley de Telecomunicaciones. Su objetivo es conducir el proceso de convergencia tecnológica y crear condiciones estables de mercado para garantizar el acceso de todos los argentinos a los servicios de internet, telefonía fija y móvil, radio, postales y televisión.

Entidades que se disuelven y nuclean sus funciones en la ENACOM:

- AFTIC (Autoridad de Aplicación de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones)
- AFSCA (Autoridad Federal de Servicios de Comunicación Audiovisual)

Dentro de las principales funciones del ente se encuentran:

- Implementar un marco normativo homogéneo adecuado para el desarrollo de la industria, que redunde en el beneficio de usuarios y consumidores con el objeto de que puedan acceder a una mayor cantidad y diversidad de servicios a menores precios.
- Facilitar la defensa de la competencia contra toda forma de distorsión de los mercados, beneficiando a los consumidores y evitando las distorsiones en la competencia, como la ejecución selectiva de sanciones, el otorgamiento discrecional de licencias y cualquier mecanismo de premios y castigos arbitrarios u otras prácticas distorsivas.
- Resguardar el bienestar general y las condiciones de igualdad en el acceso de la población a servicios de calidad contribuyendo a eliminar la brecha digital.
- Mantener una política pública de acción rápida y eficaz que establezca un sendero racional en el desarrollo del sector, adaptando la regulación a los requerimientos del sector y la sociedad y colaborando en el reordenamiento del mercado de las comunicaciones.
- Garantizar la más amplia libertad de prensa, el pluralismo y el acceso a la información, fomentar el desarrollo de las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones, y avanzar hacia la convergencia entre las distintas tecnologías disponibles, garantizando la seguridad jurídica para fomentar las inversiones en infraestructuras.
- Mantener y garantizar el adecuado funcionamiento de los distintos actores del sector de las comunicaciones, adaptando de manera periódica las reglas de concentración por

impacto de las tecnologías y la aparición de nuevos factores o situaciones.

Organismos Vinculados:

- CONSEJO FEDERAL DE LAS COMUNICACIONES

El Consejo Federal de Comunicaciones del Enacom será el encargado de colaborar y asesorar en el diseño de la política pública de radiodifusión, telecomunicaciones y tecnologías digitales. Asimismo, será responsable de proponer pautas para la elaboración de los pliegos de bases y condiciones para los llamados a concurso o adjudicación directa de licencias. Por otro lado, asesora a la Autoridad de Aplicación cuando ésta lo considere necesario.

Este Consejo Federal también brindará un informe anual a la Comisión Bicameral de Promoción y Seguimiento de la Comunicación Audiovisual, las Tecnologías de las Telecomunicaciones y la Digitalización sobre el estado de cumplimiento de la ley y del desarrollo de la radiodifusión y de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en nuestro país.

- ARSAT (Empresa Argentina de Soluciones Satelitales Sociedad Anónima)

Empresa estatal argentina, que tiene los derechos exclusivos para operar y comercializar los satélites de comunicaciones geoestacionario posición orbital a 72 y 81 grados Oeste en banda ku que cubren América del Norte y América del Sur y en la banda C con una cobertura hemisférica.

ARSAT actualmente opera como un distribuidor de capacidad satelital a terceros, y también es responsable del desarrollo de satélites y la infraestructura terrestre para el sistema de televisión digital en Argentina. Sus instalaciones de telepuerto, están ubicadas en Benavídez, provincia de Buenos Aires, sirviendo a siete satélites que cubren toda la zona sur de América Latina, que

proporciona un amplio rango de servicios de telecomunicaciones, transmisión de datos, telefonía y televisión

- CABASE

Cámara Argentina de Internet. Fundada en 1989 y reúne a las organizaciones proveedoras de Servicios de Acceso a Internet, telefonía, soluciones de Datacenters y contenidos Online y Servicios relacionados con la Tecnología de Internet.

En el ámbito internacional, CABASE es socia fundadora de eCOM-LAC1 y LACNIC. Además, mantiene una participación permanente y activa en los principales organismos y foros internacionales relacionados con Internet y las TIC, tales como ICANN, la Cumbre Mundial de la Sociedad de la Información, el Foro de Gobernanza de Internet y la Alianza Internacional de ISP.

CABASE alberga una red de puntos de intercambio de tráfico (NAP). En Buenos Aires está el primer NAP Nacional, que constituye el punto de intercambio de tráfico nacional de Internet, y fue la primera iniciativa de este tipo en América Latina.

4.4 NORMATIVAS DE LAS INSTALACIONES EN TELECOMUNICACIONES EN ARGENTINA

Como normativas para las instalaciones en telecomunicaciones, principalmente en inmuebles menciono el siguiente reglamento:

4.4.1 Reglamento para Instalaciones de Telecomunicaciones en Inmuebles – Edición No 6 – Año 2015

En este apartado del trabajo, indico los lineamientos que menciona el reglamento donde se regulan las instalaciones de telecomunicaciones en inmuebles, remarcando especialmente las que se basan en tendidos de fibra óptica, mencionando con especial énfasis las tecnologías basadas en sistemas FTTX.

Características del reglamento:

- Este reglamento tiene por objeto establecer las características técnicas que deberá cumplir la infraestructura, instalaciones y servicios de telecomunicaciones y medios audiovisuales en inmuebles destinada a la captación, adaptación y distribución de señales procedentes de vínculos físicos terrestres, radiodifusión y satélite, así como las especificaciones mínimas que deben cumplir las edificaciones para tal fin.
- Toda edificación comprendida en el ámbito de aplicación del presente Reglamento deberá contar con la infraestructura común de acceso a los servicios de comunicaciones y medios audiovisuales sujetándose a las pautas establecidas en dicho Reglamento.
- La Autoridad de Control de los prestadores de los servicios de telecomunicaciones respecto de la calidad del servicio en los términos del Dec. N°764/2000 y de servicios de medios audiovisuales en los términos de la Ley N°26.522 es la Comisión Nacional de Comunicaciones (CNC). – Actualmente ENACOM.
- El Ente de Certificación Técnica (a designar por la Autoridad de Aplicación), tendrá por objeto la certificación y posterior habilitación de los proyectos para la conexión de los servicios.

- **El Consejo Profesional de Ingeniería en Telecomunicaciones, Electrónica y Computación (COPITEC):** Es Organismo delegado por el Estado Nacional para regular y controlar el cumplimiento de las normas sobre el ejercicio de la ingeniería en materia de telecomunicaciones, radiodifusión y computación, así como validar la competencia del especialista en la materia en el ámbito federal.
- **Prestadores y licenciarios:** Sujeto prestador y/o licenciario de servicios de telecomunicaciones en los términos del Dec. N°764/2000 y de servicios de medios audiovisuales en los términos de la Ley N°26.522 hasta los Puntos Terminales de la Red respecto de los usuarios.
- **Usuario:** Definido por la Resolución 1083/95 CNT, para los Servicios de Telecomunicaciones de Valor Agregado.
- **Proyectista:** Es el profesional matriculado en el COPITEC o en Consejos Provinciales que cuenten con acuerdos de reciprocidad con el COPITEC, autorizado a realizar proyectos, ejecución y certificaciones del equipamiento, la instalación de cañerías y cableados destinados a la captación y distribución de radiodifusión sonora, televisión y demás medios audiovisuales en edificios o barrios privados, campus educacionales y parques industriales de acceso público o privado, etc.

De acuerdo al Capítulo V del Reglamento, se puede destacar las recomendaciones sobre tendidos de FO:

“Este capítulo, trata sobre los sistemas de cableados ópticos en edificios, y tiene por objeto establecer las normas que se deberán respetar con relación a las instalaciones para brindar los servicios de telecomunicaciones y medios audiovisuales en los edificios, comprendida desde los Puntos Terminales de la Red Respecto de los usuarios.

- Esta normalización comprende en particular toda la infraestructura de cableados ópticos a realizar en los edificios para brindar los servicios de telecomunicaciones, ya fuese en proyecto del tipo Fibra al Edificio (FTTB), como en un proyecto del tipo de Fibra al Hogar (FTTH).
- En un proyecto de tipo Fibra al Edificio (FTTB) como Punto Final de la Red Externa de los prestadores, se extiende hasta el equipo activo del usuario, el Gabinete de Distribución Óptica (GDO), y de allí al Armario de Cruzadas del edificio, continuando luego como cableado interno con conductores de cobre.

- En un proyecto de tipo Fibra al Hogar (FTTH), como punto final de la red externa de los prestadores, se establecerá un Gabinete de Distribución Óptica (GDO) desde donde se extenderá el cableado interno del edificio, el que será realizado íntegramente con cables de fibra óptica.

Es decir que el cableado interno del edificio en este caso, está constituido íntegramente en fibra óptica en la red de planta externa hasta la Interfaz GDO, desde allí hasta la montante, como en la misma montante y en su red de distribución hasta el domicilio del usuario, ya fuese apartamento, oficina, local, taller, laboratorio, etc.

En particular se realizarán proyectos del tipo de Cable Estructurado, donde para el cableado interno se emplearán cables del tipo ópticos, UTP o STP.

Proyectos

“El proyecto de la instalación del cableado interno, tanto del tipo FTTB como del tipo FTTH, tendrá en cuenta la Tabla N° 3 del párrafo 5. 14, del Capítulo III - Cable Multipar, en lo que se refiere a prever las necesidades finales del edificio, y en cuanto a capacidades estimadas del potencial de líneas, de acuerdo al tipo y destino de uso del inmueble, bajo pautas fijadas por los propietarios del edificio.

Se deberá destinar un Cuarto de Telecomunicaciones, o lugar y espacio destinado a tal fin, de una superficie mínima de 4 m².

El mismo deberá tener cañerías de acceso al prestador de servicios desde su plantel exterior, como también cañería de vinculación con la montante del edificio.”

Gabinete de Distribución Óptica.

En el caso de considerar una red del tipo Fibra al Edificio (FTTB), el cable de fibra óptica de la planta externa del prestador de los servicios de telecomunicaciones y medios audiovisuales, se extiende hasta el Equipo Activo óptico/eléctrico del usuario contenido por el Gabinete de Distribución Óptica, y luego de allí al Armario de Cruzadas del edificio, continuando como el cableado interno multipar con conductores de cobre.

En este caso FTTB, el Gabinete de Distribución Óptica, actuando como interfaz del cable externo en fibra, al cableado interno del edificio constituido con cable multipar, tendrá las dimensiones mínimas de 1 m en alto, por 1 m en ancho y 0,30 m en profundidad.

En este caso FTTB, el Armario de Cruzadas podrá actuar conjuntamente con la función de Gabinete de Distribución Óptica. En ese caso debe destinarse un espacio adicional en él para la instalación del Equipo Activo, el que corresponde a las dimensiones indicadas en la siguiente Tabla.

Características		Equipo Activo 1	Activo 2
Dimensiones (cm)	Ancho Espesor Alto	56 x 20 x 65	72 x 25 x 83
Telefonía	Puertos/placa	64	64
	Placas/bastidor	1	4
Telefonía+VDSL2	Puertos/placa	32	32
	Placas/bastidor	2	4
Capacidad Máxima	Puertos	64	128

Tabla No 4. 1: Dimensiones para espacio en Gabinete de Distribución

En el caso de considerar una red óptica tipo Fibra al Hogar (FTTH), el cable de fibra óptica de planta externa del prestador de los servicios de telecomunicaciones, se extiende hasta el Gabinete de Distribución Óptica (GDO), interfaz al cableado óptico interno del edificio y desde allí

hasta los domicilios de los usuarios, donde termina en el Bloque Terminal Óptico, definido como BTO.

Este GDO, actúa además como punto de flexibilidad, puesto que permite incorporar splitters y patcheras a la red, y faculta compartir la acometida al cableado interno, en caso de que varios operadores abastezcan el edificio.

El ingreso del cable de fibra óptica de acceso desde la planta externa, se realizara por la parte inferior del Gabinete de Distribución Óptica y las salidas hacia la montante de las instalaciones internas, por la parte superior. Se realizarán como mínimo cuatro de estas salidas.

El Gabinete de Distribución Óptico, en su interior pueden ubicarse los equipos activos (Caso FTTB) o adaptadores para interconexión óptica (eventualmente splitters).

En la Sala de Telecomunicaciones, o lugar destinado a tal fin, se instalará el Gabinete de Distribución Óptica (GDO), sobre una de las paredes de la misma y se dispondrán bandejas para el ingreso y el egreso de los cables.

Se requerirá dejar un espacio libre de 1 m x 1 m sobre el frente del Gabinete de Distribución Óptica (GDO) para operar correctamente la apertura de sus puertas y efectuar el mantenimiento.

Sala de Telecomunicaciones

El cuarto de telecomunicaciones o espacio destinado a Sala de Telecomunicaciones, no podrá ser usado para el almacenamiento de tipo alguno de material, con excepción de herramientas y repuestos destinado al mantenimiento de la red.

No existirán desniveles en su piso y se deberá cumplir con los requisitos del código de edificación correspondiente.

El recinto donde se ubicara el equipo deberá disponer de iluminación artificial adecuada para operar en forma segura y efectiva los dispositivos y poder leer los instrumentos con facilidad.

El nivel de iluminación mínima en el local donde se ubique el tablero será de 200 Lx, medido a un metro de nivel del piso, sobre el frente del tablero. Contará con acceso libre a los ductos de plantel exterior y a la montante. En su caso se proveerá una bandeja de cables.

Alimentación del equipo activo opto-eléctrico

En el caso de red FTTB, para la alimentación del equipo activo opto-eléctrico, se proveerá alimentación del servicio eléctrico en corriente alterna, desde la red propia del edificio. Se deberá identificar en planos, el correspondiente punto de conexión.

Para dimensionar la alimentación de corriente, se considera que los equipos activos tienen un consumo promedio de 500 W.

En los casos en los cuales exista oposición por parte del consorcio, se evaluará la alternativa de ingresar con un cable de energía independiente solicitado por el prestador del servicio de telecomunicaciones a la empresa del servicio de energía eléctrica.

El equipo activo opto-eléctrico, es suministrado por el prestador del servicio de telecomunicaciones y deberá contemplar un selector de fase automático.

La puesta a tierra especificada para los equipos activos, deberá ser menor a 5 Ohm.

El proyecto se debe especificar fehacientemente el punto establecido como conexión a tierra.

Barrios cerrados privados

Esta norma será aplicable a los casos de barrios privados, clubes de campo o urbanizaciones cerradas, etc., que posean un cableado interno para brindar los servicios de telecomunicaciones, con las alternativas de FTTB o FTTH.

En la alternativa del tipo Fibra al Hogar (FTTH), la empresa prestadora llega con su red óptica hasta el GDO, elemento ubicado a la entrada del predio privado, que establece la interfaz al cableado óptico interno extendido hasta y dentro de las distintas edificaciones del predio y que constituye el punto terminal de la red externa del prestador.

En la alternativa del tipo Fibra al Edificio (FTTB), la empresa prestadora llega con su red óptica hasta el Gabinete de Distribución Óptica (GDO), como elemento opto-eléctrico, y desde allí con conductores de cobre al Armario de Cruzadas que establece la interfaz al cableado interno, que se extiende en cobre hasta y dentro de las distintas edificaciones del predio y que constituye el punto terminal de la red externa del prestador.

Para ambas alternativas, tienen validez y son aplicables los conceptos vertidos en los distintos Artículos de este Reglamento.”

4.5 CONCLUSIONES DE ESTE CAPITULO

Para este capítulo es importante mencionar que aun con las modificaciones de la Ley de Telecomunicaciones, no se especificó ninguna normativa referente a las nuevas tecnologías (redes convergentes, neutrales y abiertas) como tampoco una normalización en planes de capacitación en telecomunicaciones, en sus diferentes grados de tecnicatura y posgrado a nivel nacional. Existiendo una disparidad de planes, currícula y por lo tanto conocimientos final del profesional.

No alcanza, para el desarrollo de un país, solo los planes de obras a nivel nacional, sin emparejarse con contar con el personal suficiente con perfil profesional para realizar los trabajos de Operación y Mantenimiento, que es el punto más básico para que un proyecto sea sustentable.

Desde el punto de vista social el punto anterior, además de generar un plan de capacitación nacional en telecomunicaciones, con el objetivo no solo de contar con mano de obra idónea, a nivel de tecnología a nivel nacional, sino también que generar puestos de trabajo locales en cada ciudad, en cada pueblo, donde la red de comunicaciones transite y esto rehúnde en una mejora social y económica para sus habitantes.

CAPITULO V

IMPACTO DE LAS TECNOLOGÍAS EN REDES OPTICAS PASIVAS EN LA EDUCACIÓN Y EN EL MERCADO

5.1 Descripción

En los sistemas de telecomunicaciones en Argentina, observamos un pausado, pero sostenido cambio en cuanto a los servicios de acceso, la migración del mundo metálico, llámese redes sobre líneas de cobre, hacia las redes ópticas, avanzando hacia Fibra hasta la Casa o cualquiera de las variedades PON. Esto comparándolo con países de la región como Uruguay, Chile o Brasil.

Es notable resaltar la importancia que tienen la educación o preparación de profesionales en esta área para cubrir las necesidades, tanto de proyectos de redes públicas como en empresas privadas. El fenómeno de convergencia se da, en el marco de la visión de medios de transmisión, en el empleo de fibra óptica en todas las redes de telecomunicaciones de Transporte y Acceso fijo (FTTH).

Conocer los conceptos de Redes de Fibra Óptica de manera integral y dominar las diferentes técnicas relacionadas con la teoría conforma un valioso valor agregado para el técnico, que lo posiciona de una forma especial en el mercado laboral. Es importante destacar que en nuestra región, la demanda de profesionales con estos conocimientos y competencias específicas en proyectos de redes ópticas, va incrementándose sostenidamente en la mayoría de los países.

En Argentina, aun arraigada a sistemas sobre líneas de cobre, va afianzándose poco a poco sobre el cambio a redes ópticas. Ya sea por motivos políticos que influyen, con sus decisiones, la introducción de tecnologías, han hecho que la utilización de redes sobre fibra óptica sea lento, haciendo que esté entre los países más rezagados en la región. Esta y algunas otras razones han influido en la lenta convergencia y preparación del personal técnico de las empresas de

telecomunicaciones, cableras o cooperativas, pero se estima que en un par de años la mayoría de las redes metálicas habrán hecho buena parte de la transición.

5.2 Educación en Argentina

En esta sección empiezo por marcar, solo dentro de la república Argentina, los programas educativos orientados a paliar la transferencia de conocimientos de profesionales que están radicados en el mundo metálico hacia redes de fibra óptica.

5.2.1 Criterios utilizados para programas de escuelas técnicas, grado de ingeniero y posgrado en telecomunicaciones en la Rep. Argentina y su necesidad de adecuamiento moderno y escalonado de conocimiento en redes ópticas.

CoNEAU

Según lo redactado en su página institucional, **la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (CoNEAU)** es un organismo público de la república Argentina, dependiente de la Secretaría de Políticas Universitarias del Ministerio de Educación, encargado de la evaluación de las universidades públicas y privadas y la acreditación de sus respectivas carreras de grado y posgrado y de sus correspondientes títulos.

Su misión institucional es asegurar y mejorar la calidad de las carreras e instituciones universitarias que operan en el sistema universitario argentino por medio de actividades de evaluación y acreditación de la calidad de la educación universitaria.

Programas de escuelas técnicas, de grado y postgrado con especialidad en telecomunicaciones y orientados a redes de fibra Óptica.

La CoNEAU se encarga de la evaluación y acreditación de todas las carreras de grado reguladas por el Estado de acuerdo a estándares fijados por el Ministerio de Educación. Asimismo, se

encarga de determinar parámetros como los contenidos mínimos o la carga horaria de las carreras reguladas.

La acreditación de carreras de posgrado, al contrario que la de grado, no es compulsiva. Las instituciones que dicten carreras de posgrado y cumplan una serie de requisitos fijados por resoluciones del Ministerio de Educación y la CoNEAU pueden someterse a la evaluación voluntaria, que certifica el cumplimiento de los estándares mínimos de calidad. Las acreditaciones de posgrado reciben calificación A, B o C en orden decreciente de calidad académica.

5.2.1.1 Carreras de Grado

Según la página del Coneau, las Carreras de grado con orientación a las telecomunicaciones inscritas tenemos:

Carrera	Institución	Unidad Académica
Ingeniería Electrónica con Orientación en TeleCom.	Univ. de Belgrano	Facultad de Ingeniería y Tecnología Informática
Ingeniería Electrónica Or.TeleCom.	Univ. de Belgrano	Facultad de Ingeniería
Ingeniería en Electrónica EX orientación TeleCom.	Univ. de Mendoza	Facultad de Ingeniería
Ingeniería en Electrónica Orientación TeleCom.	Univ. de Mendoza	Facultad de Ingeniería
Ingeniería en Electrónica Orientación TeleCom.	Univ. de Mendoza	Facultad de Ingeniería
Ingeniería en Electrónica y TeleCom.	Univ. de Mendoza	Facultad de Ingeniería
Ingeniería en TeleComunicaciones	Univ. Blas Pascal	Vicerrectorado de Asuntos Académicos
Ingeniería en TeleComunicaciones	Univ. Blas Pascal	Vicerrectorado de Asuntos Académicos
Ingeniería en TeleComunicaciones	Univ. Blas Pascal	Vicerrectorado de Asuntos Académicos

Ingeniería en TeleComunicaciones	Univ. Argentina de la Empresa	Fac. de Ingeniería y Ciencias Exactas
Ingeniería en TeleComunicaciones	Univ. Argentina de la Empresa	Fac. de Ingeniería y Ciencias Exactas
Ingeniería en TeleComunicaciones	Inst. Universitario Aeronáutico	Facultad de Ingeniería
Ingeniería en TeleComunicaciones	Univ. de Morón	Facultad de Ingeniería
Ingeniería en TeleComunicaciones	Univ. Nacional de Río Cuarto	Facultad de Ingeniería
Ingeniería en TeleComunicaciones	Inst. Universitario Aeronáutico	Facultad de Ingeniería
Ingeniería en TeleComunicaciones	Univ. Católica de Salta	Facultad de Ingeniería
Ingeniería en TeleComunicaciones	Univ. Nacional de Río Cuarto	Facultad de Ingeniería
Ingeniería en TeleComunicaciones	Univ. de Morón	Facultad de Ingeniería
Ingeniería en Telecomunicaciones	Inst. Universitario Aeronáutico	Facultad de Ingeniería
Ingeniería en TeleComunicaciones	Inst. Univ. de la Policía Federal Arg.	Fac. de Ciencias de la Seguridad
Ingeniería en TeleComunicaciones	Univ. Nac. de General San Martín	Escuela de Ciencia y Tecnología
Ingeniería en TeleComunicaciones	Inst. Universitario de la Policía Federal Argentina	Formación de Grado

Tabla No 5. 1: Carreras de Grado inscriptas en el CuNEAU ⁵²

5.2.1.2 Carreras de Postgrado

Según la página del Coneau, las Carreras de posgrado con orientación a las telecomunicaciones inscriptas tenemos:

Carrera	Institución	Unidad Académica
Especc. en Gestión de las TeleCom.	Univ. de San Andrés	Departamento de Administración y Escuela de Posgrado

⁵² Fuente: Página institucional CuNEAU - <http://www.coneau.gov.ar/>

Espec. en Gestión de las TeleCom. - Modalidad a Distancia	Inst. Tecnológico de Buenos Aires	Escuela de Postgrado
Espec. en Gestión de las TeleCom.- Modalidad Presencial	Inst. Tecnológico de Buenos Aires	Escuela de Postgrado
Especialización en TeleComunicaciones	Inst. Tecnológico de Buenos Aires	Escuela de Posgrado
Especialización en TeleComunicaciones	Insti. Tecnológico de Buenos Aires	Escuela de Posgrado
Maestría en Ing. de las TeleCom.	Instit.Tecnológico de Buenos Aires	Escuela de Posgrado
Espec. en Servicios y Redes de TeleCom	Univ. de Buenos Aires	Facultad de Ingeniería
Espec. en Tecnologías de TeleComunicaciones	Univ. de Buenos Aires	Facultad de Ingeniería
Especialización en TeleCom. Telefónicas	Univ. Nacional de Córdoba	Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Especialización en TeleCom. Telefónicas	Univ. Nacional de Córdoba	Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, Escuela de Cuarto Nivel
Maestría en Ciencias de la Ing. - Mención en TeleCom.	Univ. Nacional de Córdoba	Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

Tabla No 5. 2: Carreras de Postgrado inscriptas en el CuNEAU⁵³

⁵³ Fuente: Página institucional CuNEAU - <http://www.coneau.gov.ar/>

5.2.2 Matriz comparativa de Centros educativos que ofrecen enseñanzas sobre redes Ópticas

En la siguiente matriz presento una comparación entre centros de capacitación, Carreras de grado y postgrado. Se indica a quienes va orientado, si es curso, carrera o posgrado, su duración y modalidad. Si dentro de su plan de estudios se presentan laboratorios o prácticas con equipamiento real, no virtual y también si incluyen la presentación de material en base a redes ópticas pasivas (PON con ofertas de FTTH).

Centro Educativo	Orientado a	Tipo	Duración	Modalidad	Práctica	GPON
					c/equipos	FTTH
UTN-Buenos Aires	Estudiantes y Técnicos	Curso	120hrs	A Distancia	NO	SI
Fundación Proydesa	Técnicos	Curso	24hrs	Presencial	SI	SI
Serprotel Argentina	Técnicos	Curso	16hrs	Presencial	SI	SI
FibroMarket	Técnicos	Curso	16hrs	Presencial	SI	NO
COMUNITEL	Técnicos	Curso	16hrs	Presencial	SI	SI
Univ. Blas Pascal	Estudiantes	Carrera	5años	Presencial	NO	NO
Univ. Buenos Aires UBA	Estudiantes	Carrera	2 años	Presencial	NO	NO
Univ. Arg. de la Empresa	Estudiantes	Carrera	5 años	Presencial	NO	NO
Inst. Univ. Aeron. Córdoba	Estudiantes	Carrera	5 años	Presencial	NO	NO
Universidad de Palermo	Estudiantes	Carrera	5 años	Presencial	NO	NO
Univ Buenos Aires UBA	Estudiantes	Postgrado	1.5año	Presencial	NO	NO

Univ. San Andres	Estudiantes	Postgrado	1.5años	Presencial	NO	NO
UTN-Buenos Aires	Estudiantes	Postgrado	1.5años	Presencial	NO	NO
ITBA	Estudiantes	Postgrado	2años	Presencial	NO	SI
Univ. Nac. Rosario	Estudiantes	Especializ.	2años	Presencial	NO	NO

Tabla No 5. 3: Matriz comparativa Centros Educativos en Argentina

En base a lo investigado para completar la matriz anterior, puedo destacar algunos puntos relevantes en cuanto a la educación en Argentina, para las carreras técnicas orientadas a la enseñanza de redes ópticas:

5.2.2.1 Puntos relevantes

- A pesar que no haya un aumento en carreras en telecomunicaciones, inscritas en el CoNEAU, a lo largo del país y específicamente orientado en redes ópticas, noto un ligero aumento de cursos o capacitaciones para técnicos o especialistas dictadas por centros de capacitaciones para empresas privadas.
- Es muy importante recalcar que en casi todos los cursos o capacitaciones, se utiliza equipamiento actualizado o de última generación, para la enseñanza específica de redes ópticas.
- Apertura de pequeños cursos, para la formación de técnicos especializados en fibra óptica, no solo en ciudades importantes de las provincias más populosas, sino en más pequeñas donde ya hay cooperativas dedicadas al despliegue de tecnologías de acceso, como GPON y HFC.
- Aparición de Cursos bastante específicos en Operación y mantenimiento de redes de datos y conectividad GPON, no solo a lo referente a Conexión, fusonado, Testeo y Certificación de redes de Fibra Óptica.

5.2.2.2 Puntos Flojos

- Carreras de grado y posgrado en telecomunicaciones solo en Universidades de las principales ciudades de Argentina, sobre todo en las universidades que se encuentran en la periferia de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
- Pocas carreras de grado y postgrado incluyen prácticas o laboratorios con equipamiento en fibras ópticas. La mayoría solo te indican los tipos de fibras, conectorizado,
- Material escaso en los planes de estudios referentes a redes ópticas pasivas.
- Estancamiento en cuanto a las inversiones de empresas para despliegue de nuevos proyectos en redes ópticas. Esto hace que pocos técnicos tengan la necesidad de especializarse para migrar hacia las nuevas tecnologías.
- Lentitud por parte del Estado para la promoción de una paulatina migración hacia redes ópticas y el aumento de carreras para la capacitación del personal técnico.

5.3 Mercado Laboral en la Región

La demanda de instalaciones basadas en redes de Fibra Óptica, hace necesario contar con personal técnico altamente calificado para realizar nuevas instalaciones y mantenimiento de las mismas. La FO requiere del desarrollo de técnicas diferentes a las que se utilizan para las instalaciones convencionales de líneas de cobre, por lo que requiere una capacitación específica. Esto brinda a muchos jóvenes o técnicos de otras tecnologías la posibilidad de una rápida inserción laboral.

En Argentina, a medida que aumentan el número de empresas de tecnologías que ofrecen entre sus servicios el despliegue de redes ópticas, va creciendo de igual manera el número de técnicos, para el diseño, despliegue inicial y mantenimiento para mantener la demanda.

Según datos obtenidos de diferentes gremios (Fuente Ing. Miguel Ibañez), en Argentina, la diferencia hasta el momento de técnicos especialistas en tecnologías sobre cobre vs los técnicos especializados en Fibra Óptica distan mucho de números ideales, que sí se presentan en países vecinos, donde el desarrollo de infraestructura va de la mano con la especialización de los técnicos que la mantienen.

Estos son los datos:

- Telefónica (FOETRA/gremios): 2500 técnicos
- Telecom (FOETRA/gremios): 1800 técnicos
- Cooperativas 4000 técnicos (400 cooperativas x 10 técnicos c/u)
- Cablevision: 1500 (técnicos propios y contratados)
- Telecentro: 200 (técnicos propios y contratados)
- Supercanal :400 (técnicos propios y contratados)

Total aproximado: 10.000

Técnicos especializados en Fibra Óptica: 260 (2013).

Según la experiencia de la fuente consultada, se calculan que se especializan alrededor de 20 técnicos por año, esto serían: 320 total aproximadamente.

A continuación presento algunos datos referentes al trabajo laboral:

5.3.1 Bolsas de Empleo

Las bolsas de empleo en Argentina y países de la región donde la búsqueda se centra en técnicos o comerciales especializados en fibra óptica. Centro especial atención en las ofertas laborales que sean específicas para redes GPON y FTTH.

Utilicé las mismas palabras de búsqueda en las diferentes páginas de empleo de Argentina y los países vecinos: GPON, FTTH y Fibra óptica. En cada una de ellas, los resultados se enmarcan en las siguientes categorías:

- Técnico de Empalme o Fusionador de FO.
- Técnico de campo, Instalador.
- Técnico Certificador:
- Ingeniero en Telecomunicaciones, técnico en mantenimiento y especialista en monitoreo de redes ópticas.
- Técnico especialista en redes GPON-FTTH.
- Comercial o Ventas.

Cabe destacar que no estoy haciendo mención a la cantidad de puestos de trabajo, sino a la cantidad de resultados encontrados en las páginas de búsqueda laboral. Es decir, una empresa puede necesitar varios puestos de trabajo, pero lo hace en una misma publicación.

A continuación se enumeran los requisitos que buscan las empresas que publican las ofertas laborales:

Técnico de Empalme o Fusionador de Fibra Óptica:

- Experiencia no menor de 1 año como técnico de empalme de fibra óptica.
- Trabajos en vía pública, ferrocarriles y edificios.
- Conocimiento de las evoluciones de enlaces de radio y sus componentes.
- Conocimiento en Cableados de Fibra Óptica, plantel exterior y cableado estructurado.
- Educación Mínima Primaria.

Técnico de Campo, Instalador:

- Manejo, instalación y retiro de cable de fibra óptica.
- Investigación de canalizaciones y rutas de cables de fibra óptica existente, para levantamiento de planos de acuerdo con las órdenes de trabajo.
- Cumplimiento de recorridos preventivos analizando durante la recorrida los posibles puntos de peligro de afectación por terceros o naturaleza a la Fibra óptica instalada en rutas existentes.
- Atención de emergencias ocurridas sobre la Fibra Óptica, realizando los trabajos necesarios para la reparación.
- Experiencia en Empresas de Servicios de Telecomunicaciones, desarrollo y ejecución de trabajos de instalación y tendido de cables de fibra óptica, o en trabajos de empalme y prueba de cables de fibra óptica.
- Conocimientos de empalme por fusión y prueba de cables de fibra óptica, medición con OTDR's.
- Amplio dominio en la manipulación de las herramientas requeridas para desarrollar las funciones propias de su cargo.
- Además de registro de conducir, manejo de software en pc, trabajo en grupo, disponibilidad horaria, disponibilidad para viajes.

Técnico Certificador

- Administrar los certificados de Obra de los contratistas.
- Controlar, administrar y registrar los certificados de obras de tendidos de fibra optica, fusiones y algunas obras civiles.
- Experiencia en certificaciones de Obra.
- Conocimientos básicos de Materiales y Logística.
- Manejo de Autocad, Excel y Base de datos.
- Deseable que sea estudiante de Arquitectura o Ingeniería Civil.

Ingeniero en Telecomunicaciones, técnico en mantenimiento y especialista en monitoreo de redes ópticas.

- Egresado o Titulado de Ingeniería en Telecomunicaciones, Redes, Electrónico, Electricidad o afín. Con al menos 2 años de experiencia comprobada liderando y

gestionando equipos de trabajo. Manejo y Gestión de Contratistas.

- Conocimientos específicos en implementación de redes en FO (FTTH, P2P, HFC).
Diseño, Arquitectura, topologías e instalaciones.
- Experiencia en la aplicación de normativas para el tendido de cableado, conectorización, canalización, instalación de tecnologías en cableado de fibra óptica.
- Conocimientos en Redes de Acceso, Networking y seguridad.
- Experiencia en manejo de contratos y presupuestos.
- Conocimiento avanzado de herramientas computacionales.
- Otras competencias necesarias: Orientación a Resultados, Gestión de Proyectos, tolerancia bajo presión, Liderazgo y desarrollo de personas.
- Supervisión de Contratistas dependientes.
- Supervisión de obras.
- Administración y monitoreo de red local.
- Habilidades para el análisis y solución de problemas.
- Experiencia en administración de servidores.
- Administración de Back up diario y restauración.
- Elaboración de documentación.
- Asistencia a los usuarios de manera remota.
- Reparación de equipos, instalación de programas
- Seguimiento y supervisión de tickets de casos.

Técnicos especialistas en redes GPON FTTH

- Experiencia en el mantenimiento de redes GPON.
- Elaborar proyectos, montar, instalar y realizar mantenimiento correctivo e preventivo en el equipamiento activo.
- Sugerir cambios en el proceso de producción, creación e implementación de los sistemas de automatización.
- Buenos conocimientos con equipos de uso en telecomunicaciones.
- Nociones básicas de electricidad, electrónica y redes de acceso de telecomunicaciones.
- Conocimientos avanzados en redes FTTH.

Comercial o Ventas.

- Habilidades comerciales con orientación técnica y manejo de clientes.

- Experiencia en el área comercial, rubro o similar computación, informática, telecomunicaciones, tecnologías en Fibra Óptica.
- Disponibilidad para asistir a capacitaciones.
- Entregar especificaciones y características técnicas de los productos que se comercializan.
- Preparar cotizaciones de ventas y hacer su seguimiento.
- Hacer cierres de ventas.
- Proporcionar asistencia a los ejecutivos de cuentas

Presento a continuación los resultados de las búsquedas de trabajo, con especialidad en Fibra Optica tanto en Argentina como en países de la región donde ya tienen desplegados redes GPON-FTTH. La fecha de búsqueda se realizó en Junio 2016 y se utilizaron las principales páginas de búsqueda laboral.

Argentina

La búsqueda se realizó en las páginas de:

- Opción Empleos.
- Bumeran
- ZonaJobs
- Empleos Clarin y
- Computrabajo



Figura No 5. 1: Resultados de Búsqueda por Categorías ⁵⁴

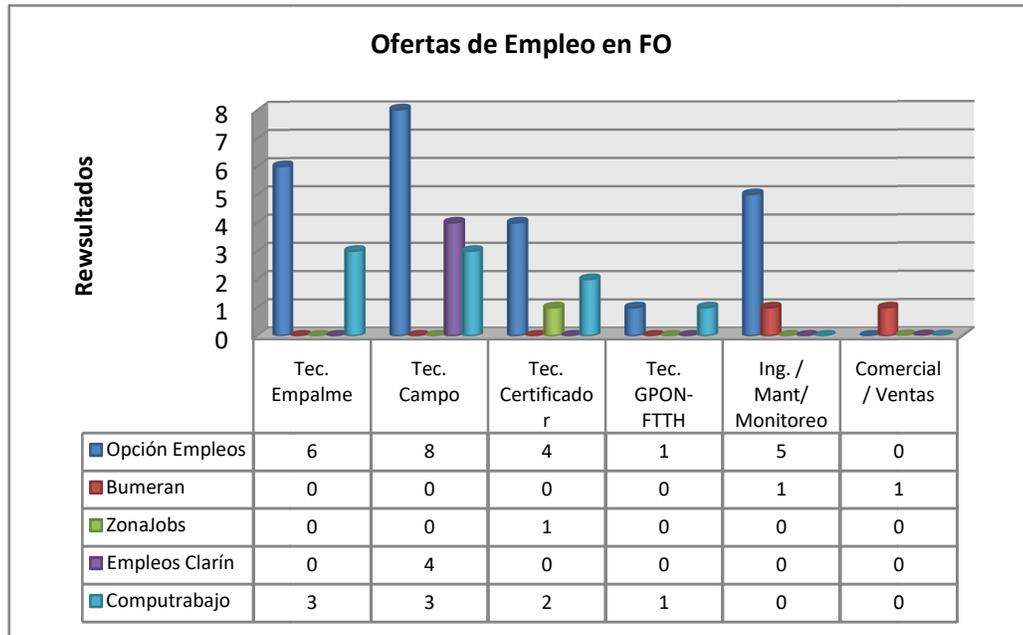


Figura No 5. 2: Resultados de Vacantes de Especialistas en FO ⁵⁵

⁵⁴ Fuente: Principales Bolsas de empleo de Argentina

⁵⁵ Fuente: Principales Bolsas de empleo de Argentina

Resultados:

- La página de búsqueda con mayores ofertas laborales fue Opcion Empleo.
- La búsqueda que dio mayores resultados, dependiendo del tipo de tecnología, fue la de Fibra Óptica.
- Las especialidades más buscadas estuvieron entre técnicos de campo y técnicos de empalme.

Chile

La búsqueda se realizó en las páginas de:

- Trabajando.
- Bolsa Nacional de Empleo
- Computrabajo
- Laborum y
- Chile Trabajo

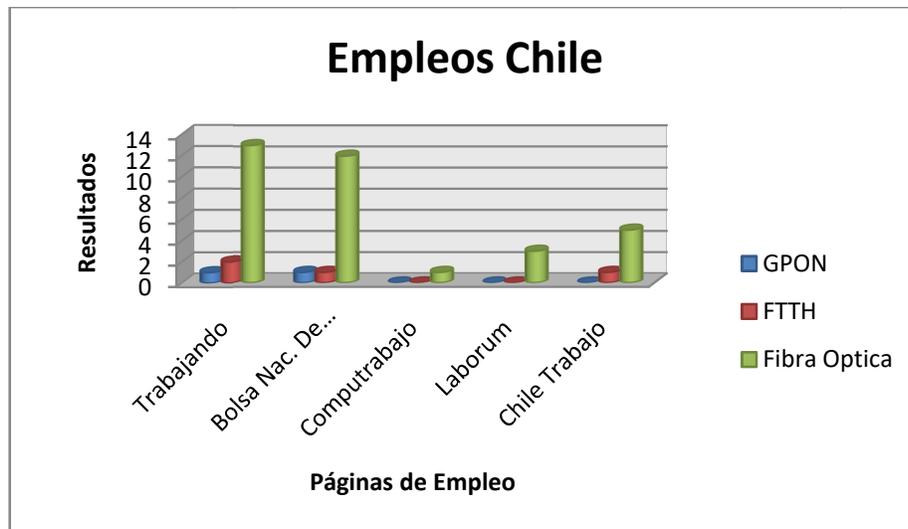


Figura No 5. 3: Resultados de Búsqueda por Categorías ⁵⁶

⁵⁶ Fuente: Principales Bolsas de empleo de Chile

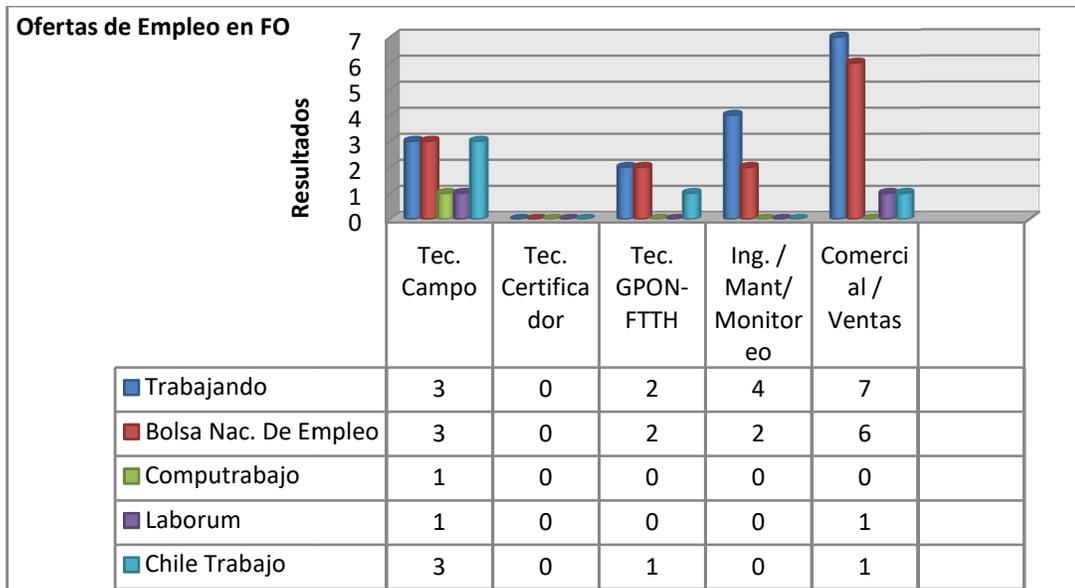


Figura No 5. 4: Resultados de Vacantes de Especialistas en FO ⁵⁷

Resultados:

- Las páginas de búsqueda con mayores ofertas laborables fueron Trabajando y Bolsa Nacional de Empleo.
- La búsqueda que dio mayores resultados, dependiendo del tipo de tecnología, fue al igual que en Argentina Fibra Optica.
- La especialidad más buscada, según la gráfica de la Figura No 5.4 fueron los puestos comerciales

BRASIL

La búsqueda se realizó en las páginas de:

- Trabalhando
- Catho
- Manager
- Infojobs
- Empregos

⁵⁷ Fuente: Principales Bolsas de empleo de Chile

Cabe hacer mención que Brasil con una población de más de 210 millones de habitantes, las mayorías de las bolsas de empleos, por lo general están divididas en sus estados más populosos (Rio de Janeiro y San Pablo), sin embargo las 5 que elegí abarcan todo el país.

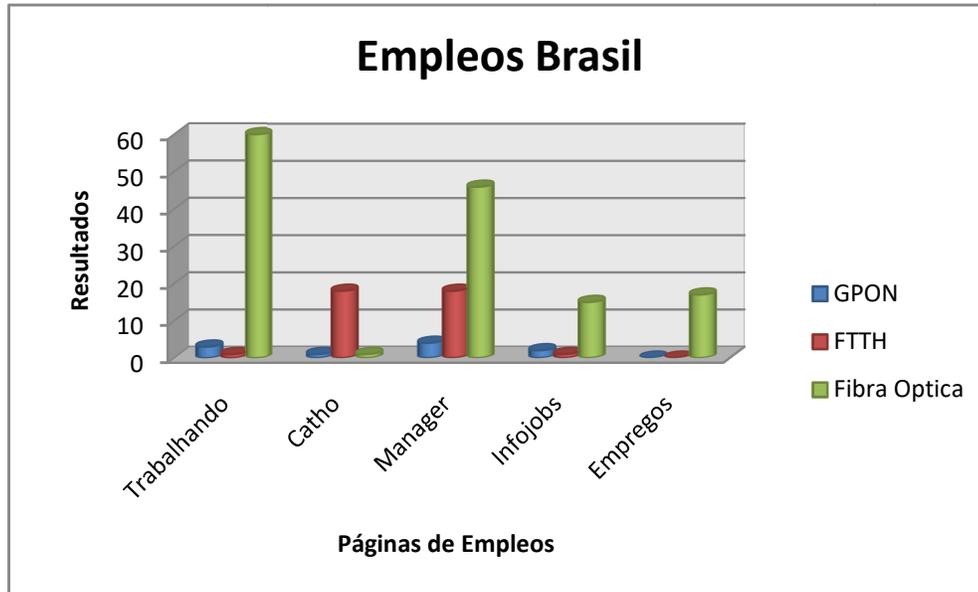


Figura No 5. 5: Resultados de Búsqueda por Categorías ⁵⁸

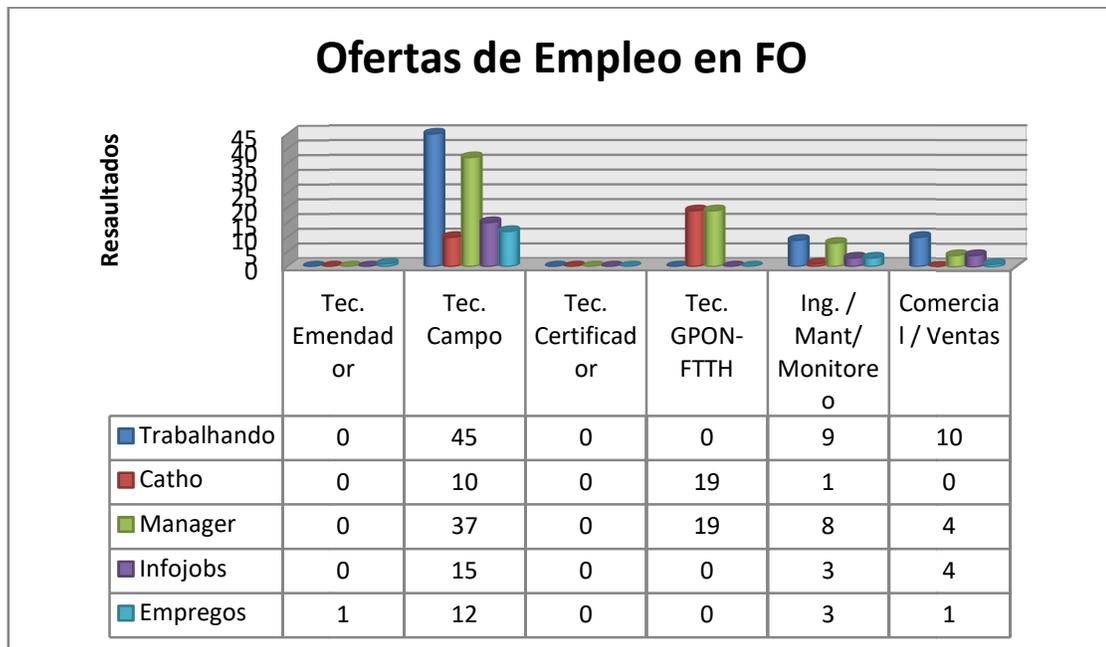


Figura No 5. 6: Resultados de Vacantes de Especialistas en FO

⁵⁸ Fuente: Principales Bolsas de empleo de Brasil

Resultados:

- Las páginas de búsqueda con mayores ofertas laborables fueron Trabalhando y Manager,
- La búsqueda que dio mayores resultados, dependiendo del tipo de tecnología, fue al igual que en Argentina y Chile, Fibra Optica.
- La especialidad más buscadas, según la gráfica de la Figura No 5.6 fueron los Técnicos de Campo.

CAPITULO VI

PUNTOS DE CONTINUACIÓN PARA FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO

6.1 Actualización de la tecnología GPON.

Con el aumento de los servicios más innovadores, como la televisión de Alta Definición 4K, las casas inteligentes, Internet de las cosas, Fibra hasta el Hogar, se está viendo una nueva ola de desarrollo. Los servicios están poniendo cada vez mayores demandas de ancho de banda, y 1 Gbit / s de soluciones FTTH ocupan un lugar destacado entre los portadores.

La Ultra banda Ancha (Ultra Broadband) y la convivencia con las tecnologías existentes son algunos de los requisitos generales de las operaciones de red para la evolución directa de las redes PON. Los operadores, en todo el mundo, tratan de aumentar sus ingresos a través del desarrollo de servicios basados en el aumento de ancho de banda.

En un futuro próximo, los nuevos modelos de negocio, como la edición de vídeo interna, juegos en línea, e-aprendizaje interactiva, los servicios de telemedicina y la próxima generación de televisores 3D aumentarán drásticamente la necesidad de ancho de banda.

El despliegue de las redes PON implica una inversión inicial significativa y un retorno lento. La protección de las inversiones, aprovechando las ventajas de las redes de distribución óptica (ODN) existentes, es esencial para los operadores. A medida que los servicios de mayor ancho de banda son mantenidos por el desarrollo masivo de las redes PON en todo el mundo, los operadores esperan aún más este tipo de redes ópticas pasivas. Esto incluye aumento de ancho de banda y capacidad de soporte de servicio, así como un mejor rendimiento de la conexión a los

nodos en las redes PON existentes, por lo que la evolución de esta tecnología es un elemento clave para la industria de las Telecomunicaciones.

FSAN (Full Service Access Network) y el UIT-T son el grupo de interés de las redes PON y la organización del estándar, respectivamente. De acuerdo a su opinión, la próxima generación PON se divide en dos fases: NG-PON1 (XG-PON – X número romano 10) y NG-PON2 (WDM-PON). . A mediano plazo las mejoras en las redes PON se definen como XG-PON, mientras NG-PON-2 es una solución a largo plazo en la evolución PON que requerirá ciertos cambios.

6.1.1 Descripción y evolución de redes NG PON

Dado que los servicios completos se aprovisionan por el despliegue masivo de redes PON en todo el mundo, los operadores esperan más de ellos. Estos incluyen la mejora de anchos de banda y capacidades de soporte de servicios, así como un rendimiento mejorado de nodos de acceso y equipos de apoyo sobre sus redes PON existentes.

La dirección de la evolución PON es una cuestión clave para la industria de las telecomunicaciones.

Los principales requisitos de estas dos evoluciones tecnológicas son, a saber:

- La coexistencia con los sistemas GPON ya desarrollados y
- La reutilización de la planta externa, teniendo en cuenta que el ODN representa el 70% de la suma de las inversiones en el despliegue PON.

Por lo tanto, es esencial para la evolución NGPON que sea compatible con las redes desplegadas.

Con la especificación de la coexistencia de los sistemas y la reutilización de los ODN, el único problema de la migración de GPON a XG-PON1 y NG-PON-2 es la madurez de la tecnología y la necesidad de mayor ancho de banda.

A diferencia de NG-PON1 que tiene objetivos claros y desarrollos emergentes, hay muchas tecnologías que pueden ser las candidatas para ser las redes que evolucionen en redes NG-PON-2. Quedando en claro, que la tecnología elegida debe superar la tecnología XG-PON1 en términos de compatibilidad en el ODN, ancho de banda, capacidad y la rentabilidad.

Evolución

Después que se hicieron las recomendaciones GPON, FSAN y UIT-T continuaron el estudio de NG-Pons y se define la primera fase de NG-PON como sistemas que ofrecen bajos costos, de gran capacidad, cobertura amplia, de servicio completo, y la interoperabilidad con la tecnología existente.

Los miembros de FSAN y UIT están de acuerdo que a largo plazo las redes PON evolucionarán en nuevo escenarios si coexisten con las redes de sistemas ya desplegados. Además de la multiplexación por división de tiempo (TDM) de las redes PON, otras tecnologías se podrían tener en cuenta para las redes NG-PON-2.

Como se muestra en la Figura No 6.1, FSAN divide las redes en XG-PON1 y NG-PON-2. Mientras que las redes XG-PON1 son una actualización de mitad de período, que es compatible con el legado ODN GPON, las redes NG-PON-2 son una solución de una evolución PON a largo plazo, que pueden ser desplegadas sobre nuevas ODNs, independiente de las normas GPON.

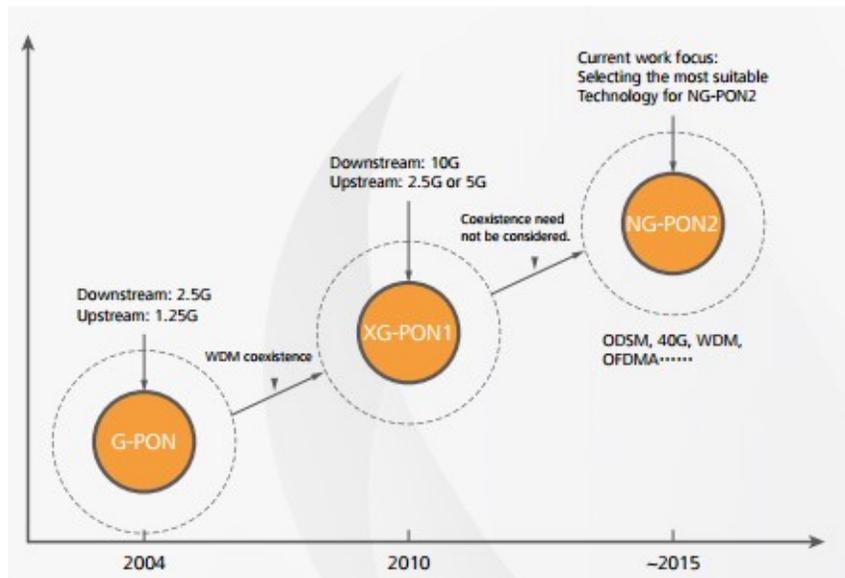


Figura No 6. 1: Evolución de las redes NGPON ⁵⁹

Las redes XG-PON1 aprovechan el uso de las redes existentes de GPON para abaratar los costos impulsados por los servicios, las demandas de ancho de banda en sentido descendente superando las demandas de ancho de banda ascendente por un largo período. Por lo tanto, FSAN ha decidido definir XG-PON1 como un sistema 10G asimétrica con tasas de 10G descendente y 2.5G ascendente. El sistema de XG-PON1 es esencialmente una PON TDM mejorada de GPON.

A diferencia de XG-PON1, hay varios tipos de tecnologías potenciales que podrían adoptarse para las redes NG-PON-2. Entre las posibles tecnologías, una sugerida línea de base es el de mejorar la tasa a 40G/10G siguiendo con TDM. El segundo método es el empleo de Multiplexación por división de longitud de onda (WDM) PON para lograr el acceso 40G. El tercer método es OCDMA-PON. Utiliza Acceso múltiple por división de (CDMA) para codificar señales de las ONU's, evitando de esta manera la asignación intervalo de tiempo requerido para los datos de Transmisión usando TDMA.

La topología PON O-OFDMA es una opción que utiliza la tecnología OFDM (Multiplexación por División de Frecuencias Ortogona para diferenciar las ONU, así efectivamente mejora el uso de

⁵⁹ Fuente: Huawei Technologies

ancho de banda. Sin embargo, la mayoría de estas tecnologías se encuentran aún en la fase de investigación.

6.1.1.1 Redes XG-PON1 (10GPON).

El requisito general de las redes XG-PON1 es proporcionar una mayor transmisión de datos que las redes GPON actuales.

El sistema de XG-PON1, estandarizada en el UIT-T como Rec. G987.x, la tasa de subida es de 2,5 Gbps y la tasa bajada es de 10Gbps, cuatro veces la capacidad de GPON. En particular, la ODN en XG-PON1 totalmente hereda la de GPON, lo que implica que las fibras ópticas y divisores en sistemas GPON se pueden reutilizar en XG-PON1.

Como XG-PON1 hereda la elaboración y gestión de las redes GPON, XG-PON1 proporciona operaciones de servicio completo a través mayor tasa de división y más grande para apoyar una estructura de red PON aplanada.

En octubre de 2009, UIT-T consintió los requisitos generales y las especificaciones de la capa física de XG-PON1 y los publicó en marzo de 2010, anunciando la era NG-PON.

XG-PON1 hereda el punto a multipunto (P2MP) de la arquitectura de GPON y es capaz de soportar el acceso diversos escenarios, tales como fibra hasta el hogar (FTTH), fibra a la celda celular (FTTCell), fibra al edificio (FTTB), fibra hasta la acera (FTTCurb) y fibra hasta el armario (FTTCabinet). Los escenarios de aplicación de XG-PON1 se muestran en la Figura No 6.2.

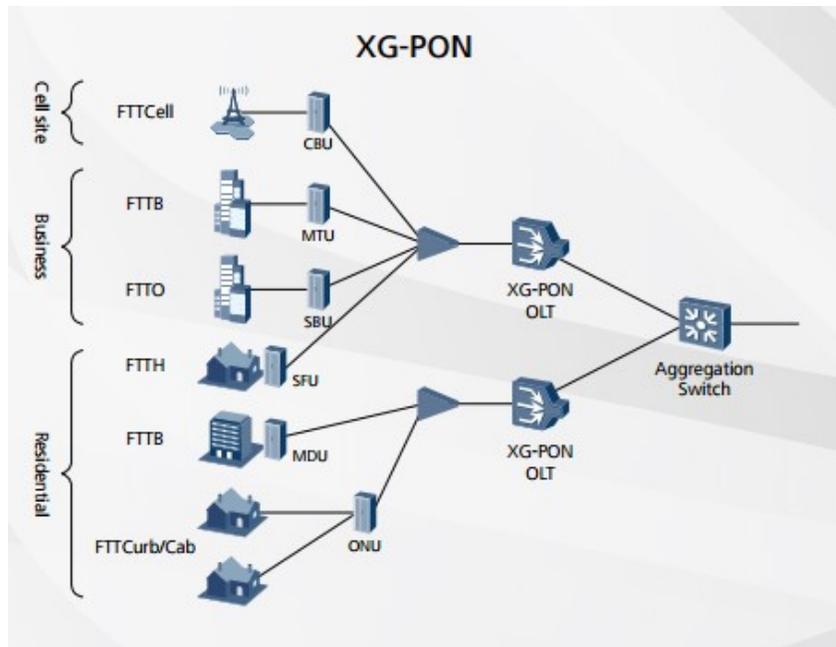


Figura No 6. 2: Topología de red XGPON ⁶⁰

XG-PON1 coexiste con GPON en el mismo ODN (Optical Distribution Network), protegiendo así las inversiones de los operadores que invirtieron en GPON. Como se indica en las especificaciones de la capa física de XG-PON1, la longitud de onda de upstream/downstream de XG-PON1 es diferente de la de GPON. Se logra la compatibilidad entre ambos mediante la implementación de WDM (Wavelength Division Multiplexing) en downstream y WDMA (Wavelength Division Multiplexing Access) en el upstream. Ese es decir, una WDM1 se despliega en la oficina central (CO) y una FMB se despliega en el lado del usuario (podría ser ubicado dentro de una unidad ONU, entre una unidad ONU y un divisor óptico, o en un divisor óptico) para multiplexar o demultiplexar longitudes de onda de múltiples señales en sentidos descendente y ascendente. La coexistencia de GPON y XG-PON1 se muestra en la Figura No 6.3.

⁶⁰ Fuente: Huawei Technologies

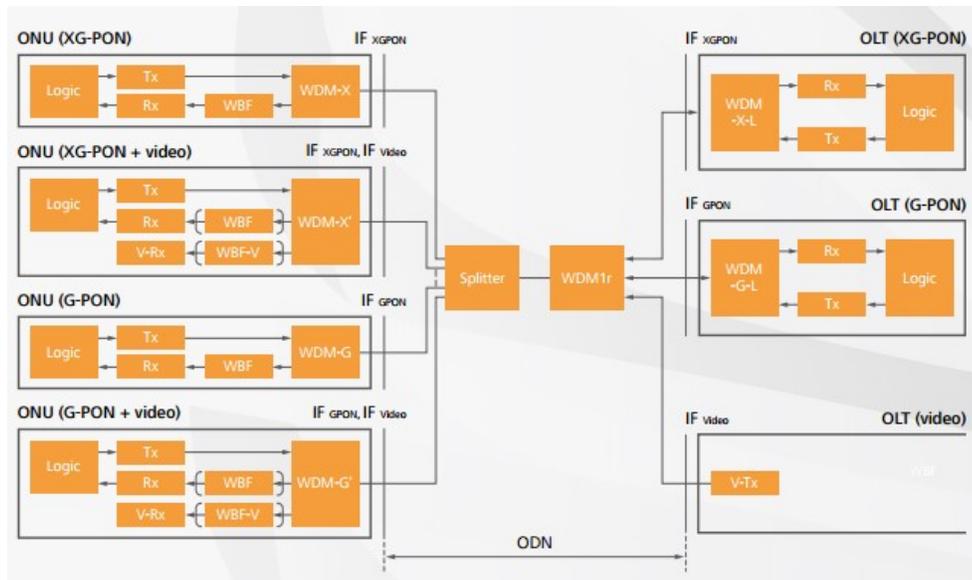


Figura No 6. 3: Coexistencia de XGPON y GPON a través de WDM1r⁶¹

Especificaciones de la capa física

Impulsada por el mercado de transceptores ópticos 10G, FSAN seleccionó la longitud de onda de bajada en 1575-1580 nm para promover la madurez de la tecnología.

⁶¹ Fuente: Huawei Technologies

Item	Especificaciones	Observaciones
Fibra Óptica	Compliant with [ITU-T G.652]	Las Fibras Ópticas que son compatibles con la norma ITU-T G6.57 son aplicados en despliegues XG-PON1
Plan de Longitud de Onda	Upstream: 1260 to 1280 nm Downstream: 1575 to 1580 nm	Bajada: De 1575 a 1581 nm (para despliegues en exterior)
Power budget	N1: 14 a 29 dB (en aplicaciones que no existen). N2: 16 a 31 dB (usado en aplicaciones que sí existen)	
Velocidades	Bajada: 9,95328 Gbps Subida: 2,48832	
Derivaciones	Al menos 1:64 Escalable 1:128 y 1:256	
Alcance Transmisión Física Máxima	Al menos 20Km	
Alcance Transmisión Lógica Máxima	Al menos hasta 60Km	
Alcance Lógico Diferencial Máximo	Escalable hasta 40Km	

Tabla No 6. 1: Especificaciones de la capa física de XGPON-1⁶²

La tasa de downstream se especificó en 10Gbps, impulsado por lo bien establecido y el bajo costo de la tecnología de transmisión continua de 10Gbps. La tasa exacta se determina como 9.95328 Gbps para mantener la coherencia con las tasas típicas del UIT-T.

Después de estudiar los escenarios de aplicación y los costos de los componentes, se seleccionó la tasa de 2.5Gbps de Upstream. El upstream de 10Gbps no se consideró como el foco de estudio, principalmente por su alto costo y escenarios de aplicación limitada en el futuro cercano.

Especificaciones de la Capa de Convergencia de Transmisión

La capa XG-PON1 de convergencia de transmisión optimiza el procesamiento básico de los mecanismos de la capa de GPON TC mediante la mejora de, elaboración de la estructura, de la asignación de ancho de banda dinámico (DBA), y mecanismos de activación.

Gestión y Configuración

⁶² Fuente: Huawei Technologies

La gestión y configuración de XG-PON1 no deben verse afectados por los cambios en las tecnologías de la capa inferior. Por lo tanto, la Recomendación UIT-T [G.984.4] se adoptó como línea de base para la elaboración de normas. Esto facilita aún más la compatibilidad hacia atrás con GPON y reducen al mínimo los cambios. XG-PON1 hereda casi el 90% de la tecnología GPON OMCI con menores modificaciones a [G.984.4].

La gestión de las ONUs y los mecanismos configuración son bastante estables desde A / B-PON hacia GPON y XG-PON1. Por lo tanto, se decidió que las series PON TDM de ITU-T requieren sólo una norma general de OMCI aplicable a todos los sistemas PON. Este es el concepto de OMCI genérico, que ganó amplio reconocimiento y apoyo de la industria.

Interoperabilidad

La interoperabilidad es la característica más impresionante de GPON y XG-PON1.

La Recomendación [G.988] adopta básicamente la recomendación [G.impl984.4] directamente. Por lo tanto, el Apéndice obligatorio de [G.988] incorpora todos los contenidos de [G.impl984.4], lo que significa que XG-PON1 hereda la excelente interoperabilidad de GPON.

6.1.1.2 *Una Nueva Tecnología evolución a largo Plazo Redes NG-GPON2*

La selección de XG-PON1 es impulsado por la disponibilidad de la tecnología y razones económicas. Cuando se evoluciona de NG-PON1 a NG-PON-2, otras tecnologías están disponibles para una hacerlo a largo plazo.

Una típica multiplexación en longitud de onda PON (WDM-PON) es la arquitectura se muestra en la siguiente Figura No 6.4. El MUX/ DEMUX de división de longitud de onda se emplea en el ODN

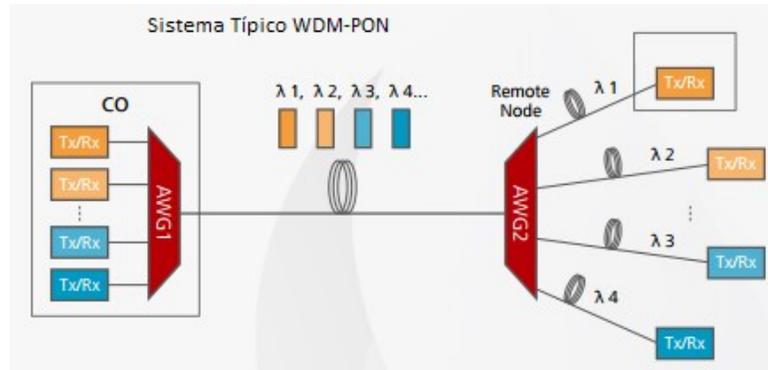


Figura No 6. 4: Sistema WDM-PON ⁶³

En el sistema WDM-PON en la Figura No 6.4, cada puerto del AWG es dependiente de longitud de onda, y el transceptor óptico en cada ONU debe transmitir señales ópticas en una longitud de onda especificada determinada por el puerto de la AWG.

Los transceptores ópticos con longitudes de onda especificadas son llamados transceptores ópticos de color. Los transceptores ópticos de color introducen complejidad en procesos como la prestación de servicios y de almacenamiento del dispositivo. Además, los componentes AWG son sensibles a la temperatura.

La transmisión de la señal de WDM-PON es similar a la utilizada en punto a punto GE (P2P GE). La diferencia entre los dos sistemas es que WDM-PON se basa en el aislamiento de diferentes longitudes de onda en la misma fibra óptica. Cada ONU en WDM-PON goza exclusivamente los recursos de ancho de banda de una longitud de onda. En otras palabras, WDM-PON presenta una topología de P2MP lógico, como se muestra en la Figura No 6.5.

⁶³ Fuente: Huawei Technologies

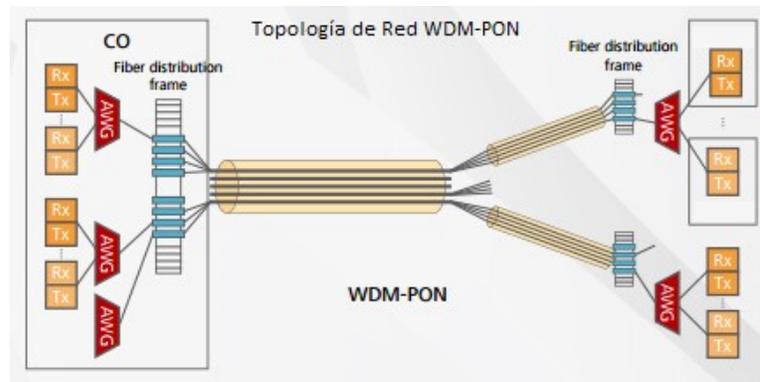


Figura No 6. 5: Topología WDM-PON ⁶⁴

Algunos factores difíciles de WDM-PON incluyen la madurez de la cadena industrial, la disponibilidad de la tecnología, el costo, y el insuficiente ancho de banda de los usuarios finales. No se prevé que tenga un despliegue a gran escala de WDM-PON en escenarios de FTTH en los próximos 3-5 años sin embargo tendría aplicaciones de gran ancho de banda en FTTB / FTTbusiness y FTTMobile.

ODSM-PON (Opportunistic and dynamic spectrum management PON)

En español Gestión Oportunista y Dinámica del Espectro en redes Ópticas Pasivas, fue propuesta hace un par de años. Se ocupa de los requisitos del operador en la explotación del potencial de las redes desplegadas para la evolución de la red sin problemas. Se mantienen intactas la ODN y las ONU's de las redes desplegadas, proporcionando una solución saliente y control de costos. Los usuarios finales en ODSM-PON disfrutarían de la nueva experiencia de comunicación puesta a disposición por la banda ancha óptica con un costo asequible.

⁶⁴ Fuente: Huawei Technologies

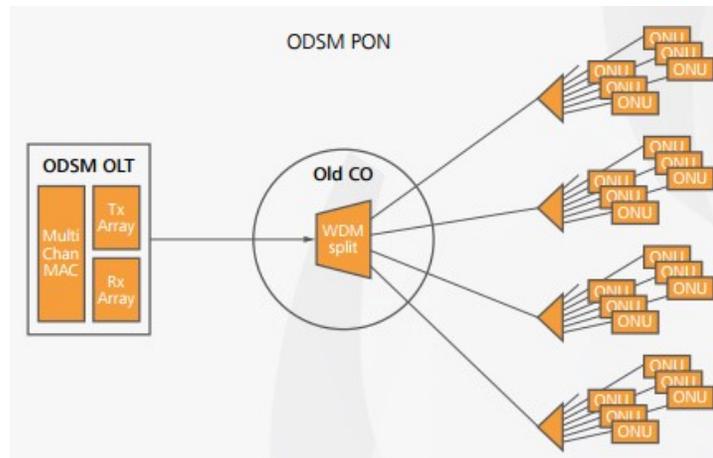


Figura No 6. 6: ODSM-PON⁶⁵

La solución que se muestra en la figura No 6.6 se propuso en 2010. En esta solución, los cuatro tarjetas de Línea OLT / GPON, previamente desplegadas en el campo pueden ser sustituidas con un divisor pasivo para WDM para una actualización de red. La red del CO a los locales de los usuarios permanece sin cambios después de la actualización.

En el sentido descendente, ODSM-PON adopta WDM. Los datos transportados por diversas longitudes de onda transmitidas por el conjunto transmisor OLT se divide por el divisor WDM y luego distribuido a la ONU GPON / XG-PON1. En el sentido ascendente, ODSM PON adopta TDMA dinámico + WDMA. Los datos transmitidos por el ONU GPON / XG-PON1 se combina por el divisor WDM y luego transmite a la matriz receptor OLT.

ODSM-PON tiene las siguientes características:

- Aprovecha el ODN existente desde el CO a las premisas de los usuarios.
- Aprovecha la ONU existente en las premisas del usuario.
- La reducción de costos y el ahorro de energía.
- Mejora sustancialmente (por 10 veces) el intercambio de fibra entre el CO y dispositivos

⁶⁵ Fuente: Huawei Technologies

metro.

- Sigue políticas de despliegue GPON/XG-PON1 por, lo que permite una actualización requeridas.

XG-PON Apilada (Stacked XGPON)

Es una de las tecnologías candidatas para NG-PON2. Como se muestra en la Figura No 6.7, múltiples subredes XG-PON1 comparten un ODN utilizando WDM. Cada XG-PON1 funciona de forma independiente en un par de longitud de onda por separado. Las longitudes de onda pueden ser fijas o variables. El plan de longitud de onda es la clave del problema para stacked XG-PON. Al implementar stacked XG-PON, la ONU de XG-PON1 debería sustituirse por las ONU de colores, mientras que las unidades ONU no han sido tocadas en OSDM-PON.

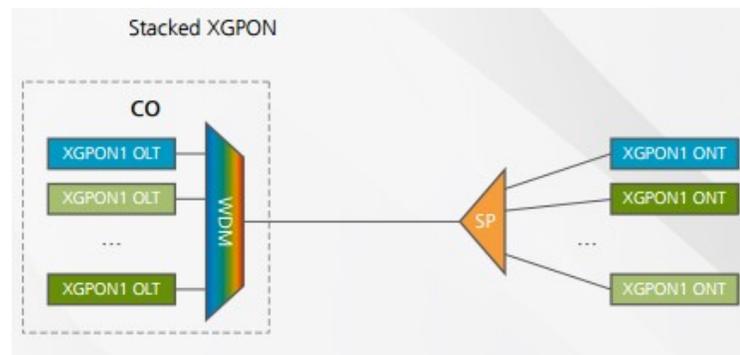


Figura No 6. 7: Stacked-XGPON ⁶⁶

WDM-PON Coherente (Coherent WDM-PON)

Es también una tecnología candidata para el GN-PON-2. Como se muestra En la Figura No 6.8, tanto OLT como la ONU seleccionan longitudes de onda de acuerdo con la principio de la detección coherente. Esto significa que la OLT y la ONU inician la recepción coherente sólo

⁶⁶ Fuente: Huawei Technologies

cuando la luz oscilada local y la señal de luz cumplen con las condiciones coherentes de frecuencia, fase y polarización.

WDM-PON Coherente aplica directamente la tecnología de transporte coherente óptico en las redes de acceso óptico. Esto introduce la preocupación del control de costos, que es el principio de diseño de las tecnologías de acceso. Junto a las unidades ONU en WDM-PON son más complicados que los de otras tecnologías NG-PON2. Este tipo de tecnologías están más en el estado de la investigación y su demostración en los laboratorios. Las preocupaciones de costo y su complejidad cuestionan su viabilidad en la red de acceso.

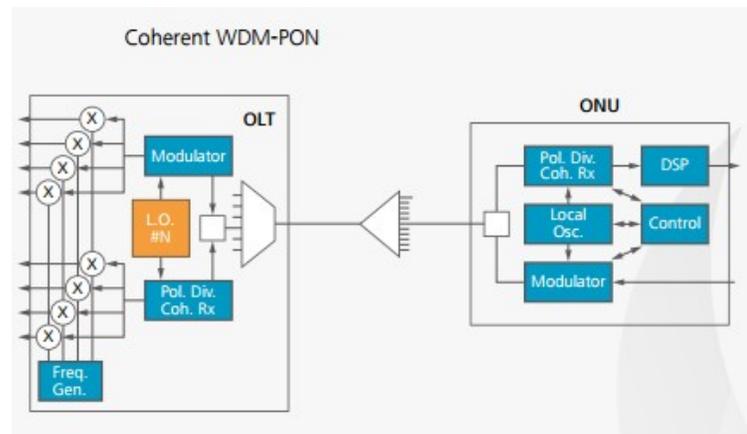


Figura No 6. 8: Coherent-WDM-PON⁶⁷

⁶⁷ Fuente: Huawei Technologies

6.2 Futuro de otras Tecnologías

6.2.1 Tecnologías sobre Cobre

La tendencia actual del mercado de las tecnologías de acceso pasa por la adopción generalizada de la fibra óptica, sin embargo, el éxito de esta tecnología no significa el final de las tecnologías que transmiten a través de Cobre, pues aún se mantiene en uso en la gran mayoría de conexiones. Nuevos estándares reflatarían su uso y competencia alcanzando tasas de descarga de hasta 1 Gbps.

Las redes de cobre pueden tener aun mucho futuro, de acuerdo a lo que se desprende luego conocerse el nuevo estándar que sustituye al actual. La **Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU)** ha informado sobre el nuevo estándar DSL, que permite alcanzar velocidades de hasta 1 Gbps utilizando los pares de cobre actuales.

A continuación detallaré algunas de las tecnologías que marcarían el rumbo por las redes de cobre actuales.

GFAST

G.fast supone un importante salto cualitativo y cuantitativo en relación con los estándares actuales. La utilización de G.fast permite alcanzar velocidades desde 150Mbps hasta 1 Gbps, dependiendo de la longitud del bucle, muy por encima de los 30 megas del VDSL.

Su principal ventaja con respecto a otras tecnologías, radica en la posibilidad de aprovechar el cableado actual, no siendo necesaria la realización de ningún despliegue. Estas velocidades de 1 Gbps solo se pueden conseguir a un máximo de 250 metros desde el nodo.

Llegaría fibra óptica hasta el último nodo y posteriormente utilizar el cable de cobre para llegar a cada hogar. Esto provocaría un ahorro, buena parte de la inversión se destina al cableado de los edificios.

Las especificaciones formales se han redactado de la UIT-T G.9700 y G.9701, con la aprobación del G.9700 otorgada en abril de 2014 y la aprobación de G.9701 concedida el 5 de diciembre de 2014.

En G.fast, los datos se modula usando modulación discreta multi-tono (DMT), como en VDSL2, y la mayoría de los modelos de ADSL. G.fast modula hasta 12 bits por portadora de frecuencia DMT.

La primera versión de G.fast especificará perfiles de 106 MHz, y perfiles de 212 MHz previstas para futuras modificaciones, en comparación con los perfiles de 8,5, 17.664, o 30 MHz de VDSL2.

Como se aprecia este espectro se estaría solapando con la banda de radiodifusión de FM, 87,5 y 108 MH, así como con diversos servicios de radio militares y gubernamentales. Para limitar esta interferencia, la recomendación UIT-T G.9700, también llamado G.fast-PSD, especifica un conjunto de herramientas para dar forma a la densidad espectral de potencia de la señal de transmisión; G.9701, con nombre en código G .fast-phy, es la especificación de la capa física G.fast. que permite la coexistencia con ADSL2 y los diversos perfiles de VDSL2, la frecuencia de arranque se puede ajustar a 2,2, 8,5, 17.664, o 30 MHz, respectivamente

XGFAST

Según pruebas desarrolladas en los Laboratorios Bell, se ha podido conseguir una velocidad de conexión de 10 Gbps a través de cables de cobre. Apodado como XG.fast, esta nueva tecnología podría utilizarse para extender masivamente la vida de las redes de líneas de cobre existentes, ofreciendo a las empresas de telecomunicaciones una alternativa, fuera de las redes de fibra óptica en miles de millones de hogares que ya cuentan con cableado de líneas telefónicas.

XGFAST viene a ser una extensión de GFAST, sucesora de VDSL2 (Tecnología que se complementa con FTTC). XGFAST ofrecería velocidades desde 2 a 10 Gbps a una longitud de 30 metros de cable.

Como en todas las nuevas tecnologías que van por el tendido de cobre, las velocidades que ofrece XG.fast se derivan principalmente del uso de una gama más alta de frecuencia. Mientras VDSL2 sólo utiliza un bloque de espectro de 17 o 30 MHz, G.fast utiliza 212MHz, XGFAST usa 500MHz masivos. Es más o menos lo mismo que las redes Wi-Fi, donde sólo se podía exprimir datos en un canal disponible de 20MHz, en la banda de 2,4 GHz,- pero que se puede meter mucha más información en los canales disponibles de 8 y 160 MHz en la banda de 5 GHz.

El problema de ir ajustando los 500 MHz sobre un alambre de cobre es que las frecuencias más altas atenúan, por ende se debilitan muy rápidamente. Esta pareja con la diafonía (interferencias de otro cable de cobre en el par trenzado) hace que el alcance efectivo se haga muy corto. Para VDSL2, la longitud máxima de cable es de alrededor de 400 metros si quieres 150 Mbps; para 1.25Gbps, en G.fast, distancia máxima serían sólo 70 metros. Para 10Gbps XG.fast, según las pruebas de Bell Labs se reportaron distancias de 30 metros. Para la versión más lenta de XG.fast, de 1 Gbps simétrico (2 Gbps en total), los investigadores lograron un rango de 70 metros.

Esta alternativa es bastante interesante, pues ya se cuenta con un par de cobre en la mayoría de los hogares de todo el mundo, solo bastaría complementar con otras tecnologías como FTTB.

DOCSIS 3.1

Publicada el 20 de marzo de 2014, con esta tecnología se pretende comparar las conexiones de cable a un nivel similar (o por lo menos con respecto a sus capacidades actuales) al de las redes de fibra pura, ofreciendo velocidades de hasta 10Gbps de bajada y 1 Gbps de subida.

Para conseguirlo, se mejorará la eficiencia espectral utilizando un nuevo formato de canales, pasando de los actuales de 8 MHz del Eurodocsis, a canales de 200 MHz formados por subcanales (o tonos) de 20-50KHz (curiosamente y salvando las diferencias, esta es la forma de trabajar del ADSL). Las modulaciones podrán llegar a 4096QAM (actualmente 256QAM).

Según declaraciones de CableLabs, el consorcio de investigación y desarrollo para la industria del cable, se anuncia la disponibilidad de PHY DOCSIS 3.1 (capa física) y las especificaciones MULPI (MAC y el protocolo de capa superior). Esta tecnología permitirá una nueva generación de servicios de cable y ayuda a operadores de seguir satisfaciendo la demanda de los consumidores para las conexiones de alta velocidad y aplicaciones sofisticadas.

Las nuevas especificaciones indican que es 40% más rápido que los proyectos anteriores de DOCSIS.

DOCSIS 3.1 ofrece un nuevo valor significativo para los operadores de cable y los consumidores de servicios de banda ancha, incluyendo:

- Capacidades de hasta 10 Gbps de bajada y hasta 1 Gbps de subida.
- Usa una activa gestión de colas para reducir significativamente el retardo de red como el tráfico de datos crece en la red doméstica, mejorando notablemente la capacidad de respuesta para aplicaciones tales como juegos en línea.
- Permitir un aumento significativo de la capacidad de la red con la capacidad de transmitir hasta 50 por ciento más datos sobre el mismo espectro, en las redes HFC existentes.
- Las mejoras en los protocolos DOCSIS aumentarán la eficiencia energética módem de cable.
- Los módems están diseñados para coexistir con las versiones más antiguas que permitirán su despliegue gradual basado en la demanda del mercado.

6.2.2 Tecnologías Inalámbricas móviles

La masificación de dispositivos electrónicos como teléfonos inteligentes, tablets o de equipos inalámbricos permitirá que más usuarios puedan beneficiarse de las redes móviles e inalámbricas, así como sectores como la industria, la salud y el transporte que incorporarán aplicaciones basadas en transmisión de información por objetos y máquinas. Este aumento en los dispositivos conectados abre la puerta a nuevas tecnologías para atender la complejidad de estos nuevos escenarios.

Tecnologías móviles 5G

La siguiente generación móvil deberá cumplir con los requisitos y especificaciones que se definan para IMT-2020, que es como la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) la ha denominado. La definición del estándar de las que serán denominadas como tecnologías 5G podría definirse durante el 2016, con miras a tener los primeros lanzamientos comerciales alrededor del 2020.

Conceptualmente, la red 5G constituye una visión de un ecosistema de redes capaces de satisfacer la demanda de datos móviles proyectados hacia 2020. Es decir, esta generación va más allá de buscar mayores velocidades en la transmisión de datos y busca un ecosistema capaz de entregar eficientemente servicios inalámbricos entre máquinas, cosas y personas.

Además de la estandarización de tecnologías bajo el techo de "5G", se requerirá la identificación y armonización de bandas de espectro radioeléctrico que permitan habilitar este ecosistema. Empresas y organismos de todo el mundo ya están trabajando para estos fines en foros internacionales como los de la UIT y la Comisión Interamericana de Telecomunicaciones (CITEL).

Características que tendrán las redes 5G

Las mejoras que presentarán las redes 5G estarán en ciertas áreas específicas.

Latencia

Primero, una latencia bajísima (prácticamente cero retraso), multiusuario y multistream (más conexiones enviando datos a la vez a través de diferentes canales).

Velocidad

La tecnología 5G tiene el potencial de brindar velocidades 100 o 1000 veces más rápidas que la tecnologías actualmente implementadas, lo suficiente como para transmitir videos "8K" en 3-D o descargar una película en 3-D en más o menos 6 segundos (en 4G, tomaría 6 minutos).

Se trabaja con diferentes estándares que permitirán alcanzar un límite máximo teórico de velocidad de conexión de más de 10Gbps, frente al límite máximo teórico del 4G, fijado en 325 Mbps. La empresa sur coreana Samsung estableció un récord de velocidad móvil de 7.5GB / s en un ensayo 5G en 2014 y la mayoría de las estimaciones esperan que la velocidad media de las redes 5G puedan llegar a 10 Gbps, y con tasas de transferencia de hasta 800 GB / s alcanzable por la conexión.

Globalidad

Al contrario de la red 4G ó 3G que tiene diferentes longitudes de onda y diferentes bandas dependiendo el país, la red 5G intentará ser universal y estable, además intentará eliminar las zonas sin cobertura.

Internet de las cosas (IoT)

5G será una manera mucho más inteligente para los dispositivos para acceder a Internet y el despliegue tiene mucho que ver con el crecimiento de los dispositivos. Se espera que en 2020 haya 26 mil millones de artefactos con un pie en la nube, desde coches, electrodomésticos, dispositivos de vestir, hasta ciudades y aviones, entre otros.

La tecnología 5G será la que permita que todos estos dispositivos puedan estar conectados simultáneamente sin problema. Mediante la combinación de las comunicaciones inalámbricas de alta velocidad con una computación en la nube, incluso los dispositivos más diminutos podrán tener acceso a una potencia de computación prácticamente ilimitada. Esta combinación de comunicaciones e informática será la que impulsará el crecimiento masivo del Internet de las Cosas.

En la actualidad, la mayor parte de nuestras comunicaciones se realizan por medio de una transmisión de modo simple. Con la tecnología 5G, las comunicaciones serán interactivas, adaptándose a las circunstancias.

No obstante, las redes actuales no van a desaparecer, sino que canalizarán la tecnología 5G, actualizándose junto con los dispositivos y tecnologías. Cuando la tecnología 5G esté disponible,

cosas que hoy en día tardan segundos, minutos o incluso días en cargar o enviarse, se entregarán en milisegundos.

Cómo funcionará



Figura No 6. 9: Redes 5G

Gran parte de la experimentación de las compañías inalámbricas con la tecnología 5G se está llevando a cabo en frecuencias sumamente altas, en un espectro entre 1GHz hasta los 100GHz. Las redes celulares de hoy en día transmiten una señal en un rango de 700 MHz a 3.500 MHz.

La ventaja de las señales en alta frecuencia es que son capaces de proporcionar velocidades de datos significativamente más altas, pero como se sabe la desventaja es que distancias que recorren son mucho más cortas y no pueden penetrar paredes fácilmente. Esto entonces daría lugar a que la infraestructura sean miles o millones de torres con antenas o minicélulas para proveer conectividad.

Es por eso que la red 5G podría complementar a 4G, en lugar de reemplazarla del todo. En edificios y en áreas aglomeradas, la tecnología 5G podría dar un impulso. Pero cuando se está en exteriores, como conduciendo sobre una autopista, la tecnología 4G sería opción más viable, al menos durante algún tiempo. En cualquier caso la nueva generación de redes móviles permitirá la transmisión de datos a velocidades extremas con una enorme capacidad -10 Tbps

por Km²- y con una altísima densidad -1 millón de nodos por km²-, permitiendo optimizar recursos a nivel de infraestructura al llegar más lejos y más rápido con menos esfuerzo.

Redes 6G

El sistema móvil de 6ta Generación integrará el sistema inalámbrico móvil 5G y la red de satélites. Las comunicaciones satelitales se utilizan para transmisión de voz, datos, Internet y video, además de proveer imágenes terrestres y redes de navegación para posición global (GPS). Las redes de telefonía móvil 5G se centrarán en el desarrollo de la terminal de usuario, donde los terminales tienen que acceder a las diferentes tecnologías inalámbricas al mismo tiempo.

Características

- Acceso a Internet ultra rápida.
- Velocidades de datos arriba de 10-11 Gbps.
- Casas, ciudades y pueblos inteligentes.
- Puede utilizarse en la producción de energía a partir de mundo galáctico, domótica, tecnología espacial, aplicaciones de defensa será modificado con redes 6G.
- Satélite de Comunicaciones por Satélite
- Las calamidades naturales se pueden controlar con redes 6G.
- Mar de Comunicación Espacial.

CONCLUSIONES FINALES

Luego de haber estudiado e investigado a fondo el estado de las diferentes tecnologías que dan acceso a Internet en Argentina, puedo enumerar los siguientes conclusiones, ordenados por cada capítulo desarrollado:

CAP 1

- De acuerdo a lo referente a este capítulo I, donde se explica la descripción de la tecnología, cabe mencionar que este tipo de sistemas, sobre redes ópticas pasivas, permiten solucionar los problemas que aquejan a las redes metálicas fijas actualmente implementados. Que aunque las empresas telefónicas o cableras intenten alargar el período de vida de ellos, el cambio es inevitable.
- Las redes ópticas pasivas, en especial las implementadas con GPON-FTTH, que ya en otros países industrializados, es una realidad en forma masiva están programando la instalación de versiones futuras, en Argentina apenas se encuentran en su mayoría en planes pilotos.

CAP2

- Es importante recalcar que el rol del gobierno nacional, en la implementación de un plan de desarrollo tecnológico de telecomunicaciones en este caso, que vaya acompañado de medidas de mantenimiento a largo plazo, y que los siguientes gobiernos lo continúen sin mirada política, sino en pro de la sociedad y sobre todo los usuarios. Así como un plan económico que garantice la asequibilidad de equipamiento y servicios de acceso para el usuario final.

El país se pudo ver atrasado tecnológicamente, comparándolo con otros de la región, por

algunas decisiones implementadas en años anteriores, destacándose la limitación en las importaciones de equipamientos o sistemas tecnológicos, provocando una ralentización en actualizaciones, traducándose luego como una pobre experiencia en términos de entrega de ancho de banda a los usuarios, entre otros motivos.

- Al abrirse el mercado de redes móviles de 4ta generación, la importación y fabricación de dispositivos aptos para estas redes, se incentiva que tanto empresas como gobierno inviertan en las redes de acceso, sobre todo en aquellas que se transmitan por redes ópticas. Y se observa que operadores que no invirtieron en recambio de su red móvil a LTE con años de ganancias importante por muchos años, hoy solicitan créditos para poder hacer el plan de mejora de su red y los clientes deben aguardar una vez más.
- Siguiendo con la línea la falta de planificación estratégica a nivel nacional, también podemos destacar de las empresas privadas, que en estos últimos 5 años se quedaron con la visión de crecer sobre red metálica de cobre en el caso de POTS o PSTN con ADSL y después VDSL y en el caso de las redes metálicas de HFC con el cambio de releases de DOCSIS 2.0 a 3.0 y así sucesivamente.

Importantes empresas proveedoras en el país, como el caso de Telecom Argentina, que desde el 2010 tenía en su plan maestro desplegar solo redes de acceso VDSL, conociendo por su experiencia en Italia que esta tecnología es “puente” a la red objetivo óptica FTTH y recién en el 2015 comenzaron con implementaciones de FTTH, sabiendo de antemano que es ésta la solución técnica de fondo y permanente. Vemos como este tipo de decisiones privilegia lo económico postergando el desarrollo y despliegue de redes ópticas de banda ancha a los millones de clientes que continúan pagando tarifas elevadas (relación pesos argentinos versus ancho de banda sobre red metálica).

CAP 3

- La demanda en el ancho de banda en la red de acceso crecen a pasos agigantados y no podemos detener la evolución de los sistemas, es un hecho. Para eso, las empresas dedicadas a proveer Internet a los millones de usuarios que tiene cada país, deben adelantarse yendo un paso más adelante para que la convergencia hacia los nuevos sistemas no los tome de imprevisto.

- Como resalté en un punto anterior, el cambio tecnológico del mundo metálico hacia las redes ópticas es inevitable. Alargar el período de vida de los sistemas actualmente instalados, lo que tiende a provocar el mal funcionamiento y retraso tecnológico, que se traduce en una mala experiencia para el usuario final, en base a la creencia de que las redes FTTH son costosas cuando la mirada debería ser diferente: la red de acceso fija/móvil es única, deja de ser un cuello de botella y permite crecer anchos de banda sin límite y esto permite que una empresa de comunicaciones no tenga límite en la creación de servicios sobre la misma y con ello pasar de facturar tres servicios (voz, internet, video) a facturar a sus clientes 10 o 20 servicios nuevos, reduciendo el tiempo de amortización y costo por cliente FTTH GPON de manera no convencional. Es un cambio de paradigma en el Operador y en el Cliente/Gob
- Muchas empresas de tecnología, sobre todo en países populosos como México o Brasil, han tomado la determinación de migrar hacia las redes ópticas pasivas, motivados por los planes gubernamentales a largo plazo, lo que les garantizaría una rápida recuperación de la inversión. Esta para mí, de acuerdo a este estudio, es la principal medida a tomar por los gobiernos latinoamericanos y las empresas proveedoras, además de crear nuevos servicios de bajos costo e integrados al paquete básico de voz, internet y video

CAP 4

- Aun cuando los 2 recientes gobiernos han modificado las leyes que competen los sistemas de comunicaciones, y han establecido rutas de desarrollo, implementando planes de obras que solucionarán en gran medida la problemática de acceso al medio de empresas Proveedoras o Pymes, no establecieron un plan de desarrollo para el mantenimiento de dichas obras, sobre todo garantizando las capacitaciones a los técnicos.
- Remarcar la importancia, no solo hacer un cambio de tecnología nacional y crear un plan como "Argentina Conectada" de más de 2000 MUSD, sino también tener en cuenta dentro del mismo, un plan nacional de capacitación de nuevas tecnologías normalizado, que asegure contar/preparar antes de que la red funcione, con recurso humano apto, generando fuente de trabajo local en cada localidad que atraviese y la misma soporten el

cambio de tecnología en el tiempo haciendo el proyectos no solo de impacto en el rubro comunicaciones sino aportando/creando a cada región/provincia ocupación y mano de obra especializada.

- Se debe establecer un plan integral creando tareas y niveles de solución de tal manera que el enfoque sea multidisciplinario como:
 1. Asegurar la velocidad y evolución de la salida internacional de internet del país, hacia conexión con USA. Que todas las empresas de comunicaciones nacionales tengan un plan de crecimiento de velocidad de internet internacional y que sea comunicado con anticipación a ENACOM para su seguimiento efectivo y proactivo para evitar los cuellos de botella y pérdida de calidad de servicio para los ciudadanos de Arg, por ejemplo.
 2. Crear un plan de recambio de red de acceso a redes ópticas. Dar soporte a múltiples operadores (diseño de red de acceso fija/móvil), municipios y gobiernos en base al concepto de: red óptica, abierta, neutral y escalable que reduzca costos de construcción y mantenimiento contribuyendo desde lo técnico hacia lo económico y con ello reduciendo de manera eficaz la brecha digital.
 3. Crear el plan de capacitación en telecomunicaciones integral y nacional, para establecer criterios de capacitación en nuevas tecnologías desde técnico, grado y posgrado en telecomunicaciones. Esto facilita la creación de capital humano actualizado y en forma local en cada ciudad, que al ser modificadas sus redes se crean empleos y oportunidades a los jóvenes en cada región.
 4. Implementar en Argentina un sistema de medición de delay en las redes de acceso, que asegure en los nuevos servicios IP un mínimodelay, jitter y máxima calidad definida con parámetros duros y auditables de manera automática por un sniffer de ENACOM desarrollado en el país por las universidades locales por ejemplo, en todos los servicios transportados por todos los operadores, independientemente si son privados o públicos o el tipo de servicio que ofrezca, con una visión de red convergente real.
 5. Implementar en Argentina un sistema de identificación de dirección IP nacionales y su ingreso/salida internacional para fines judiciales ya que hoy al realizar llamadas

desde el exterior hacia Argentina los Operadores sindicados que no pueden identificar al cliente que realiza su llamada sobre red IP, originando esto temas sea empleado para crímenes y el poder judicial no encuentra respuesta desde el área técnica de la autoridad competente.

6. Asegurar la velocidad y evolución de la transmisión nacional (Planes de Arsat) y su interconexión con todas las cooperativas, asumiendo que ya existe una interconexión robusta con los operadores dominantes, creando un plano de equidad tecnológica para brindar un buen servicio a nivel de la red de acceso en cada localidad.

CAP 5

- Es importante resaltar de este capítulo la miopía tecnológica, marcando solo el foco en la parte económica, como el origen de la falta de crecimiento de redes ópticas en LATAM, por lo cual deberán acelerar las inversiones en despliegues de redes Ópticas, comenzando ante todo, por una planificación de capacitación normalizada en nuevas tecnologías para favorecer el empleo de jóvenes y de manera local en cada ciudad creando una nueva generación de técnicas integrales multimedia que soporten la incorporación de nuevas redes de comunicaciones de manera masiva en un país.
- En la república Argentina, el sistema educativo para carreras terciarias, de grado, posgrado o cursos técnicos no presentan una madurez o una actualización, referente al plan de estudios, de acuerdo a los sistemas o tecnologías más actuales, derivando que el estudiante no presente un perfil innovador cuando sale al mundo laboral. Es necesario una renovación en dichos planes de estudio. Poner más énfasis en laboratorios prácticos y la posibilidad de cursos o carreras cortas más específicas. Así como establecer un plan integral de educación que al ser validado por ENACOM, CONEAU, UTNBA, ITBA, UBA sea aplicado en los diferentes Centros Universitarios de otras ciudades, creando tareas y niveles de solución de tal manera que el enfoque sea multidisciplinario y visión nacional
- Que las empresas tecnológicas tengan un plan efectivo de capacitación de sus técnicos en concordancia con el plan nacional anterior, asegurado en el caso de los planes de capacitación de gremios como ser FOETRA O SATSAID brinden el mismo currícula a sus

afiliados y con ello garantizando a nivel nacional una rápida convergencia de técnicos del mundo metálico hacia los sistemas de redes ópticas.

- Incentivar a centros de estudios o empresas dedicadas a ofrecer cursos técnicos, la actualización de sus planes ofreciendo capacitación en los sistemas de redes ópticas pasivas con especial énfasis en sistemas FTTX y matriculando a los egresados para asegurar calidad de la mano de obra que se empleen en las nuevas construcciones de redes de banda ancha ópticas

CAP 6

- Como todo sistema tecnológico, las redes ópticas pasivas van evolucionando a sistemas que entregarán mayores velocidades de transmisión. Para que llegue a un estado de madurez, se precisan de ciertos factores, sobre todo los mencionados en los puntos anteriores. En general un acompañamiento de los gobiernos, empresas privadas de comunicaciones, Universidades y las empresas proveedoras, creando un circuito virtuoso entre los principales actores del cambio tecnológico.
- Las tecnologías que aun dependen de sistemas metálicos, siguen ofreciendo métodos que pueden alargar la vida de estas, situando los nodos cada vez más cercanos al usuario final, pero sin poder evitar el creciente desarrollo de redes ópticas y su futura hegemonía en el mercado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Libros Digitales / Documentación / Papers

- Miguel Angel Ibañez, *Ingeniería de Fibras Ópticas. Teoría y práctica*. Ing. Miguel Angel Ibañez ISBN:
- Jason Meyers, *ADC - The Book on Next Gen Networks*, January 2008.
- Sharon Stober, *ADC – The Book on FTTX, From Design to Deployment: A Practical Guide to FTTX Infrastructure*,
- James O. Farmer, *Wave7Optics – Optical Considerations in FTTX Networks*, April 2007.
- Galperin, H., & Callorda, F. (2013). *Banda ancha móvil: ¿Complemento o sustituto?* Presentado en la conferencia ACORN-REDECOM, México DF, Mayo 17-18, 2013.
- Katz, R., & Callorda, F. (2013). *La Banda Ancha Móvil en la Base de la Pirámide en América Latina*. GSMA.
- Katz, R., & Galperin, H. “La Brecha de Demanda: Determinantes y políticas públicas. En Jordán, V., Galperin, H & Peres, W. (eds.), *Banda Ancha en América Latina: Más allá de la conectividad*. Santiago de Chile: CEPAL. (2013).
- Valeria Jordán, Hernán Galperin, Wilson Peres, “Acelerando la revolución digital: Banda Ancha para América Latina y el Caribe”, Noviembre 2010.
- Vicens-Callorda, La brecha digital en América Latina: precio, calidad y Asequibilidad de la banda ancha en la región- Año 2016
- LITVAK, N: “*Redes de TV por Cable*” en: CATV- 2008, pp. 94 a 96.
- Michael Emmendorfer, AN ECONOMIC ANALYSIS OF BROWNFIELD MIGRATION CTTH VS. FTTH, 2016
- HUAWEI, PDF NEXT-GENERATION PON EVOLUTION, 2016.
- Ericsson Paper, “EnsuringTheFutureOfYourFiberAccess”, 2011.
- Altice Labs, White Papers, “Evolution of FTTH Networks for NG-PON2”, 2013
- TELEFONICA LATAM: “*Despliegue de red FTTH*”, Sep 2008.
- STEVEN ROSS, S. y MASHA ZAGER: “*Fibra a la Casa*” en: *FTTH Council*, 2008.
- ADC: “*Comparación entre empalmes y conectorización en las redes FTTP*”, Nov 2006.

Páginas Web

- <http://www.adc.com/us/en/Library/Literature/103633LA.pdf> Pagina vigente al 11/06/2010.
- <http://www.cicomra.org.ar/cicomra2/expocomm/TUTORIAL%209%20Lattanzi%20y%20Grafa-%20IEEE.pdf>
- http://www.um.edu.uy/_upload/_descarga/web_descarga_179_CaractersticasgeneralesredefinibrapticaalhogarFTTH.-VVAA.pdf
- Wikipedia y Wikitel
 - <https://es.wikipedia.org/wiki/GPON>.
 - https://es.wikipedia.org/wiki/Red_%C3%B3ptica_pasiva.
 - https://es.wikipedia.org/wiki/Fibra_%C3%B3ptica
 - http://wikitel.info/wiki/UA-Redes_PON_GPON_derivados.
 - <http://wikitel.info/wiki/GPON>
- http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/38605/S1500568_es.pdf?sequence=1
- https://www.akamai.com/us/en/multimedia/documents/content/state-of-the-internet/q4-2015-state-of-the-internet-connectivity-report-us.pdf?mkt_tok=eyJpIjoiWkRRellqQmtaV1UzTIRVeilsInQiOiJEUTEzWWRPWDI5d0craDI0TGdiNStCbIRhY1IYTW5JeE9ndEhud2dvdFwveWtHUHhiR3ZLQ1N5VENUUDNvenBZMXMrbFFVZ094UkxyVUZwOHdoYVQ0d0tRcE9LN3F5VXMxTGI0clF1eVdHZHc9In0%3D
- http://www.larednet.com.ar/casos_de_exito.html
- <http://www.broadbandcommission.org/Documents/reports/bb-annualreport2015.pdf>
- <https://content.akamai.com/PG5641-Q4-2015-SOTI-Connectivity-Report.html>
- <http://www.statista.com/statistics/204952/average-internet-connection-speed-by-country/>
- <http://www.internetworldstats.com/stats10.htm#spanish>
- <http://www.arsat.com.ar/compania>
- <http://www.prensario.net/8069-Brasil-red-de-fibra-optica-ya-conecto-81-de-las-ciudades-del-pais.note.aspx>
- <http://cintel.org.co/conoce-los-principales-objetivos-del-plan-vive-digital-2014-2018/>
- <http://www.sct.gob.mx/red-compartida/proyecto.html>
- <http://www.prensario.net/15614-Mexico-crean-el-PROMTEL-para-administrar-la-banda-de-700-MHz.note.aspx>
- https://www.mtt.gob.cl/wp-content/uploads/2014/02/agenda_digital.pdf
- http://www.agesic.gub.uy/innovaportal/file/1443/1/agesic_agendadigital_2011_2015.pdf
- Elaboración del Observatorio Regional de Banda Ancha (ORBA) de la CEPAL, con base en datos de Ookla

- <http://www.iprofesional.com/notas/226883-Fibra-ptica-directa-al-hogar-la-veloz-conexin-a-Internet-que-enfrenta-vallas-legales-para-crecer-en-la-Argentina.html>
- https://es.wikipedia.org/wiki/H%C3%ADbrido_de_Fibra_Coaxial
- <http://wisi.de/es/operadores/soluciones/ef-overlay/>
- <http://www.monografias.com/trabajos105/radio-frecuencia-vidrio/radio-frecuencia-vidrio.shtml>
- http://www.cisco.com/c/dam/en/us/solutions/collateral/service-provider/cable-access-solutions/ftth_evolution_hfc_plants_brophy.pdf
- <http://www.te.com/content/dam/te-com/documents/broadband-network-solutions/global/broadband-access/white-papers/white-paper-ftth-architecture-overview-319115ae.pdf>
- <http://www.ambito.com/822153-que-dice-el-decreto-que-modifica-la-ley-de-medios-y-argentina-digital>
- <https://www.boletinoficial.gob.ar/#!DetalleNormaBusquedaRapida/148088/20160715/Decreto%20267>
- <http://scripts.minplan.gob.ar/octopus/archivos.php?file=2802>
- <http://scripts.minplan.gob.ar/octopus/archivos.php?file=2802>
- <http://www.canal-ar.com.ar/posts/posteo.asp?Id=548>, <http://www.arsat.com.ar/> y <http://www.tda.gob.ar/>
- http://www.coneau.gov.ar/archivos/pdfSeminario/SeminarioCONEAU_PresentacionLuisM ariaFernandezMarcelaGroppo.pdf
- <http://www.coneau.gov.ar/archivos/657.pdf>
- Bolsas de Empleo Argentina: GPON, FTTH, Fibra Óptica
 - <http://www.bumeran.com.ar>
 - <http://www.zonajobs.com.ar>
 - <http://www.opcionempleo.com.ar/>
 - <http://www.computrabajo.com.ar/>
 - <http://www.empleos.clarin.com/postulantes/>
- Bolsa de Empleo de Chile: GPON, FTTH, Fibra Óptica
 - <http://www.trabajando.cl/>
 - <https://www.bolsanacionalempleo.cl/>
 - <http://www.computrabajo.cl/>
 - <http://www.laborum.cl/>
 - <http://www.chiletrabajos.cl/>
- Bolsa de Empleo de Brasil: GPON, FTTH, Fibra Óptica
 - <http://www.trabalhando.com/>

- <http://www.catho.com.br/>
- <http://www.manager.com.br/>
- <http://www.infojobs.com.br/>
- <http://www.empregos.com.br/>
- <http://www.ramonmillan.com/tutoriales/ngpon.php>