

Conference Paper

Migración tecnológica utilizando VDSL/FTTX para mejorar los servicios de telecomunicaciones de una red de acceso en Guano

Technological migration using VDSL / FTTX to improve telecommunications services in an access network in Guano

D. Veloz-Chérrez, V. Ramos, F. Santacruz, and F. Cabrera

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Riobamba-Ecuador

Resumen

Este trabajo detalla el uso eficiente y reutilización de recursos de infraestructura a través de la migración de una red de acceso convencional a una nueva red que implemente tecnología VDSL/FTTX para mejorar los servicios de telecomunicaciones en la ciudad Guano por intermedio de CNT EP. Se realizó un análisis comprensivo del estado actual de redes FTTX que utilizan tecnología VDSL para establecer el aporte en la mejora de servicios en redes implementadas. Por otro lado, se realizaron mediciones de los principales parámetros eléctricos (resistencia de bucle, atenuación y señal ruido) en 427 redes telefónicas en diferentes sectores del cantón Guano para conocer sus estados actuales y determinar los sectores con mayor deficiencia de servicio y que por ende no cumplieran con los valores mínimos admitidos en la normativa de CNT EP. La implementación se realizó en el sector El Cisne conforme a la Normativa de diseño de Planta Externa con Plataformas de Acceso Exterior de CNT EP. Los resultados de la implementación permitieron tener un 91.27% de nivel de aceptación de la red con respecto a la resistencia de bucle, un 91.03% de aceptación con respecto a la atenuación y 95.29% respecto a al SNR, conforme a los establecido en la normativa vigente. Por lo tanto, la red de acceso implementada permite brindar QoS en el servicio de voz y datos para garantizar una reducción de gastos operativos, aumentar la competitividad, prestación de servicio eficiente a los clientes y cumplimiento de requisitos de la normativa de CNT EP.

Abstract: This paper details efficient use and reuse of infrastructure through the migration from a traditional access network to a new network that implements VDSL / FTTX technology in order to improve telecommunications services in Guano city through CNT EP. The current state of FTTX networks that use VDSL technology was analyzed in order to establish the contribution for improving services in networks already implemented. On the other hand, measurements of electrical parameters (loop resistance, attenuation and signal noise) were carried out on 427 telephone networks in different sectors of Guano city to know their current states and decide the sectors with the greatest service deficiency and did not meet the minimum values allowed

Corresponding Author:

D. Veloz-Chérrez

diego.veloz@esepoch.edu.ec

Received: 10 January 2020

Accepted: 17 January 2020

Published: 26 January 2020

Publishing services provided by
Knowledge E

© D. Veloz-Chérrez et al. This article is distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License](#), which permits unrestricted use and redistribution provided that the original author and source are credited.

Selection and Peer-review under the responsibility of the VI Congreso Internacional Sectei 2019 Conference Committee.

 **OPEN ACCESS**

in the CNT EP regulations. The implementation was carried out in El Cisne sector in accordance with the External Plant Design Regulations with External Access Platforms for Network Deployment with VTL / FTTC Technology, by CNT EP. The results of the implementation showed 91.27% acceptance level of the loop resistance in the network, a 91.03% acceptance level of the attenuation and a 95.29% with respect to the signal noise, in accordance with the parameters established in the regulations. In conclusion, the access network with VDSL / FTTC technology implemented allows to provide QoS in the voice and data service in order to guarantee an efficient service to the clients and fulfilling all the requirements requested by the CNT EP.

Palabras Claves: FTTC, VDSL, Fibra óptica, Atenuación, Resistencia de Bucle, SNR.

Keywords: FTTC, VDSL, Fiber optic, Attenuation, Loop Resistance, SNR.

1. Introducción

En la actualidad las telecomunicaciones tienden a la integración de todo tipo de servicios en una sola infraestructura de red. Estas redes deben ofrecer calidad de servicio, capacidad, fiabilidad y seguridad equivalente al de las redes telefónicas públicas conmutadas. Para darle solución al desarrollo de estas redes, han aparecido en el mercado numerosos equipos, técnicas, tecnologías y protocolos que permiten la creación de modelos de redes capaces de cubrir dichas necesidades. Estos modelos son conocidos como modelos de Red de Próxima Generación NGN (Next Generation Networks). (1)

Dentro de una red NGN se encuentran los armarios inteligentes que proporcionan el servicio de Voz sobre IP (VoIP) y servicios de banda ancha. De igual manera, estos armarios integran plataformas con equipos de tecnología DSLAM (Multiplexor de Línea de Acceso de Abonado Digital), los cuales son necesarios para brindar servicio con tecnología VDSL (Very high-bit-rate Digital Subscriber Line). Esto permite la provisión de servicios de voz y de banda ancha a los usuarios. Además, estos dispositivos permiten utilizar gran parte de los elementos de la red telefónica actual, factor importante para la reutilización de recursos y su eficiente uso. Por lo tanto, el objetivo de esta migración es proveer servicios de voz y datos a usuarios que no los poseen. En los sectores residenciales, una opción para lograr altas velocidades para transmisión de datos se logra a través de una red de cables de fibra óptica alimentando a unidades ópticas de red con conexión final a través de la red telefónica de cobre. (2)

El punto clave tecnológico y de diseño de VDSL es aumentar el espectro de frecuencias al generar un ancho de banda de hasta 52 Mbps (5 veces más que ADSL), lo cual supone que la integración de servicios de banda ancha pueden ser distribuidos por este tipo de redes. Las características de VDSL son suficientes para proveer servicios antes de implementación de una red FTTH. Sin embargo, se espera que en un futuro se logre una implementación en la mayoría de redes metropolitanas, hecho que no ha sucedido aún por costos de instalación, y por falta de popularización de la mayoría de servicios. (2)

Una instalación telefónica consiste de un par de cables de cobre que la compañía telefónica instala en el hogar. Estos cables tienen suficiente ancho de banda para transportar datos y conversaciones de voz por el mismo medio, pero dado que las conversaciones de voz consumen sólo una pequeña porción de la capacidad disponible de los cables, entonces VDSL explota esta capacidad restante para transportar información, sin descuidar el servicio de voz. (3)

Los servicios estándar limitan las frecuencias que los switches, los teléfonos y otros equipos pueden transportar. Por ejemplo, la voz humana puede ser transportada en un ancho de banda de 4Khz y dado que los cables pueden transportar frecuencias de varios MHz, se puede aprovechar esta capacidad restante con equipos modernos que envían señales digitales. Por esta razón, VDSL es el punto clave ya que utiliza dos tipos de equipamiento, una del lado del usuario, otra del proveedor. (3)

Buscando atender los nuevos requerimientos de los clientes en cuanto a servicios de voz y datos, se pretende reutilizar las redes telefónicas existentes con el fin de generar reducción de costos operativos, aumentar su competitividad, mejorar la calidad de servicio de los clientes y extender su escalabilidad.

En la actualidad, la población de Guano cuenta con redes telefónicas que proveen servicio de voz y datos limitados en algunos sectores y en otros solo servicio de voz, por lo cual se ha tomado esta problemática para realizar el mejoramiento de estas redes telefónica, permitiendo incluir nuevos servicios de última generación que servirán para el desarrollo de este sector de Provincia de Chimborazo.

Por todo lo que antecede y la importancia del tema, se direcciona la presente investigación para el Diseño e Implementación de una red de acceso con fibra óptica utilizando tecnología VDSL/FTTX, para mejorar los servicios de telecomunicaciones de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones Empresa Pública en Guano.

1.1. Trabajos Relacionados

Estudios anteriormente desarrollados sobre temas relacionados al presente trabajo respaldan la investigación y establecen métodos de análisis. Entre estos trabajos se tienen los siguientes:

“Red de acceso con Fibra Óptica mediante Tecnología FTTX para optimizar espacios y servicios en la Corporación nacional de Telecomunicaciones EP. (Empresa Pública)” (8), concluye que “Debido al avance de las telecomunicaciones a nivel mundial y nacional han surgido nuevas tecnologías capaces de proveer a los usuarios nuevos y mejores servicios, siendo las redes FTTX una buena alternativa para acceder a aplicaciones que requieren banda ancha utilizando el cableado de cobre existente, esto gracias a VDSL que también es de última generación.”

“Estudio para la implementación de armarios inteligentes en la red telefónica de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones E.P. del cantón Azogues para brindar servicio triple play” (3). Este estudio analiza los aspectos técnicos para la instalación de los armarios inteligentes en puntos estratégicos en los diferentes sectores del cantón Azogues, evidenciando la factibilidad de implantación de la tecnología VDSL/ FTTX.

“Despliegue de las técnicas VDSL2. Evaluación preliminar” (2). En este estudio se analiza la tecnología VDSL, su arquitectura física y lógica, así como esquemas de las diferentes Redes que pueden trabajar con esta tecnología.

2. Metodología

El desarrollo de este trabajo es experimental debido a que se trata de una implementación, para lo cual se manipularan variables con el objetivo de evaluar y examinar los efectos que se manifiestan en la variable dependiente cuando se introduce la variable independiente, es decir observar sus consecuencias que en este caso es el mejoramiento de calidad de servicio. El diseño e implementación de la nueva red para la migración tecnológica se realizó a partir de mediciones de campo mediante el equipo Dynatel 965AMS, las cuales permitieron la obtención de la información en el lugar de investigación mediante la recolección de información y parámetros necesarios para la evaluación e identificación de la problemática existente.

El análisis inductivo-deductivo de los datos recolectados permite estudiar el problema desde su globalidad para establecer soluciones en sectores específicos donde se han determinado deficiencias en los servicios y que ayudarán a mejorar la calidad en la nueva red implementada. Además, a través de la observación por medio de mediciones

y por recolección de datos y la experimentación por medio de la implementación, permitirá llegar a una conclusión general. Cada elemento de las redes es analizado para observar las causas, la naturaleza y los efectos que permiten comprender de mejor manera su comportamiento.

2.1. Sistemas de Telecomunicaciones

La finalidad de un sistema básico de telecomunicaciones es comunicar dos o más usuarios, permitiendo la transferencia de la información entre ellos. Existen algunos tipos de redes de telecomunicaciones, tanto públicas como privadas. A nivel del mundo la telefonía pública consiste en una de las mayores redes de telecomunicaciones. Durante los últimos años se han producido avances significativos en la oferta de servicios de acceso a Internet, con un crecimiento sostenido de los accesos mediante ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) y redes de cable. (1)

En general, las tecnologías de acceso de banda ancha han experimentado un aumento importante de prestaciones en los últimos años, consiguiendo que se puedan ofrecer todo tipo de servicios, incluso los más exigentes. Las principales tecnologías de acceso, considerando tanto sus características técnicas de prestaciones y escalabilidad, como su adecuación a los servicios de telecomunicación. Siendo el objetivo principal la convergencia de redes, en un contexto en el que los operadores buscan ofrecer paquetes de servicios cada vez más completos, por ejemplo telefonía, televisión e Internet (triple play), con el objeto de mejorar su posición competitiva y captar nuevos clientes. (1)

2.2. VDSL Very High Speed Digital Subscriber Line

Very High Speed Digital Subscriber Line o llamada también línea de abonado digital de muy alta tasa de transferencia, representa el último estándar tecnológico para la familia xDSL, al implementar la tecnología anterior ADSL, en muchos aspectos como ancho de banda, simetría y capacidad de proveer los servicios avanzados de última generación, los cuales incluyen data, video y voz. El punto clave tecnológico y de diseño de VDSL es aumentar el espectro de frecuencias al generar un ancho de banda de hasta 52 Mbps, (mas de 5 veces ADSL), lo cual supone que la integración de servicios de banda ancha pueden ser distribuidos por una red VDSL, sin problema alguno.(4)

VDSL ha sido creado para proveer el enlace final entre una red de fibra óptica y una red de cobre, con lo cual el medio físico utilizado es autónomo. Una de las ventajas es

utilizar la infraestructura existente de cableado local. (4) La Fig. 1 muestra la arquitectura VDSL.

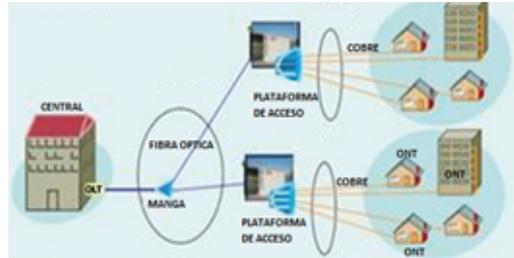


Figure 1: Arquitectura VDSL. (Fuente: Alba Verónica Ramos Flores)

2.2.1. Características de VDSL

Desde el punto de vista tecnológico, la sucesora del ADSL se considera al VDSL. En sentido descendente ADSL suministra transporte de datos de varios Mbps, mientras que en sentido ascendente facilita cerca de 1 Mbps. Por su parte, VDSL puede transportar datos de video y de otros tipos de tráfico a velocidades de hasta 58 Mbps, por lo tanto las velocidades que ofrece el VDSL son de cinco a diez veces superiores a ADSL. Adicionalmente, al instalarse de forma simétrica o asimétrica, se adecúa mejor a las exigencias del mercado.

En el ambiente de agencias, VDSL puede satisfacer: la demanda creciente de acceso de datos más rápido, las llamadas de videoconferencia de gran calidad entre varias localidades.(5)

Entre las aplicaciones comerciales típicas que VDSL puede soportar, se encuentran la interconexión de VPN y LAN (5). La tecnología VDSL basada en equipos de arquitectura de banda ancha satisface la demanda de mayor ancho de banda para el transporte de servicios, lo cual puede simultáneamente proporcionar un acceso a Internet más rápido, video interactivo y mayor velocidad para los servicios de comunicación de voz y datos (6).

VDSL será suministrada a menudo desde un gabinete situado en la calle equipado con una fibra óptica conectada a la red backbone por motivo de las restricciones de distancia Esta topología, es la FTTCab y se muestra en la Fig. 2.

2.3. Redes FTTX (7)

Las llamadas redes de fibra FTTx (fiber-to-the, Fibra hasta), donde se llega con fibra a lugares cercanos al usuario final, pueden ser de diferente tipo, entre ellas tenemos:

FTTN (Fiber-to-the-node): el tramo de fibra termina en una cabina situada en la calle de entre 1,5 a 3 km del usuario.

FTTC (Fiber-to-the-curb): hasta la acera y la terminación con xDSL hasta la residencia. En este caso la cabina se encuentra más próxima al usuario, a una distancia entre 300 y 600 metros.

FTTB (Fiber-to-the-building o Fiber-to-the-basement): el proveedor de servicio llega hasta el cuarto de distribución del edificio. A partir de este punto se llega hasta el usuario normalmente utilizando par de cobre.

FTTH (Fiber-to-the-home): la fibra llega al interior o a la fachada de la vivienda. La Fig. 2 muestra las arquitecturas de las diferentes redes FTTX.

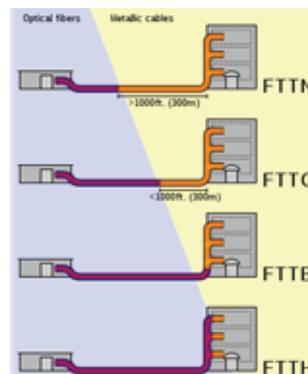


Figure 2: Arquitecturas FTTX. (Fuente: Marchukov, 2011)

2.4. Red FTTC

Fibra hasta la acera es una arquitectura avanzada de red de fibra/cobre híbrida que ofrece más capacidad de ancho de banda que las redes de cobre tradicionales. La arquitectura híbrida de fibra/cobre utiliza infraestructura de fibra óptica implementada desde el centro de conmutación central hasta la acera y aprovecha el uso de la infraestructura de cobre heredada existente para el suscriptor final.(7)

El nodo de conexión se encuentra a una distancia inferior a los 300 metros del punto final (la conexión en el domicilio). Al ser el sistema FTTC un sistema en banda base el mecanismo de multiplexado para repartir la información a los usuarios se realiza con técnicas TDM. El multiplexado de la unidad óptica puede realizarse mediante un conmutador ATM que maneja anchos de banda del bucle de abonado cercanos a los 50 Mb/s sobre cable de cobre. La MDU (Multi-Dwelling Unit) sería en este caso un mini-DSLAM con un puerto GPON hacia la central del operador y puertos VDSL2,

en ocasiones también ofrecen puertos RF, E1/T1 o FE/GbE) hacia los usuarios, como muestra la Fig. 3.(7)

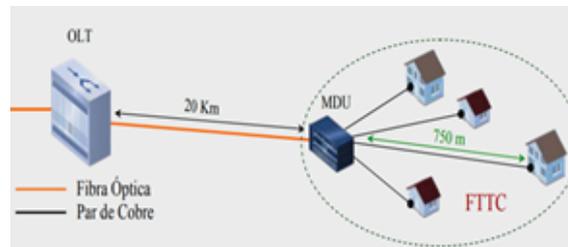


Figure 3: Topología FTTC.

2.5. Población De Estudio

La población para este estudio se considera a todos los usuarios del servicio de telefonía fija e internet suscritos a la Corporación Nacional de Telecomunicaciones Empresa Pública en el sector de Guano, actualmente son un total de 1798 usuarios distribuidos en 6 sectores estratégicos.

2.6. Unidad de Análisis

La unidad de análisis que referencia a la presente investigación, es la disponibilidad de los datos de la CNT EP. Los datos a ser analizados serán todos y cada uno de los valores obtenidos durante las pruebas de campo realizadas de los parámetros de la red como son: Resistencia de bucle, aislamiento, longitud de la línea, voltajes de AC y DC y relación señal a ruido SNR.

2.7. Selección de la Muestra

Debido a que la población está subdividida en sectores o estratos, para seleccionar el tamaño de la muestra se utilizó un muestreo estratificado aleatorio de la población en estudio.

2.8. Tamaño de la muestra

Sera obtendrá mediante la respectiva formula estadística, debiéndose calcular para cada uno de los sectores involucrados en la presente trabajo de investigación.

$$n = \frac{Z^2 * q * p * N}{N * E^2 + Z^2 * (p * q)}; \tag{1}$$

En donde:

N: Tamaño de la Población

E: Error o Precisión =>(0.10) = 10%

Z: Nivel de Confianza =>(1.96) correspondiente al 95%

p: Variabilidad Positiva =>(0.5)

q: Variabilidad Negativa =>(0.5)

En la Tabla 1. visualiza la muestra obtenida para cada sector, mediante la aplicación de la ecuación (1).

TABLE 1: Cálculo de la Muestra.

Sectores	Distritos	Usuarios	Muestra
Sector 1	Distrito 1	503	80 usuarios
Sector 2	Distrito 2	306	73 usuarios
Sector 3	Distrito 3	328	74 usuarios
Sector 4	Distrito 4	205	65 usuarios
Sector 5	Distrito 5	224	67 usuarios
Sector 6	Distrito 6	232	68 usuarios
TOTAL		1798	abonados

2.9. Recopilación de los datos

Con la muestra obtenida por cada distrito se procedió a realizar las mediciones eléctricas en las respectivas redes telefónicas, de forma aleatoria. Se solicitó los listados de los clientes existentes en cada distrito, información adquirida del sistema Open Flexis y GIS de la CNT EP. y con la ayuda de un generador aleatorio de números se seleccionó las redes telefónicas a ser medidas.

Para la realización de las pruebas de campo se utilizó el Equipo Dynatel 965AMS este quipo combina los instrumentos de medición más comunes de uso en redes de telecomunicaciones de cobre para Voz y Banda Ancha con la facilidad de usar

módulos de prueba enchufables, posee un TDR + Analizador + Localizador de fallas en red Telefónica + MODEM ADSL2.

A los valores obtenidos se les asigna una valorización según la escala de Likert, que para el análisis lo llamaremos nivel de aceptación en cada uno de los parámetros medidos, para realizar el estudio de los datos de mejor manera, tomando en cuenta los tres parámetros principales para evaluar el funcionamiento de las redes telefónicas, basándose en los valores establecidos por la Normativa vigente de la CNT EP., estos parámetros son; Atenuación, Resistencia de Bucle y SNR, considerando la valoración del 100% al valor óptimo de aceptación para un buen funcionamiento de las redes telefónicas. Por lo tanto se define categorías simétricas con cada uno de los parámetros analizados, como muestran las tablas 2, 3 y 4.

TABLE 2: Valoración Atenuación

Atenuación (dB)	Valor (% de aceptación)
45 - 33.76	0% - 25%
33.75 - 22.51	26% - 50%
22.50 - 11.26	51% - 75%
11.25 - 0.1	76% - 100%

TABLE 3: Valoración Resistencia de Bucle

Resistencia de Bucle (Ω)	Valor (% de aceptación)
50 - 262.5	100% - 75%
262.51 - 475	74% - 50%
475.1 - 687.5	49% - 25%
687.51 - 900	24% - 0%

TABLE 4: Valoración SNR

SNR (dB)	Valor (% de aceptación)
12 - 19	0% - 33%
20 - 26	34% - 66%
27 - 33	67% - 100%

Mediante la valoración de los parámetros eléctricos de medición se obtuvo de manera más clara el sector donde la red necesita mejorar su calidad técnica para dotar de servicio eficiente y de esta manera realizar la implementación de la nueva Red de Acceso con Fibra Óptica utilizando Tecnología VDSL/FTTX, para mejorar los

servicios de Telecomunicaciones. Los resultados de las mediciones realizadas según el nivel de aceptación se muestran en la tabla 5.

TABLE 5: Resultados Obtenidos

Sector	n	VAL MÁXIMOS %			VAL MÍNIMOS %		
		R_B	ATN	SNR	R_B	ATN	SNR
1	80	92,54	92,36	95,45	45,64	44,35	14,29
2	73	93,51	93,36	95,45	69,37	68,64	14,29
3	74	66,69	65,90	95,24	33,94	32,37	14,29
4	65	50,37	49,19	95,24	6,70	4,48	14,29
5	67	84,26	83,89	80,95	35,83	34,31	14,29
6	68	Fuera rango	Fuera rango	9,52	Fuera rango	Fuera rango	4,76

En base a la análisis realizado se concluyó que fue de vital necesidad la implementación de la Red de Acceso con Fibra Óptica utilizando Tecnología VDSL/ FTTH, en el sector que comprende el distrito 6.

2.10. Diseño e Implementación

El diseño e implantación de la red se realizo según la Normativa de Diseño de Planta Externa con Plataformas de Acceso Exterior para Despliegue de Red con Tecnología VDSL/FTTC de la CNT EP.

2.11. Diseño de la Red

Mediante el análisis realizado y la identificación del sector donde es necesario la implementación de la Red de Acceso con Fibra Óptica utilizando Tecnología VDSL/ FTTH, se procedió con el diseño de la red.

2.11.1. Análisis de la Red de Cobre Existente

El distrito 6 de la Central Telefónica de Guano se encuentra ubicado en Langos Panamericana y Vía a Riobamba a 3,526 Km de la central y su cobertura comprende los barrios; San Gregorio, San Francisco, El Rosario, Los Elenes, Langos Panamericana, La Inmaculada y Langos Chico, proveyendo de servicio de telefonía fija e internet a 232 usuarios, cuya ubicación geográfica se muestra en la fig. 4

El distrito 6 se encuentra distribuido de la siguiente manera:



Figure 4: Ubicación geográfica del distrito y su cobertura. (Fuente: Google Earth)

Red Primaria: 300 pares (Regletas 31 a la 36)

Red Secundaria: 450 pares (Series A,B,C,D,E,F,G,H,I)

La Red Secundaria se encuentra en perfecto funcionamiento, se recopiló los datos de distancias tanto de la caja de dispersión más lejana, así como la distancia de la central hasta el armario de distribución. Estos datos ayudaron al dimensionamiento de los nuevos equipos y enlaces necesarios para la implementación del servicio propuesto.

El objetivo fue utilizar la mayor parte de la infraestructura instalada, mediante la tecnología de acceso VDSL, la cual puede mantener la red secundaria de cobre existente, realizando un estudio de cobertura de la red se encontró que la mejor ubicación del equipo de plataforma exterior es en el sector del Cisne 1 Km vía Los Elenes como muestra la fig. 5, el cual permite brindar cobertura al todo el sector.

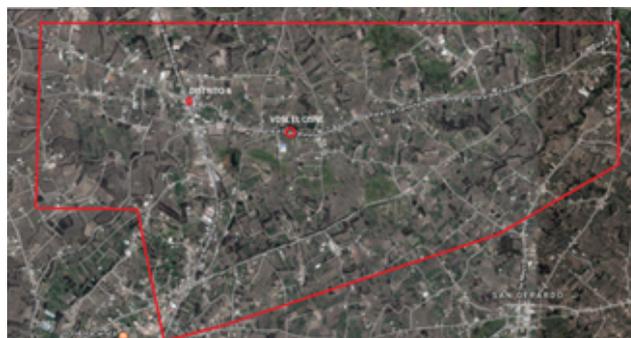


Figure 5: Ubicación Equipo de Plataforma Exterior. (Fuente: Google Earth)

2.11.2. Diseño de la red de Accesos

Para el Diseño e Implementación de la Red de Acceso con Fibra Óptica utilizando Tecnología VDSL/FTTX, se realizó bajo el criterio de la Normativa de Diseño de Planta Externa con Plataformas de Acceso Exterior para Despliegue de Red con Tecnología VDSL/FTTC, por consiguiente uno de los elementos fundamentales en el diseño es la

fibra óptica. Para realizar el diseño se debe precisar primero algunas cualidades que se mencionan a continuación:

Tipo de fibra óptica a utilizar: monomodo aérea G-652D de 144 y 12 hilos.

Tipo de tendido de fibra óptica (aérea y subterránea).

Equipos de telecomunicaciones y elementos que conforman la red de acceso.

La elección de cada uno de los puntos citados anteriormente se define en base a criterios técnicos y de costo-beneficio.

2.11.3. Ruta de la Red de Acceso con Fibra Óptica

En la fig. 6 se muestra un breve diagrama de la red de fibra óptica. La Red de Accesos con fibra óptica se proveerá del servicio desde el nodo AMG UNACH, en la fig. 7 se puede observar el diagramas de transmisión, con fibra óptica G652D de 144 hilos el enlace se despliega por la vía a Guano 2,5 Km hasta llega al desvió de Santa Teresita sector La Capilla, en la cual se ubica empalme y de ahí continua el despliegue de la fibra óptica G6652D 12 hilos 900 m hasta llegar a la ubicación del equipo de plataforma exterior llamado VDSL EL CISNE. Mediante cable múltipar de cobre se realiza la conexión con el armario reflejo el cual proveerá el servicio a todo el sector.



Figure 6: Red de Fibra Óptica.

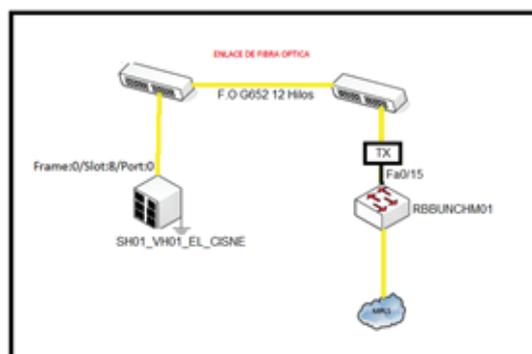


Figure 7: Diagrama de Transmisión Red de Fibra Óptica.

En la fig. 8 se muestra el despliegue de red secundaria del sector



Figure 8: Red Secundaria sector El Cisne.

2.12. Implementación de la Red

Finalmente se procedió con la implementación de la Red de Accesos utilizando Tecnología VDSL/FTTX.

Tendido de Cable de Fibra Óptica de la Red de Accesos.

Construcción de las bases de Equipo de Acceso de Plataforma Exterior y Armario Reflejo.

Instalación del Equipo de Acceso de Plataforma Exterior y Armario Reflejo.

Configuración del Equipo de Acceso de Plataforma Exterior.

Pruebas del Enlace de Transmisión.

Pruebas Continuidad en POST-LINE.

Migración de los clientes.

Comprobación de servicio equipo del cliente.

3. Resultados y Discusión

3.1. Análisis de Resultados

Luego del diseño e implementación de la Red de Acceso con Fibra Óptica utilizando Tecnología VDSL/FTTX y con la red ya operativa para verificar el mejoramiento del servicio en el sector del Cisne, tomando en cuenta los parámetros admitidos por la CNT EP para el buen funcionamiento de las redes telefónicas de Cobre/VDSL, se efectuaron nuevamente las mediciones de los parámetros eléctricos de la red, en las 68 redes telefónicas que se midieron antes de la implementación y se obtuvieron los siguientes resultados:

3.1.1. Resistencia de Bucle

La nueva red ha mejorado 91.27% a una distancia de 0,268 Km.

3.1.2. Atenuación

Considerando que a menor atenuación mayor calidad del servicio puede brindar la red, se observa que el valor máximo de aceptación en la nueva red es del 91.03% a una distancia de 0,268 Km garantizando el funcionamiento óptimo de la red.

3.1.3. SNR

El valor promedio es 25dB, demostrando que la red ha mejorado de manera notoria con un valor máximo de aceptación del 95.29% lo cual garantiza el funcionamiento óptimo de los servicio de voz y datos.

Se realizó un análisis estadístico de medias de los datos obtenidos durante el presente trabajo como muestra la tabla 6 y se pudo comprobar que existe una diferencia significativa entre las medias de los parámetros eléctricos medidos antes y después de la implementación.

TABLE 6: Estadísticas de Medias

Parámetro	Tecnología	Media	INTERVALO DE CONFIANZA A 95%	
			Inferior	Superior
RES_B	COBRE	1422,35	1366,61	1475,64
	VDSL	405,36	360,03	452,14
ATEN	COBRE	77,02	74,00	79,90
	VDSL	21,95	19,49	24,48
SNR	COBRE	11,41	11,01	11,82
	VDSL	25,05	23,89	26,22

Se evidenció mediante las mediciones eléctricas de la Red de Acceso con Fibra Óptica utilizando Tecnología VDSL/ FTTC implementada, cumple con todos los requerimientos solicitados por la CNT EP., asegurando el funcionamiento óptimo del servicio de voz y datos que provee la empresa en el sector del Cisne cumpliendo con el objetivo principal propuesto al inicio de este trabajo que es mejorar la calidad del servicio de los clientes actuales, así como también asegurando la dotación de un servicio eficiente a futuros clientes.

3.2. Discusión

Después de realizar el trabajo de investigación en relación a los estudios anteriormente desarrollados sobre temas afines a la propuesta que respaldan la investigación, podemos concluir lo siguiente:

Tesis de titulación: **“Red de acceso con Fibra Óptica mediante Tecnología FTTX para optimizar espacios y servicios en la Corporación nacional de Telecomunicaciones EP. (Empresa Pública)”**. (Oviedo, 2011), concluye que “Debido al avance de las telecomunicaciones a nivel mundial y nacional han surgido nuevas tecnologías capaces de proveer a los usuarios nuevos y mejores servicios, siendo las redes FTTX una buena alternativa para acceder a aplicaciones que requieren banda ancha utilizando el cableado de cobre existente, esto gracias a VDSL que también es de última generación.”

La característica principal de las redes que utilizan tecnología VDSL es reutilizar las redes de cobre existentes con la finalidad de mejorar los servicios en las redes telefónicas, de tal manera que con implementación de la Red de Acceso con Fibra Óptica utilizando Tecnología VDSL/ FTTC se ha podido comprobar la mejora de los servicios en un promedio del 92.5% con respecto a los parámetros de funcionamiento de las redes telefónicas.

Tesis de titulación: **“Estudio para la implementación de armarios inteligentes en la red telefónica de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones E.P. del cantón Azogues para brindar servicio triple play”** (Sigüencia & Villacreses, 2011). Este estudio analiza los aspectos técnicos para la instalación de los armarios inteligentes en puntos estratégicos en los diferentes sectores del cantón Azogues, evidenciando la factibilidad de implantación de la tecnología VDSL/ FTTX.

Mediante la implementación de la Red de Acceso con Fibra Óptica utilizando Tecnología VDSL/ FTTC se ha evidenciado que se puede dotar de tecnología de última generación a los usuarios, sin necesidad que los costos de la red sean elevados, reutilizando la red de cobre existente y proporcionando calidades optimas de funcionamiento en la red implementada, siendo este el valor agregado del presente trabajo de investigación.

Tesis de titulación: **“Despliegue de las técnicas VDSL2. Evaluación preliminar”** (Valarezo, 2013). En este estudio analiza la tecnología VDSL su arquitectura física y lógica, esquemas de las diferentes Redes que pueden trabajar con esta tecnología.

Las redes FTTC utilizan la tecnología VDSL como mejor opción para la realizar la implementación de redes de accesos, para mejorar la calidad de servicios en redes de

cobre existentes, esta tecnología se acopla fácilmente a todos los tipos de redes de la familia FTTX.

Los trabajos antes mencionados son puramente teóricos los cuales sirvieron de base para la realización de este trabajo de investigación. Se tomó como referencia la Normativa de Diseño y Construcción de Planta Externa vigente en la Corporación Nacional de Telecomunicaciones, la cual detalla los valores máximos y mínimos del conjunto de parámetros eléctricos para el funcionamiento de las redes telefónicas. Para un mejor análisis de los resultados, se ha considerado el nivel de aceptación en las redes medidas antes y después de la implementación, la tabla 7 visualiza el porcentaje de aceptación de los parámetros eléctricos medidos, se pudo comprobar que existe una diferencia significativa entre las medidas de los parámetros eléctricos antes y después de la implementación de la red, asegurando un buen funcionamiento de la red telefónica implementada y cumpliendo con la Normativa de Diseño y Construcción de Planta Externa vigente en la Corporación Nacional de Telecomunicaciones.

TABLE 7: Valores niveles de aceptación.

PARÁMETRO ELÉCTRICO	TECNOLOGÍA	% NIVEL DE ACEPTACION
ATENUACION	COBRE	FUERA DE RANGO
	VDSL	91,03
RES_BUCLE	COBRE	FUERA DE RANGO
	VDSL	91,27
SNR	COBRE	4,76
	VDSL	95,26

En base a los resultados obtenidos y mediante la implementación de la Red de Acceso con Fibra Óptica utilizando Tecnología VDSL/ FTTC se ha comprobado que se puede ofrecer tecnología de última generación, sin necesidad elevar costos de implementación, reutilizando la red de cobre existente y facilitando calidades optimas de funcionamiento en las redes telefónicas, siendo este el aporte investigativo del trabajo realizado.

4. Conclusiones

Las redes FTTX que utilizan tecnología VDSL permiten tener altas velocidades de transmisión de datos a distancias que no cubren las redes de cobre actuales, mejorando la calidad de servicio de la población y generando un incremento de usuarios para el proveedor de servicios. Por esta razón se aprovechó la característica de VDSL para

implementar una nueva red, pensando en la optimización de recursos ya que se tenía una infraestructura una red telefónica de cobre tradicional ya implementada y en donde los parámetros de funcionamiento de la red son deficientes.

Dentro de las arquitecturas FTTX, la solución más factible para la implementación de la red, es una red con arquitectura FTTC (Fibra hasta la acera o Bordillo). Es la más utilizada en la actualidad debido a que la fibra óptica se emplea desde las instalaciones del proveedor de servicio hasta un armario inteligente y por lo tanto la infraestructura reutilizada es la red de cobre existente que llega al usuario.

Mediante la recopilación y el análisis de los datos obtenidos en las mediciones eléctricas de los principales parámetros de funcionamiento de 427 redes telefónicas en el cantón Guano, se evidenció que el sector El Cisne tenía la red donde la calidad de servicio era limitada, debido a la distancia desde la central telefónica. Por lo tanto justificaba la implementación de una migración de red de acceso con fibra óptica utilizando Tecnología VDSL/FTTC para mejorar los servicios de telecomunicaciones. Existiendo la factibilidad técnica y económica proporcionada por parte de la CNT EP, para la implementación de dicha Red debido a las necesidades de mejorar su nivel calidad de servicio.

La implementación de VDSL/FTTC en una infraestructura de cobre ya implementada demostró el mejoramiento significativo en la provisión de servicios de telecomunicaciones de voz y datos a través de reutilizar los recursos de infraestructura ya implementados, por lo cual VLSM permitió integrar una red híbrida de fibra óptica y red de cobre, cumpliendo con la Normativa de Diseño de Planta Externa con Plataformas de Acceso Exterior para Despliegue de Red con Tecnología VDSL/FTTC, se realizó el diseño e implementación de la Red de Acceso, en el sector El Cisne.

El diseño y la implementación de la nueva red de acceso cumplió con todos los requerimientos solicitados por la CNT EP, la cuál es la empresa dueña de la infraestructura. Se lograron valores de hasta un máximo 32 dB de SNR frente a los 12 dB medidos inicialmente y 74,23 Ω de resistencia de bucle que corresponden al 95,26% y 91,27% de nivel de aceptación de la red respectivamente. En cuanto a la atenuación, se logró reducirla hasta un 4,02 dB lo que representa un nivel de aceptación de 91,03% asegurando el funcionamiento óptimo del servicio de voz y datos que provee la empresa en el sector del Cisne, así como también asegurando la dotación de un servicio eficiente a futuros clientes.

References

- [1] Álvarez, M., Campana, J., Berrocal, F., & González, V. *Tecnologías de Banda Ancha y Convergencia de Redes*. [internet] 2009 (G. S.A., Ed.) (1ed ed.). Madrid. Disponible en http://oa.upm.es/2697/2/BERROCAL_LIBRO_2009_01.pdf
- [2] Valarezo, J. *Despliegue de las técnicas VDSL2. Evaluación preliminar*. [internet] 2013. Disponible en <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/515/1/T-UCSG-POS-MTEL-11.pdf>
- [3] Sigüencia, J., & Villacreses, A. *Estudio para la implementación de armarios inteligentes en la red telefónica de la corporación nacional de telecomunicaciones E.P. del cantón Azogues para brindar servicio triple play*. [internet] 2011. Disponible en <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1082/1/UPS-CT002151.pdf>
- [4] Alvarado, B. *Principios Básicos para la Implementación de VDSL*. Universidad Galileo. [internet] 2007. Disponible en <http://biblioteca.galileo.edu/tesario/bitstream/123456789/25/1/TESISVDSL.pdf>
- [5] Blanco, A. *Tecnologías de acceso de banda ancha y su integración con ATM*. [internet] 2010. Disponible en <http://www.monografias.com/trabajos14/acceso-atm/acceso-atm2.shtml>
- [6] Vega, M. *TECNOLOGÍA VERY HIGH SPEED DIGITAL*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA. 2002. Retrieved from http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/11310/1/vega_sm.pdf
- [7] Marchukov, Y. *Desarrollo de una aplicación gráfica para el diseño de infraestructuras FTTH*. [internet] 2011. Disponible en <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/13413/memoria.pdf?sequence=1>
- [8] Phillipson, F. *A Cost Effective Topology Migration Path Towards Fibre*. 2014. *Lecture Notes on Information Theory Vol. 2, No. 1*
- [9] Oviedo, J. *Red de Acceso con Fibra Óptica mediante Tecnología FTTX para optimizar espacios y servicios en la Corporación Nacional de Telecomunicaciones EP. (Empresa Pública)*. [internet] 2011. Disponible en http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/441/1/Tesis_t654ec.pdf
- [10] J.J. Chen, L. Wosinska, C. Mas Machuca, M. Jaeger. 2010. *Cost vs. Reliability Performance Study of Fiber Access Network Architectures*. *IEEE Communications Magazine*, pp. 56-65.
- [11] *Corporación Nacional de Telecomunicaciones EP. 2012. Normas Construcción de Planta Externa*.

- [12] Corporación Nacional de Telecomunicaciones EP. 2015. Normativa de Diseño de Planta Externa con Plataformas de Acceso Exterior para Despliegue de Red con Tecnología VDSL/FTTC.
- [13] Breskovic, D. (2014). Techno-economic comparison of FTTC/VDSL and hybrid optical/wireless networks. 2014 22nd International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks. doi:10.1109/softcom.2014.7039125
- [14] Montero, D. R., & Torres, M. R. Tecnologías de acceso ópticas para la migración de la red de cobre a fibra.
- [15] R. Zhao, L. Zhou, and C. M. Machuca. Dynamic migration planning towards FTTH. Telecommunications Network Strategy and Planning Symposium (NETWORKS). 2010.
- [16] ITU-T. G.984.1: Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits: Características generales. 2003. Retrieved from <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.1-200803-l/es>
- [17] R. Zhao, W. Fischer, E. Aker, and P. Rigby, "Broadband Access Technologies," *White Paper*, pp. 6-7. 2013.
- [18] Geilhardt, F., Adamy, M., Lobo, J. F., López, A. S., TID, A. J. E., & BT, L. H. DB2. 3-Migration guidelines for DSL from operator's view. 2005.
- [19] Tahon, M., et al. Migration to Next Generation Access Networks: a Real Option Approach. 2010.
- [20] Mynor, F., & Ramírez, M. (2011). *Consideraciones técnicas de redes de planta externa de cobre para implementación de servicios ADSL*. Retrieved from http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0293_EO.pdf
- [21] Prieto, J. Diseño de una red de acceso mediante fibra óptica. Madrid: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID ESCUELA. Retrieved from http://oa.upm.es/33869/1/PFC_jaime_prieto_zapardiel.pdf