

# Diseño de una red GPON en el nodo Caranqui para el sector 19 de Enero de la ciudad de Ibarra, basado en el estándar ITU-T G.984, para CNT EP

Universidad Técnica del Norte- Vizcaíno Luis D.

*Resumen— El presente proyecto tiene como objetivo fundamental realizar un diseño de una red G-PON (Gigabit-Red Óptica Pasiva) para el sector 19 de Enero de la ciudad de Ibarra, para que esta infraestructura brinde servicios integrados de telefonía, IPTV, internet de alta velocidad, esto basado en el estándar ITU-T G.984.*

*En primera instancia se realiza el levantamiento de información del nodo. El diseño de la red GPON empieza por escoger el tipo de tarjetas que conforman la unidad OLT, posteriormente se realiza el diseño de la ODN (Optical Distribution Network),*

*Las pruebas para el funcionamiento de la red se realizan mediante el presupuesto óptico la cual considera las pérdidas originadas en todo el diseño G-PON complementariamente se ejecuta una simulación con el software Optisystem, finalmente se realiza el análisis costo beneficio el cual muestra la factibilidad del proyecto.*

**Términos para la indexación — GPON, FTTH, ITU-T G984, FEEDER, OLT, ODN, SPLITTER**

## 1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

El desarrollo tecnológico de los últimos años se debe al uso del medio de transmisión como es la fibra óptica la que fue aplicada para conectar varios puntos que se encuentran a grandes distancias y así realizar transmisiones de gran volumen de datos.

Las fibras ópticas son elementos compuestas ya sea por vidrio o plástico las cuales presentan varias ventajas ante los cables metálicos entre las ventajas más importantes esta la mayor eficiencia a la hora de transmitir grandes cantidades de datos, los filamentos

Documento recibido el 18 de julio del 2015. Esta investigación se realizó en la Universidad Técnica del Norte (UTN), en la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas.

L. D. Vizcaíno estudiante de la escuela de Electrónica y Mecatrónica de carrera en ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación (daniel\_vizcaino7@ieec.org).

de fibra son sumamente delgados y flexibles; el sílice o la arena pura es la base con la que se compone las fibras ópticas.

Las aplicaciones de las fibras ópticas son sumamente atractivas al momento de la transmisión voz, datos de alta velocidad, IP TV, y además la fibra cuenta con ser versátil enfocada a los modelos de comunicación

La estructura de la fibra óptica es cilíndrica, la misma que está formada por un núcleo que es la sección central por este donde se conduce la luz, la sección que cubre al núcleo se la conoce como cladding y por último se tiene la sección llamada coating la misma que cumple con funciones mecánicas. En la siguiente figura (Ver Figura 1), se puede ver claramente la estructura de la fibra óptica.

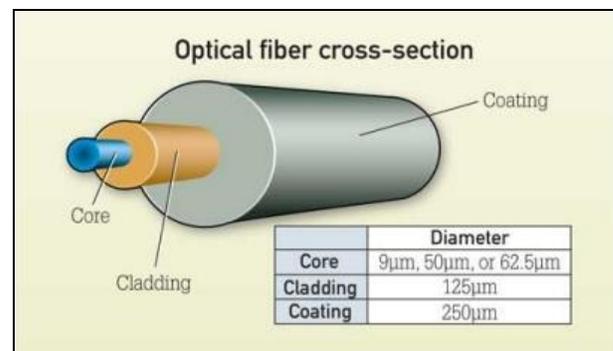


Figura 1 Sección transversal de la fibra óptica

. Optical fiber cabling and component specification considerations (2010).

### 1.1 NUCLEO

El núcleo es la parte central de la fibra óptica mediante la cual la onda de luz viaja, gracias a sus características intrínsecas presenta un índice de refracción distinto al del revestimiento. Dicho índice de

refracción que tiene el núcleo ( $n_1$ ) es mayor que el índice de refracción del revestimiento ( $n_2$ );  $n_1 > n_2$ . (Isidoro Gomez, 2007)

## 1.2 CLADDING

El revestimiento o (Cladding) es la parte que rodea el núcleo, tiene el que cumplir con el objetivo mecánico de proteger al conductor de fibra óptica y limitar la salida de luz del núcleo.

## 1.3 COATING

El recubrimiento primario (Coating), protege el revestimiento de daños y también incrementa el grosor de la fibra para que su manipulación sea más fácil.

## 1.4 VENTAJAS DE LA FIBRA ÓPTICA

Las fibras ópticas, debido a sus características, presentan innumerables ventajas en la relación de los medios físicos metálicos y de comunicación por microondas las principales ventajas son:

Total inmunidad a las interferencias electromagnéticas básicamente las fibras están formadas por sílice que por su naturaleza este elemento es un tipo de cristal que cuenta con propiedades dieléctricas por lo que se exenta totalmente de las radiaciones electromagnéticas y que por lo tanto garantiza la seguridad en el transporte de información de datos; los cables ópticos son constituidos con materiales íntegramente dieléctricos por lo que suministra un excelente aislamiento eléctrico; los problemas como cortocircuitos no son posibles ya que por la fibra óptica no fluye corriente eléctrica sino que se envían pulsos de luz haciendo sea imposible de suscitarse en esta caso

Dimensiones reducidas las fibras ópticas se comparan con las dimensiones del cabello humano para tener una mejor apreciación de cuan pequeñas son dimensiones, ya considerado el revestimiento que tiene la fibra su diámetro oscila en 125  $\mu\text{m}$ , por otro lado el peso de la fibra óptica es mucho más liviano que un cable metálico por ejemplo un cable metálico de cobre de 94kg puede remplazarse por un cable óptico de 3,4kg, debido a mencionadas particularidades hace que la fibra se muestre como un elemento eficiente y eficaz para resolver problemas de saturación de cables que se existe en ductos y pozos de las grandes ciudades así como también en los edificios.

Cualquier desperfecto externo de una posible captación de la señal óptica será fácilmente reconocido, ya que para conseguir la señal óptica se necesitaría intervenir una gran parte de la potencia que se está transmitiendo, por tanto se tiene certeza de la seguridad en el trasporte de información.

Interferencia eléctrica: no se ve afectada por la interferencia eléctrica o radio frecuencia, incluso en los entornos más hostiles.

Aislamiento: en primer lugar es un dieléctrico, por lo cual elimina la necesidad de corrientes eléctricas.

Menos degradación: la pérdida de la señal es menor que en el alambre de cobre.

Seguridad: ofrece altos grados de seguridad debido a que no se puede intervenir por medio de mecanismos eléctricos convencionales, además que los rayos de luz viajan por el centro de la fibra por lo cual pocos o ninguno puede escapar.

Fiabilidad y mantenimiento: es un medio constante y no envejece, son inmunes a condiciones adversas como la humedad y temperatura usando en cables subacuáticos.

## 1.5 QUÉ ES GPON?

Según el estándar ITU-T G.984 señala que los sistemas GPON se caracterizan en general por un sistema de terminación de línea óptica (OLT, optical line termination) y una unidad de red óptica (ONU, optical network unit) o una terminación de red óptica (ONT, optical network termination) con una red de distribución óptica (ODN, optical distribution network) pasiva que los interconecta. Por lo general, existe una relación de tipo uno a muchos entre la OLT y las ONU/ONT respectivamente. (Ver Figura 2)

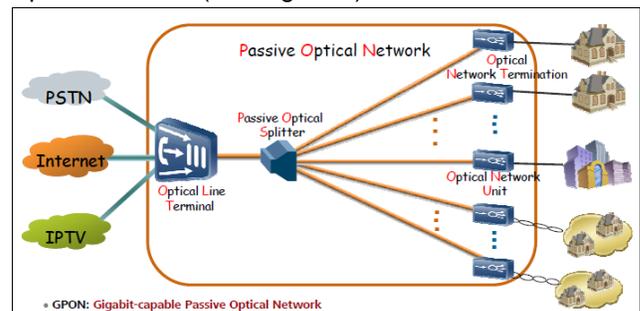


Figura 2. Estructura red red GPON

Fuente: Basado Huawei Technologies Co., Ltd.

A continuación se describen los elementos de la red GPON.

### 1.5.1 OLT (OPTICAL LINE TERMINAL)

La OLT es un elemento activo situado en la central telefónica, desde ahí parten las fibras ópticas hacia los usuarios, cada olt suele tener capacidad para dar servicio a varios miles de usuarios, gracias a su sistema escalable.

### 1.5.2 ODN (OPTICAL DISTRIBUTION NETWORK)

Se refiere a los diferentes elementos ópticos existentes entre la OLT y las diferentes ONTs/ONUs de la red GPON, solo está compuesta por elementos pasivos conllevando un ahorro en el mantenimiento.

### 1.5.3 CABLES TRUNK/FEEDER

Es el cable que sale de la OLT que son de gran capacidad por ser el elemento distributivo del cual se dividirán varios cables de distribución, este cable es enviado de manera canalizada debido a sus características. En el cable feeder generalmente puede tener las capacidades de 288 y 144 hilos.

### 1.5.4 CABLES DE DISTRIBUCIÓN

Este cable es una derivación del cable troncal, esta derivación se puede lograr con una manga de empalme, también se considera como cable de distribución cuando la fibra sale de un armario y es repartido hacia las áreas que se necesite. Cabe señalar que este cable puede ir de forma aérea o canalizada dependiendo del caso donde finalmente llegue, las capacidades del cable de distribución generalmente son: 96, 72, 48, 24,12 y 8 hilos.

### 1.5.5 CABLES DROP

El cable drop es el encargado de realizar la dispersión es decir el cable que llega directamente hacia el usuario, este sale desde la caja de distribución óptica y viaja hacia las ONT que se encuentra en los domicilios.

### 1.5.6 SPLITTER

Tiene la función principal de dividir la señal está asociado al punto de distribución de fibra óptica, básicamente define la topología que se desarrollara además tiene las siguientes características:

### 1.6 ARQUITECTURAS DE RED FTTx (Fiber To The x)

FTTx describe el extremo hasta dónde puede llegar la fibra para brindar el servicio a los usuarios, la x marca las variantes existentes como son las siguientes (FTTH FTTB FTTC y FTTN) que continuación se detallan:

#### 1.6.1 FTTH (FIBER TO THE HOME)

La tecnología FTTH es conocida como fibra hasta el hogar, se basa en la utilización de cables de fibra óptica y sistemas de distribución ópticos adaptados a esta tecnología para la distribución de servicios avanzadas.

## 2. DESCRIPCIÓN ACTUAL NODO CARANQUI.

La CNT cuenta con varios puntos estratégicos para la prestación de servicios en los que se encuentran los diferentes nodos esparcidos por la ciudad uno de estos puntos es el nodo Caranqui este se localiza en las calles Juan Atabalipa e Incas de la parroquia de Caranqui, las coordenadas geográficas del nodo son: Latitud: 0° 19' 29.28"N y Longitud: 78° 7' 29.89"O

El resumen de los equipos con los que cuenta el nodo se lo realiza ya que se debe satisfacer las condiciones necesarias para instalar la OLT tales como sistema de climatización, sistema de energía componentes de telecomunicaciones esto es primordial para que el equipo GPON funcione correctamente. (Ver Tabla 1)

Tabla 1. Equipos existentes en el Nodo Caranqui

Unidades del Nodo	
Sistema de energía	Banco de baterías
	Rectificador
	Rectificador TP48300B
Sistema de telecomunicaciones	DSLAM
	HONET UA 5000
	WDM Optix OSN 6800
	MPLS SWITCH CATALYS 2960
Sistema de climatización	Aire acondicionado

Referencia: El autor

### 3. DISEÑO DE LA RED GPON

En esta parte se realizará el diseño de la red GPON la misma que empieza con la selección de equipos activos de la OLT y ONT, luego se pasa a la selección de elementos pasivos es decir la parte de la ODN, seguidamente se establecerá la mejor ruta del medio de transmisión, y finalmente se realizará un sistema de redundancia.

#### 3.1 COMPONENTES OLT

Actualmente existen varias compañías como: Huawei, Cisco, Motorola, Alcatel-Lucent entre otras que son los proveedores de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones y que tiene como consignatario mayoritario en lo que se refiere a equipos activos a la empresa Huawei.

En esta sección no se hace una comparativa de equipos ya que existe una única gestión y administración a nivel de toda la red GPON de CNT, por lo cual una posible inserción de una nueva OLT de otro fabricante no se pudo realizar por la incompatibilidad que existe.



Figura 3. OLT MA5600T

Fuente: Huawei Technologies Co., Ltd.

Tabla 2. Especificaciones módulo SFP<sup>1</sup>

GPON SFP módulo Especificación	
Tipo	B + Módulo: fibra bidireccional módulo óptico, clase B +
Longitud de onda operativa	Tx: 1490 nm, Rx: 1310 nm
Tipo de encapsulación	SFP
Transmisiones	Tx: 2,49 Gbit / s, Rx: 1,24 Gbit / s
De potencia óptica de salida mínima	Módulo B +: 1,50 dBm
De potencia óptica de salida máxima	Módulo B +: 5,00 dBm
La sensibilidad máxima del receptor	Módulo B +: -28,00 dBm
Tipo de conector óptico	SC / APC
Tipo de fibra óptica	Monomodo
Distancia	20,00 kilómetros

Fuente: Huawei Technologies Co., Ltd. Manual MA5600T Hardware Description

#### 3.2 DISEÑO DE LA ODN (OPTICAL DISTRIBUTION NETWORK)

La red de distribución óptica se considera como una de las partes más imprescindibles del diseño debido a

que en esta sección es donde se encuentra el mayor acaparamiento de atenuación (dB) en los elementos de diseño.(Ver Figura 4)

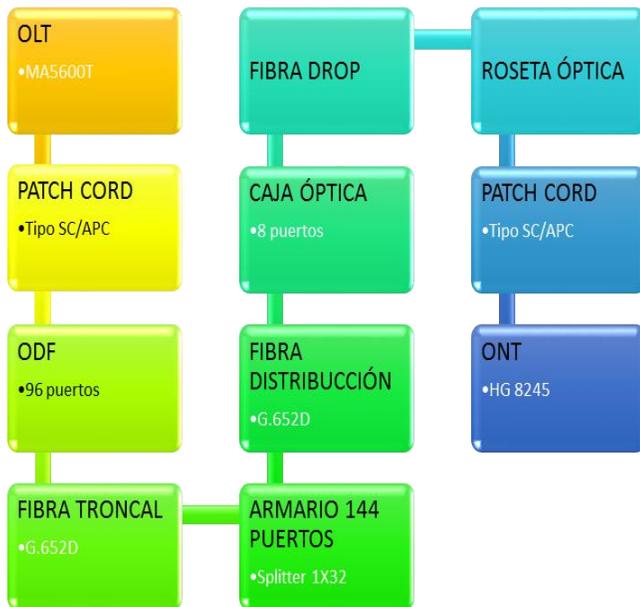


Figura 4. Diagrama de bloques red GPON

Fuente: El Autor

De manera general esta sección de la red está compuesta por un cable FEEDER el cual va desde la OLT proyectada hacia un armario de distribución en donde se encuentra el splitter 1x32 para luego ser distribuido por un conjunto de cables de distribución que llegan a una caja óptica de donde salen los cables DROP para conectar los elementos ONT de los respectivos clientes.

#### 4. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

En esta parte se efectuarán las pruebas para garantizar el funcionamiento de la red GPON, esto se alcanzará utilizando el software OPTISYSTEM que permitirá realizar una simulación, luego se planificará un estudio del enlace óptico para lograr la potencia necesaria en el diseño del enlace.

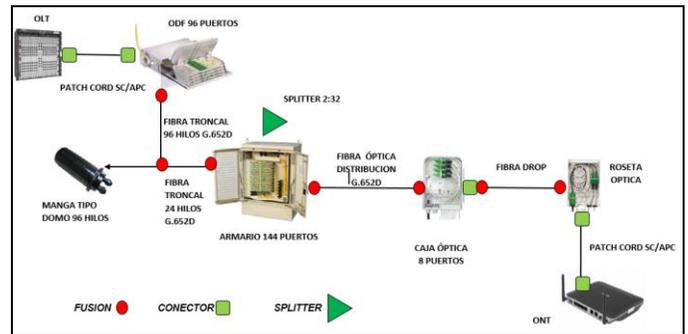


Figura 5. Elemento que interviene en el presupuesto óptico

Fuente: Basado Huawei Technologies Co., Ltd.

A continuación se muestra los valores de las atenuaciones de fusiones, de los conectores, y la atenuación que tiene la fibra en las ventanas de transmisión down y up.

Atenuación por fusión: **0.1 dB** según la recomendación ITU-758

Atenuación por conector: **0.5 dB** según la recomendación ITU-T G.671

Atenuación por splitter 2:32: **16.3 dB** según recomendación del fabricante TE Connectivity, Ltd.

Atenuación de la fibra ventana (1310): **0.35 dB** según recomendación ITU-T G.652

Atenuación de la fibra ventana (1490): **0.30 dB** según recomendación ITU-T G.652

#### 4.1 SIMULACIÓN DE LA RED GPON

La simulación de la red consta de 4 partes fundamentales las cuales son la OLT, la fibra óptica, el splitter y la ONT, en la red propuesta se utiliza varios módulos que componen estas 4 secciones las cuales poseen elementos que son especificaciones predeterminadas y/o complementarias del módulo que se está utilizando.

Los módulos a los que se hace referencia son el Downstream Transmitter que es el componente más importante de la OLT, módulo Bidirectional Fiber que simula el medio de transmisión es decir la fibra óptica, módulo splitter GPON es el elemento que divide la señal 1x32, finalmente en la ONT tiene el módulo BER Analyzer que es el encargado de mostrar el diagrama de ojo de la red GPON.

<sup>1</sup> Small form-factor pluggable transceptor: Transceptor de factor de forma pequeño conectable

## 4.2 ANALISIS DE LOS RESULTADOS

Optisystem 13.0 a través de su módulo (BER Analyzer) permite calcular la tasa de bits errados BER, en esta sección se aprecia el número de bits admitidos de forma errónea respecto al total de bits transmitidos todo esto durante un determinado intervalo de tiempo.

La simulación se la realiza con el objetivo de tener una apreciación de la calidad del enlace óptico a través del diagrama del ojo.

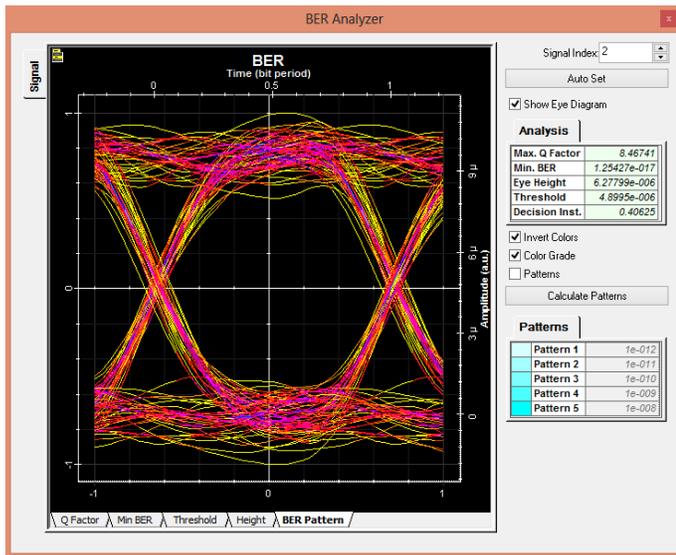


Figura 6. Diagrama del ojo

Fuente: Captura de pantalla simulador Optisystem

En la figura se aprecia un diagrama que exhibe la transposición de las diferentes combinaciones posibles de 1's y 0's en un rango de tiempo

Según la norma ITU-T G.984 la tasa de bits errados debe ser menor a  $1 \times 10^{-10}$  lo cual implica que se genera un bit errado de 10 000 millones de bits transmitidos.

En el presente proyecto se tiene un resultado  $1 \times 10^{-17}$  el cual indica que por cada bit errado se transmiten  $10^{17}$  bits, por lo cual se cumple que la tasa de bits errados sea menor a  $1 \times 10^{-10}$  según la norma anteriormente señalada. (Ver Figura 6)

## 5. COSTO BENEFICIO

### 5.1 COSTOS DE INVERSIÓN

Para poder realizar un análisis costo beneficio o financiero del proyecto se toma en cuenta los costos de los servicios; para lo cual se toma como referencia los planes comerciales que maneja la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP., a nivel nacional los cuales varían según los planes comerciales que se ofrecen al público, cada uno de estos cuenta con diferentes costos y descuentos, a nivel de consumo e instalación.

Los costos de inversión que se deberá costear para la implementación del proyecto son referentes a los que la CNT EP., cuenta para cada proyecto de planta externa, tomando en cuenta que cada costo de material incluye la mano de obra.

Los costos de la inversión se subdivide en: costos de la OLT, costo de la canalización, costo del feeder, costo red distribución, costo red de dispersión y finalmente el costo del back-up, al sumar estos valores obtenemos el costo total de la inversión del proyecto.

Tabla 3. Costos totales

DESCRIPCIÓN	COSTO
EQUIPO ACTIVO	29204,15
FEEDER	8110,78
DISTRIBUCION	12707,07
DISPERSION	9293,02
CANALIZACION	64624,83
BACK UP	20999,36
TOTAL	144939,21

Fuente: El Autor

## 5.2 RELACIÓN COSTO – BENEFICIO (B/C)

La relación costo beneficio es una técnica dentro del ámbito de la toma de decisiones para ver la viabilidad del proyecto y la rentabilidad que brindara a la empresa en este caso a la CNT EP., si los beneficios obtenidos de un proyecto exceden los costos de la inversión, el proyecto sería rentable, caso contrario se debería descartarse.

La relación costo-beneficio del proyecto durante los diez años de vida útil de los equipos se la obtiene de la siguiente relación.

$$B/C = \frac{\text{suma del flujo de caja del año 1 al año 10}}{\text{inversión inicial del proyecto presentado en el año 0}}$$

Ecuación 1. Fórmula costo beneficio

Fuente: Sullivan, W. Wicks, E. Luxhoj, Ingeniería económica de DeGarmo. (2004). Prentice Hall

En donde:

La suma del flujo de caja del año 1 al año 10 = 748390,32

Inversión inicial del proyecto presentado en el año 0 = 147607,02

$$B/C = \frac{748390,32}{147607,02}$$

$$B/C = 5,07$$

Lo que significa que por cada dólar que se invierta se obtendrá 5,07 dólares de utilidad, esto significa que se tendrá una recuperación de la inversión muy favorable, siendo por lo tanto un proyecto rentable económicamente para la CNT EP.

## 6. CONCLUSIONES

- Con el diseño de este proyecto que contempla aspectos de ingeniería y a su vez tiene un enfoque social el cual está dirigido al sector 19

de Enero se pretende mejorar la calidad de vida de todos y cada uno de sus habitantes sin importar las barreras, siempre pensado en el bienestar de la colectividad y defendido la igualdad de todas las personas ya que desde el inicio que se realizó el proyecto se hizo con mucho esfuerzo, compromiso y una gran voluntad con el único afán de servir a los demás.

- El levantamiento de la información del Nodo permitió generar datos reales que permitieron proyectar la OLT con lo cual estos fundamentos pueden ser ocupados para planificar las futuras expansiones en los nodos para propagar la red GPON.
- El diseño de una red GPON se somete estrictamente a los cálculos que se realice en el presupuesto óptico sin superar el límite establecido de 25 dB, ya que esto define la distancia del recorrido de la fibra óptica y su vez la densidad de usuarios a brindar el servicio, así como también puntualiza la capacidad del puerto GPON que según el resultado del presupuesto óptico el puerto puede ser potencializado
- La convergencia de la red la cual unifica los servicios telefonía datos e IPTV hace que los costos por adquirir los servicios bajen considerablemente ya que la administración, gestión, operación & mantenimiento se realizan en una sola red, a diferencia que si se contrata cada servicio por un proveedor diferente.

## 7. RECOMENDACIONES

- En lo que respecta a los criterios de construcción en a la sección de tendido de cable canalizado es que se debe colocar un tritubo en el ducto PVC de 4 pulgadas para brindar protección adicional al cable de fibra óptica además se recomienda que la fibra se pase por el ducto más bajo ya que cuando se intervienen las aceras o calzadas los ductos superiores son los primeros en ser rotos o ser afectados
- A lo largo del diseño se no debe utilizar conectores de diferentes terminaciones se

recomienda usar conectores SC/APC para que todo el despliegue de la red GPON tenga la menor pérdida posible

- Cada tarjeta de servicio GPBD puede ser potencializada cambiando el módulo SFP de cada puerto GPON para proceder con un splitter con un número más alto de salidas y así atender un mayor número de abonados
- Desde el Nodo Caranqui salen varias fibras que atienden clientes corporativos en donde su conexión es punto a punto y utilizan generalmente una cable de 6 hilos por tal motivo se recomienda realizar un reflejo para interconectar la fibra de última milla a la OLT y así poder potenciar la fibra existente pasando de atender 1 a 192 clientes con la fibra existente.
- La OLT expuesta en este proyecto de acuerdo a sus características tiene la potencialidad para realizar un migración de todos los clientes del Nodo Caranqui que actualmente se atiende por la red de cobre, el justificativo de esta afirmación es que la OLT presenta 14 tarjetas de servicio, las cuales constan de 8 puertos cada una y a su vez cada puerto puede servir a 32 clientes, teniendo una capacidad total de 3584 posibles suscriptores, con lo cual se supera la capacidad que actualmente tiene el nodo.

## 8. REFERENCIAS

- Jiménez, F. Espinoza, C. Fonseca, L. (2007). Ingeniería Económica. Editorial tecnológica de Costa Rica.
- Haime, L. Planeación Financiera en la Empresa Modera. (2005). Ediciones Fiscales ISEF.
- Sullivan, W. Wicks, E. Luxhoj, Ingeniería económica de DeGarmo. (2004). Prentice Hal
- Weinstein, Stephen B.; Luo, Yuanqiu; Wang, Ting (2012). The ComSoc Guide to Passive Optical Networks : Enhancing the Last Mile Access. Retrieved from
- Sendín Escalona, Alberto. Tecnologías de acceso para las icts. el instalador, los servicios y las redes de telecomunicaciones. España: Ediciones Experiencia, 2008.
- Rosado, F. J. (2012). Mantenimiento y reparación de instalaciones de telefonía y comunicación (MF0121\_2). España: IC Editorial.
- Beltrán, J. (2013). "Diseño de redes de fibra óptica" CEC-EPN

-Manual Furukawa. (2009) DATA CABLING SYSTEM

-Manual Furukawa. (2009) FIBRA ÓPTICA

-Huawei Technologies. (2011). GPON FUNDAMENTALS

-MANUAL TÉCNICO DE DISEÑO DE ODN PARA LA RED GPON

-MANUAL TÉCNICO DE CONSTRUCCIÓN DE ODN PARA LA RED GPON

## TESIS

-María Sol Gómez y Adriana Morejón. "ESTUDIO Y DISEÑO DE UNA RED DE ACCESO GPON PARA LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES TRIPLE PLAY (VOZ, VIDEO Y DATOS) EN EL SECTOR ORIENTAL DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA" 2012. Capítulo 3 y 4

-Alejandro Emanuel Ruiz Quiranza "IMPLEMENTACIÓN DE UNA CENTRAL TELEFÓNICA, NODO YAHUARCOCHA PARA LA EMPRESA CNT-EP CON EL FIN DE BRINDAR SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES TRIPLE PLAY (VOZ, VIDEO Y DATOS) AL SECTOR MENCIONADO." 2013. Capítulo 2.

-Juliana Alexandra Calderón Utreras. "PLAN DE NEGOCIOS DE UN SISTEMA INALÁMBRICO CDMA 450 EN LA PARROQUIA DE BUENOS AIRES-CANTON URCUQUÍ PARA LA CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES" 2014. Capítulo 5.

## Autor



### Luis D. Vizcaíno

Nació en Tulcán el 26 de Julio de 1989, estudios secundarios realizados en el José Julián Andrade donde obtuvo el bachillerato en Físico Matemático. En 2008 ingresó a la Universidad Técnica del Norte donde realiza sus estudios en la carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación.

# Designing a GPON network in the node Caranqui to the sector 19 de Enero, the city of Ibarra , based on standard ITU -T G.984 , for CNT EP

Universidad Técnica del Norte- Vizcaíno Luis D.

*Abstract- This project 's main purpose is to make a design of a G - PON ( Gigabit Passive Optical Network ) for the sector January 19 the city of Ibarra , this infrastructure to provide integrated telephony, IPTV , internet high speed , this based on the ITU -T standard G.984 .*

*First the node information gathering is done . The GPON network design starts with choosing the type of cards that make up the OLT unit , then the design of the ODN (Optical Distribution Network) is performed,*

*Tests for network operation performed by the optical budget which considers the losses originated around the G -PON complementary design simulation software to run Optisystem finally the cost benefit analysis which shows the feasibility is done draft.*

Terms for indexing - GPON , FTTH , ITU -T G984 , FEEDER , OLT , ODN , SPLITTER

## 1. Theoretical Foundations

The technological development in recent years is due to the use of the transmission medium such as optical fiber which was applied to connect several points that are long distances and thus make transmissions of large data volume.

Optical fibers are composite elements either glass or plastic which have several advantages over metallic cables between the main advantages is the increased efficiency in transmitting large amounts of data, fiber filaments are extremely thin and flexible; or pure silica sand is the basis on which the optical fibers are made.

The applications of the optical fibers are extremely attractive when the voice, high speed data, IP TV, and also the transmission fiber has to be focused versatile communication models

The structure of the optical fiber is cylindrical, the same as is formed by a core which is the central section for this where the light, the section covering the core is known as cladding driving and finally has the section called coating that meets the same mechanical functions. In the following figure (see Figure 1), you can clearly see the structure of the optical fiber.

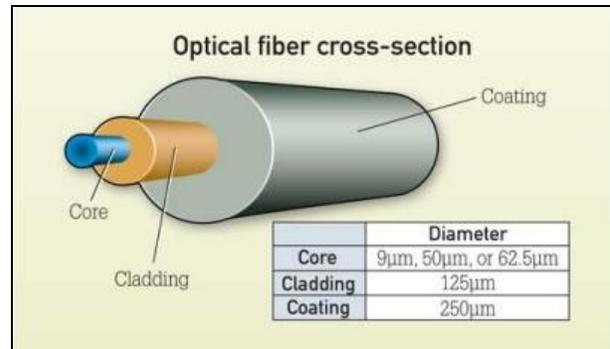


Figure 1 Cross section of the optical fiber . Optical fiber cabling considerations and component specification (2010) .

### 1.1 CORE

The core is the central portion of the optical fiber through which the light wave traveling, thanks to its intrinsic characteristics has a refractive index different from the refractive index of revestimiento. Dicho having the core ( $n_1$ ) is greater than the index coating of refraction ( $n_2$ );  $n_1 > n_2$ . (Isidoro Gomez, 2007)

### 1.2 CLADDING

The coating or (Cladding) is the part that surrounds the core, has to meet the objective of protecting the mechanical optical fiber and limit the light output of the core.

### 1.3 COATING

The primary coating (Coating) protects the lining from damage and also increases the thickness of the fiber for easier handling.

### 1.4 ADVANTAGES OF FIBER OPTICS

Optical fibers, due to their characteristics, have many advantages in the relationship of physical media metal microwave communication and the main advantages are:

Total immunity to electromagnetic interference basically the fibers are made of silica which by its nature this element is a

type of glass which has dielectric properties which are exempted completely from electromagnetic radiation and therefore ensures safe transportation data information; optical cables are integrally formed with dielectric materials so provides excellent electrical insulation; problems like short circuits are not possible because the fiber optic electric current does not flow but light pulses are sent making it impossible to arise in this case

Small size optical fibers compared to the size of human hair to have a better appreciation of small how are dimensions, as considered the coating having the fiber diameter ranges of 125  $\mu\text{m}$ , on the other hand the weight of the fiber is much lighter than a metal wire such as a copper wire rope 94kg can be replaced by an optical cable 3.4kg, due to mentioned characteristics it makes the fiber appear to be an efficient and effective element to solve cables saturation it exists in pipelines and wells of large cities as well as in buildings.

Any external damage of a possible uptake of the optical signal will be easily recognized, as for the optical signal would need to intervene much power is being transmitted, then it is certain security in the transport of information.

Electrical interference: not affected by electrical interference or radio frequency, even in the harshest environments.

Isolation: first is a dielectric, thus eliminating the need for electrical currents.

Less degradation: loss of signal is less than in copper wire.

Security: provides high levels of security because they can not intervene by conventional electrical mechanisms, in addition to the light rays travel through the center of the fiber for which few or none can escape.

Reliability and maintenance is a constant average and not age, are immune to adverse conditions such as humidity and temperature using in underwater cables.

## 1.5 WHAT IS GPON?

According to the standard ITU-T G.984 GPON notes that a system of optical line termination (OLT, optical line termination) and an optical network unit (ONU, optical network unit) or a termination are generally characterized ONT (Optical Network, optical network termination) with a passive optical distribution network (ODN, optical distribution network) that interconnects. Usually, there is a relationship of one-to-many relationship between the OLT and ONU / ONT respectively. (See Figure 2)

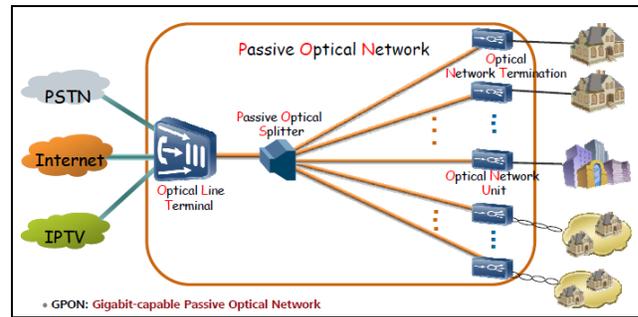


Figure 2. Structure GPON network  
Source : Based Techonologies Huawei Co. , Ltd.

The elements of the GPON network are described.

### 1.5.1 OLT (Optical Line Terminal)

The OLT is an active element at the telephone exchange, thence depart optical fibers to users, each olt usually be able to serve several thousand users, thanks to its scalable system.

### 1.5.2 ODN (OPTICAL DISTRIBUTION NETWORK)

It refers to the different existing optical elements between the OLT and the different ONTs / ONUs of the GPON network, it comprises only passive elements leading to savings in maintenance.

### 1.5.3 CABLE TRUNK / FEEDER

It is the cable from the OLT that are of great capacity as the distributive element which several distribution cables are divided, this cable is sent channeled way due to their characteristics. In the feeder cable can generally have capacities of 288 and 144 threads.

### 1.5.4 Distribution CABLES

This cable is a derivation of the trunkline, this derivation can be achieved with a sleeve joint, it is also considered as a distribution cable when the fiber out of a closet and is divided into the areas that need it. Note that this cable can be channeled aerielly or depending on the case where it finally arrives, the cable distribution capabilities usually are: 96, 72, 48, 24,12 and 8 threads.

### 1.5.5 DROP CABLES

The drop cable is in charge of making the dispersion is the cable that goes directly to the user, this comes from the optical distribution box and travels to the ONT found in homes.

SPLITTER 1.5.6

The main function of dividing the señalestá associated distribution point fiber optic topology basically defines it developed also has the following characteristics:

6 Network architectures FTTx (Fiber To The x)

FTTx describes the end how far the fiber to provide the service to users, the x mark existing variants are as follows (FTTH FTTB and FTTN FTTC), which are detailed below:

1.6.1 FTTH (Fiber To The Home)

FTTH technology is known as fiber to the home, it relies on the use of fiber optic cables and optical distribution systems adapted to this technology for the distribution of advanced services.

1. DESCRIPTION CURRENT NODE CARANQUI

The CNT has several strategic points to provide services that are different nodes scattered throughout the city one of these points is the Caranqui node is located on the streets and Inca Atahualpa John Parish Caranqui, the coordinates geographical node are: Latitude: 0 ° 19 '29.28 "N and Longitude: 78 ° 7' 29.89" O

The summary of the teams that has the node is done since it must satisfy the conditions necessary to install the OLT such as air conditioning system, energy system components that telecommunications is essential for the GPON equipment is functioning properly. (See Table 1)

Table 1. Existing equipment in Node Caranqui

Unidades del Nodo	
Sistema de energía	Banco de baterías
	Rectificador
	Rectificador TP48300B
Sistema de telecomunicaciones	DSLAM
	HONET UA 5000
	WDM Optix OSN 6800
	MPLS SWITCH CATALYS 2960
Sistema de climatización	Aire acondicionado

3. DESIGN GPON

In this part of the design of GPON it begins with the selection of active equipment of the OLT and ONT network will be , then it goes to the selection of passive elements is part of the ODN , then the best route is set the transmission medium , and finally a redundancy system is performed.

3.1 COMPONENTS OLT

Currently there are several companies like Huawei, Cisco , Motorola , Alcatel - Lucent and other vendors are the National Telecommunications Corporation and is majority consignee as regards active equipment company Huawei.

This section provides a comparison of equipment is not done because there is a single management and administration -wide GPON CNT network , so a possible insertion of a new OLT of another manufacturer I could make the incompatibility



Figure 3. OLT MA5600T  
Source : Huawei Technologies Co. , Ltd.

Table 2. Specifications SFP module

GPON SFP módulo Especificación	
Tipo	B + Módulo: fibra bidireccional módulo óptico, clase B +
Longitud de onda operativa	Tx: 1490 nm, Rx: 1310 nm
Tipo de encapsulación	SFP
Transmisiones	Tx: 2,49 Gbit / s, Rx: 1,24 Gbit / s
De potencia óptica de salida mínima	Módulo B +: 1,50 dBm
De potencia óptica de salida máxima	Módulo B +: 5,00 dBm
La sensibilidad máxima del receptor	Módulo B +: -28,00 dBm
Tipo de conector óptico	SC / APC
Tipo de fibra óptica	Monomodo
Distancia	20,00 kilómetros

Source : Huawei Technologies Co. , Ltd. Manual Hardware Description MA5600T

### 3.2 DESIGN ODN (OPTICAL NETWORK distribution )

The optical distribution network is considered one of the most essential parts of the design because in this section is where the greatest grabbing attenuation ( dB ) in the design elements . (See Figure 4 )

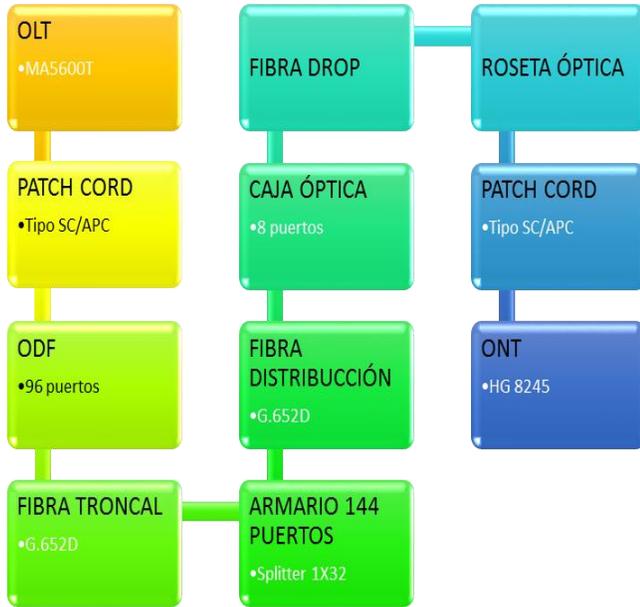


Figure 4. Block diagram GPON  
Source : The Author

In general this section of the network is composed of a FEEDER wire which goes from the OLT projected toward a cabinet in where the splitter 1x32 then be distributed by a group of distribution cables that reach an optical box from where the DROP cables to connect the ONT elements of the respective customers.

### 4. PERFORMANCE TESTING

In this part of the test to ensure the functioning of the GPON network will be made , this will be achieved using the software OPTISYSTEM to perform a simulation, then a study of the optical link is planned to achieve the necessary power in the link design .

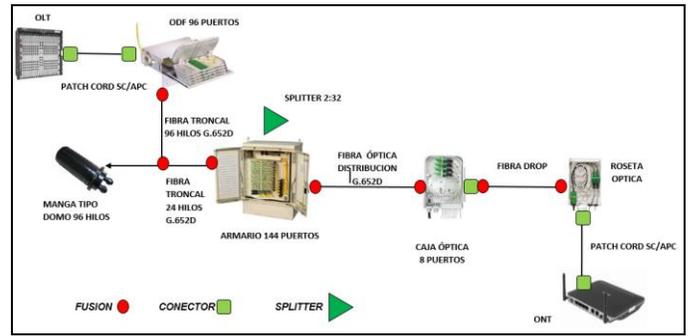


Figure 5. element involved in the optical budget  
Source : Based Techonologies Huawei Co. , Ltd

The values of the attenuation of mergers, connectors, and fiber attenuation is in transmission windows down and shown up.

- Melt attenuation: 0.1 dB according to Recommendation ITU-758
- Connector attenuation: 0.5 dB according to Recommendation ITU-T G.671
- 2:32 splitter attenuation: 16.3 dB as recommended by the manufacturer TE Connectivity Ltd.
- Fiber attenuation window (1310): 0.35 dB according to Recommendation ITU-T G.652
- Fiber attenuation window (1490): 0.30 dB according to Recommendation ITU-T G.652

### 4.1 SIMULATION GPON

The network simulation consists of 4 main parts which are the OLT, the optical fiber, the splitter and the ONT, the proposed network several modules of these 4 sections which have elements that are predetermined and / or specifications are used complementary module being used.

The modules referred to are the Downstream Transmitter is the most important component of the OLT module Bidirectional Fiber simulating the transmission medium that is the fiber optic module splitter GPON is the element that divides the 1x32 signal finally the ONT has the BER Analyzer module that is responsible for rendering the eye diagram of the GPON network

### 4.2 ANALYSIS OF RESULTS

13.0 Optisystem through their module ( BER Analyzer) allows to calculate the BER bit wrong cup , in this section the number of bits erroneously admitted shown to total bits transmitted all this for a specified time interval.

The simulation is performed in order to have an appreciation of the quality of the optical link through the eye diagram.

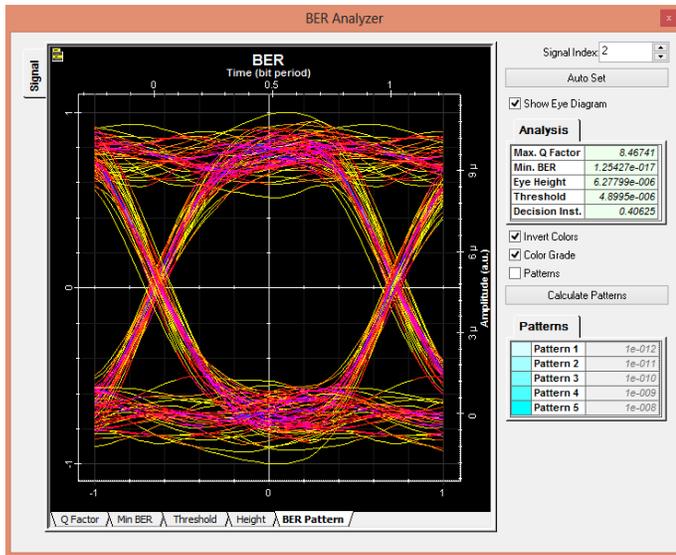


Figure 6. Diagram of the eye

Source : Capture screen simulator Optisystem

The figure shows a diagram displaying the transposition of the different possible combinations of 1'sy 0's in a time range is appreciated

According to the ITU-T standard G.984 Cup erroneous bits must be less than implying that a bit wrong 10 000 million bits transmitted is generated.

In this project we have a result which indicates that for every wrong bit bits are transmitted, so it is true that the rate of wrong bits is less than according to the abovementioned standard. (See Figure 6)

## 5. COST BENEFIT

### 5.1 INVESTMENT COSTS

To perform a cost benefit analysis of the project or business takes into account costs of services; for which draws on business plans that manages the National Telecommunications Corporation CNT EP., national which vary according to business plans that are offered to the public, each of these has different costs and discounts level consumption and installation.

Investment costs should pay for the project implementation are related to the CNT EP., Account for each project outside plant, considering that each material cost includes labor.

The investment costs are divided into: OLT costs, cost of the pipeline, feeder costs, cost distribution network, dispersion network cost and finally the cost of back-up, adding these values we obtain the total cost of project investment.

Table 3. Total costs

DESCRIPCIÓN	COSTO
EQUIPO ACTIVO	29204,15
FEEDER	8110,78
DISTRIBUCION	12707,07
DISPERSION	9293,02
CANALIZACION	64624,83
BACK UP	20999,36
<b>TOTAL</b>	<b>144939,21</b>

Source: the author

### 5.2 COST - BENEFIT ( B / C )

The cost-benefit ratio is a technique within the scope of decision-making for project viability and profitability that would give the company in this case to the CNT EP . , If a project benefits exceed costs investment , the project would be profitable , otherwise they should be discarded .

The cost-benefit ratio of the project during the ten year life of the equipment is obtained from the following relationship.

$$B/C = \frac{\text{suma del flujo de caja del año 1 al año 10}}{\text{inversión inicial del proyecto presentado en el año 0}}$$

#### 5. Formula cost-benefit equation

Source : Sullivan, W. Wicks, E. Luxhoj , economic engineering DeGarmo . (2004 ) . Prentice Hall

Where:

The sum of cash flow from year 1 to year 10 = 748,390.32

Initial investment in the project presented in year 0 = 147607,02

$$B/C = \frac{748390,32}{147607,02}$$

$$B/C = 5,07$$

Which means that for every dollar invested will get \$ 5.07 of profit , this means a very favorable recovery of investment will , thus being economically profitable project for the CNT EP

## 6. CONCLUSIONS

- With the design of this project includes engineering aspects and in turn has a social approach which is aimed at industry January 19 is to improve the quality of life of each and every

one of its inhabitants regardless of the barriers, always thought on the welfare of the community and defended the equality of all people and that from the beginning the project was conducted with much effort, commitment and a willingness with the sole purpose of serving others.

- The lifting of the node information possible to generate real data that allowed project the OLT with which these principles can be employed to plan future expansions in the nodes to propagate the GPON network.
- The design of a GPON network is strictly subjected to the calculations performed in the optical budget without exceeding the limit of 25 dB, as this defines the distance of travel of the optical fiber and turn user density to provide service, as well as points out the ability of the GPON port depending on the outcome of the budget optical port can be potentiated
- The convergence of the network which unifies services telephony data and IPTV makes the costs for purchasing services down considerably since the administration, management, operation & maintenance are performed on a single network, unlike if you hire each service by a different provider.

## 7. RECOMMENDATIONS

- In regard to the construction criteria section of cable run is to be channeled to place a tritube in 4-inch PVC pipe to provide additional protection to the fiber optic cable is also recommended that the fiber is passed the lowest product because when sidewalks or driveways are involved higher products are the first to be broken or be affected
- During the design must not be used different endings connectors are recommended SC / APC connectors for all deployment of the GPON network has the lowest possible loss
- Each service card GPBD may be potentiated by changing the SFP module each port GPON to proceed with a splitter with a higher number of outputs and thus serve a larger number of subscribers
- From the Node Caranqui leave several fibers serving corporate clients where their connection is point to point and generally use a 6-wire cable for this reason is recommended to interconnect a reflection last mile fiber to the OLT so we can empower existing fiber going to serve 1-192 fiber with existing customers.
- The OLT exposed in this project according to their characteristics has the potential for a migration of all customers Node Caranqui currently abides by the copper network, the justification for this is that the OLT has 14 service cards , which consist of eight ports each turn and each port can serve clients 32, having a total capacity of 3584 potential subscribers, which currently has the capacity is exceeded node.

## 9. REFERENCES

- Jiménez, F. Espinoza, C. Fonseca, L. (2007). Ingeniería Económica. Editorial tecnológica de Costa Rica.
- Haime, L. Planeación Financiera en la Empresa Modera. (2005). Ediciones Fiscales ISEF.
- Sullivan, W. Wicks, E. Luxhoj, Ingeniería económica de DeGarmo. (2004). Prentice Hal
- Weinstein, Stephen B.; Luo, Yuanqiu; Wang, Ting (2012). The ComSoc Guide to Passive Optical Networks : Enhancing the Last Mile Access. Retrieved from
- Sendín Escalona, Alberto. Tecnologías de acceso para las icts. el instalador, los servicios y las redes de telecomunicaciones. España: Ediciones Experiencia, 2008.
- Rosado, F. J. (2012). Mantenimiento y reparación de instalaciones de telefonía y comunicación (MF0121\_2). España: IC Editorial.
- Beltrán, J. (2013). "Diseño de redes de fibra óptica" CEC-EPN
- Manual Furukawa. (2009) DATA CABLING SYSTEM
- Manual Furukawa. (2009) FIBRA ÓPTICA
- Huawei Technologies. (2011). GPON FUNDAMENTALS
- MANUAL TÉCNICO DE DISEÑO DE ODN PARA LA RED GPON
- MANUAL TÉCNICO DE CONSTRUCCIÓN DE ODN PARA LA RED GPON
- TESIS**
- María Sol Gómez y Adriana Morejón. "ESTUDIO Y DISEÑO DE UNA RED DE ACCESO GPON PARA LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES TRIPLE PLAY (VOZ, VIDEO Y DATOS) EN EL SECTOR ORIENTAL DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA" 2012. Capítulo 3 y 4
- Alejandro Emanuel Ruiz Quiranza "IMPLEMENTACIÓN DE UNA CENTRAL TELEFÓNICA, NODO YAHUARCOCHA PARA LA EMPRESA CNT-EP CON EL FIN DE BRINDAR SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES TRIPLE PLAY (VOZ, VIDEO Y DATOS) AL SECTOR MENCIONADO." 2013. Capítulo 2.
- Juliana Alexandra Calderón Utreras. "PLAN DE NEGOCIOS DE UN SISTEMA INALÁMBRICO CDMA

450 EN LA PARROQUIA DE BUENOS AIRES-CANTON URCUQUÍ PARA LA CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES” 2014. Capítulo 5.



D. Luis Vizcaino

Born in Tulcán on July 26, 1989 , secondary studies in the José Julián Andrade where he earned a degree in Mathematical Physics . In 2008 he joined the Technical University of the North where he studied at the Engineering in Electronics and

Communication Networks