



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACION TECNICA PARA EL
DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERIA EN TELECOMUNICACIONES CON MENCIÓN
EN GESTIÓN EMPRESARIAL**

TÍTULO:

**“DISEÑO DE UNA RED DE FIBRA ÓPTICA INTELIGENTE IODN PARA EL
CENTRO COMERCIAL PLAZA LAGOS DE SAMBORONDON”**

AUTOR

Suárez Ruiz, Raúl Gabriel

Trabajo de Graduación previo a la

Obtención del Título de:

INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

TUTOR:

MSc. Luis Ezequiel Palau De La Rosa

**Guayaquil, Ecuador
2015**



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA INGENIERIA EN TELECOMUNICACIONES CON MENCIÓN EN
GESTIÓN EMPRESARIAL**

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr. RAÚL GABRIEL SUÁREZ RUIZ, como requerimiento parcial para la obtención del Título de INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES CON MENCIÓN EN GESTIÓN EMPRESARIAL.

TUTOR

MSc. Luis Ezequiel Palau De La Rosa

DIRECTOR DE LA CARRERA

MSc. Miguel Armando Heras Sánchez

Guayaquil, Marzo del año 2015



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA INGENIERIA EN TELECOMUNICACIONES CON MENCIÓN EN
GESTIÓN EMPRESARIAL**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Raúl Gabriel Suárez Ruiz

DECLARO QUE:

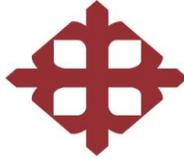
El Trabajo de Titulación “**Diseño de una red de fibra óptica inteligente iODN para el centro comercial Plaza Lagos de Samborondón**”, ha sido desarrollado respetando los derechos intelectuales de terceros conforme a las citas que constan en las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, Marzo del año 2015

AUTOR

RAÚL GABRIEL SUAREZ RUIZ.



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA INGENIERIA EN TELECOMUNICACIONES CON
MENCIÓN EN GESTIÓN EMPRESARIAL**

AUTORIZACIÓN

Yo, Raúl Gabriel Suárez Ruiz

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución, del proyecto titulado: **“Diseño de una red de fibra óptica inteligente iODN para el centro comercial Plaza Lagos de Samborondón”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Guayaquil, Marzo del año 2015

EL AUTOR:

RAÚL GABRIEL SUÁREZ RUIZ.

AGRADECIMIENTOS

Al culminar el presente trabajo de tesis quiero agradecer a Dios en primer lugar por haberme dado la fortaleza, sabiduría y templanza para no flaquear en los momentos más difíciles de este camino, él ha estado presente en cada momento de mi ardua tarea para culminar este proyecto el cual lo he realizado con mucha pasión.

A mis padres y mi familia que son la fuente de mi inspiración para haber logrado culminar con satisfacción mis estudios y quienes han estado presentes con oraciones y consejos durante toda esta etapa.

Agradezco también esta tesis a todos los profesores que fueron los pilares para cimentar los conocimientos los cuales se ven plasmados en la presente tesis y especialmente a mi tutor el Ing. Luis Palau por encaminarme en el desarrollo y la ejecución del Proyecto de Titulación.

Raúl Gabriel Suárez Ruiz.

DEDICATORIA

Esta tesis va dedicada a Dios por haberme dado la sabiduría y fortaleza para no declinar en este arduo camino, a mis padres que me brindaron su apoyo incondicional a lo largo de toda mi carrera, quienes con sacrificio me ayudaron a seguir adelante en mi vida estudiantil y me impulsaron a culminar la carrera la cual será el soporte para mi familia, a mi esposa e hijo quienes fueron mi inspiración para lograr culminar mi carrera y quienes me dan la fuerza para seguir adelante en la vida cada día.

Dedico esta tesis también a mis amados abuelos, quienes no están presentes pero los llevo en mi corazón.

Raúl Gabriel Suárez Ruiz

Índice de contenidos

1	CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN	1
1.1	Justificación	3
1.2	Planteamiento del problema	5
1.3	Objetivos de la investigación.....	6
1.3.1	Objetivo General	6
1.3.2	Objetivos Específicos	6
1.4	Tipo de investigación	7
1.5	Hipótesis.....	7
1.6	Metodología	8
	PARTE I MARCO TEÓRICO	9
	CAPÍTULO II EVOLUCIÓN DE LAS REDES DE ACCESO	9
2.1	Redes de acceso por cobre	11
2.1.1	Red de acceso de telefonía tradicional por cobre PSTN.....	12
2.1.2	Integración de la arquitectura XDSL a la PSTN.....	13
2.1.3	Arquitectura de una red XDSL	17
2.1.4	Red de acceso HFC	18
2.1.5	Arquitectura de una red HFC	20
2.2	Redes de acceso Inalámbrica de área metropolitana.....	21
2.2.1	Redes de acceso WLL	22
2.2.2	Redes de acceso WIMAX 802.16	24
2.2.3	Breve descripción de las redes IEEE 802.16	26
2.2.4	Breve descripción de un sistema tradicional WIMAX.....	28
2.2.6	Como trabaja LDMS y sus limitaciones.....	30
2.2.7	Redes de acceso inalámbrica MMDS.....	31
2.3	Redes de acceso a través de fibra óptica.....	32
2.3.1	Redes de acceso a través de fibra óptica punto a punto	33
2.3.2	Redes de acceso a través de fibra óptica punto a multipunto	35
2.4	Redes Ópticas Pasivas PON	36
2.4.1	Arquitectura de una red PON.....	38
2.4.2	Ventajas de una red PON.....	41

2.5	Arquitectura de redes FTTX	42
2.5.1	Redes de acceso FTTH	43
2.5.2	Redes de acceso FTTC	45
2.5.3	Redes de acceso FTTB	46
2.5.4	Redes de acceso FTTM.....	47
2.5.5	Integración de GPON a las redes FTTX	48
2.6	Optical Distribution Network ODN	49
2.6.1	Introducción.....	49
2.6.2	Partes que conforman una ODN tradicional	51
2.6.3	Esquema de una ODN tradicional.....	59
2.6.4	Perdidas pasivas a considerar para el diseño de redes ópticas pasivas.....	60
2.6.5	Presupuesto de pérdida en diferentes escenarios de ODNs.....	62
2.7	Red de distribución óptica pasiva inteligente iODN	65
2.7.1	Introducción	65
2.7.2	Partes que conforman una iODN para un sistema GPON	66
2.7.3	Arquitectura de una red iODN.....	72
2.7.4	Integración de las plataformas de gestión y administración en una iODN	73
PARTE II APORTACIONES.....		75
CAPÍTULO 3 DESARROLLO DEL PROYECTO		75
3.1	Antecedentes del proyecto.....	75
3.1.1	Levantamiento de la infraestructura existente en el centro comercial.....	76
3.1.2	Distribución e interconexión de los edificios en el centro comercial	81
3.1.3	Distribución interna en los edificios del centro comercial	83
3.2	Consideraciones para el diseño de la iODN en el centro comercial	84
3.2.1	Demanda actual y futura de servicios y usuarios para el centro comercial.....	86
3.2.2	Recursos y recomendaciones a considerar para el diseño de la iODN en el centro comercial	89
3.2.3	Definición y características de modelo FTTX a considerar	90
3.3	Diseño de la iODN para el centro comercial.....	90
3.3.1	Normas técnicas para el diseño de la iODN en el centro comercial	91
3.3.2	Modelo de red a considerar para el diseño de la iODN en el centro comercial ..	92

3.3.3	Descripción y características de los elementos que intervienen en el despliegue de la red iODN para el centro comercial	93
3.3.4	Nivel de splitteo a considerar para el diseño de la iODN en el centro comercial	100
3.3.5	Diseño de la red distribución.	102
3.3.6	Esquema propuesto del diseño para la solución de la iODN	105
3.3.7	Link Budget para el diseño iODN para el centro comercial.....	106
3.4	Análisis financiero	111
3.4.1	Introducción	111
3.4.2	Costo total de la inversión	111
3.4.3	Descripción de costos de servicios a través de la red GPON para los servicios de internet, telefonía y datos.	117
3.4.4	Cálculos de activos netos.....	117
3.4.5	Cálculo del van (valor actual neto).....	118
3.4.6	Cálculo del TIR (tasa interna de retorno).....	120
3.4.7	Resultados obtenidos.....	121
CAPITULO 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		123
4.1	Conclusiones	123
4.2	Recomendaciones	124

Índice de figuras

Figura 2. 1 Tecnologías de accesos por cobre e inalámbricas.....	10
Figura 2. 2 Red de acceso por cobre de una PSTN.....	12
Figura 2. 3 Red tradicional XDSL.....	14
Figura 2. 4 Red XDSL a través de MSAN	15
Figura 2. 5 Evolución de la tecnología XDSL	15
Figura 2. 6 Esquema típico de una red XDSL para una urbanización	17
Figura 2. 7 Arquitectura de redes XDSL	17
Figura 2. 8 Red HFC típica	19
Figura 2. 9 Arquitectura de una red HFC	20
Figura 2. 10 Panorámica de las redes de Acceso Inalámbricas	21
Figura 2. 11 Arquitectura de un sistema WLL	23
Figura 2. 12 Evolución de la tecnología WIMAX	25
Figura 2. 13 El área de cobertura 802.16.....	26
Figura 2. 14 Ejemplo de red 802.16.....	27
Figura 2. 15 Esquema de una red WIMAX tradicional.....	29
Figura 2. 16 Arquitectura de red LMDS.....	31
Figura 2. 17 Sistema de red MMDS	32
Figura 2. 18 Redes por Fibra Óptica punto a punto	34
Figura 2. 19 Comparación entre redes de fibra punto a punto vs punto a multipunto ..	36
Figura 2. 20 Optical Distribution Network	37
Figura 2. 21 Arquitectura de una red PON	38
Figura 2. 22 Optical Line Terminal	39
Figura 2. 23 Optical Distribution Network	40
Figura 2. 24 ONT "Optical Network Terminal"	40
Figura 2. 25 Arquitectura de redes FTTX.....	43
Figura 2. 26 Topología Típica FTTH	44
Figura 2. 27 Escenario FTTC.....	46
Figura 2. 28 Aplicaciones de soluciones FTTB	46
Figura 2. 29 Escenario de una red FTTM.....	47
Figura 2. 30 Arquitectura estándar TDM-GPON.....	49

Figura 2. 31 Estructura de una ODN.....	50
Figura 2. 32 Optical Distribution Frame.....	52
Figura 2. 33 Cable de fibra óptica Feeder.....	52
Figura 2. 34 Estructura interna de un cable feeder	53
Figura 2. 35 Cables de acometida drop 2 hilos	54
Figura 2. 36 Splitter óptico pasivo.....	54
Figura 2. 37 Armario de distribución FDT.....	56
Figura 2. 38 Red de distribución óptica FTTH.....	57
Figura 2. 39 Caja de acceso óptica de distribución FAT	57
Figura 2. 40 Caja de acceso óptica de piso	58
Figura 2. 41 Red de dispersión óptica FTTH.....	58
Figura 2. 42 Roseta óptica.....	59
Figura 2. 43 Esquema de una ODN tradicional.....	60
Figura 2. 44 Diseño de modelo masivo casas para más de 96 abonados.....	63
Figura 2. 45 Modelo masivo casas hasta 96 abonados	64
Figura 2. 46 Aplicaciones del iField.....	66
Figura 2. 47 ODF inteligente iODF.....	67
Figura 2. 48 Gabinete inteligente iFDT	69
Figura 2. 49 Caja de distribución inteligente iFAT	70
Figura 2. 50 Aplicaciones del iField.....	71
Figura 2. 51 iFIELD.....	72
Figura 2. 52 Arquitectura de una red iODN.....	73
Figura 2. 53 Arquitectura de una red iODN	74
Figura 3. 1 Edificios proyectados dentro del Centro Comercial Plaza Lagos.....	77
Figura 3. 2 Cuarto principal donde convergen los edificios del Centro Comercial	79
Figura 3. 3 Electrocanal de distribución existente de 30x20 cm – cuarto principal	79
Figura 3. 4 IFAT proyectado en cuartos de distribución de edificios.....	80
Figura 3. 5 Tuberías de acceso horizontal hacia los Dptos.	80
Figura 3. 6 Esquema de interconexión de edificios en el centro comercial Plaza Lagos	82
Figura 3. 7 Distribución interna en los edificios del centro comercial.....	84

Figura 3. 8 Consideraciones para el diseño de iODN	85
Figura 3. 9 Demanda actual vs demanda futura	88
Figura 3. 10 Modelo de red a considerar para el diseño de la iODN	92
Figura 3. 11 IODF Huawei GPX147-iODF3101-CH2	94
Figura 3. 12 Subrack de servicio inteligente SR2203-4U	94
Figura 3. 13 Tarjetas de aprovisionamiento inteligente GPX147-iFIM3104-12B-A	95
Figura 3. 14 Unidad de procesamiento principal MPU3102-DC	95
Figura 3. 15 Modulo de poder	96
Figura 3. 16 IFDT iFDT3105D/3106D	96
Figura 3. 17 Unidad de procesamiento principal MPU3102-DC	97
Figura 3. 18 Tarjetas de aprovisionamiento inteligente GPX147-iFIM3104-12B-A	97
Figura 3. 19 Tarjeta de posterior inteligente para conectar tarjeta de servicios con MPU	97
Figura 3. 20 Splitter Óptico inteligente SC/APC – SC/APC	98
Figura 3. 21 Splitter Óptico Inteligente de 1:4 instalado en iFDT	98
Figura 3. 22 IFAT GPX147-iFAT3103T-16	99
Figura 3. 23 Distribución de edificios y niveles de splitteo	101
Figura 3. 24 Esquema de la red de distribución del centro comercial Plaza Lagos ...	103
Figura 3. 25 Diseño de la red de distribución en un edificio modelo de 3 pisos	104
Figura 3. 26 Esquema del diseño de una lodn para el centro comercial Plaza Lagos	105
Figura 3. 27 Esquema de pérdidas al punto más lejano	107
Figura 3. 28 Esquema de pérdidas al punto más cercano	109
Figura 3. 29 Formula para calcula del VAN	119
Figura 3. 30 Formula aplicada para el cálculo del VAN	119
Figura 3. 31 Grafica del cálculo del VAN	121
Figura 3. 32 Resultados obtenidos del TIR	122

Índice de tablas

Tabla 2. 1 Comparación de velocidades en XDSL	16
Tabla 2. 2 Resumen de diversas especificaciones tecnológica 802.16	25
Tabla 2. 3 Descripción de las tarjetas de OLT Huawei MA5600T	39
Tabla 2. 4 Aplicación de cables de fibra óptica	54
Tabla 2. 5 Niveles de pérdida en splitters ópticos	55
Tabla 2. 6 Coeficientes de atenuación por km de distancia	61
Tabla 2. 7 Perdidas promedio por Conectorizacion y fusión.....	61
Tabla 2. 8 Presupuesto de pérdidas modelo masivo casas para más de 96 abonados	63
Tabla 2. 9 Presupuesto de pérdidas modelo masivo para casas hasta 96 abonados .	64
Tabla 3. 1 Descripción de los edificios en el Centro Comercial Plaza Lagos.....	78
Tabla 3. 2 Demanda individual de servicios a ofertar en el centro comercial	86
Tabla 3. 3 Demanda actual de servicios para el centro comercial.....	87
Tabla 3. 4 Demanda potencial futura de servicios para el centro comercial	88
Tabla 3. 5 Calculo de la distancia más lejana para el estudio	106
Tabla 3. 6 Matriz de presupuesto óptico pasivo al punto más lejano.....	108
Tabla 3. 7 Calculo de la distancia más cercana	108
Tabla 3. 8 Matriz de presupuesto óptico pasivo al punto más lejano.....	110
Tabla 3. 9 Presupuesto de los elementos iODN a considerar	112
Tabla 3. 10 Presupuesto de materiales a nivel de planta externa	115
Tabla 3. 11 Presupuesto de materiales a nivel de planta interna	116
Tabla 3. 12 Costo total de la solución	116
Tabla 3. 13 Costo de servicios referenciales a considerar para el análisis financiero	117
Tabla 3. 14 Cálculo del valor actual neto VAN	118
Tabla 3. 15 Calculo de la tasa interna de retorno TIR	120

RESUMEN

En la actualidad, los Proveedores de Servicios de Telecomunicaciones centran sus esfuerzos para ofrecer servicios triple play o convergentes de alta disponibilidad a través de infraestructuras ópticas pasivas punto a multipunto. La creciente demanda de servicios y la correcta operatividad de las redes ópticas pasivas ODN, hace que sea indispensable contar con una infraestructura a nivel de planta externa debidamente etiquetada y ordenada en todos elementos pasivos en el que el personal técnico interactúa, por ende el presente estudio tiene por objeto diseñar una red ODN en la cual se optimice el equipamiento, materiales y al adicionar nuevos elementos pasivos inteligentes a la actual ODN, los técnicos puedan interactuar con los mismos y las diferentes plataformas de gestión, para que de esa manera las ordenes de instalación y la red se pueda actualizar en tiempo real, evitando tener que basarse en la información que reside en los elementos pasivos.

ABSTRACT

Today, the Telecommunications Service Providers focus their efforts to offer triple play or converged high availability through passive optical point-to-multipoint infrastructure. The increasing demand for services and the proper operation of passive optical networks ODN, makes it essential to have a level infrastructure properly labeled and tidy at all passive elements outside plant where the technical staff interacts hence the present study aims to design an ODN network in which the equipment, materials and add new smart passive elements to the current ODNs, technicians can interact with the same and different management platforms are optimized for that way orders network installation and can be updated in real time, avoiding having to rely on information that resides in the passive elements through physical tags.

1 CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

Nos encontramos en una etapa tecnológica donde los servicios de datos, voz y tráfico de aplicaciones multimedia convergen a una red de acceso común, por ende es muy importante elegir la tecnología de acceso correcta a fin de poder llegar a las tasas de velocidades y anchos de banda óptimos para el transporte de los diferentes tipos de tráfico generado por los abonados.

Las tecnologías de acceso tradicional por cobre a través de dispositivos como DSLAM, MSAN y CMTS, se encuentran limitadas por el medio físico de transmisión, lo cual limita las velocidades y distancias a las que se pueden llegar a través de la última milla, por ende hoy en día resulta muy importante migrar la red de acceso tradicional hacia redes de nueva generación que permitan alcanzar mayores tráficos de ancho de banda, distancias y alta disponibilidad.

El consumo de grandes capacidades de ancho de banda se encuentra ligado directamente al tipo tráfico generado por los usuarios de un proveedor de servicio, dicho tráfico es transportado a través de las redes de acceso hacia el Backbone, y converge hacia las diferentes plataformas de servicio, por lo tanto las redes de acceso y Core deben guardar simetría con las velocidades que manejan, de esta manera el tráfico puede fluir sin retardo en ambos sentidos de la transmisión, evitando que se generen cuellos de botella.

Las redes de acceso han evolucionado desde las tradicionales infraestructuras por cobre hasta las redes de nueva generación a través de arquitecturas FTTX, las cuales en conjunto con tecnologías XPON pueden lograr que los abonados alcancen altas tasas de velocidades. Para garantizar estas tasas de velocidades y distancias entre la oficina central del proveedor y el abonado, el equipo terminal del usuario (ONT) debe recibir una potencia de transmisión adecuada, la cual este dentro del rango óptimo de operación, y para lograr esto se debe diseñar una ODN (Optical Distribution Network) que cumpla con los estándares de instalación y con los niveles de pérdida al punto más lejano y cercano de la red, para de esta manera garantizar una red fácilmente escalable, flexible y de alta disponibilidad.

En redes GPON se debe considerar una infraestructura muy importante, la cual se encuentra entre 2 dispositivos activos que intervienen en una arquitectura FTTX GPON, conocida como ODN (Optical Distribution Network), esta red se encuentra formada por elementos pasivos los cuales son transparentes para las plataformas de gestión y monitoreo, por ende la misma debe estar construida bajo un estándar de instalación que cumpla con las normativas de etiquetado, distribución y diseño, para de esta manera evitar problemas en los procesos de operación y mantenimiento de la red, sin embargo a lo largo de estos últimos años se han presentado problemas, los cuales han causado un impacto negativo en las instalaciones y procesos de operación y mantenimiento, por lo cual los proveedores han centrado su esfuerzo en corregir estos problemas, los mismos que están ligados a la parte física de la red sin tener resultados favorables para el acorte en los tiempos de instalación y mantenimiento.

En el presente estudio se abordara la problemática expuesta en el párrafo anterior y se estudiara los elementos que intervienen en una ODN tradicional para anexar nuevos componentes los cuales permitan integrar un nivel de inteligencia a la red de acceso por fibra y tener gestión local y remota de los elementos pasivos para administrar las fibras ópticas.

1.1 Justificación

En la actualidad, los proveedores de servicios de internet centran sus esfuerzos para proveer servicios de datos, telefonía y tráfico multimedia a través de una infraestructura técnica compartida, la cual se divide de forma general en dos partes, una red de Core o Backbone la cual transporta el tráfico a través de los equipos MPLS hacia las diferentes plataformas de servicio y la red de acceso la cual se conoce como la última milla, esta última es la que dictamina el tipo de medio que se empleara para llegar hasta los abonados, pudiendo ser por cobre, RF o fibra óptica.

Debido a los incrementos de ancho de banda provocado por el tipo de tráfico y aplicaciones en tiempo real, las redes por cobre no son la opción más óptima para alcanzar dichas tasas de velocidades, por ende surge la necesidad de implementar redes con arquitectura FTTX, la cual permita extender las distancias a nivel de la última milla y obtener altas tasas de velocidades para el transporte del tráfico generado por los usuarios, esto nos permitirá tener una red de acceso convergente y ofrecer servicios triple play de alta disponibilidad.

En el despliegue de redes FTTX y para el actual estudio en el cual se diseñara una iODN (Intelligent ODN) para un escenario FTTH (Fiber To The Home), se requiere un tratamiento muy especial, ya que la ODN es la parte más importante a considerar en un despliegue GPON, y es por medio de un óptimo diseño y presupuesto de pérdida que se lograra obtener los niveles adecuados para que el equipo terminal pueda trabajar de manera eficiente.

La ODN es una red pasiva en la cual no intervienen elementos activos, por ende el actual estudio es muy importante, ya que es indispensable mantener una ODN debidamente etiquetada en todos los elementos pasivos que intervienen, principalmente donde el técnico interactúa para la habilitación de los servicios, por tal motivo surge la necesidad de integrar nuevos elementos de red a la tradicional ODN, los cuales optimicen los procesos técnicos de operación y mantenimiento para la habilitación de clientes masivos y/o corporativos y acorten los tiempos de instalación. Es ahí donde se presenta el actual estudio, donde se plantea estudiar y diseñar una iODN la cual integrara un nivel de inteligencia a la ODN tradicional para facilitar los trabajos de los técnicos y los mismos puedan interactuar con las diferentes plataformas de gestión de manera local y remota.

Al no existir etiquetas físicas en los elementos pasivos que interviene en la iODN, sino etiquetas virtuales, ya no existe la necesidad de realizar mantenimientos y nuevas instalaciones basándose en etiquetas pagables, sino en una nueva plataforma de etiquetas virtuales, las cuales no se deterioran ni envejecen, de esta manera el técnico tendrá una información confiable y los tiempos en labores de instalación y mantenimiento se acortaran.

1.2 Planteamiento del problema

La situación actual que están viviendo los proveedores de servicios para el despliegue de redes FTTX, se centra en el diseño e integración de ODNs que provean una óptima distribución, optimización de recursos y niveles de potencia adecuados para llegar hasta el equipo terminal del cliente en 2 entornos principales como FTTH y FTTB, el primero como parte del presente estudio.

La ODN es una red óptica pasiva, donde personal técnico interactúa con los elementos que intervienen en la red de manera local a fin de activar abonados a través de órdenes de trabajo físicas, donde se indica los datos técnicos del cliente a activar, por tal motivo el personal técnico debe basarse en las etiquetas e información que residen en los diferentes elementos pasivos de la red, como gabinetes PON, cajas terminales, ODFs, etc., consecutivamente los técnicos deben retornar a las centrales para la respectiva legalización de las ordenes instaladas, esto crea un trabajo manual entre el personal técnico y de regularización con posibles fallas, y se traduce en un incremento de tiempo para las nuevas instalaciones, operaciones de mantenimiento y regularizaciones de órdenes de trabajo.

Si existiera una herramienta o equipamiento que permita optimizar los tiempos de operación - mantenimiento, y permita interactuar con los elementos de la red pasiva de manera local y remota, se ahorraría tiempo en las instalación de los nuevos abonados y se tendría una mejor organización, etiquetado y actualización de la información de manera dinámica y flexible.

Para lograr optimizar las redes ópticas pasivas tradicionales abordaremos 3 frentes de modo macro, el primero será definir el modelo FTTX a plantear en el diseño, lo cual nos dictaminará la penetración de la fibra en las instalaciones de los abonados, el segundo será definir las características y especificaciones de la red de distribución, feeder y niveles de splitteo a considerar, y finalmente elegir los elementos pasivos inteligente a incluir en el diseño de la iODN para el centro comercial Plaza Lagos.

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo General

Diseñar una red FTTH a través de una ODN inteligente para alimentar al Centro Comercial Plaza Lagos, de tal manera que se pueda facilitar los trabajos de operación, mantenimiento y actualización de información técnica para obtener una red de alto rendimiento, confiabilidad y escalabilidad.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Diseñar una red FTTH a través de una ODN inteligente en un entorno de Acceso para facilitar los trabajos de operación y mantenimiento.
- Estudiar y analizar los dispositivos y elementos pasivos que intervienen en una red GPON y ODN tradicional e inteligente.
- Analizar el impacto de trabajar en una ODN tradicional para instalaciones de servicios comparado con la flexibilidad que ofrece una iODN.

- Diseñar y dimensionar una iODN para un centro comercial que cumpla con optimización de recursos a nivel de consumo de puertos PON y elementos pasivos.
- Estudiar y analizar la interacción entre las plataformas de gestión con los elementos que conforman la iODN.

1.4 Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo mixta, ya que se tiene por objeto explicar y/o estudiar a profundidad el diseño de una ODN inteligente y su relación con las plataformas de gestión y servicio en base al análisis documental, e investigación cuantitativa ya que se abordara y recolectará información estadística y porcentual de la cuantificación de los recursos a considerar en el diseño de la solución técnica.

1.5 Hipótesis

En los últimos años se ha hecho necesario implementar herramientas y soluciones que permitan optimizar los procesos de operación, mantenimiento y actualización de datos para redes con arquitectura FFTX, principalmente en la ODN donde no se tiene gestión y control, ya que está conformada por elementos pasivos no administrables, por ende hemos llegados a las siguientes hipótesis:

- Es posible administrar local y remotamente las fibra ópticas que residen dentro de los gabinetes y cajas terminales pasivas que forman parte de una ODN?
- Será posible actualizar y ejecutar en tiempo real las ordenes de trabajo para la realización de nuevas instalaciones y mantenimientos preventivos?
- Es posible optimizar redes tradicionales ODNs a través de la integración de elementos pasivos inteligentes?

1.6 Metodología

Para la comprobación de la hipótesis Cualitativa *“En los últimos años se ha hecho necesario implementar herramientas y soluciones que permitan optimizar los procesos de operación y mantenimiento para redes FFTX, principalmente en la ODN donde no se tiene gestión y control, ya que está conformada por elementos pasivos no administrables”* planteada, en la presente tesis se realizara una investigación mixta empleando metodología cualitativa para la descripción de la solución planteada a través del análisis documental y cuantitativa en la ejecución de los datos porcentuales para la cuantificación de los recursos a utilizar.

PARTE I MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO II EVOLUCIÓN DE LAS REDES DE ACCESO

Las redes de acceso han evolucionado a través del tiempo para poder ofrecer servicios de alta disponibilidad y de gran capacidad de ancho de banda, esto debido a que en la actualidad el tráfico generado por los usuarios se ha incrementado de manera exponencial, producto del uso de aplicaciones en tiempo real, demanda de alta capacidad en servicios de datos, video streaming y tráfico multimedia.

Las redes tradicionales por cobre, las cuales se ven afectadas por factores como la distancia en el bucle local, inducción en los pares de hilos y paradiafonía, generan pérdidas o atenuaciones las cuales están estrechamente relacionadas con el medio de transmisión. Las tecnologías que se desarrollaron para poder hacer uso de infraestructuras por cobre tradicionales conocidas como la PSTN (Public Switching Telephone Network) o HFC (Híbrido Fiber Coaxial) fueron Cable Modem y XDSL, las cuales permiten alcanzar medianas velocidades a través del bucle local a través de 1 o 2 pares de hilos para XDSL y a través de cable coaxial en baja frecuencia para redes HFC.

Las redes inalámbricas fueron una alternativa para solventar las pérdidas ocasionadas por el medio de transmisión por cobre, y es a través de tecnologías como WLL (Wireless Local Loop), WIMAX, LMDS y MMDS que se solventó las pérdidas ocasionadas por medios guiados, sin embargo no se podía llegar a altas tasas de velocidades y anchos de banda, debido a la

saturación del espectro y a la tecnología en sí, lo cual en la actualidad no permite ofrecer servicios de alta disponibilidad.

Haciendo referencia a la figura 2.1, las diferentes tecnologías de acceso convergen hacia el core IP y última milla, logrando establecer a través de ella comunicación con las diferentes plataformas de servicios, adicionalmente el medio de transmisión de las redes de acceso limitan las distancias y por lo tanto el ancho de banda entre la oficina central del proveedor y el cliente, siendo la distancia directamente proporcional a la velocidad.

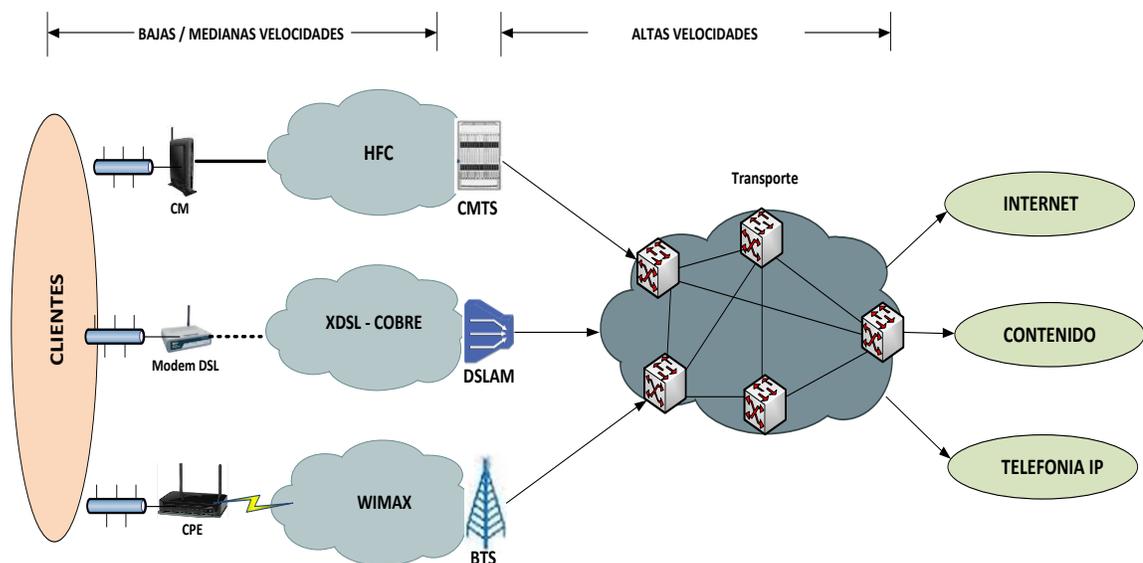


Figura 2.1 Tecnologías de accesos por cobre e inalámbricas, Autor

Las redes por cobre se encuentran principalmente representadas por 2 tecnologías muy importantes las cuales se pueden ver en la figura 2.1, y son las redes HFC y XDSL, estas redes de accesos difieren en el tipo de cable de cobre que se utilizan, siendo cable multipar el utilizado para el despliegue de redes con arquitectura XDSL y cable coaxial para redes HFC.

2.1 Redes de acceso por cobre

Las redes de acceso por cobre permiten conectar usuarios a través de un medio de transmisión guiado, el cual puede ser a través de cable multipar o coaxial dependiendo de la naturaleza de la red, las redes de acceso más comunes donde se hace uso de cable de cobre multipar es la PSTN y coaxial para redes HFC.

Sin embargo las redes por cobre están limitadas por sus características intrínsecas eléctricas, las cuales se ven afectadas por el ruido, inducciones electromagnéticas, paradiafonía, etc., y esto se traduce en un decremento en la distancia desde el abonado hacia la central, otra de las limitaciones que presentan las redes por cobre es que las velocidades y ancho de banda que se pueden alcanzar son directamente proporcional a la distancia entre la oficina central y el cliente.

Las redes de acceso por cobre se clasifican dependiendo de la tecnología a la cual se encuentran conectadas, entre las más populares se pueden citar la PSTN, XDSL, HFC, entre otras. Los servicios actuales demandan que las redes futuras soporten altas tasas de velocidades, y esto solo es posible a través de medios de transmisión que no sean susceptible al ruido y a las inducciones electromagnéticas como el cobre.

2.1.1 Red de acceso de telefonía tradicional por cobre PSTN

Las redes de acceso de telefonía pública tradicional por cobre, fueron el inicio y la base para el despliegue de las tecnologías de banda ancha actuales XDSL, lo cual permitió obtener altos incrementos de velocidades y ancho de banda en el bucle local, lo que era imposible obtener con conexiones a través de módems dial up, ya que solo podían llegar hasta tasas entre 1.2 y 56 Kbps.

Las redes de telefonía tradicional por cobre se componen principalmente de 3 bloques, los cuales están relacionados con la ubicación física de la red en un área geográfica determinada, en la figura 2.2 se esquematiza las partes que conforman una red de acceso por cobre tradicional.

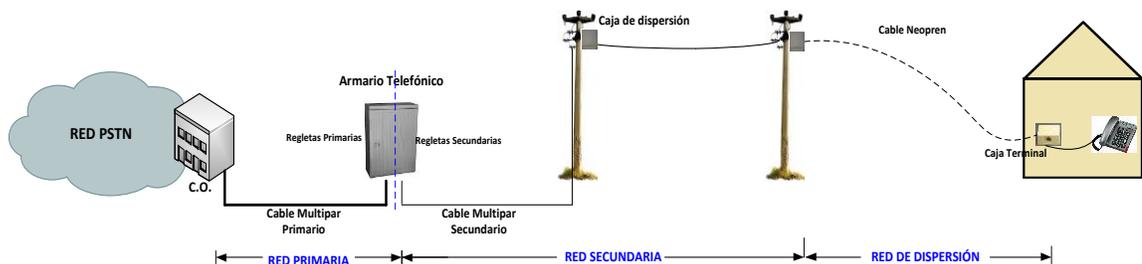


Figura 2. 2 Red de acceso por cobre de una PSTN, Autor

La red primaria en una PSTN es aquella que enlaza la Central y los armarios de distribución de un distrito a través de cables multipares que pueden ser en múltiplos de 100, 200, 300, 900, 1800 pares, estos cables a su vez convergen hacia regletas primarias ubicadas en los armarios, los cuales se encuentran tejidos en base a una codificación de colores.

La red secundaria es aquella la cual une los armarios telefónicos a través de regletas o bloques de conexión secundario hacia las cajas de dispersión a través de cables multipares de mediana y baja capacidad, los cuales transitan por canalizaciones y a través de postes o tramos soterrado.

La red de dispersión o de abonado, es aquella que inician en la caja de dispersión y converge hacia la caja de terminación ubicada en la instalación del cliente, el cable que se utiliza para realizar la acometida se lo conoce como cable telefónico neopreno.

2.1.2 Integración de la arquitectura XDSL a la PSTN

La Tecnología xDSL fue concebida para reemplazar a su antecesora RDSI (red digital de servicios integrados) la cual usaba los pares de cobre de la PSTN para transmitir datos a través de canales digitales de baja velocidad llamados BRI a 128 Kbps, en la RDSI la última milla era digitalizada y en el equipo terminal del cliente se tenía que recibir los datos a través de una interfaz que hablase RDSI, como por ejemplo una PC que disponga de un puerto RDSI, en tanto que para recibir la voz se tenía que instalar un TA el cual convertía la señal digital a analógica.

Para superar las limitaciones a nivel de velocidades y ancho de banda y el tener que estar utilizando dispositivos activos para separar las señales análogas de las digitales se implementó la tecnología XDSL, la cual consiste en agrupar lógicamente módems llamados ATU-C dentro de un único chasis, estos a través de celdas ATM crean una conexión lógica en capa 2 a través de IDs de circuitos

virtuales llamados VPI/VCI, los cuales se conectan hacia los módems de clientes y estos son conocidos como ATU-R.

Dentro de una arquitectura XDSL tradicional existe un elemento conocido como splitter, que permite mezclar las señales que convergen de la PSTN la cual trabaja en baja frecuencia y de la nube de datos la cual trabaja en alta frecuencia como se puede ver en la figura 2.3, de la misma forma en las instalaciones del cliente se debe separar las frecuencias a través de un splitter que es un filtro pasa banda para separar el tráfico telefónico el cual es una señal analógica y el tráfico de datos por el cual se transporta servicios de datos e internet.

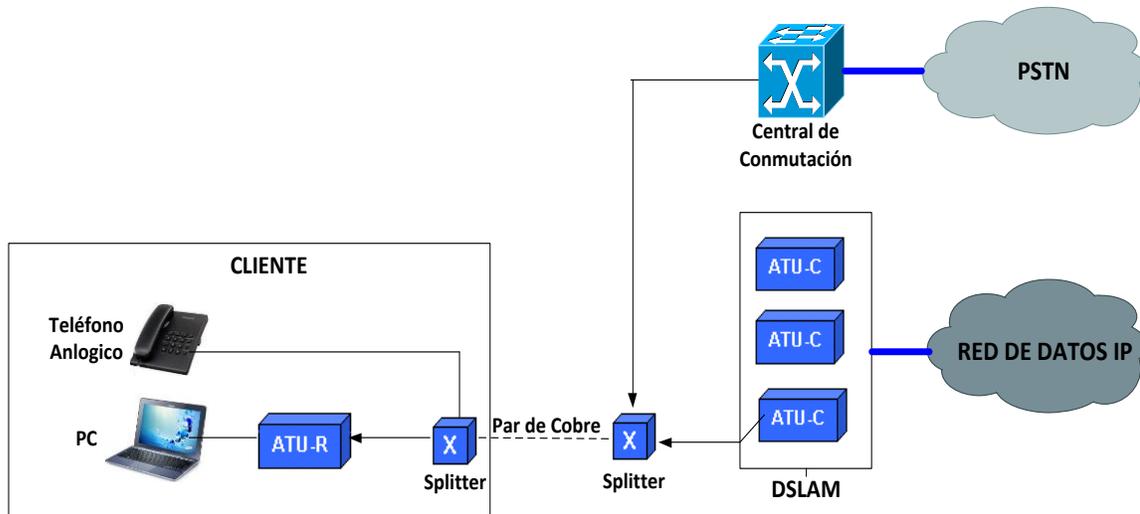


Figura 2.3 Red tradicional XDSL, Autor

En la actualidad el esquema que se muestra en la Figura 2.3 es reemplazado por un nuevo dispositivo conocido como MSAN, el cual permite transportar el tráfico telefónico y de datos a través de una sola infraestructura

evitando tener que mezclar las señales en la Oficina Central (CO), de esta manera se evita tener conexiones físicas hacia la PSTN y se anula un punto de fallo, Figura 2.4.

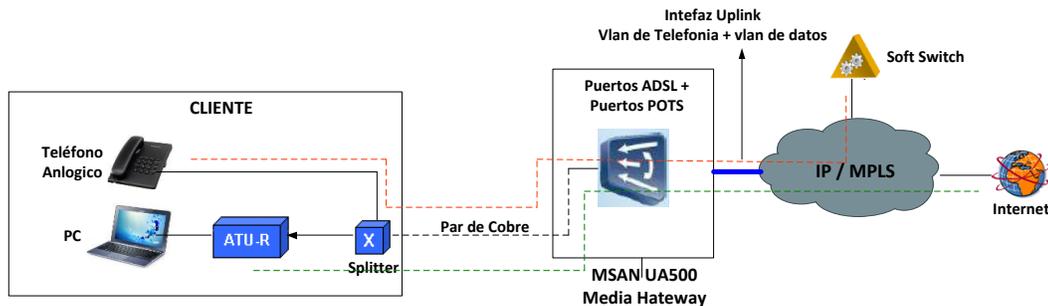


Figura 2. 4 Red XDSL a través de MSAN, Autor

Las tecnologías XDSL han evolucionado a través de los años para ofrecer mayores capacidades de velocidades y distancia entre la oficina central y los abonados.

A continuación se muestra la evolución de las tecnologías XDSL hasta la actualidad.

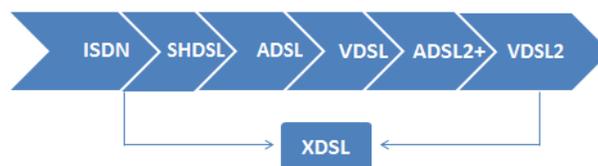


Figura 2. 5 Evolución de la tecnología XDSL, Huawei Technologies, 2014

Las capacidades de transmisión en las arquitecturas XDSL están directamente relacionadas por el tipo de modulación y encapsulamiento en capa 2, lo cual genera mayores velocidades y diferencias en el alcance del abonado hacia las centrales del proveedor, e inclusive se pueden utilizar 1 o 2 pares de hilos para alcanzar mayores distancias y/o velocidades.

En la Tabla 2.1 se muestra la diferencia a nivel de tasas de velocidad y distancias entre las tecnologías XDSL.

Tabla 2.1 Comparación de velocidades en XDSL

Tecnología Xdsl	Simetría	Tasa de Transmisión	Distancia Máxima de Transmisión (Km)	Pares	Soporte de POTS
ISDN	Simétrica	Tasa Máxima 2 Mbps	N/A	1	Si
SHDSL	Simétrica	Tasa Máxima 2,3 Mbps a 4,6 Mbps	6.5	1-2	No
ADSL	Asimétrica	Tasa Máxima downstream 8 Mbps y Tasa upstream 896 Kbps	5	1	Si
ADSL2+	Asimétrica	Tasa Máxima downstream 24 Mbps y Tasa Máxima upstream 1 Mbps	5	1	Si
VDSL	Simétrica / Asimétrica	Tasa Máxima downstream 52 Mbps y Tasa Máxima upstream 26 Mbps	1.5	1	Si

Nota: Autor

El uso de redes XDSL en un entorno residencial puede variar dependiendo de la penetración del equipo de acceso en las instalaciones del abonado. Por ejemplo si se desea ofrecer servicios de telefonía e internet en un edificio, es muy probable que se instale un MSAN en la planta baja y se instale un CDP por piso para distribuir los pares de cobre hacia los departamentos.

Si se desea ofrecer servicios de internet y telefonía en una urbanización mediana o grande, es muy probable que se instale un MSAN dentro de la

urbanización en un cuarto o caseta para distribuir hacia uno o varios armarios dependiendo de la cobertura que se quiera cubrir, Figura 2.6.

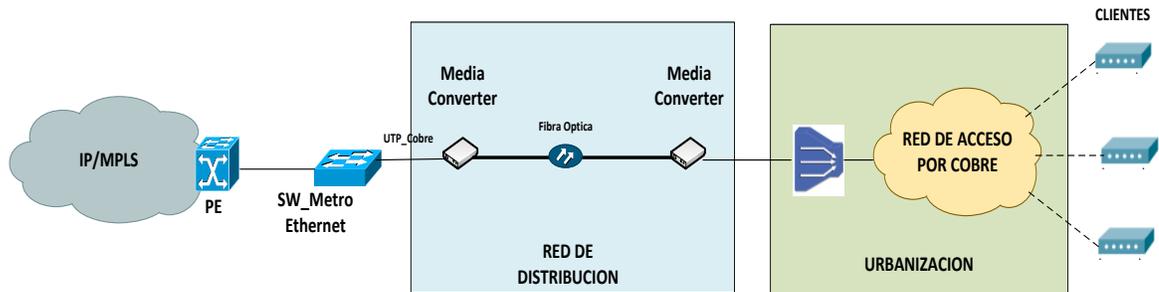


Figura 2. 6 Esquema típico de una red XDSL para una urbanización, Autor

2.1.3 Arquitectura de una red XDSL

Las redes XDSL están compuestas por elementos activos y pasivos los cuales se muestran en la figura 2.7.

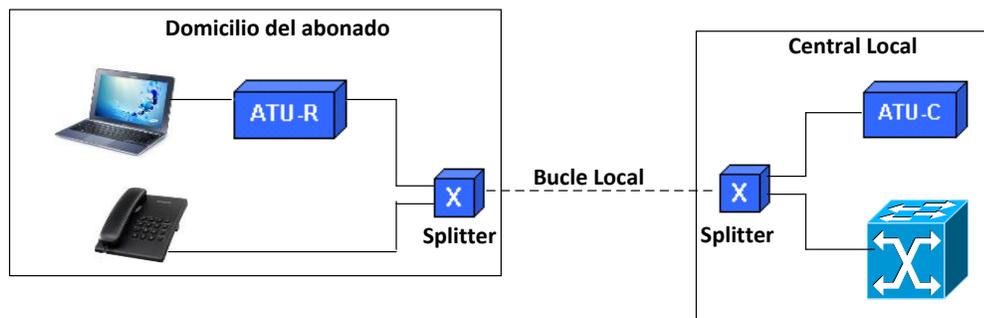


Figura 2. 7 Arquitectura de redes XDSL, Autor

El ATU-R (ADSL Terminal Unit-Remote) es el modem situado en las instalaciones del abonado, mientras que el ATU-C (ADSL Terminal Unit-Central) es el modem ubicado en la central del proveedor. El splitter es un elemento conocido como filtro, el cual separa las señales de alta y baja frecuencia para separar las señales de los servicios de datos y telefonía.

2.1.4 Red de acceso HFC

Las redes HFC por sus siglas (Híbrido Fiber Coaxial) es una red la cual está formada por fibra óptica como cable coaxial para crear una red de banda ancha de mediada capacidad.

La tecnología HFC permite hacer uso de una infraestructura preexistente CATV para el transporte de tráfico de internet y datos hacia los abonados. Las redes de acceso HFC se pueden dividir en 2 bloques, la primera consiste en la conexión entre el abonado y el 1er punto de acceso llamado TAP a través de cable coaxial y estos a su vez convergen hacia un nodo local, la 2da parte consiste en unir los nodos locales a través de fibra óptica monomodo entre si y hacia el Headend.

Los inicios de las redes HFC fueron las redes CATV, la cuales solo eran usadas para el transporte de señales de televisión por cable, ya que las mismas eran unidireccionales.

Con la tecnología HFC la transmisión es bidireccional, por lo cual se puede transportar tráfico de video, voz, datos y multimedia, pero la red de acceso se ve limitada por el uso de cable coaxial de baja frecuencia, lo cual genera pérdida y por ende atenuaciones en la última milla, lo cual no permite garantizar altas velocidades.

Para solventar los problemas relacionados a las pérdidas por las distancias, se introdujo el uso de elementos activos llamados amplificadores, los

cuales permiten extender la última milla de cable coaxial, pero estos elementos activos también amplifican ruido, por lo cual su uso es útil pero no solventa de manera óptima los problemas que son producto del medio de transmisión.

El tráfico de televisión y datos generado por los usuarios de una red HFC converge hacia los diferentes elementos pasivos coaxiales y estos a su vez transportan el tráfico a través de los nodo ópticos hasta un combinador, el cual desmultiplexa las señales de televisión y datos y las transporta a los dispositivos de servicio como CMTS (Cable Modem Termination System) en el caso de los servicios de datos e internet y hacia las plataformas de televisión para las señales de televisión CATV como se ilustra en la figura 2.8.

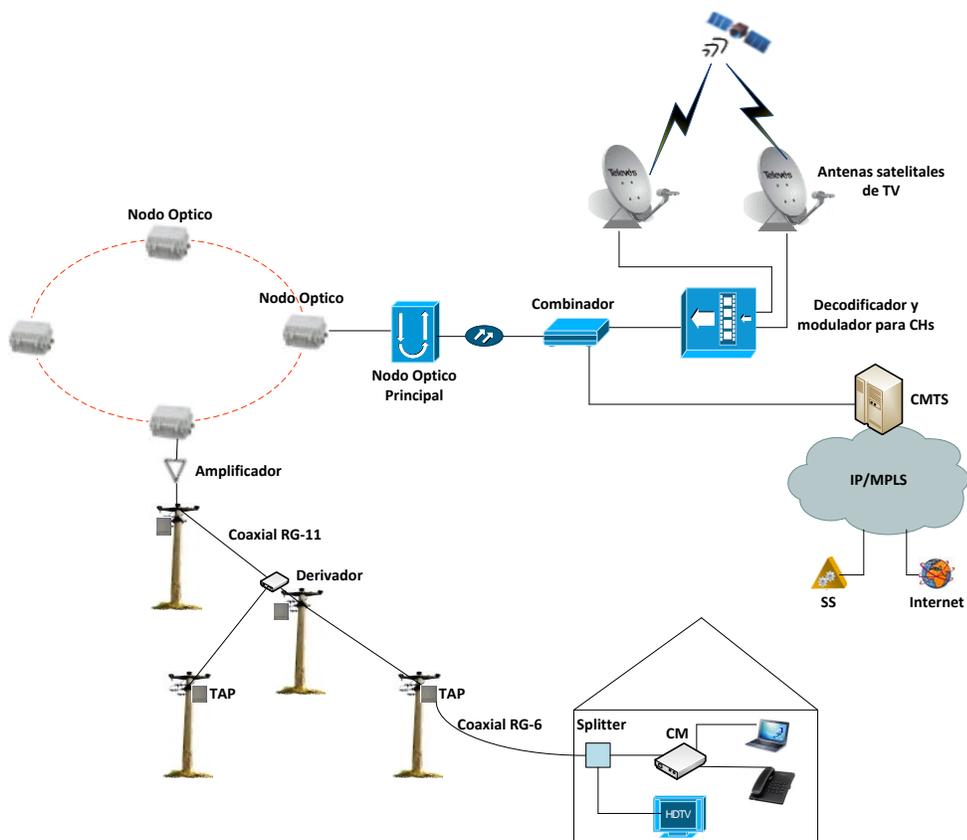


Figura 2.8 Red HFC típica, Autor.

2.1.5 Arquitectura de una red HFC

Un nodo HFC es un elemento activo que convierte las señales analógicas a digitales y viceversa.

Las señales analógicas que son transmitidas por el cable modem son transportadas hacia la red coaxial y estas convergen hacia el nodo HFC el cual las convierte a señal digital, este a su vez las transporta hasta un dispositivo de capa 2 llamado CMTS (Cable Modem Termination System) el cual se conecta hacia el Backbone IP.

En la figura 2.9 se puede apreciar las señales de downlink y uplink a través de los diferentes elementos más representativos de una red HFC.

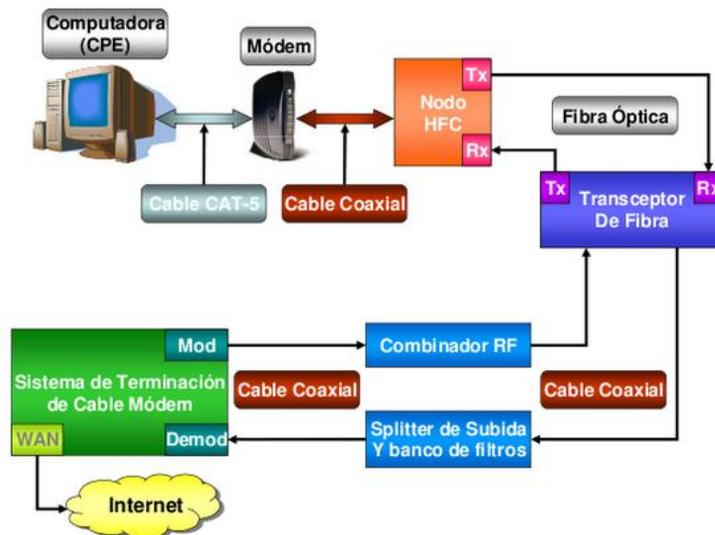


Figura 2.9 Arquitectura de una red HFC, <http://mentecuriosa.net/que-es-la-red-hfc/>

2.2 Redes de acceso Inalámbrica de área metropolitana

Las redes de acceso inalámbrico de área metropolitana fueron creadas como una alternativa a las redes tradicionales por cobre y fibra óptica, ya que estas no necesitan transportar las señales a través de medios guiados, lo cual produce mayor flexibilidad y menor costo de inversión en el despliegue de infraestructuras de acceso.

Las redes de acceso inalámbrico de área metropolitana WMAN utilizan diferentes protocolos y métodos de modulación para alcanzar tasas de velocidades y distancias aceptables desde las BTSs hasta la ubicación de los abonados, donde normalmente se instala un receptor de señal RF.

Las redes de acceso de área metropolitana se encuentran representadas principalmente por 4 tecnologías, las cuales se citan a continuación.

- WLL
- WIMAX
- LMDS
- MMDS

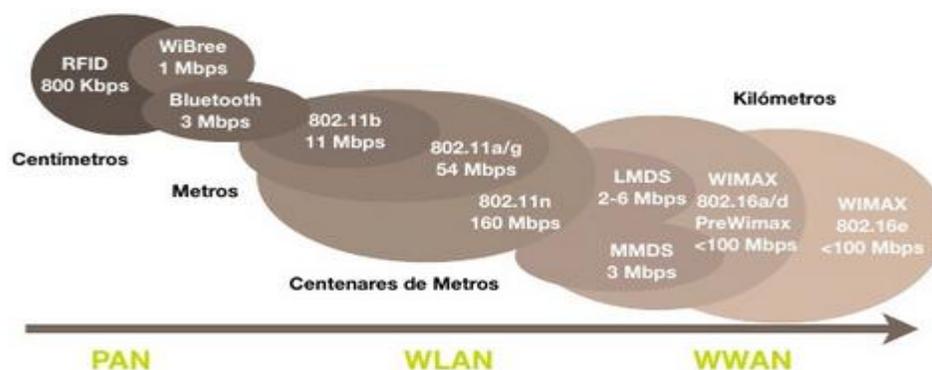


Figura 2. 10 Panorámica de las redes de Acceso Inalámbricas, Cisco System, ccna 1 exploration, 2012, pag. 40

Las redes de acceso inalámbricas se desarrollan en un entorno LAN, MAN y WAN, las cuales se diferencian por la cobertura que cada una alcanza a través de diferentes tecnologías tal como se ilustra en la figura 2.10. Los sistemas inalámbricos para redes de acceso de alta cobertura cuentan con un dispositivo principal llamado BTS, el cual se conecta a un sistema radiante para la propagación de las señales inalámbricas hacia los receptores pudiendo ser LOS (Line of Signal) o NLOS (No Line of Signal).

2.2.1 Redes de acceso WLL

Wireless Local Loop (WLL) es un sistema de radio que conecta estaciones fijas a través de enlaces punto a multipunto con línea directa de vista, fue diseñado para cubrir las necesidades de los cliente donde no existía cobertura por cobre, logrando ofrecer velocidades aceptables de hasta 256 KBPS, lo cual para su época de apogeo fue altamente considerable.

El tipo de despliegue de las celdas WLL se asemeja mucho a una celda celular, donde la misma se encuentra compuesta por antenas sectoriales las cuales cubren una cobertura de 360° entre 3 o 4 sectores dependiendo del tipo de propagación.

Una de las desventajas de la tecnología WLL es que no permitía movilidad de usuarios entre sectores de una misma celda, lo cual limitaba al abonado a contar con un sistema fijo el cual este siempre apuntando directivamente hacia la BTS WLL. Este tipo de despliegue era óptimo para telefonía fija a través de un medio inalámbrico.

Como se puede ver en la figura 2.11, un sistema WLL está compuesto por una BTS la cual se conecta hacia las plataformas de servicio IP o análoga y hacia el sistema radiante local el cual está compuesto por antenas sectoriales, estas pueden cubrir 120° dependiendo de la configuración de las antenas. Las conexiones deben ser directivas ya que la tecnología es LOS por sus siglas Line Of Signal y en las instalaciones del cliente se debe instalar un receptor el cual debe estar alineado con las antenas que se encuentran en la RBS WLL.

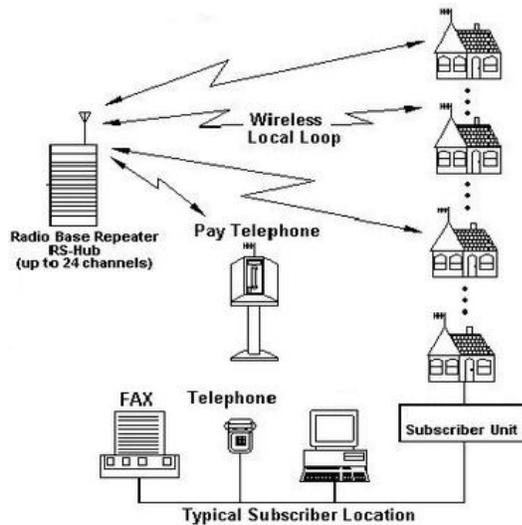


Figura 2. 11 *Arquitectura de un sistema WLL,*
http://www.oocities.org/es/eliecer_yanez

2.2.2 Redes de acceso WIMAX 802.16

Wimax es una tecnología inalámbrica la cual está basada en el WMAN IEEE 802.16, la cual provee especificaciones de la capa de control de acceso al medio y física para conectar dispositivos finales a una estación base llamada BTS sin necesidad de tener línea directa de vista, pudiendo o no ofrecer movilidad a los dispositivos entre celdas.

A medida que los servicios y escenarios de red evolucionan, las especificaciones técnicas IEEE 802.16 han evolucionado a través de 3 generaciones:

- IEEE 802.16: Tasa de datos alta, potencia de transmisión elevada, PTP (Point to Point), LOS, sistema inalámbrico fijo.
- IEEE 802.16-2004: Tasa de datos mediana, PTP, PMP (Point to Multipoint), sistema inalámbrico fijo.
- IEEE 802.16-2005: Tasa de datos bajo, PTP, PMP, sistema inalámbrico fijo o móvil.

En la tabla 2.2 se muestra las especificaciones técnicas más relevantes y cobertura de la tecnología WIMAX 802.16, donde se puede ver adicionalmente las características de conexión RF y las mejoras a nivel de movilidad, lo cual amenaza a la telefonía celular.

Tabla 2. 2 Resumen de diversas especificaciones tecnológica 802.16

Especificación	Referencia	Año de estandarización	Descripción
802.16	1	2001	Definición MAC y física para redes fijas de banda ancha en frecuencias de 10-66 GHz.
802.16a	2	2003	Mejora la especificación original. Contiene nuevas especificaciones físicas para las bandas de frecuencia 2-11 GHz. También incluye modos de operación para redes mesh
802.16d	4	2004	Contiene 802.16, 802.16a y varias mejoras MAC. Considerada la base de la especificación inalámbrica de banda ancha fija.
802.16e	5	2006	Mejora la especificación 802.16d para proveer soporte explícito para movilidad. Incorpora WiBRO. Considerada la base de la especificación inalámbrica de banda ancha móvil.
802.16f	6	2005	Base de información para la administración 802.16
802.16g	N/A	En progreso	Administración de red. Especifica procedimientos para el plan de control de administración.

Nota: *Fundamental Of WIMAX, Andrews, Jeffrey G., 2009, Pearson Education*

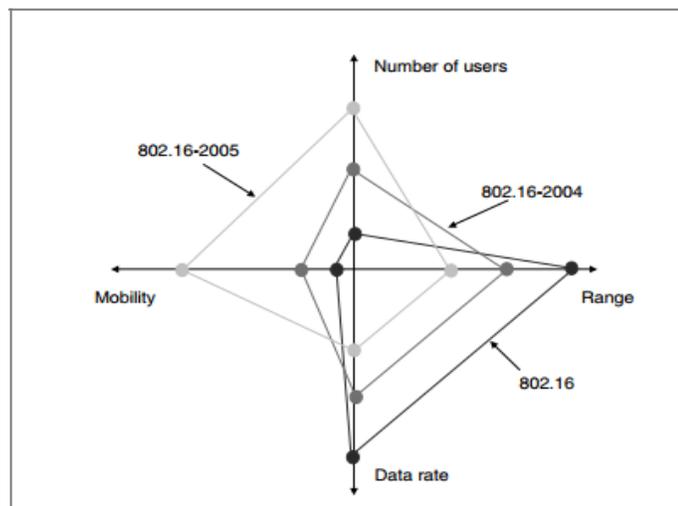


Figura 2. 12 Evolución de la tecnología WIMAX, *Fundamental Of WIMAX, Andrews, Jeffrey G., 2009, Pearson Education*

2.2.3 Breve descripción de las redes IEEE 802.16

La arquitectura de redes 802.16 está basada en la presencia de infraestructura de sitios fijos. De hecho, el modelo de arquitectura de las redes 802.16 es similar al modelo empleado dentro de las redes de telefonía celular. Cada área de cobertura 802.16 está compuesta por una estación base (BS) y una o más estaciones suscriptoras (SSs).

Las estaciones bases proveen conectividad a la red de core, mientras que los estaciones suscriptoras son la pilas de equipamiento en la ubicación del cliente, los cuales proporcionan el acceso para el usuario final a la red inalámbrica de banda ancha.

En la figura 2.13 se puede ver los elementos que intervienen en un área de cobertura única 802.16 muy similar a la de telefonía celular.

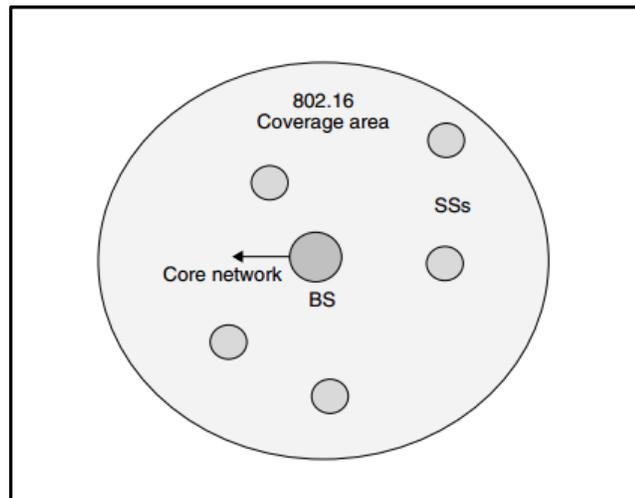


Figura 2. 13 *El área de cobertura 802.16, Fundamental Of WIMAX, Andrews, Jeffrey G., 2009, Pearson Education*

Las celdas 802.16 pueden ser agrupadas para formar una red de mayor cobertura, donde las estaciones bases están interconectadas hacia la red de core. En el modelo 802.16 los canales de acceso son centralizados y el tráfico converge hacia la controladora, cuya función es controlar el tráfico downlink y uplink. Las BS tienen el control completo de cómo y cuándo los SSs acceden al medio inalámbrico.

En la figura 2.14 se ilustra la arquitectura de una red de acceso WIMAX de modo macro, donde las estaciones bases (BSs) son la interfaz de conexión entre las estaciones suscriptoras y el core, por otra parte el tipo de conexión más común en este tipo de escenarios es el PMP (Punto a Multipunto) y las señales son NLOS, ya que no necesariamente tienen que ser directivas debido a que se maneja el concepto de propagación sectorial a través de técnicas de modulación como las 64QAM, 16QAM, QPSK y BPSK, y técnicas de multiplexación como la OFDM, esto se traduce en que a mayor distancia de la BS menor es el orden de modulación.

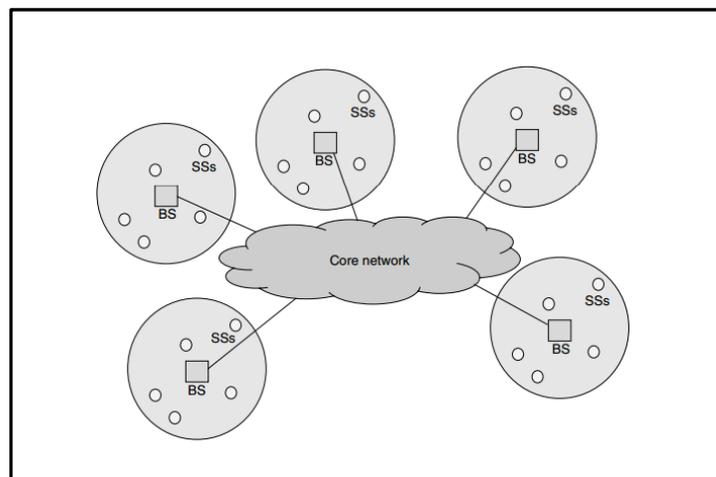


Figura 2.14 Ejemplo de red 802.16, *Fundamental Of WIMAX*,
Andrews, Jeffrey G., 2009, Pearson Education

2.2.4 Breve descripción de un sistema tradicional WIMAX

Las redes de acceso WIMAX están compuestas por un sistema radiante, el cual lo puede conformar una antena omnidireccional que cubra una rango de 360° o un sistema de antenas sectoriales la cual puede tener 2 o 3 sectores de 120° dependiendo del área que se necesite cubrir. El sistema radiante se conecta a través de cables IF o guía de onda hacia la BTS, la cual procesa las señales generada por los usuarios. En el caso de antenas sectoriales cada una se conecta a un sistema de radio individual de frecuencia intermedia, que en la figura 2.15 se lo puede ver representada por los sectores X, Y y Z, donde la unión de los 3 sistemas de radios individuales conforma la BTS y esta converge al core a través de conexiones en capa 2 por medio de switches metro ethernet. Una vez que el tráfico generado por los usuarios llega al core, este es transportado a las diferentes plataformas de servicio.

Del lado del cliente la conexión se establece a través de una antena wimax la cual se engancha a la BTS sin necesidad de que exista línea directa de vista, ya que la tecnología 802.16 es NLOS, adicionalmente la antena del usuario es energizada a través de un dispositivo llamada POE (Power Over Ethernet), el cual sirve de interfaz entre el sistema radiante local del usuario y punto de acceso al servicio a través de cablea utp. Dentro de las instalaciones del cliente se puede dar servicio a un grupo de máquinas si la salida del POE es conectada a un Switch, caso contrario se podría conectar directamente a una maquina como se indica en la figura 2.15.

En base a la figura 2.15, las redes por acceso vía WIMAX se asemejan mucho a un esquema de red celular, donde el sistema radiante se encuentra sectorizado por antenas tipo panel las cuales cubren 120° dependiendo de la configuración de la BTS, y las conexiones uplink hacia el core IP es a través de interfaces fast o giga ethernet, esto garantiza altas tasas de velocidad hacia el acceso y hacia el Backbone.

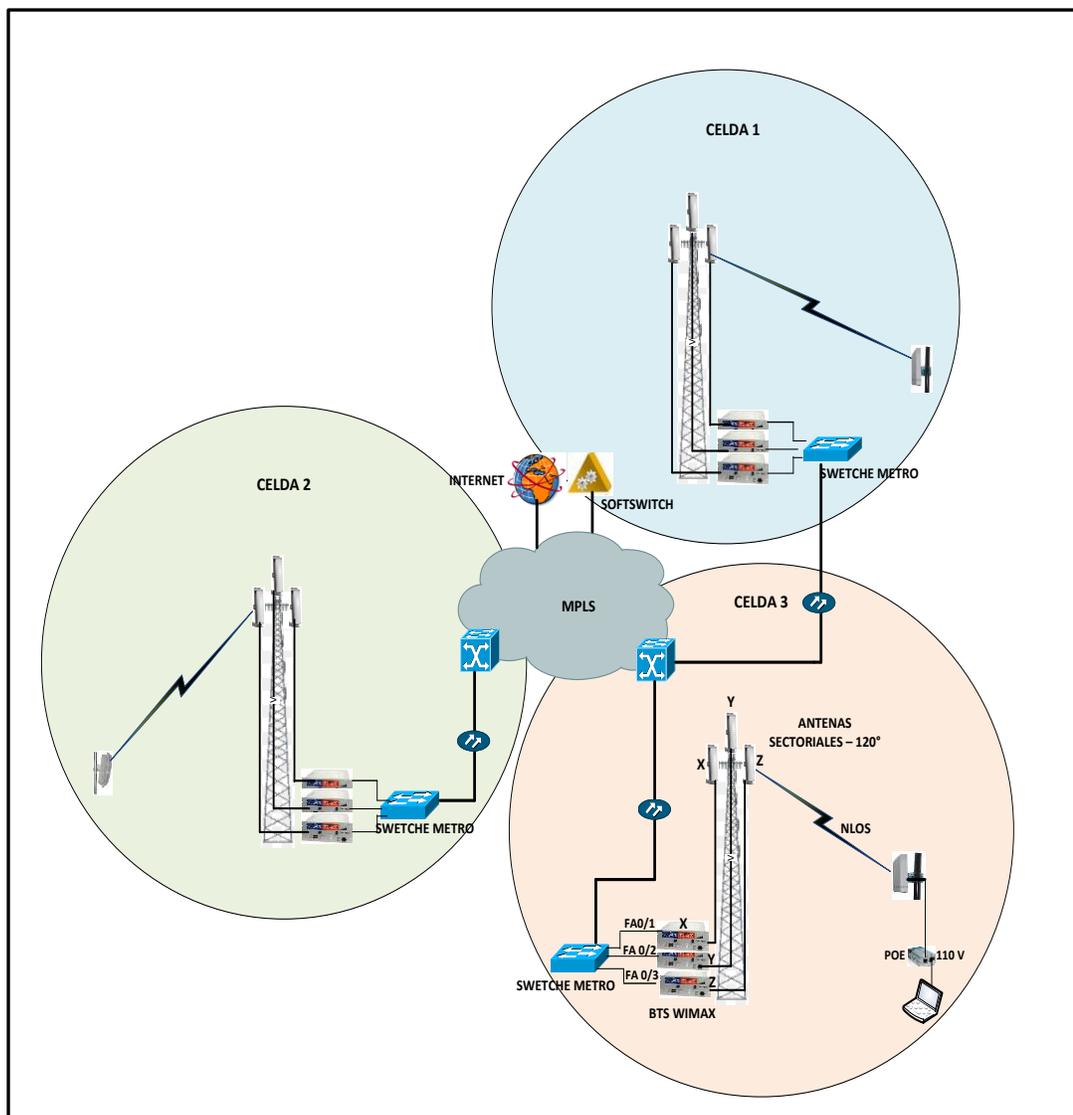


Figura 2. 15 Esquema de una red WIMAX tradicional, Autor.

2.2.5 Redes de acceso inalámbrica LMDS

LMDS por sus siglas (Local Multipoint Distribution Service), es una solución ideal para brindar servicios de banda ancha a hogares y oficinas en la última milla, donde la penetración de cable de cobre o fibra sea muy compleja.

Teniendo arquitecturas muy similares a las de redes de telefonía celulares, LMDS es una tecnología de acceso inalámbrico fijo punto a multipunto que normalmente opera en la banda de los 28 GHz y ofrece cobertura LOS (Line Of Signal) hasta 3,5 Km. Dependiendo de las regulaciones de licencias locales en un país, este tipo de sistemas inalámbricos de banda ancha pueden operar en cualquier parte entre 2 a 42 GHz.

Aunque las tasas de transferencia de datos para LMDS pueden alcanzar de 1,5 a 1 Gbps, en realidad está diseñado para entregar datos a velocidades de entre 64 Kbps a 100 Mbps, pero hablando en términos más realista la tasa que se puede alcanzar es de 30 Mbps por usuario.

2.2.6 Como trabaja LDMS y sus limitaciones

El complejo envío de señales digitales requerida sobre las frecuencias de los 28 GHz era posible gracias a los avances de la época en las tecnologías de procesamiento de señales digitales, sistemas de modulación y con la integración de circuitos integrados de arseniuro de galio, los cuales funcionaban mejor que los de silicio en altas frecuencias.

A diferencia de una red de telefonía celular donde el usuario puede realizar el traspaso entre celdas, el transceptor de un cliente LMDS tiene una ubicación fija y dentro de una misma celda con línea directa de vista. En los sistemas LMDS las antenas de los clientes se encuentran en las partes altas de sus instalaciones para obtener una buena visibilidad, figura 2.16.

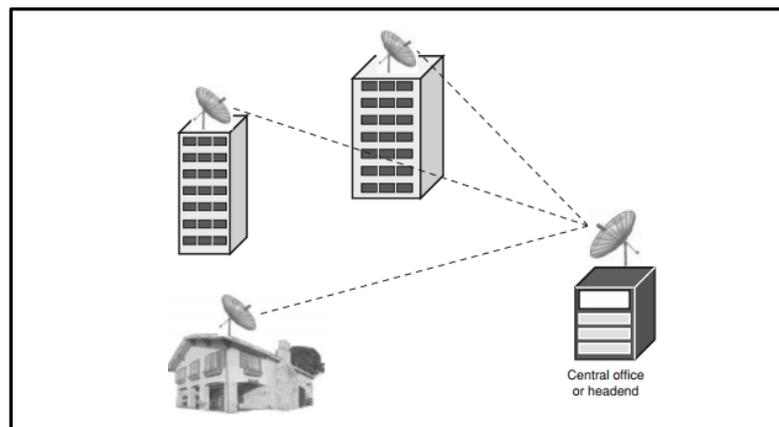


Figura 2. 16 Arquitectura de red LMDS, *Broadband Optical Access Networks*, Leonid G. Kazovsky, 2011, pag. 27.

2.2.7 Redes de acceso inalámbrica MMDS

Multichannel Multipoint Distribution Service (MMDS) es un servicio de radiodifusión cuyo rango de operación se encuentra en las bandas de frecuencias altas (UHF) entre 2,1 y 2,7 GHz. MMDS también se conoce como cable inalámbrico y fue concebido como un sustituto de la televisión por cable convencional. Sin embargo, también tiene aplicaciones en las comunicaciones telefónicas, fax y datos. En MMDS, un transmisor de potencia media converge hacia una antena omnidireccional cerca del punto topográfico más alto en el área de cobertura prevista de tal manera que pueda tener línea directa de vista con las antenas suscriptoras y cubrir un rango mayor de cobertura, figura 2.17. El radio de cobertura viable puede alcanzar hasta 70 kilómetros en terreno

plano (menos en zonas montañosas). Cada abonado está equipado con una antena pequeña, junto con un convertidor que puede ser colocado en la parte superior de un aparato de TV convencional. Las frecuencias en MMDS proporcionan cobertura de la señal precisa, clara, de gran alcance y los clientes están protegidos contra las interferencias de otros usuarios cuando el proveedor utiliza las frecuencias con licencia.

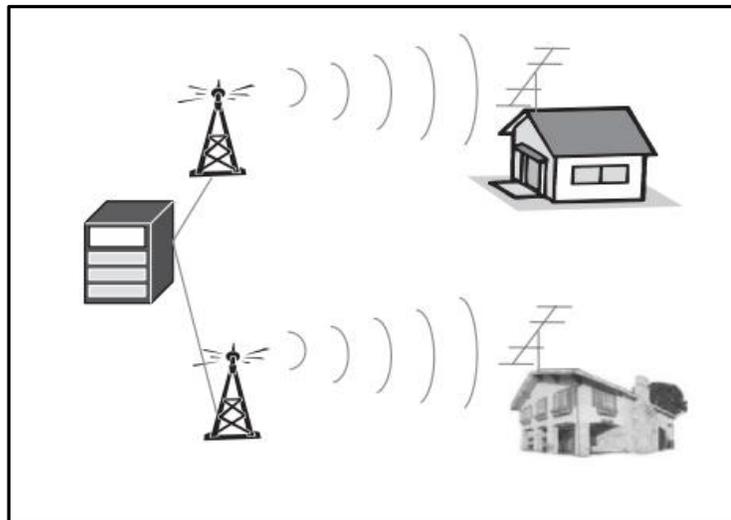


Figura 2. 17 Sistema de red MMDS, *Broadband Optical Access Networks*, Leonid G. Kazovsky, 2011, pag. 28.

2.3 Redes de acceso a través de fibra óptica

Las redes de acceso por fibra óptica debido a su alto ancho de banda y baja atenuación, han sido ampliamente desplegadas para redes de área amplia WAN y redes de área metropolitana MAN, e inclusive las fibras multimodo también fueron desplegadas en edificios para redes de área local LAN. Aunque las fibras ópticas son medios ideales para los sistemas de comunicación de alta y mediana velocidad en redes de core y backbone, en sus comienzos el costo de implementación fue considerado prohibitivo en la zona de acceso, y las

redes por cobre seguían dominando en el mercado. Sin embargo, aplicaciones multimedia emergentes y mayores capacidades en transmisión de datos han creado esas grandes demandas de ancho de banda que las tecnologías por cable de cobre no pueden alcanzar debido a la naturaleza del medio de transmisión. Mientras tanto, los componentes activos y pasivos de mediano o bajo costo en conjunto con diferentes arquitecturas han hecho que la fibra óptica sea una solución muy atractiva para los proveedores de servicios de internet y empresas de telecomunicaciones. En los últimos años han existido diversas tecnologías de acceso por fibra óptica, las cuales a través de la última milla permiten llegar hasta los abonados, pudiendo ser a través de arquitecturas punto a punto o punto a multipunto, cada una de ellas conformada por diferentes equipos de accesos y elementos pasivos.

2.3.1 Redes de acceso a través de fibra óptica punto a punto

Las redes de acceso a través de fibra óptica punto a punto fueron la solución parche para solventar los problemas relacionados con el ancho de banda y velocidades, las cuales no podían ser alcanzadas a través de infraestructuras por cobre y RF, por lo cual a través de la tecnología metro ethernet se logró brindar capacidades de acceso de hasta 100 o 1000 Mbps por puerto. Adicionalmente a través de esta tecnología y medio de transmisión las distancias no son un problema, ya que se puede extender a través de decenas de Kms sin tener pérdidas producidas por ruido, inducciones electromagnéticas o limitaciones del mismo medio de transmisión.

Sin embargo las conexiones en este tipo de tecnología de acceso son punto a punto, lo cual representa tener n cantidad de conexiones individuales

por abonado y esto se traduce en un incremento de equipamiento activo e infraestructura tanto en las centrales o nodos como en las instalaciones del cliente, figura 2.18.

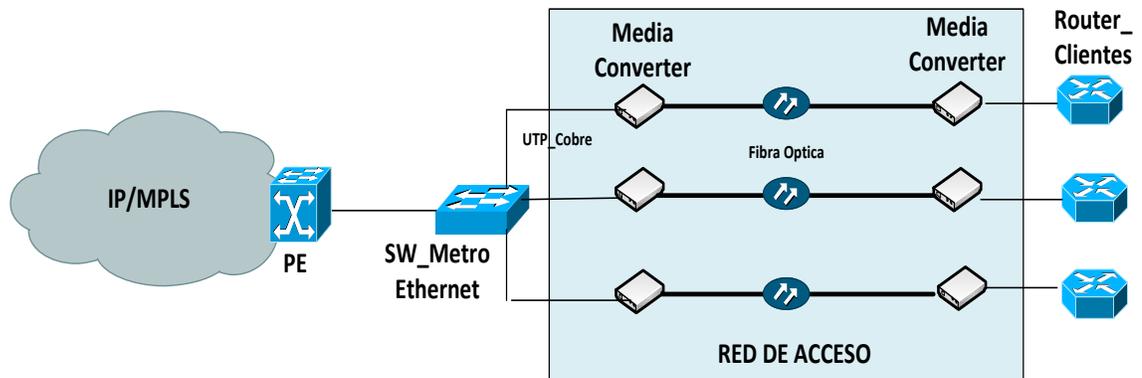


Figura 2. 18 Redes por Fibra Óptica punto a punto, Autor

En la figura 2.18 se esquematiza una red de acceso a través de óptica punto a punto donde es necesario instalar un convertidor de cobre a fibra en la central y en las instalaciones del cliente. Si el Switch es de 48 puertos eléctricos se tendría que instalar 48 parejas de conversores para conectar los abonados hacia las diferentes plataformas de servicios, lo cual no es muy óptimo para clientes masivos o residenciales y/o corporativos, esto debido a la densidad de equipos activos en la central e instalaciones del cliente. Adicionalmente el tipo de fibra óptica utilizada en este tipo de conexiones es monomodo y la transmisión puede ser a través de 1 o 2 hilos de fibra dependiendo del tipo de conversor a utilizar.

2.3.2 Redes de acceso a través de fibra óptica punto a multipunto

Las redes de acceso por fibra óptica punto a multipunto optimizan el uso de infraestructura tanto en la central del proveedor de servicio como en la planta externa, esto debido a que se evita el uso de elementos activos en la CO (Central Office) como los conversores que se pueden ver en la figura 2.18, donde para cada conexión se hace uso de una pareja.

Las redes por fibra óptica punto a multipunto se basan en el uso de elementos pasivos que multiplexan las señales de entrada y las distribuye a través de sus salidas con una pérdida fija dependiendo del número de salidas del elemento, pudiendo ser de 4, 8, 16, 32 y 64 salidas.

Las redes de acceso por fibra óptica punto a multipunto generan un menor costo de implementación, ya que se optimiza el uso de cable óptico excesivo y el uso de puertos ethernet en los dispositivos de capa 2 como Switches metros. En la figura 2.19 se ilustra una comparativa gráfica entre las redes de fibra óptica punto a punto y punto a multipunto.

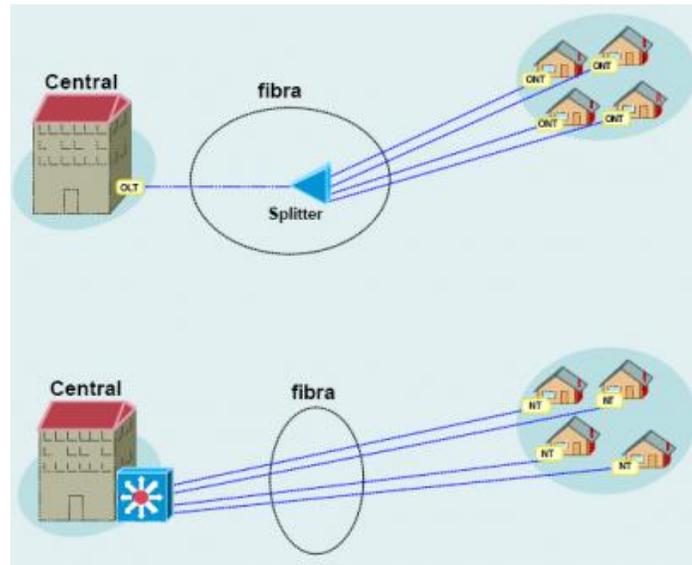


Figura 2. 19 Comparación entre redes de fibra punto a punto vs punto a multipunto, http://wikitel.info/wiki/Accesos_NGA_fijos

2.4 Redes Ópticas Pasivas PON

PON por sus siglas (Passive Optical Network) es una tecnología con arquitectura punto a multipunto (PMP) que proporciona acceso de banda ancha a través de una infraestructura óptica pasiva. La tecnología PON se ha convertido en la solución más popular para el despliegue de redes FTTx entre los operadores, esto debido a la gran flexibilidad y capacidad de ancho de banda que se puede proporcionar tanto en el tráfico donwlink como en el uplink sin necesidad de usar equipamiento activo en la planta externa.

Amplios servicios son provisionados por proveedores a través del despliegue de redes PON a nivel mundial, estos incluyen la mejora de ancho de

banda y capacidad para el soporte de servicios, así como un rendimiento mejorado en los nodos de acceso y de la red de distribución.

Una red PON está compuesta por elementos pasivos a nivel de la planta externa y 2 elementos activos llamados OLT (Optical Line Terminal) y ONT (Optical Network Terminal), los cuales se encuentran en los extremos de la ODN (Optical Distribution Network), red que está compuesta por elementos pasivos como ODFs, cajas terminales, armarios PON, splitters, etc. El 1er dispositivo conocido como OLT se encuentra en la central o nodo del proveedor de servicios y el 2do dispositivo conocido como ONT u ONU reside en las instalaciones del cliente. El uso de la ONT u ONU se dictamina por la penetración de la fibra en un área de cobertura o instalación del cliente.

En la figura 2.20 se puede tener una visión general de una red PON y los elementos que lo conforman, donde se puede destacar la ODN y los elementos activos OLT y ONU.

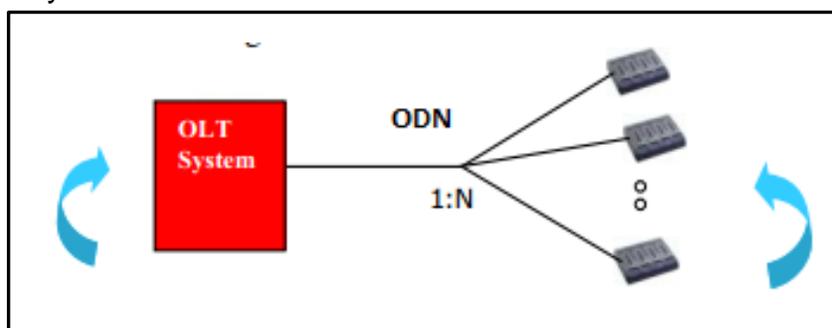


Figura 2. 20 *Optical Distribution Network,*
http://book.itep.ru/depository/pon_gpon/EFM_PON_Tutorial_v2.pdf

2.4.1 Arquitectura de una red PON

Una red PON está conformada por elementos pasivos y activos distribuidos geográficamente en un área de cobertura específica. Los elementos principales que conforman una red PON se citan a continuación:

- OLT
- ODN
- ONU

En la figura 2.21 se ilustra las 3 partes principales que conforman una red PON y las mismas se describen a continuación:

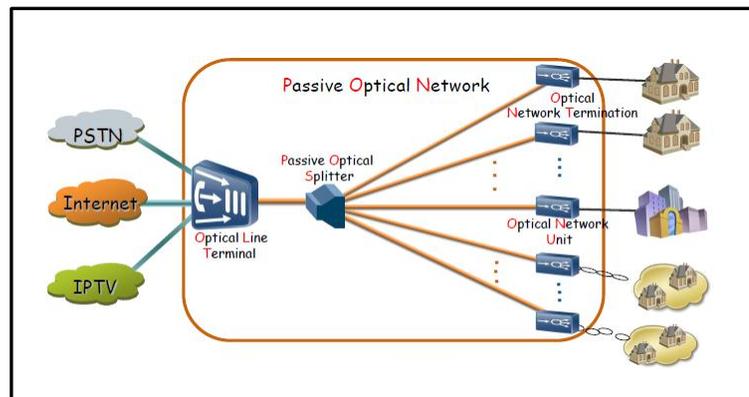


Figura 2. 21 *Arquitectura de una red PON, Huawei Technologies, 2014.*

OLT es un dispositivo activo de capa 2 el cual se encuentra dentro de la CO (Central Office) y es el punto de convergencia entre la red del backbone MPLS y la red de acceso por fibra óptica PON. En la figura 2.22 se muestra una OLT la cual está compuesta por tarjetas de acceso XPON las cuales se conectan a la ODN, tarjetas de control y tarjeta de transmisión uplink la cual se conecta a la red MPLS.

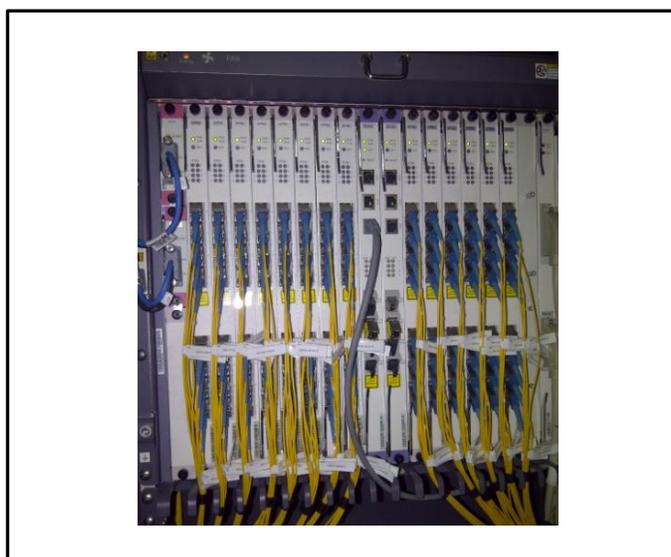


Figura 2. 22 *Optical Line Terminal, Corporación Nacional de Telecomunicaciones*

En la tabla 2.3 se muestra una tabla la descripción de las tarjetas que se pueden alojar en el chasis de la OLT Huawei MA5600T, y la capacidad a nivel densidad de puertos.

Tabla 2. 3 *Descripción de las tarjetas de OLT Huawei MA5600T*

Tipo de Tarjeta	Nombre	Nombre Completo	Slot
Tarjeta de Control	SCBU	Super Control Unit Board	9 y 10
	SCUN	Super Control Unit Board	
	SUNL	Super Control Unit Board	
	SCUK	Super Control Unit Board	
Tarjeta de Sincronización	CITD	Combo Interface Transfer Board	0
Tarjeta de TX uplink	GICF	2- port GE Optical Interface Card	19 y 20
	GICD	GE Optical Interface Card	
	GICG	2 - port GE Electrical Interface Card	
	GICK	2 - port GE Optical /Electrical Interface Card	
	X2CS	2- port 10 GE Uplink Inteface Card	
Tarjeta de Poder	PRTE	Power Board	21 y 22
Tarjetas de Servicio	GPBD	8-port GPON OLT Interface Board	1-8 y 11-18
	EPBD	8-port EPON OLT Interface Board	
	EDTB	16 port SHDSL and 16 port E1 Service Board	

Nota: *Huawei Technologies, 2014*

ODN por sus siglas (Optical Distribution Network), es una red de distribución de acceso que está formada por elementos pasivos y se encuentra entre la OLT y la ONU. En la figura 2.23 se esquematiza una ODN básica la cual une la CO con el abonado, la ODN se abordara con más detalle en el capítulo 2.6.

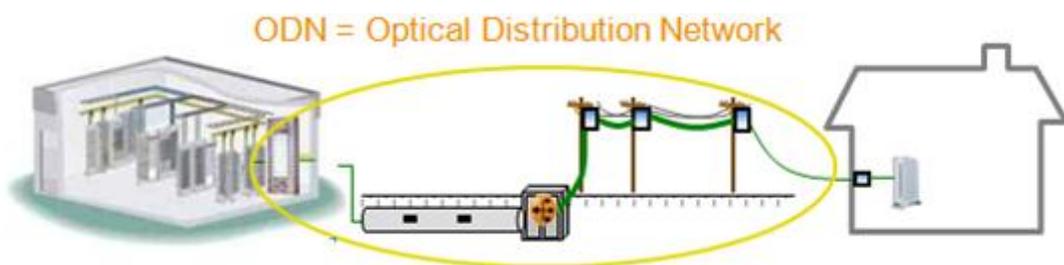


Figura 2. 23 *Optical Distribution Network*, <http://www.en.zte.com.cn/en/solutions/access/>

ONT por sus siglas (Optical Network Unit) es un dispositivo que se instala en la ubicación del cliente el cual se conecta a la red pasiva ODN.



Figura 2. 24 *ONT "Optical Network Terminal"*,
Huawei Technology

La ONT básica cuenta con 4 puertos fast ethernet, 2 puertos telefónicos y una interfaz RF wifi. La ONT puede alojar más de 2 líneas telefónicas

tradicionales, ya que utiliza el concepto de vlans para virtualmente pasar más tráfico de voz y a través de dispositivos ATAs puede multiplexar mas líneas telefónicas.

2.4.2 Ventajas de una red PON

Las redes con arquitecturas PON cuentan con muchas ventajas en comparación con otro tipo de tecnologías de última milla, dentro de las cuales las más representativas se citan las siguientes:

- Su arquitectura se basa en conexiones punto a multipunto
- Los componentes de una red PON son netamente pasivos lo cual no necesita energía para operar, esto reduce los costos en equipamiento activo.
- Permiten alcanzar mayores velocidades que otro tipo de redes como sistemas de accesos con arquitectura XDSL, Cables modem, etc.
- La capacidad de alojamiento de abonados es superior a la de cualquier red, ya que a través de 1 puerto de la OLT se pueden atender hasta 64 clientes, lo cual reduce costo en puertos como no sucede con los equipos metro ethernet.
- A través del sistema iODN se puede gestionar las fibras que se instalan en la planta externa, lo cual crea mayor flexibilidad y prendimiento en las operaciones de instalación y mantenimiento.

2.5 Arquitectura de redes FTTX

Las arquitecturas FTTX se basan en su capacidad para ofrecer múltiples servicios a través de una infraestructura pasiva y equipamiento activo el cual reside en los extremos de la ODN, se clasifica dependiendo de la penetración de fibra óptica hacia la ubicación del abonado. El escenario más óptimo en una arquitectura FTTX es que se pueda llegar con fibra hasta el abonado, lo cual se conoce como FTTH por sus siglas Fiber To The Home, pero por temas de diseño, recursos y demanda, no siempre se logra llegar con fibra hasta el interior del abonado.

Existen escenarios donde a través de la ODN se llega con fibra óptica hasta dispositivos de capa 2 como un DSLAM o MSAN, y por medio de estos dispositivos se llega al abonado a través de una red por cobre tradicional, este tipo de arquitectura se la conoce como FTTC por sus siglas Fiber To The Curbe o Cabinet. De igual manera en algunos escenarios se puede llegar con fibra hasta un edificio y a través de equipos de accesos de baja o mediana capacidad se puede alimentar al mismo a través de una red multipar tradicional, este tipo de arquitectura se la conoce como FTTB por sus siglas Fiber To The Building.

Las arquitecturas FTTX también pueden ser utilizadas para alimentar una estación base celular para dar transmisión a un Nodo B, este tipo de red se la conoce como FTTN por sus siglas Fiber To The Node.

En la figura 2.25 se ilustra una visión más detallada de los escenarios que se pueden obtener con las arquitecturas FTTX, donde se detallan las más relevantes y se muestra su alcance.

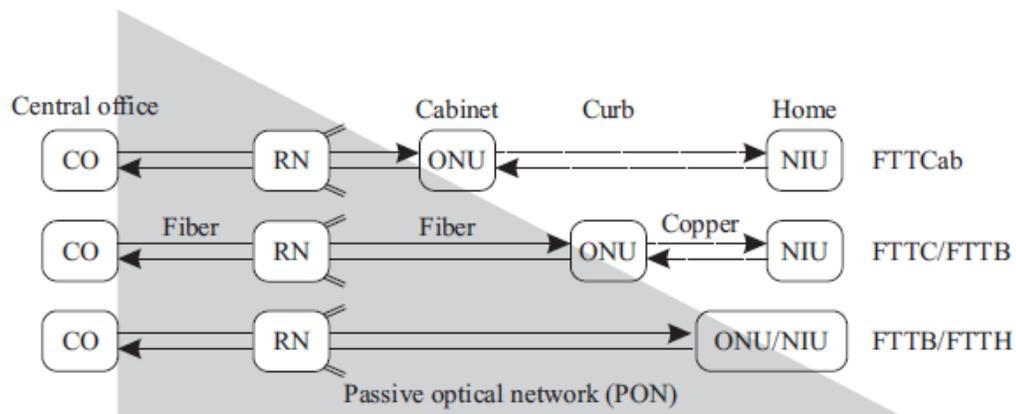


Figura 2. 25 *Arquitectura de redes FTTX, Optical Networks - Rajiv Ramaswami, 2010 p.638.*

2.5.1 Redes de acceso FTTH

En un escenario FTTH por sus siglas Fiber To The Home, la fibra óptica se extiende hasta la ubicación del abonado, y la misma se encuentra formada por elementos pasivos los cuales son parte de la ODN. En este tipo de escenarios los equipos activos que intervienen son la OLT y ONT, esta última es un equipo de acceso que ofrece conexiones para servicios de telefonía analógica (Puertos POTS), internet y acceso inalámbrico local, adicionalmente se puede activar líneas SIP e IP TV.

En base a lo ilustrado en la figura 2.26, se puede ver las partes que conforman una red FTTH y dos escenarios muy comunes donde se puede alimentar un sector o urbanización y edificios.

Para el caso de urbanizaciones o sectores residenciales masivos se usan elementos pasivos, los cuales forman parte de la ODN como cable Feeder de alimentación, ODFs, gabinetes externos donde se puede splittear conocidos como FDT (Fiber Distribution Terminal), cajas de distribución en portes conocidos como FAT (Fiber Access Terminal), rosetas ópticas las cuales se instalan en la ubicación del abonado y la ONT que es el equipo que recibe la señal que converge de la OLT.

En un escenario FTTH para alimentar edificios, es común encontrar 2 etapas de splitteo, la 1era en la planta externa y una 2da en el cuarto de comunicación del edificio, donde normalmente se suele instalar un gabinete llamado FDB (Fiber Distribution Building), donde se puede instalar splitters y distribuir la fibra hacia cajas de piso de menor capacidad conocidas como FDF (Fiber Distribution Frame).

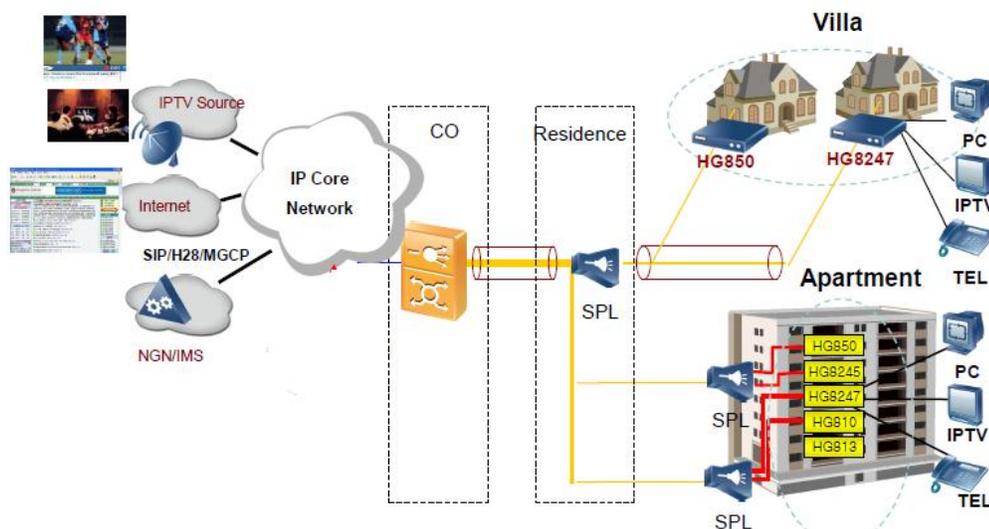


Figura 2. 26 Topología Típica FTTH, Huawei Technologies, 2014.

2.5.2 Redes de acceso FTTC

En las redes con arquitectura FTTC por sus siglas (Fiber to the Curb) los datos son transmitidos desde la oficina central o nodo hasta unidades de terminación ópticas llamada ONUs.

En los escenarios con arquitectura FTTC los dispositivos que se encuentran en los extremos de la ODN son la OLT y ONUs, que generalmente suelen ser un DSLAM, MSAN o equipos IADs de mediana capacidad. En una red FTTC la ONU puede residir en un armario outdoor, en una caseta o nodo, y hasta en un edificio dependiendo de la penetración de la fibra en el área de cobertura que se quiere cubrir con cobre, lo cual nos permite extender el dominio del cobre hasta 1 km de distancia hasta el abonado.

El inicio de una red FTTC al igual que en todas la arquitecturas FFTX es la OLT, la cual se conecta a la ODN a través de los elementos pasivos como Feeder, ODFs, splitters, etc., y su conexión final es la ONU, la cual puede ser un DSLAM o MSAN, por ende el puerto uplink de los dispositivos en mención deben ser ópticos y de gran velocidad para soportar las conexiones a 1 Gbps, que es la velocidad de las interfaces de una OLT GPON.

La ONU, la cual es alimentada a través de la red PON, es el inicio de la red por cobre tradicional para los clientes de una determinada área de cobertura y lo conforma una red primaria, secundaria y de dispersión, por lo tanto el dispositivo final del usuario será un modem xdsl y a través de él se podrá aprovisionar servicios como internet, datos y telefonía analógica, lo cual se muestra en la figura 2.27.

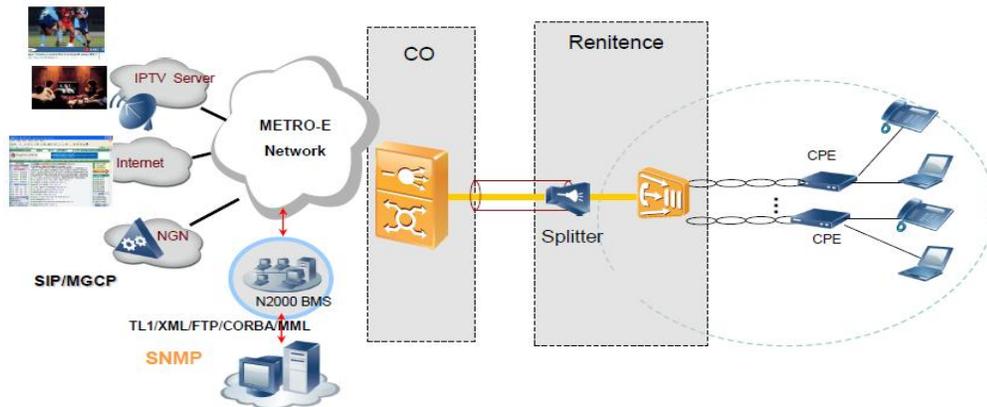


Figura 2. 27 Escenario FTTC, Huawei Technologies, 2012.

2.5.3 Redes de acceso FTTB

En un escenario FTTB la fibra óptica llega hasta un edificio a través de la ODN y alimenta dispositivos de capa 2 de baja o mediana capacidad como DSLAM o MSAN a través de puertos uplink ópticos. Los DSLAM o MSAN de baja capacidad son instalados en un cuarto de comunicación y a través de la red interna multipar se llega hasta los abonados, donde se instala un modem xdsl para recibir el servicio.



Figura 2. 28 Aplicaciones de soluciones FTTB, Huawei Technologies, 2015.

2.5.4 Redes de acceso FTTM

Las redes con escenario FTTM por sus siglas Fiber To The Mobile, son diseñadas de tal manera que a través de una ONU que disponga de interfaces E1s y puertos ethernet se pueda brindar transmisión para las BTSs o Nodos B y a través de la red PON el tráfico generado en una celda pueda converger hacia las diferentes plataformas.

En la figura 2.29 se muestra un red con escenario FTTM, donde los puertos uplink de la OLT se puede conectar hacia la red metro ethernet para tener conexión hacia la RNC que es la controladora de los nodos B y hacia la red SDH para tener conexión a la BSC que es la controladora del trafico 2G.

El tráfico de E1s y ethernet son transportados a la red pasiva a través de la red GPON y en el equipo final ONU se desmultiplexan las señales para conectarse hacia los nodos B y BTS 2G.

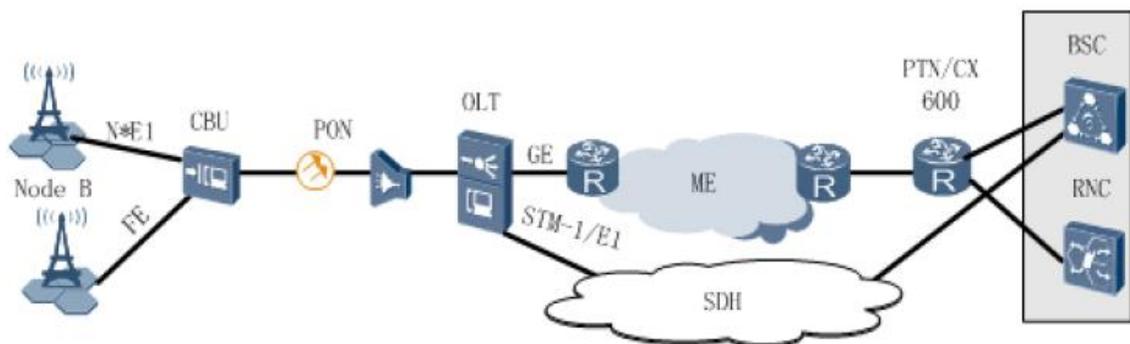


Figura 2. 29 Escenario de una red FTTM, Huawei Technologies, 2015.

2.5.5 Integración de GPON a las redes FTTX

GPON es el nombre de un conjunto de recomendaciones aprobadas por la ITU que define las técnicas para compartir a través de un medio común de fibra óptica varios usuarios y como la información es encapsulada y transportada hacia las diferentes plataformas de servicios a través de una longitud de onda para upstream y hacia los clientes a través de otra longitud de downstream.

La tecnología GPON se basa en la velocidad de transmisión que esta puede otorgar a los usuarios a través de puertos de accesos PON los cuales trabajan a 1 Gbps y en el transporte y encapsulado del tráfico a través de la unidad mínima de transmisión conocida como GEM Port a través de multiplexación TDM en sentido descendente y TDMA en el sentido ascendente, de esta manera el tipo de tráfico a transportar es transparente, ya que las tramas GEM Port son desencapsuladas en el dispositivo final y transportadas hacia los puertos de servicio de las ONUs.

El tráfico de subida y bajada en una red GPON trabaja con longitudes de onda y multiplexaciones diferentes para que no existan colisiones en ambos sentidos tal como se muestra en la figura 2.30, donde el tráfico de bajada es transportado a través de multiplexación TDM en la λ de 1490 y el tráfico de subida es transportado a través de multiplexación TDMA en la λ de 1310. Existe otro tipo de tráfico que es tipo unicast como el de la televisión digital o analógica el cual es transportado en la λ de 1550 ya que tráfico se genera solo en sentido descendente. Si fuera necesario transportar las 3λ a través de la red óptica pasiva se lo podría realizar a través de un elemento conocido como WDM, el cual puede mezclar las señales de las diferentes λ .

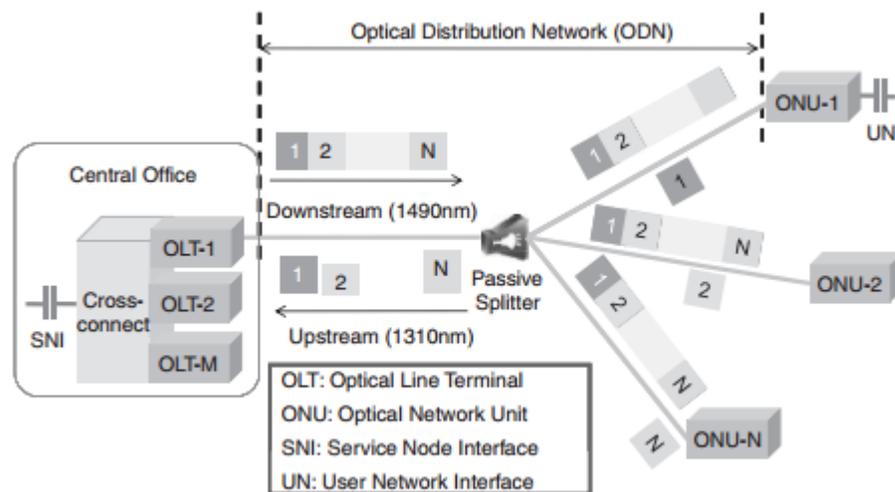


Figura 2.30 Arquitectura estándar TDM-GPON, *Broadband Optical Access Networks*, Leonid G. Kazovsky, 2011, pag. 109.

2.6 Optical Distribution Network ODN

2.6.1 Introducción

Conforma todo el conjunto de elementos pasivos que interconectan un equipo terminal con la central local. Parte desde el domicilio, recorriendo la red de dispersión, la red de distribución y la red troncal (feeder) instalada en forma aérea o subterránea. Se debe garantizar un presupuesto óptico de máximo 25 dbm desde el equipo activo OLT ubicado en la oficina central hasta la ONT instalada en el cliente.

La ODN, está formada por un cable feeder (troncal), que conecta el puerto del ODF y la entrada principal del splitter primario y dependiendo del nivel de atenuación a través de cables de distribución se conectan las salidas de los

splitters secundarios a los equipos terminales (ONUs) a través de una caja terminal y cables tipo Dropp o de acometida.

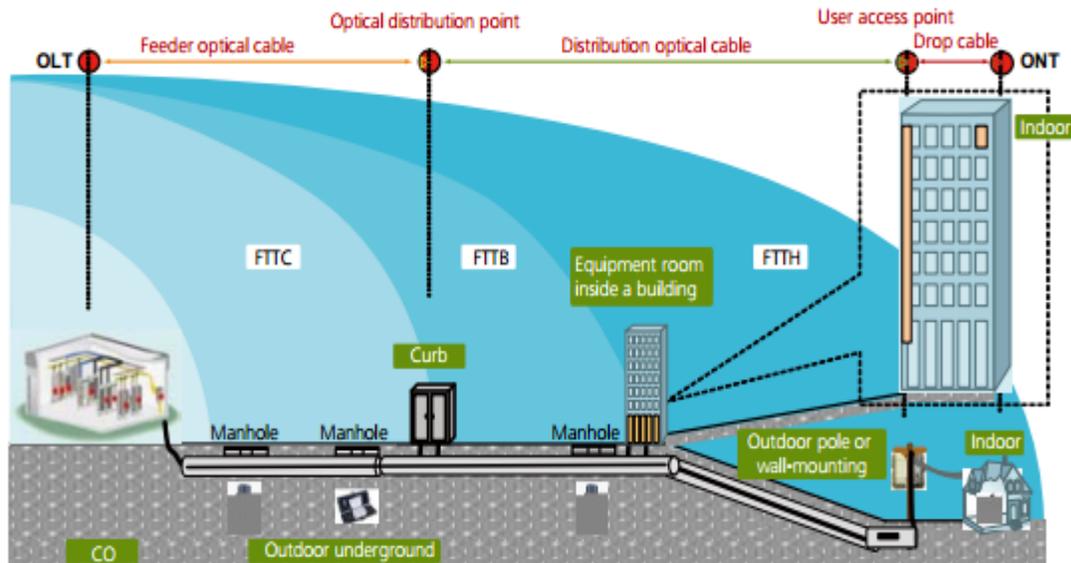


Figura 2. 31 Estructura de una ODN, Huawei Technologies Co., Ltd. 2011

En base a la figura 2.31 la ODN está formada específicamente por cinco segmentos: fibra de alimentación o cable feeder, punto de distribución de fibra (FDT), fibra de distribución, punto de acceso óptico (FAT) y fibra de acometida dropp. La fibra de alimentación o feeder inicia desde el bastidor de distribución óptico (ODF) ubicado en la oficina central de la sala de telecomunicaciones y termina en el punto de distribución de fibra FDT donde inicia la red de distribución. La fibra de distribución desde el FDT al punto de acceso óptico FAT, distribuye las fibras para las zonas que serán cubiertas por la red de dispersión. La red de dispersión conecta la roseta óptica ubicada en las instalaciones del cliente a la caja terminal FAT a través de cable dropp y las misma se conecta al equipo terminal ONT.

2.6.2 Partes que conforman una ODN tradicional

La ODN en esencia corresponde a la fibra óptica de alimentación o cable feeder, que conecta la entrada principal y la de respaldo del splitter primario 2xn y si el nivel de atenuación lo permite, a través de cables de distribución se conectan los splitters secundarios del tipo 1xn para establecer conexión con las ONTs a través de una caja de distribución FAT y cables Dropp o de acometida.

La ODN está compuesta principalmente por los siguientes elementos:

- Patch Cord de fibra entre la OLT y el ODF ubicado en la central.
- ODF (Optical Distribution Frame)
- Cable de alimentación principal de Fibra Óptica o FEEDER.
- Splitters primarios.
- Gabinete de distribución FDT.
- Splitters secundarios si los niveles lo permiten.
- Cables de acometida o DROPP de 2 hilos.
- Cajas terminales FAT.
- Roseta óptica
- Patch Cord de fibra entre la roseta óptica y ONT.

2.6.2.1 ODFs (Optical Distribution Frame)

El distribuidor de fibra óptica, es un elemento pasivo cuya función es organizar de manera ordenada y flexible cables de fibra óptica para que a través de acopladores y conectores se puedan realizar conexiones hacia los

equipos de acceso. El ODF cuenta con una entrada para el ingreso de la fibra que converge de la planta externa y con n cantidad de puertos para conectar a los dispositivos de acceso como la OLT a través de Patch Cord SC-PC, internamente cuenta con bandejas de distribución las cuales permiten fusionar los hilos del cable de fibra con los pigtails (Fig. 2.32).

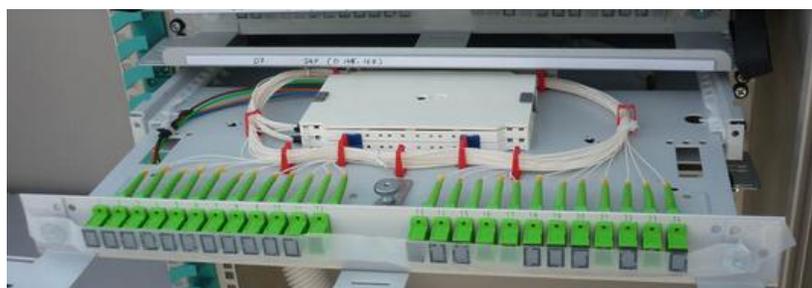


Figura 2. 32 *Optical Distribution Frame, www.metro-uae.com*

2.6.2.2 Cable de fibra óptica FEEDER, de distribución y acometida Dropp

Se define como cable FEEDER al cable de fibra óptica que conecta los splitters primarios con el ODF que se encuentra en la central, el cual a su vez converge hacia la OLT a través de conexiones con Patch Cords SC-PC.



Figura 2. 33 *Cable de fibra óptica Feeder, www.furukawa.com.br/ni/productos*

El cable Feeder puede ser canalizado o aéreo dependiendo de la aplicación que se quiera tener. El estándar de este tipo de fibra Monomodo es ITU-G652.D como se muestra en la figura 2.34 y el número de fibras que puede alojar este tipo de cables son de 4, 6, 8, 10, 12, 18, 24, 30, 36, 48, 60, 72, 96, 120, 144, 216 e 288 fibras.

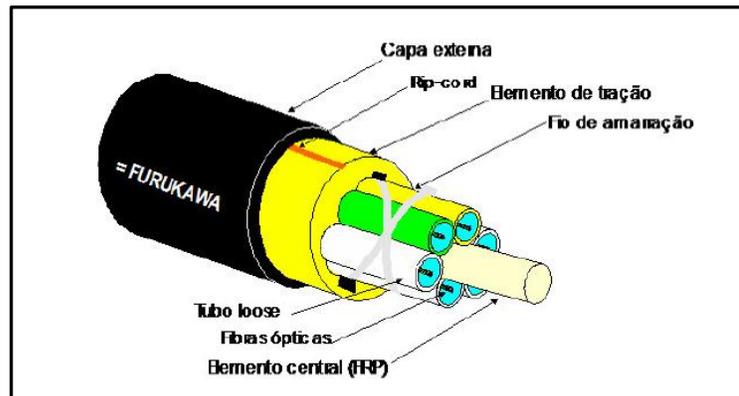


Figura 2. 34 Estructura interna de un cable Feeder, Guía de materiales Furukawa 201

Los cables de distribución para el despliegue de una ODN suelen ser de baja y mediana capacidad, ya que los mismos son utilizados para la red de dispersión, la cual puede ser a través de cables aéreos ADSS o canalizados. El número de hilos que suelen componer este tipo de cables son de 12, 24 y 48 hilos, los cuales a través de cajas de distribución pasivas FAT, van dejando 8 o 12 hilos y siguen su ruta con los hilos hacia otras FAT, hasta que los hilos se acaben.

Los cables de acometida dropp, son cables de baja capacidad los y de alta flexibilidad, los cuales unen las FAT con el ATB o roseta óptica y suelen estar compuestos por 1 y 2 hilos



Figura 2. 35 Cables de acometida drop 2 hilos
www.furukawa.com.br/ni/productos

En la tabla 2.4 se puede ver la clasificación de los cables de fibra en base a su aplicación dentro de la ODN.

Tabla 2. 4 Aplicación de cables de fibra óptica

APLICACIÓN	CAPACIDAD	TIPO
FEEDER	288, 144 hilos.	DUCTO (G652D)
DISTRIBUCION	96, 72, 48, 24, 12 hilos	ADSS o DUCTO (G.652D)
DISPERSION	2 hilos	ADSS, DUCTO o FIG. 8 (G657.A1 o G657.A2)
DISTRIBUCION INTERNA	48, 24, 12 hilos	DUCTO LSZH (G657.A 1 o G657A.2)

Nota: Autor

2.6.2.3 Splitters

Los splitters son elementos ópticos pasivos que a través de una o dos entradas replican por sus salidas la señal óptica que ingresa, introduciendo niveles de atenuación que se incrementan a medida que la cantidad de salidas aumenta.

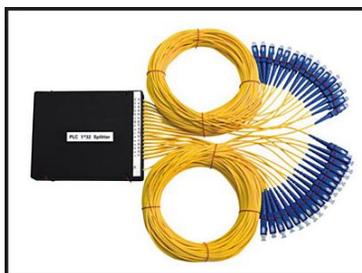


Figura 2. 36 Splitter óptico pasivo
<http://www.chaoqian.com/es/product/PLC.html>

En base a lo indicado en la tabla 2.5, los splitters se clasifican dependiendo del número de salidas, pudiendo encontrarse entre 2 a 128 salidas para conectar abonados a través de un solo hilos de alimentación, a su vez estos elementos pasivos también pueden ser alimentados a través de 2 puertos PON diferentes, para de esta manera lograr ofrecer una alta disponibilidad, esto se logra gracias a que existen splitters que poseen 2 entradas.

En algunos diseños o soluciones, se pueden utilizar 1 o 2 etapas de splitteo para diseñar una red de distribución en la cual no se desperdicie recursos a nivel de conexiones por puerto.

Tabla 2.5 Niveles de pérdida en splitters ópticos

Tasa de Splitteo	Atenuación teórica del splitter (dbm)	Tipo de módulo óptico
1:2	3,01	Clase B+
1:4	6,02	Clase B+
1:8	9,03	Clase B+
1:16	12,04	Clase B+
1:32	15,05	Clase B+
1:64	18,06	Clase B+
1:128	23,71	Clase C+

Nota: Autor

En base a la tabla 2.5, se puede ver el tipo de modulo óptico a utilizar en los laser de luz, el cual puede clase B o C, estos son elegidos basándose en el tipo de haz de luz que se emite desde los puertos PON que se encuentran en el equipo de acceso OLT, estos tipos de laser son los que permiten tener una pérdida de absorción de luz menor la cual es directamente proporcional al desgaste producido por las distancias o índices de perdida de luz por conectores o fusiones mal realizadas.

2.6.2.4 Armarios de distribución FDT

Están ubicados en un determinado punto del distrito y es el punto de conexión entre la central a través del feeder y la red de distribución.

Los armarios de distribución permiten alojar splitters primarios y organizan los cables de distribución los cuales convergen a las cajas de distribución FAT, los armarios FDT pueden clasificarse dependiendo de la capacidad de alojamiento de splitters, los cuales dictaminan la cantidad de conexiones que soportaran.



Figura 2. 37 Armario de distribución FDT
enterprise.huawei.com/en/products/network/fiber/fdt

2.6.2.5 Red de distribución en la ODN.

Es la red que une el armario de distribución (FDT) y las cajas de distribución (FAT) y está constituida por splitters, cables de fibra óptica aéreos, murales, subterráneos, empalmes y cajas de distribución figura 2.38.

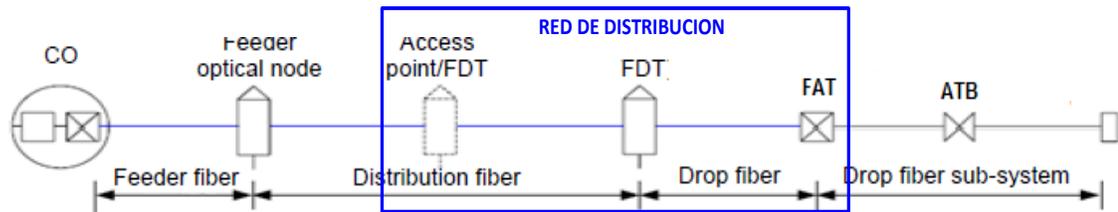


Figura 2. 38 Red de distribución óptica FTTH, Autor

2.6.2.6 Caja de distribución óptica (FAT)

Es el punto de conexión entre la red de distribución óptica y las conexiones individuales de cada abonado. La FAT es una caja terminal que cuenta con n cantidad de salidas para a través de cable dropp de 1 o 2 hilos acometer hacia las instalaciones del abonado, a su vez esta caja cuenta con bandejas de distribución para alojar los hilos que se fusionaran con los cables de acometida. Estas cajas pueden ser de 8 o 12 posiciones dependiendo del modelo y fabricante.



Figura 2. 39 Caja de acceso óptica de distribución FAT
<http://enterprise.huawei.com/en/products/network/fiber/fat>

2.6.2.7 Caja de distribución secundaria (FDF)

Es el elemento que se utiliza para interconectar la red de distribución con la red de dispersión en edificios.

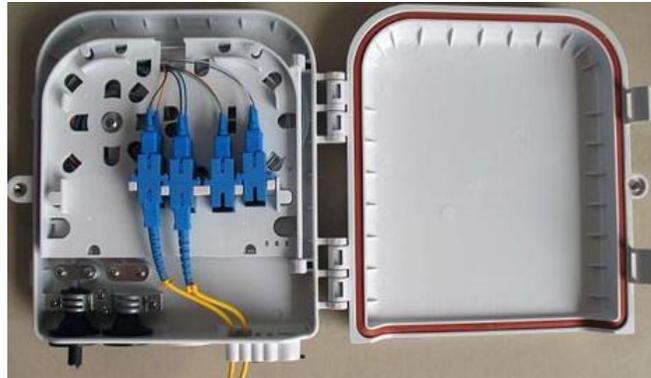


Figura 2. 40 Caja de acceso óptica de piso
<http://enterprise.huawei.com/en/products/network/fiber/fat>

2.6.2.8 Red de dispersión

Son los cables de fibra óptica que van desde la caja de distribución óptica (NAP) hasta la roseta óptica. Esta se divide en dos tramos, el primero hasta un punto de transición (FDF) y luego continúa con un cable tipo interior en casa del abonado terminando en la roseta.

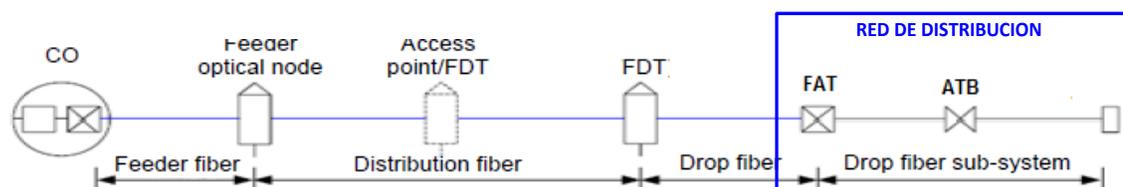


Figura 2. 41 Red de dispersión óptica FTTH, Autor

2.6.2.9 Roseta Óptica o ATB

La roseta óptica, en el punto que conecta la caja terminal de acceso FAT con el dispositivo ONT, la roseta óptica recibe el cable dropp de 1 o 2 hilos y a través de empalmes mecánico o tipo fusión se une al conector SC el cual a su vez recibe al Patch Cord que converge de la ONT.



Figura 2. 42 Roseta óptica

<http://www.teleconexionsa.com/categoria.php?id=33>

2.6.3 Esquema de una ODN tradicional.

En la figura 2.43 se puede ver de manera más detallada los elementos que conforman una ODN tradicional para una arquitectura de red FTTH, donde el punto de inicio es la OLT la cual aloja los puertos PON los cuales a través de ODFs, cables feeder y mangas llegarán a los armarios de distribución FDT el cual aloja splitters primarios, el FDT a través de cables de distribución de mediana capacidad se conecta a las cajas terminales ópticas y a través de

cables de acometida dropp de baja capacidad de conecta a la roseta óptica el cual es el punto de conexión entre la ONT y la caja terminal de fibra óptica.

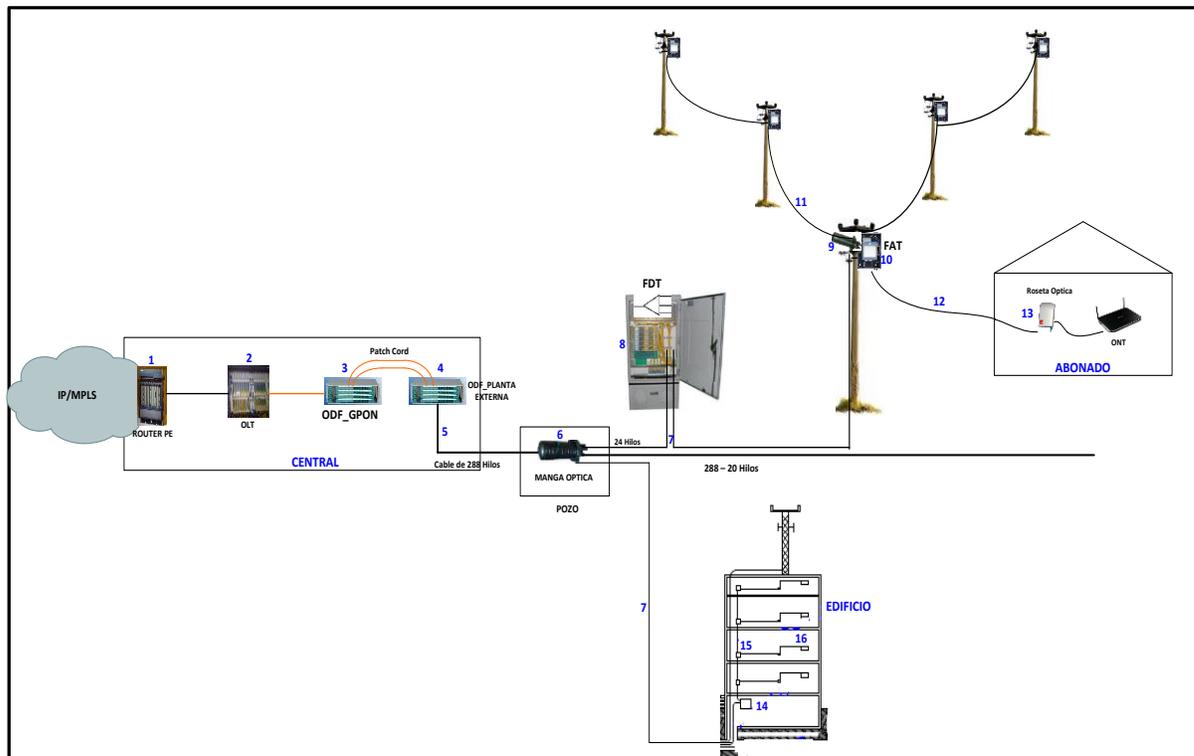


Figura 2. 43 Esquema de una ODN tradicional, Autor

2.6.4 Pérdidas pasivas a considerar para el diseño de redes ópticas pasivas

La ODN es la parte más importante a considerar en despliegues de redes GPON, por lo tanto a la hora del diseño es importante considerar las pérdidas pasivas al paso, las cuales decrementan la potencia con la que se genera la señal en el puerto PON de la OLT, la cual parte con una potencia positiva.

En las tablas 2.6 y y2.7 se detallan las perdidas más relevantes, las cuales deben tomadas en cuenta para el diseño de redes GPON.

Tabla 2. 6 *Coefficientes de atenuación por km de distancia*

Longitud de Onda	Coefficiente de atenuación de la ruta (db/Km) óptica
1310 nm	0.38 db
1490 nm	0.26 db
1550 nm	0.25 db

Nota: *Huawei Technologies – OBF 200010 FTTx Network Planning and Design Overview*

En base a la tabla 2.6 los coeficientes de atenuación en las longitudes de onda de subida y bajada son las que nos permiten conocer la perdida de la distancia entre la central y el armario de distribución FDT, esto se consigue multiplicando la distancia en km por el coeficiente en el peor escenario el cual sería en la longitud de onda de 1310 la cual es para el tráfico upstream.

Por otro lado las pérdidas que se muestran en la tabla 2.7 están relacionadas con las conectorizaciones y fusiones en los cables de fibra óptica, y a través de esos valores se puede calcular las pérdidas las cuales en conjunto con las pérdidas de los splitters y de las distancias se proyecta la pérdida total del sistema.

Tabla 2. 7 *Perdidas promedio por Conectorizacion y fusión*

Punto de conexión	Perdida promedio
Conector	0.3 db
Conexión mecánica	0.2 db
Fusión de empalme	0.1 db

Nota: *Huawei Technologies – OBF 200010 FTTx Network Planning*

2.6.5 Presupuesto de pérdida en diferentes escenarios de ODNs

El link budget es lo que se conoce como el presupuesto de pérdida en un sistema GPON y esta dictaminado por la suma de todas las pérdidas que se encuentran al paso de la ODN, la cual sería calculada desde la OLT ubicada en la central hasta la roseta óptica que se encuentra en las instalaciones del cliente, de esta manera se conoce si a la ONT se llegara con la potencia suficiente para que la misma se enganche a la red, la cual trabaja en un rango de operación de entre -8 y -28 dbm.

La potencia de salida a través de un puerto PON es positiva y es entre 2 y 4 dbm, por ende los niveles de recepción que la ONT necesita para trabajar es la resta de la potencia inicial menos la suma de las pérdidas de la ODN.

En las figuras 2.8 y 2.9 se encuentran modelos de diseño de ODNs para distintos escenarios de arquitecturas FTTH.

Modelo masivos/casas (más de 96 abonados)

En los presentes modelos masivos para casas los cuales pertenecen a una arquitectura FTTH, se parte desde los puertos PON de la OLT, estos se conectan hacia la OSU, la cual es una unidad de monitoreo que censa conexiones físicas, estas conexiones se consideran como un punto de conectorización, lo que se muestra en la figura 2.44 en color verde, seguidamente las conexiones convergen al ODF que es el punto de conexión entre la planta externa y la central, en el ODF se realizan puntos de fusión entre

el cable feeder y los pigtail, lo cual se puede ver en la figura representado de color rojo. Existen más conectorizaciones y fusiones a los largo de la ODN las cuales se muestran en las figuras 2.44 y 2.45, y cada una tiene una perdida específica, las cuales se muestran en la tabla 2.8, se tiene que considerar también la pérdida del splitter la cual se muestra en la tabla 2.8 y la perdida de la distancia entre la central y el 1er nivel de splitteo, la misma se consigue multiplicando la distancia en km por el coeficiente de atenuación. La suma de todas las perdidas en mención es la resultante de la pérdida total del sistema diseñado, y la potencia que recibirá la ONT es la resta de la potencia inicial en el puerto PON menos la pérdida total pasiva como se muestran en los figuras 2.44 y 2.45.

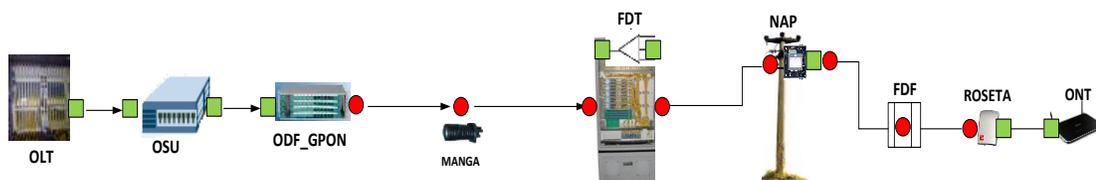


Figura 2. 44 Diseño de modelo masivo casas para más de 96 abonados, Autor

Tabla 2. 8 Presupuesto de pérdidas modelo masivo casas para más de 96 abonados

PRESUPUESTO OPTICO			
Elementos de la Red de Fibra Óptica	Cantidad	Perdida de elemento Típica (Db)	Total Perdida (Db)
Conectores - ITU671= 0.5 dB	9	0.50	4.50
Empalmes fusión - ITU751= 0.1 dB	8	0.10	0.80
Empalmes mecánicos - ITU 751= 0.1 dB		0.20	0.00
Splitters	1x4	7.00	0.00
	1x32	17.50	17.50
	1310 nm	0.35	2.10
Fibras - Longitudes de Onda	1490 nm	0.30	0.00
	1550 nm	0.25	0.00
PERDIDA TOTAL			24.90

Nota: Autor

Modelo masivos/casas (desde 48 hasta 96 abonados)

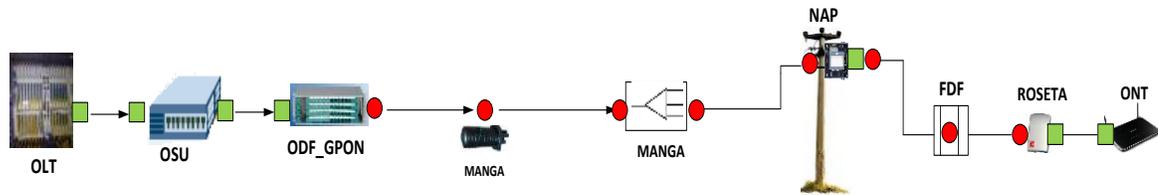


Figura 2. 45 Modelo masivo casas hasta 96 abonados, Autor

Tabla 2. 9 Presupuesto de pérdidas modelo masivo para casas hasta 96 abonados

PRESUPUESTO OPTICO			
Elementos de la Red de Fibra Optica	Cantidad	Perdida de elemento Típica (Db)	Total Perdida (Db)
Conectores - ITU671= 0.5 dB	7	0.50	3.50
Empalmes fusion - ITU751= 0.1 dB	8	0.10	0.80
Empalmes mecanicos - ITU 751= 0.1 dB		0.20	0.00
Splitters	1x2		0.00
	1x4		0.00
	1x8		0.00
	1x16		0.00
	1x32	1	17.50
	1x64		0.00
	2x4		0.00
	2x8		0.00
	2x16		0.00
	2x32		0.00
Fibras - Longitudes de Onda	1310 nm	8	2.80
	1490 nm		0.00
	1550 nm		0.00
PERDIDA TOTAL			24.60

Nota: Autor

2.7 Red de distribución óptica pasiva inteligente iODN.

2.7.1 Introducción

Según Huawei Technologies 2014, *“la iODN es el primer sistema inteligente de gestión de fibra óptica de la industria que administra fibras ópticas en grandes cantidades a través de una red FTTH. Al mismo tiempo, permite gestionar conexiones de fibra óptica y splitters en forma inteligente, dando lugar a mejoras en la escala de despliegue de fibras y en la eficiencia de las tareas de operación y mantenimiento”*.

Partiendo de la premisa que indica en el párrafo superior, se puede asegurar que la iODN permite optimizar los tiempos en gestiones de operación y mantenimiento de redes ópticas pasivas, lo cual con ODNs tradicionales no se ha podido lograr debido a que actualmente se dispone de etiquetas físicas en los diferentes elementos pasivos que conforman la ODN, esto para los técnicos en sitio es muy delicado, ya que se pueden cometer errores humanos y consecuentemente esto se traduce en el incremento de tiempo para las gestiones de nuevas instalaciones, adicionalmente las etiquetas que residen en los elementos pasivos suelen deteriorarse con el paso del tiempo, lo cual genera inconsistencias entre lo instalado con lo que en el sistema está registrado.

Para superar las falencias que presente la ODN tradicional, se integra un nuevo concepto el cual rige la operación de la iODN, y es el uso de etiquetas virtuales, la cual no se deteriora y a través de ellas se actualiza la información en el sistema remotamente a través de una interfaz de conexión.

2.7.2 Partes que conforman una iODN para un sistema GPON

La iODN se encuentra conformada por 3 bloques los cuales se los puede identificar en la figura 2.46, donde el primero se encuentra formado por los elementos pasivos inteligentes conocidos como iODF, iFDT e iFAT, estos son los elementos que poseerán en esencia los eID que son los identificadores de los puertos que hacen de etiquetas virtuales, el segundo bloque está compuesto por las plataformas de gestión, administración y monitoreo los cuales tendrán una interfaz de conexión con el sistema interno que la empresa suscriptoras disponga. El tercer bloque es el dispositivo que sirve de interfaz entre los elementos pasivos y la plataforma de administración, el cual se lo conoce como iField.

En la figura 2.46 se puede distinguir las conexiones de fibra, usb y de red para tener una visión más a detalle de como las plataformas de gestión y administración interactúan con los elementos pasivos inteligentes.

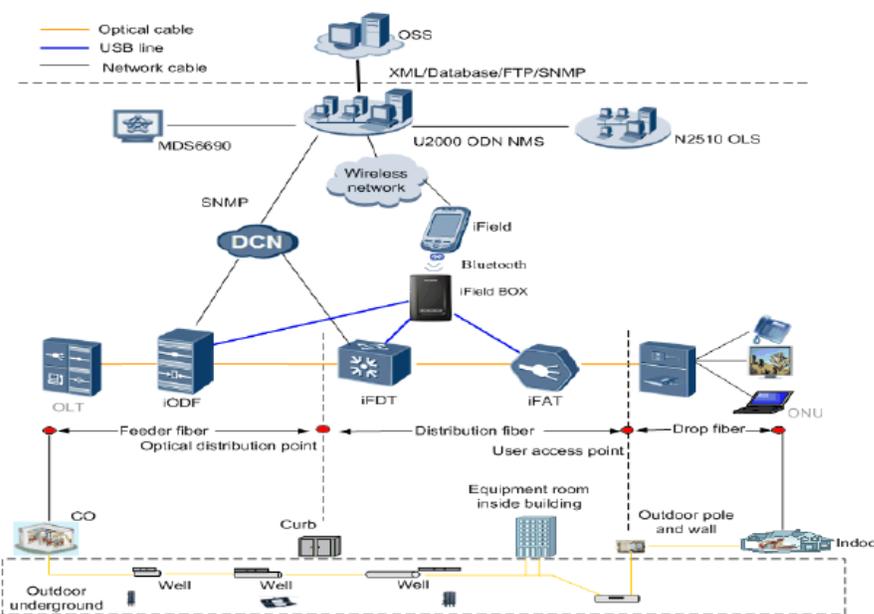


Figura 2. 46 Aplicaciones del iField, OBO601011 U2000 ODN NMS and iField Introduction

2.7.2.1 Organizador de fibra óptica inteligente iODF

El distribuidor óptico inteligente (iODF) conecta los cables que convergen de la OLT y sus terminaciones, adicionalmente distribuye, divide y ordena los cables ópticos principales de la oficina central llamado Feeder. Junto con el Intelligent Field (iField) y la red de distribución óptica (ODN) del U2000, permite la ingeniería y la gestión inteligentes de fibras ópticas de la iODN en tiempo real.

El iODF es un elemento pasivo inteligente que se compone de hardware a través de identificadores electrónicos llamados eID y software de administración a través del gestor U2000 ODN Manager.



Figura 2. 47 ODF inteligente iODF

<http://enterprise.huawei.com/en/products/network/fiber/iodf>

El iODF está compuesto por diferentes módulos y tarjetas las cuales cumplen una función específica en el procesamiento de la información de gestión.

A continuación se citan las principales componentes de un iODF.

- Subrack de servicio inteligente
- Tarjetas de aprovisionamiento inteligente para empalme y terminación de fibras
- Unidad de procesamiento principal
- Unidad de distribución de poder
- eID Patch Cord
- Splitters óptico inteligente (en caso que lo amerite)

2.7.2.2 Armario Inteligente iFDT

El Terminal de distribución de fibra óptica inteligente, es el punto de conexión entre el iODF y el iFAT, y se conecta con el cable feeder y de acometida respectivamente. Tiene funciones similares a las de un FDT tradicional, como fusiones, empalmes, conectorización y distribución de fibras ópticas, entre otras. Al comunicarse con el ODN U2000 y a través del iField administra las fibras ópticas de forma eficiente y provee funciones de operación y mantenimiento, figura 2.48.



Figura 2. 48 *Gabinete inteligente iFDT*

<http://enterprise.huawei.com/en/products/network/fiber/ifdt>

El iODF está compuesto por diferentes módulos y tarjetas las cuales cumplen una función específica en el procesamiento de la información de gestión y a continuación se citan las principales componentes de un iODF.

- Splitter Ópticos inteligentes
- Subrack de servicio inteligente
- Tarjetas de aprovisionamiento inteligente para empalme y terminación de fibras
- Tarjeta posterior inteligente
- Unidad de procesamiento principal
- Unidad de identificación de etiqueta electrónica
- eID Patch cord

2.7.2.3 Caja de distribución inteligente iFAT

El iFAT se conecta con el cable de distribución y con el cable de acometida hacia las instalaciones del abonado y funciona como un terminal de acceso de fibras (FAT) tradicional para empalmar, dividir y conectar terminaciones de los cables ópticos. En cooperación con el dispositivo inteligente iField y el gestor de la ODN, administra las fibras ópticas de la iODN y sirve de ayuda para las labores de ingeniería, figura 2.49.



Figura 2. 49 *Caja de distribución inteligente iFAT*
<http://enterprise.huawei.com/en/products/network/fiber/ifat>

2.7.2.4 Dispositivo de conexión inteligente iField

El iField, es un dispositivo con software auxiliar en la solución de iODN, se puede ejecutar en un asistente personal digital (PDA) o un PC y sirve como un puente entre los elementos pasivos inteligentes y el U2000-ODN. El iField se conecta con el U2000-ODN en sentido ascendente para obtener información de las órdenes de trabajo y se conecta localmente a los elementos inteligentes como el IODF, el terminal de distribución de fibra inteligente (iFDT), y en el terminal de acceso de fibra inteligente (iFAT).



Figura 2. 51 *iFIELD*, <http://huawei.com/en/products/fixed-access/fiber/iField>

2.7.3 Arquitectura de una red iODN

Las iODN es una red óptica pasiva que está compuesta por elementos inteligentes los cuales son gestionados vía remota a través de gestores para administrar las fibras ópticas que residen en los diferentes elementos.

La arquitectura de una red iODN esta dictaminada por la conexión y el rol que cada elemento cumple dentro de la gestión de las fibras ópticas tal como se muestra en la figura 2.52, donde los elementos inteligentes iODF, iFDT e iFAT se encuentran vinculados de manera directa a través del iFIELD, dispositivos encargado de conectar la red de gestión con los elementos de la red para verificar las conexiones que los técnicos tienen que realizar, de esta manera se evita etiquetas físicas las cuales son reemplazadas por etiquetas virtuales llamada eIDs.

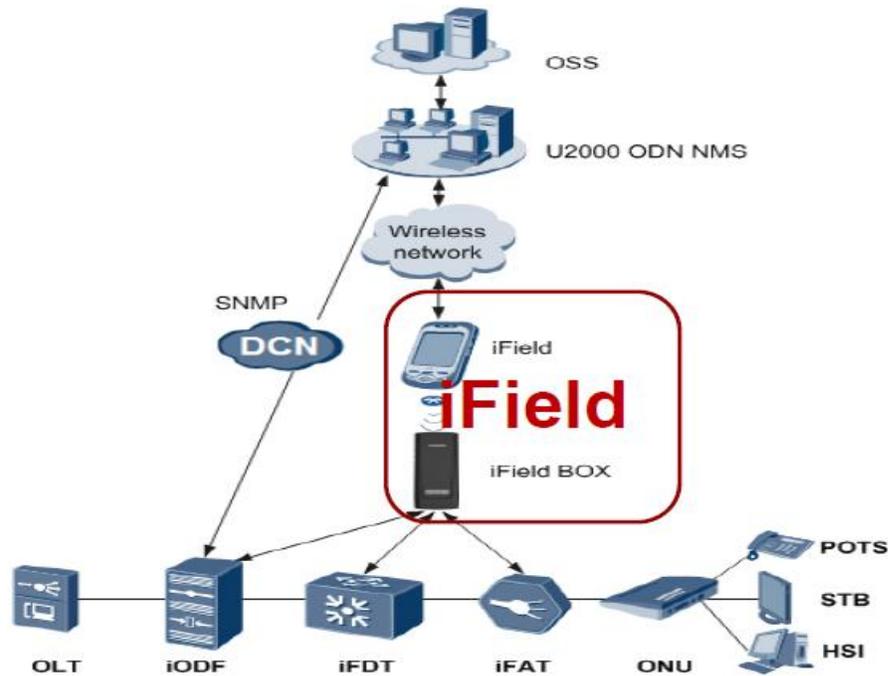


Figura 2. 52 Arquitectura de una red iODN, Huawei Teclogies, 2014

2.7.4 Integración de las plataformas de gestión y administración en una iODN

La iODN como se indicó en el punto 2.7.3, es una red pasiva la cual está compuesta por elementos pasivos inteligentes, los cuales son administrados por gestores que residen en las instalaciones del proveedor de servicios.

El gestor encargado de administrar los elementos pasivos de la red iODN es el U2000 ODN NMS, y en la figura 2.53 se puede ver el ambiente grafico que maneja el gestor, donde se puede crear la topología de conexión con la capacidad de cables y equipos en base al diseño a plantear, desde este gestor se puede monitorear las fibra y el estado de la conexión den los puertos de los diferentes elementos pasivos que conforman la red.

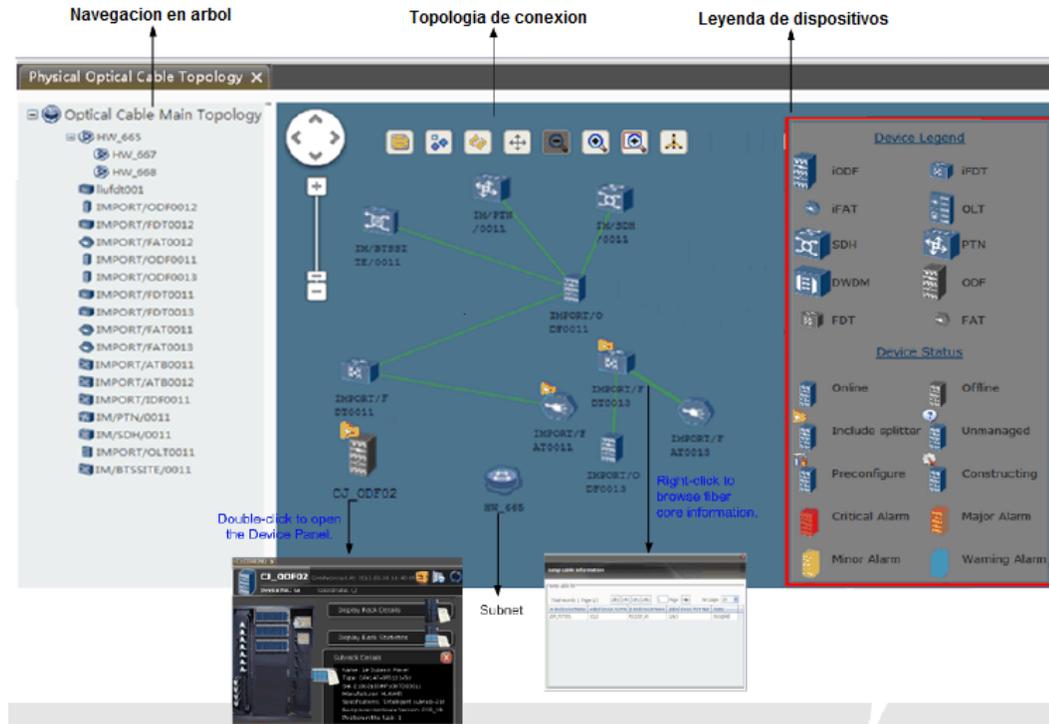


Figura 2. 53 Arquitectura de una red iODN, Autor

PARTE II APORTACIONES

CAPÍTULO 3 DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1 Antecedentes del proyecto

El presente proyecto tiene por finalidad diseñar una red iODN inteligente para proveer servicios de internet, telefonía y televisión IP a un segmento residencial y corporativo dentro del centro comercial Plaza Lagos, y a través de la misma poder administrar la infraestructura pasiva a través de elementos inteligentes que faciliten las tareas de instalación, mantenimiento y la actualización de la ordenes de trabajo en tiempo real.

El centro comercial Plaza Lagos, es considerado uno de los lugares con mayor afluencia de visitantes y cuenta con 14 edificios distribuidos estratégicamente en un área de cobertura específica, los cuales requieren una solución técnica para proveer servicios integrales triple play a través de una única infraestructura común como una red GPON.

La iODN es considerada la parte más importante en el despliegue de redes GPON, y en el presente estudio de diseño para el centro comercial Plaza Lagos se optimizara los recursos a nivel de planta externa y elementos pasivos inteligentes, los cuales cumplan con las normativas de diseño de una red GPON basada en los estatutos de la CNT E.P., las cuales se indican a continuación:

- Norma Técnica de Diseño de ODN_v2_06_01_13
- Norma Técnica de Diseño y Construcción en Edificios y Urbanizaciones 06_01_13
- Norma Técnica para dibujo de redes GPON
- Norma Técnica de Diseño y Construcción en Edificios y Urbanizaciones V3 (2)

Para el presente estudio de diseño de una red iODN, es necesario conocer la demanda de servicios, la cual será calculada en base a la cantidad de edificios, oficinas y centro comerciales existente en el centro comercial.

Los elementos pasivos que formaran parte del diseño de la iODN en el centro comercial, serán elegidos tomando en cuenta que existirá una tasa de crecimiento de servicios por edificio mayor al 1,2% por año, de esa manera el diseño propuesto será considerado para cubrir la demanda actual con mira a que se incrementen nuevos servicios para los abonados que residirán en los departamento u oficinas del centro comercial.

3.1.1 Levantamiento de la infraestructura existente en el centro comercial

El centro comercial Plaza Lagos, el cual se encuentra ubicada en el kilómetro 13 $\frac{1}{2}$ de la vía Samborondón cuenta con 14 edificios distribuidos dentro de un área de cobertura específica y está conformado por 10 edificios de 2 plantas y 4 edificios de 3 plantas, los cuales alojan departamentos residenciales y oficinas corporativas.

El Centro comercial cuenta con una infraestructura técnica existente a nivel de canalizaciones, tuberías y centros de cableado distribuidos a los largo del centro comercial como se muestran en la figura 3.1.

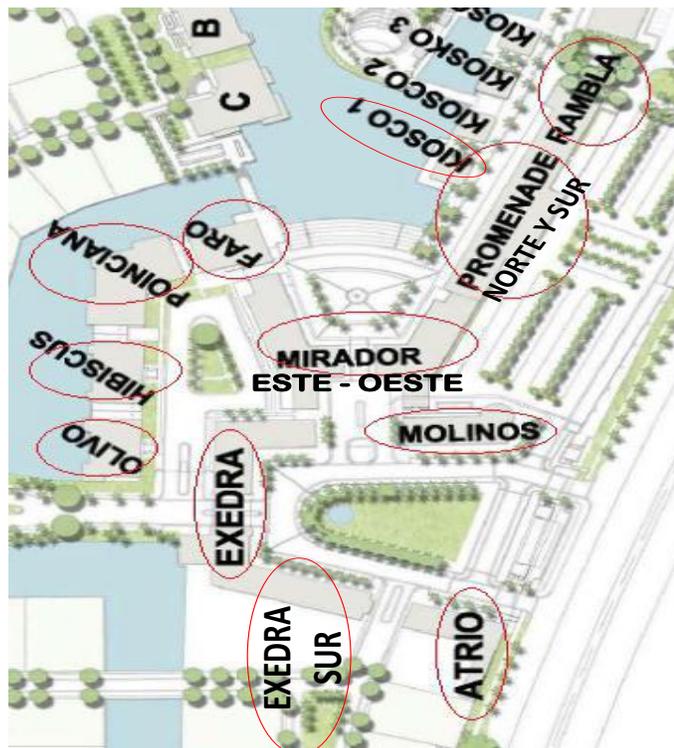


Figura 3.1 Edificios proyectados dentro del Centro Comercial Plaza Lagos. Administración del Centro Comercial.

En base a lo descrito en la tabla 3.1, el centro comercial cuenta con 4 edificios residenciales y 10 edificios corporativos con una cantidad total de 200 oficinas distribuidas como se muestra en la tabla 3.1. Se tiene que considerar que dentro de la infraestructura del Centro Comercial, existen locales comerciales, los cuales forman parte de los edificios que se indican en la tabla 3.1.

Tabla 3. 1 Descripción de los edificios en el Centro Comercial Plaza Lagos

EDIFICIO	PLANTAS	TIPO DE EDIFICIO	CANTIDAD DE OFICINAS
RAMBLA	2	RESIDENCIAL	14
PROMENADE NORTE	3	RESIDENCIAL	13
PROMENADE SUR	3	RESIDENCIAL	14
KIOSKO	2	RESIDENCIAL	15
MIRADOR OESTE	3	EMPRESARIAL	28
MIRADOR ESTE	3	EMPRESARIAL	28
MOLINOS	2	EMPRESARIAL	14
EXEDRA NORTE	2	EMPRESARIAL	14
EXEDRA SUR	2	EMPRESARIAL	15
ATRIO	2	EMPRESARIAL	13
FARO	2	EMPRESARIAL	8
PONCIANCA	2	EMPRESARIAL	8
HIBISCUS	2	EMPRESARIAL	8
OLIVO	2	EMPRESARIAL	8
TOTAL			200

Nota: Información proporcionada por la Administración del Centro Comercial Plaza Lagos

Según los datos proporcionados por la inmobiliaria y el survey realizado en sitio se confirma el espacio disponible para alojar los elementos pasivos como el IFDT, el cual proporcionara el acceso a los edificios. En la figura 3.2 se muestra el IFDT proyectado el cual será el punto de acceso entre el Feeder que converge de la central y la red de distribución en el centro comercial.

El cuarto de equipos principal según lo indicado por el área técnica del centro comercial, se interconecta con todos los edificios a través de electrocanales y canalizaciones de 2 tuberías.



Figura 3. 2 *Cuarto principal donde convergen los edificios del Centro Comercial, Centro Comercial Plaza Lagos*

El cuarto principal cuenta con un electrocanal existente de 30x20 cm, el cual conectara la red de distribución del centro comercial con el gabinete pasivo, este electrocanal se divide en 2 accesos hacia los edificios que se muestran en la figura 3.3.



Figura 3. 3 *Electrocanal de distribución existente de 30x20 cm – cuarto principal, Autor*

Las cajas de distribución inteligentes IFAT serán colocadas en los cuartos de comunicación de los edificios como se muestra en la figura 3.4, donde para todos los edificios excepto para Rambla, Molinos, Atrio y Exedra Sur se cuentan con 2 o 3 cuartos de comunicación dependiendo de la cantidad de plantas, los

edificios que no disponen de más de 2 cuartos de comunicación contarán con 1 solo cuarto de cableado y las acometidas internas de los departamentos convergerán al mismo.



Figura 3. 4 IFAT proyectado en cuartos de distribución de edificios, Centro Comercial

Las tuberías que conectan el cuarto de cableado con los departamentos de los abonados son de 1/2" y su recorrido es a través de techo falso conocido como angstrom y dependiendo del diseño en el interior de los edificios, los cuales están debidamente alambrados para el paso del cable de fibra Dropp de 2 hilos G657A.1 tienen recorridos diferentes, en la figura 3.5 se puede tener una visión más detallada de lo enunciado.



Figura 3. 5 Tuberías de acceso horizontal hacia los Dptos., Centro Comercial Plaza Lagos.

3.1.2 Distribución e interconexión de los edificios en el centro comercial

El centro comercial Plaza Lagos está compuesto de 14 edificios con una cantidad total de 200 departamentos distribuidos entre locales comerciales, oficinas empresariales y departamentos residenciales. Los edificios se encuentran interconectados hacia un cuarto de comunicación principal a través de electrocanales de comunicación, canalizaciones de 2 vías de 4" con pozos de 1x1 mts como se puede ver en la figura 3.6,

Según el esquema de conexión de la figura 3.6, se puede ver que 8 edificios se encuentran interconectados hacia el cuarto de comunicación principal a través de electrocanales de comunicación de 30x20 cm a nivel del subsuelo de los edificios y estos a su vez se conectan a los edificios a través de tuberías de 3/4" hacia los cuartos de cableado de cada edificio.

El electrocanal de comunicación principal se conecta a la canalización existente de 2 vías a través de un pozo ubicado al costado del edificio Exedra Norte y es el punto de inicio de la red de canalización interna del centro comercial como se puede ver en la figura 3.6

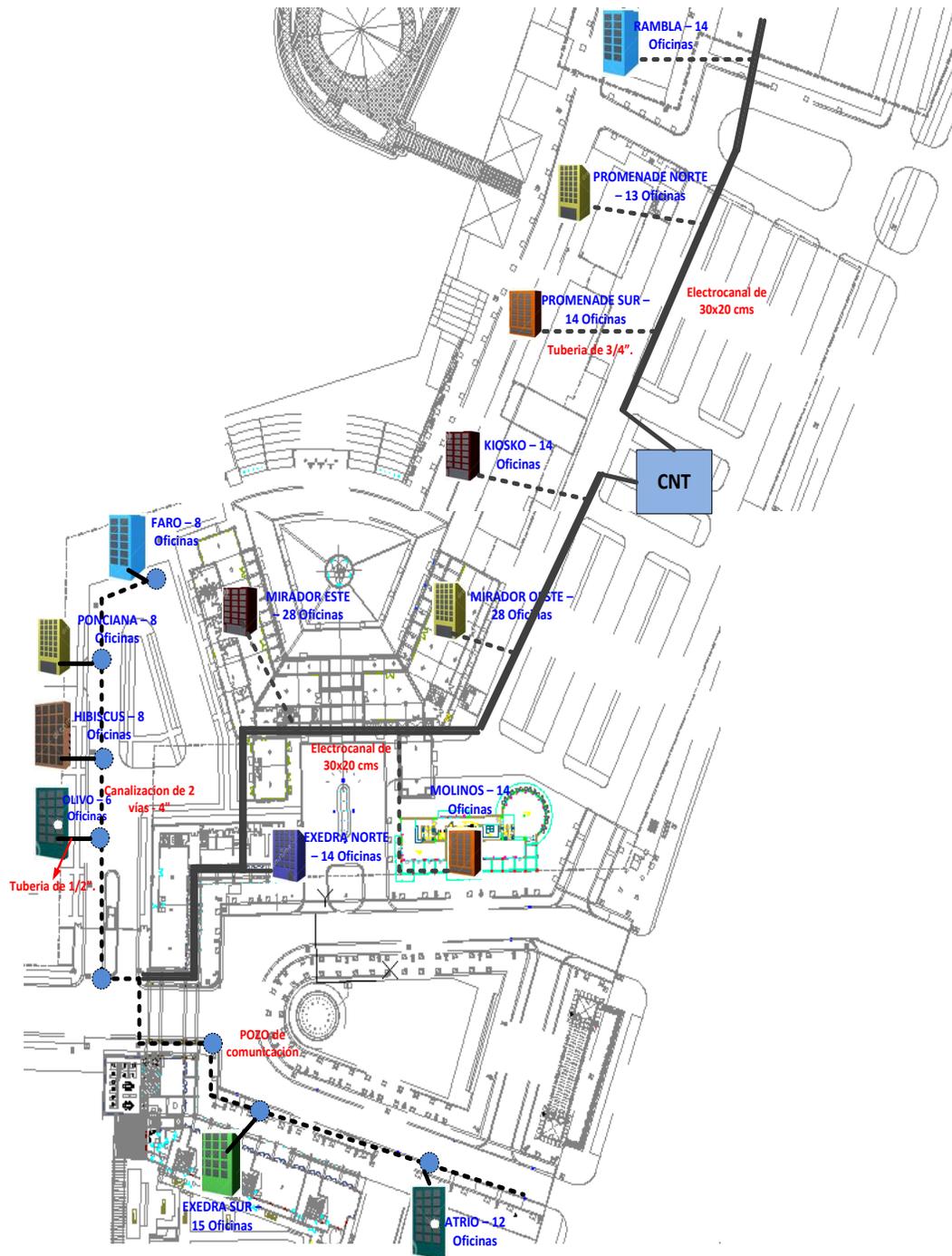


Figura 3. 6 Esquema de interconexión de edificios en el centro comercial Plaza Lagos, Autor

3.1.3 Distribución interna en los edificios del centro comercial

El centro comercial Plaza Lagos está conformado por 14 edificios, de los cuales 10 son de 2 plantas y 4 de 3 plantas como se indica en el cuadro 3.1. Los edificios disponen de cuartos de comunicación de 3x3 mts ubicados en la planta baja y se conectan a al electrocanal principal el cual converge al IFDT a través de tuberías de 3/4".

La distribución interna de los edificios se dividen en 2 partes, la primera comprende la conexión entre el elemento pasivo inteligente IFAT y los ATB ubicado en los departamentos de los abonados, dicha conexión se establece a través de cables de fibra óptica Dropp de 2 hilos, el cual pasa a través de un electrocanal vertical de 30x20 cm el cual a su vez se interconecta con un electrocanal de 20x10 el cual se encuentra ubicado sobre el techo falso y a través de tuberías de 3/4" se acomete al departamento del cliente, como se muestra en la figura 3.7.

Cabe acotar que el cable Dropp de 2 hilos converge al cuarto de lavandería o se limpieza del departamento a través de una caja cuadrada de 20x15 cms, en la cual se instalaría un ATB o roseta óptica, que es el punto de conexión hacia la ONT a través de un Patch Cord.

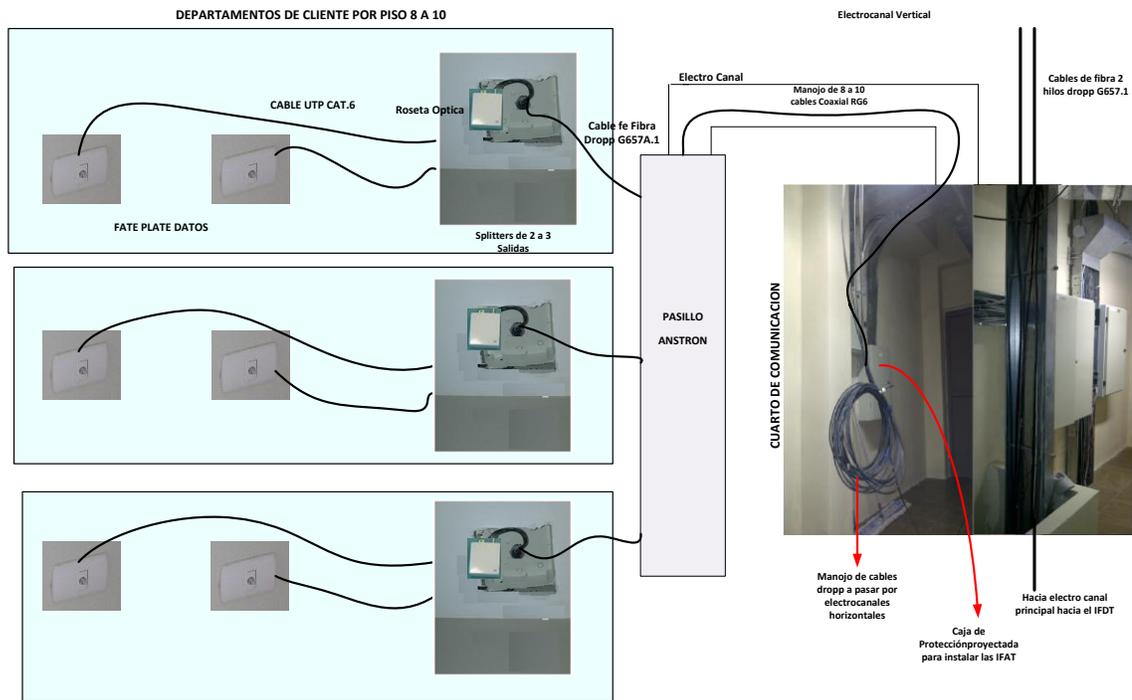


Figura 3.7 Distribución interna en los edificios del centro comercial, Autor

3.2 Consideraciones para el diseño de la iODN en el centro comercial

El diseño de la iODN para el centro comercial Plaza Lagos debe ser realizada tomando en cuenta varias consideraciones a nivel técnicas las cuales se pueden ver en la figura 3.8, donde se especifica el nivel de spitteo a considerar para el diseño de la red iODN, ya que dependiendo de la red de distribución y se suele realizar despliegues de ODNs a través de 2 etapas e spitteo, otra de las consideraciones que se tiene que tener en cuenta es el nivel de redundancia que se desea tener, ya que si la iODN va a ser alimentada por 2 OLT diferentes, se tiene que considerar splitters de 2:32.

La arquitectura FTTX a considerar es otro de las pautas a tomar en cuenta para diseños, ya que si se va a alimentar a edificios a través de un MSAN interno, se podría utilizar una arquitectura FTTB o FTTC, si se desea llegar con fibra hasta el abonado se podría utilizar una arquitectura FTTH modelo masivo.

Finalmente se tiene que tener en cuenta el tipo y capacidad de cables a considerar para el diseño y despliegue de redes FTTX, ya que si se está hablando de red de distribución la capacidad de los cables será mediana, si es un cable Feeder se proyectara un cable de 144 o 288 hilos y si es un cable para acometida se utilizara un cable Dropp de 1 o 2 hilos.

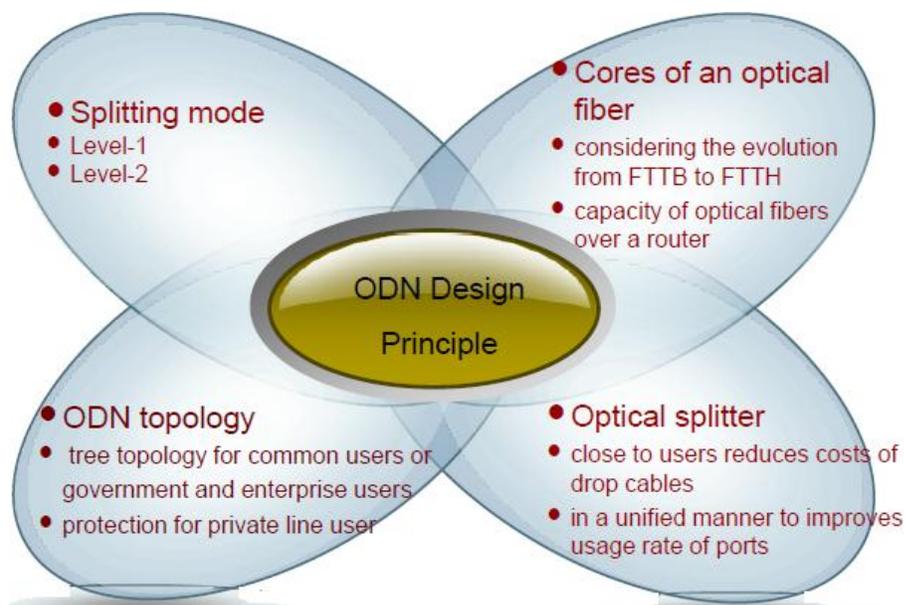


Figura 3.8 Consideraciones para el diseño de iODN, Huawei Technologies.

3.2.1 Demanda actual y futura de servicios y usuarios para el centro comercial

La demanda de servicios a ofertar para el centro comercial Plaza Lagos está basada en la información que se detalla en la tabla 3.2, donde para cada abonado se considera 2 líneas telefónicas, 1 servicios de internet, 1 punto de datos y 1 punto de televisión IP-TV

Tabla 3. 2 *Demanda individual de servicios a ofertar en el centro comercial*

DESCRIPCION	TELEFONIA	INTERNET	DATOS	TELEVISION
PUNTOS	2	1	1	1

Nota: *Autor*

La demanda total actual de servicios para el centro comercial estará dictaminada por el número de oficinas distribuidas entre los 14 edificios y los puntos de servicios a considerar en la tabla 3.1, de esa manera se puede obtener los resultados que se muestran en la tabla 3.3, donde para el servicio de telefonía se deberá cubrir una demanda actual de 398 líneas telefónicas, 199 puntos de internet, 199 puntos de televisión y 72 puntos de transmisión de datos.

Cabe mencionar que el diseño de la iODN para el centro comercial será en base a la demanda futura, la cual se calculara con una tasa de crecimiento del 2,5 %, ya que el incremento es a nivel de servicios mas no en la cantidad de oficinas, sin embargo se ha considerado reserva de hilos para un futuro crecimiento a nivel de edificios.

Tabla 3.3 Demanda actual de servicios para el centro comercial

EDIFICIO	No de Oficinas	Demanda de Telefonía	Demanda de Internet	Demanda de televisión	Demanda de Tx de datos
RAMBLA	14	28	14	14	N/A
PROMENADE NORTE	13	26	13	13	N/A
PROMENADE SUR	14	28	14	14	N/A
KIOSKO	15	30	15	15	N/A
MIRADOR OESTE	28	56	28	28	14
MIRADOR ESTE	28	56	28	28	14
MOLINOS	14	28	14	14	7
EXEDRA NORTE	14	28	14	14	7
EXEDRA SUR	15	30	15	15	8
ATRIO	13	24	12	12	6
FARO	8	16	8	8	4
PONCIANCA	8	16	8	8	4
HIBISCUS	8	16	8	8	4
OLIVO	8	16	8	8	4
TOTAL	200	398	199	199	72

Fuente: Autor

Debido a que los equipos y dispositivos ópticos son fabricados para un uso mayor a 10 años y a que no es necesario realizar ningún tipo de cambio de cable o elementos pasivos para incrementar las velocidades de ancho de banda, se considera que el tiempo de garantía de la iODN será de 10 años y la tasa de crecimiento de los servicios es del 2,5%, se realiza el cálculo de demanda futura de servicios con la siguiente formula:

$$D(t) = D_0 (1+i)^t \quad (\text{Ecuación 1})$$

D(t) = demanda futura

D₀ = demanda actual

i = tasa de crecimiento

t = tiempo

Ej. Para el caso de la demanda actual de telefonía

$$D(t) = 398 (1+2,5)^1$$

$$D(t) = 498 \text{ líneas telefónicas}$$

Aplicando la formula en base a los datos de la tabla 3.4, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 3.4 Demanda potencial futura de servicios para el centro comercial

EDIFICIO	No de Oficinas	Demanda futura de telefonía	Demanda futura de internet	Demanda futura de televisión	Demanda futura de Tx de datos
TOTAL	200	498	249	249	90

Fuente: Autor

En el grafico 3.9 se muestra una comparativa entre la demanda actual y futura.

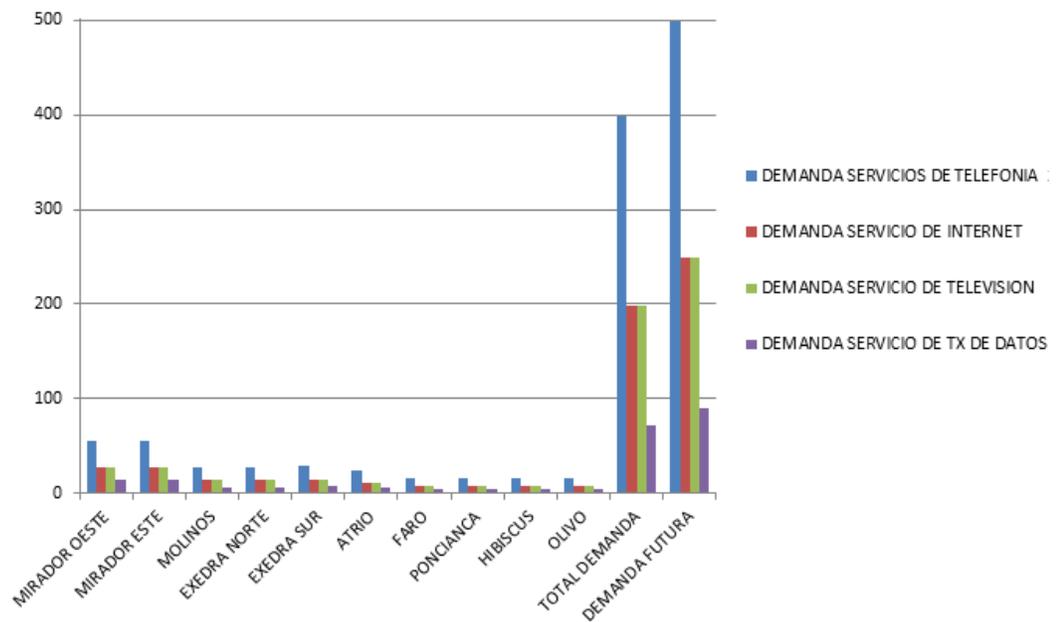


Figura 3.9 Demanda actual vs demanda futura, Autor

3.2.2 Recursos y recomendaciones a considerar para el diseño de la iODN en el centro comercial

Dentro de los recursos y recomendaciones que hay que considerar para el diseño y despliegue de una iODN se citan los siguientes:

- Determinación de la capacidad de puertos en base a la demanda proyectada.
- Determinación de la cantidad y nivel de splitteo que se proyectara para el presente diseño.
- Determinación de la capacidad del Feeder principal y secundario en base a la cantidad de splitters a alimentar dejando una reserva para un futuro crecimiento.
- Determinación de la capacidad del cable de distribución y la cantidad de rutas que existirán desde el gabinete inteligente IFDT dentro del centro comercial.
- Determinación del número de cajas terminales inteligentes a proyectar.
- Planos de canalización y arquitectónicos del centro comercial Plaza Lagos.
- Levantamiento de la red de canalización existente entre la central y el centro comercial.
- Programas VISIO y AUTOCAD para realizar esquemas y dibujo del diseño a proyectar respectivamente.
- Estudio de pérdidas del sistema a diseñar para garantizar un niveles óptimos de recepción en el equipo terminal.

Los puntos enunciados en el párrafo superior servirán como base en el desarrollo del presente estudio para el diseño de la IODN en el centro comercial.

3.2.3 Definición y características de modelo FTTX a considerar

El modelo FTTX a considerar para el presente estudio será el FTTH (Fiber to The Home), esto debido a que se diseñara una ODN en la cual se llegara con fibra hasta las instalaciones de los abonados. A pesar de que la infraestructura a cubrir son edificios el despliegue de la fibra óptica será hasta las oficinas de los abonados, por tal motivo no se considera el modelo FTTB (Fiber to The Building), donde en dicho modelo la fibra llega hasta el cuarto de comunicación principal y desde ahí se inicia una red de cobre ethernet o telefónica tradicional a través de una ONU.

3.3 Diseño de la iODN para el centro comercial

El presente capítulo tiene por objeto diseñar una iODN para el centro comercial Plaza Lagos en base a los conceptos, estudios y recomendaciones planteados en el marco teórico a fin de ofrecer servicios de telefonía, datos y televisión a través de una infraestructura GPON.

La iODN que se diseñará para el centro comercial Plaza Lagos, será realizada bajo los estándares de diseño y recomendación que actualmente tiene en vigencia la CNT E.P., siendo nuestro objetivo principal:

- Optimizar los recursos a nivel de la nueva infraestructura a considerar para el diseño de la iODN.
- Estudio de pérdidas para garantizar un nivel de potencia de recepción óptimo en el equipo terminal (ONT).
- Diseñar una red de distribución que optimice el uso de elementos pasivos y materiales para el despliegue de OND inteligentes iODN.
- Describir las características de los elementos pasivos inteligentes a considerar para el diseño de la iODN.
- Realizar un estudio financiero para verificar la viabilidad del proyecto.

3.3.1 Normas técnicas para el diseño de la iODN en el centro comercial

Dentro de las normas técnicas que se tomaran en consideración para el diseño de la iODN en el centro comercial, las cuales están bajo las recomendaciones de la CNT E.P. y su consultora Huawei se citan las siguientes:

- Corporación Nacional de Telecomunicaciones E.P. Normativa Técnica de Diseño de ODN V3. Ecuador.
- Corporación Nacional de Telecomunicaciones E.P. Normativa Técnica de Diseño y Construcción de Redes de Telecomunicaciones con Fibra Óptica. Ecuador.
- Corporación Nacional de Telecomunicaciones E.P. Normativa Técnica de Dibujo para Redes GPON. Ecuador.
- Corporación Nacional de Telecomunicaciones E.P. Normativa para Construcción de la ODN V2. Ecuador.

- Corporación Nacional de Telecomunicaciones E.P. Normativa para Fiscalización de ODN V2. Ecuador.
- Huawei Technologies. (2014). OBF000103 FTTx Network Overview V1R7 ISSUE1.00
- Huawei Technologies. (2014). OBF200010 FTTx Network Planning and Design Overview ISSUE1.01

3.3.2 Modelo de red a considerar para el diseño de la iODN en el centro comercial

El modelo de red a considerar para el diseño de la iODN en el centro comercial será del tipo masivo casa hasta 200 abonados como se indica en la figura 3.10, esto en base al modelo que la CNT E.P. usa para atender este segmento de clientes, donde se llega con fibra hasta la oficina del cliente a través de 2 etapas de splitteo.

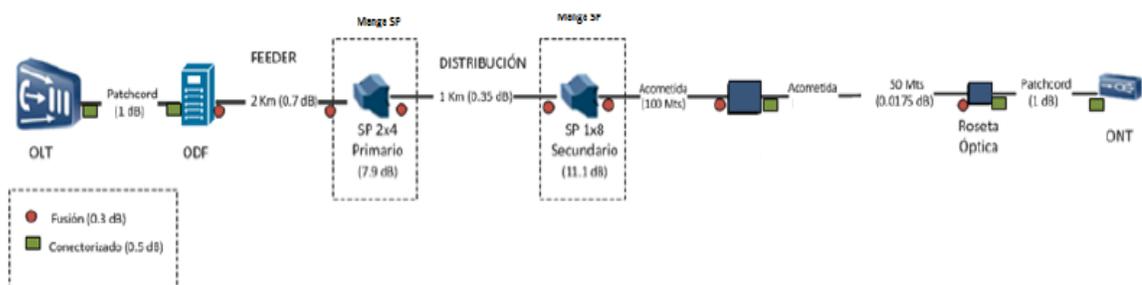


Figura 3. 10 Modelo de red a considerar para el diseño de la iODN, Autor

3.3.3 Descripción y características de los elementos que intervienen en el despliegue de la red iODN para el centro comercial

Los elementos pasivos que se consideran en el diseño de la iODN son de vital importancia, ya que permiten tener una idea más realista de cómo se verá la red desde un punto de vista a nivel de planta externa e interna, y nos permitirá describir cada elemento pasivo que forma parte de la red y como se ensambla a los gabinetes pasivos inteligentes.

3.3.3.1 Modelo y descripción de los elementos pasivos iODF, iFDT e iFAT a considerar para el diseño de la iODN en el centro comercial

El modelo de iODF a considerar para el actual diseño de la iODN ha sido elegido en base a las siguientes premisas que se indica a continuación:

- Capacidad de alojamiento de puertos de accesos basados en el crecimiento futuro de la red a diseñar.
- Cuenta con una capacidad de alojamiento de hasta 11 subrack inteligentes con una capacidad de 6 tarjetas de acceso inteligente por cada subrack, dando un total de 792 conexiones y/o empalmes.

El iODF GPX147-iODF3101 es un bastidor de distribución de fibra óptica inteligente que se utiliza principalmente en Backbone, redes metropolitanas y de acceso, para la conexión, terminación, distribución y división de fibras entre el

cable de alimentación feeder y cable de distribución, ver especificaciones en anexo 1.



Figura 3. 11 *IODF Huawei GPX147-iODF3101-CH2*
Huawei Technologies 2014

El subrack inteligente SR2203-4U tiene una capacidad de alojamiento para 6 tarjetas de aprovisionamiento de servicios, al cual otorga una capacidad total para 72 empalmes o terminaciones, ver especificaciones en anexo 2.



Figura 3. 12 *Subrack de servicio inteligente SR2203-4U*
Huawei Technologies 2014

La tarjeta de aprovisionamiento inteligente *GPX147-iFIM3104-12B-A* , lee la información de los puertos de manera automática y provee terminación y empalmes para 12 fibras, ver especificaciones técnicas en anexo 3.



Figura 3. 13 Tarjetas de aprovisionamiento inteligente *GPX147-iFIM3104-12B-A*
Huawei Technologies 2014

La unidad de procesamiento principal *MPU3102-DC* , proporciona puertos de gestión interna para llevar a cabo un control centralizado y gestión de recursos, ver especificaciones técnicas en anexo 4.



Figura 3. 14 Unidad de procesamiento principal *MPU3102-DC*
Huawei Technologies 2014

La unidad de poder es un módulo de conexión que a través de una entrada provee 10 salidas y se encarga de conmutar entre la entrada principal y secundaria, ver especificaciones técnicas en anexo 5.

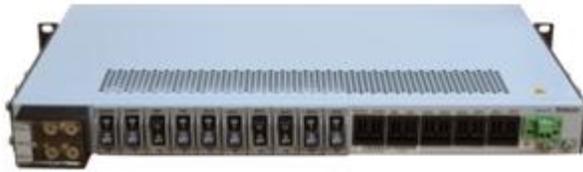


Figura 3. 15 *Modulo de poder, Huawei Technologies 2014*

El terminal de distribución iFDT GXF147-iFDT3105D que se muestra en la figura 3.16, se utiliza principalmente en Backbone, redes metropolitanas y de acceso. Se conecta con el cable de alimentación Feeder y el cable de distribución, al igual que un FDT tradicional, la Ifdt empalma, divide y es el punto terminal de fibras ópticas.

En cooperación con el ifield y el sistema de gestión de fibra óptica inteligente el GX147XX cuenta con una capacidad máxima de 672 núcleos entre la parte frontal y posterior, en el anexo 6 se muestra a detalle las características del gabinete.



Figura 3. 16 *IFDT Ifdt3105D/3106D, Huawei Technologies 2014*

Dentro de las unidades que conforman el iFDT y las cuales en su mayoría ya fueron descritas en los párrafos superiores, se citan:



Figura 3.17 Unidad de procesamiento principal MPU3102-DC, Huawei Technologies 2014



Figura 3.18 Tarjetas de aprovisionamiento inteligente GPX147-iFIM3104-12B-A
Huawei Technologies 2014

Las tarjeta posterior inteligente es la interfaz de conexión entre la tarjeta de control MPU y las tarjetas de acceso, adicionalmente se encarga del transporte de los datos y energía hacia las tarjetas de acceso, ver especificaciones técnicas en anexo 7.



Figura 3.19 Tarjeta de posterior inteligente para conectar tarjeta de servicios con MPU
Huawei Technologies 2014

El splitter inteligente es un elemento pasivo que divide la señal de entrada en n cantidades de salidas y cuenta con identificación de fibra de entrada y salida por colores. Identifica los puertos a través de eID tag y la información del puerto puede ser leída automáticamente cuando la identificación electrónica eID es conectada a los puertos de servicio y la misma es leída y energizada a través del dispositivos iFIELD a través de los buses de conexión.



Figura 3. 20 *Splitter Óptico inteligente SC/APC – SC/APC
Huawei Technologies 2014*

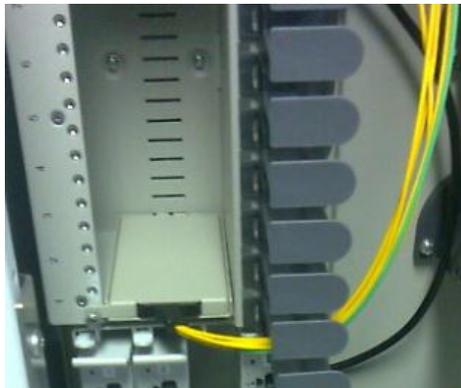


Figura 3. 21 *Splitter Óptico Inteligente de 1:4 instalado en iFDT.
Respaldo fotográfico de curso dictado por Huawei*

El iFAT a considerar para el diseño de la iODN en el centro comercial Plaza Lagos es el IFAT GPX147-iFAT3103T-16, la cual cuenta con la capacidad para alojar un splitter de 1:16 y finalizar hasta 16 conexiones o empalmes, la misma se encuentra diseñada para trabajar en avientes indoor para soluciones en edificios, ver especificaciones técnicas en anexo 8.



Figura 3. 22 IFAT GPX147-iFAT3103T-16
<http://enterprise.huawei.com/mx/products/network/fiber/ifat>

3.3.3.2 Descripción de los cables de fibra óptica a considerar para el diseño de la iODN en el centro comercial

Los cables que se tomaran en consideración para el diseño de la red de distribución y Feeder en la iODN estará directamente relacionado con la cantidad de splitters, niveles de splitteo y distribución de las que se plantee proponer, a su vez de utilizará una capacidad de hilos que permita ofrecer un crecimiento

A continuación se cita los modelos de cables con sus capacidades

- Cable de fibra óptica G652D de 48 hilos canalizado
- Cable de fibra óptica G652D de 24 hilos canalizado figura 8
- Cable de fibra óptica Dropp G657A.1 para interior de 2 hilos
- Cables de fibra óptica G652D de 6 hilos canalizado

3.3.4 Nivel de splitteo a considerar para el diseño de la iODN en el centro comercial

En base a la distribución de los edificios y la infraestructura existente a nivel de accesos en el centro comercial, se optara por aplicar doble etapa de splitteo para el diseño de la iODN, de esa forma se optimizaran los puertos que se asignaran de la OLT y se diseñara una red de distribución que esté compuesta por cables de menor capacidad dejando una reserva considerable en base a la demanda potencial futura.

En la figura 3.23 se muestra un esquema con la distribución proyectada de los edificios y los 2 niveles de splitteo, donde se pretende distribuir de manera óptima la cantidad de conexiones que soporta cada puerto PON, que para nuestro estudio será de 32 salidas de manera que no se desperdicie conexiones y se cuente con una red de distribución que cumpla con los estándares de normativas internacionales.

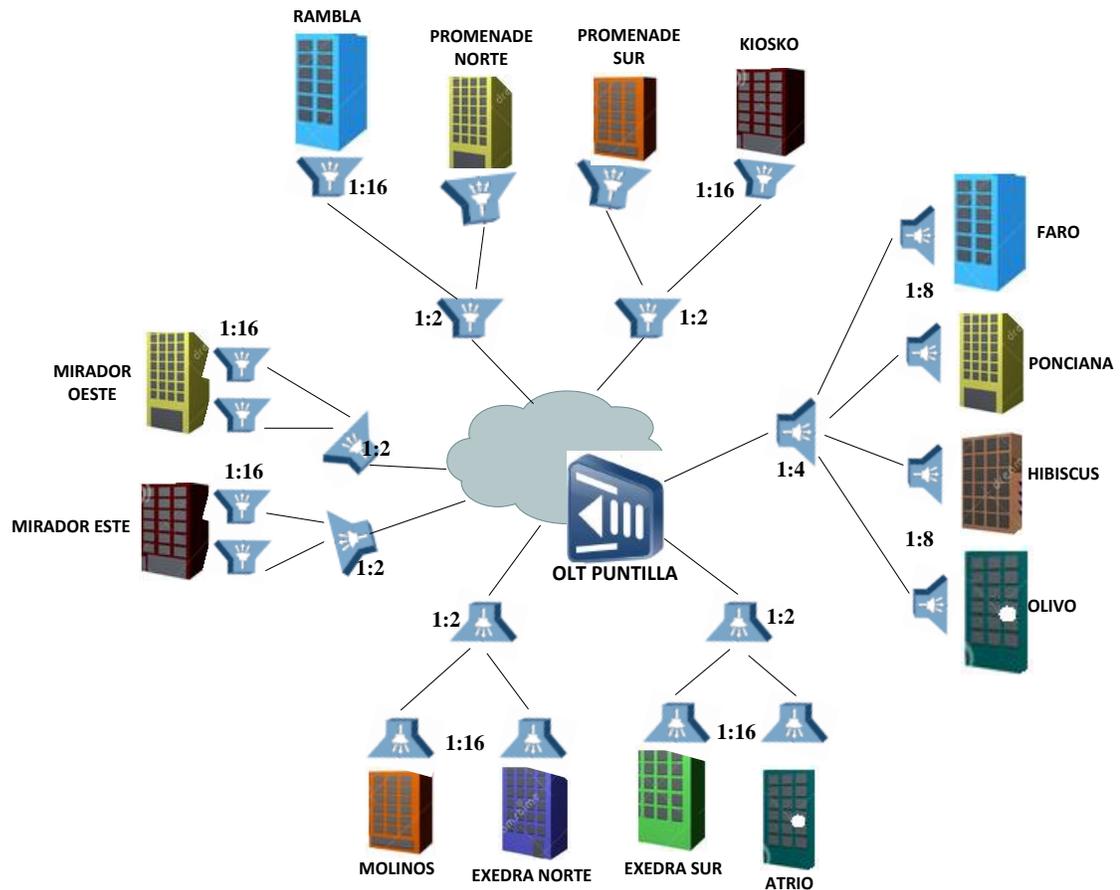


Figura 3. 23 Distribución de edificios y niveles de splitteo, Autor

Los splitters del 2do nivel de splitteo residirán en las cajas terminales inteligentes IFAT, las cuales pueden alojar 1 splitter de 1:8 o 1:16 dependiendo de la cantidad de oficinas los cuales están especificados en la demanda.

Los splitters de 1er nivel estarán alojados en el armario inteligente IFDT, los mismos serán de 1:2, 1:4 y serán alimentados a través del feeder hacia los puertos PON.

3.3.5 Diseño de la red distribución.

El diseño de la red de distribución para el centro comercial Plaza Lagos se divide en 2 bloques, la 1era comprende la distribución desde el gabinete inteligente IFDT hasta las cajas de distribución inteligente IFAT, y la 2da inicia desde los IFAT hacia los ATB o rosetas ópticas, los cuales residen en las oficinas de los abonados.

En el diseño de la red de distribución para el centro comercial se consideró 2 rutas de distribución tal como se puede ver en la figura 3.24, estas rutas se las considero tomando en cuenta la distribución y capacidad de los edificios dentro del centro comercial, donde la primera ruta se encuentra alimentando a 4 edificios, los cuales se encuentran en la parte superior del centro comercial y la capacidad del cable fue considerado en base a la cantidad de hilos de alimentación que necesitan los splitters secundarios, los mismos que residirán en las cajas terminales iFAT y dejando una reserva futura en caso de que se anexe algún piso o edificio a futuro.

La segunda ruta de distribución alimentara a los 9 edificios restantes que se encuentran en la parte inferior del centro comercial, y la misma será a través de un cable de distribución de 72 fibras compuesto por 12 buffers de 6 hilos. En base a la figura 3.24 se coloca una manga de distribución intermedia para desviar hilos a 3 edificios a través de cables de 6 fibras, los cuales están interconectados a través de electrocanales. Los cables de 6 fibras acometerán a los iFAT dentro de los cuartos de comunicación de los edificios.

La ruta de cable que alimenta a los edificios que se encuentran en la parte inferior izquierda, transitaran a través de canalización existente en el centro comercial y la misma será a través de cables de 48 hilos y cables de acometida de 6 hacia los edificios.

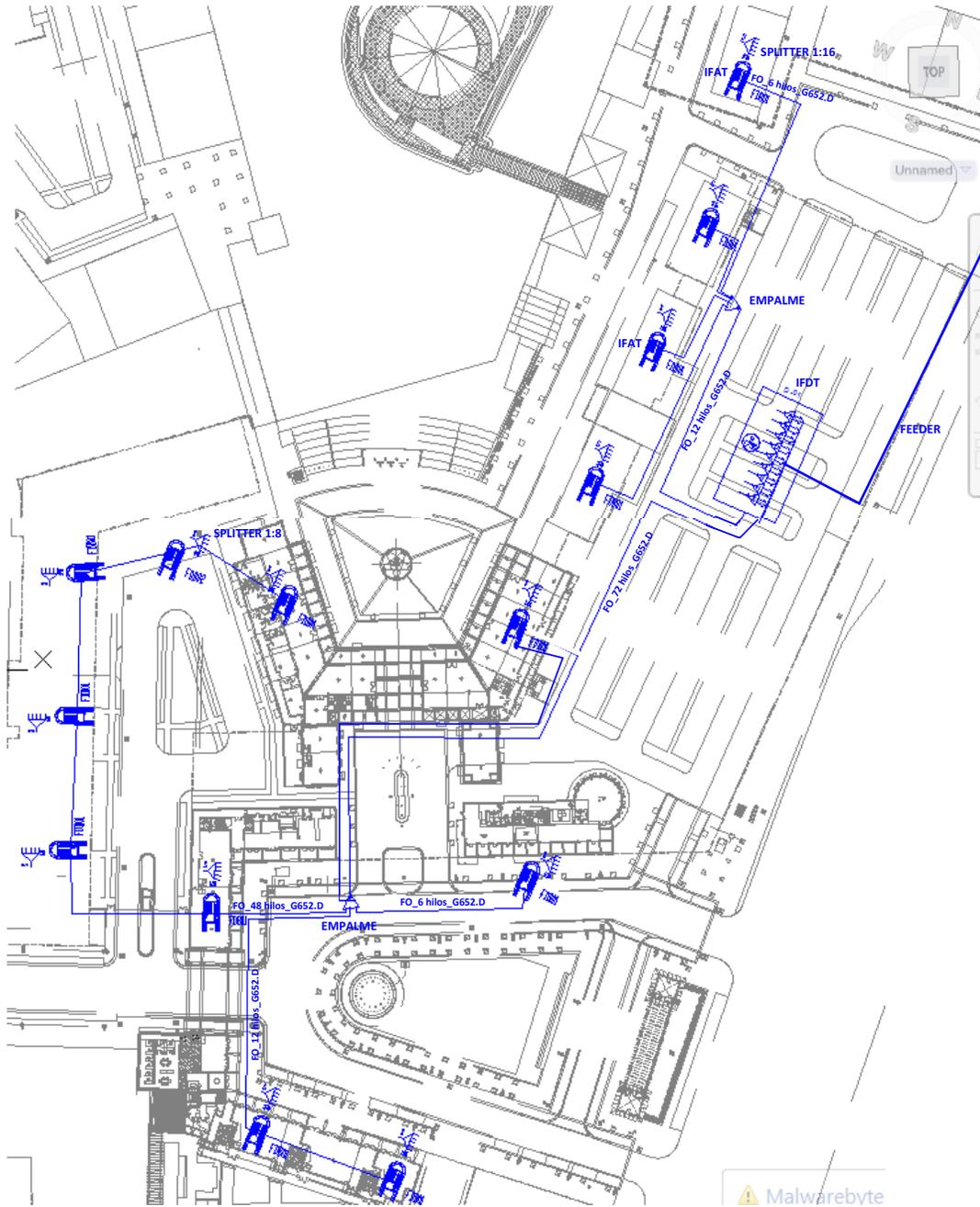


Figura 3. 24 Esquema de la red de distribución del centro comercial Plaza Lagos, Autor

El punto de partida en la red de distribución de los edificios es a través del iFAT, el cual recibe el hilo de alimentación en el splitter secundario y sus salidas son fusionadas con los cables de distribución de fibra interna RISER hacia los departamentos de los abonados como se puede ver en la figura 3.25.

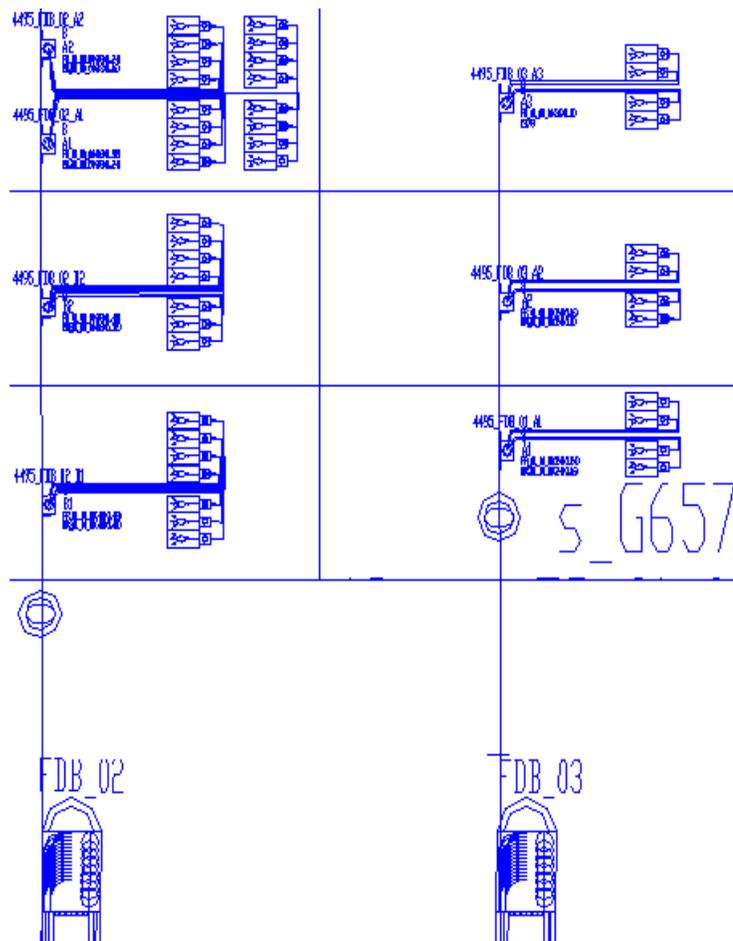


Figura 3. 25 Diseño de red de distribución en un edificio modelo de 3 pisos, Autor

3.3.6 Esquema propuesto del diseño para la solución de la IODN en el centro comercial

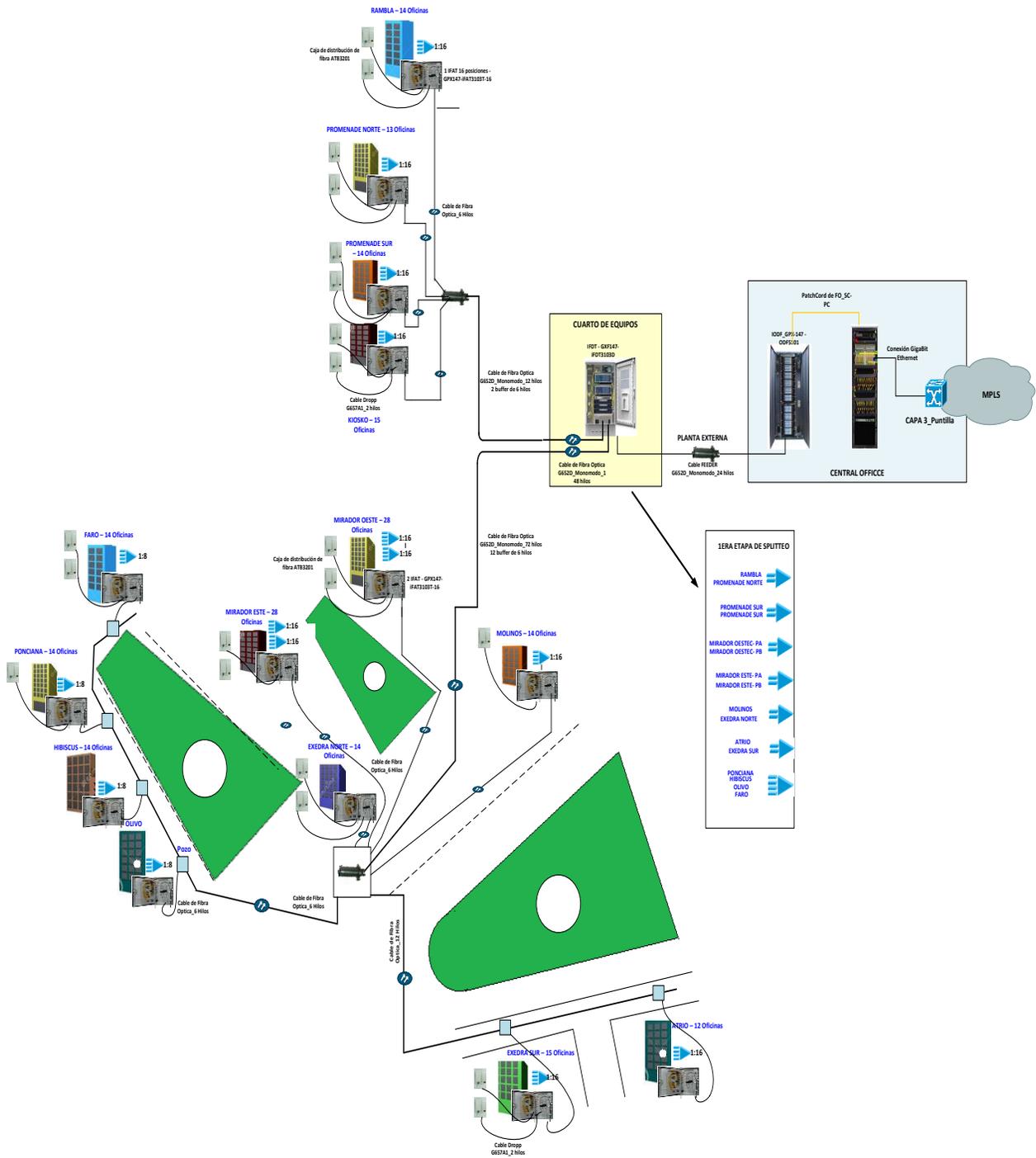


Figura 3. 26 Esquema del diseño de una Iodn para el centro comercial Plaza Lagos, Autor

3.3.7 Link Budget para el diseño iODN para el centro comercial

El presente cálculo de presupuesto óptico dictaminara si el diseño planteado es óptimo para brindar servicios de telefonía, internet, datos y televisión IP a los edificios del centro comercial Plaza Lagos.

Se empieza por calcular la distancia más lejana entre la segunda etapa de splitteo y la oficina central, este cálculo fue levantado basándonos en información de la red canalizada que dispone la CNT E.P. en planos desde la central Aurora hacia la urbanización Plaza Lagos, la cual tiene una distancia de 3 Kms como se muestra en la tabla 3.5.

La segunda distancia a considerar es la que existe entre el armario iFDT y el iFAT, la cual en base a la tabla 3.5 es la distancia más lejana entre los dos elementos inteligentes pasivos. Finalmente se calcula la distancia entre la caja terminal inteligente iFAT y el ATB o roseta óptica.

Tabla 3.5 *Calculo de la distancia más lejana para el estudio*

Calculo de distancia Máxima	
Descripción de distancia	KMs
Distancia entre CO e iFDT	3
Distancia entre iFDT e iFAT	0,371
Distancia entre iFAT y ATB.	0,06
TOTAL	3,431

Nota: Autor

Una vez calculada la distancia total máxima entre la central y el segundo nivel de splitteo, se tiene que considerar otras pérdidas muy significativas las cuales se pueden ver en la figurara 3.27, donde los puntos marcados en verde representan conectorizaciones los cuales según la tabla de cálculo 2.7 pierden

0,3 db y los puntos marcados en rojo representan fusiones los cuales tienen una pérdida de 0,1 db.

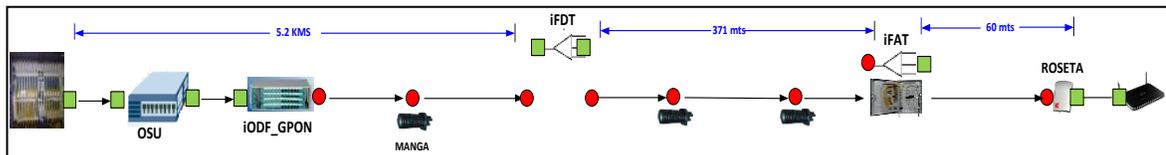


Figura 3. 27 Esquema de pérdidas al punto más lejano, Autor

En la tabla 3.6, se creó una matriz automatizada en la cual con ingresar los datos como cantidad de fusiones, conectorizaciones, perdidas de splitters y distancias al punto más lejano o cercano, se obtiene el presupuesto óptico para el sistema diseñado.

Para que el dispositivo terminal “ONT” se pueda enganchar a la red, es necesario que la potencia de recepción que reciba trabaje en un rango de operación entre -8 y -25 dbm, sabiendo que desde la OLT la señal sale con una potencia positiva de 2 a 4 db, por lo tanto la resultante de la potencia que recibe la ONT es la resta de la potencia de salida del puerto PON menos todas las perdidas pasivas al paso.

En el diseño planteado se estima 2 niveles de splitteo, lo cual a nivel de pérdidas es el equivalente a un splitter 1:32, ya que la suma de las pérdidas de los splitters 1:2 + 1:16 y 1:4 + 1:8 es igual a la de 1:32.

Tabla 3. 6 *Matriz de presupuesto óptico pasivo al punto más lejano*

PRESUPUESTO OPTICO AL PUNTO MAS LEJANO			
Elementos de la Red de Fibra Óptica	Cantidad	Perdida de elemento Típica (Db)	Total Perdida (Db)
Conectores - ITU671= 0.5 dB	9	0,5	4,5
Empalmes fusión - ITU751= 0.1 dB	8	0,1	0,8
Empalmes mecánicos - ITU 751= 0.1 dB		0,2	0
Splitters	1x2	1	3,5
	1x4		7
	1x8		10,5
	1x16	1	14
	1x32		17,5
	1x64		21
Fibras - Longitudes de Onda	1310 nm	3,4	0,35
	1490 nm		0,3
	1550 nm		0,25
PERDIDA TOTAL			23,99
			Potencia del Puerto PON
			2
			Potencia que recibe ONT
			-21,99

Nota: Autor

El cálculo de pérdida al punto más cercano se la realiza con los mismos parámetros que se usó para el punto más lejano, empezando por el cálculo a la distancia más cercana figura 3.7.

Tabla 3. 7 *Calculo de la distancia más cercana*

Calculo de distancia Máxima	
Descripción de distancia	KMs.
Distancia entre CO e iFDT	3
Distancia entre iFDT e iFAT	0,1
Distancia entre iFAT y ATB.	0,02
TOTAL	3,12

Nota: Autor

En la figura 3.28, se puede observar los elementos que intervienen en el diseño para el punto más cercano el cual es el mismo, pero con difieren las distancias las cuales con más cortas.

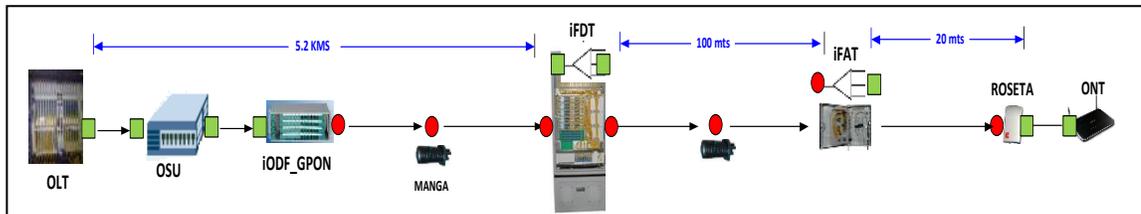


Figura 3. 28 Esquema de pérdidas al punto más cercano, Autor

El presupuesto óptico para el cálculo al punto más cercano es menor debido a las distancias entre los diferentes elementos pasivos, las cuales son más cortas, por ende el factor de coeficiente de pérdida multiplicado por la distancia en Km. da como resultado el cálculo obtenido en la tabla 3.8.

En la tabla 3.8 se observa que se dispone de 2 niveles de splitteo, el cual es el equivalente a un splitter de 1:32, ya que la suma de la pérdida de un splitter de 1:4 + la pérdida de un splitter de 1:8 es el equivalente a la de un splitter de 1:32.

El factor de coeficiente de pérdida que se tomó para efectos del cálculo fue en la λ de 1310, donde es en la cual se pierde más, esto permite tener una aproximación más acertada de la pérdida total del sistema, la cual es de -21,7 dbm.

Tabla 3.8 Matriz de presupuesto óptico pasivo al punto más lejano

PRESUPUESTO OPTICO AL PUNTO MAS CERCANO			
Elementos de la Red de Fibra Óptica	Cantidad	Perdida de elemento Típica (Db)	Total Perdida (Db)
Conectores - ITU671= 0.5 dB	9	0,5	4,5
Empalmes fusion - ITU751= 0.1 dB	7	0,1	0,7
Empalmes mecanicos - ITU 751= 0.1 dB		0,2	0
Splitters	1x2		3,5
	1x4	1	7
	1x8	1	10,5
	1x16		14
	1x32		17,5
Fibras - Longitudes de Onda	1310 nm	3,12	0,35
	1490 nm		0,3
	1550 nm		0,25
PERDIDA TOTAL			23,792
			Potencia del Puerto PON
			2
			Potencia que recibe ONT
			-21,792

Nota: Autor

3.4 Análisis financiero

3.4.1 Introducción

El análisis financiero es de vital importancia en proyectos de telecomunicaciones, ya que nos permite tener una visión de la rentabilidad y viabilidad del proyecto a ejecutar o diseñar. El análisis financiero para el presente estudio estará dividido en 2 partes, la primera abordará el costo total de la solución a diseñar en las cual se deberá tomar en cuenta los elementos pasivos inteligentes a considerar para el diseño, el costo de la planta externa y el costo del equipamiento activo a nivel de la central a considerar.

La segunda parte estará dictaminada por el cálculo del TIR y VAN, los cuales son herramientas financieras que nos permitirán evaluar las rentabilidad del presente proyecto a nivel de inversión.

3.4.2 Costo total de la inversión

El costo de la inversión estará dictaminado por la suma de los presupuestos que se indican a continuación, los cuales fueron tomados de los costos referenciales que maneja la CNT E.P.:

- Presupuesto de los elementos pasivos inteligentes iODN a considerar
- Presupuesto de los materiales y elementos pasivos de la planta externa a considerar.
- Presupuesto de los materiales y elementos pasivos de la planta interna a considerar.

- Presupuesto referencia del equipamiento activo a considerar para el despliegue de la red GPON.

Tabla 3.9 Presupuesto de los elementos iODN a considerar

PRESUPUESTO DE ELEMENTOS IODN					
Item	Descripción	Modelo	Cantidad	Costo Unitario	Costo total
1	IODF	GPX147-iODF3101-CH2	1	724,5	724,5
1.1	Optical fiber open peeling unit-Fix 10 pcs optical cable	GPX147-OEU2304-10	1	34,5	34,5
1.2	Subrack de servicio inteligente	SR2203-4U	1	51,75	51,75
1.3	Tarjetas de aprovisionamiento inteligente para empalme y terminación de fibras	GPX147-iFIM3104-12B-A	4	57,62	230,48
1.4	Unidad de procesamiento principal	MPU3102-DC	1	120,75	120,75
1.5	Backboard for intelligent subrack	iODN-AF11MSAB2	2	27,6	55,2
1.6	Identidad de gabinete electrónico	N/A	1	6,9	6,9
1.7	MPU System Software-Iodf	N/A	1	448,5	448,5
1.8	eID Patch Cord	eID patch cord-SC/UPC (sin Eid)-SC/APC (con Eid) single mode-G.657A2 - 3 mts	4	7,25	29
		eID patch cord-SC/APC (con Eid)-SC/APC (con Eid) single mode-G.657A2 - 10 mts	16	6,21	99,36
1.9	Termocontraibles protectores de fibra para empalmes	Connector-4mm-50%-55degC-125degC-60mm-Single Core Optical Fiber Splice protection Sleeve	0,25	20	5
1.10	Cables de poder para la unidad MPU	Power Cable,600V,UL3386,2.5mm ² ,14AWG, Blue,28.5A,XLPE(Unit: meter)	0,35	6	2,1

1.11	Cables de red para la unidad MPU	Twisted-Pair Cable,100ohm,Category 5e,FTP,0.52mm,24AWG,8Cores,4Pairs, PANTONE 430U	0,25	6	1,5
1.12	Cables de tierra	Wire,450/750V,60227 IEC 02(RV) 6mm^2,	0,45	30	13,5
				Sub Total	1823,04
2	IFDT	iFDT3105D/3106D	1	1587	1587
2.1	Unidad de fijacion de entrada para cables 12 posiciones en armario inteligente	12 pcs optical cable-6U*482*63mm- Purple grey-Steel sheet-GPX147-OEU2301-12	2	62,1	124,2
2.2	Soporte para unidad de fijacion para fibra de ingreso	Intelligent parking bracket-64 cores-252*110*130mm-Huawei gray-Steel sheet	2	13,8	27,6
2.3	Subrack de servicio inteligente	SR2203-4U	1	51,75	51,75
2.4	Tarjetas de aprovisionamiento inteligente para empalme y terminación de fibras	GPX147-iFIM3104-12B-A	4	57,62	230,48
2.5	Unidad de procesamiento principal	MPU3102-1U	1	113,85	113,85
2.6	Tarjeta de posterior inteligente para conectar tarjesta de servicios con MPU	Intelligent backboard-Primary escenario-12*RJ45(RS485)-iODN	1	55,2	55,2
2.7	Tarjeta de procesamiento de servicio inteligente parking	Intelligent parking service processing board-16 cores-iODN	1	28,64	28,64
2.8	Identidad de gabinete electrónico	N/A	1	6,9	6,9
2.9	Splittes Inteligentes	Intelligent compact optical splitter-1:2-even-SC/APC-110*60*20mm-iSPL3605-P1032-with eID-PLC-with Pigtail-G.657A-2mm-1.5m-For iODN	6	232	1392
		Intelligent compact optical splitter-1:4-even-SC/APC-110*60*20mm-iSPL3605-P1032-with eID-PLC-with Pigtail-G.657A-2mm-1.5m-For iODN	1	242	242

2.10	MPU System Software	N/A	1	448,5	448,5
2.11	eID Patch Cord	eID patch cord-SC/APC(with 14190556 eID)-SC/APC(with 14190556 eID)-single mode-G.657A2-2mm-3m-LSZH-R3 eID-iODN	36	7,25	261
2.12	Cable de tierra	Wire,450/750V,60227 IEC 02(RV) 6mm^2, Yellow/Green,44A(Unit: meter)	24	0,45	10,8
				Sub Total	4579,92
3	iField Box	N/A	1	1524,9	1524,9
3.1	iField Software	iField Application Software license	1	448,5	448,5
				Sub Total	1973,4
4	Licencias para iManager U2000 ODN NMS	Per iODN Port License for NBI(including Service Provisioning and Inventory)	500	1,47	735
		Intelligent subrack Management license(with 24 iODN ports)	10	77,77	777,7
		Per iField Box Management license	1	1056,57	1056,57
4.1				Sub Total	2569,27
5	IFAT	Intelligent fiber access terminal-48 cores splicing and termination-Indoor wall-mounting installation-420*260*120mm-NB white YB201-Plastic-iFAT3106TI-48G	16	55,89	894,24
5.1	Tarjetas de servicio inteligentes	Intelligent middle termination service processing board-16 Cores-SC/APC-iFTM3105-24-SA-G	18	74,18	1335,24
5.2	Splitters Inteligentes	Intelligent compact optical splitter-1:8-even-SC/APC-110*60*20mm-iSPL3605-P1032-with eID-PLC-with Pigtail-G.657A-2mm-1.5m-For iODN	4	262	1048
		Intelligent compact optical splitter-1:16-even-SC/APC-110*60*20mm-iSPL3605-P1032-with eID-PLC-with	12	282	3384

		Pigtail-G.657A-2mm-1.5m-For iODN			
5.3	Soporte plastico eID	eID Switch-White-Plastic-Support SC/UPC and SC/APC connector- R3	240	2,07	496,8
5.4	sujetador de entrada para fibra	Non-Metal part-DKBA0.480.1775_HW01-Section ϕ 3.5mm-0.8mm-Circular Nude Fiber	40	0,18	7,2
5.5	Conectores mecanicos	Field mountable connector-Mechanical-SC/APC-FMC2101-2-Single mode-G.657A2-For 2*3mm bow-type drop cable-RL \geq 55 Db	400	5,18	2072
				Sub Total	9237,48
				TOTAL IODN	20183,11

Nota: Fuente

Tabla 3. 10 Presupuesto de materiales a nivel de planta externa

PRESUPUESTO PLANTA EXTERNA					
ITEM	MATERIALES Y ACCESORIOS	UNID	CANTIDAD	P/U	P/T
1	Identificadores en acrílico de canalizado 8cm x 4cm	U	45	5,08	228,6
2	Canalización Triducto acera	U	20	22,08	441,6
3	Rotura y Reposicion de Asfalto	m2	12	44,67	536,04
4	Manguera corrugada	M	245	1,68	411,6
5	Cable óptico de 24 fibras monomodo Canalizado G.652	M	3356	3,43	11511,08
6	Cable óptico de 12 fibras monomodo Canalizado G.652	M	650	2,4	1560
7	Manga de Empalme de 24H	U	1	519,7	519,7
8	Limpieza de ducto y colocación de guía	M	2000	1,19	2380
9	Limpieza de pozo y desalojo	U	20	56,43	1128,6
10	Pruebas Fibra Óptica	U	7	12,52	87,64
				Sub Total	18804,86

Nota: Fuente

Tabla 3. 11 *Presupuesto de materiales a nivel de planta interna*

PRESUPUESTO PLANTA INTERNA					
ITEM	MATERIALES Y ACCESORIOS	UNID	CANTIDAD	P/U	P/T
1	FUSIÓN DE 1 HILO DE FIBRA ÓPTICA	U	230	8,32	1913,6
2	SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE CANALIZADO 12 FIBRAS ÓPTICAS MONOMODO G652.D	U	230	2,1	483
3	SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE PARA INTERIOR 2 FIBRAS ÓPTICAS G.657A1 (DROP) 4,5mm	M	6600	1,67	11022
4	FUSION DE HILO DE FIBRA OPTICA CON PIGTAIL	M	200	14,59	2918
5	INSTALACIÓN DE ESCALERILLA 0.15X1 M	M	15	22,67	340,05
6	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MANGUERA CORRUGADA 3/4"	M	30	2,24	67,2
7	PRUEBA REFLECTOMÉTRICA UNI DIRECCIONAL POR FIBRA EN UNA VENTANA GPON + TRAZA REFLECTOMETRICA	Hilo	200	7,95	1590
8	PRUEBA DE POTENCIA DE 1 HILO DE FIBRA ÓPTICA GPON	Hilo	200	7,69	1538
9	SUMINISTRO E COLOCACIÓN DE ROSETA ÓPTICA 2 HILOS DE FIBRA, INCLUYE: 2 ADAPTADORES SC/APC; 2 MANGUITOS DE PROTECCIÓN DE EMPALME DE 40MM	U	200	24,16	4832
				Sub Total	24703,85

Nota: *Autor***Tabla 3. 12** *Costo total de la solución*

DESCRIPCIÓN	VALOR
COSTO TOTAL IODN	20183,11
COSTO TOTAL PLATA EXTERNA	18804,86
COSTO TOTAL PLANTA INTERNA	24703,85
COSTO DEL CHASIS Y TARJETAS OLT A CONSIDERAR	119000
COSTO TOTAL DE LA INVERSION	182691,82

Nota: *Autor*

3.4.3 Descripción de costos de servicios a través de la red GPON para los servicios de internet, telefonía y datos.

Los costos que se han considerado para los servicios de telefonía, internet, datos y televisión han sido tomados en base a los costos más bajos referenciales del portafolio de servicios de la CNT E.P., los mismos que se pueden ver en la figura 3.13 y con los cuales se realiza el cálculo del VAN y el TIR para determinar si la solución es viable y rentable.

Tabla 3. 13 Costo de servicios referenciales a para el análisis financiero

SERVICIO	COSTO ESTIMADO
TELEFONIA	\$ 25
INTERNET RESIDENCIAL	\$ 18,00
INTERNET CORPORATIVOS 2F	\$ 28,00
INTERNET CORPORATIVO 6F	\$ 60,00
TELEVISION	\$ 20,00
TX DE DATOS 2 PUNTOS	\$ 80,00

Nota: Autor

3.4.4 Cálculos de activos netos

Los activos netos para el presente proyecto fueron calculados considerando los datos de la demanda proyectada en la tabla 3.3 y el costo referencial de los servicios planteados en la tabla 3.13, donde los activos netos son planteados en la tabla 3.14 y se los puede ver como la resultante. Se tiene que tomar en cuenta que la resultante es la diferencia entre los ingresos anuales y los egresos los cuales fueron considerados como gastos de mantenimiento de la red, pago de planillas de luz del equipo activo, etc.

3.4.5 Cálculo del van (valor actual neto)

El cálculo del VAN será el medidor financiero que indicara los flujos de ingresos y egresos futuros de nuestro proyecto, para determinar si después de restar la inversión inicial que en este caso es el costo total de la solución, quedaría alguna ganancia. Si el valor calculado es positivo entonces concluimos que el proyecto es viable y si es negativo el proyecto no es rentable ni viable.

En la tabla 3.14, se puede ver que se ha considerado 6 años para estimar los flujos de activos y pasivos empezando por el año 0, el cual es representado por la inversión y en el cual no existen egresos.

Tabla 3.14 Cálculo del valor actual neto VAN

	año 0	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5	año 6
INVERSION	-\$ 181.35 6,00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
EGRESOS	N/A	\$ 8.000,00	\$ 8.000,00	\$ 8.000,00	\$ 8.000,00	\$ 8.000,00	\$ 8.000,00
INGRESOS	N/A	\$ 70.000,00	\$ 80.000,00	\$ 85.000,00	\$ 90.000,00	\$ 100.000,0 0	\$ 95.000,00
RESULTANTE	1	\$ 62.000,00	\$ 72.000,00	\$ 77.000,00	\$ 82.000,00	\$ 92.000,00	\$ 87.000,00
VAN	\$ 159.78 2,3						

Nota: Autor

La fórmula para calcular el VAN la cual se puede ver en la figura 3.29, ha sido considerada teniendo en cuenta un egreso lineal a los largo de los 6 años, los cuales fueron considerados como gastos de mantenimiento de la red, pago mensual relacionado al proporcional de la energización de los equipos activos

en la central, y todo lo que esté relacionado con egresos, estimando una media de \$8,000 dólares por año, ver tabla 3.14.

Los ingresos fueron calculados tomando en consideración los costos referenciales indicados en la tabla 3.13 y la demanda inicial de servicios en la cual se consideró un crecimiento anual desde el año 1 al año 5 y un bajo decremento en el año 6 para hacer más realista el cálculo.

$$VAN = -INVERSION + \sum \left(\frac{FNE}{(1+i)^n} \right)$$

Figura 3. 29 *Formula para calcula del VAN, Autor.*

Reemplazando los valores de la tabla 3.14 en la fórmula de la figura 3.29, obtenemos la siguiente ecuación y resultado:

$$VAN = -181356 + \sum \left(\frac{62000}{(1+0,1)^1} + \frac{72000}{(1+0,1)^2} + \frac{77000}{(1+0,1)^3} + \frac{82000}{(1+0,1)^4} + \frac{92000}{(1+0,1)^5} + \frac{87000}{(1+0,1)^6} \right)$$

Figura 3. 30 *Formula aplicada para el cálculo del VAN*

$$VAN = \$154.886,27$$

3.4.6 Cálculo del TIR (tasa interna de retorno)

El cálculo del TIR o lo que se conoce como tasa interna de retorno o rentabilidad es lo que nos permitirá saber si nuestro proyecto es rentable y en qué % de la tasa de interés nuestro proyecto empieza a declinar, esto sirve para tener una apreciación más detallada para comparar con la tasa de descuento que se estimó en el cálculo del VAN.

Para el cálculo del TIR se parte de la misma fórmula que se consideró para el VAN, pero se despeja la tasa de descuento y se iguala a 0, de esa manera se obtiene el siguiente resultado:

$$0 = -181356 + \sum \left(\frac{67696}{(1+i)^1} + \frac{72000}{(1+i)^2} + \frac{77000}{(1+i)^3} + \frac{82000}{(1+i)^4} + \frac{92000}{(1+i)^5} + \frac{87000}{(1+i)^6} \right)$$

$$i = 35 \%$$

Tabla 3. 15 *Calculo de la tasa interna de retorno TIR*

Tasa Interna de Retorno (TIR)	
Tasa de Descuento	VAN
0%	\$ 296.340,00
5%	\$ 219.404,75
10%	\$ 159.782,29
15%	\$ 112.817,71
20%	\$ 75.271,13
25%	\$ 44.845,09
30%	\$ 19.882,27
35%	(\$ 831,78)
40%	(\$ 18.200,06)
45%	(\$ 32.903,02)
TIR EN EXEL	35%

Nota: Autor

En la tabla 3.15, se puede apreciar que en una tasa de descuento del 10% se obtiene el valor del VAN calculado, pero cuando se calcula el VAN con una tasa del 35% se empieza a Decrementar la rentabilidad y la misma se encuentra marcada en rojo, lo cual vendrían a presentarse como números negativos.

En la gráfica que se indica en la figura 3.31 se puede notar la curva del TIR y como empieza a decrementar cuando supera la tasa del 35%.

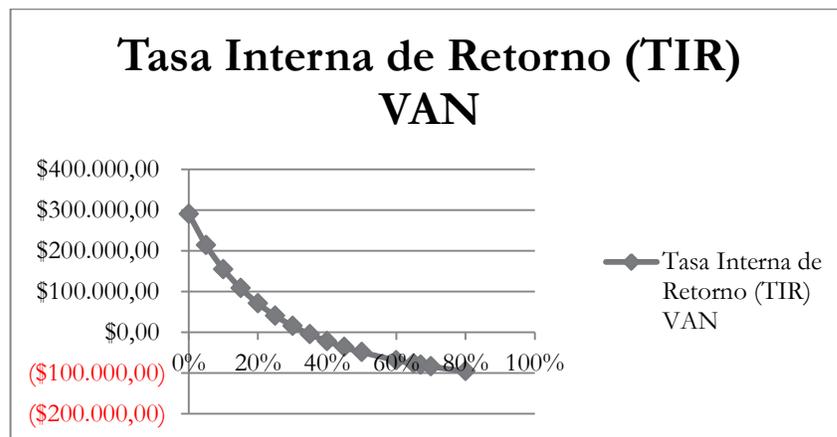


Figura 3. 31 Grafica del cálculo del VAN, Autor

3.4.7 Resultados obtenidos

En base al análisis de la figura 3.32 se puede notar que el VAN y TIR calculado son exitosos, por ende la inversión es recuperada entre el 1er y 2do año con una alta rentabilidad y por ende viabilidad. La curva de la tasa interna de retorno TIR empieza a decrementar cuando se tiene una tasa de interés mayor al 35%, por lo tanto no es correcto empezar a realizar una inversión con una tasa mayor a la indicada, por otro lado a la tasa de interés calculada para nuestro caso que es el 10% en la cual se obtiene una alta rentabilidad, se

obtiene una base para recuperar la inversión en el 2do año, por lo tanto en los años futuros para nuestro ejemplo se obtendrá una ganancia del 100% menos los gastos de mantenimiento de la red y gastos varios, los cuales para nuestros cálculos fueron constantes.

Cabe destacar que los costos referenciales tomados fueron los más bajos en el portafolio de negocios de clientes corporativos y residenciales de la CNT E.P.

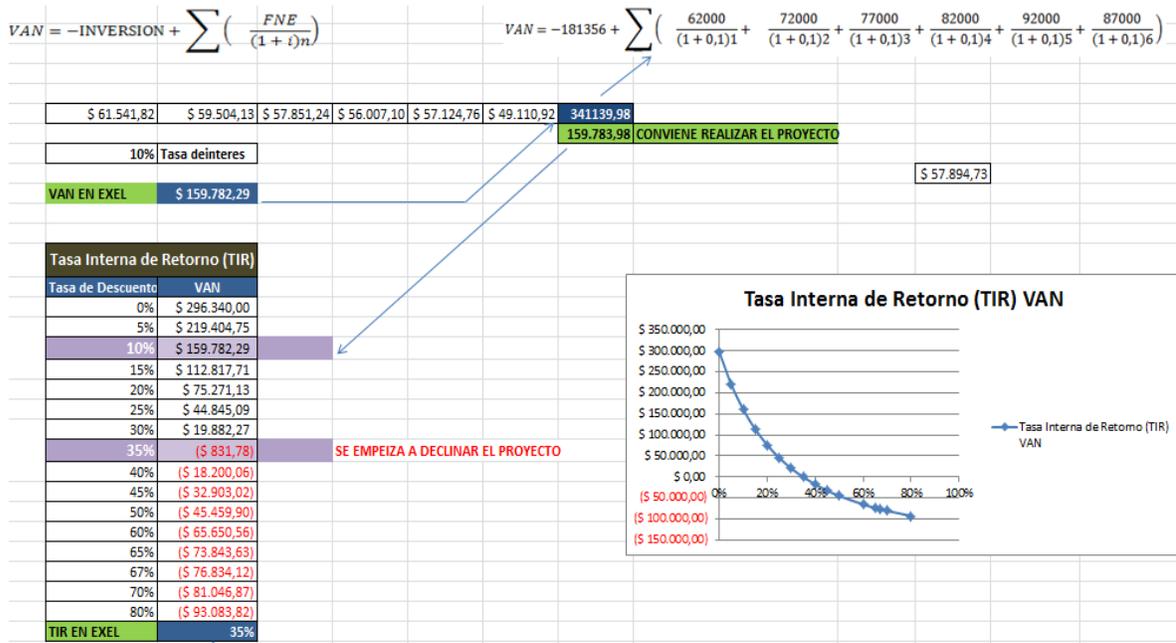


Figura 3. 32 Resultados obtenidos del TIR, Autor

CAPITULO 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

En base a los objetivos planteados y el desarrollo del presente proyecto para el diseño de una ODN inteligente iODN en el centro comercial Plaza Lagos, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- El diseño de la iODN para el centro comercial promete ser una solución altamente viable a nivel de costos vs beneficios, ya que se optimiza el uso de personal excesivo para las operaciones de instalación y mantenimiento minorando los tiempos y optimizando los recursos, y la inversión es recuperable en el 2do año generando una rentabilidad estable y sustentable.
- En el diseño de la red de distribución para el centro comercial se optimizó el uso de materiales y elementos pasivos inteligente, ya que se dimensionó una red escalable a nivel de demanda potencial futura de servicios y se utilizó una doble etapa de splitteo para optimizar el uso de puertos PON en la OLT ubicada en la central.
- La ODN tradicional en comparación con la iODN presenta desventajas, las cuales pueden ser visibles en los elementos pasivos que intervienen en la red de planta externa como armarios, cajas terminales y ODFs, esto debido a la presencia de etiquetas físicas que pueden alterarse con el tiempo y las cuales son utilizadas por los técnicos para las operaciones de instalación y mantenimiento.

- Con el diseño y esquema planteado en el desarrollo del proyecto se conseguirá que el personal técnico optimice los tiempos en operaciones de instalación y mantenimiento gracias a la interacción local con los elementos pasivos para identificar fibras ópticas a través de leds que poseen varios estados y con la interacción de las plataformas de CRM para legalizar las ordenes que son atendidas en tiempo real.

4.2 Recomendaciones

Dentro de las recomendaciones técnicas a considerar para el diseño de la iODN en el centro comercial se citan las siguientes:

- Debido a que la infraestructura a nivel de distribución en el centro comercial es a través de tramos con electrocanal y canalizados, se debe considerar mangas de distribución colocadas de manera estratégica para no ingresar recorrido de cables de fibra óptica hacia los edificios y salir con una misma ruta hacia los otros edificios, lo cual genera un mayor recorrido y por ende un incremento de pérdidas y puntos de fallo.
- Se debe considerar la instalación de las cajas terminales inteligentes iFAT sobre lugares que brinden facilidad para que el técnico pueda manipular los cables de fibra de manera holgada y de esta manera optimizar y facilitar las instalaciones.

Referencias Bibliográficas

Jeffrey G. Andrews & Arunabha Ghosh (2009). Fundamentals of WIMAX. U.S. Pearson Education.

Andres Enríquez, Jesús Oriz & Bazil Taha (2013). Banda Ancha Inalámbrica. Esp. OmniaSciense.

Rajiv Ramaswami, Kumar N. Sivarajan & Galen H. Sasaki (2010). Opical Networks. U.S.A. Elsevier.

CNT (2012). Corporación Nacional de Telecomunicaciones E.P. Normativa Técnica de Diseño de ODN V3. Ecuador.

CNT (2012). Corporación Nacional de Telecomunicaciones E.P. Normativa Técnica de Diseño y Construcción de Redes de Telecomunicaciones con Fibra Óptica. Ecuador.

CNT (2012). Corporación Nacional de Telecomunicaciones E.P. Normativa Técnica de Dibujo para Redes GPON. Ecuador.

CNT (2012). Corporación Nacional de Telecomunicaciones E.P. Normativa para Construcción de la ODN V2. Ecuador.

CNT (2012). Corporación Nacional de Telecomunicaciones E.P. Normativa para Fiscalización de ODN V2. Ecuador.

Huawei Technologies. (2014). Elementos pasivos inteligentes de la red iODN <http://enterprise.huawei.com/en/products/network/fiber/index.htm>

Manzanera. (2013). VAN.
<http://www.finanzasparaemprendedores.es/2012/09/van-y-tir-medidas-sobrevaloradas-por.html>

Furukawa. (2014). Elementos ópticos. <http://www.furukawa.com.br/ni/>

Huawei Technologies. (2014). OBF000103 FTTx Network Overview V1R7 ISSUE1.00

Huawei Technologies. (2014). OBF200010 FTTx Network Planning and Design Overview ISSUE1.01

Huawei Technologies. (2014). GPX147-iODF3101_Product_Brochures

Huawei Technologies. (2014). GPX147-iFDT3105D_Product_Brochures

Huawei Technologies. (2014). GPX147-iFAT3106 Product_Brochures

ANEXO 1

Specification

Type	GPX147-IODF3101-CH2	GPX147-IODF3101-CH3	GPX147-IODF3101-CH2A
Capacity (Splicing and termination)	Integrated: 792/960 Separated: 504/576 Middle termination:768	Integrated: 720/960 Separated: 432/576 Middle termination:576	Integrated: 432/576 Separated: 384
Dimension (HxWxD)	2200mm×900mm×300mm	2000mm×900mm×300mm	2200mm×600mm×300mm
Operation	Double front door	Double front door	Double front door
Space	46U	42U	46U
Material	Steel sheet	Steel sheet	Steel sheet
Inputs and outputs	Bundle : 10 pcs Ribbon : 4 pcs	Bundle : 10 pcs Ribbon : 4 pcs	Bundle : 10 pcs Ribbon : 4 pcs
Dimension of optical fiber cable	Bundle : 9~24mm Ribbon : 16~24mm	Bundle : 9~24mm Ribbon : 16~24mm	Bundle : 9~24mm Ribbon : 16~24mm
Color	NC purple gray	NC purple gray	NC purple gray
Installation	Ground landed	Ground landed	Ground landed

Environmental parameter

Parameter		Value
Cabinet/frame	Operation temperature	-40°C~+65°C
	Storage temperature	-40°C~+70°C
	Operation humidity	≤93%(+40°C)
	Atmospheric pressure	70kPa~106kPa

Adapter parameter

Parameter	Value
Insertion loss	SC/UPC≤0.2dB;SC/APC≤0.2dB
Return loss	SC/UPC≥50dB; SC/APC≥55dB
Insertion endurance	>500 times

ANEXO 2

Low density subrack

Type	Dimension (H×W×D)mm	Installation standard	Capacity
SR2203-4U	4U×482×265	19 inch	6 slots / 72 cores

High density subrack

Type	Dimension (H×W×D)mm	Installation standard	Capacity
GPX147-iSR3201-8U	8U×482×265	19 inch	16 slots / 192 cores

ANEXO 3

Intelligent integrated splicing and termination service provisioning board

Type	Dimension (H×W×D) mm	Adapter type	Capacity
GPX147-iFIM3103-12B-SC/UPC	25×232×180	SC/UPC; SC/APC	12 cores
GPX147-iFIM3103-12R-SC/UPC	25×232×180	SC/UPC; SC/APC	12 cores

Intelligent termination service provisioning board

Type	Dimension (H×W×D) mm	Adapter type	Capacity
GPX147-iFTM3103-12B-SC/UPC	25×232×180	SC/UPC; SC/APC	12 cores
GPX147-iFTM3103-12R-SC/UPC	25×232×180	SC/UPC; SC/APC	12 cores

ANEXO 4

Main processing unit

Type	Dimension (H×W×D) mm	Power supply	Installation
MPU3102-AC	1U×482×180	AC 100V-220V/POE	19 inch
MPU3102-DC	1U×482×180	DC -48V-60V/POE	19 inch
MPU3102	1U×482×180	Mobile power/RS485	19 inch

ANEXO 5

Power distribution unit

Type	Dimension (H×W×D) mm	Installation	Capacity
IODN-WD2E2DCDU	1U×482×265	19 inch	1 input/ 10 outputs

ANEXO 6

Specification

Type	GXF147-iFDT3105D-288	GXF147-iFDT3105D-576
Capacity	Splicing ant termination: 336 cores	Splicing ant termination: 672cores
	Straight-through splicing: 144 cores	Straight-through splicing: 288 cores
Dimension (HxWxD)	1290mm×750mm×360mm (with base)	1290mm×750mm×360mm (with base)
Operation	Front	Front and back
Material	Steel sheet	Steel sheet
Parking capacity	64 cores	128 cores
Input and output	Bundle: 12 or Ribbon : 6	Bundle: 24 or Ribbon : 12
Diameter of optical fiber cable	Bundle cable : 9~24mm Ribbon cable: 16~24mm	Bundle cable : 9~24mm Ribbon cable: 16~24mm
Color	RAL7035	RAL7035
Installation	Ground	Ground
Protection	IP55	IP55

Environmental parameter

	Parameter	Value
Cabinet	Operation temperature	-40°C~+60°C
	Storage temperature	-25°C~+55°C
	Operation humidity	0%~95% (+40°C)
	Atmospheric pressure	70kPa~106kPa

Adapter parameter

Parameter	Value
Insertion loss	SC/UPC≤0.2dB; SC/APC≤0.2dB
Return loss	SC/UPC≥50dB; SC/APC≥55dB
Insertion endurance	>500 times

ANEXO 7

Intelligent compact optical splitter

Type	Dimension (H×W×D) mm	Adapter type	Splitting ratio
GPX147-iSPL3605	60×10×110	SC/UPC	1:4 ; 1:8 ; 1:16
	60×20×110	SC/UPC	1:32 ; 1:64

Especificaciones Técnicas

Model		GPX147-iFAT3103T-16
Capacity		Splitting: 16 channels (2 slots for installing splitters)
Dimensions (H x W x D)		350 mm x 340 mm x 100 mm
Weight		3.5 kg (net)
Materials		Fireproof ABS
Parking zone		4-pigtail parking
Optical cable inlet and outlet		6 Knock off hole for common cable $\Phi 6\sim 18\text{mm}$
Drop cable inlet and outlet		24 flat drop cables with a cross section of 2 mm x 3 mm
Color		Pantone Cool Gray 3C
Installation		wall indoor
Protection level		IP53
Fire-retardant level		UL94 – HB
Function	Control board	1 pcs 16 port Intelligent monitoring board

ANEXO 9

Glosario de Términos

ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line. Tecnología que permite la transmisión de datos a velocidades elevadas sobre el par de cobre con una velocidad de bajada superior a la de subida.
ADSL2+	Evolución de la tecnología ADSL que permite un mayor ancho de banda, y por ello acceder a servicios multimedia (juegos, vídeo, televisión).
ATM	Asynchronous Transfer Mode. Tecnología de transmisión en la cual datos, voz y vídeo se encapsulan en paquetes de tamaño fijo. Incorpora mecanismos de calidad de servicio para dar un tratamiento distinto en cuanto a velocidad o retardo adecuado a los requerimientos de cada tipo de flujo.
ATSC	Advanced Television System Committee. Es el grupo encargado del desarrollo de los estándares de la televisión digital en los Estados Unidos.
BACKBONE	La combinación de la transmisión y el equipo de enrutamiento que provee la conexión para los usuarios de las redes distribuidas. Típicamente no incluye los equipos al margen o final de la red, pero sí incluye toda la infraestructura de la red para proveer conexión entre los equipos entre el margen de la red.
BRIDGE	Unidad funcional que interconecta dos redes de área local (LAN) que usan el mismo protocolo de control de enlace lógico pero que pueden usar distintos protocolos de control de acceso al medio.
BTS	Base Station Transceiver. Elemento de una red de telefonía móvil GSM que incorpora los dispositivos de transmisión y recepción por radio.
Cablemódem	Dispositivo que permite a los usuarios la conexión a las redes de cable para la transmisión de datos y la conexión a Internet a alta velocidad.
CDMA	Code Division Multiple Access. Es un término genérico para varios métodos de multiplexación o control de acceso al medio basados en la tecnología de espectro expandido.
DOCSIS	Data Over Cable Service Interface Specification. Se trata de un 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.
DSLAM	Digital Subscriber Line Asymmetric Multiplexer. Este equipo se pone en la central para separar la voz de los datos en las líneas de teléfono (par de cobre) y es un Multiplexor de la línea de abonado digital asimétrica

DVB	Digital Video Broadcasting. Es una organización que promueve estándares aceptados internacionalmente de televisión digital, en especial para HDTV y televisión vía satélite, así como para comunicaciones de datos vía satélite.
EDGE	Enhanced Data rates for GSM Evolution. Es una tecnología de telefonía móvil celular, que actúa como puente entre las redes 2G y 3G.
Ethernet	Protocolo de acceso de redes de área local y redes de área amplia (LAN y WAN respectivamente)
FTTH	Fiber To The Home. Esta tecnología de telecomunicaciones se basa en la utilización de cables de fibra óptica y sistemas de distribución ópticos adaptados para la distribución de servicios avanzados, como el Triple Play: telefonía, Internet de banda ancha y televisión, a los hogares y negocios de los abonados.
FTTN	Fiber To The Node. Fibra hasta el nodo. Simplemente la fibra llega hasta un nodo del operador y el resto o se usa cable coaxial o cobre
FTTC	Fiber To The Carry. Fibra hasta a la acera. Similar al anterior, pero generalmente más cerca de la casa del abonado. Lo que significa que se usa un tramo mayor de fibra óptica.
FTTB	Fiber To The Building. Fibra hasta el edificio. Es la más similar a la FTTH pues sólo se usa un trozo de coaxial o cobre que va por dentro del edificio o la casa del abonado, el resto es fibra óptica.
FTTdP	Fiber To The Distribution Point. Realmente casi se podría poner como una modalidad de FTTC, pero es algo más.
GPON	Gigabit-capable Passive Optical Network. Se trata de las estandarizaciones de las redes PON a velocidades superiores a 1 Gbps, fue aprobada en 2003-2004 por ITU-T en las recomendaciones G.984.1, G.984.2, G.984.3, G.984.4 y G.984.5.
HFC	Hybrid Fiber Coaxial. Es un término que define una red que incorpora tanto fibra óptica como cable coaxial para crear una red de banda ancha. Esta tecnología permite el acceso a internet de banda ancha utilizando las redes CATV existentes.
HSPA	High-Speed Packet Access. Es la combinación de tecnologías posteriores y complementarias a la tercera generación de telefonía móvil (3G).
IGMP	Internet Group Management Protocol. Es un protocolo de red que se utiliza para intercambiar información acerca del estado de pertenencia entre enrutadores IP.
IODN	Intelligent Optical Distribution Network. Es una red optica pasiva que integra elementos inteligente para administrar de forma local y remota fibras ópticas
IPTV	Internet Protocol Television. Se ha convertido en la denominación más común para los sistemas de distribución por suscripción de señal de televisión usando conexiones de banda ancha sobre el protocolo IP.

LMDS	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.
MPLS	Multiprotocol Label Switching. Es un protocolo diseñado para unificar el servicio de transporte de datos para las redes basadas en circuitos y las basadas en paquetes. Puede ser utilizado para transportar diferentes tipos de tráfico, incluyendo tráfico de voz y de paquetes IP.
ODN	Optical Distribution Network. Es una red optica compuesta por elementos pasivos como mangas, armarios de distribucion de fibra y une la central con la instalacion del abonado.
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing. La Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales, es una multiplexación que consiste en enviar un conjunto de ondas portadoras de diferentes frecuencias, donde cada una transporta información, la cual es modulada en QAM o en PSK.
OSI	Open System Interconnection. Es el modelo de red descriptivo, que fue creado por la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) en el año 1984. Es un marco de referencia para la definición de arquitecturas en la interconexión de los sistemas de comunicaciones.
P2P	Conexión punto a punto. Este tipo de conexión requiere una fibra por cada abonado, y esto por supuesto es carísimo. Aunque es el mejor modo de conexión. Ya que al contrario que la siguiente no se comparte el ancho de banda entre varios abonados por cada una de las fibras.
TDM	Time Division Multiplexing. La multiplexación por división de tiempo es una técnica que permite la transmisión de señales digitales y cuya idea consiste en ocupar un canal, normalmente de gran capacidad, de trasmisión a partir de distintas fuentes, de esta manera se logra un mejor aprovechamiento del medio de trasmisión.
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System. Es una de las tecnologías usadas por los móviles de tercera generación, sucesora de GSM, debido a que la tecnología GSM propiamente dicha no podía seguir un camino evolutivo para llegar a brindar servicios considerados de tercera generación.
VDSL2	Very High bit-rate Digital Subscriber Line. Es una variacion de la linea de abonado digital la cual tiene un incremento considerable a nivel de su velocidad
VoIP	Voice over IP. Es un grupo de recursos que hacen posible que la señal de voz viaje a través de Internet empleando un protocolo IP (Protocolo de Internet). Esto significa que se envía la señal de voz en forma digital, en paquetes de datos, en lugar de enviarla en forma analógica a través de circuitos utilizables sólo por telefonía convencional como la Red Telefónica Pública Conmutada.

xDSL	Digital Subscriber Line. Es un término utilizado para referirse de forma global a todas las tecnologías que proveen una conexión digital sobre línea de abonado de la red telefónica básica o conmutada.
WDM	Wavelength Division Multiplexing. La multiplexación por división de longitud de onda es una tecnología que multiplexa varias señales sobre una sola fibra óptica mediante portadoras ópticas de diferente longitud de onda, usando luz procedente de un láser o un LED.
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access. Es una norma de transmisión de datos que utiliza las ondas de radio en las frecuencias de 2,3 a 3,5 GHz y puede tener una cobertura de hasta 60 km.
Wi-Fi	Wireless Fidelity. Es una tecnología de comunicación inalámbrica desarrollada por Wi-Fi Alliance, organización comercial que adopta, prueba y certifica que los equipos cumplan los estándares 802.11 relacionados a redes inalámbricas de área local.