



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

## **Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

“DISEÑO DE UNA RED GPON PARA LA MIGRACIÓN DE LA RUTA No. 36 DE LA RED DE COBRE DE LA CENTRAL NORTE DE CNT E.P. A FIBRA ÓPTICA, PARA PROPORCIONAR SERVICIOS DE BANDA ANCHA FIJA EN EL SECTOR DE LA CIUDADELA LA ATARAZANA INCLUYENDO BLOQUES # 14, # 15 Y BLOQUES DE TAURA, EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL”

## **INFORME DE PROYECTO INTEGRADOR**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

JEFFERSON DAVID LOZADA CONTRERAS

JUAN ANTONIO LUCÍN FEBRÉ

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2015

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por fortalecernos día a día y permitirnos salir adelante en los momentos difíciles de esta etapa.

A nuestros padres por brindarnos su apoyo incondicional, a nuestros hermanos, a nuestros tíos y a todos nuestros amigos que estuvieron en los buenos y malos momentos.

A cada uno de nuestros catedráticos quienes nos entregaron todos sus conocimientos en nuestra etapa universitaria.

Al Ph.D Freddy Villao, profesor de la materia integradora, por su guía durante el desarrollo de este trabajo.

## DEDICATORIA

Lo dedico a Dios, por darme la vida a través de mis queridos padres, y guiarme por el buen camino.

A mis padres Marcos Lucín y Tammy Febré, quienes estuvieron ahí en todo momento, brindándome su apoyo.

*Juan Antonio Lucín Febré*

A Dios, por darme unos excelentes padres y buenos amigos que me dieron su apoyo incondicionalmente en todo momento de mi etapa universitaria.

A mis padres Jefferson Lozada y Elizabeth Contreras por ser mi motivación constante, por tener la confianza en mí, por ser mi ejemplo de vida y superación.

A mis tíos Roberth, Richard, Ronald y Ruth por sus consejos día a día, por ser más que mis tíos, mis amigos de la vida.

A mis abuelitos Augusta y Atilio por ser ejemplo de superación constante.

Al Ph.D Freddy Villao que en todo momento demostró ser más que un docente, por sus sabios consejos.

*Jefferson David Lozada Contreras*

## TRIBUNAL DE EVALUACIÓN

El presente documento es un informe del Tribunal de Evaluación de la Comisión de Evaluación y Control de la Calidad de la Educación Superior de la Universidad de Cuenca, en el marco del proceso de evaluación de la calidad de la educación superior de la Universidad de Cuenca, en el marco del proceso de evaluación de la calidad de la educación superior de la Universidad de Cuenca.

**Dr. Freddy Villao Quezada, Ph.D.**

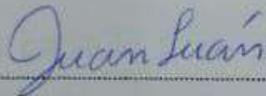
PROFESOR EVALUADOR

**M.Sc. Cesar Yépez Flores**

PROFESOR EVALUADOR

## DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, nos corresponde exclusivamente; y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Juan Antonio Lucín Febré



Jefferson David Lozada Contreras

## RESUMEN

Este trabajo tiene como finalidad principal elaborar un diseño eficaz de una red GPON que migrará la ruta 36 de la red de cobre ya existente de la Central Norte de Guayaquil a fibra óptica.

En capítulo 1 se identifica la situación actual de la ruta 36 de la Central Norte. Aquí se describen los sectores que cubre esta ruta de manera detallada. Esta información recopilada fue proporcionada en parte por CNT E.P. y en parte por los autores mediante la visita a la ciudadela La Atarazana con sus respectivos bloques # 14 y # 15, así como también a los bloques de Taura. Con todo esto tendremos una idea más clara de la ruta a tratar.

En el capítulo 2 se presenta las diferentes tecnologías PON que existen en la actualidad y se realiza una síntesis de sus características de funcionamiento. Esto se lo realiza debido que usaremos una de estas propuestas tecnológicas para el diseño de la nueva red óptica utilizando los equipos que se detallan y sus respectivos conectores.

El capítulo 3 es el más importante de este proyecto, ya que en éste se plantea la solución al problema, con lo cual se realiza el diseño y presupuesto de la red GPON que dará el servicio de banda ancha fija a cada uno de los sectores citados anteriormente, esto nos permite justificar la migración de la ruta 36 de cableado de cobre a fibra óptica de la Central Norte de CNT E.P.

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIA.....	ii
TRIBUNAL DE EVALUACIÓN.....	iii
DECLARACIÓN EXPRESA.....	iv
RESUMEN.....	v
ÍNDICE GENERAL.....	vi
CAPÍTULO 1.....	1
1. DIAGNÓSTICO.....	1
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Formulación del problema.....	3
1.3 Descripción de la ruta 36 ciudadela La Atarazana.....	3
1.3.1 Sector de la Av. Carlos Plaza Dañín.....	5
1.3.2 Sector Colegio José Joaquín Pino Ycaza.....	6
1.4 Sistematización del problema.....	6
1.5 Objetivo general.....	6
1.6 Objetivos específicos.....	7
1.7 Justificación.....	7
1.7.1 Voz.....	8
1.7.2 Video.....	8
1.7.3 Internet.....	9
1.7.4 Red de acceso.....	9
CAPÍTULO 2.....	10
2. MARCO TEÓRICO.....	10
2.1 Situación actual del conocimiento del tema.....	10
2.2 Red óptica pasiva PON.....	10
2.3 Redes y tecnología de acceso.....	11
2.4 Red de acceso por fibra óptica.....	11
2.5 Tipos de redes PON.....	12
2.5.1 APON.....	12
2.5.2 BPON.....	12

2.5.3	GPON.....	13
2.5.4	GEPON .....	14
2.5.5	EPON.....	15
2.6	Red tipo GPON .....	16
2.7	Topología de una red GPON.....	19
2.8	Descripción de los elementos.....	19
2.8.1	Fibra óptica.....	19
2.8.2	Fibra monomodo .....	20
2.8.3	OLT .....	22
2.8.4	NAP .....	23
2.8.5	FDB.....	23
2.8.6	FDF .....	24
2.8.7	Splitter .....	24
2.8.8	ODF.....	25
2.8.9	Mufas o mangas.....	25
2.8.10	Empalmes .....	26
2.8.11	ONT/ONU.....	27
2.8.12	Conectores .....	27
2.8.13	Herrajes.....	28
CAPÍTULO 3.....		29
3.	PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCIÓN .....	29
3.1	Estado tecnológico del sector.....	29
3.2	Aspectos generales para el diseño de la red GPON.....	29
3.3	Diseño de la red GPON.....	30
3.3.1	Topología de la red GPON .....	30
3.3.2	Esquema de la red GPON .....	31
3.3.3	Sectores de implementación de la red.....	33
3.3.4	Demanda.....	33
3.3.5	Consideraciones iniciales de la red.....	34
3.3.5.1	Simbología de los elementos.....	34
3.3.5.2	Nomenclatura .....	37
3.3.6	Red feeder.....	38
3.3.6.1	Red feeder existente .....	39

3.3.6.2	Red feeder proyectada .....	41
3.3.6.3	Pérdidas en la red feeder .....	42
3.3.7	Estado de la canalización .....	42
3.3.7.1	Ductos en la canalización existente .....	42
3.3.7.2	Pozos existentes y proyectados .....	43
3.3.8	Red de distribución .....	44
3.3.8.1	Modelo masivo de casas para ciudadela La Atarazana .....	45
3.3.8.1.1	Esquema general modelo masivo para casas .....	58
3.3.8.1.2	Presupuesto óptico .....	60
3.3.8.2	Modelo masivo para edificios .....	61
3.3.8.2.1	Bloques de La Atarazana # 14 y # 15 .....	62
3.3.8.2.1.1	Esquema general para Bloques de La Atarazana # 14 y # 15 ....	65
3.3.8.2.1.2	Presupuesto óptico .....	66
3.3.8.2.2	Bloques de Taura .....	67
3.3.8.2.2.1	Esquema general modelo masivo para bloques de Taura .....	70
3.3.8.2.2.2	Presupuesto óptico .....	71
3.3.9	Presupuesto económico .....	72
3.3.9.1	Red feeder .....	72
3.3.9.2	Red de distribución .....	73
3.3.9.3	Red de dispersión .....	74
3.3.9.4	Canalización y pozos .....	75
3.3.9.5	Presupuesto económico total de la red GPON .....	76
3.3.10	Tiempo estimado de ejecución del proyecto .....	76
3.4	Selección de equipos .....	78
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		79
BIBLIOGRAFIA .....		81
ANEXOS .....		82

## CAPÍTULO 1

### 1. DIAGNÓSTICO

#### 1.1 Planteamiento del problema

La Corporación Nacional de Telecomunicaciones Entidad Pública (CNT E.P.), es la empresa pública líder en telefonía fija en el Ecuador. Esta empresa surge de la fusión entre Pacifictel y Andinatel alrededor del año 2008. En la actualidad el número de abonados ha aumentado significativamente y dicha demanda de servicios ha hecho que la empresa se vea obligada a estar ligada al avance tecnológico en las telecomunicaciones.

Este proyecto tiene como necesidad implementar una red convergente de banda ancha fija que unifique varios servicios tecnológicos para los usuarios finales y además beneficios económicos para esta empresa proveedora de servicio.

Actualmente dicha empresa provee a sus abonados servicios de internet, datos, telefonía fija y móvil de manera separada, es decir entregando cada servicio por redes de acceso diferentes, lo que ocasiona un gasto mayor para el abonado final. Esto se refleja en una mayor inversión en el mantenimiento de cada una de las redes de acceso de este proceso.

En la investigación realizada acerca de cómo está el cableado de cobre en la ciudad, principalmente en la Central Norte de CNT, pudimos constatar que en las redes de cobre instaladas actualmente existe mucha pérdida de información, ya que los armarios de cobre, en los cuales se encuentran, no están totalmente sellados de una manera hermética. Esto ocasiona la sulfatación del cobre, como se puede observar en la Figura 1.1.



Fuente.- Tomado de internet

**Figura 1.1: Cobre sulfatado.**





**Figura 1.3: Distrito 418, sector Atarazana.**

Otro de los problemas es el robo de las puertas de los armarios, gran problema que se presenta, ya que la conexión de los cables en las regletas es muy delicada y cualquier sustancia extraña que ingrese puede ocasionar daños en los puntos de contacto.

En el análisis de la ruta 36, se pueden observar que otras rutas que cubren el mismo recorrido, como por ejemplo la ruta 27, por lo que otro problema detectado es la redundancia de rutas de cable de cobre en los mismos sectores.

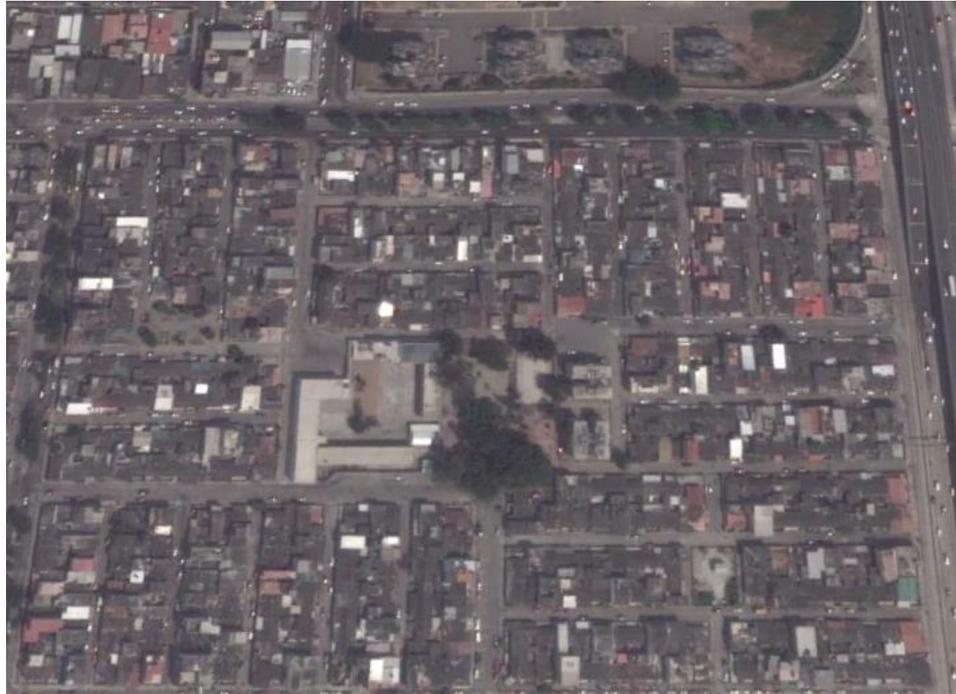
## **1.2 Formulación del problema**

El servicio actual que ofrece la Corporación Nacional de Telecomunicaciones es bueno, pero no el óptimo para los usuarios que necesitan banda ancha fija que solo lo ofrece la fibra óptica a través de una red GPON, ya que la red actualmente utilizada funciona con par trenzado de cobre. Dicha red de cobre no cumple con los requerimientos actuales definidos como banda ancha en el Ecuador.

## **1.3 Descripción de la ruta 36 ciudadela La Atarazana**

Como ya se dijo anteriormente, la ruta elegida para el posterior diseño de la misma ha sido la ruta 36, la cual parte de la Central Norte de CNT, y llega a los

abonados a través de los diferentes distritos. La ruta consta de 1800 pares distribuidos en un sector muy amplio de La Atarazana, incluido 4 bloques de la FAE, como se muestra en la Figura 1.4.



Fuente.- Tomado de Google Earth.

**Figura 1.4: Sector ruta 36 ciudadela La Atarazana.**

En este sector tenemos 5 distritos, desde el distrito 416 hasta el distrito 419, de manera continua. Los cuatro distritos nombrados poseen una capacidad de 300 abonados cada uno, y el distrito 452 tiene en su haber 200 abonados. Juntos suman 1400 pares distribuidos de manera ordenada en el sector. El resto de pares según la información otorgada en planos por parte de la CNT no se dirige a ningún distrito en el sector, ya que termina por el río Daule, como se puede observar en la Figura 1.5.



Fuente.- Planos Central Norte CNT

**Figura 1.5: Cables de par trenzado sin un destino fijo.**

La red primaria desde la Central Norte se realiza de forma subterránea hasta los distritos. De éstos se reparten a cada uno de los abonados por medio de la red secundaria, que en una parte es subterránea y en otra instalada de forma aérea en postes telefónicos o de alumbrado ubicados en el sector.

### 1.3.1 Sector de la Av. Carlos Plaza Dañín

En este sector se encuentra el distrito 416 que es el que abastece de servicios de telefonía a todo este sector. A continuación en la Figura 1.6 se puede observar en el plano los lugares exactos de los domicilios de los abonados finales.



Fuente.- Municipio de Guayaquil. Dirección de planificación urbana y rural

**Figura 1.6: Sector de la Av. Carlos Plaza Dañín.**

### 1.3.2 Sector Colegio José Joaquín Pino Ycaza

En este sector están ubicados los distritos 416 Y 418, que son los que abastecen de servicio de telefonía fija. En este plano se puede observar los lugares de viviendas de los abonados finales, lo que será de útil ayuda en el diseño de la red. A continuación se detalla en el plano las viviendas, observar Figura 1.7.



Fuente.- Municipio de Guayaquil. Dirección de planificación urbana y rural

**Figura. 1.7: Sector Colegio José Joaquín Pino Ycaza.**

### 1.4 Sistematización del problema

- ¿Qué es una red GPON y que es la tecnología ADSL?
- ¿Qué mejoras en cuanto a servicio tendrá la Cdla. La Atarazana?
- ¿Existen los equipos necesarios para implementar una red GPON en la Central Norte de CNT?
- ¿Existe la demanda de usuarios que requieran de este servicio?

### 1.5 Objetivo general

Diseñar una red para la transmisión de voz y datos de distinta índole a través del uso de la tecnología GPON, realizando un estudio técnico que permita hacer viable la implementación futura en la Cdla. La Atarazana incluyendo Bloques # 14, # 15 y Bloques de Taura, en la ciudad de Guayaquil.

## 1.6 Objetivos específicos

- Estudiar los aspectos de la tecnología de red GPON.
- -Analizar el impacto de la tecnología GPON en los usuarios de la Cdla. Atarazana incluyendo Bloques # 14, # 15 y Bloques de Taura.
- Establecer los requerimientos tecnológicos necesarios para implementar una red GPON en la Cdla. Atarazana incluyendo Bloques # 14, # 15 y Bloques de Taura.
- Formular un estudio técnico que permita hacer posible el diseño de una red FTTH con tecnología GPON, mediante la Central Norte de CNT E.P.
- Selección de la Central de la CNT EP que cuente con el equipamiento necesario para el despliegue de la red GPON del proyecto.
- Presentar el diseño completo de la red FTTH con tecnología GPON en la Cdla. Atarazana incluyendo Bloques # 14, # 15 y Bloques de Taura.
- Dibujar planos utilizando AUTOCAD 2D.
- Seleccionar los elementos activos y pasivos a utilizar.
- Determinar el volumen de obra.
- Elaboración del presupuesto económico del Proyecto.

## 1.7 Justificación

El estudio se situará en el sector de la Cdla. La Atarazana con sus respectivos Bloques # 14, # 15 y los Bloques de Taura. En este sector está localizada la Central Norte donde es el punto de partida de todas las rutas de cable de cobre. Un problema puntual de la Central Norte es que no posee la tecnología necesaria para montar una nueva red, la denominada red GPON, la cual utiliza fibra óptica. Sin embargo, las centrales Kennedy Norte y Urdesa que limitan a la central Norte, sí cuentan con la infraestructura necesaria para montar un red de este tipo.

Las centrales citadas anteriormente pueden ser usadas para llevar a cabo dicho proyecto ya que, son centrales troncalizadas por anillos de fibra óptica, es decir

se encuentran enlazadas entre sí, por lo que no habría inconveniente de conexiones de la ruta 36.

El par de cobre de calibre de 0.4 mm 24 AWG utilizado normalmente es de 64 KHz de ancho de banda, está muy limitado referente al número de servicios que podría brindar (telefonía fija y servicio de ancho de banda), mientras que con la fibra podríamos tener triple-play (telefonía fija, servicio de ancho de banda y televisión por cable, es decir una red convergente.

Haciendo el cambio de cobre por fibra óptica, se haría un diseño totalmente distinto al de la red anterior de cobre, consiguiendo así una mejora en cuanto a infraestructura, ya que esta central data de unos 25 a 30 años atrás.

Dado el problema de ancho de banda limitado que se presenta en el cable de cobre, se ha planteado diseñar una red de fibra óptica pasiva PON de un ancho de banda mucho más elevado (hasta 10 Gbps), la cual se utilizaría para el acceso a la red de CNT para abonados de la Central Norte.

A continuación se detalla lo que se podría mejorar con el diseño de la nueva red, dando paso a un mejor provecho de la tecnología actual.

#### **1.7.1 Voz**

La telefonía fija transporta la voz en tiempo real entre dos terminales (dos usuarios), ambos deben estar conectados a una red conmutada de telecomunicación llamada PSTN (Red Telefónica Pública Conmutada).

La voz sobre el protocolo IP, es un protocolo que permite que la voz sea transportada a través del internet, la voz es transportada de manera digital segmentada en paquetes, ya no viaja de manera analógica como lo hacen los circuitos por telefonía en redes PSTN.

#### **1.7.2 Video**

La televisión por cable es una necesidad hoy en día de llevar a los abonados de las empresas de telecomunicaciones, sin la preocupación que estos dispongan de antenas enormes o algún tipo de receptor especial.

Con la implementación de la fibra óptica se busca mejorar la resolución de las imágenes receptadas, y además obtener la alta definición a los abonados como un derecho.

El VOD es un servicio de televisión que está disponible, pero necesita de un ancho de banda fija elevado, además que este servicio permite al usuario pausar, avanzar, rebobinar, etc. Este servicio es emitido en unicast desde un servidor de video.

### **1.7.3 Internet**

Este servicio usa el protocolo TCP/IP, permite la conectividad entre redes. Actualmente se usa mucho un medio que no tenga limitaciones que es la fibra óptica, aun se ofrece el servicio de internet por líneas de cobre con velocidades de 128 Kbps hasta 2Mbps, lo cual se puede mejorar con la banda ancha fija de nuestro proyecto.

### **1.7.4 Red de acceso**

Cada red de acceso se diseña de acuerdo a la tecnología a utilizar para el transporte información. Esta red interconecta los equipos de los abonados con los dispositivos de borde de la red del proveedor en este caso CNT.

## CAPÍTULO 2

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Situación actual del conocimiento del tema

A partir del análisis de cómo se encuentra actualmente la ruta 36 y la Central Norte realizado en el Capítulo 1, ahora proponemos una solución a este problema de telecomunicaciones. Para esto contemplaremos en el siguiente capítulo de manera muy precisa todo aquel concepto relacionado a la tecnología que utilizaremos, las llamadas redes PON, en reemplazo de la red xDSL que actualmente se encuentra montada proporcionando servicios a los sectores antes mencionados.

#### 2.2 Red óptica pasiva PON

Las redes PON están encargadas de descongestionar y descomprimir los cuellos de botellas que se forman por las redes de acceso que en el actual momento son lo que llamamos bucle local, estas redes ofrecen un ancho de banda muy flexible capaz de soportar cambios en la red y escalabilidad de servicios de telecomunicaciones, de muy alta calidad y definición. La velocidad de una red PON está en la escala de Gigabits, superando en amplio aspecto a las redes xDSL usadas anteriormente.

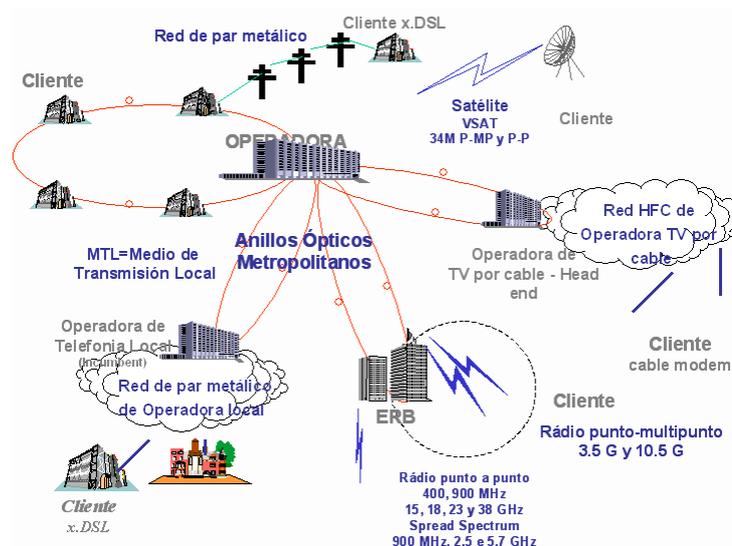
Las redes PON están diseñadas para ofrecer el servicio de triple play (datos, voz y video), con unas velocidades de acceso por encima de los 50 Mbps. Existen las siguientes arquitecturas:

- FTTH (Fiber To The Home).- conocida como fibra hasta la casa, la fibra óptica llega hasta el interior del hogar u oficina del abonado final.
- FTTB (Fiber To The Building).- conocida como fibra hasta la abordaje del edificio, la fibra óptica típicamente termina en un punto de distribución intermedio en el interior o inmediaciones del edificio de los abonados finales.
- FTTA (Fiber To The Antenna).- conocida como fibra hasta la antena, este tipo de tecnología es una nueva generación de conexión de alto rendimiento de la estación central hasta la antena.

- FTTCa (Fiber To The Cabinet).- en esta tecnología la cabina o el armario de telecomunicaciones está mucho más cercano del abonado final, a una distancia menor de 300 metros.

### 2.3 Redes y tecnología de acceso

La red de acceso forma parte de una red mucho más grande, llamada red de telecomunicaciones. Esta red se clasifica en 3 ámbitos: la red de distribución, la red troncal de transporte y la red de acceso. El objetivo de la red de acceso es enlazar los dispositivos finales de los usuarios con su proveedor de servicios de banda ancha fija. Esta red es conocida como una red de última milla, el tipo de red que utilizaremos será de fibra óptica. En la Figura 2.1 tenemos una idea general de lo anteriormente mencionado.



Fuente.- Tomado de internet:

<http://www.monografias.com/trabajos13/tecnacc/image284.gif>

**Figura 2.1: Red de telecomunicaciones.**

### 2.4 Red de acceso por fibra óptica

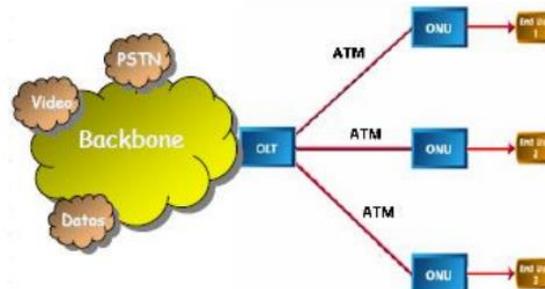
El uso de fibra óptica en esta red de acceso nos va a permitir tener un medio para transmitir una gran capacidad de datos para servicios de banda ancha fija, actuales y futuros. Este es un sistema escalable para futuras tecnologías y servicios.

## 2.5 Tipos de redes PON

En la actualidad existen definidos varios tipos de redes PON, que a continuación describiremos brevemente:

### 2.5.1 APON

A-PON o ATM-se define en el estándar de la ITU-T G.983, el primer estándar desarrollado para las redes PON. Aquí se utiliza el estándar ATM como protocolo de señalización de la capa 2 (Enlace de Datos). APON usan el protocolo ATM como portador. A-PON se acopla a varias arquitecturas de redes de acceso, tales como, FTTH, FTTB/C y FTTCab. Observar Figura 2.2.



Fuente.- Tomado de internet:

<https://www.scribd.com/doc/58978058/REDES-PON>

**Figura 2.2: Arquitectura básica de una red APON.**

La información se transmite por ráfagas de celdas ATM, las cuales se distribuyen a una tasa de bits de 155.52 Mbps que se reparten entre el número de usuarios que estén conectados al nodo óptico, es decir al número de ONU's existentes. Entre las tecnologías PON existentes, la APON es la que más características en cuanto a operación y administración ofrece.

### 2.5.2 BPON

Surgió como una mejora de la tecnología A-PON para integrar más servicios como Ethernet, distribución de video, VPL, y multiplexación por longitud de onda (WDM) logrando un mayor ancho de banda, entre otras.

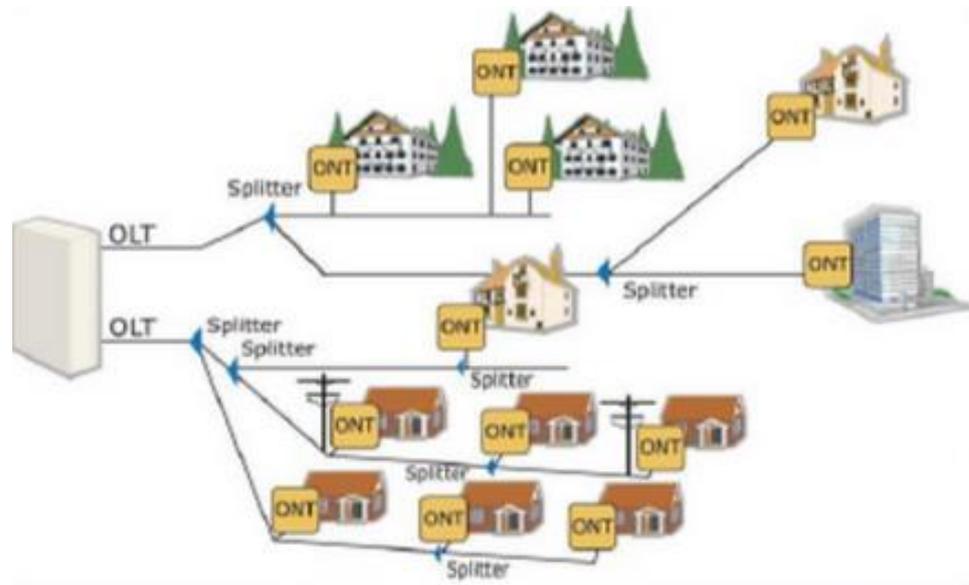
Está basada en la tecnología A-PON. Las redes B-PON definen una arquitectura de forma simétrica, es decir, que la velocidad para la transmisión de datos en el canal de bajada es el mismo para el canal de subida (155 Mbps).

### **2.5.3 GPON**

Gigabit-Capable PON (GPON) pertenece a la arquitectura PON, aprobada por la ITU-T en estas recomendaciones: la G.984.1, G.984.2, G.984.3, G.984.4, G.984.5, G.984.6 y G.984.7.

El principal objetivo de GPON es ofrecer un ancho de banda mucho más alto que sus predecesoras, y lograr una mayor eficiencia para el transporte de servicios basados en IP. Las velocidades que se manejan en esta tecnología son mucho más rápidas, ofreciendo hasta 2,488 Gbps, con un mínimo de 1,244 Gbps, y la posibilidad de tener arquitecturas asimétricas. Comparado con las velocidades de las anteriores tecnologías, existe un gran avance en cuanto a eficiencia y escalabilidad de la red. Las velocidades más usadas por los administradores de equipos con arquitectura GPON usan velocidades de 2,488 Gbps para el canal de bajada y de 1,244 Gbps para el canal de subida.

Esta tecnología no solo ofrece mayores velocidades sino que también da la posibilidad a los proveedores de servicios de continuar brindando sus servicios tradicionales sin necesidad de tener que cambiar los equipos para que sean compatibles con esta tecnología. La arquitectura básica de las Redes GPON consta de un OLT (Línea Terminal Óptica) cerca del operador y las ONT (Red Terminal Óptica) cerca de los abonados con FTTH.



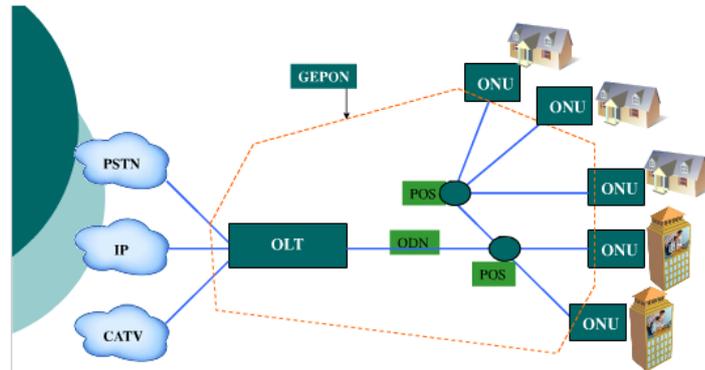
Fuente.- Tomado de internet:

<https://www.scribd.com/doc/58978058/REDES-PON>

**Figura 2.3: Arquitectura básica de una red EPON.**

#### 2.5.4 GEPON

Gigabit Ethernet – PON, es un sistema diseñado para el uso de la combinación exacta de las tecnologías PON y Ethernet existentes en el mercado. Este sistema facilita en gran medida la llegada con Fibra hasta los abonados ya que los equipos con los que se accede son más económicos al usar interfaces Ethernet. Las redes GEPON se distribuyen como sigue: OLT (Línea Terminal Óptica), conectados a las redes IP u otras por un extremo, luego están las ODN (Redes de Distribución Óptica) de la cual se desprenden los POS (Splitter Óptico Pasivo), y estos le dan acceso a los ONU (Unidad de Red Óptica), los cuales brindan el servicio a cada abonado. Se muestra la arquitectura básica en la Figura 2.4.



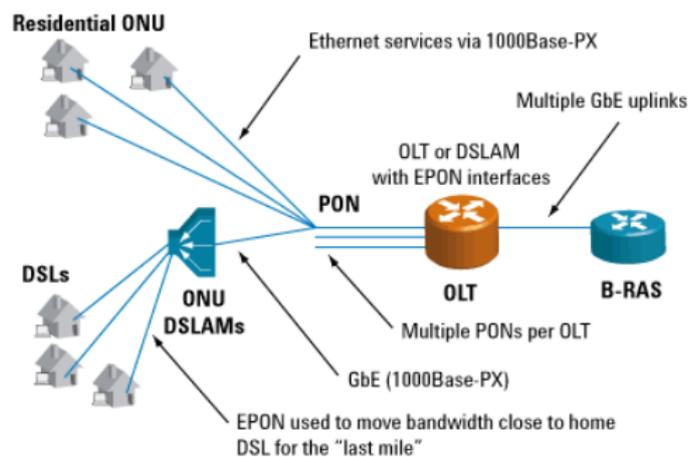
Fuente.- Tomado de internet:

<https://www.scribd.com/doc/58978058/REDES-PON>

**Figura 2.4: Arquitectura básica de una red GEPON.**

### 2.5.5 EPON

Ethernet – PON se basa principalmente en el transporte de tráfico Ethernet en lugar del transporte por medio de celdas de ATM, ineficiente en muchos casos. Este sistema aplica los beneficios que trae usar la fibra óptica en el transporte vía Ethernet. Funciona con velocidades de Gigabit, por lo cual la velocidad con la que dispone cada usuario final depende del número de ONU's que se interconecten a cada OLT, es decir, las divisiones que se realicen en los splitters. Observar Figura 2.5.



Fuente.- Tomado de internet: <http://www.tecnologia.technology>

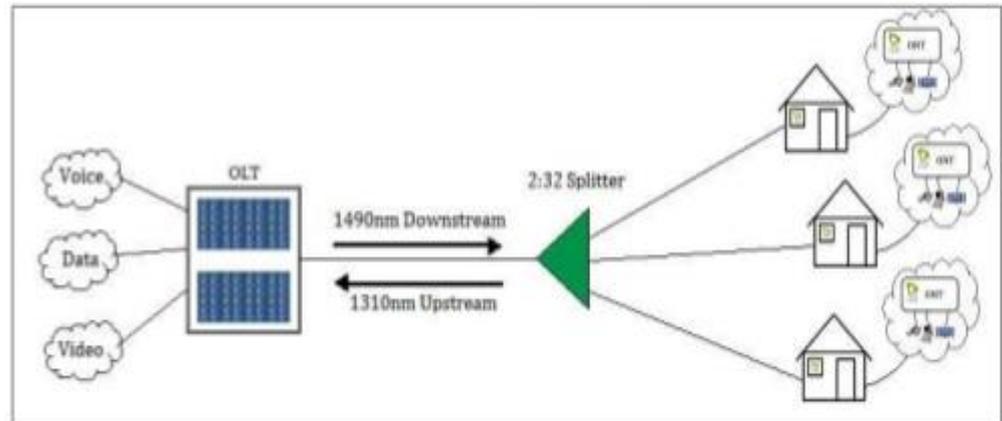
**Figura 2.5: Arquitectura básica de una red EPON.**

## 2.6 Red tipo GPON

Para el diseño de nuestra red hemos escogido la tipo GPON, ya que cumple con los estándares requeridos y además se adapta a la tecnología disponible en las centrales Kennedy o Urdesa, que disponen actualmente con equipos compatibles con esta tecnología. Esta tipo de red transmite mediante la multiplexación por división de longitud de onda (WDM), además nos permite manejar remotamente los dispositivos finales y utilizar la configuración punto a punto.

Este tipo de tecnología fue aprobada en el año 2003-2004 por la ITU-T en las recomendaciones G.984.1, G.984.2, G.984.3, G.984.4 y G.984.5, esto trata de las estandarizaciones de las redes GPON a alcanzar velocidades operativas superiores a 1 Gbit/s. Existen dos nuevos estándares para extensión de largo alcance, las cuales son: G.984.6 y G.984.7 de acuerdo al orden. A continuación la descripción de los estándares:

- **UIT-T G.984.1:** Esta normativa es introductorio hacia el estándar GPON; presenta las características generales de su funcionamiento y estructura cuyo fin es lograr la convergencia de todos los equipos que intervienen, y además la topología que se usa en la red.
- **UIT-T G.984.2:** Conjunto de normativas para la conducción de la capa dependiente de los medios físicos PMD, las cuales abarcan sistemas con tasas de transmisión nominales en sentido ascendente de 1244.160 Mbps, 2488.320 Mbps y tasas nominales en sentido descendente de 155.52 Mbps, 622.08 Mbps, 1244.160 Mbps y por ultimo 2488.30 Mbps. Además esta normativa explica el manejo simétrico y asimétrico de la señal transmitida. Observar la Figura 2.6 de los parámetros de esta normativa.



Fuente.- Emiratos Telecommunication Corporation versión 2.6

**Figura 2.6: UIT-T G.984.2.**

- **UIT-T G.984.3:** Esta normativa trata de las especificaciones de la capa de convergencia de transmisión TC (Transmission Convergence), aquí se declara los formatos de la trama, el método de control de acceso, el método ranging, la funcionalidad OAM y la seguridad en las redes de tecnología GPON.

Los parámetros que se ofrecen en esta normativa sirven para aclarar la interoperabilidad entre la capa de convergencia y la PMD, en base al uso de herramientas como el AES y la trama FEC utilizada en la comunicación entre la OLT y varias ONU en sentido descendente. Esta recomendación está directamente referenciada a los aspectos de la fibra óptica a ser utilizada, y además explicando algunas de las redes con acceso flexible para este medio.

- **UIT-T G.984.4:** Esta normativa trata de la especificación de la interfaz de control y gestión OMCI (ONT Management and Control Interface) de la terminación en la red óptica ONT, donde el análisis está focalizado en los recursos y servicios que han sido procesados de una base de información de gestión o el manejo MBI (Management Information Base) independiente del protocolo de comunicación entre OLT y ONT. La MBI específicamente dirige la gestión o manejo de la configuración, averías y de calidad de funcionamiento de la ONT, considerando lo siguiente: las capas de adaptación que en el estándar ATM son la 1,2 y 5, de la capa de adaptación GEM, los servicios de emulación de circuitos, servicios de Ethernet, servicios de voz y

el tipo de multiplexación que maneja el estándar WDM (Wavelength Division Multiplexing).

El protocolo OMCI sirve para que la OLT tenga el control sobre las ONT, para con esto lograr establecer las conexiones a través de la ONT, tener el control de las interfaces usuario-red UNI en las ONT, obtener información del estado de calidad de operación y configuración, además de informar sin necesidad de intervenciones ajenas a los posibles fallas en los enlaces.

- **UIT-T G.984.5:** Esta normativa recomienda un rango de bandas y longitudes de onda que se reservan para en un futuro, implementar señales de nuevos servicios, utiliza la técnica de multiplexación de datos (WDM), para aprovechar al máximo en el caso de aparición de nuevas redes ópticas pasivas, en virtud del manejo recomendable de las ODN.
- **UIT-T G.984.6:** En esta normativa se describen los parámetros de la arquitectura y de interfaz para GPON, sistemas con alcance extendido usando un dispositivo de extensión del alcance de la capa física como un regenerador o amplificador óptico en el enlace de fibra entre la terminación de línea óptica (OLT) y la terminación de red óptica (ONT). El alcance máximo es de hasta 60 km con los presupuestos de la pérdida hasta de 27,5 dB siendo alcanzable en ambos tramos.
- **UIT-T G.984.7:** Define la distancia máxima diferencial entre dos unidades, OLT y ONU, en la red óptica pasiva (PON) de hasta 20 km y el alcance lógico GPON se ha definido como 60 kilómetros. Sin embargo, basándose en la experiencia de implementación práctica, se ha encontrado que un diferencial de distancia de 40 kilómetros que van de 0 a 40 km, 20 a 60 km, o en distancias entre permite significativa flexibilidad en el despliegue PON y ofrece muchos beneficios, incluyendo la capacidad de servir escasamente áreas pobladas en una manera eficiente. la presente recomendación describe los necesarios requisitos para GPON para apoyar la distancia diferencial de 40 km.

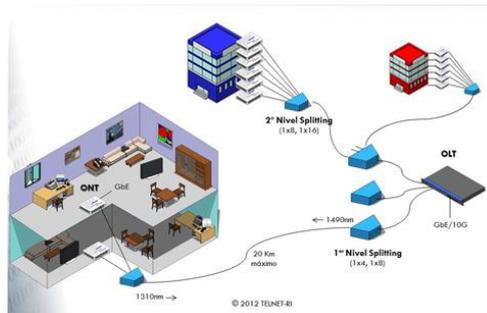
## 2.7 Topología de una red GPON

Es necesario conocer la topología de una red GPON antes de profundizar en el tema del diseño, definido y detallado en el capítulo 3.

Una red GPON está compuesta de partes, de elementos pasivos importantes:

- Elementos de transmisión (tales como OLT)
- Elementos divisores o de dispersión (tales como splitters y NAPs)
- Elementos de recepción (tales como ONT)

En la siguiente imagen se puede observar una topología general de una red GPON. Observar Figura 2.7.



Fuente.- Tomada de internet: <http://www.ccapitalia.net/?p=1189>

**Figura 2.7: Topología de una red GPON.**

## 2.8 Descripción de los elementos

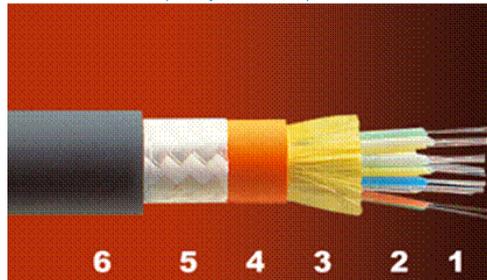
### 2.8.1 Fibra óptica

La fibra óptica es el medio de transporte de la información, es una guía de onda dieléctrica que tiene su punto de operación a frecuencias ópticas.

Su constitución básica está conformada por un núcleo central de vidrio o plástico dependiendo de la aplicación, además de un recubrimiento del mismo tipo con un índice de refracción menor al que posee el núcleo [1].

En la Figura 2.8 podremos referir cada una de estas partes.

1. Fibra óptica
2. Protección secundaria (holgada o densa)
3. Elemento de tracción (aramida o fibra de vidrio)
4. Cubierta interna (PVC, polietileno...)
5. Coraza
6. Cubierta exterior (PVC, polietileno...)



Fuente.- Tomada de internet:

[aitzelpodriguezvazquez1114.wordpress.com](http://aitzelpodriguezvazquez1114.wordpress.com)

**Figura 2.8: Estructura de una fibra óptica.**

Existe una gama de conceptos acerca de la fibra óptica, se citarán los más importantes para este proyecto integrador. Hay que tener muy presente algunos parámetros de la fibra óptica tales como los que tratan e implican sobre el manejo del haz de luz que es emitido por la fuente, ya sea emitido desde diodos de inyección laser ILD o diodos LED así como también el parámetro de la reflexión y refracción, que dichos son los que determinan el diseño de la fibra óptica en cuanto se refiere a las perdidas y el rendimiento.

El tipo de fibra que se utilizará en este proyecto será la monomodo, por ello debemos referirnos a ella en este capítulo a continuación:

### **2.8.2 Fibra monomodo**

Es la fibra óptica en la que solo se propaga un modo de luz. Esto se logra con la reducción del diámetro del núcleo de la fibra a un tamaño de 8,3 a 10 micrómetros, esto es lo que permite que se propague en un solo modo. Este tipo de fibra óptica tiene ventajas tales como de mayor transmisión de datos y además a mayores distancias que la fibra multimodo [1]. Tiene un costo elevado en comparación a los demás tipos de fibras ópticas.

Al estar estandarizada, el uso de este tipo de fibra será de acuerdo a la aplicación e infraestructura que se desee implementar, por lo tanto es

necesario recordar las normativas UIT donde se detallan las diferencias entre fibras de este tipo como la UIT-T G.652, G.653, G.654, G.655, G.656 y G.657.

- **UIT-T G.652:** Características de las fibras y los cables de Fibra Óptica Monomodo, donde se detallan los datos concernientes a una fibra monomodo cuya longitud de onda de dispersión nula está situada en 1310nm, optimizado para su uso en la región de longitud de onda de 1310nm pudiendo ser utilizado en la región correspondiente a 1550nm donde la fibra ya no es optimizada, con aplicaciones en transmisiones digitales o analógicas.
- **UIT-T G.653:** Características de la fibra y los cables de Fibra Óptica Monomodo con Dispersión Desplazada. Informe que describe fibras de tales características, con una longitud de onda de dispersión nula nominal cercana a 1550nm y un coeficiente de dispersión que aumenta monótonicamente con la longitud de onda. Su optimización se da en la ventana de 1550nm pero puede utilizarse de igual manera en longitudes de onda a 1310nm según lo indicado en detalle en la recomendación. Para su adaptación se efectúan arreglos para el soporte de velocidades de transmisión a longitudes de onda superiores, de hasta menor o igual a 1625nm.
- **UIT-T G.654:** Características de la fibra y los cables de Fibra Monomodo con Corte Desplazado. Para esta fibra, la longitud de onda de dispersión nula está situada en las proximidades a 1300nm, cuya atenuación menor y longitud de onda de corte desplazado se halla en 1550nm optimizado en la región de longitud de onda entre 1500nm a 1600nm. Su aplicación en sistemas de transmisión de tipo digital a larga distancia como sistemas en línea terrestres y submarinos con amplificadores ópticos se debe a su muy baja atenuación.
- **UIT-T G.655:** Características de la fibra y los cables de Fibra Monomodo con Dispersión Desplazada No Nula, describe una fibra con una dispersión cromática cuyo valor es mayor o diferente a cero, en todas las

longitudes de onda de utilización prevista en la ventana 3 de 1550nm. Este hecho, elimina el efecto no lineal generado por la mezcla de cuatro ondas, que pueden incidir en la Multiplexación por División de Onda Densa (DWDM) de forma nociva. Se halla optimizada para operar entre 1530nm y 1565nm y con una tolerancia menor o igual hasta 1625nm.

- **UIT-T G.656:** Recomendación UIT-T G.656 describe los atributos geométricos, mecánica, y de transmisión de una fibra óptica de monomodo que tiene el valor positivo del coeficiente de dispersión cromática mayor que algún valor distinto de cero lo largo de la gama de longitud de onda de uso anticipado 1460-1625 nm. Esta dispersión reduce el crecimiento de los efectos no lineales que son particularmente perjudiciales en los sistemas de multiplexación por división de longitud de onda.
- **UIT-T G.657:** Aquí se recomienda un mejor desempeño en la comparación de la flexión con la fibra monomodo UIT-T G.652 existente. Esto se hace por medio de dos categorías de fibras monomodo, una de ellas, la categoría A, es totalmente compatible con las fibras monomodo UIT-T G.652 y pueden ser desplegados en todo el Red de Acceso. La otra, la categoría B, no es necesariamente compatible con la Recomendación UIT-T G.652, pero es capaz de bajos valores de pérdidas por micro a muy bajo radios de curvatura y es previsto para el uso dentro de edificios o cerca de edificios

En el diseño de la red GPON del tipo FTTX, debe tener los siguientes elementos a continuación a ser detallados.

### 2.8.3 OLT

Este equipo sirve de proveedor de los servicios de punto final de la red GPON. Brinda la interfaz de la red entre OAN y además permite la conexión a una o varias ODN. Se encarga de convertir las señales eléctricas utilizadas por los equipos del proveedor de servicios y las señales que pasan por la fibra óptica, además también está encargado de la multiplexación entre los dispositivos de conversión en el otro extremo

de la red GPON. Este dispositivo está ubicado en la oficina central del proveedor de servicios. Cada PON soporta hasta 128 terminales, todo el dispositivo soporta hasta 512/1024 unidades ONU en virtud de la configuración completa. En la Figura 2.9 se observa una OLT.



Fuente.-. Tomada de internet: <http://www.gi-com.com/post/view/id/294/category/GPON99>

**Figura 2.9: Elemento de transmisión OLT.**

#### **2.8.4 NAP**

Es un punto de conexión entre la red de distribución y las acometidas individuales de cada abonado. Constituyen además puntos de corte para labores de operación y mantenimiento. En la Figura 2.10 se observa.



Fuente.- Tomada de internet: <http://www.fibraoptica hoy.com/>

**Figura 2.10: Caja de distribución óptica.**

#### **2.8.5 FDB**

Este elemento se utiliza para interconectar la red feeder con la red de distribución interna dentro de los edificios. Puede contener splitters en su interior. En la Figura 2.11 podemos observar una caja de distribución principal instalada en un edificio.



Fuente.- Tomada de internet: <http://coretech.com.my/FTTH-High-Speed-Broadband-FTB-FDB-2I24O.html>

**Figura 2.11: Caja de distribución principal FDB.**

### 2.8.6 FDF

Las cajas de distribución secundaria son utilizadas para interconectar la red de distribución con la red de dispersión dentro de los edificios. En la Figura 2.12 podemos observar una caja de distribución principal instalada en un edificio.

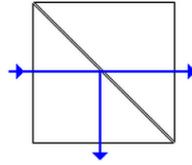


Fuente.- Tomada de internet: <http://www.juyoung.com/swing-door-fdf-fiber-distribution-frame/>

**Figura 2.12: Caja de distribución secundaria FDF.**

### 2.8.7 Splitter

Los splitters son usados en la red de distribución de banda ancha fija. El principio de un splitter consiste en dividir una señal óptica en varias. Este principio fundamental se extiende hasta poder dividir una señal óptica en  $n$  salidas. A continuación en la Figura 2.13 se muestra el funcionamiento.



Fuente.- Tomada de internet: [http://wikitel.info/wiki/divisor\\_%c3%b3ptico](http://wikitel.info/wiki/divisor_%c3%b3ptico)

**Figura 2.13: Diagrama del elemento divisor splitter.**

### 2.8.8 ODF

Elemento pasivo que permite la conexión entre la planta externa y los equipos de transmisión y acceso mediante el uso de conectores con el fin de mejorar la manipulación, organización, mantenimiento y protección de dicho segmento. En su interior se dispone del espacio físico adecuado para el almacenamiento de reservas de fibra, así como empalmes y patchcords. A continuación se muestra un ODF en la Figura 2.14.



Fuente.- Tomada de internet: [ecvv.com](http://ecvv.com)

**Figura 2.14: Muestra de un ODF.**

### 2.8.9 Mufas o mangas

Es un dispositivo que da soporte mecánico aquellos empalmes realizados de fibra óptica, cuyo fin es mantener encerrado de manera hermética los empalmes realizados en los puntos geográficos de acuerdo al diseño previo de la red. Este elemento nos da seguridad, protección y además prever cualquier tipo de daño que se pudiera generar por malas condiciones ambientales en aquellos puntos. Observar Figura 2.15.



Fuente.- Tomada de internet: nancynahomyslideshare.com

**Figura 2.15: Muestra de una manga o mufa.**

Dentro de su estructura, tiene las siguientes partes:

- Compartimento para empalme.
- Abrazaderas para cierre hermético.
- Ductos de Entrada/Salida.

### 2.8.10 Empalmes

Los empalmes cumplen la función de enlazar tramos, conectores y hasta terminaciones de fibra óptica. Esta fusión de dos tramos genera pérdidas que afectan en el rendimiento óptimo del funcionamiento de la red implementada. Es por eso que necesitamos conocer qué clase de pérdidas generaría en la red. A continuación se muestra en la Tabla 1 valores de atenuación y las normas a seguir para la correcta realización de empalmes.

Características	Dato
Atenuación	-0,1, -0,2 dB
Normas	ANSI/EIA-472DA00

**Tabla 1: Características de empalmes**

### 2.8.11 ONT/ONU

Es el dispositivo final, el que se encuentra en la instalación de la casa, edificio u otro lugar que necesite el servicio de banda ancha fija. Este dispositivo otorga los servicios en cada puerto por separado de internet, telefonía y televisión, y además existen algunos que funcionan como Wireless. A continuación en la Figura 2.16 se muestra un dispositivo ONT.



Fuente.- Tomada de internet: [Http://www.gl-com.com/post/view/id/291/category/GPON88](http://www.gl-com.com/post/view/id/291/category/GPON88)

**Figura 2.16: Elemento receptor ONT/ONU.**

### 2.8.12 Conectores

Los conectores, aquellos que unen dos fibras para crear una unión temporaria y/o conectar la fibra a un equipo de red. Existen varios tipos de conectores, entre los más utilizados tenemos: SC, ST y LC. Cada uno de ellos posee ventajas sobre los anteriores, y, dependiendo del tipo de aplicación que se le dé, se podrán utilizar. Se muestran en la Figura 2.17.



Fuente.- Tomada de internet: <http://www.thefoa.org/ESP/Conectores.htm>

**Figura 2.17 Conectores**

Los conectores ST, antiguos de estilo bayoneta, se los utilizó ampliamente con la fibra óptica multimodo.

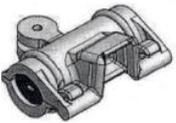
Conector SC denominado “conector cuadrado”. Es un conector LAN y WAN ampliamente adoptado que utiliza un mecanismo de

inserción/extracción para asegurar la inserción correcta. Se lo utiliza con la fibra óptica multimodo y monomodo.

Conector LC, se utiliza con la fibra óptica monomodo y también es compatible con la fibra óptica multimodo.

### 2.8.13 Herrajes

Los herrajes son accesorios de acero galvanizado cuya principal función es sujetar el cable de fibra óptica al elemento que lo soporte [2]. Existen varios tipos de herrajes, descritos en la Tabla 2.

TIPO	HERRAJE	DESCRIPCIÓN
Tipo 1		Se coloca en la última NAP de la red de distribución y al inicio en la subida del cable
Tipo 2		Se utiliza donde existen sangrados y cambios de dirección
Tipo 3		Se utiliza donde haya sangrado y derivación
De soporte		Se coloca esta clase de herraje donde no haya caja óptica
De dispersión		Se colocará este tipo de herraje en todos los postes donde exista dispersión

**Tabla 2: Tipos de herrajes**

## CAPÍTULO 3

### 3. PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCIÓN

Habiendo obtenido la suficiente información para percibir las notables diferencias en cuanto a rendimiento que existen entre las redes de cobre y las redes PON, procederemos a plantear un diseño pertinente que sin lugar a duda mejorará el servicio de comunicaciones en este sector.

Se ha planteado que nuestro Feeder salga de la Central Urdesa, ya que el equipamiento como el Feeder existente nos permite tomarla como la central de partida en nuestro proyecto integrador. Estas razones nos permitirán establecer y definir un diseño óptimo que se describirá a continuación en los tópicos siguientes.

#### 3.1 Estado tecnológico del sector

Por medio de la visita al lugar, hemos constatado que la Central Norte no tiene el equipamiento necesario para plantear e implementar el diseño de una red GPON

Gracias a las operadoras de servicio de telefonía e internet, se pudo conocer que la operadora CNT cubre con el 80% de servicios en el sector antes mencionado.

CNT ofrece el servicio de datos para navegación y telefonía por medio de la tecnología ADSL, que es la que dispone el sector en su totalidad. Además otras empresas que ofrecen tecnologías de acceso de manera inalámbrica y alámbrica son Claro y Movistar.

Mediante planos obtenidos del sector y un recorrido realizado por las calles, se pudo verificar que el tendido telefónico está en buen estado y se puede utilizar para el diseño de la nueva red de fibra óptica. Para este nuevo diseño de fibra óptica se proyectará la construcción de canalización y pozos en ciertos sectores de la Ciudadela La Atarazana.

#### 3.2 Aspectos generales para el diseño de la red GPON

Esta tecnología en sus estándares permite la conexión lógica de varias ONT a una sola OLT, esto es, depende del número de puertos GPON que tenga el dispositivo activo. Un factor que tendremos en cuenta es la distancia de fibra

referenciada, este aspecto es la distancia entre el más cercano y el más lejano de los dispositivos ONT a la OLT.

### 3.3 Diseño de la red GPON

#### 3.3.1 Topología de la red GPON

En este diseño se dispondrá de equipo activo OLT el cual será colocado en la Central Urdesa, desde la cual saldrán los hilos de fibra óptica hacia la red de distribución en la Ciudadela Atarazana incluyendo los Bloques de La Atarazana # 14 y # 15, y los Bloques de Taura. Se dispondrá de dos niveles de splitters para realizar la división de los hilos en la red de distribución, que saldrán hacia la red de dispersión de los abonados finales que contraten el servicio de banda ancha fija [3]. En la Figura 3.1 se muestra un diagrama general de la red.

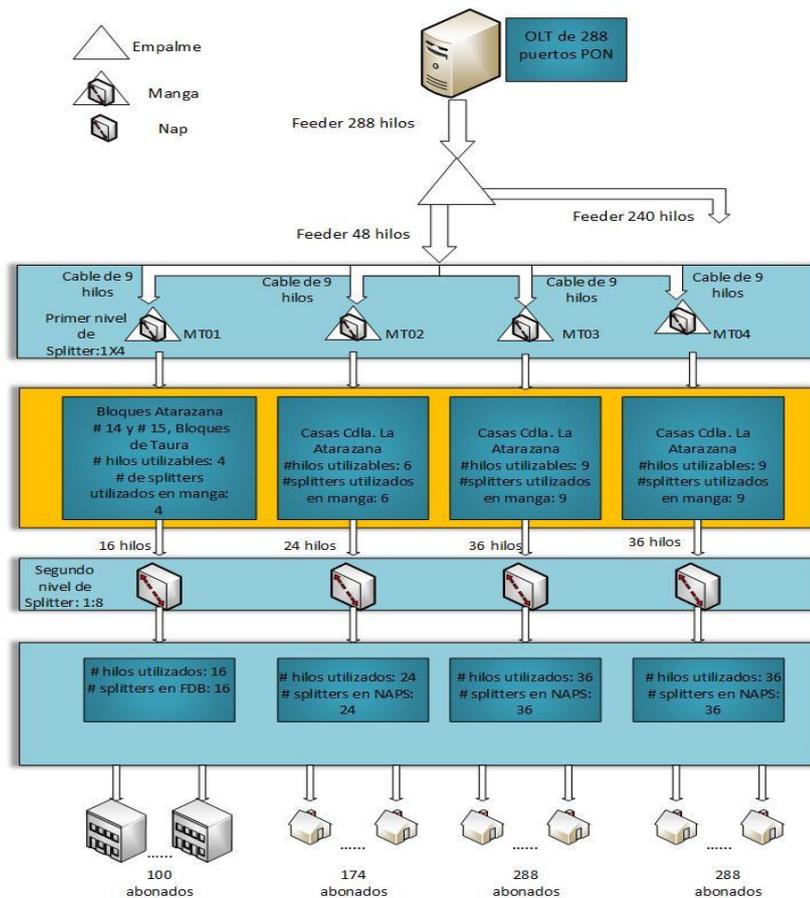


Figura 3.1: Topología de nuestra red GPON.

### **3.3.2 Esquema de la red GPON**

Para el esquema general tendremos el gráfico de la Figura 3.2. Aquí mostramos de manera la segmentación utilizada, así como también el nombre de los elementos planteados para el diseño de nuestra ODN.

El diseño total de la ODN se muestra en el ANEXO A. A continuación se detallará el diseño de la red feeder y de la red de distribución. La red de dispersión no es parte del presente diseño, porque dependerá de la solicitud de servicio de cada abonado cuando esté implementado.



### 3.3.3 Sectores de implementación de la red

La ruta 36 que cubre cierto sector de la ciudadela Atarazana se ha dividido físicamente en tres zonas, la zona A, B y C: la primera para el servicio de banda ancha fija para el modelo masivo de casas, y las dos restantes para el modelo masivo de bloques o edificios. A continuación se efectúa la descripción de las zonas.

La zona A comprende todo el sector donde están situadas las viviendas. Se enmarca de color rojo en la Figura 3.3.

La zona B comprende el sector donde están ubicados los 4 Bloques de Taura. Se delimita con el color verde en la Figura 3.3 la zona antes descrita.

Los Bloques de La Atarazana # 14 y # 15 se encuentran aquí en la zona C. En la Figura 3.3 se muestra la respectiva zona con color naranja.



**Figura 3.3: Diagrama de zonas físicas de la red.**

### 3.3.4 Demanda

En el sector mencionado anteriormente, según datos proporcionados por la CNT, existen una cantidad máxima de 850 potenciales abonados en el sector. Al ser un área consolidada en lo urbanístico (no crecerá más allá de lo visitado), se debe considerar para el diseño propuesto un 80% del

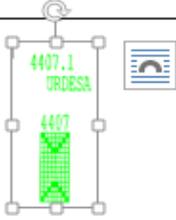
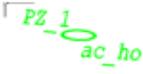
sector más un 20% de reserva, es decir, consideraremos el 100% del nuestro espacio para los detalles técnicos.

### **3.3.5 Consideraciones iniciales de la red**

Para el planteamiento de nuestro diseño es necesario tener claro todos los detalles técnicos de los cuales vamos hacer uso, tales como lo son la simbología de los elementos, nomenclatura de los mismos, identificación y nombre en el plano [4].

#### **3.3.5.1 Simbología de los elementos**

En el software de diseño AutoCAD 2D 2015 utilizaremos simbologías acorde al tramo de la red en donde nos encontremos. Como primer punto, en la Tabla 3, se detallan los bloques de los elementos utilizados en la red feeder. En el ANEXO B se muestran en su totalidad los bloques utilizados que por motivo de espacio no pudieron ser ubicados.

ELEMENTO	BLOQUE
Feeder 288 hilos	
Feeder 48 hilos	
OLT	
ODF P.I	
Pozo	
Eje de canalización	
Canalización de 4 vías	
Reserva de cable de fibra óptica	
Identificador de cable de Fibra óptica	
Manga Óptica para sangrado	
Rack de piso	

**Tabla 3: Simbología red feeder**

Así mismo para la red de distribución podemos observar en la Tabla 4 todos los elementos con su respectiva simbología.

ELEMENTO	BLOQUE
Cable de distribución 12 hilos	
Cable de distribución 6 hilos	
Cable riser 24 hilos	
Caja óptica FDB	
Caja óptica FDF	
Caja óptica NAP	
Mangas porta splitters	
Splitters 1:4	
Splitters 1:8	
Subida de canalización de acera a poste	
Subida de canalización desde pozo hasta acera	
Pozo	
Eje de canalización	
Canalización de 4 vías	
Poste existente	
Poste proyectado	
Reserva de cable de fibra óptica	
Identificador de cable de Fibra óptica	
Manga óptica para sangrado	

**Tabla 4: Simbología red de distribución**

### 3.3.5.2 Nomenclatura

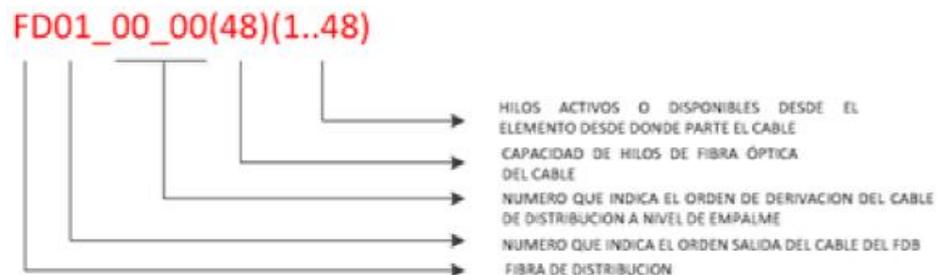
En los diferentes tramos de nuestra red utilizaremos cables de fibra dispuestos en diferente orden. Estos cables necesitan ser nombrados para que puedan ser identificados posteriormente. A continuación en la Figura 3.4 se detalla, gracias a la información proporcionada por CNT en su norma técnica de diseño, la nomenclatura de la red feeder.



Fuente.- Normativa de diseño proporcionada por la CNT

**Figura 3.4: Identificación de cable feeder.**

Para la red de distribución, podemos revisar en la Figura 3.5 el detalle de cada uno de los campos que constituyen su nomenclatura.



Fuente.- Normativa de diseño proporcionada por la CNT

**Figura 3.5: Identificación de cable de distribución.**

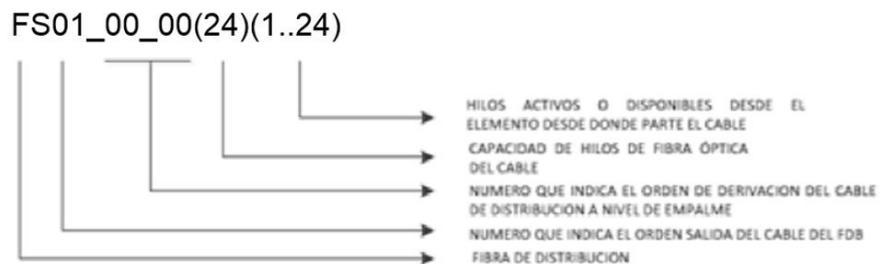
Otro elemento importante que necesita ser identificado de manera ordenada son las manga porta splitters ubicadas en el primer nivel de división. En la Figura 3.6 se detalla la nomenclatura de este elemento.



Fuente.- Normativa de diseño proporcionada por la CNT

**Figura 3.6: Identificación de mangas porta splitters.**

Así mismo, el cable riser utilizado dentro de la distribución en los edificios posee una nomenclatura detallada en la Figura 3.7.



Fuente.- Normativa de diseño proporcionada por la CNT

**Figura 3.7: Identificación de cable riser.**

### 3.3.6 Red feeder

La red feeder en nuestro diseño consta de dos partes: la primera, la red ya instalada y la segunda, la red proyectada.

Para el diseño de la red feeder, se debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones técnicas.

- El feeder debe instalarse en canalización de 4 vías.
- La canalización debe coincidir con el eje de canalización en el pozo, o intentar acercarse lo más próximo.
- Se considera para el feeder troncal cables de fibra óptica de 288 hilos.
- El tipo de cable de fibra óptica para la red feeder será el DUCTO G.652D.
- Por cada pozo se considera 4 metros de manguera corrugada.
- Por cada pozo se necesitará 2 tapones guía de 32 mm (1/4 de pulgada).

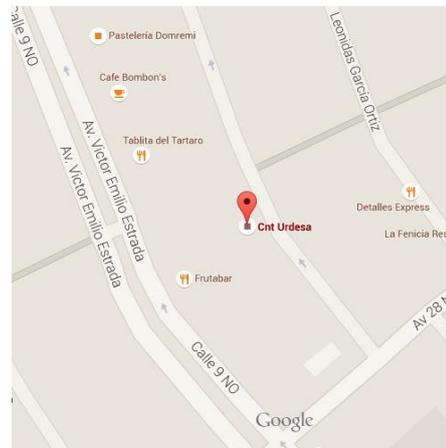
- Por cada pozo se necesitará un tapón trifurcado.
- Por cada 400 metros de longitud en la red feeder, se dejará una reserva técnica de 20 metros.
- Por cada cambio de giro que realiza el feeder, se dejará una reserva técnica de 20 metros.
- Por cada 400 metros de longitud en la red feeder, se dejará una reserva por demanda de 30 metros, donde se desee colocar una manga o armario.
- Al ser canalizado, se deja una reserva de 15 metros de preparación en punta, esto es, al inicio del cable para fusionar con la ODF, o al final del mismo para fusionar con el tramo siguiente.
- Se asignara nombre ascendente

#### **3.3.6.1 Red feeder existente**

Actualmente en la Central Urdesa, ubicada entre las calles Víctor Emilio Estrada y Alfredo Pareja Diezcanseco, a la altura del local Frutabar, existe una red canalizada de 288 hilos, como se muestra en el ANEXO C. Este tramo termina con una longitud de 3,9 km en la intersección de Av. Sufragio y Av. De la Democracia. Para este tramo hemos decidido nombrarlo, siguiendo la norma descrita anteriormente, de la siguiente manera: FT02\_00\_00(288)(1..288) de color verde.

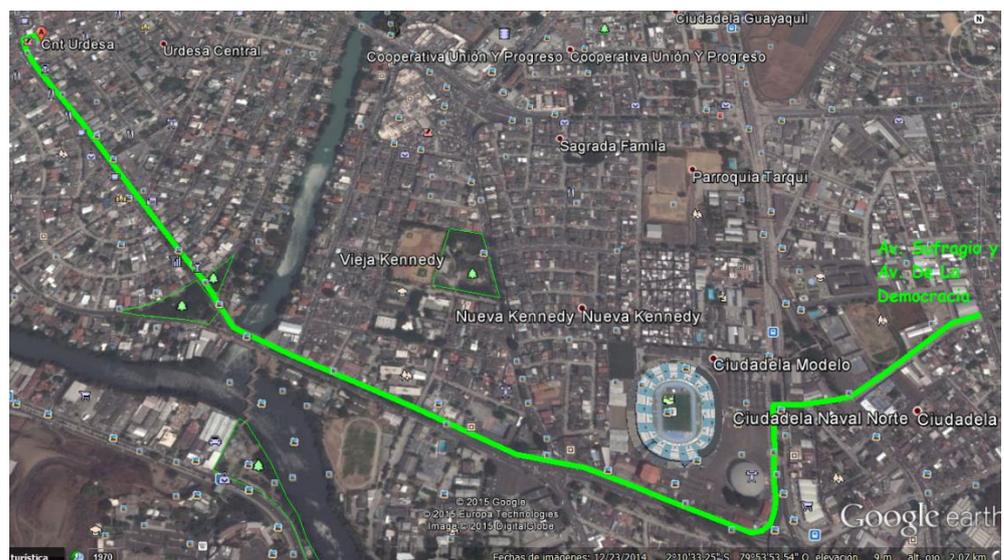
Observar Figura 3.8a donde se muestra la ubicación de la Central Urdesa y la Figura 3.8b, donde se muestra en el plano el feeder existente de la Central de Urdesa.

Además en el ANEXO D se puede observar físicamente el cable feeder de 288 hilos existente en la Central Urdesa, así como también el buffer del mismo en el ANEXO E.



Fuente.- Google Maps

**Figura 3.8a: Ubicación de la Central Urdesa.**



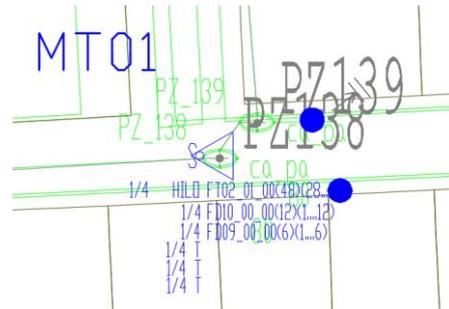
Fuente.- Plano Feeder existente Central Urdesa

**Figura 3.8b: Ubicación de feeder existente en la Central Urdesa.**

En la Central Urdesa contamos con 4 OLTs de 128 puertos PON cada una, como se muestra en el ANEXO F. En total se tienen 512 puertos PON disponibles, conectados a los ODF como se observa en el ANEXO G. En la Figura 3.9 se puede observar la disposición de las OLTs.



El cable proyectado tiene una longitud de 1.224 km terminando en la última manga porta splitter del diseño. En el ANEXO H se muestra la canalización existente en su para el recorrido de la red feeder proyectada. En la Figura 3.11 se observa la manga MT01 porta splitter donde finaliza el cable proyectado.



Fuente.- Plano Feeder Central Urdesa

**Figura 3.11: Ubicación del cable feeder proyectado.**

### 3.3.6.3 Pérdidas en la red feeder

En nuestro diseño, al haber fusionado un feeder de 288 hilos con un feeder de 48 hilos, genera pérdidas por fusión y pérdidas de conectores de 0,1 dB realizadas [4]. A continuación en la Tabla 5, se detalla los diferentes tipos de pérdidas que existen en el feeder.

ELEMENTOS DE LA RED	PÉRDIDAS
Empalmes de Fusión	0,1 dB
Empalmes mecánicos	0,1 dB
Conectores	0,5 dB

**Tabla 5: Características de empalmes**

### 3.3.7 Estado de la canalización

#### 3.3.7.1 Ductos en la canalización existente

A partir de la Central Urdesa a lo largo de la Av. Víctor Emilio Estrada seguido de la Av. Kennedy, Av. De las Américas y la Av. Sufragio, el



### 3.3.8 Red de distribución

La red de distribución es una de las partes fundamentales de la ODN, ya que, debido a la gran cantidad de elementos que se utilizan, depende el presupuesto óptico.

Para el diseño de la red distribución, así como en la red feeder, se deberá tomar en cuenta las siguientes consideraciones técnicas.

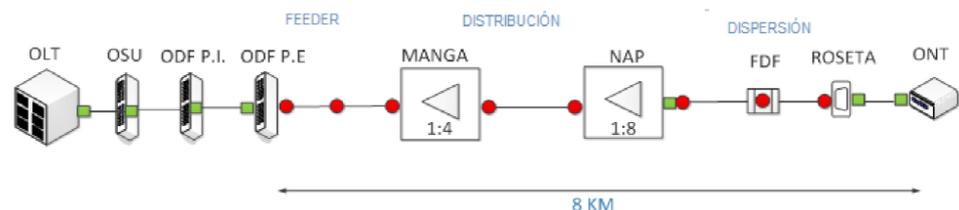
- Para cables de distribución se consideran cables de 12, 24, 48 y 96 hilos subterráneos o aéreos.
- Cada 500 metros de recorrido se considera una reserva de cable de 30 metros.
- No realizar demasiados cambios de giro en el tendido de la fibra óptica.
- Se consideran NAPs porta splitters de un splitter de 8 puertos.
- El tipo de cable de fibra óptica para la red de distribución será el ADSS G.652D.
- Se considera una reserva de cable para sangrado de 6.5 metros en cada una de las mangas.
- Se considera una reserva de cable de 3.5 metros para preparación de punta de la fibra óptica en la última caja de distribución y en la caja óptica donde existe una derivación de fibra.
- El recorrido canalizado de las mangas a los postes será de 20 metros.
- Para los cables de distribución aéreos, se considera 8 metros de subida al poste.
- Por cada pozo se considera 4 metros de manguera corrugada.
- Por cada pozo se necesitará 2 tapones guía de 32 mm (1/4 de pulgada).

- Por cada pozo se necesitará un tapón trifurcado.
- Máximo 8 postes por hilo en la red de distribución aérea.
- Se realizará series de 12 hilos asignados con una letra del alfabeto para las NAPs, adoptando un código alfanumérico, así: A1, A2, A3, A4, B1, B2, etc., en orden ascendente hacia la manga porta splitters.
- Se asignará la numeración a las mangas en orden ascendente, empezando desde la última manga instalada.
- La distancia entre postes de distribución serán de 40 metros.
- Para la distribución en los bloques se utilizarán FDB en la planta baja y FDF en cada uno de los pisos.

A continuación se detalla el modelo utilizado y la distribución de cada uno de estos sectores.

### 3.3.8.1 Modelo masivo de casas para ciudadela La Atarazana

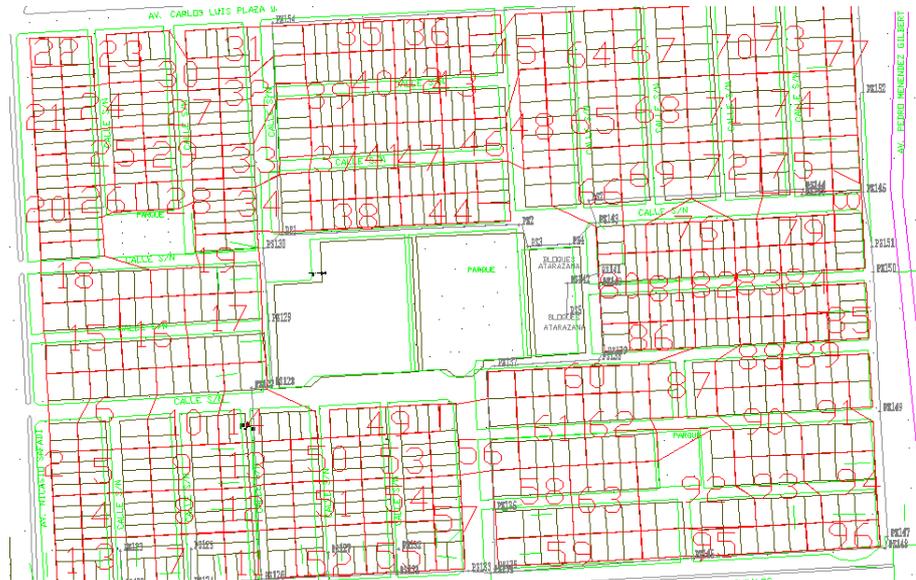
Basándonos en la normativa de diseño de planta externa con fibra óptica (ODN) proporcionada por CNT E.P., se muestra en la Figura 3.14 el esquema a seguir en nuestra red de distribución.



Fuente.- Normativa de diseño proporcionada por la CNT

**Figura 3.14: Modelo masivo/casas.**

Se ha sectorizado las viviendas en grupos de 8, tomando en cuenta que el segundo nivel de splitters está formado por cajas ópticas de capacidad de 8 abonados [4]. Ese será el número máximo de abonados por NAP. Observar la Figura 3.15.



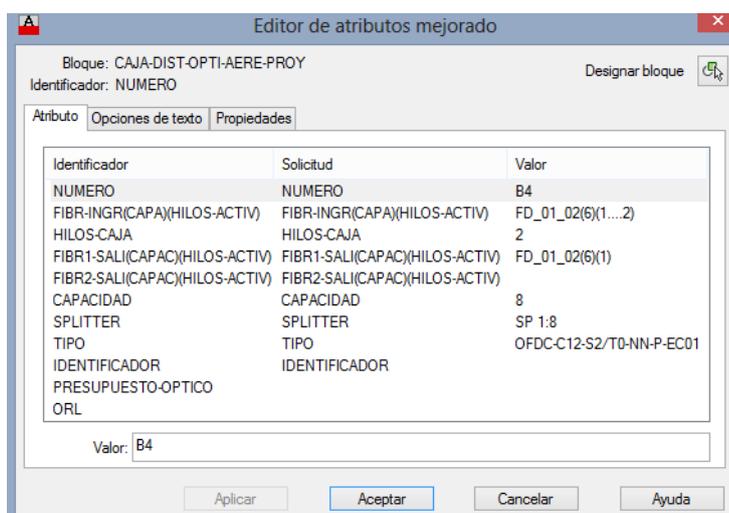
**Figura 3.15: Sectorización.**

A partir de un total de 750 potenciales abonados para el modelo masivo de casas, podemos obtener el número de NAPs porta splitters en el segundo nivel de división. Con la ecuación 3.1 tenemos:

$$Total\ de\ NAPs = \frac{Número\ total\ de\ usuarios}{División\ segundo\ nivel} \quad (3.1)$$

$$Total\ de\ NAPs = \frac{750}{8} = 93.75 \cong 94$$

Es decir, necesitaremos un total de 94 cajas de distribución aérea para cubrir la demanda. En el bloque de la NAP del software AutoCAD 2D 2015 existen atributos referentes a los elementos que ingresan y salen del elemento, los cuales se detallan a continuación en la Figura 3.16.



Fuente.- Bloque NAP software AutoCAD 2D 2015

**Figura 3.16: Atributos caja de distribución aérea.**

En la Tabla 6 podremos apreciar el significado de cada uno de estos atributos utilizados para nuestro diseño.

ATRIBUTO	DETALLE
NÚMERO	Orden de la NAP
FIBR-INGR	Cable de distribución sangrado que ingresa a la NAP
HILOS-CAJA	Hilo de fibra óptica que se queda en la caja
FIBR-SALI	Hilo de fibra óptica que sale de la NAP
CAPACIDAD	Puerto de salida de la NAP
SPLITTER	Tipo de splitter en la NAP

**Tabla 6: Atributos caja de distribución aérea.**

Hay que señalar que debido a ubicación de las casas se requirió agregar 2 NAP extras para cubrir la demanda, esto significa que hubo sectores que no se pudo realizar la agrupación de 8 viviendas como se estableció al inicio. Los casos anteriormente mencionados se presentaron en menor cuantía. En la Figura 3.17 se observa un sector con 5 viviendas agrupadas.



$$Total\ de\ splitters\ 1:4 = \frac{Total\ de\ NAPs}{División\ primer\ nivel} \quad (3.2)$$

$$Total\ de\ splitters\ 1:4 = \frac{96}{4} = 24$$

Es decir, necesitaremos 24 splitters en el primer nivel de división para cubrir la demanda. Con esta información procedemos a calcular el número de mangas, sabiendo que en cada una ubicaremos 9 splitters. Mediante la ecuación 3.3 tenemos:

$$Total\ de\ mangas = \frac{Total\ de\ Splitters\ 1:4}{Capacidad\ de\ mangas} \quad (3.3)$$

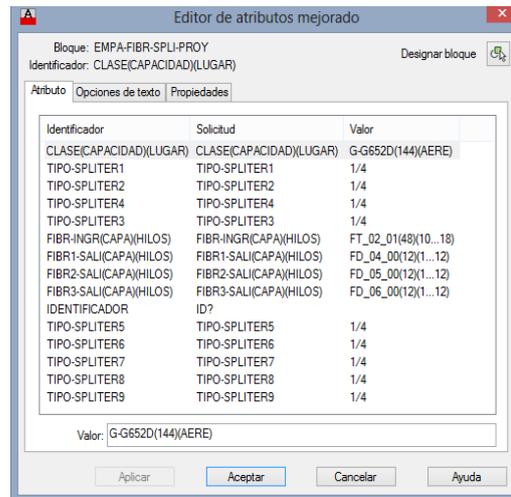
$$Total\ de\ mangas = \frac{24}{9} = 2,66 \cong 3$$

Los 24 splitters calculados anteriormente se ubican dentro de las mangas de la siguiente manera, como se detalla en la Tabla 7.

<b>MANGA</b>	<b>NÚMERO DE SPLITTERS UTILIZADOS</b>
MT02	6
MT03	9
MT04	9

**Tabla 7: Número de splitters utilizados por manga**

Con este resultado se procede a definir 3 mangas: MT02, MT03 y MT04. En el software AutoCAD 2D 2015 se detallan ciertos atributos de estas mangas porta splitters, como se muestra en la Figura 3.19. Dichos atributos son muy importantes ya que indican los elementos de la manga.



Fuente.- Plano AutoCAD elaborado por los autores

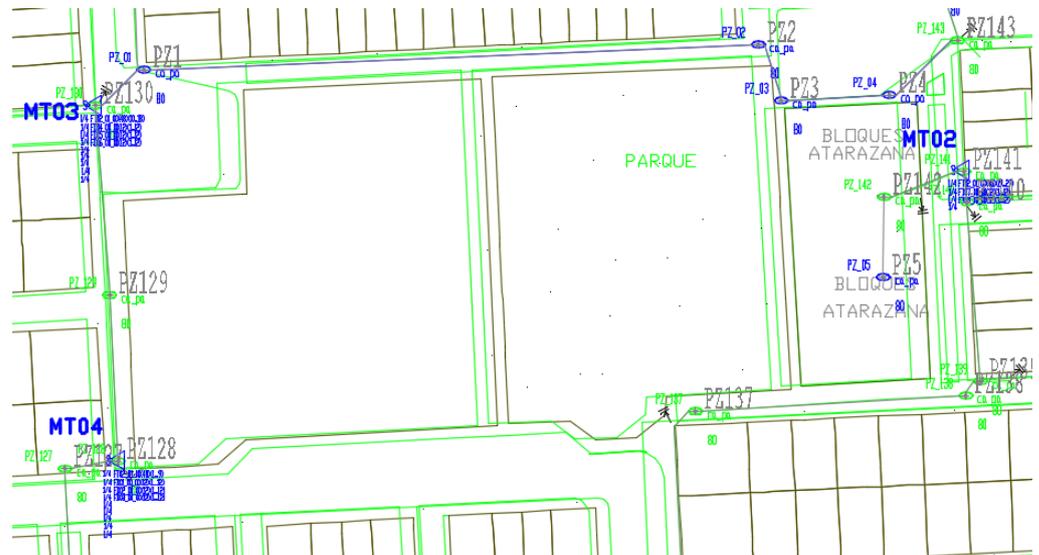
**Figura 3.19: Atributos manga porta splitters.**

En la Tabla 8 se presenta el detalle de cada uno de estos atributos.

<b>ATRIBUTO</b>	<b>DETALLE</b>
CLASE	Tipo de fibra que pasa por la manga
TIPO-SPLITTER	Tipo de splitter con su respectiva división
FIBR-INGR	Cable feeder sangrado que ingresa a la manga
FIBR-SALI	Cable de distribución que sale de la manga

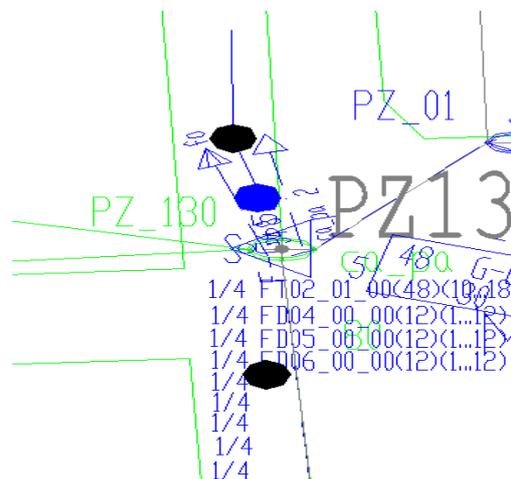
**Tabla 8: Atributos manga porta splitters**

Las mangas fueron ubicadas cercanas a los armarios de cobre en la red anterior, mostrados en el ANEXO I. Esto facilitó la distribución de la red, cumpliendo las consideraciones técnicas planteadas. Observar la Figura 3.20.



**Figura 3.20: Ubicación mangas porta splitters**

Desde estas mangas porta splitters existen dos tipos de subidas de cable: desde la manga a la acera y desde la acera hasta el poste. De la manga a la acera, el cable de fibra óptica tendrá un recorrido de 20 metros; así mismo para la distancia entre la acera y el poste serán 8 metros de recorrido. En la Figura 3.21 se observan las subidas de cable.



**Figura 3.21: Subida de cables desde la manga.**

Para sostener el tendido aéreo donde exista una caja óptica, en los postes se colocarán herrajes de tipo 1, tipo 2 y tipo 3, según sea el caso. En los postes donde no exista caja óptica, se colocará herrajes tipo soporte para

el tendido del cable. Por último, en todos los postes existentes y proyectados se le colocará herrajes de dispersión. La ubicación precisa de dichos postes se detalla en el ANEXO J.

A su vez se hará uso de preformados para sostener cada uno de estos herrajes. El preformado se entiende como una amarra a la cual se sujeta el herraje.

En la red de distribución se dispone de cables de 6 hilos y 12 hilos, los cuales parten de las mangas porta splitters y llegan a cada una de las NAPs. Cada uno de estos cables posee derivaciones. Se realizan estas derivaciones ya que, el cable de distribución principal siempre busca un camino lineal hasta la NAP más lejana en el diseño. Todas las cajas de distribución que no se tomaron en cuenta en este camino serán alimentadas por las derivaciones de este cable. En la Tabla 9 se detallan los cables de distribución utilizados en nuestro diseño, con su respectiva manga de partida y su color de línea en el dibujo realizado en el software AutoCAD 2D 2015.

<b>CABLE DE DISTRIBUCIÓN</b>	<b>COLOR</b>	<b>MANGA DE SALIDA DE CABLE DE DISTRIBUCIÓN</b>
FD01_00_00(12)(1..12)	Azul	MT04
FD02_00_00(12)(1..12)	Azul	
FD03_00_00(12)(1..12)	Azul	
FD04_00_00(12)(1..12)	Azul	MT03
FD05_00_00(12)(1..12)	Azul	
FD06_00_00(12)(1..12)	Azul	
FD07_00_00(12)(1..12)	Azul	MT02
FD08_00_00(12)(1..12)	Azul	

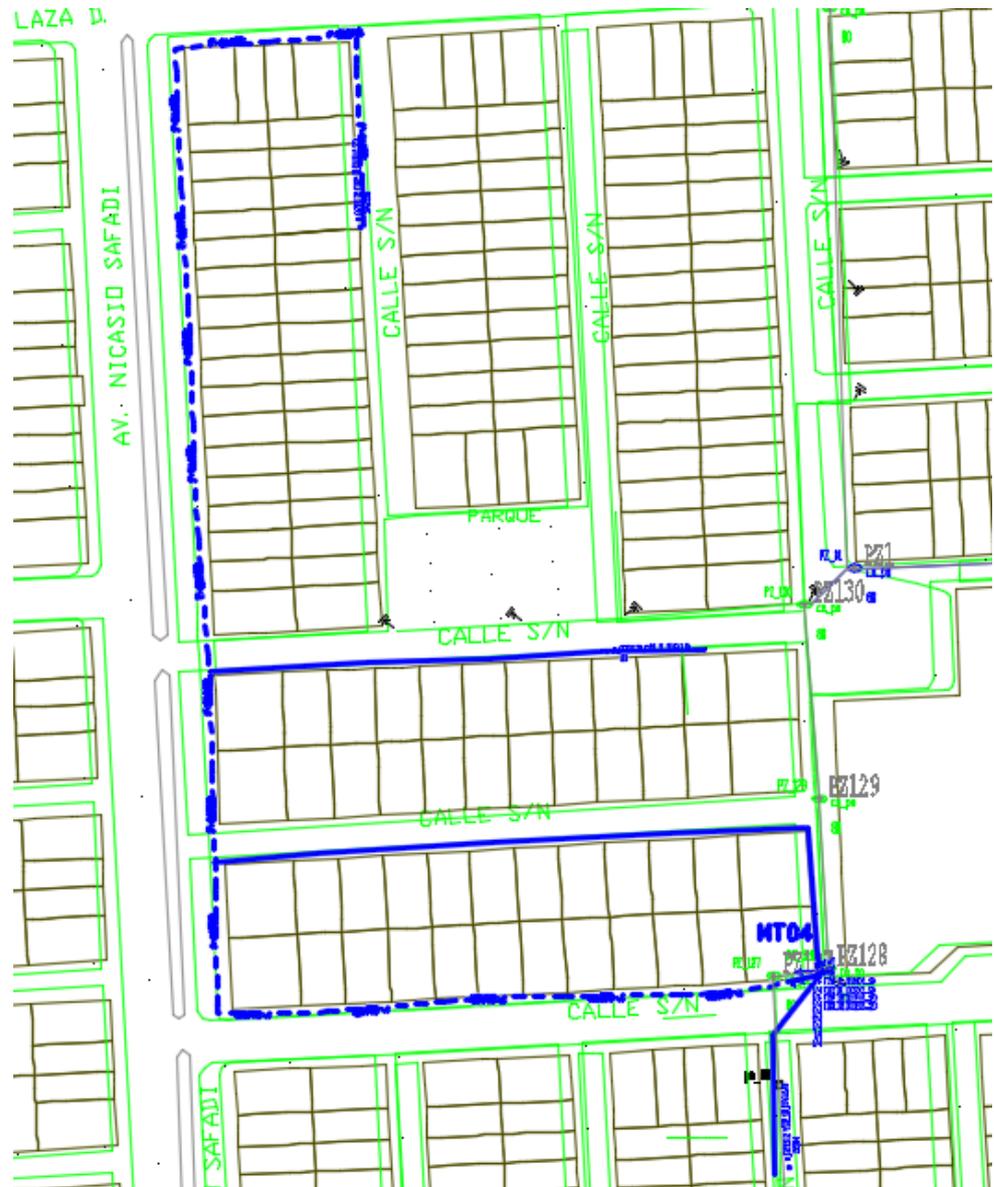
**Tabla 9: Cables de distribución**

Para la manga MT04 tenemos 3 cables de distribución: FD01, FD02 y FD03. En la Figura 3.22, podemos observar el cable de distribución FD01, con su respectiva derivación: FD\_01\_01\_00 (6)(1...3) y FD\_01\_02\_00 (6)(1...3). En el gráfico las derivaciones ocuparán la línea no segmentada.



**Figura 3.22: Cable de distribución FD01.**

En la Figura 3.23, podemos observar el cable de distribución FD02, con su respectiva derivación: FD02\_01\_00(6)(1) y FD02\_02\_00(6)(1..4).



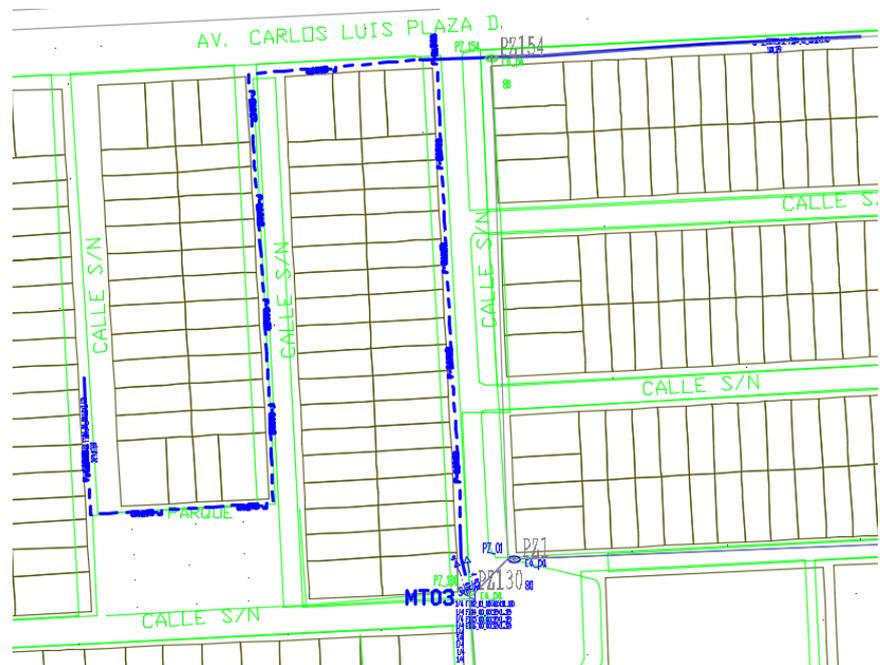
**Figura 3.23: Cable de distribución FD02.**

En la Figura 3.24, podemos observar el cable de distribución FD03. Este cable de distribución tiene dos derivaciones: FD03\_01\_00(6)(1) y FD03\_02\_00(6)(1..3).



**Figura 3.24: Cable de distribución FD03.**

De la manga MT03 salen los cables de distribución FD04, FD05 y FD06. En la Figura 3.25 podremos observar el cable de distribución FD04 con su respectiva derivación detallada a continuación: FD04\_01\_00(6)(1..2).



**Figura 3.25: Cable de distribución FD04.**





**Figura 3.28: Cable de distribución FD06.**

Así mismo, de la manga MT02 saldrán los cables de distribución FD07 y FD08. En la Figura 3.29 se hará énfasis en el cable de distribución FD07, así como también sus respectivas derivaciones, detalladas a continuación FD07\_01\_00(6)(1..2), FD07\_02\_00(6)(1) y FD07\_03\_00(6)(1..2).



**Figura 3.29: Cable de distribución FD07.**

En la Figura 3.30 podremos observar el cable de distribución FD08 con dos derivaciones, detallada a continuación: FD08\_01\_00(6)(1..3) y FD08\_02\_00(6)(1..3).



**Figura 3.30: Cable de distribución FD08.**

### 3.3.8.1.1 Esquema general modelo masivo para casas

En la Figura 3.31 se presenta un diagrama general de la red utilizado para el modelo masivo para casas.



### 3.3.8.1.2 Presupuesto óptico

Se detalla el recorrido en metros de la fibra óptica monomodo desde la Central Urdesa hasta la vivienda de los potenciales abonados. Para el cálculo del presupuesto óptico se ha elegido el cable de distribución de mayor longitud, ya que, así estaríamos en el peor escenario posible, considerando la mayor cantidad de pérdidas en decibelios. Asumimos un máximo de 300 metros para el recorrido de red de dispersión [4]. Observar la Tabla 10.

<b>TRAMO</b>	<b>LONGITUD EN METROS</b>
Red feeder	4674,24
Red de distribución	530,34
Red de dispersión	300
Preparación de puntas	78,5
Reservas técnicas	360
Sangrados	148,5
Subida de canalización	160
Subida de poste	64
<b>TOTAL</b>	<b>6315,58</b>

**Tabla 10: Detalle de longitud fibra óptica.**

A continuación se muestra en la Tabla 11 el presupuesto óptico concebido para el modelo masivo de casas.

Presupuesto óptico				
Elementos de la red	Cantidad	Perdida típica (dB)	Pérdida total (dB)	
Conectores	7	0,5	3,5	
Empalmes de fusión	8	0,1	0,8	
Empalmes mecánicos		0,1	0	
Splitters	1x2		3,5	0
	1x4	1	7	7
	1x8	1	10,5	10,5
	2x4		7,9	0
	1x16		14	0
	2x16		14,8	0
	1x32		17,5	0
	2x32		18,5	0
	1x64		21	0
Longitud de fibra en km / longitudes de onda $\alpha$	1310 nm	6,31558	0,35 (dB/km)	2,21
	1490 nm		0,3 (dB/km)	0
	1550 nm		0,25 (dB/km)	0
<b>Total (dB)</b>				<b>24,01</b>

**Tabla 11: Presupuesto óptico modelo masivo de casas**

El valor obtenido se encuentra dentro del margen de 28 dB establecido por la norma UIT-T 984.6, y es inferior además al valor de 25 dB que aplican los operadores de telecomunicaciones, dejando un margen de seguridad de 3 dB.

### 3.3.8.2 Modelo masivo para edificios

Tomando en cuenta la normativa de diseño de planta externa con fibra óptica (ODN) proporcionada por CTN E.P., en la Figura 3.32 podemos observar el esquema para el modelo masivo para edificios.



Fuente.- Normativa de diseño proporcionada por CNT

**Figura 3.32: Modelo masivo/edificios.**

### 3.3.8.2.1 Bloques de La Atarazana # 14 y # 15

En el modelo masivo para edificios se realiza un procedimiento similar, pero los elementos a calcular cambian, así como también el número de abonados a considerar.

En la zona C, perteneciente a los Bloques de la Atarazana # 14 y # 15, residen 20 abonados: 2 abonados por piso, en un total de 5 pisos por cada edificio.

En cada piso irá una FDF, que no es otra cosa que un sangrado de fibra óptica dentro del edificio; así mismo en cada edificio se ubicará un FDB porta splitters en la planta baja. Para obtener el número total de splitters de 1:8 a utilizar consideraremos la ecuación 3.4:

$$\text{Total de splitters 1:8} = \frac{\text{Número total de usuarios por edificio}}{\text{División segundo nivel}} \quad (3.4)$$

$$\text{Total de splitters 1:8} = \frac{10}{8} = 1.25 \cong 2$$

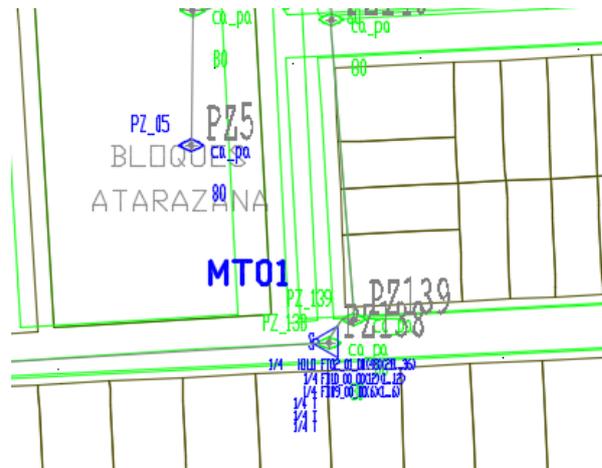
En la ecuación, se redondea el total de splitters de 1.25 a 2 ya que, al tener 10 abonados por edificio, nos sería imposible cubrir la demanda con un solo splitter de 1:8 debido a la falta de hilos de fibra óptica. Es decir, necesitamos 2 splitters de 1:8 por edificio en el sector, obteniendo un total de 4 splitters de 1:8 por los dos edificios.

A partir del número total de splitters utilizados en el FDB en el segundo nivel de división, procederemos a obtener el número total de splitters en el primer nivel haciendo uso de la ecuación 3.5:

$$\text{Total de splitters 1:4} = \frac{\text{Número total de splitters 1:8}}{\text{División primer nivel}} \quad (3.5)$$

$$\text{Total de splitters 1:4} = \frac{4}{4} = 1$$

Es decir, necesitaremos 1 splitter de 1:4 en el primer nivel de división. A partir de este dato, designaremos la manga MT01 para que sea portadora del splitter por su cercanía al lugar. Observar la ubicación de la misma en la Figura 3.33.



**Figura 3.33: Ubicación manga MT01.**

De esta manga sale el cable de distribución FD09 de 6 hilos que llega a la FDB02. Este cable posee una derivación de 6 hilos que llega a la FDB01. En la Tabla 12 se detallan los cables de distribución utilizados, con su respectiva manga de partida y su color de línea en el dibujo realizado en el software AutoCAD 2D 2015.

CABLE DE DISTRIBUCIÓN	COLOR	MANGA DE SALIDA DE CABLE DE DISTRIBUCIÓN
FD09_00_00(6)(1..4)	Azul	MT01

**Tabla 12: Cables de distribución**

En la imagen 3.34 se detalla la ubicación del cable FD09 y su respectiva derivación: FD\_09\_01\_00 (6)(1..2).





### 3.3.8.2.1.2 Presupuesto óptico

Se detalla el recorrido en metros de la fibra óptica monomodo desde la Central Urdesa hasta los Bloques de la Atarazana # 14 y # 15. Asumimos un máximo de 300 metros para el recorrido de red de dispersión. Observar la Tabla 13.

TRAMO	LONGITUD EN METROS
Red feeder	4674,24
Red de distribución	95,39
Red de dispersión	300
Preparación de puntas	82
Reservas técnicas	360
Sangrados	208,5
Subida de canalización	40
TOTAL	5760,13

**Tabla 13: Detalle de longitud fibra óptica.**

A continuación se muestra en la Tabla 14 el presupuesto óptico para el modelo masivo para edificios en los bloques de la Atarazana # 14 y # 15.

Presupuesto óptico				
Elementos de la red	Cantidad	Pérdida típica (dB)	Pérdida total (dB)	
Conectores	7	0,5	3,5	
Empalmes de fusión	8	0,1	0,8	
Empalmes mecánicos		0,1	0	
Splitters	1x2		3,5	0
	1x4	1	7	7
	1x8	1	10,5	10,5
	2x4		7,9	0
	1x16		14	0
	2x16		14,8	0
	1x32		17,5	0
	2x32		18,5	0
	1x64		21	0
Longitud de fibra en km / longitudes de onda $\alpha$	1310 nm	5,76013	0,35 (dB/km)	2,01
	1490 nm		0,3 (dB/km)	0
	1550 nm		0,25 (dB/km)	0
<b>Total (dB)</b>				<b>23,81</b>

**Tabla 14: Presupuesto óptico modelo masivo de edificios**

El valor obtenido se encuentra dentro del margen de 28 dB establecido por la norma UIT-T 984.6, y es inferior además al valor de 25 dB que aplican los operadores de telecomunicaciones, dejando un margen de seguridad de 3 dB.

### 3.3.8.2.2 Bloques de Taura

En la zona B, perteneciente a los bloques de Taura, residen 80 abonados: 4 abonados por piso, en un total de 5 pisos por cada edificio. En cada piso irá una FDF; así mismo en cada edificio se ubicará un FDB porta splitters en la planta baja. Para obtener el número total de splitters de 1:8 a utilizar consideraremos la ecuación 3.6:

$$Total\ de\ splitters\ 1:8 = \frac{Número\ total\ de\ usuarios\ por\ edificio}{División\ segundo\ nivel} \quad (3.6)$$

$$Total\ de\ splitters\ 1:8 = \frac{20}{8} = 2.5 \cong 3$$

Es decir, necesitamos 3 splitters de 1:8 por edificio en el sector, obteniendo un total de 12 splitters de 1:8 por los cuatro edificios.

A partir del número total de splitters utilizados en el FDB en el segundo nivel de división, procederemos a obtener el número total de splitters en el primer nivel haciendo uso de la ecuación 3.7:

$$Total\ de\ splitters\ 1:4 = \frac{Número\ total\ de\ splitters\ 1:8}{División\ primer\ nivel} \quad (3.7)$$

$$Total\ de\ splitters\ 1:4 = \frac{12}{4} = 3$$

Es decir, necesitaremos 3 splitter de 1:4 en el primer nivel de división. Así mismo a partir de este dato, designaremos la manga MT01 para que sea portadora del splitter por su cercanía al lugar.

De esta manga sale el cable de distribución FD10 de 12 hilos que llega a la FDB06. Este cable posee tres derivaciones de 6 hilos que llegan a la FDB03, FDB05 y FDB05 respectivamente. En la Tabla 15 se detalla el cable de distribución utilizado, con su respectiva manga de partida y su color de línea en el dibujo realizado en el software AutoCAD 2D 2015.

<b>CABLE DE DISTRIBUCIÓN</b>	<b>COLOR</b>	<b>MANGA DE SALIDA DE CABLE DE DISTRIBUCIÓN</b>
FD10_00_00(12)(1..12)	Azul	MT01

**Tabla 15: Cable de distribución**

En la imagen 3.36 se detalla la ubicación del cable FD10 y sus respectivas derivaciones: FD10\_01\_00 (6)(1...3), FD10\_02\_00 (6)(1...3) y FD10\_03\_00 (6)(1...3).



Figura 3.36: Ubicación cable de distribución FD10.

### 3.3.8.2.2.1 Esquema general modelo masivo para bloques de Taura

En la Figura 3.37 se presenta un diagrama general de la red utilizado para el modelo masivo para edificios.

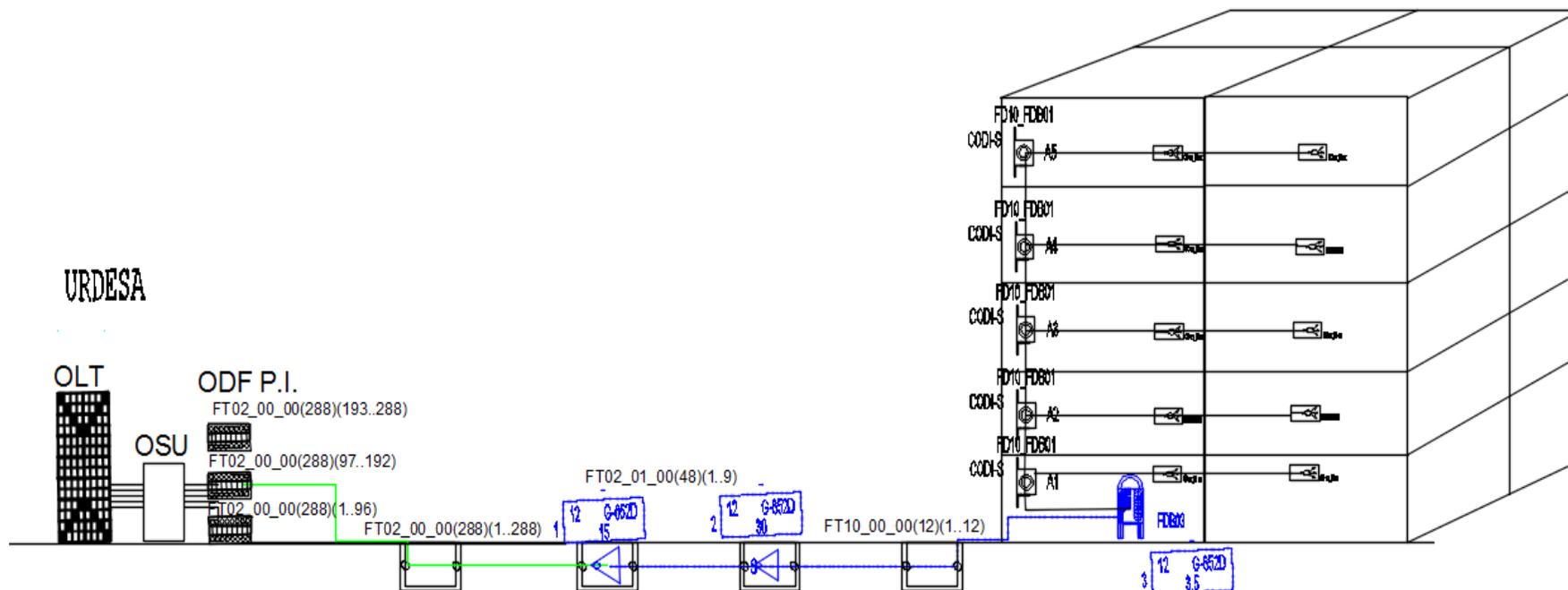


Figura 3.37: Esquema general modelo masivo para Bloques de Taura.

### 3.3.8.2.2.2 Presupuesto óptico

Se detalla el recorrido en metros de la fibra óptica monomodo desde la Central Urdesa hasta Los Bloques de Taura. Asumimos un máximo de 300 metros para el recorrido de red de dispersión. Observar la Tabla 16.

<b>TRAMO</b>	<b>LONGITUD EN METROS</b>
Red feeder	4674,24
Red de distribución	676,26
Red de dispersión	300
Preparación de puntas	75
Reservas técnicas	360
Sangrados	268,5
Subida de canalización	80
<b>TOTAL</b>	<b>6434</b>

**Tabla 16: Detalle de longitud fibra óptica**

A continuación se muestra en la Tabla 17 el presupuesto óptico para el modelo masivo para edificios en los Bloques de Taura

<b>Presupuesto óptico</b>			
Elementos de la red	Cantidad	Pérdida típica (dB)	Pérdida total (dB)
Conectores	7	0,5	3,5
Empalmes de fusión	8	0,1	0,8
Empalmes mecánicos		0,1	0
Splitters	1x2		3,5
	1x4	1	7
	1x8	1	10,5
	2x4		7,9
	1x16		14
	2x16		14,8
	1x32		17,5
	2x32		18,5
Longitud de fibra en km / longitudes de onda $\alpha$	1310 nm	6,434	0,35 (dB/km)
	1490 nm		0,3 (dB/km)
	1550 nm		0,25 (dB/km)
<b>Total (dB)</b>			<b>24,05</b>

**Tabla 17: Presupuesto óptico modelo masivo de edificios**

El valor obtenido se encuentra dentro del margen de 28 dB establecido por la norma UIT-T 984.6, y es inferior además al valor de 25 dB que aplican los operadores de telecomunicaciones, dejando un margen de seguridad de 3 dB.

### 3.3.9 Presupuesto económico

Se presenta en la siguiente Tabla una síntesis de los productos a utilizarse en el diseño que se plantea a lo largo del proyecto, los mismos fueron obtenidos mediante una cotización realizada en CNT E.P. con el fin de aproximar el costo de la implementación del proyecto [5]. En este presupuesto no se incluye el valor de las ONT, OSU y ODF, así como también el cable feeder de 288 hilos, porque ya existen en la Central Urdesa.

#### 3.3.9.1 Red feeder

Para la red feeder, se pueden apreciar los valores por suministro e instalación de los elementos de la red GPON en la Tabla 18 para el

segundo tramo del cable feeder, es decir, el tramo que va desde el primer sangrado de fibra en los 288 hilos hasta la última manga porta splitter.

ITEM	U	CANTIDAD TOTAL	PRECIO	
			UNITARIO	TOTAL
FUSIÓN DE 1 HILO DE FIBRA ÓPTICA	U	109	\$ 10,72	\$ 1.168,48
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE MANGA SUBTERRÁNEA PARA FUSIÓN DE 48 FO, TIPO DOMO (APERTURA Y CIERRE)	U	1	\$ 344,15	\$ 344,15
SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE CANALIZADO 48 FIBRAS ÓPTICAS MONOMODO G652.D	m	1224	\$ 3,26	\$ 3.990,24
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CONECTOR MECÁNICO SC/APC EN CAMPO	U	81	\$ 11,40	\$ 923,40
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MANGUERA CORRUGADA 3/4"	M	137	\$ 2,34	\$ 320,58
PREPARACION DE PUNTA DE CABLE DE FIBRA OPTICA	U	30	\$ 7,23	\$ 216,90
			TOTAL	\$ 6.963,75

**Tabla 18: Presupuesto económico red feeder**

### 3.3.9.2 Red de distribución

Para la red de distribución se muestra en la Tabla 19 de manera precisa todos los elementos con sus respectivos valores utilizados en este tramo de la red. Debemos notar que la red de distribución comprende el segmento desde las primeras mangas ubicadas hasta las últimas NAPs en el sector.

ITEM	UNIDAD	CANTIDAD TOTAL	PRECIO	
			UNITARIO	TOTAL
SANGRADO DE CABLE FIBRA OPTICA SUBTERRANEO DE 6-48	U	77,00	\$ 12,54	\$ 965,58
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE HERRAJE DE RETENCIÓN PARA FIBRA ADSS 1 EXTENSIONES (VANO 200M)	U	39,00	\$ 10,91	\$ 425,49
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE HERRAJE DE RETENCIÓN PARA FIBRA ADSS 2 EXTENSIONES (VANO 200M)	U	70,00	\$ 12,15	\$ 850,50
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE HERRAJE DE RETENCIÓN PARA FIBRA ADSS 3 EXTENSIONES (VANO 200M)	U	15,00	\$ 13,40	\$ 201,00
HERRAJE DE PASO PARA POSTE	U	29,00	\$ 7,60	\$ 220,40
HERRAJE DE DISPERSIÓN PARA POSTE	U	153,00	\$ 4,97	\$ 760,41
SUMINISTRO Y COLOCACION DE CAJA DE DISTRIBUCIÓN AÉREA NAP DE 8 PUERTOS SC/APC CON DERIVACION	U	96,00	\$ 220,10	\$ 21.129,60
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CAJA DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL EN EDIFICIO 24 PUERTOS SC/APC	U	6,00	\$ 1.097,86	\$ 6.587,16
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CAJA TERMINAL INTERIOR O DE PISO 24 PUERTOS	U	30,00	\$ 274,28	\$ 8.228,40
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE MANGA SUBTERRÁNEA PORTA SPLITTER DE 12, TIPO DOMO (APERTURA Y CIERRE)	U	4,00	\$ 324,47	\$ 1.297,88
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE MANGA SUBTERRÁNEA PORTA SPLITTER DE 48, TIPO DOMO (APERTURA Y CIERRE)	U	4,00	\$ 427,83	\$ 1.711,32
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE SPLITTER PLC PARA FUSIÓN (1X4)	U	28,00	\$ 43,62	\$ 1.221,36
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE SPLITTER PLC PARA FUSIÓN (1X8)	U	99,00	\$ 57,02	\$ 5.644,98
SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE RISER 24 HILOS FIBRAS ÓPTICAS G.657A1	m	90,00	\$ 4,87	\$ 438,30
PREFORMADO HELICOIDAL PARA VANO DE 120M PARA FIBRA ADSS 12,00-12,80mm	U	202,00	\$ 12,09	\$ 2.442,18
COLOCACIÓN Y SUMINISTRO DE THIMBLE CLEVIS	U	202,00	\$ 8,81	\$ 1.779,62
SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE AÉREO 12 FIBRAS	U	4247,99	\$ 3,17	\$ 13.466,13
SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE AÉREO 6 FIBRAS	U	2205,45	\$ 2,47	\$ 5.447,46
PREPARACION DE PUNTA DE CABLE DE FIBRA OPTICA	U	24,00	\$ 7,23	\$ 173,52
				\$ 72.991,29

**Tabla 19: Presupuesto económico red distribución**

### 3.3.9.3 Red de dispersión

Para la red de dispersión se muestra en la Tabla 20 los elementos para la implementación futura de la red GPON, se ha estimado las cantidades de los elementos a utilizarse de acuerdo al diseño realizado. Se debe

recordar que la red de dispersión no forma parte del diseño de la ODN del presente trabajo.

ITEM	U	CANTIDAD TOTAL	PRECIO	
			UNITARIO	TOTAL
ONT	U	850,00	\$ 88,00	\$ 74.800,00
FUSIÓN DE 1 HILO DE FIBRA ÓPTICA	U	850	\$ 10,72	\$ 9.112,00
FUSION DE HILO DE FIBRA OPTICA CON PIGTAIL	U	850	\$ 16,99	\$ 14.441,50
INSTALACIÓN AÉREA DE CLIENTE FINAL GPON	U	750	\$ 259,79	\$ 194.842,50
INSTALACIÓN EN EDIFICIO DE CLIENTE FINAL GPON	M	100	\$ 159,55	\$ 15.955,00
PREPARACION DE PUNTA DE CABLE DE FIBRA OPTICA Y SUJECION DE CABLES DE 6 - 96 HILOS	U	102	\$ 7,23	\$ 737,46
PRUEBA DE POTENCIA DE 1 HILO DE FIBRA ÓPTICA GPON	U	100,00	\$ 8,57	\$ 857,00
PRUEBA DE POTENCIA DE 1 HILO DE FIBRA ÓPTICA PUNTO A PUNTO	U	100,00	\$ 8,41	\$ 841,00
			TOTAL	\$ 311.586,46

**Tabla 20: Presupuesto económico red dispersión**

#### 3.3.9.4 Canalización y pozos

Así mismo en la Tabla 21 podremos apreciar la cantidad de los pozos y la canalización proyectada para la consecución.

ITEM	U	CANTIDAD	PRECIO	
			UNITARIO	TOTAL
MANO DE OBRA COLOCACIÓN DE POSTE DE HORMIGÓN 10 METROS.	U	35,00	\$ 99,79	\$ 3.492,65
REPOSICIÓN DE ASFALTO	m <sup>2</sup>	248,00	\$ 317,66	\$ 78.779,68
ROTURA DE ACERA Y DESALOJO	m <sup>2</sup>	248,00	\$ 6,92	\$ 1.716,16
CANALIZACION ACERA 4 VIAS + TRIDUCTO	m	248,00	\$ 35,59	\$ 8.826,32
POZO DE MANO	U	6,00	\$ 103,53	\$ 621,18
SUBIDA A POSTE	U	4,00	\$ 43,35	\$ 173,40
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MANGUERA CORRUGADA 3/4"	m	137,00	\$ 2,34	\$ 320,58
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 93.929,97</b>

**Tabla 21: Presupuesto económico canalización y pozos**

### 3.3.9.5 Presupuesto económico total de la red GPON.

A continuación en la Tabla 22 podremos observar el presupuesto económico total para la futura implementación de la red GPON.

	<b>MONTOS</b>
RED FEEDER	<b>\$ 6.963,75</b>
RED DE DISTRIBUCION	<b>\$ 72.991,29</b>
RED DE DISPERSION	<b>\$ 311.586,46</b>
CANALIZACION	<b>\$ 93.929,97</b>
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 485.471,47</b>

**Tabla 22: Presupuesto económico total red GPON**

### 3.3.10 Tiempo estimado de ejecución del proyecto

Para la futura implementación del proyecto hemos elaborado una planificación de ejecución de obra, especificando en horas la realización de cada tarea. En vista de no tener una fecha exacta de la implementación futura del proyecto, no podemos especificar por días el tiempo estimado de cada tarea. Observar Tabla 23.

	ELEMENTOS	TIEMPO EJECUCION EN HORAS
RED FEEDER	FUSIÓN DE 109 HILOS DE FIBRA ÓPTICA	2
	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE MANGA SUBTERRÁNEA PARA FUSIÓN DE 48 FO, TIPO DOMO (APERTURA Y CIERRE)	3,5
	SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE CANALIZADO 48 FIBRAS ÓPTICAS MONOMODO G652.D	61
	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CONECTOR MECÁNICO SC/APC EN CAMPO	81
	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MANGUERA CORRUGADA 3/4"	48
	PREPARACION DE PUNTA DE CABLE DE FIBRA OPTICA	2
RED DE DISTRIBUCIÓN	SANGRADO DE CABLE FIBRA OPTICA SUBTERRANEO DE 6-48	15
	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE HERRAJE DE RETENCIÓN PARA FIBRA ADSS 1 EXTENSIONES (VANO 200M)	39
	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE HERRAJE DE RETENCIÓN PARA FIBRA ADSS 2 EXTENSIONES (VANO 200M)	70
	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE HERRAJE DE RETENCIÓN PARA FIBRA ADSS 3 EXTENSIONES (VANO 200M)	15
	HERRAJE DE PASO PARA POSTE	29
	HERRAJE DE DISPERSIÓN PARA POSTE	153
	SUMINISTRO Y COLOCACION DE CAJA DE DISTRIBUCIÓN AÉREA NAP DE 8 PUERTOS SC/APC CON DERIVACION	192
	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CAJA DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL EN EDIFICIO 24 PUERTOS SC/APC	18
	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CAJA TERMINAL INTERIOR O DE PISO 24 PUERTOS	60
	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE MANGA SUBTERRÁNEA PORTA SPLITTER DE 12, TIPO DOMO (APERTURA Y CIERRE)	14
	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE MANGA SUBTERRÁNEA PORTA SPLITTER DE 48, TIPO DOMO (APERTURA Y CIERRE)	14
	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE SPLITTER PLC PARA FUSIÓN (1X4)	56
	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE SPLITTER PLC PARA FUSIÓN (1X8)	224
	SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE RISER 24 HILOS FIBRAS ÓPTICAS G.657A1	30
	PREFORMADO HELICOIDAL PARA VANO DE 120M PARA FIBRA ADSS 12,00-12,80mm	101
	COLOCACIÓN Y SUMINISTRO DE THIMBLE CLEVIS	101
	SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE AÉREO 12 FIBRAS ÓPTICAS MONOMODO ADSS G.652.D (VANOS 200m)	212,4
	SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE AÉREO 6 FIBRAS ÓPTICAS MONOMODO ADSS G.652.D (VANOS 200 m)	110
RED DE DISPERSIÓN	COLOCACION DE ONT	850
	FUSIÓN DE 1 HILO DE FIBRA ÓPTICA	12
	FUSION DE HILO DE FIBRA OPTICA CON PIGTAIL	12
	INSTALACIÓN AÉREA DE CLIENTE FINAL GPON	1500
	INSTALACIÓN EN EDIFICIO DE CLIENTE FINAL GPON	200
	PREPARACION DE PUNTA DE CABLE DE FIBRA OPTICA Y SUJECION DE CABLES DE 6 - 96 HILOS	102
	PRUEBA DE POTENCIA DE 1 HILO DE FIBRA ÓPTICA GPON	100
	PRUEBA DE POTENCIA DE 1 HILO DE FIBRA ÓPTICA PUNTO A PUNTO	100
CANALIZACIÓN	MANO DE OBRA COLOCACIÓN DE POSTE DE HORMIGÓN 10 METROS.	88
	REPOSICIÓN DE ASFALTO	112
	ROTURA DE ACERA Y DESALOJO	56
	CANALIZACIÓN ACERA 4 VIAS + TRIDUCTO	56
	POZO DE MANO	96
	SUBIDA A POSTE	48
	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MANGUERA CORRUGADA 3/4"	20
	TIEMPO TOTAL DE EJECUCIÓN	5027

**Tabla 23: Tiempo de ejecución estimado**

Una vez calculado el total de horas del tiempo de ejecución, se procede a llevarlo a meses. Convirtiendo tenemos un valor de 7.0 meses.

### 3.4 Selección de equipos

Una vez realizado el planteamiento del diseño de la red GPON, se procederá a describir las características técnicas de los equipos seleccionados [6]. En la Tabla 24 a continuación se detalla lo descrito.

EQUIPOS		CARACTERISTICAS TECNICAS
ONT HG8240 - Huawei		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 puertos ópticos y 4 puertos GE.</li> <li>- Función Plug and play para los servicios de IpTV, Volp e internet</li> </ul>
SmartAX MA5600T Series OLT		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 128 puertos ópticos.</li> <li>- Capacidad de conmutación 960 Gb.</li> <li>- 512k direcciones mac.</li> <li>- Un máximo de 44 canales, 10 son de acceso y GE o 768 puertos GE.</li> </ul>
Splitter 1x4/1X8 PLC para fusión - Fibertronics		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alto rendimiento, con protección de metal alrededor de las fibras ópticas.</li> <li>- Fácil instalación.</li> <li>- Baja atenuación por inserción.</li> <li>- Alta uniformidad.</li> </ul>
FDB 24 puertos - CoreTech		<ul style="list-style-type: none"> <li>- A prueba de agua para uso externo e interno.</li> <li>- Resistente a la lluvia y a la luz ultravioleta.</li> <li>- Puede contener splitters de 1x8, 1x16 y 1x24.</li> <li>- 2 puertos de entrada, 24 de salida máximo.</li> </ul>
Mangas porta splitters 10BH - Linxcom		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 9 entradas de cable de fibra óptica.</li> <li>- Hasta 72 salidas de cable de fibra óptica.</li> <li>- Adecuado para el entierro directo.</li> <li>- Sellado Termo retráctiles.</li> </ul>
Caja de distribución aérea NAP Modelo 1 - Linxcom		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 10 entradas de cable de fibra óptica.</li> <li>- Hasta 8 salidas de cable de fibra óptica.</li> <li>- Puerta de caucho sellada.</li> </ul>

**Tabla 24: Elementos a utilizar**

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

1. Mediante el estudio de los aspectos de la tecnología GPON, se pudo identificar que en la red de distribución el uso de dos niveles de splitter es muy ventajoso, debido a que de esta forma el segundo nivel de splitter estará lo más cercano posible al usuario con lo cual se consigue un ahorro significativo de cable de fibra óptica.
2. Se estableció los requerimientos tecnológicos para implementar la red GPON. Para conseguirlo, se verificó la disponibilidad de OLT en la Central Norte, así como también la del cable feeder. Se constató además que existe la debida canalización en el sector de la ciudadela La Atarazana incluyendo Bloques # 14 y # 15 y Bloques de Taura para el soterramiento del cable feeder.
3. En este proyecto integrador, se realizó visitas técnicas a la Central Norte y Central de Urdesa como las dos posibles opciones de punto de partida de la red GPON. Se pudo verificar que la Central Norte no cuenta con la tecnología requerida, por lo que se realizó un estudio y verificación de equipamiento en la Central Urdesa, la cual sí cuenta con los requerimientos tecnológicos para establecerla como punto de partida de nuestra red feeder.
4. Se presentó un diseño de la ODN, lo cual establece la red feeder y la red de distribución, regidas a la normativa de diseño y construcción de la CNT E.P. Esto nos garantiza un correcto funcionamiento del equipamiento activo así como también del pasivo de la red óptica.
5. Logramos definir un presupuesto óptico adecuado por debajo de los 25 dB establecidos por CNT E.P. para un diseño eficaz de nuestra red GPON. El presupuesto óptico más elevado fue de 24,05 dB pertenecientes a los Bloques de Taura, debido a la longitud del cable ADSS G652.D empleado en el diseño de esta parte de la red; 23,81 dB perteneciente a los Bloques # 14 y # 15 de la ciudadela La Atarazana y 24,01 dB perteneciente a las viviendas de la ciudadela La Atarazana.

6. Se realizó un presupuesto económico de los equipos a utilizar en la futura implementación de la red GPON, lo cual arrojó un costo de \$ 485.471,47.

### **Recomendaciones**

1. Se aconseja en el diseño de una red GPON, realizar dos niveles de splitter: el primero con divisiones de 1:4, y el segundo con divisiones de 1:8; esto permitirá disminuir costos en cuanto al equipamiento de esta red, obteniendo el mismo rendimiento que en una red de un solo nivel de splitter de 1:32.
2. Para un diseño óptimo es conveniente ubicar las mangas porta splitter soterradas en lugares cercanos donde exista canalización y además contiguos donde estén ubicados los armarios de distribución de la antigua red de cobre, esto facilitará la distribución y dispersión por medio de las cajas ópticas hacia los abonados finales.
3. Por medio de las nuevas redes GPON proyectadas se podría realizar convenios económicos con inmobiliarias, para la construcción de ciudadelas residenciales que posean banda ancha fija por medio de fibra óptica para sus residentes. Esto garantizaría un servicio de banda ancha fija de calidad, así como también un agregado muy atractivo para la inmobiliaria.
4. Gracias al diseño planteado en este proyecto, se podrá utilizar la misma infraestructura de la red GPON para mejorar aún más la calidad del servicio en un futuro, ya que la fibra óptica soporta tecnologías de velocidades superiores tales como las N-PON de velocidades de 10 Gbps, 40 Gbps, 100 Gbps, etc.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] G. Mahlke y P. Gössing, "Fibra Monomodo" en *Conductores de fibras ópticas Conceptos básicos, Cables: diseño, producción e instalación, Planificación de las instalaciones*, 3ra. ed: Traducción Buenos Aires, 2002.
- [2] Materiales y Herramientas de planta exterior, Catálogo 3/LZB10202, Ericsson, Alemania.
- [3] J. Chacón y S. Villavicencio, "Procedimiento para la ampliación y puesta en operación de cabeceras GPON en la red de telecomunicaciones de ETAPA EP," Tesis de Grado, Facultad de Ing., Univ. de Cuenca, Cuenca, EC, 2014.
- [4] Normativa de diseño de planta externa con fibra óptica - ODN, Versión 1.2, CNT, Ecuador.
- [5] C. Añazco, "Diseño básico de red de acceso FTTH utilizando el estándar GPON," Tesis de Maestría, Facultad de Ing., Univ. Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, EC, 2013.
- [6] Tyco Electronics. (2011, Mayo 18). Passive infrastructures to support FTTH network roll-outs with GPON [Online]. Disponible en: <http://www.crony.rs>

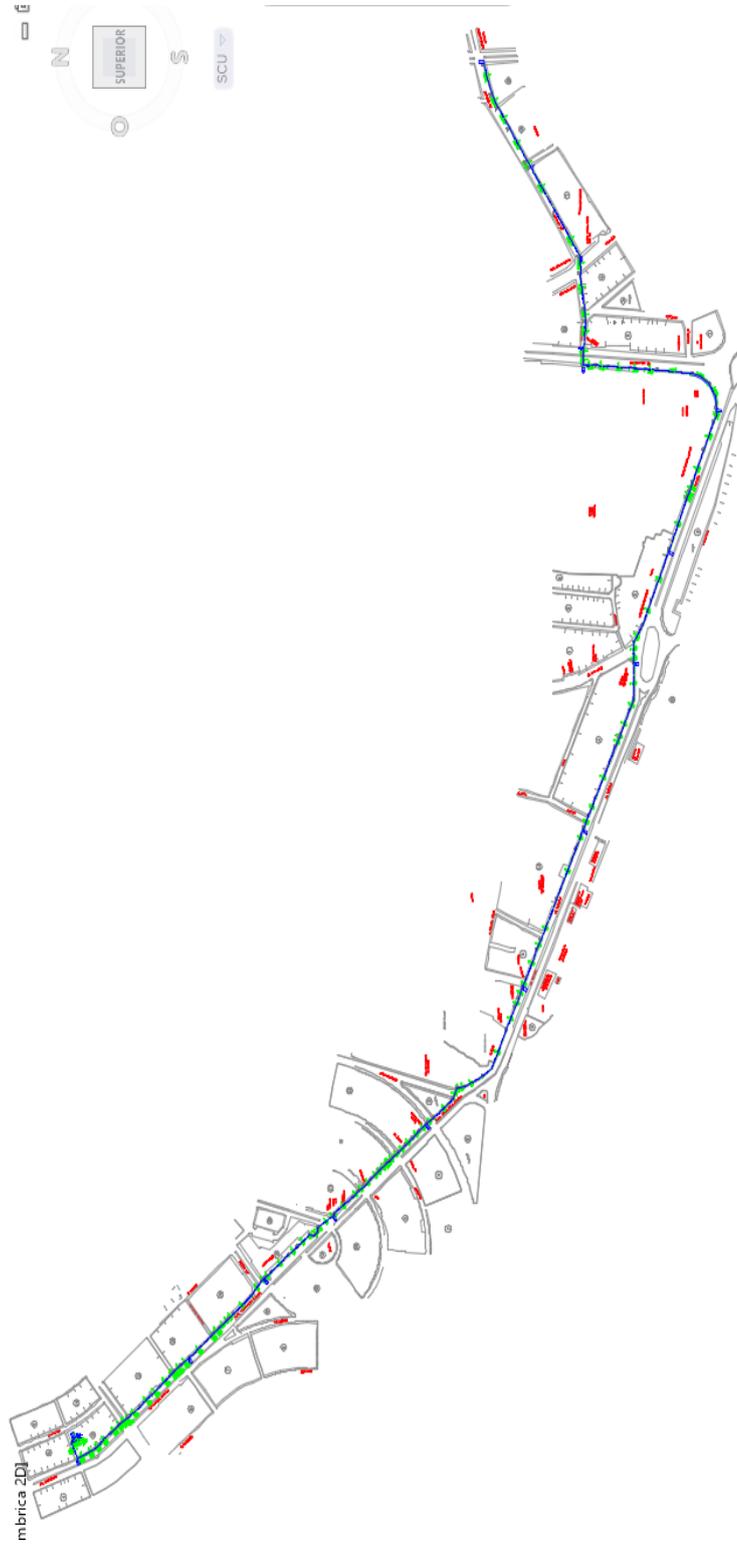
## **ANEXOS**

**ANEXO A. Diseño completo de la red GPON de la ciudadela La Atarazana incluyendo Bloques # 14, # 15 y Bloques de Taura**

## ANEXO B. Simbología de bloques de los elementos ópticos para casas y edificios en AutoCAD 2D

UE	DESCRIPCION	PROYECTADO	EXISTENTE
	RACK DE PISO 9"x20"		
	OLT DE DISTRIBUIDOR		
	ARMARIO FTTH		
	CAJA DE DISTRIBUCIÓN ÓPTICA AÉREA		
	CAJA DE DISTRIBUCIÓN ÓPTICA DOBLE CONECTOR		
	CAJA DE DISTRIBUCIÓN ÓPTICA DE PISO		
	CAJA DE DISTRIBUCIÓN ÓPTICA SUBTERRÁNEA		
	EDIFICIO CON RED GPON		
	EMPALME DE FIBRA		
	EMPALME DE FIBRA Y SPLITTER		
	FIBRA ÓPTICA		
	ONT (ABONADO)		
	ROSETA ÓPTICA		
	SPLITTER DE UNA ENTRADA		
	SPLITTER DE DOS ENTRADAS		
	HILOS DE RESERVA DE FIBRA		
	ODF-CON SPLITTER REDES GPON		
	ESTRUCTURA POZO		
	CAJA DE DISTRIBUCIÓN ÓPTICA ADESAIDA		
	CAJA DE DISTRIBUCIÓN ÓPTICA MINIPORTE		
	TRANSFORMADOR AEREO		
	HERRAJE DE RETENCIÓN DE FIBRA GPON		
	HERRAJE CRUCE AMERICANO GPON 2 EXTENSION Y 1 EXTENSION		
	ESQUEMA ARMARIO GPON		
	Ocupación conducto canalización existente		
	Ocupación conducto canalización existente		
	EMPALME DE FIBRA DE DISTRIBUCIÓN SALIDA DEL ARMARIO		
	MANGUERA CORRUCADA		
	CAJA TERMINAL FIBRA ÓPTICA (TRANSICIÓN)		
	ARMARIO FTTH 288C PARA ESQUEMATICO		

### ANEXO C. Mapa en AutoCAD 2D de feeder existente Central Urdesa

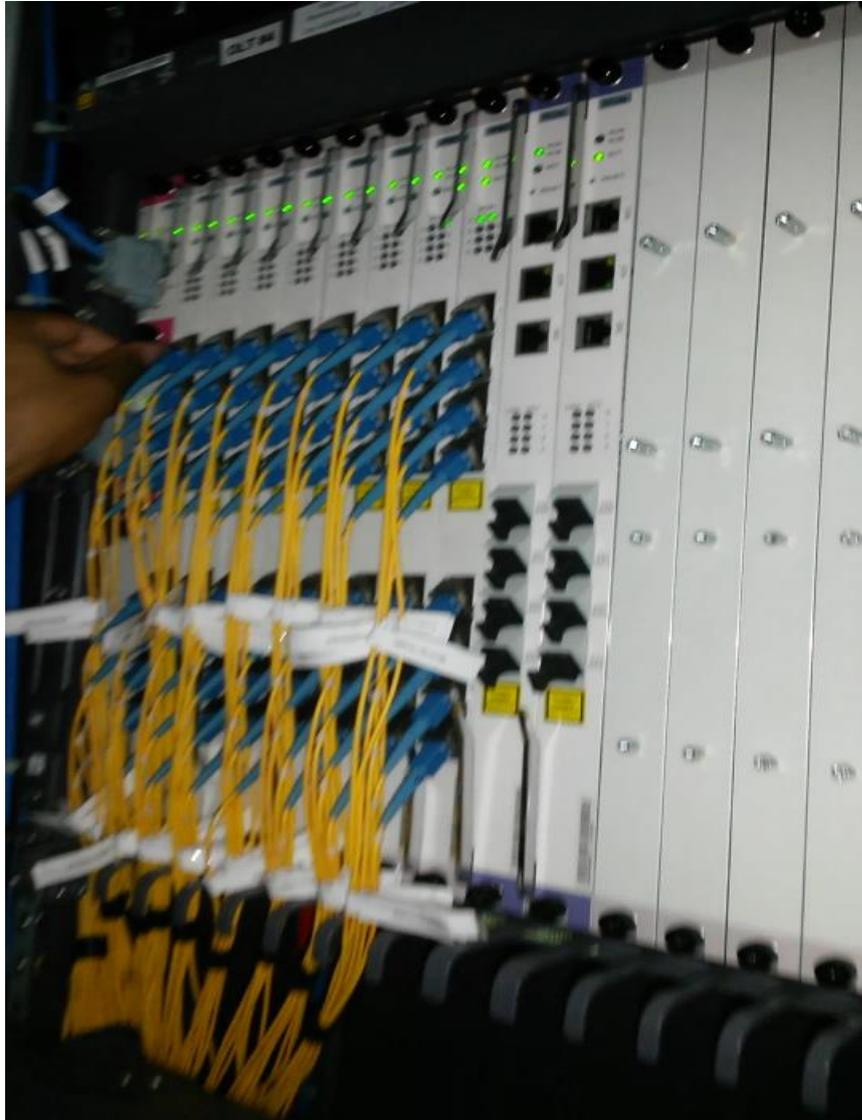


**ANEXO D. Cable feeder de 288 hilos existente en la Central Urdesa**

**ANEXO E. Buffers de cable de 96 hilos cada uno provenientes de las 3 ODFs**

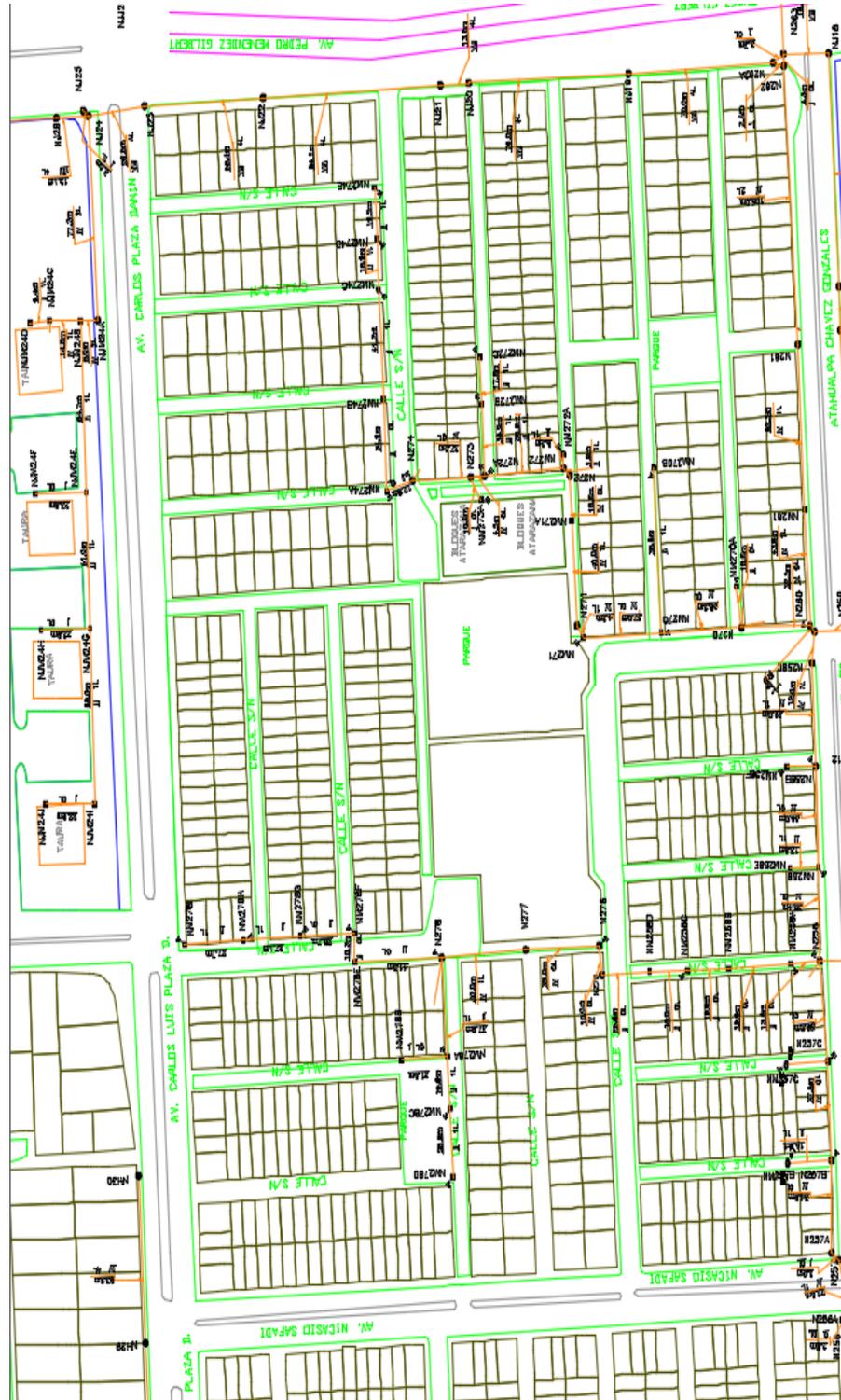


**ANEXO F. OLT de 128 puertos tomado de la Central Urdesa**



**ANEXO G. ODF de 96 interfaces tomado de la Central Urdesa**

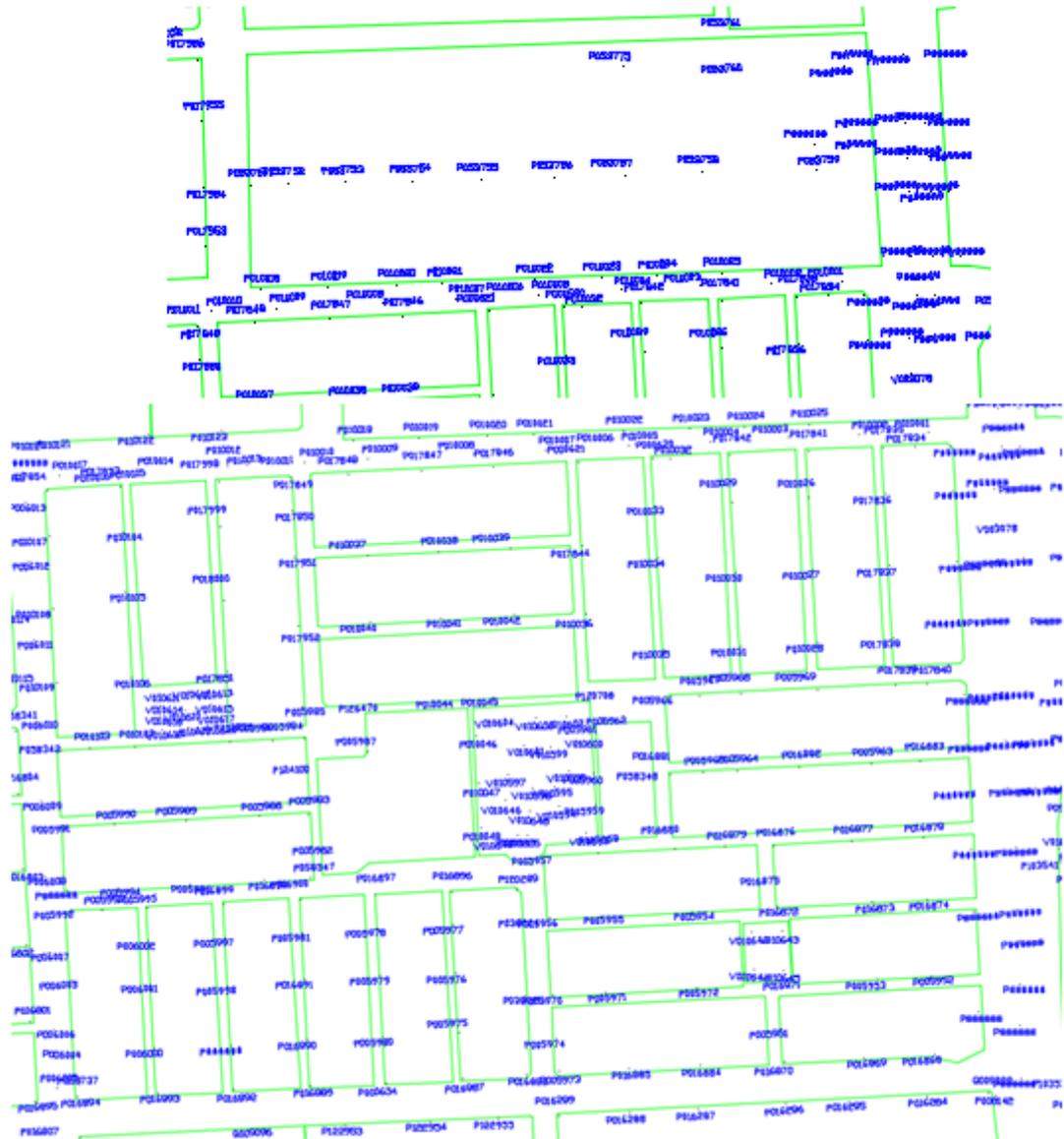
**ANEXO H. Mapa en AutoCAD 2D de la Canalización Norte, Ciudadela La Atarazana con sus respectivos Bloques # 14, # 15 y Bloques de Taura.**



**ANEXO I. Mapa en AutoCAD 2D de la Central Norte, red primaria, con sus respectivos distritos**



### ANEXO J. Mapa en AutoCAD 2D de postes existentes en la ciudadela La Atarazana en la ciudad de Guayaquil



**ANEXO K. Lista de abreviaturas**

PON Passive Optical Network

ATM Asynchronous Transfer Mode

APON Asynchronous Passive Optical Network

BPON Broadband Passive Optical Network

GEAPON Gigabit Ethernet Passive Optical Network

EPON Ethernet Passive Optical Network

GPON Gigabit Passive Optical Network

CNT E.P. Corporación Nacional de las Telecomunicaciones Empresa Pública

OLT Optical Line Termination

NAP Network Access Point

FDB Fiber Distribution Box

FDF Fiber Distribution Frame

ODF Optical Distribution Frame

ONT Optical Network Terminal

ONU Optical Network Unit

ADSL Asymmetric Digital Subscriber Line

FTTH Fiber to the home

FTTB Fiber to the Building

FTTA Fiber to the Antenna

FTTCa Fiber to the Cabinet

ITU-T International Telecommunication Union

AWG American Wire Gauge

PSTN Public Switched Telephone Network

VOD Video On Demand

TCP	Transmission Control Protocol
VPL	Virtual Private Line
WDM	Wavelength Division Multiplexing
DWDM	Dense Wavelength Division Multiplexing
POS	Passive Optical Splitter
PMD	Physical Media Dependent
TC	Transmission Convergence
OAM	Operations, Administration, and Maintenance
AES	Aircraft Earth Station
FEC	Forward Error Correction
OMCI	ONU Management and Control Interface
MBI	Management Information Base
GEM	Gender Equality Mainstreaming
LED	Light-Emitting Diode
OAN	Optical Access Network
ODN	Optical Distribution Network
LC	Lucent Connector
SC	Subscriber Connector
ST	Straight Tip Connector
OSU	Optical Subscriber Unit
PI	Planta Interna
PLC	Planar Lightwave Circuit