

Evaluación e implementación de la red de la empresa Aratelecomunicaciones para migrarla a una solución de mejores prestaciones en Arauca – Arauca

Royman Brayan Baquero Bermudez

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Ingeniería de Telecomunicaciones

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería ECBTI

2022

Evaluación e implementación de la red de la empresa Aratelecomunicaciones para migrarla a una solución de mejores prestaciones en Arauca – Arauca

Royman Brayan Baquero Bermudez

Proyecto Para Obtener el Título de Ingeniero en Telecomunicaciones

Directora

Dra. Mónica Andrea Rico Martínez

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Ingeniería de Telecomunicaciones

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería ECBTI

2022

Nota de Aceptación

Presidente del jurado

Jurado

Jurado

Dedicatoria

A Dios por regalarme la sabiduría y permitirme avanzar en mi desarrollo profesional y cumplimiento de las metas propuestas. A mi única hermana Sandra Mayerly Baquero Bermúdez por su respaldo y apoyo incondicional y por su paciencia en los momentos de difíciles.

Agradecimientos

El autor presenta un cordial saludo y agradecimiento al personal docente y administrativo de la Facultad de Ingeniería de Telecomunicaciones de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia que, con su aporte académico facilitaron el logro de los objetivos propuestos durante la investigación.

Al señor Ingeniero (a) evaluador(a) de la propuesta del trabajo de grado, por la oportuna orientación y atención a consultas sobre la metodología, proceso y la evaluación del proyecto aplicado y al señor Ingeniero Raúl Camacho Briñez líder nacional del programa de Ingeniería de Telecomunicaciones.

A la Dra. Mónica Andrea Rico Martínez, directora Metodológica por las acertadas orientaciones y recomendaciones que permitieron llevar a buen término el presente trabajo.

Gracias a mi hermana, que sin su apoyo incondicional no hubiera tenido la fuerza y confianza para crecer como persona y como profesional.

Gracias a mis amigos y compañeros, que siempre me han prestado un gran apoyo moral lo cual fue necesario para afrontar los momentos difíciles durante este proceso.

A todos, muchas gracias.

Resumen

La constante evolución de las redes de telecomunicaciones lleva a que las empresas ISP actualicen sus redes para atender la alta demanda del servicio de internet. En Arauca, debido a la situación de la pandemia, se ha venido aumentando la demanda del servicio internet hogar lo que genera la saturación de la red inalámbrica existente con la que cuenta la empresa. Lo anterior, deja en evidencia las limitaciones de dichas tecnologías. Se presenta entonces, la necesidad de realizar una actualización de la red inalámbrica a una nueva red cableada que le permita a la empresa estar a la vanguardia de la infraestructura de telecomunicaciones, estando a la par de los otros IPS que tiene presencia en la ciudad.

En el presente proyecto se diseñó una red de fibra óptica para la empresa Aratelecomunicaciones, evaluando las diferentes tecnologías alámbricas que permiten brindar servicios de telecomunicaciones sus ventajas y desventajas. De esta forma se eligió el medio más idóneo que le permitió atender la alta demanda del servicio, a su vez se aseguró una infraestructura que soportara un crecimiento y la diversificación de los productos que puede llegar a ofrecer en el futuro.

Todos los elementos elegidos para la implementación fueron analizados, como se evidencia en el proyecto, así como el presupuesto de la implementación propuesto y aprobado por la empresa.

Palabras claves. Redes, Fibra, Tecnologías, Alámbricas, Migración

Abstract

The constant evolution of telecommunications networks leads ISP companies to update their networks to meet the high demand for internet service. In Arauca, due to the pandemic situation, the demand for home internet service has been increasing, which generates the saturation of the existing wireless network that the company has. The foregoing reveals the limitations of these technologies. Then, the need arises to update the wireless network to a new wired network that allows the company to be at the forefront of the telecommunications infrastructure, being on a par with the other IPS that has a presence in the city.

In this project, a fiber optic network is designed for the company Aratelecomunicaciones, evaluating the different wired technologies that allow providing telecommunications services, their advantages and disadvantages. In this way, the most suitable medium is chosen that allows it to meet the high demand for the service, while ensuring. An infrastructure that will support growth and diversification of the products that it can offer in the future.

All the elements chosen for the implementation were studied, which determines their efficiency in the application of the new deployed infrastructure, guaranteeing the good performance of the network.

Keywords. Networks, Fiber, Technologies, Wired, Migration

Índice

Listas de Tablas.....	12
Listas de figuras.....	13
Listas de anexos.....	15
Introducción.....	16
Generalidades.....	17
Problema de Investigación.....	17
Objetivos de la Investigación.....	18
Objetivo general.....	18
Objetivos específicos.....	18
Justificación.....	19
Marco Referencial.....	21
Marco Conceptual.....	21
Marco Teórico.....	33
Develop te/tm pass filters on double-loaded-on-ridge structure with ito/tin for upstream ftth optical access networks. journal of molecular structure, (2020).....	33
Design, implementation and evaluation of a fiber to the home (ftth) access network based on a giga passive optical network gpon. array, (2021).	34
Effective strategies for gradual copper-to-fiber transition in access networks. computer networks, (2021).	34

Research and implementation of key technologies in fttth networks combining. procedia computer science, (2019).	35
Design of fiber cable tree fttth networks. electronic notes in discrete mathematics, (2018).....	36
Marco Metodológico.....	37
Tecnologías de Redes de Acceso: Redes Alámbricas, Redes Inalámbricas.	39
Tecnologías de Redes Alámbricas.	39
Tecnologías de Redes Inalámbricas.....	40
Comparación de las Tecnologías para el Proyecto.	41
Diseño de la Red de Transmisión para la Empresa Aratelecomunicaciones.	42
Especificaciones Técnicas del Diseño.	42
Diagrama de Bloques.....	45
Cálculo del presupuesto de potencia.....	46
Planos.....	48
Presupuesto de Implementación de la Red de la Empresa Aratelecomunicaciones.	51
Talento Humano.....	51
Equipos y Software.....	52
Viajes y Salidas a Campo	52
Materiales y Suministros.....	52

	10
Infraestructura	54
Presupuesto Total del Proyecto.....	54
Despliegue e Implementación de la Red de Transmisión de la Empresa	
Aratelecomunicaciones.	56
Instalación de Herrajes en Poste	56
Tendido de la Fibra Óptica	56
Instalación de las Cajas NAP y Muflas.....	57
Instalación de la Caja NAP de Primer Nivel	58
Instalación de la Caja NAP de Segundo Nivel	58
Instalación de un Cliente.....	59
Pruebas de los Servicios Instalado.....	60
ONU con Servicio Operativo.....	60
Medición de Potencia con Power Meter	61
Potencia en el Equipo.....	61
Comprobación de la Conexión.....	63
Prueba de Velocidad.	63
Conclusiones	65
Resultados	67
Trabajo Futuro	69

	11
Referencias.....	70
Anexos	74
Mapa Unifilar.....	74

Listas de Tablas.

Tabla 1. Comparación del estándar ADSL (Saenz, 2013).....	27
Tabla 2. Comparación de las tecnologías que se pueden implementar, fuente propia.	41
Tabla 3. Presupuesto del recurso humano, fuente propia.	51
Tabla 4. Presupuesto de los equipos y software requeridos.....	52
Tabla 5. Presupuesto de salidas a campo.	52
Tabla 6. Presupuesto de los materiales y suministros.....	54
Tabla 7. Presupuesto de la infraestructura de la empresa de energía.....	54
Tabla 8. Presupuesto total del despliegue de la nueva red.....	55

Listas de figuras.

Figura 1. Cables multipar. (Leandrogg68, 2017).....	22
Figura 2. Componentes del Cable coaxial (gruponovelec, 2020).....	23
Figura 3. Cable de fibra óptica (Castillo, 2019).....	24
Figura 4. Cantidad de splitter requeridos, , fuente propia.....	45
Figura 5. Diagrama de bloques, fuente propia.....	45
Figura 6. Atenuación de los elementos (Rio, 2016).....	46
Figura 7. Tabla del cálculo de potencia, fuente propia.....	48
Figura 8. Planos del despliegue de la fibra en el barrio Brisas del Llano en la ciudad de Arauca. Fuente propia.....	49
Figura 9. Plano del despliegue de la fibra en Brisas del llano y rompellano, fuente propia.	49
Figura 10. Linero realizando la preparación del poste (NTD hoy, 2021).....	56
Figura 11. Lineo realizando el tendido de fibra (sylcomteldataperu, 2022).....	57
Figura 12. Linero instalando caja de empalme o mufla, fuente propia.....	57
Figura 13 Caja NAP de primer nivel, fuente propia.	58
Figura 14. Caja NAP de segundo nivel, fuente propia.	58
Figura 15. Instilación de un cliente, fuente propia.....	59
Figura 16. Estado de los leds indicadores, fuente propia.....	60
Figura 17. Medición de potencia, fuente propia.	61

	14
Figura 18. Estado de la conexión PON, fuente propia.....	62
Figura 19. Resultados del PING, fuente propia.	63
Figura 18. Prueba de velocidad, fuente propia.	63

Listas de anexos.

Anexo 1 mapa unifilar, fuente propia- 74

Introducción.

Los continuos avances tecnológicos en las redes de telecomunicaciones les permiten a las empresas proveedoras de servicios de internet (ISP) ofrecer un mejor servicio aumentando la capacidad que pueden llegar a entregar, disminuir la latencia, entre otros, con lo cual se mejora la calidad percibida del servicio de internet del usuario.

En este contexto y acorde al objetivo de la presente investigación se busca dar solución al problema de saturación de la red inalámbrica de la empresa Aratelecomunicaciones ubicada en el municipio de Arauca, se presenta la propuesta de diseño e implementación de una red nueva, de tal forma que se mejore el servicio prestado por la empresa dejando una infraestructura que le permita crecer de manera estable de igual forma que le permita ofrecer nuevos servicios que le den un valor agregado ante los demás operadores, de la misma forma le da la oportunidad de aprovechar al máximo la licencia otorgada por el ente regulador en este caso MINTIC.

El presente documento se estructura de la siguiente forma: En el capítulo I se presenta el enfoque metodológico de la investigación, aquí se define el planteamiento del problema, la justificación, los objetivos, el marco teórico y el marco conceptual, los antecedentes, la metodología aplicada y el impacto de los resultados del proyecto aplicado. En el capítulo II, se caracterizan las tecnologías que pueden ser empleadas para dar una solución a la problemática de la empresa. En el Capítulo III, se caracterizarán las especificaciones técnicas de los elementos elegidos para el diseño y la implementación de la nueva red de fibra óptica. En el capítulo IV, se discrimina el presupuesto para la implementación de la nueva red de fibra óptica. En el capítulo V, se documenta la implementación de la nueva red y en el capítulo VI se realiza las pruebas de la entrega de la nueva red operativa.

Generalidades.

En este capítulo se presenta el enfoque metodológico de la investigación, aquí se define el planteamiento del problema, la justificación, los objetivos, el marco teórico y el marco conceptual, los antecedentes, la metodología aplicada y el impacto de los resultados del proyecto aplicado.

Problema de Investigación.

La empresa Aratelecomunicaciones está ubicada en Arauca-Arauca. Esta ciudad tiene 73.000 habitantes, cuenta con 50 barrios y cuenta con alrededor de 12 empresas que brindan servicios de telecomunicaciones (Arauca, 2021). Las cuales llevan servicios de internet, telefonía y televisión a 20.000 clientes.

Aratelecomunicaciones cuenta con una red inalámbrica con la cual da cobertura a los barrios san Vicente, brisas del llano y rompellano, esta red tiene una cobertura de 120 usuarios a los cuales se les brinda servicios de internet inalámbrico con una velocidad de transmisión promedio de 4 Mbps.

Debido a las condiciones de pandemia actuales por la que está pasando el país, la empresa no ha podido satisfacer la demanda de los usuarios. Lo anterior, ha generado molestias a los usuarios de la empresa. Esta problemática está directamente relacionada con el perfil de un ingeniero de telecomunicaciones debido a que existe la necesidad de realizar un análisis técnico de la red y proponer una solución futura, para mitigar las necesidades demandadas de los clientes de la empresa de telecomunicaciones en mención.

Teniendo en cuenta lo anterior, surge la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo se realiza la evaluación e implementación de una red escalable, convergente que permita prestar servicios de alta calidad a la empresa Aratelecomunicaciones?

Objetivos de la Investigación

Objetivo general.

Evaluar la red de la empresa Aratelecomunicaciones, con el fin de implementar una red escalable y convergente, que además permita prestar servicios con alta calidad.

Objetivos específicos.

Analizar los diferentes tipos de tecnologías que permitan dar solución a la problemática de la red existente.

Diseñar la nueva red para la empresa Aratelecomunicaciones, teniendo en cuenta el análisis de las tecnologías realizado.

Elaborar el presupuesto de la implementación de la nueva red.

Realizar la implementación y despliegue de la nueva red troncal y la red de distribución del servicio.

Realizar pruebas de instalación de los clientes nuevos para medir los puntos instalados y la operación del servicio.

Justificación.

En la ciudad de Arauca se encuentran operadores como: wicom sas que ofrece 10 Mbps por el valor de \$ 50.000 pesos mensuales, Legon ltad que ofrece el servicio de IPTV e internet banda ancha con una velocidad de 10 Mbps por el valor de \$83.000 pesos mensuales.

En la empresa Aratelecomunicaciones un servicio de 4 Mbps, cuesta \$75.000 pesos mensualmente sien este el plan de mayor de manda debido que cuenta con otro de 2 Mbps por valor de \$ 50.000 pesos mensuales.

Actualmente y como se mencionó previamente en Aratelecomunicaciones se emplea tecnología inalámbrica, la cual es susceptible a interferencias, lo que conlleva a una degradación en la calidad del servicio prestado por la empresa, esta misma limita el ancho de banda que se puede llegar a ofrecer al abonado lo cual deja a la empresa en una posición de no competición ante los de más ISP.

La propuesta de evaluar y actualizar la red de la empresa es importante porque le dará un valor agregado sobre las otras del sector, asimismo, los clientes existentes y futuros se verán beneficiados debido a que se les va a estabilizar el servicio mejorando la latencia y aumentando el ancho de banda que puede ofrecer, en otras palabras, esto beneficiará también a la imagen y presencia de la empresa en la zona. Para esto, es necesario plantear un proyecto que permita evaluar e implementar esta nueva red para la empresa. Se considera pertinente realizar un análisis de la realidad actual del servicio e infraestructura de telecomunicación existente, y caracterizar los requerimientos técnicos y capacidades actuales y futuras requeridas para la implementación de una nueva red.

Dentro de las opciones con las que se cuenta para reemplazar la red existente, se encuentran: las redes tipo cableado, en ellas podemos encontrar diferentes tecnologías y estándares tales como ADSL2 (Saenz, 2013), HFC (HENRY ALBERTO BOLÍVAR MELÉNDEZ, 2005) y FTTx (Keiser, 2006), entre las más destacables. Es importante entonces, evaluar cada una de estas tecnologías para verificar cuál es la tecnología que mejor se adapta para las necesidades de la empresa.

Es destacable que se cuenta con la aprobación de la gerencia, la cual respaldó el proyecto asegurando su financiación, con lo cual la parte económica fue solventada y se pudo implementar y poner en operación la solución elegida, con la cual se pretende mejorar la calidad del servicio prestado y se le propondrá a la empresa una infraestructura óptima que le permita crecer y ofrecer nuevos servicios.

Marco Referencial.

El abordaje conceptual y teórico sobre las diferentes tecnologías implementadas por los diferentes ISP en sus redes son aspectos que sirven de apoyo a la estructura documental de la investigación y se referencian a continuación.

Marco Conceptual.

Para el desarrollo del proyecto se describe teóricamente conceptos relacionados con diseño e implementación de redes cableadas que aportan al logro de los objetivos propuestos para la investigación.

Entre las opciones que se tiene para la implementación de la nueva red son las tecnologías alámbricas tales como ADSL, HFC y FTTx cuyos medios de transmisión son guiados tales como el cable multipar, el cable coaxial y la fibra óptica.

Medios de Transmisión Guiados.

Par Trenzado (leandrogg68, 2017).

El cable multipar, más conocido como manguera multipar, es un conjunto de hilos de cobre de un diámetro entre 0,4 y 0,6 mm agrupados por pares y trenzados.

El aislante suele ser de PVC o polietileno y su uso más extendido es en instalaciones de telefonía. Lo encontramos en redes ADSL. Su unidad básica está formada por 25 pares trenzados de cobre de unos 0,5 mm de diámetro y aislamiento de PVC o polietileno de allí sigue el de 50, 75, 100. En la figura 1 se puede observar diferentes presentaciones de cables multipares.

Es conectorizado por medio de un crimpadora de impacto y el conector RJ11.



Figura 1. Cables multipar. (Leandro68, 2017)

Cable Coaxial (gruponovelec, 2020).

Un cable coaxial consta de un núcleo de hilo de cobre rodeado por un aislante, un apantallamiento o blindaje de metal trenzado y una cubierta externa.

El núcleo transporta señales electrónicas que constituyen la información, rodeando al núcleo existe una capa aislante dieléctrica que la separa de la malla de hilo. La malla de hilo trenzada actúa como masa y protege al núcleo del ruido eléctrico. Las pérdidas de señal en 800 MHz suelen ir de los 0.12dB hasta los 0.23dB, siendo la media en la mayoría de los cables entre los 0.16dB y los 0.19dB. En la figura 2 se puede observar los componentes del cable coaxial.



Figura 2. Componentes del Cable coaxial (gruponovelec, 2020)

Entre las categorías se destacan las denominaciones RG59, RG6 y RG11. En uso lo vemos desplegados. en red de TV y redes HFC siendo los más populares el RG11 y RG6

RG 6 (TIBAG, 17).

Este es el "estándar" de la industria, lo usan ampliamente las compañías de cable y TV Satélite, presenta un conductor central más grueso que el RG59 y tiene aproximadamente la mitad de grosor que el RG11, trabaja con frecuencias de hasta 2.2 GHZ, con un mejor rendimiento en cuanto a la distancia que se puede usar sin pérdidas, es lo bastante pequeño y flexible para la mayoría de las aplicaciones.

RG 11 (TIBAG, 17).

El RG-11 se construye para aplicaciones en las que la pérdida de señal es de una importancia primaria, y es de hecho el más grueso de la familia de los coaxiales. Puede operar en frecuencias de hasta 3 gigahercios (GHz). De este modo, el RG-11 es perfecto para instalaciones que

requieren mucha más longitud y se suele usar para conexiones entre antenas y receptores HDTV en el aire.

También, dado que se puede extender hasta 400 pies sin una gran pérdida de señal.

Fibra Óptica (Castillo, 2019).

Los cables de fibra óptica están compuestos por filamentos de vidrio, cada uno de ellos con capacidad para transmitir datos digitales modulados en ondas de luz. Envían información codificada de manera eficaz en un haz de luz a través de un tubo de vidrio o plástico. Una de las ventajas es su rendimiento en el ancho de banda se refiere la larga distancias. En la figura 3 se puede observar los componentes de un cable de fibra optica.

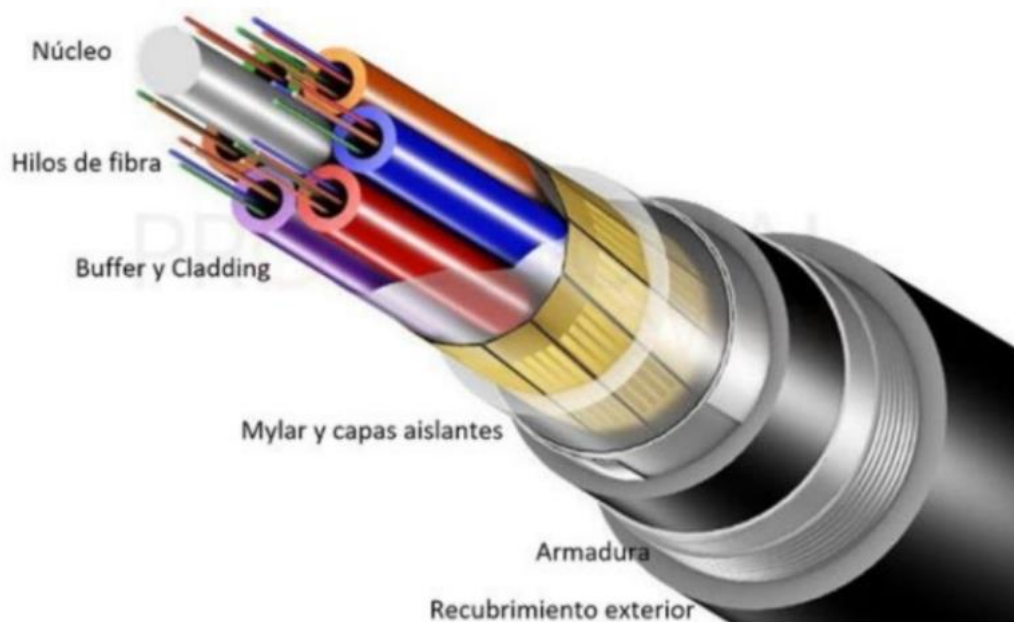


Figura 3. Cable de fibra óptica (Castillo, 2019)

Entre las categorías encontramos dos que hace referencia a como viaja el haz de luz por el núcleo de la fibra por lo cual encontramos fibras monomodo y multimodo, la primera es una fibra que

nos permite implementar enlaces de largas distancias debido a su alto rendimiento, con una atenuación de 0.1dB y 0,4 dB, su núcleo esta entre 8 y 10 μm siendo la de 9 μm la más comercial, mientras que la multimodo esta más orientada a enlaces de corta distancias que requiera una disponibilidad de un alto ancho de banda, con una atenuación de 0,3 y 1 dB por kilómetro, su núcleo esta entre 50 o 62,5 μm .

Fibra Monomodo (c3comunicaciones, 2014).

Sus principales ventajas (ancho de banda prácticamente ilimitado, bajo nivel de atenuación) aconsejan su utilización en aplicaciones WAN o Telecom (larga distancia).

G.652 (B y D): Utilizadas como fibra estándar en Telecom y para transmisión Ethernet a Gigabit y 10 Gigabit (ver tabla inferior). La denominación OS1 es cubierta por las fibras tipo de G652a, b c y d. La fibra tipo OS2 (desde 2006) fija características para las longitudes de onda 1310 nm 1550 nm y 1383 nm (fibras de bajo pico de agua, válidas para CWDM). Asimismo, la fibra OS2 es de aplicación como fibra óptica SM para aplicaciones de larga distancia en redes WAN. (Prestaciones. Equivalentes a G652D) G.655: Fibra con dispersión desplazada no nula. Optimizada para aplicaciones de larga distancia a 1550 nm. Sus características se fijan a 1550 nm y 1625 nm, por lo que puede ser utilizada para multiplexación DWDM entre estas λ .

fibra óptica multimodo (c3comunicaciones, 2014).

Estándar G-656: (ITU, 2010) Fibra con dispersión desplazada no nula. Optimizada para aplicaciones de banda ancha. Sus características se fijan entre 1460 nm y 1625 nm, estando especialmente indicada para multiplexación CWDM y DWDM en ese ámbito de λ . G.657: Fibra óptica con características especiales para su aplicación en FTTx (alta resistencia a la humedad y a las macrocurvaturas), permite la transmisión a 1310. 1490 y 1550 nm.

Clasificación de Acuerdo a la Relación Núcleo Cubierta: (c3comunicaciones, 2014)

50/125 um: Fibra utilizada habitualmente en aplicaciones informáticas. Clasificada en varios tipos (OM1, OM2, OM3 y OM4) en función de su ancho de banda, de su aplicación (ver tabla abajo) y de la distancia cubierta por el enlace. La de tipo OM2 permite soluciones económicas al utilizarla para la transmisión analógica de señal banda base (CCTV) en distancias hasta 2 o 3 Km.

62,5/125 um: De aplicación frecuente en redes Ethernet 10/100 o CCTV banda base, hasta 4 Km (850 nm) o 10 Km (1300 nm).

En sus aplicaciones las encontramos hoy en día en redes HTTF, en la implementación de troncales. Los cables de fibra óptica se utilizan desde para llamadas telefónicas (soportan varios millones de llamadas por cable) hasta para la transferencia de datos a alta velocidad a vastas redes informáticas.

En los conectores más empleados encontramos los LC y SC de acuerdo con la fibra seleccionada.

Por tal motivo se ha orienta por la instalación de una red de fibra óptica implementado la tecnología FTTH con el estándar EPON la cual le permitirá cumplir con las metas propuesta en la visión de la empresa.

Tecnologías.

A. ADSL2 (Asymetric Digital Subscriber line) (leandrogg68, 2017)

Esta tecnología se basa en un nuevo estándar que permite ofrecer mayores velocidades de conexión ya que aumenta la frecuencia aprovechable en el cable de cobre existente.

El ADSL2/ADSL2+ consigue funcionar a mayores velocidades ya que aumenta la frecuencia sobre la que trabaja (1,1 MHz y 2,2 MHz respectivamente), alcanzando velocidades de 12 Mbps y 24 Mbps.

La nueva generación de conexiones mejora la inicialización del módem y el funcionamiento de la línea. Reduce el tamaño de las tramas a 4 Kbps, comparado con los 32 Kbps del ADSL estándar, facilitando el despliegue de los datos.

Incorpora además una capa adicional de corrección de errores, optimizando al máximo la información que circula por la capa física, con lo que las compañías pueden supervisar en tiempo real el funcionamiento de la conexión. También trae funciones de ahorro energético.

En la tabla 1 se puede observar la comparación del estándar ADSL y sus evoluciones.

	ADSL	ADSL2	ADSL2+
Frecuencia	0,5 MHz	1,1 MHz	2,2 MHz
Velocidad Max. Subida	1 Mbps	1 Mbps	1,2 Mbps
Velocidad Max. Bajada	8 Mbps	12 Mbps	24 Mbps
Distancia	2 KM	2,5 KM	2,5 KM
Tiempo Sincronización	10-30 seg aprox.	3 seg aprox.	3 seg aprox.
Corrección de Errores	No	Sí	Sí

Tabla 1. Comparación del estándar ADSL (Saenz, 2013)

Su medio de transmisión es el cable de cobre conocido como par trenzado, como se muestra en la figura 1.

HFC (Henry Alberto Bolívar Meléndez, 2005).

Es un sistema de telecomunicaciones por cable que combina la fibra óptica y el cable coaxial como soportes para la transmisión de señales; se combina la fibra y el coaxial para aprovechar las cualidades que ambos presentan, por un lado, las bajas pérdidas e interferencias de la fibra óptica y por otro el bajo coste y la sencillez de instalación y conectorización del cable coaxial.

La red HFC es un medio bidireccional, teniendo en cuenta los anchos de banda disponibles en ambos sentidos, y el número de usuarios en un tramo de coaxial, permite desplegar redes de telecomunicación multiservicio (telefonía, datos, TV).

Su medio de transmisión es el cable coaxial y la fibra óptica, como se muestra en la figura 2 y 3 respectivamente.

FTTx. (gruponovelec, 2020)

En el año 2001 se formó el consejo de FTTH, con el objetivo de apoyar el desarrollo de FTTH en Norte América y actuar como consultor de las leyes de EE.UU. Como resultado esto ha dado lugar a la aparición de la Ley de 2001 sobre el acceso a Internet y servicios de banda ancha, que proporcionaba incentivos fiscales para las empresas que quisieran invertir en tecnología de banda ancha de nueva generación.

En 2003 la Comisión Federal de Comunicaciones de los EE.UU. (FCC) liberó el mercado, permitiendo, de esta manera, la implementación de las nuevas redes a todos los

operadores. Como resultado de todos estos hechos, el interés sobre las redes FTTx aumentó de manera exponencial.

FTTx tiene mayor capacidad debido al uso de fibra óptica y ofrece mayor gama de servicios (Triple Play: datos, telefonía y video) a un precio razonable, ya que un número alto de usuarios finales utilizan el ancho de banda de una fibra, y porque la mayoría de los componentes utilizados son pasivos.

Los nuevos estándares, que fueron establecidos por la ITU y por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) mejoraron de forma razonable la unificación, flexibilidad, duración y seguridad de PON, y crearon la posibilidad de una gran reducción de su precio, lo cual había sido imposible hasta ese momento. Ahora el despliegue de FTTx es ofrecido por multitud de operadores.

La tecnología FTTx, emplea la fibra óptica como medio de transmisión y se compone de: (gruponovelec, 2020).

OLT (Optical Line Terminal): se trata de un dispositivo pasivo situado en el nodo de distribución que sirve como el punto final del proveedor de servicios.

ONU (Optical Network Unit): es el terminal situado en casa del usuario que termina la fibra óptica y ofrece las interfaces de usuario.

ODN (Optical Distribution Nodes) u ORN (Optical Remote Node): consiste en un nodo que distribuye la señal desde la centralita hasta los hogares. Consta de splitters, tramos de fibras ópticas, empalmes y conectores.

Splitter o Divisor óptico: elemento pasivo que se encarga de direccionar la señal proveniente del OLT hasta cada uno de los usuarios.

Los tipos de implementación según la terminación del cableado.

FTTH. Proviene del acrónimo de Fiber-to-the-home. Es la fibra óptica por excelencia y conecta la centralita del operador con nuestro hogar u oficina. Es la forma más directa, rápida (a veces por encima de la velocidad contratada), fiable y segura de conectarse a Internet. Pueden llegar a velocidades entre 300 Mbps y 1 Gbps. A esta fibra también se le conoce como Fibra compartida, y es la más común y utilizada.

FTTN. Fiber-to-the-node, la conexión de cable de fibra óptica llega desde la central principal del operador hasta un nodo intermedio. Desde ese nodo intermedio se enlaza con el punto donde se ha contratado el servicio por medio de cobre o cable coaxial.

FTTA. Fiber-to-the-antenna, lleva la conexión de fibra óptica hasta las antenas de telefonía para dar alta velocidad. Cubre la necesidad de un mayor ancho de banda móvil para smartphones y tablets.

FTTB. Fiber to the Building, la conexión por fibra óptica llega hasta el edificio y desde ahí se distribuye a través de cable de cobre o coaxial hasta cada casa o habitación, dependiendo del tipo de edificio (hospital, oficinas, urbanizaciones, etc.).

Medios de Transmisión no Guiados (redesinalámbricas).

Una red inalámbrica es una red configurada para utilizar una señal de radio (onda), a una determinada frecuencia, para comunicarse entre varios dispositivos que tengan acceso a la red y sin necesidad de utilizar cables.

Son redes que utilizan radiofrecuencia o infrarrojos para transmitir la información. También pueden utilizar ondas de microondas, pero no es lo más habitual.

En las Redes Inalámbricas no hay una conexión física por cable entre el remitente y el receptor de la información, sino que la red está conectada por ondas de radio o de microondas para mantener las comunicaciones.

Básicamente están compuestas por un AP (punto de acceso inalámbrico) al que se conectan todos los demás dispositivos inalámbricos de la red.

Calidad del Servicio (López, 2020).

QoS son las siglas de Quality of Service, que en español significa calidad de servicio. Este término, en el mundo de las comunicaciones, hace referencia a la calidad de la conexión que esperan tener distintos clientes conectados en una red de telecomunicaciones, por ejemplo, QoS sirve para poder priorizar cierto tráfico de datos a ciertos clientes (con clientes nos referimos a distintos dispositivos conectados al mismo router, ya sean smartphones, tablets, ordenadores.). La calidad de servicio definida por la UIT se cita en la recomendación E.800 como la “Totalidad de características de un servicio de telecomunicaciones que inciden en su capacidad para satisfacer necesidades declaradas e implícitas del usuario del servicio” (ITU, <https://www.itu.int/es>, 1988).

La calidad de servicio tiene ciertos parámetros establecidos también por la UIT. Para el cumplimiento del objetivo se tendrá en cuenta la latencia, velocidad de transmisión y la pérdida de los paquetes con los cuales se comprueba el buen desempeño de la nueva infraestructura.

Parámetros de QOS (TechTarget, 2021).

Pérdida de paquetes. Esto sucede cuando los enlaces de red se congestionan y los enrutadores y conmutadores comienzan a descartar paquetes. Cuando los paquetes se eliminan durante la comunicación en tiempo real, como en llamadas de voz o video, estas sesiones pueden

experimentar fluctuaciones y lagunas en el habla. Los paquetes se pueden descartar cuando se desborda una cola o una línea de paquetes en espera de ser enviados. Se mide con un PING.

Latencia. Se refiere al tiempo que tarda un paquete en viajar desde su origen hasta su destino. La latencia debe ser lo más cercana a cero posible. Si una llamada de voz sobre IP tiene una gran cantidad de latencia, los usuarios pueden experimentar eco y audio superpuesto. Se mide con un PING.

Velocidad de Transmisión: Esta es la capacidad de un enlace de comunicaciones de red para transmitir la cantidad máxima de datos de un punto a otro en un período de tiempo determinado. Se mide con un test de velocidad.

Marco Teórico.

Presenta los resultados de investigaciones que han sido realizadas por otros autores y que tiene relación con la temática del proyecto, aportando al diseño e implementación de una red de fibra óptica.

Develop te/tm pass filters on double-loaded-on-ridge structure with ito/tin for upstream ftth optical access networks. journal of molecular structure, (2020).

En este artículo, los filtros de paso TE / TM se introducen como un multiplexor óptico dual en la transmisión de enlace ascendente de fibra hasta el hogar (FTTH). La arquitectura se implementa a una longitud de onda de 1330 nm, con una estructura de doble carga en la cresta. En el filtro de paso TE, el modo TM se acopla con el modo plasmónico mientras que el modo TE se guía a través del núcleo con bajas pérdidas debido al efecto de los dos materiales plasmónico. Sin embargo, el modo TM se dirige a través del corazón en el filtro de paso TM. Los óxidos conductores transparentes (TCO) como el óxido de indio y estaño (ITO), además del nitruro de titanio (TiN) se proponen como materiales plasmónico en dispositivos optoelectrónicos. Los TCO poseen ventajas por su transparencia, funcionalidad en la región NIR y su baja permitividad real en comparación con otros materiales plasmónico. La combinación ITO / TiN muestra un mejor rendimiento que el material plasmónico simple en el proceso de filtración. A 1330 nm de longitud de onda operativa, el filtro de paso TE funciona con una relación de extinción de 20,62 dB y una pérdida de inserción de 0,44 dB. Además, el filtro de paso TM funciona con una relación de extinción de 20,2 dB y una pérdida de inserción de 0,36 dB. Los filtros de paso TE y TM tienen una longitud de dispositivo de 2,5 μm y 2 μm , respectivamente.

Design, implementation and evaluation of a fiber to the home (ftth) access network based on a giga passive optical network gpon. array, (2021).

En este artículo, los autores exponen los requerimientos como alto ancho de banda y capacidad para internet de alta velocidad, Televisión de Alta Definición “HDTV” y Protocolo de Voz sobre Internet “VOIP”, conducen a las propuestas de Red de Acceso FTTH Fibra Hasta el Hogar.

FTTH basado en la tecnología Giga Passive Optical Network (GPON) es una técnica que puede proporcionar servicios triples play a un costo razonable. Utiliza solo equipos pasivos, excepto en la oficina central y las instalaciones del cliente. La mayoría de los operadores de telecomunicaciones ahora usan redes FTTH basadas en GPON debido a su flexibilidad para manejar tecnologías y servicios extendidos en el futuro. Para una tecnología GPON, se pueden incluir un máximo de 128 usos en una red con un alcance máximo de 60 km y una distancia máxima entre terminales de red óptica consecutivos de 20 km según la especificación G.984.6 ITU-T. GPON utiliza una transmisión de datos de 2.44 Gbps en sentido descendente y 1.24 Gbps en sentido ascendente.

Effective strategies for gradual copper-to-fiber transition in access networks. computer networks, (2021).

En este artículo, analizamos las mejoras que se pueden lograr con la introducción de dispositivos y arreglos técnicos de bajo costo en las redes actuales de Fibra al Gabinete (FTTC) con el objetivo de: soportar la multiplexación estadística de grupos de pares de cobre compartidos entre suscriptores en la capa de protocolo dos, y para retransmitir señales a lo largo del cable principal. Con cálculos simples, demostramos que la tasa de bits por usuario se puede aumentar mucho más allá de lo que se logra con los estándares de red actuales de fibra hasta el hogar (FTTH). La

degradación del rendimiento de la diafonía con respecto al caso ideal se analiza en el caso de las tecnologías VDSL2 35b y G. fast. Los costos de las soluciones consideradas se comparan con los de las redes FTTH. Demostramos que en un corto-mediano plazo el bajo costo de las inversiones requeridas para la actualización de la red FTTC puede extender la vida de las redes existentes basadas en cobre proporcionando al mismo tiempo una mejora significativa del desempeño con respecto a la configuración actual de FTTC. Esto facilita la transición sin problemas a FTTH respaldada por la reinversión de los ingresos adquiridos. La solución considerada en este documento avanza en la dirección de hacer factible la visión de la European Gigabit Society (EGS), cuyos objetivos son extremadamente desafiantes (si no inalcanzables dentro del plazo previsto para 2025) con un enfoque totalmente de fibra. De hecho, como se muestra en este documento, la tecnología de enfoque híbrido de fibra de cobre lista para Gigabit proporciona una ruta factible para reducir significativamente los costos de implementación de "gigabit" para avanzar gradualmente hacia la visión EGS totalmente de fibra.

Research and implementation of key technologies in ftth networks combining. procedia computer science, (2019).

Partiendo de la investigación de la tecnología de red óptica RFoG y combinándolo con el desarrollo de la red PON, este documento presenta una especie de estructura de red óptica integrada, que puede multiplicar el ancho de banda de acceso; además, analiza las tecnologías clave, como dispositivos ópticos y equipos terminales integrados, y proporciona un esquema técnico para actualizar la red.

Design of fiber cable tree ftth networks. electronic notes in discrete mathematics, (2018).

Este artículo presenta el problema del diseño de redes de cables de fibra de retroalimentación.

Considera las operaciones y los costos de separación de cables, así como el costo de una línea de

cable no lineal y la técnica de retroalimentación. Se propone una solución basada en

programación de enteros y se introducen algunas desigualdades válidas asociadas. Se ha

demostrado que el problema es NP-Hard. La formulación se evalúa en instancias de la vida real.

Marco Metodológico.

En el desarrollo de la metodología se toma como base el ciclo PHVA (Planear, Hacer, Verificar, Actuar) de mejora continua es una herramienta de gestión presentada en los años 50 por el estadístico estadounidense Edward Deming (isotools, 2015). Este método ha sido recientemente adoptado por la familia de normas ISO, por su comprobada eficiencia.

De manera general, el proyecto que se encuentra consignado en este documento se estructuró en cuatro fases a saber, la primera se evaluaron las diferentes tecnologías que se tienen a disposición para brindar una solución a la empresa, de igual forma se identificaron los materiales y talento humano para realizar la implementación de la solución elegida. Como resultado de esta caracterización se estructuró el problema y los objetivos de la investigación. En la segunda fase se diseñó la nueva red para la empresa Aratelecomunicaciones, teniendo en cuenta el análisis de las tecnologías realizado. Adicionalmente, se elaboró el presupuesto de la implementación de la nueva red. Finalmente, se realizó la implementación y despliegue de la nueva red troncal y la red de distribución del servicio. Durante la tercera fase se realizaron las mediciones y pruebas correspondientes que permitieron certificar el buen desempeño de la nueva red. En la cuarta fase, se realizaron los ajustes y se revisaron los trabajos futuros que se den a lugar, luego del desarrollo del proyecto.

Aplicando la metodología PHVA, los pasos que se siguieron en este proyecto fueron los siguientes:

Paso 1 Planear

En este paso se evaluaron las diferentes tecnologías que se tienen a disposición para brindar una solución a la empresa, de igual forma se identificaron los materiales y talento humano para realizar la implementación de la solución elegida.

Paso 2 Hacer

En este paso se diseñó la nueva red para la empresa Aratelecomunicaciones, teniendo en cuenta el análisis de las tecnologías realizado. Adicionalmente, se elaboró el presupuesto de la implementación de la nueva red. Finalmente, se realizó la implementación y despliegue de la nueva red troncal y la red de distribución del servicio.

Paso 3 Verificar

En este paso se realizaron las mediciones y pruebas correspondientes que permitieron certificar el buen desempeño de la nueva red.

Paso 4 Actuar

En este paso se realizaron los ajustes y se revisaron los trabajos futuros que se den a lugar, luego del desarrollo del proyecto.

Tecnologías de Redes de Acceso: Redes Alámbricas, Redes Inalámbricas.

En este capítulo se caracterizarán las tecnologías que pueden ser empleadas para dar una solución a la problemática de la empresa.

Tecnologías de Redes Alámbricas.

XDSL: Línea de Suscriptor Digital, en el proyecto con esta tecnología es posible ofrecer dos servicios voz y datos con una velocidad máxima de 24 Mbps de forma asimétrica, su medio de transmisión es el cable multipar que puede llegar a ser hasta de 100 pares, los cuales van siendo distribuidos por la ruta de la red. Debido a que la empresa no cuenta con una infraestructura previa, se requiere un despliegue que le permite satisfacer la alta demanda del servicio que se presenta. Teniendo en cuenta que la velocidad máxima es de 24 Mbps, y no se prestan todos los servicios demandados, esta solución no es favorable para satisfacer las altas velocidades que son solicitadas por los usuarios. (E., 2001).

HFC: “HFC” corresponde a Híbrido Fibra Coaxial, esta tecnología es muy recomendada cuando la empresa cuenta con una red de cobre con la cual presta el servicio de tv, realizando una modificaciones en cabecera y en los nodos le permitirá a la empresa prestar un servicio de internet con una velocidad máxima de 300Mbps, sin embargo, hay que tener en cuenta que esta tecnología en su última milla llega al cliente mediante cable de cobre, el cual es susceptible a interferencia la cual afecta el servicio prestado y la velocidad de transmisión que se le brinda al usuario. Para el proyecto, no es viable debido a que la empresa no cuenta con una infraestructura de tv por cable previa la cual le ayudaría a minimizar los costos de implementación. (ingenierosdetelecomunicaciones, s.f.).

FTTH: Una red de fibra a la casa (FTTH) es una red de acceso basada en fibra con las ventajas que se tiene a la hora de emplear la fibra como medio de transmisión, la cual no es susceptible a las interferencias que lleguen a degradar la calidad del servicio. En el proyecto, con esta tecnología es posible brindar una mayor velocidad de transmisión por cada cliente que se tenga en la red, así mismo es posible aumentar el ancho de banda por usuario, para poder ofrecer diferentes servicios como voz, video y datos, convirtiendo a esta tecnología en la solución más viable en comparación a las otras tecnologías. (Lozano, s.f.).

Tecnologías de Redes Inalámbricas.

Se ha desarrollado una gran cantidad de tecnologías para soportar redes inalámbricas en diferentes escenarios. Las principales tecnologías inalámbricas son:

WiMax: Consiste en la transmisión por ondas de microondas en banda libre para usos no comercial y para uso comercial se cuenta con bandas licenciadas lo cual garantiza el uso exclusivo de la frecuencia. Tienen una transferencia de hasta 54Mbps en un buen escenario, es susceptible a interferencias lo cual degrada la calidad del servicio, no es una tecnología escalable por lo cual no permite la prestación de nuevos servicios y un mayor ancho de banda. (Commission, 2009).

Wireless Wi-Fi AC es el nuevo estándar en tecnología inalámbrica Wi-Fi, Wireless 802.11ac, aunque esta tecnología permite una mayor tasa de transferencia de hasta una 1Gbps en un buen escenario, sigue heredando el problema de la interferencia por lo cual no la hace viable su aplicación en el proyecto, debido a que ocasionaría que la empresa incurra en una nueva inversión cuando esta tecnología llegue a su máxima capacidad. (Camara, 2014).

Comparación de las Tecnologías para el Proyecto.

En la tabla 2 se puede observar la comparación de las características más relevantes de las tecnologías que se tienen a disposición para dar una solución a la problemática de la empresa.

Tecnología	Medio	Velocidad de Transmisión	Susceptible a interferencias	Costo de implementación
FTTH	Fibra	Máximo 1.25 Gbps	No	Moderado alto
ADSL	Cobre	12 a 24 Mbps	Si	Moderado
HFC	Fibra y cobre	10 hasta 300 Mbps	Si	Medio
WIMAX	Espectro	1 hasta 54Mbps	Si	Bajó
WIFI AC	Espectro	1 Gbps	Si	Bajó

Tabla 2. Comparación de las tecnologías que se pueden implementar, fuente propia.

Para el proyecto se eligió en una solución de red de fibra óptica implementado la tecnología FTTH con el estándar EPON, aunque su costo es moderadamente alto, con esta tecnología se puede satisfacer la alta demanda que ha experimentado el servicio de internet, adicional a esto le brindara una infraestructura robusta con la cual pueda brindar servicios nuevos con los cuales se asegura un crecimiento estable.

Diseño de la Red de Transmisión para la Empresa Aratelecomunicaciones.

En este capítulo se caracterizarán las especificaciones técnicas de los elementos elegidos para el diseño y la implementación de la nueva red de fibra óptica.

Especificaciones Técnicas del Diseño.

Las redes FTTH permiten entregar diversos servicios a los clientes de igual forma por su tecnología mejora la conectividad reduciendo la latencia y permitiendo ofrecer mayores velocidades a los usuarios, por medio del protocolo IP y los avances que han existido en la TV se puede entregar este servicio por la misma fibra en altas definiciones lo cual mejora la interacción del usuario con el servicio.

Por otro lado, brinda una plataforma robusta y de vanguardia que le permite a la empresa crecer de manera estable sin afectar la calidad del servicio prestado. Esta tecnología la podemos implementar con estándares BPON, EPON o GPON siendo los dos últimos, los más implementados por los ISP.

EPON como GPON fueron definidos el mismo año, en 2004, la mayor sencillez de EPON. Los anchos de banda downstream/upstream de GPON son 2,488 Gbps/1,244 Gbps, frente a los 1,25 Gbps simétricos de EPON. La eficiencia de EPON es relativamente baja (73% downstream, 61% upstream), respecto a GPON (93% downstream, 94% upstream). Esto hace que el ancho de banda útil sea mucho mayor en GPON que en EPON, pudiendo así ofrecer un mejor servicio al usuario. (fibresplitter, 2019).

GPON tiene una mayor capacidad soportando todos los tipos de ODN. Con GPON se alcanza un número de usuarios por puerto de hasta 128, frente a los 64 de EPON. Es decir, la densidad de usuarios por nodo de acceso es mayor en GPON que en EPON. GPON, además,

soporta interfaces Clase A, B, B+ y C, frente a los Clase A y B de EPON. Esto hace que el alcance lógico de GPON pueda ser de hasta 60 km (con una diferencia máxima de 20 km entre los usuarios más lejanos y cercanos), frente a los 20 km de EPON. (fibresplitter, 2019).

De las diferentes soluciones que brinda la tecnología FTTH para este proyecto se seleccionó EPON para la central, debido a los costos de implementación y al número de clientes que puede soportar por puerto PON (hasta 68 usuarios por puerto). La empresa tiene un número actual de 120 usuarios y con una distancia que no supera los 10 km, de igual forma los equipos seleccionados tienen dualidad, lo que nos brindaran la ventaja que podremos realizar la actualización a GPON cuando se considere necesario solo con actualizar el equipo central OLT.

Para realizar la implementación FTTH, es necesario un equipo en la parte del operador denominado OLT (Optical Line Terminal), este es el equipo encargado de la multiplexación y del ajuste de las señales para ser enviadas por la red de distribución, como ya se definió previamente. En este proyecto, se empleará una OLT de 4 puertos PON que soporte el estándar IEEE 802.3ah, el cual hace referencia a la tecnología EPON con soporte de velocidades para transferencia de datos de Gigabit por segundo por puerto PON. Este equipo se seleccionó debido a que es un equipo que es robusto y económicamente asequible.

En una red FTTH se emplea en cada ubicación del cliente un equipo denominado ONU (Optical Network User) o también ONT (Optical Network Terminal). En este proyecto, los equipos cliente que se instalarán serán de la marca CDATA. Se selecciona una ONU de modo dual FD511GW-X-R310, debido a que es uno de los diseños de unidad de red óptica EPON / GPON para cumplir con los requisitos de la red de acceso de banda ancha. Este equipo admite GPON y EPON de dos modos adaptativos, de esta forma, el equipo puede distinguir rápida y

eficazmente entre el sistema GPON y EPON, teniendo en cuenta que la red sea de fácil escalabilidad se decidió por equipos dual de tal manera será más fácil la actualización a GPON. Adicionalmente, este equipo se emplea en FTTH / FTTO (CDATA, s.f.).

Por otra parte, una red FTTH se puede diseñar de dos formas centralizada o distribuida. La centralizada es donde se instala una Splitter que cumple con la capacidad del puerto PON, empleando de esta forma un solo splitter por puerto. Por otra parte, la configuración de splitter distribuida que es la división de la red en niveles, generalmente se emplea una estructura de dos niveles, el primer nivel es el más cercano al puerto PON de la OLT y de éste sale la conexión a los splitter de segundo nivel, que son los que se conectan a la acometida de los clientes, permitiendo de esta forma tener una mayor densidad de cobertura.

Para el proyecto se eligió implementar la configuración distribuida de dos niveles debido a futuras expansiones, que demanda una implementación con un alto número de usuarios. Asimismo, se seleccionó una distribución para los splitter de primer nivel de 1:4, lo que nos indica que tiene una entrada y cuatro salidas de conexiones, y una distribución de splitter de segundo nivel de 1:16, lo que nos indica que tiene una entrada y dieciséis salidas de conexiones para clientes, esto es debido a la capacidad por puerto PON de 64 usuarios ($16 \times 4 = 64$). En la figura 4 se observa la cantidad de splitters necesarios para la red de la empresa, de acuerdo al número de usuarios.

Splitter Distribuido			
Splitter de primer nivel= 1:N	4	Splitter de segundo nivel= 1:M	16
Número- Cantidad de usuarios	8	Número- Cantidad de splitter de primer nivel	120
Cantidad de Splitters	2	Cantidad de Splitters	8
Cantidad Total de Splitters necesarios	2		8

Figura 4. Cantidad de splitter requeridos, fuente propia.

Diagrama de Bloques.

En la figura 5 se puede observar el diagrama de bloques del esquema de conexión distribuido en dos niveles de la fibra y los elementos pasivos y activos que intervienen en la conexión que permite brindar el servicio de internet.

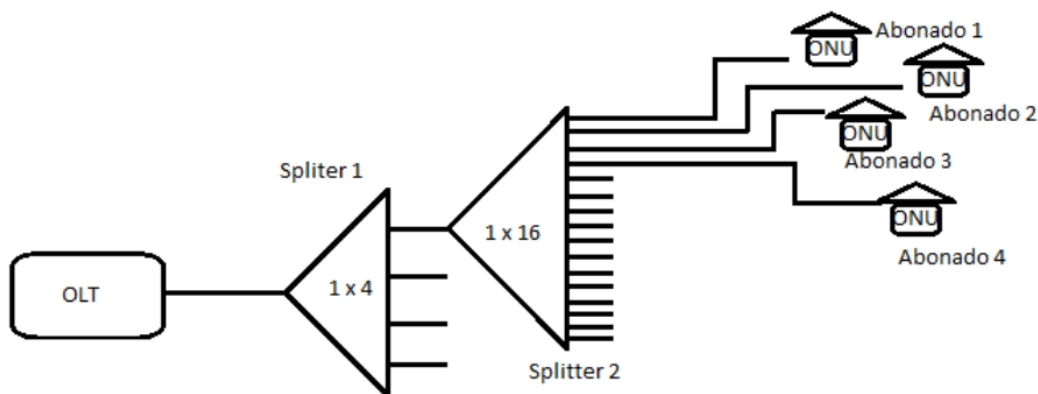


Figura 5. Diagrama de bloques, fuente propia.

En las instalaciones de FTTH se emplean unas cajas NAP (Network Access Point) las cuales son las que albergan los Splitters, en dichas cajas, se emplea una fusión con la fibra drop que va a la acometida del usuario, posteriormente en cada una de las rosetas ópticas se emplea un

conector manual para el lado del cliente de tipo SC, Para el proyecto se decidió emplear conectores SC-AP para el lado cliente y para el lado de los splitter se realizará fusión, esto es debido al cambio de fibra en la acometida que resulta el equipo cliente.

Para la fibra de la troncal se instala un spam 450 de 48 hilos SM (Single mode) con una atenuación de 0.3 dB por Km esto debido a la ruta de la fibra se requiere de un cable robusto ya que está expuesta a la fricción del paso de otras fibras de igual forma se dimensiona los futuros expansiones que se pueden realizar a la fibra para ampliar la cobertura. para la conexión de los splitter de primer y segundo nivel se instalará fibra Drop de 4 hilos SM con una atenuación de 0.3 dB por Km y para los clientes finales se instalará fibra drop de 1 hilo SM con una atenuación de 0.3 dB por Km.

Cálculo del presupuesto de potencia

A la hora de calcular cual es la longitud máxima de fibra que se puede instalar un cliente se debe de tener en cuenta la atenuación en cada uno de los componentes de la red, en la figura 4, se muestra por ejemplo la atenuación de los splitters. En la figura 6 se puede observar la atenuación de los elementos empleados en una red de fibra óptica.

	Min	Max	
Atenuación en divisor 1:16	12,2	13,5	dB
Atenuación en divisor 1:4	6,5	7,3	dB
Atenuación en divisor 1:2	3,2	3,7	dB
Atenuación en fibra a 1310 nm	0,33	0,35	dB/km
Atenuación en fibra a 1490 nm	0,2	0,25	dB/km
Atenuación en empalme por fusión	0,01	0,1	dB
Atenuación en cada conector	0,1	0,3	dB

Figura 6. Atenuación de los elementos (Rio, 2016).

Como norma general, en un enlace se debe tener en cuenta los siguientes elementos desde la salida óptica de la OLT hasta la entrada óptica de la ONT y viceversa para realizar el cálculo del presupuesto de potencia:

- Un conector óptico en el OLT.
- Un empalme por fusión entre cada fibra que sale del OLT y cada fibra que forma el cable de fibras ópticas que sale de la central del operador.
- Un empalme por fusión cada 1000 metros.
- Dos empalmes por fusión en la caja de empalmes en cámara de registro donde se encuentra el splitter 1:4.
- Un splitter 1:4.
- Dos empalmes por fusión en la CTO de exterior.
- Un splitter 1:16 en el interior de la CTO.
- Un conector óptico en la salida del CTO.
- Un conector óptico en la entrada de la ONT del usuario.

Siguiendo el listado anterior y exceptuando las pérdidas debidas a la propia fibra y a los empalmes por fusión cada 1000 metros en la fibra, en el peor de los casos tenemos unas pérdidas máximas fijas, que son calculadas de acuerdo a la fórmula para calcular el presupuesto de potencia, dado en la ecuación 1.

$$Pérdidas = (NF) + AS\ 1 * 4 + CO + AF + AS\ 1 * 16 \quad (dB) \quad (Ecuación\ 1).$$

$$Pérdidas = (7 * 0,1) + 7,3 + 0,1 + 0,1 + 13,5 + 0,1 + 0,3 = 22\ dB$$

Donde: NF = es el número de fusiones.

$AS\ 1*4$ = atenuación del Splitter 1*4.

CO = conector optico.

$AS\ 1*16$ = atenuacion del Splitter 1*16.

AF = atenuación de la fibra por km.

En la ecuación 2, podemos observar que las pérdidas en el peor de los escenarios son de 22 dB.

En la figura 7, se expone la discriminación de los elementos pasivos que intervienen en la señal y que atenúan su potencia, la suma de todas las unidades se denomina cálculo de potencia.

Componente	Pérdida en dB	Unidades-cantidad	Total
Conectores	0,5	1	0,5
Splitter primer nivel	7,3	1	7,3
Splitter segundo nivel	13,5	1	13,5
Empalmes	0,01	7	0,07
Fibra óptica troncal	0,3	4	1,2
Fibra óptica peor caso	0,5		0
Pérdida Total en dB			22,57

Figura 7. Tabla del cálculo de potencia, fuente propia

Planos.

Mapa Unifilar.

En la figura 8 e puede observar el plano general del despliegue de la red de fibra óptica con lo que se da solución a la empresa.

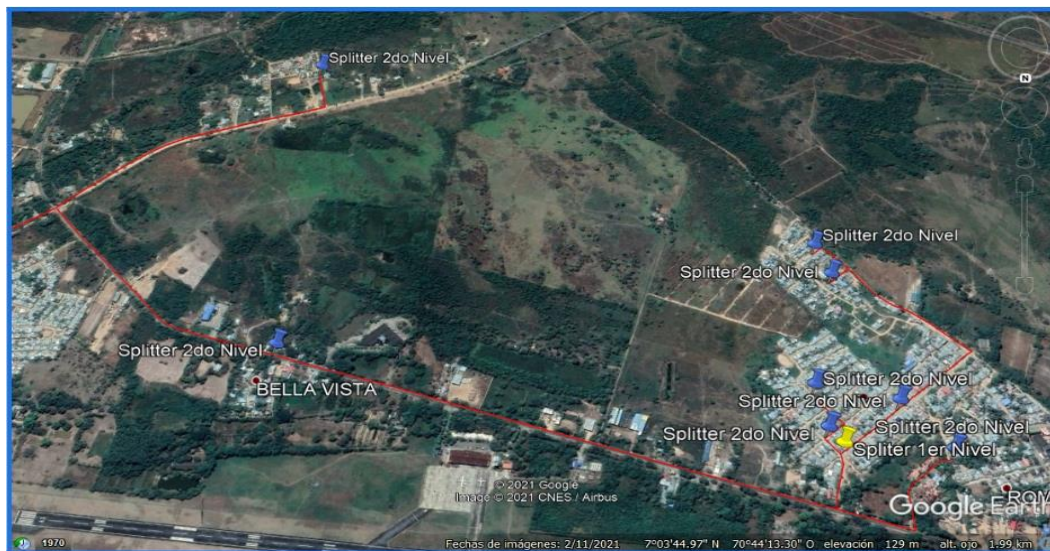


Figura 8. Planos del despliegue de la fibra en el barrio Brisas del Llano en la ciudad de Arauca. Fuente propia

En la figura 9 se puede observar la ruta del cable de fibra y su distribución de acuerdo con el código de colores en los barrios brisas del llano y rompellano.

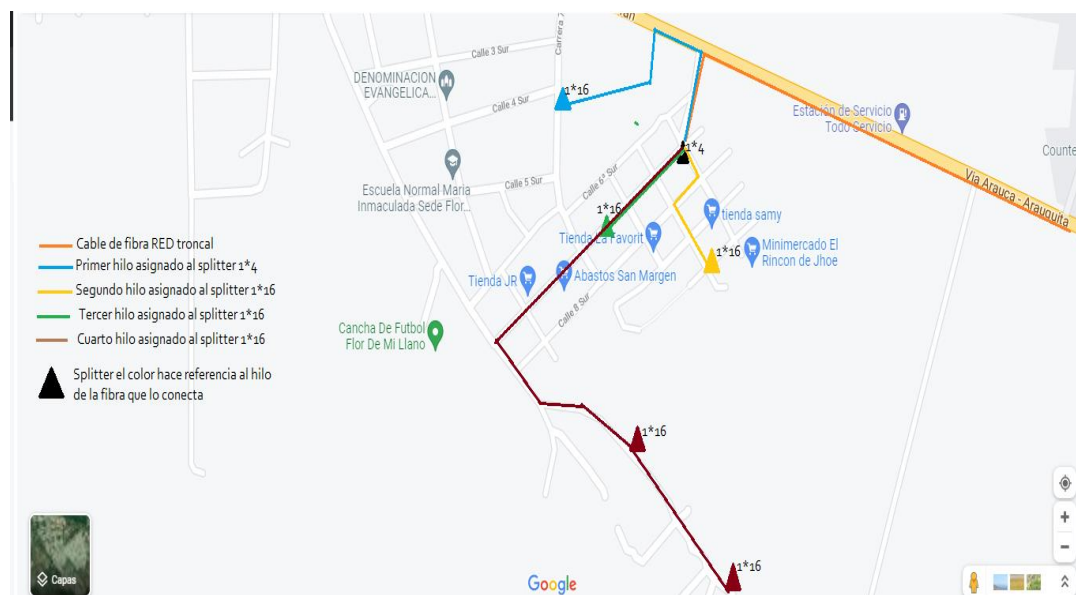


Figura 9. Plano del despliegue de la fibra en Brisas del llano y rompellano, fuente propia.

En el diseño se tuvo en cuenta la distribución geográfica de los clientes por lo cual se empleó una solución distribuida de dos niveles para los Splitter, esto garantiza prestar la

conectividad a los usuarios y dar cobertura a una mayor área, los elementos empleados se eligieron teniendo en cuenta los niveles de potencia en que los equipos trabajan. El splitter que tiene relleno negro, representa el splitter de primer nivel, los demás representan los splitter de segundo nivel y el color está sujeto al hilo de fibra al que se empalma. El cable naranja representa la fibra troncal, y los cables azules, amarillo, verde y rojo representan los respectivos hilos de la fibra.

Presupuesto de Implementación de la Red de la Empresa Aratelecomunicaciones.

Este capítulo describe el presupuesto discriminado por ítems de gasto asociado a la implementación de la red FTTH de la empresa Aratelecomunicaciones.

Talento Humano

En la tabla 3 observamos el talento humano requerido para la puesta en marcha de la nueva red, la cual está conformada de una cuadrilla compuesta de 4 personas para el tendido de la fibra, un coordinador quien será responsable de que las actividades se realizan siguiendo los protocolos de seguridad y en los tiempos estipulados y un asesor quien será quien dirija y ponga en funcionamiento la nueva red.

Recurso	Descripción	Cant. Hora	Valor hora	Presupuesto
Personal técnico	Sera el encargado de realizar el despliegue de la red	20	: \$20.000	\$ 6.400.000
Coordinador	Sera el encargado de coordinar y verificar que las actividades se cumplan con las especificaciones y tiempos estipulados	2	: \$25.000	\$ 800.000
Asesor	Sera quien guie el despliegue y verifique el funcionamiento de la nueva red	2	: \$ 25.000	\$ 800.000
Total				\$ 8.000.000

Tabla 3. Presupuesto del recurso humano, fuente propia.

Equipos y Software

En la tabla 4 observamos los equipos requeridos para la implementación de la nueva red. Sólo se tiene en cuenta un portátil, debido a que se requiere para el diseño en software de la red y para la configuración de los equipos clientes y de capa núcleo.

Recurso	Descripción	Cant.	V/U	Presupuesto
PC portatil	Para el diseño y configuración de la nueva red	1	\$1.965.000	\$1.965.000

Tabla 4. Presupuesto de los equipos y software requeridos.

Viajes y Salidas a Campo

Para realizar el despliegue y puesta en marcha de la nueva red de la fibra se requiere que el personal realice desplazamientos al sitio de presencia. En la tabla 5 observamos relacionados las salidas a campo requeridas por parte del personal.

Recurso	Descripción	Cant.	V/U	Presupuesto
Salida a campo	Salidas al Lugar de despliegue de la fibra óptica, barrio brisas del llano y san Vicent	30	\$25.000	\$ 750.000

Tabla 5. Presupuesto de salidas a campo.

Materiales y Suministros

Se toma por entendido que la empresa ha dotado a las cuadrillas con los EPP (Elementos de Protección Personal) y las herramientas de mano requeridas para realizar los trabajos, como por ejemplo corta frío, martilló, sunchadora, llaves de milimétricas, destornilladores, etc. En la tabla 6 se describen los elementos empleados en el despliegue de la solución.

Recurso	Descripción	Cant	V/U	Presupuesto
----------------	--------------------	-------------	------------	--------------------

OLT	Equipo central	1	\$3'850.000	\$3'850.000
ONU	Cliente	120	\$105.000	\$ 12.600.000
Splitter 1*4	Splitter de primer nivel	2	\$70.000	\$ 140.000
Splitter 1*16	Splitter de segundo nivel	8	\$140.000	\$1.120.000
Cajas NAP 1*16	Cajas para los Splitter de segundo nivel	8	\$160.000	\$1.280.000
Cajas NAP 1*8	Cajas para los Splitter de primer nivel	2	\$130.000	\$ 260.000
Conectores SC APC	Para la conexión en la parte del cliente	120	\$3500	\$ 420.000
Amarres plásticos	Para realizar el peinado de la fibra	3	\$20.000	\$ 60.000
Cinta bandi de ½	Para realizar la instalación de los herrajes en los postes	10	\$120.000	\$ 1.200.000
Evillas de ½	Para sujetar los herrajes	300	\$800	\$ 240.000
Herrajes de paso	Soporte de la fibra	200	\$500	\$ 100.000
Herrajes de ojo	Soporte de tensión	200	\$500	\$ 100.000
Herrajes de tensión	Para tensionar la fibra	200	\$2500	\$ 500.000
Fusionadora	Para realizar la unión de la fibra	1	\$5'600.000	\$5.600.00
Cinta de enmascarar	Para realizar la identificación de las conexiones dentro de las cajas NAP.	1	\$1.200	\$ 1.200
Marcador	Para marcar las conexiones	1	\$2.500	\$ 2.500
Fibra drop de 4 hilos	Fibra para la conexión entre los	10	\$790.000	\$ 7.900.000

Fibra drop de 1 hilo	Splitter de primer nivel y segundo nivel Fibra para la conexión de los clientes	20	\$370.000	\$ 7.400.000
Kit de técnico para fibra	Herramientas para realizar los trabajos de la fibra	1	\$450.000	\$ 450.000
Total				\$ 42.983.700

Tabla 6. Presupuesto de los materiales y suministros.

Infraestructura

Para el despliegue del cable de fibra se requiere hacer uso de los postes de la empresa de energía de Arauca Enelar ESP, para lo cual hay que tramitar un permiso para hacer uso de ellos, por los cuales se debe realizar un pago mensual por el uso. En la tabla 7 se discrimina el alquiler de los postes de energía por los cuáles se tenderá la fibra óptica.

Recurso	Descripción	Cant.	V/U	Presupuesto
Postes	Infraestructura para la instalación del cable de fibra	300	\$1.950	\$ 585.000

Tabla 7. Presupuesto de la infraestructura de la empresa de energía.

Presupuesto Total del Proyecto

Para el despliegue y puesta en marcha de la nueva red de telecomunicaciones para la empresa Aratelecomunicacion se requiere de un presupuesto total el cual esta relaciona en la tabla 8.

	RECURSO	DESCRIPCIÓN	PRESUPUESTO
1.	Equipo Humano	Personal que interviene en el despliegue de la nueva red	\$ 8.000.000

2.	Equipos y Software	Computador portatil	\$1.965.000
3.	Viajes y Salidas de Campo	Salidas al Lugar de despliegue de la fibra óptica, barrio brisas del llano y san Vicente	\$ 750.000
4.	Materiales y suministros	Implementación y despliegue de la nueva red troncal y la red de distribución del servicio.	\$ 42.983.700
5.	Postes	Infraestructura para la instalación del cable de fibra	\$ 585.000
6.	Bibliografía		\$0
Total			\$ 52.318.000

Tabla 8. Presupuesto total del despliegue de la nueva red.

El presupuesto para hacer la renovación o cambio de la infraestructura física de la empresa tiene un costo total de 52 millones aproximadamente; Teniendo en cuenta que el presupuesto puede llegar a ser elevado, se presentó la propuesta a la empresa, para su respectivo análisis, la cual fue aceptado, tomando conciencia desde lo administrativo, en cuanto a la inversión a realizar.

Con la inversión implementada se desplegará una infraestructura que le permitirá mejorar el servicio, además les quedará una red robusta con la cual podrán atender la futura demanda y prestar nuevos servicios, asegurando un crecimiento para la empresa. El retorno de la inversión será de 3 años con una proyección de crecimiento de 136 abonados nuevos los cuales se alcanzará la capacidad de la OLT la cual es de 256 abonados.

Despliegue e Implementación de la Red de Transmisión de la Empresa

Aratelecomunicaciones.

En este capítulo, se describe y se muestra fotos como evidencia del paso a paso que se debe realizar para la implementación de la solución.

Instalación de Herrajes en Poste

En la figura 10 se observa el vestimento de un poste en el cual se instala los herrajes que se soportara la fibra, se realiza por medio de una cinta bandi de medida 3/8 de pulgada para brindar el buen ajuste de los herrajes al poste.

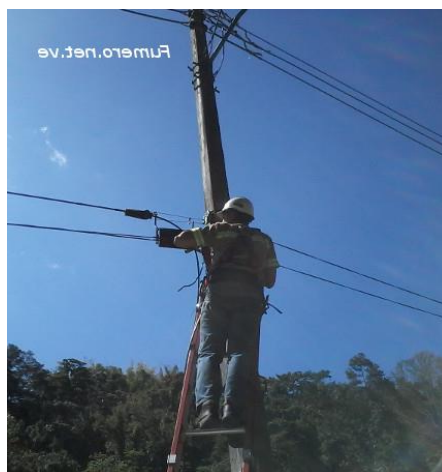


Figura 10. Linero realizando la preparación del poste (NTD hoy, 2021)

Tendido de la Fibra Óptica

En la figura 11 se observa el tendido del cable de fibra troncal, la cual es un spam 450 con ello se va a suplir las demandas de anchos de bandas requeridas por los usuarios.



Figura 11. Lineo realizando el tendido de fibra (sylcomteldataperu, 2022)

Instalación de las Cajas NAP y Muflas

En la figura 12 se observa la instalación de la caja de empalme o muflas, en las cuales se da el empalme por fusión a los cables de fibra. Debido a que los carretes que se emplearon son de 1 km, se hace necesario empalmar para abarcar toda la red.

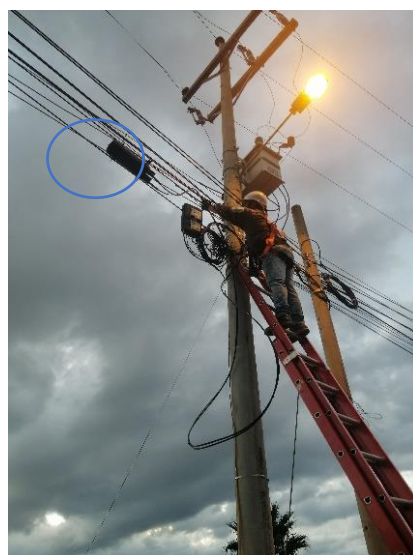


Figura 12. Linero instalando caja de empalme o mufla, fuente propia.

Instalación de la Caja NAP de Primer Nivel

En la figura 1 se observa la instalación de la caja NAP y splitter 1*4 de primer nivel, la cual tiene como función permitir la conexión de los splitter de segundo nivel.



Figura 13 Caja NAP de primer nivel, fuente propia.

Instalación de la Caja NAP de Segundo Nivel

En la figura 14 se observa la instalación de la caja NAP y splitter 1*16 de segundo nivel, los cuáles permiten la conexión de los clientes a la red.



Figura 14. Caja NAP de segundo nivel, fuente propia.

Instalación de un Cliente

En la figura 15 se observa la instalación de un cliente y las conexiones del equipo ONU, este cliente fue migrado a la nueva red de fibra óptico.



Figura 15. Instalación de un cliente, fuente propia.

En el despliegue del cable de fibra se evidencio que se empleó una fibra de 4 hilos para la conexión de los Split ter de primer nivel debido a que la OLT que se instaló es una OLT 4 puertos, con ello se evita desperdiciar fibra denominada fibra oscura.

Igualmente se realizó un empalme por fusión en los Splitter de primer y segundo nivel con el objetivo de minimizar la perdida de potencia conocida como atenuación por conectorizacion la cual llega a ser de 0.5 dB.

Pruebas de los Servicios Instalado.

En este capítulo, se describen las pruebas que se realizan para determinar la operatividad del servicio de internet en el lado del cliente.

ONU con Servicio Operativo

En la figura 16 se observa el estado de los leds, están en verde lo que indica un funcionamiento normal del equipo UNO y sean establecido la sincronización de las conexiones.



Figura 16. Estado de los leds indicadores, fuente propia.

Estado de los leds indicadores:

- 1) Indica que la onu esta encendida.
- 2) Indica que está operativo el sistema.
- 3) Si se encienda será en rojo e indicara perdida de potencia en la ONU.
- 4) Indica que hay potencia en el puerto PON.
- 5) Indica que hay conexión en el puerto GigaEthernet.
- 6) Indica que hay señal WiFi.

Medición de Potencia con Power Meter

En la figura 17, las flechas amarillas indican las siguientes medidas en un power meter:

1. Es la longitud de onda.
2. Es la potencia de la en mW.
3. Es la potencia de la red en dBm.



Figura 17. Medición de potencia, fuente propia.

En la figura 15, se observa la medición de potencia en el lado del cliente dando cumplimiento al cálculo de potencia realizado anteriormente, teniendo en cuenta los parámetros ópticos de las ONUs los cuales Rx Sensitivity: -28dBm y Saturation Optical Power: -8dBm, se puede evidenciar que la potencia recibida es de 19.01 dBm, la cual está entre los niveles requeridos para garantizar el servicio entregado.

Potencia en el Equipo

En la figura 18, las flechas negras indica los niveles del estado de la conexión en la ONU.

- 1) Potencia de transmisión en la ONU.
- 2) Potencia en la recepción en la ONU.

- 3) Voltaje que recibe la ONU.
- 4) Corriente en la que trabaja la ONU.

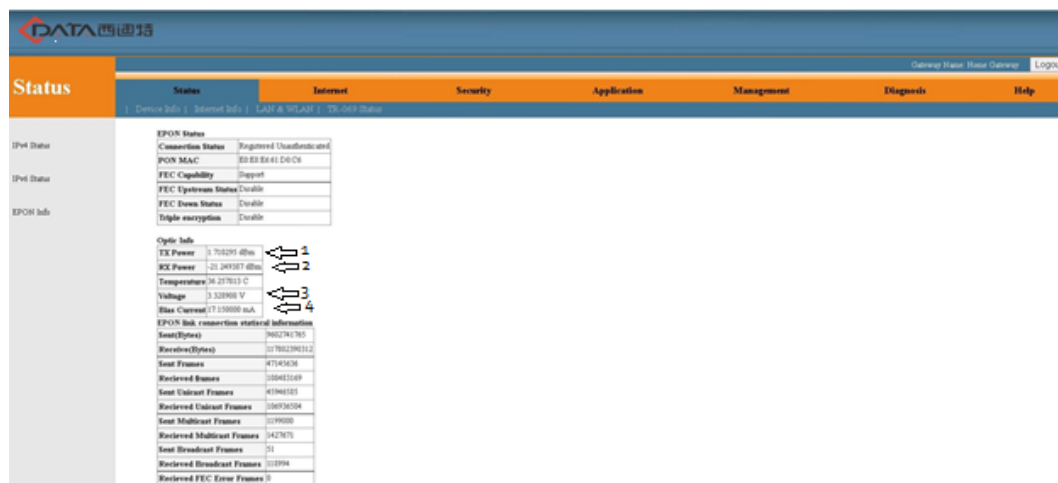
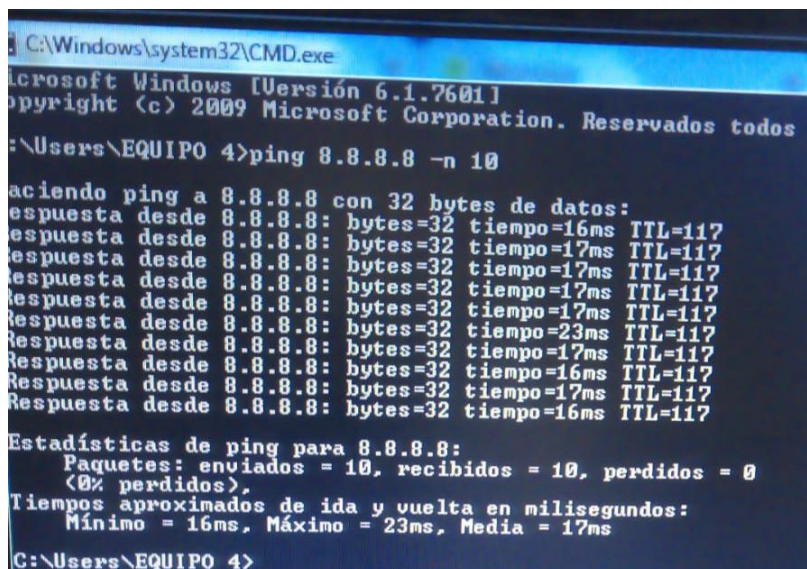


Figura 18. Estado de la conexión PON, fuente propia.

En la figura 18 se observa el equipo asociado y los parámetros del estado de la conexión PON, en el cual nos muestra la potencia de Tx y Rx con la cual se le está llegando al cliente, el cual debe estar entre el rango de los parámetros ópticos antes descritos.

Comprobación de la Conexión.

En la figura 19 se observa los resultados de un PING realizado a la puerta de enlace, con el cual podemos determinar que existe una comunicación entre el equipo y la central.



```

C:\Windows\system32\CMD.exe
Microsoft Windows [Versión 6.1.7601]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

C:\Users\EQUIPO 4>ping 8.8.8.8 -n 10

Estimando ping a 8.8.8.8 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=16ms TTL=117
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=17ms TTL=117
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=17ms TTL=117
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=17ms TTL=117
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=17ms TTL=117
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=23ms TTL=117
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=17ms TTL=117
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=16ms TTL=117
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=17ms TTL=117
Respuesta desde 8.8.8.8: bytes=32 tiempo=16ms TTL=117

Estadísticas de ping para 8.8.8.8:
Paquetes: enviados = 10, recibidos = 10, perdidos = 0
(0% perdidos),
Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
Mínimo = 16ms, Máximo = 23ms, Media = 17ms

C:\Users\EQUIPO 4>
  
```

Figura 19. Resultados del PING, fuente propia.

Prueba de Velocidad.

En la figura 18 se observa la velocidad de transmisión de la conexión PON en el momento de la entrega del servicio la cual corresponde al plan contratado por el cliente.

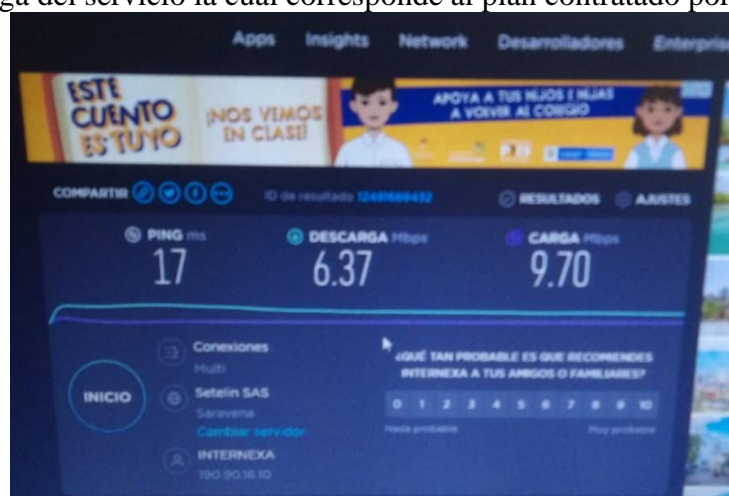


Figura 18. Prueba de velocidad, fuente propia.

Es importante realizar un presupuesto de potencia en el diseño de la red, para así asegurar un buen servicio en el peor de los escenarios. En el momento de entregar y garantizar el servicio se debe tener en cuenta el nivel de potencia que está llegando al cliente, es muy significativo estar entre los niveles de potencia en los que trabajan los equipos debido a que si le llega una potencia muy elevada puede llegar a saturar al equipo afectando el servicio entregado o por el contrario si la potencia es baja la comunicación no se logrará, con lo cual no se podrá prestar el servicio.

Conclusiones

El desarrollo del proyecto permitió reconocer las distintas tecnologías y medios de transmisión que existen. Se pudo evidenciar que la fibra óptica es el mejor medio de transmisión a emplear en la solución del proyecto debido a la velocidad de transmisión que utiliza y que con dicho medio de transmisión fue posible implementar los servicios requeridos por los clientes de la empresa Aratelecomunicaciones.

Realizando la caracterización de las tecnologías que se tuvieron en cuenta para la nueva red, se pudo evidenciar que la tecnología FTTH con el estándar EPON, es una tecnología que tiene un bajo costo de implementación en comparación con los otros estándares como el GPON, lo que la convierte en la más factible para el territorio en el que se realizó el despliegue.

Se logró evidenciar que mediante el diseño e implementación de la nueva infraestructura se mejora la calidad del servicio prestado, pasando de ofertar un máximo de 4 Mbps a un plan de mínimo 10 Mbps con una latencia de 17 ms, debido a que el medio de transmisión empleado es la fibra óptica, la cual permite mayores tasas de transmisión y disminuye el tiempo de la latencia dando una mejor experiencia al usuario del servicio prestado.

Por las características de la red, la relación costo-beneficio justifica la inversión, debido a que se puede ofrecer el servicio a 136 clientes adicionales, y con 250 clientes al mes, se garantizaría el retorno de la inversión en 3 años aproximadamente. Lo anterior es la evidencia de una infraestructura que garantiza desde la parte operativa la continuidad de la empresa y ofrece la oportunidad de evolucionar y prestar nuevos servicios.

Con el diseño e implementación de la red distribuida en dos niveles se enfocó a que el tramo de fibra que conecta el cliente no exceda los 200 metros de longitud, con ello se optimiza los recursos teniendo en cuenta que la instalación no tiene ningún recargo para el usuario.

Se analizó que a futuro se debe cambiar los tramos de fibra drop de 4 hilos por un spam 80 debido a que esta resiste a las condiciones que estará expuesta en el medio en que se realizó el despliegue.

Se logro evidenciar que el diseño distribuido en dos niveles es funcional en el cual se empleó para el primer nivel un Splitter 1*4 con una atenuación máxima de 7.5 dB y para el segundo nivel un Splitter 1*16 con una atenuación máxima de 13.5 dB, la potencia con la que se llega al cliente, en el peor de los casos es 22 dB, dicha potencia es superior a los niveles para garantizar el servicio de acuerdo con los resultados de las pruebas realizadas.

Resultados

Se realizó la identificación de las distintas tecnologías posibles que se pueden emplear para ofrecer una solución al problema planteado.

Se determinó el tipo de tecnología requerida, el diseño y las especificaciones técnicas de los elementos que se usaran para implementar la solución al problema planteado en el desarrollo del capítulo 1.

Se identificaron los elementos y su costo de adquisición para el despliegue de la nueva red.

Se realizó la implementación de la solución mediante la instalación del cable de fibra óptica en la posteria de la empresa de energía.

Se realizaron las pruebas requeridas a los equipos para poder verificar que la tecnología elegida cumpliera con los requerimientos de la empresa.

OBJETIVOS	RESULTADOS
Analizar los diferentes tipos de tecnologías que permitan dar solución a la problemática de la red existente.	Se logra identificar las distintas tecnologías posibles que se pueden emplear para ofrecer una solución.
Diseñar la nueva red para la empresa Aratelecomunicaciones, teniendo en cuenta el análisis de las tecnologías realizado.	Se determinó el tipo de tecnología requerida, el diseño y las especificaciones técnicas de los elementos que se usaran para implementar la solución al problema planteado en el desarrollo del capítulo 1.
Elaborar el presupuesto de la implementación de la nueva red.	Se identificaron los elementos y su costo de adquisición para el despliegue de la nueva red.
Realizar la implementación y despliegue de la nueva red troncal y la red de distribución del servicio.	Se realizó la implementación de la solución mediante la instalación del cable

Realizar pruebas de instalación de los clientes nuevos para medir los puntos instalados y la operación del servicio.	de fibra óptica en la posteria de la empresa de energía. Se realizaron las pruebas requeridas a los equipos para poder verificar que la tecnología elegida cumpliera con los requerimientos de la empresa.
--	---

Tabla 8. Obtención de los resultados vs los objetivos propuestos Fuente. Elaboración propia.

Trabajo Futuro

Como trabajo futuro se proponen los siguientes proyectos que surgen a partir del expuesto:

Proyecto de actualización al estándar GPON para la empresa Aratelecomunicaciones.

Proyecto de revisión del número de hilos de la red instalada.

Referencias

- Arauca, A. d. (21 de Julio de 2021). *Alcaldia de Arauca*. Recuperado el 2 de 08 de 2021, de <https://www.arauca-arauca.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx>
- c3comunicaciones. (2 de 07 de 2014). *c3comunicaciones.es*. Recuperado el 2021 de 08 de 03, de <https://www.c3comunicaciones.es/diferentes-tipos-de-fibra-optica/>
- Camara, M. (24 de 02 de 2014). *www.comunicacionesinalambricashoy.com*. (comunicacionesinalambricashoy) Recuperado el 12 de 12 de 2021, de <https://www.comunicacionesinalambricashoy.com/que-es-wireless-wi-fi-ac/?amp>
- Castillo, J. A. (15 de 02 de 2019). Recuperado el 2021 de 08 de 03, de <https://www.profesionalreview.com/2019/02/15/fibra-optica-que-es/>
- CDATA. (s.f.). <https://cdatatec.com/>. (CDATA) Recuperado el 12 de 12 de 2021, de <https://cdatatec.com/product-item/1ge-pure-data-type-dual-mode-onu/>
- Commission, I.-A. T. (09 de 2009). *www.oas.org*. (Inter-American Telecommunication Commission) Recuperado el 12 de 12 de 2021, de http://www.oas.org/en/citel/infocitel/2009/septiembre/wimax_i.asp
- E., F. H. (1 de 4 de 2001). <https://sisbib.unmsm.edu.pe>. (UNMSM. Facultad de Ingeniería Industrial) Recuperado el 12 de 12 de 2021, de https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/indata/v04_n1/tecnologia.htm

fibresplitter. (16 de 09 de 2019). <http://m.fibresplitter.com>. (fibresplitter.com) Recuperado el 12 de 12 de 2021, de <http://m.fibresplitter.com/info/what-s-the-difference-between-epon-and-gpon-op-39232475.html>

gruponovelec. (16 de 11 de 2020). blog.gruponovelec.com. Recuperado el 02 de 08 de 2021, de <https://blog.gruponovelec.com/redes-vdi/cable-coaxial-tipos-y-caracteristicas/>

Henry Alberto Bolívar Meléndez, H. D. (2005). *Tecnología de Redes de Banda Ancha Redes HFC*. Cartagena.

Ian C. Wong, D. W. (2005). High-speed Wireline Communication Systems. *Academia*, 34.

ingenierosdetelecomunicaciones. (s.f.). ingenierosdetelecomunicaciones.blogspot.com.

(ingenierosdetelecomunicaciones) Recuperado el 12 de 12 de 2021, de

<http://ingenierosdetelecomunicaciones.blogspot.com/p/redes-hfc.html?m=1>

isotools. (20 de 02 de 2015). isotools.org. Recuperado el 2021 de 08 de 03, de

<https://www.isotools.org/2015/02/20/en-que-consiste-el-ciclo-phva-de-mejora-continua/>

ITU. (11 de 1988). <https://www.itu.int/es>. (ITU) Recuperado el 12 de 12 de 2021, de

<https://www.itu.int/es/ITU-D/Regulatory-Market/Pages/Quality-of-Service-Regulation.aspx>

ITU. (29 de 07 de 2010). itu.int. Recuperado el 03 de 08 de 2021, de <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.656-201007-I/es>

Keiser, G. (2006). *FTTX concepts and applications*. Hoboken, N.J. : John Wiley & Sons : IEEE.

Leandrogg68. (27 de 02 de 2017). elcajondeelectronico.com. Recuperado el 02 de 08 de 2021,

de <https://elcajondeelectronico.com/cable-multipar/>

- López, P. (13 de 05 de 2020). <https://www.geeknetic.es/>. (geeknetic.es) Recuperado el 12 de 12 de 2021, de <https://www.geeknetic.es/QoS/que-es-y-para-que-sirve>
- Lozano, J. O. (s.f.). <http://telemediciones.com>. (telemediciones) Recuperado el 12 de 12 de 2021, de <http://telemediciones.com/blog/fibra-optica/que-es-fttx-y-sus-aplicaciones/>
- Marchukov, Y. (2011). *Desarrollo de una aplicación gráfica para el diseño de infraestructuras FTTH*. Gandia: Universidad Politecnica de Valencia. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/13413/memoria.pdf>
- NTD hoy, S. (12 de 12 de 2021). www.fibraopticahoy.com. Obtenido de <https://www.fibraopticahoy.com/blog/2016/10/>
- redesinalambricas. (s.f.). <https://www.redesinalambricas.es>. (redesinalambricas.es) Recuperado el 12 de 12 de 2021, de https://www.redesinalambricas.es/?amp#Tipos_de_Redес_Inalambricas
- Rio, E. D. (12 de 08 de 2016). <http://fibraoptica.blog.tartanga.eus>. (fibraoptica.blog.tartanga.eus) Recuperado el 12 de 12 de 2021, de <http://fibraoptica.blog.tartanga.eus/2016/08/12/equipos-utilizados-en-las-instalaciones-ftth-de-movistar-9a-parte-distancia-maxima-en-una-red-ftth/>
- Saenz, J. (13 de 10 de 2013). *adslzone*. Recuperado el 02 de 08 de 2021, de <https://adslzone.net/adsl2-ventjas.html/amp/>
- sylcomteldataperu. (2022). *sylcomteldataperu.com.pe*. (sylcomteldataperu) Recuperado el 10 de 02 de 2022, de <https://sylcomteldataperu.com.pe/cableado-estructurado-data-voz-video.html/>

TechTarget, C. d. (02 de 2021). <https://www.computerweekly.com/es/>. (computerweekly)

Recuperado el 12 de 12 de 2021, de

<https://www.computerweekly.com/es/definicion/Calidad-de-servicio-o-QoS>

tibag. (2017 de 08 de 17). *tibag.com.mx*. Recuperado el 2021 de 08 de 03, de

<https://www.tibag.com.mx/2017/08/14/diferencias-cables-coaxial-rg59-rg6-y-rg11/>

virtual.urbe.edu. (s.f.). Recuperado el 02 de 08 de 2021, de

<http://virtual.urbe.edu/tesispub/0097866/cap01.pdf>

Anexos

Mapa Unifilar



Anexo 1 mapa unifilar, fuente propia.

