

**SOLUCION NGN APLICADA A LA RED DE TELECOMUNICACIONES DE LA
EMPRESA ESMERALDAS SANTA ROSA S.A**

Oswaldo Álvarez Morales

Tutor:

Ingeniero Raúl Bareño Gutiérrez

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Básicas Tecnológicas e Ingenierías – ECBTI

Especialización en Redes de Nueva Generación

CEAD Chiquinquirá

Diciembre de 2021

Contenido

Resumen	6
Abstract.....	7
Introducción	8
Capítulo 1. Planteamiento del problema.	10
1.1 Definición del problema.	10
1.2 Justificación	11
1.3 Objetivos	12
1.3.1 Objetivo General	12
1.3.2 Objetivos específicos	12
Capítulo 2. Marco Referencial y Teórico.	13
2.1 Conceptos	13
2.1.1 Definición	13
2.1.2 Arquitectura.	14
2.2 Marco referencial	15
2.2.1 Diseño y simulación de red de comunicación en la mina de carbón Santa María en el municipio de Sogamoso, Boyacá (2017):	15
2.2.2 Estudio, diseño e implementación de una red de acceso Mediante Fibra Óptica GPON para el municipio de Soatá (Boyacá) casco central (2021):	15
2.2.3 Diseño y emulación de una red IP/MPLS para interconectar las facultades de la UCSG con el centro de cómputo y rectorado como site alterno (2021).	16
Capítulo 3. Infraestructura de red a migrar.	17
3.1 Antecedentes	17
3.1.1 Fibra Óptica	17
3.1.2 Red LAN	18
Capítulo 4. Diseño de migración a redes NGN.	21
4.1 Operadores.	21
4.1.1 InterNexa	21
4.1.2 Movistar S.A	23
4.1.3 Azteca Comunicaciones Colombia S.A	24
4.2 Red GPON.	25
4.2.1 Actividades realizadas.	27
4.2.2 Sitios intervenidos	28

4.2.3 Pruebas realizadas.....	29
4.2.4 Materiales utilizados.....	30
4.2.5 Pruebas de conectividad.....	34
4.2.5.1 Software de Gestión.....	34
4.2.5.2 Métodos de conexión a OLT.....	35
4.2.5.3 Pasos para configurar una OLT.....	36
4.1.5.4 Pruebas de conectividad mediante software.....	39
4.2.6 Registro de certificación de la Fibra Óptica.....	43
4.3 Red WiFi Corporativa.....	44
Capítulo 5. Resultados.....	48
Conclusiones.....	52
Bibliografía.....	54

Tabla de Ilustraciones.

Imagen 1. Red de Fibra Óptica Antigua.	18
Imagen 2. Topología de la Red Antigua de Campamento.	19
Imagen 3. Ubicación de los equipos ONT al Interior de la Mina Cunas.	27
Imagen 4. Vlans creadas en la OLT.	37
Imagen 5. <i>Configuración DBA en OLT.</i>	37
Imagen 6. Configuración LINE Profile	38
Imagen 7. ONUs Activadas en el Software de Gestión.	38
Imagen 8. Iniciando el Software de Gestión de la OLT	39
Imagen 9. Iniciando el Software de Gestión de la OLT.	40
Imagen 10. Visualización Pantalla de Inicio del Software EMS.	40
Imagen 11. Valores ONT Inclinado	41
Imagen 12. La ONT de Inclinado Opera a Través de la Vlan 20	41
Imagen 13. Diagrama del Tráfico de la OLT.	42
Imagen 14. Distribución Red GPON al Interior de la Mina.	43
Imagen 15. Certificación de Fibra Óptica del Punto Inclinado.	44
Imagen 16. Controlador Ubiquiti UniFi.	45
Imagen 17. Entorno Gráfico Ubiquiti UniFi.	45
Imagen 18. Equipos Conectados a la Red UniFi.	46
Imagen 19. Cobertura Red Ubiquiti UniFi.	46
Imagen 20. Usuarios Conectados a la Red Ubiquiti UniFi.	47
Imagen 21. Ping Realizado a la Cámara 192.168.102.194 Ubicada en Cuarto de Lavado	49
Imagen 22. Ping a la Cámara 192.168.120.120 Ubicada en el Inclinado.	49
Imagen 23. Ping a la Cámara 192.168.221.29 Ubicada en el Sector de Totumos.	50
Imagen 24. Ping a la Cámara 192.168.100.63 Ubicada en el Nivel 42	50
Imagen 25. Visualización Sistema de Monitoreo.	51

Agradecimientos.

A la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, a los tutores que hicieron parte de mi formación, a mis compañeros de estudio durante este ciclo y en especial a mi tutor el Ingeniero Raúl Bareño por su orientación, dedicación y paciencia durante el desarrollo del proyecto.

Resumen

Cuando la empresa Esmeraldas Santa Rosa decidió tender una red de fibra óptica al interior de la mina de explotación, eran pocos los dispositivos de red conectados, pero con el paso del tiempo se implementó un robusto sistema de video vigilancia que colapsó la red instalada. El sistema no fue capaz de soportar el tráfico de red y se presentaron problemas como latencia alta, pérdida de comunicación y saturación. Con la migración de la infraestructura a redes de Nueva Generación se garantizó la solución de las fallas y problemas de red, modernizando los equipos y la infraestructura. Para ello fue necesario realizar un levantamiento de información para validar la red y los dispositivos a migrar, conocer los operadores de la zona que ofrecieran el servicio de internet y con capacidad de establecer un canal MPLS con la sede de Bogotá y diseñar una red acorde a las exigencias de las redes NGN. En el diseño se optó por implementar una red GPON por las características que esta ofrece, como tener acceso a cada uno de los dispositivos instalados, por ejemplo. Se realizaron pruebas de conectividad garantizando el éxito de la migración.

Palabras claves: **Fibra Óptica, GPON, Video Vigilancia, Telefonía IP.**

Abstract

When the Esmeraldas Santa Rosa company decided to lay a fiber optic network inside the exploitation mine, few network devices were connected, but with the passage of time a robust video surveillance system was implemented that collapsed the installed network. The system was not able to support the network traffic and there were problems such as high latency, loss of communication and saturation. With the migration of the infrastructure to New Generation networks, the solution of failures and network problems was guaranteed, a GPON system was implemented inside the mine, modernizing the equipment and infrastructure. For this, it was necessary to carry out an information survey to validate the network and the devices to be migrated, meet the operators in the area that offer internet service and with the ability to establish an MPLS channel with the Bogotá headquarters and design a network accordingly. to the demands of NGN networks. In the design, it was decided to implement a GPON network due to the characteristics it offers, such as having access to each of the installed devices, for example. Connectivity tests were carried out guaranteeing the success of the migration.

Keywords: Fiber Optic, GPON, Video Surveillance, IP Telephony.

Introducción

El avance continuo de las redes de telecomunicaciones ha obligado a las empresas a migrar sus sistemas tradicionales a Redes de Nueva Generación (NGN) para no quedar rezagados en el tiempo. Migrar la infraestructura de redes les permite a las organizaciones disminuir costos y mejorar sus servicios, lo que se ve reflejado en la optimización de procesos y rendimiento de la red.

Con el auge de las redes de Nueva Generación, las redes tradicionales basadas principalmente en la conmutación de circuitos, requieren adaptar sus sistemas para hacerlos compatibles con las nuevas tecnologías, presentándose un cambio de equipos y de tecnologías.

El sector minero del occidente de Boyacá apenas se está adaptando a los cambios tecnológicos y son pocas las empresas que le han apostado a renovar su red de telecomunicaciones, siendo la empresa Esmeraldas Santa Rosa pionera a nivel regional en implementar sistemas de redes de Nueva Generación.

Estos cambios se han visto reflejado después del despliegue de nuevas tecnologías y con una inversión que supera los 500 millones de pesos iniciales, en donde los accionistas de la empresa han visto en la renovación tecnológica un aliado indispensable para llevar a cabo los principales procesos productivos.

La migración hacia un sistema de Redes de Nueva Generación se ha convertido en casi una obligación, y en el caso de Esmeraldas Santa Rosa se convirtió en una gran oportunidad de transformar su infraestructura de red, logrando solucionar los problemas que se presentaban con la red antigua, tales como latencia alta, pérdida de comunicación, saturación de la red, fallas en los equipos etc.

Durante el presente trabajo se presentarán cinco capítulos que abordarán la temática expuesta, desarrollo y conclusiones. El capítulo I muestra el planteamiento del problema, detallando algunos aspectos como la definición del mismo, la justificación y los objetivos del proyecto. El capítulo II se centra en el marco referencial para exponer algunos trabajos relacionados con el tema de estudio del proyecto y el marco teórico que permitirá entender las definiciones de las redes de nueva generación. En el capítulo III se realiza un estudio de los antecedentes de las redes a las cuales se les realizará la migración mientras el capítulo IV describe el diseño de la migración de esas redes a redes de nueva generación. Las conclusiones del trabajo se indican en el capítulo V.

Capítulo 1. Planteamiento del problema.

1.1 Definición del problema.

Esmeraldas Santa Rosa S.A es una empresa de capital colombiano dedicada a la explotación, comercialización y exportación de esmeraldas, teniendo su sede operativa en la vereda Santa Rosa del municipio boyacense de Maripí, al occidente del departamento, y su sede administrativa en la ciudad de Bogotá. En su creación como Sociedad en el año de 1993 contaba con una pequeña red LAN sin acceso a internet y fue solo hasta el año de 2015 cuando se contrató un servicio de internet por medio del operador Movistar. En el año 2017 se desplegó una red de fibra óptica al interior de la mina Cunas donde la empresa posee los títulos mineros de explotación y se contrató un canal MPLS para conectar las dos sedes. Con el pasar de los años la infraestructura de red al interior de la mina fue creciendo a pasos agigantados, instalándose un sistema análogo de CCTV y de telefonía. Luego se incorporaron sistemas digitales de voz y video lo que saturó la red instalada. Los equipos terminales de fibra óptica no fueron capaces de soportar todo el tráfico de la red y el sistema de video vigilancia comenzó a presentar congelamientos en la sala de monitoreo ubicada en Bogotá. Debido a las difíciles condiciones ambientales internas como la humedad y las altas temperaturas, los dispositivos de red comenzaron a presentar fallas reiteradas afectando la operación de explotación, pues debido a la normativa interna ningún frente productivo puede operar sin tener activo el sistema de video vigilancia y comunicaciones, ocasionando pérdidas económicas considerables. Además, el router principal, un HP V1910, comenzó a fallar al no asignar DHCP ocasionando problemas en toda la red LAN.

1.2 Justificación

Detener la operación de extracción de esmeraldas para la empresa representa pérdidas millonarias. La normativa interna indica que ningún frente puede operar sin el sistema de video vigilancia y telefonía, para evitar hurto o pérdida de material esmeraldífero que al año ocasiona aún pérdidas mayores. Y no es solo el interés económico, en caso de presentarse una emergencia en un entorno catalogado como riesgo V por parte de las ARLs, los sistemas de comunicaciones pueden ayudar a salvar vidas.

La red interna instalada se quedó corta para soportar el tráfico del sistema de video vigilancia y los equipos se quedaron obsoletos para operar los dispositivos actuales. Además, no existen planos de red actualizados ni un plan de mantenimiento o atención de fallas. El equipo switch principal presentaba continuos conflictos de red al no poder brindar DHCP ni Calidad de servicio y la infraestructura actual impedía el escalamiento.

Modernizando la red actual por medio de una implementación de soluciones de Redes de Nueva Generación, permitirá mejorar el rendimiento de la red, optimizar los recursos disponibles y ubicar a la empresa a la vanguardia tecnológica a nivel regional. La red de fibra óptica actual se complementará con un sistema de red Gpon que permite mejorar el tráfico y manejo y operación de cada uno de los dispositivos conectado. Adecuando la red a un sistema NGN es más viables mejorar el transporte de Voz, Datos y Videos.

Con el fortalecimiento del sistema de telecomunicaciones, se pretende que el tiempo muerto en la operación sea cero, reduciendo en su totalidad las pérdidas, implementando planes de prevención y atención temprana de fallas.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Implementar una solución NGN para la infraestructura de redes de telecomunicaciones y de los servicios de la empresa Esmeraldas Santa Rosa S.A

1.3.2 Objetivos específicos

- Analizar la infraestructura de la red de comunicaciones de la empresa mediante un análisis de campo que permita validar los dispositivos de interconexión.
- Contrastar varias soluciones de interconexión de los diferentes operadores acorde a los estándares de las NGN.
- Diseñar una solución NGN que se adapte a los requerimientos de migración e implementación de la red actual.
- Validar mediante pruebas de funcionamiento la implementación del diseño desarrollado para la migración.

Capítulo 2. Marco Referencial y Teórico.

2.1 Conceptos.

2.1.1 Definición

La unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-T) en la recomendación Y.2001 define las Redes de Nueva Generación NGN como: "Red basada en paquetes que permite prestar servicios de telecomunicación y en la que se pueden utilizar múltiples tecnologías de transporte de banda ancha propiciadas por la QoS (Quality of Service), y en la que las funciones relacionadas con los servicios son independientes de las tecnologías subyacentes relacionadas con el transporte. Permite a los usuarios el acceso sin trabas a redes y a proveedores de servicios y/o servicios de su elección. Se soporta movilidad generalizada que permitirá la prestación coherente y ubicua de servicios a los usuarios" (Comisión de Regulación de Telecomunicaciones., 2007)

Según los estándares de la UIT, las características principales de las NGN, incluidas en la Recomendación Y.2001 son:

- Transferencia basada en datos.
- Las funciones de control están separadas de las capacidades del portador, llamada/sesión, y aplicación/servicio.
- Desacoplamiento de la provisión del servicio de transporte.
- Soporte de una amplia gama de servicios, aplicaciones y mecanismos basados en construcción de servicios por bloques (incluidos servicios en tiempo real/de flujo continuo en tiempo no real multimedia).
- Tener capacidades de banda ancha con calidad de servicio (QoS) extremo a extremo.

- Tener inter funcionamiento con redes tradicionales a través de interfaces abiertas.
 - Movilidad generalizada.
 - Acceso sin restricciones de los usuarios a diferentes proveedores de servicio.
 - Diferentes esquemas de identificación.
 - Convergencia entre servicios fijos y móviles.
 - Independencia de las funciones relativas al servicio con respecto a las tecnologías subyacentes de transporte.
 - Soporte de múltiples tecnologías de última milla.
 - Cumplimiento de todos los requisitos reglamentarios, por ejemplo, en cuanto a comunicaciones de emergencia, seguridad, privacidad, interceptación legal etc.
- (Comisión de Regulación de Telecomunicaciones., 2007)

2.1.2 Arquitectura.

Las recomendaciones Y.2001 y Y.2011 de la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) definen en forma general la arquitectura de las Redes de Nueva Generación. Mientras en las redes tradicionales los servicios se muestran y gestionan de forma diferente, en las NGN se tratan los paquetes de voz, datos o video en forma transparente de extremo a extremo. La arquitectura se conforma de tres capas:

- Capa de Acceso
- Capa de transporte
- Capa de servicio
- Capa de gestión

2.2 Marco referencial

2.2.1 Diseño y simulación de red de comunicación en la mina de carbón Santa María en el municipio de Sogamoso, Boyacá (2017): El trabajo presentado por las estudiantes de la Universidad Santo Tomás Aura Sánchez y Carolina Zulim, tuvo por objetivo diseñar y simular una red de sensores que permitieran transmitir datos para la detección de gases CO₂ (dióxido de carbono) y CH₄ (metano) en la mina de carbón Santa María del Municipio de Sogamoso (Boyacá). Para ellos las estudiantes identificaron características de varios simuladores de redes inalámbricas y diseñaron una red de nodos para desplegarlos al interior de la mina y transmitir los datos de manera inalámbrica para ser procesados por un equipo exterior. El problema a solucionar fue cambiar el envío de información cableada de los sensores ya existentes, a un envío inalámbrico garantizado la conexión. Para ubicar los nodos a una distancia considerable que permitiera mantener la comunicación incluso con el centro de control ubicado en la parte externa, se realizaron visitas al interior para realizar pruebas mediante equipos de medición de gases facilitados por la universidad. Se utilizó el simulador NS3 el cual es un software libre que permite descargar librerías y ejemplos de las características de las redes como Delay, datarate, ganancias de recepción, ancho de banda y Throughput.

2.2.2 Estudio, diseño e implementación de una red de acceso Mediante Fibra Óptica GPON para el municipio de Soatá (Boyacá) casco central (2021): El proyecto desarrollado por los estudiantes de la Universidad Santo Tomás, Andrés Medina y Yeslie Mestizo estuvo enfocado en el estudio, diseño e implementación de una red FTTH mediante tecnología GPON para mejorar la velocidad y el ancho de banda de los usuarios del municipio de Soatá. Para ello analizaron los diferentes despliegues que les permitieron la migración de estándares y tecnologías a las redes FTTx y XPON. Luego, como resultado de su estudio de campo, escogieron la topología FTTH y

la tecnología GPON teniendo en cuenta la viabilidad económica y su relación beneficio-costos. La implementación logró multiplicar por cuatro la distancia máxima de los enlaces respecto a las conexiones ADSL, permitiendo crear enlaces hasta de 20 kilómetros desde la OLT hasta las ONTs sin presentar pérdidas.

2.2.3 Diseño y emulación de una red IP/MPLS para interconectar las facultades de la UCSG con el centro de cómputo y rectorado como site alterno (2021). El estudiante Marcos Cortés, de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, diseñó una red de alta disponibilidad a través de una arquitectura MPLS, con el objetivo de brindar alta disponibilidad y eficacia para el transporte de tráfico de voz y datos entre las facultades de la Universidad y el Centro de Cómputo. Se realizó un estudio de campo general y se tuvieron en cuenta algunas consideraciones para el diseño como lo eran la demanda actual y futura de los servicios internos de la universidad, la distribución e interconexión de las facultades de UCSG hacia el centro de cómputo, se tuvo en cuenta los recursos para el diseño de la red MPLS y se utilizó el software libre GNS3 para la simulación.

Capítulo 3. Infraestructura de red a migrar.

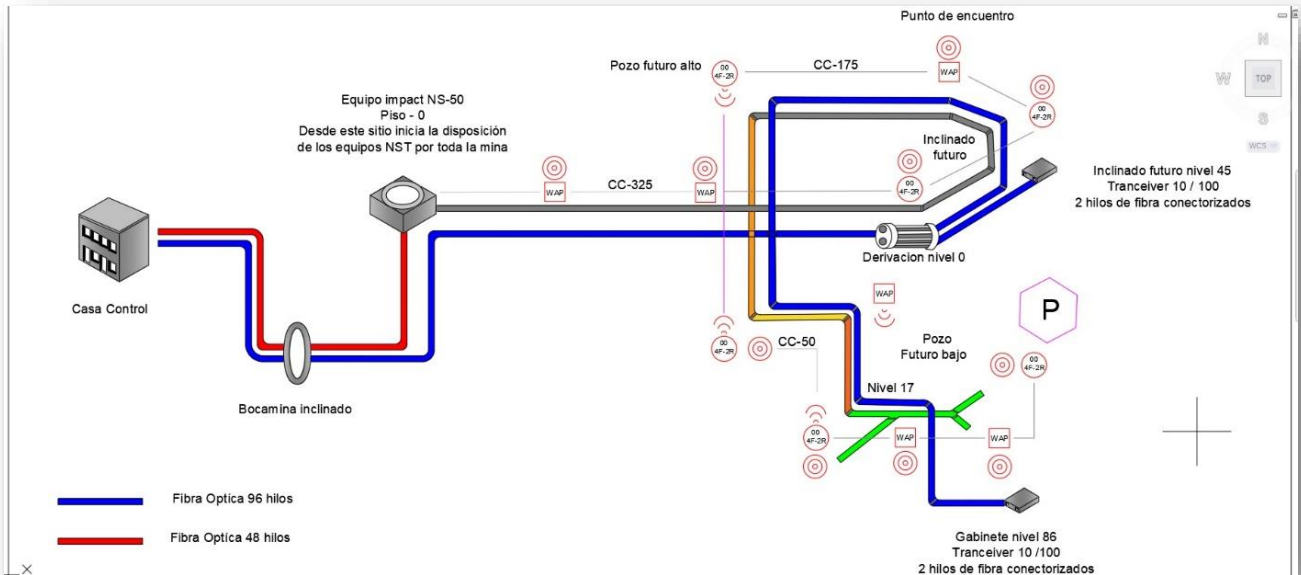
3.1 Antecedentes

En el año de 2017 la empresa Esmeraldas Santa Rosa decide modernizar su red de telecomunicaciones y despliega una red de fibra óptica a lo largo de la mina de explotación con el objetivo de ampliar su red de video vigilancia y comunicaciones al interior de la misma. Anterior a ello los pocos dispositivos se conectaban por cable coaxial y no se contaba con comunicación telefónica.

3.1.1 Fibra Óptica

La imagen 1 nos muestra la distribución de la red de fibra óptica al interior de la mina, la cual se extiende desde el punto de control denominado Casa Control hasta uno de los niveles más inferiores como lo es el nivel 86. El diseño inicial estuvo sobre dimensionado instalándose dos fibras de 96 hilos que se muestra de color azul en el gráfico y la fibra 48 hilos mostrada en color rojo. Las dos fibras llegaban hasta un conmutador de red inalámbrico conocido como Impac NS-50 desde el cual se iniciaba el despliegue de la fibra óptica a lo largo de la mina. En el nivel cero se ubicaba un derivador para conectar los hilos del nivel 45, 17 y 86 respectivamente. En los puntos finales se instalaron equipos convertidores de medio de referencia TP-LINK MC112CS. Se desplegó entonces un sistema de red análogo de video vigilancia que incluía DVRs y cámaras análogas. Además, se instaló una planta telefónica análoga de referencia Grandstream GXW4216. Las líneas de color gris, naranja, amarillo y verde de la gráfica indican la distribución del cable UTP categoría 6 A que se encargaba de la conexión LAN de los equipos instalados en cada zona.

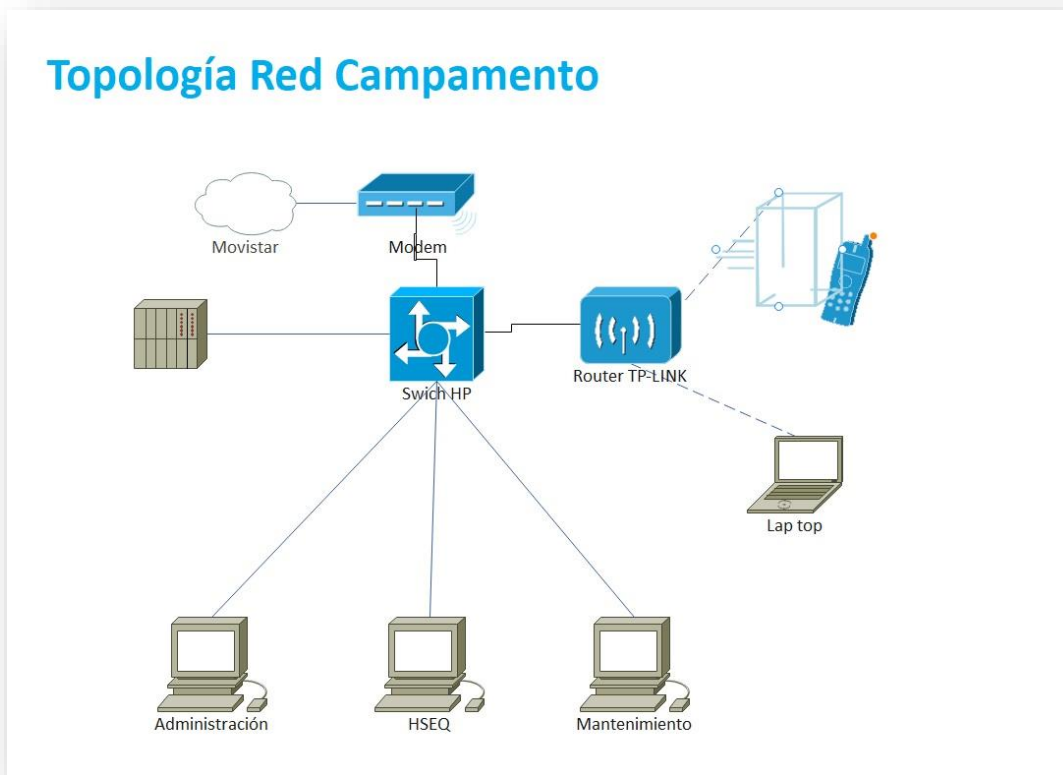
Imagen 1. Red de Fibra Óptica Antigua.



3.1.2 Red LAN

La red LAN se conformaba de un equipo Switch principal de referencia HP V1910 de 24 puertos, al cual se conectaban los equipos de cómputo del campamento, y un equipo que hacía las veces de firewall y servidor DHCP de referencia Routerboard Mikrotik RB951G. Un equipo TP-LINK TL-WR941HP era el encargado de proveer la red inalámbrica. Al interior de la mina no existían puntos de red LAN para computadores por normativas internas. La imagen 2 nos muestra la distribución de la red LAN en el Campamento.

Imagen 2. Topología de la Red Antigua de Campamento.



3.1.3 Video Vigilancia

La tabla 1 nos muestra la relación de los equipos de video vigilancia instalados. Se desplegó una red de cámaras análogas en los principales frentes productivos de la mina. Las cámaras se conectaban a los DVRs y estos a su vez eran conectados en red al switch más cercano para poder realizar su respectivo monitoreo. En cada punto o zona se ubicaba un conversor de fibra y a partir de allí se desplegaba la red LAN por medio de switches de 8 puertos. Las cámaras análogas de 720 P se conectaban por cable coaxial al DVR de casa zona. Además los teléfonos análogos se conectaban a una planta análoga ubicada en el nivel superior.

Tabla 1. Distribución DVRs Red Antigua.

Equipo	Referencia	Numero de cámaras
Dvr Campamento	DS-7332HGHI-SH	32
Dvr Casa Control	DS-7332HGHI-SH	32
Boca Mina 4	DS-7216HQHI-K2	16
Nivel 56	DS-7216HQHI-K2	16
Frentes 1	DS-7216HQHI-K2	16
Nivel 73	DS-7216HQHI-K2	16
Frentes 2	DS-7216HQHI-K2	16
Central	DS-7216HQHI-K2	16
Nivel 79	DS-7216HQHI-K2	16
	Total, cámaras	160

Capítulo 4. Diseño de migración a redes NGN.

4.1 Operadores.

Son tres las empresas que operan redes de fibra en la región: Azteca Comunicaciones Colombia, Internexa S.A y Movistar S.A. Todos tienen última milla en el municipio de Muzo, ubicado a 7 kilómetros del Campamento principal.

4.1.1 InterNexa: Opera fibra óptica sobre redes OPGW a nivel nacional. Posee infraestructura propia y ofrece capacidades de hasta 10 Gbps en red Metro Ethernet. Entre sus características se destaca la alta disponibilidad de servicio por menor recurrencia ante fallas de infraestructura y mayor cobertura para interconexiones lejanas. Otras características del servicio son:

- Conexión directa al NAP Colombia, que permite intercambio de tráfico local de manera más eficiente.
- Conexión con diversos Tier-1 en Estados Unidos.
- Accesos incluidos a contenido en la región.
- Capacidad propia en dos cables submarinos.
- DNS Primario/Secundario.
- IPV4 / IPV6 Nativo.
- Simetría del canal 1:1.
- Filtrado CONTENIDO: Cumplimiento del servicio con lo reglamentado en la Ley 679 de 2001

Los precios ofrecidos varían según el lugar de instalación como lo muestra la tabla 2.

Tabla 2. Costos servicio mensual de InterNexa.

<i>Internet dedicado</i>			
Mbps	Tarifa Instalación	Tarifa Mensual	Tarifa Mensual
2	\$500.000	\$430.000	\$430.000
4	\$500.000	\$450.000	\$450.000
5	\$500.000	\$490.000	\$490.000
6	\$500.000	\$530.000	\$510.000
8	\$500.000	\$570.000	\$541.500
10	\$500.000	\$600.000	\$570.000
12	\$0	\$700.000	\$630.000
15	\$0	\$790.000	\$711.000
20	\$0	\$830.000	\$474.000
30	\$0	\$990.000	\$841.500
40	\$0	\$1.150.000	\$977.500
50	\$0	\$1.400.000	\$1.190.000
60	\$0	\$1.650.000	\$1.402.500
80	\$0	\$2.090.000	\$1.776.500
100	\$0	\$2.600.000	\$2.210.000
120	\$0	\$2.990.000	\$2.541.000
150	\$0	\$3.600.000	\$3.060.00
200	\$0	\$4.200.000	\$3.570.000

250	\$0	\$5.000.000	\$4.250.000
-----	-----	-------------	-------------

A pesar de la oferta de servicios y de los precios accesibles que maneja, INTERNEXA no cuenta con tendido de fibra desde Muzo. La empresa Esmeraldas Santa Rosa se vería obligada a tender 7 kilómetros de fibra para garantizar la última milla.

4.1.2 Movistar S.A

La Empresa Movistar provee el servicio de última milla por contar con un nodo de conexión en el municipio de Muzo. Las características más importantes del servicio ofrecido son:

- **Canales de Datos Nacionales:** Es el servicio por medio del cual el cliente puede transmitir tráfico de datos, voz y video desde una sede central hacia las sedes remotas y viceversa, de forma segura y simétrica. El servicio se instala con routers de gama baja, media y alta y de estos dependerá la tarifa del servicio.
- **Canales de Datos Internacionales:** Es el servicio por medio del cual el cliente puede transmitir tráfico de datos, voz y video desde una sede central hacia las sedes remotas a nivel internacional y viceversa.
- **Internet:** Es el servicio por medio del cual el cliente tiene acceso a Internet a través de un servicio simétrico
- **Datos Lite:** Es el servicio por medio del cual el CLIENTE podrá transmitir únicamente datos desde una sede central hacia las sedes remotas y viceversa de forma segura sin priorización de tráfico, mediante puerto de ADSL.

La empresa Movistar asume la instalación y costos de los 7 kilómetros de fibra óptica desde el Campamento hasta el nodo del municipio de Muzo. El costo de la instalación es de 45 millones y la mensualidad para una canal MPLS de 150 Mbps es de 17 millones de pesos mensuales.

4.1.3 Azteca Comunicaciones Colombia S.A

Azteca Comunicaciones Colombia es una empresa que ganó la licitación en el año 2013 para instalar la fibra en todo el territorio nacional del Proyecto Nacional de Fibra Óptica, cuya finalidad era conectar más 788 municipios en toda Colombia a través de fibra óptica. El municipio de Muzo se benefició del proyecto y fue conectado a la Red Nacional de Fibra Óptica propiedad de la empresa Azteca, la cual le sub arrienda a otros operadores como Movistar. Dentro de las características ofrecidas por el operador se encuentran:

- Soporte de IPv6 de forma nativa Sva IPv6/64.
- Disponibilidad del canal dedicado de 99.5 %
- Canal de descarga 100% simétrico de subida y de bajada.
- Instalación de última milla hasta el cliente.
- Soporte técnico 24/7.

La tabla 3 muestra los valores establecidos por la empresa operadora para llevar la fibra óptica hasta el campamento de la empresa Esmeraldas Santa Rosa para conectar el canal de MPLS. Esta información la suministro el operador vía correo electrónico.

Tabla 3. Costo de Instalación y Mensualidad Azteca Comunicaciones.

Servicio	Contrato a 24 Meses	Contrato a 36 meses
MPLS 100 Mbps	\$12.500.000	\$10.800.000
Cargo conexión	\$30.000.000	\$30.0000
Valor Total Contrato	\$330.000.000	\$418.000.000

Teniendo en cuenta la relación costo/beneficio y teniendo en cuenta que Azteca es el dueño de la fibra, para evitar la tercerización en la prestación del servicio, es la opción mas viable para contratar un canal MPLS que conecté las dos sedes de la empresa.

4.2 Red GPON.

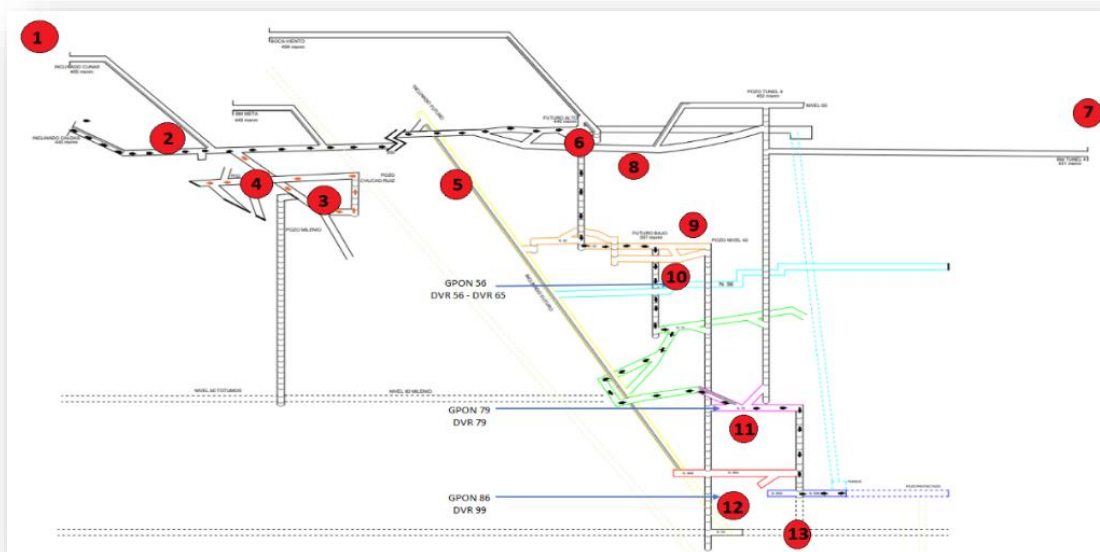
Analizando detalladamente el sitio a intervenir (interior mina), y teniendo en cuenta las difíciles condiciones ambientales como humedad, altas temperaturas, topografía irregular entre otros, se optó por diseñar un sistema de red GPON para conectar todos los puntos importantes al interior de la mina. Se optó por la tecnología GPON y no EPON en primer lugar por la velocidad de transmisión que es prácticamente el doble, y si tenemos en cuenta que se requiere una gran capacidad de transmisión para poner visualizar el sistema de video vigilancia conectado. La eficiencia de GPON sobrepasa el 90% tanto en subida como en bajada y es un sistema mucho más comercial. Cada punto de conexión se tomó dependiendo de los niveles y de las zonas o frentes productivos. La imagen 3 nos muestra la ubicación de los puntos GPON al interior de la mina de la siguiente manera:

1. ONT Polvorín: Es el lugar donde se almacena la pólvora que se utiliza para realizar las voladuras o quemas en los frentes productivos con el fin de fracturar la montaña.
2. ONT Lavado: Se ubicó la ONT en el cuarto técnico del Cuarto de Lavado, que es el sitio donde se realiza el lavado de la tierra que se extrae de los frentes productivos.
3. ONT Milenio: como Milenio se conoce al túnel que comunica hacia el sector de Totumos que es el lugar más lejano desde la Boca Mina (Ingreso).
4. ONT Totumo: Se ubicó en el final del túnel que sirve de límite con otros títulos mineros.
5. ONT Inclinado: El Inclinado Futuro es una ruta de evacuación que comunica todos los niveles de la mina. La ONT se instaló en el cuarto técnico a mitad de recorrido.
6. ONT Futuro Alto: Lugar que se encarga de comunicar los niveles inferiores.
7. ONT Consorcio: Consorcio es una sede externa ubicada en la antigua entrada a la mina.
8. ONT Nivel 17: El nivel 17 comunica la mina con el túnel de ventilación de la entrada por Consorcio.
9. ONT Nivel 42: En el nivel 42 se ubica el malacate que se encarga de conectar los niveles más inferiores.
10. ONT Nivel 56: Este nivel conecta la mina con los títulos de explotación de minas vecinas.
11. ONT nivel 79: Es el primer nivel de los niveles inferiores.
12. ONT nivel 86: El nivel 86 es un nivel intermedio para poder llegar a los niveles productivos inferiores al nivel 99.
13. ONT nivel 99: Es uno de los niveles más inferiores donde se encuentran importantes frentes productivos.

Cada punto fue seleccionado dependiendo del número de dispositivos conectados, como cámaras, DVRs, teléfonos, APs entre otros y también teniendo en cuenta las proyecciones de

los frentes en un futuro, garantizando la conectividad de los frentes actuales y de los frentes futuros, y la escalabilidad de la red. El diseño de la red tuvo en cuenta el tráfico de cada zona, intentado cubrir toda el área interna teniendo en cuenta siempre el balanceo de cargas.

Imagen 3. Ubicación de los equipos ONT al Interior de la Mina Cunas.



4.2.1 Actividades realizadas.

- Tendido de F.O 12 hilos armada monomodo: La fibra óptica monomodo de 12 hilos se tendió desde el Datacenter hasta el interior de la mina, utilizando los postes de la red eléctrica ya existente.
- Tendido coraza americana ½: La coraza americana se utilizó para proteger la fibra.
- Montaje de cajas Silverado 16 E-B STDAR (12 unidades)

- Montaje de domos Silverado 16 E-B STDAR (12 unidades): Las cajas y domos se instalaron en los puntos seleccionados con anterioridad con el fin de realizar la distribución y sangrado de la fibra.
- Montajes terminales ONT (12 unidades): Las terminales ONT se instalaron en los puntos en su respectiva caja plástica.
- Montaje de equipo OLT (1 unidad): La OLT por cuestiones de acceso y seguridad se instaló en el Datacenter del campamento administrativo.
- Conectorización y adecuación ODF en rack Datacenter administrativo.
- Instalación y conectorización de splitters 1x8 (3 unidades)
- Desangre y conectorización de fibra óptica (20 unidades)

4.2.2 Sitios intervenidos

Los sitios intervenidos nos muestran una idea clara de donde fueron ubicados los equipos al interior de la mina, con el objetivo de comprender de manera adecuada la distribución de la red GPON. Cada sitio depende de la zona de operación, puede ser una zona de distribución de red, una zona de paso, un frente proyectado o un frente productivo.

- Datacenter Campamento Administrativo.
- Polvorín (instalación domo SFOD 400 R CS 96x24 y 1 ONT)
- Cuarto de Lavado (1 ONT)
- Entrada Milenio (instalación domo SFOD 400 R CS 96x24)
- Nuevo Milenio (1 ONT)
- Tesoro (1 ONT)

- Totumos (1 ONT)
- Entrada inclinado (instalación domo SFO 400 R CS 96x24)
- Futuro Alto (1 ONT)
- Inclinado (1 ONT)
- Nivel 17 (1 ONT)
- Nivel 42 (1 ONT)
- Nivel 56 (1 ONT)
- Nivel 79 (1 ONT)
- Nivel 86 (1 ONT)
- Consorcio (Boca Mina 4) (1 ONT)
- Nivel 103 (1 ONT)

4.2.3 Pruebas realizadas.

- Verificación de conectividad de los equipos ONT en cada uno de los sitios a conectar.
- Validación del estado de operación de la red en cada uno de los sitios a conectar.
- Prueba de ping sostenido a Vlans existentes.
- Configuración de equipo OLT.
- Pruebas de ping a direcciones IP de cámaras de seguridad.

Las pruebas se validaron por medio del software de gestión de la OLT, en donde se agregaron cada una de las ONTs instaladas. El software permite el control absoluto de la red GPON y muestra los valores técnicos de operación de cada ONT, tales como temperatura de operación, velocidad de transmisión, y pérdidas entre otros.

4.2.4 Materiales utilizados

La siguiente tabla muestra los materiales utilizados durante la instalación de la red GPON en el despliegue al interior de la mina. Se tuvo en cuenta las difíciles condiciones ambientales internas para la selección de los equipos y materiales usados en la instalación.

Tabla 4. *Materiales utilizados en la instalación de la red GPON*

Descripción	Cantidad	Serial
CAJA DE PASO PLASTICA 20X20	80	N/A
CORAZA AMERICANA CONDUIT 1/2 FLEXIBLE	2100 MTS	N/A
CONECTOR 1/2 RECTO	170	N/A
Cable de Fibra Óptica Armada de 12 Hilos; Monomodo ITU G652D; Núcleo seco Tubo Holgado con relleno 6 hilos;	2800 MTS	N/A

<p>Miembro Periférico en Armida y central en FRP;2 cordones de Rasgado; Chaqueta en PE negro uso exterior; Marca YOFC</p>		
<p>Domo 96x24 sello mecánico SFOD 400 R CS B 6 96 X 24</p>	3	N/A
<p>Caja NAP 16 puertos SILVERADO 16 E-B STDAR</p>	12	N/A
<p>Splitter 1x8 250um SFOS PLC G657A1 250µm 1,2m 1X8</p>	3	N/A
<p>Adaptador SC/APC simplex ADAPTADOR SC/APC-SM SIMPLEX (VERDES)</p>	13	N/A

Pigtail SC/APC PIGTAIL SM SC/APC,1,5m,2mm G657A1 900um, CHQ AMARILLA13	13	N/A
Patchcord SC/APC- SC/UPC 2m PATCH CORD SIMPLEX HIBRIDO SC/APC- SC/UPC 3m 2mm G657A2	13	N/A
Herraje retención SPAN 100 HERRAJE DE RETENCION SPAN 100 x 9,5 mm - 10,5 mm	10	N/A
Trompoplatina	10	N/A
Hebilla ½ HEBILLA SH-A 1/2"-201 (12,7)	10	N/A

Cinta bandit 1/2 304 ACERO SSSR 1/2"-304	1	N/A
Herraje suspensión SPAN 100	2	N/A
Cable drop Certificado x 1000 mts	1	N/A
conector mecánico SC-APC	4	N/A
OLT TP-LINK 1200-08	1	3193016000013
ONT TP-LINK TX-6610	13	TPLGC6D65702 TPLGC6D65732 TPLGC6D6571E TPLGC6D657AA TPLGC6D6565C TPLGC6D657BA TPLGC6D657A8

		TPLGC6D655A7
		TPLGC6D657D1
		TPLGC6D65637
		TPLGC6D655B8
		TPLGC6D657A4

4.2.5 Pruebas de conectividad.

4.2.5.1 Software de Gestión.

Luego de realizar el tendido de la fibra óptica y de conectar cada uno de los puntos finales a su respectiva ONT, fue necesario la configuración de cada uno de los equipos mediante el software de gestión. Se utilizó el software *EMS Server* el cual es un sistema de gestión de elementos que se basa en el protocolo SNMP y se compone de una plataforma de gestión de dispositivos integrada con arquitectura C/S, utilizado para configurar y gestionar productos OLT y ONU FTTx. Es importante resaltar que, si nuestro escenario de conexión se trata de una implementación bridge, es decir se encuentra trabajando bajo la vlan 1 (vlan física) para integrar la OLT no es necesario realizar ninguna configuración, solo se requiere conectar y entrar a la ONU para decirle que va a trabajar en la vlan 1. En nuestro caso, al tener segmentada la red en varias Vlans, si es necesario configurar algunos parámetros para el funcionamiento correcto de la OLT.

4.2.5.2 Métodos de conexión a OLT.

Existen tres métodos de administración para una OLT: Por consola como se muestra en la Tabla 3, a través del puerto serial utilizando un cable RJ45 a DB9, siendo la conexión más común, o un adaptador serial compatible de USB a RS232, también por el puerto de administración o por medio de una Vlan de gestión.

Tabla 5. *Tipos de Conexión por Consola.*

Puerto del Computador	Tipo de Cable	Puerto en OLT
Puerto Serial	Cable de Consola RJ-45 a DB-9	Puerto de Consola RJ45
Puerto US Tipo-A	<ul style="list-style-type: none">• Adaptador serial compatible de USB a RS-232• Cable de consola RJ-45 a DB-9	

Para poder acceder por consola se necesita un software como por ejemplo Putty o hyperterminal, y se debe usar los siguientes parámetros:

- Band rate: 115200
- Data bit: 8
- Parity Check: NO
- Stop bit: 1

- Flow Control: NO

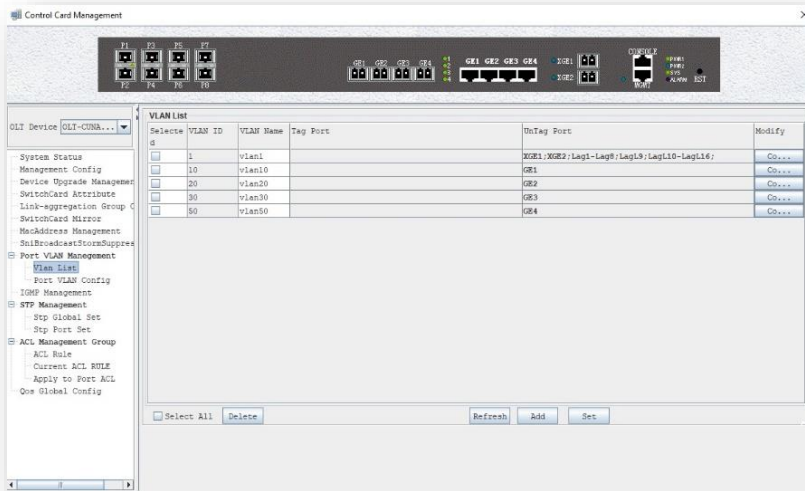
Luego de ingresar por la línea de comandos el usuario es *root* y la contraseña *admin*.

Para conectarse a la OLT a través del puerto de administración, se conecta un cable RJ-45 directamente desde el puerto hasta un computador que debe estar configurado en el segmento de red que maneja por defecto el puerto de administración el cual es *192.168.1.100*. Se utiliza el mismo usuario o Password.

4.2.5.3 Pasos para configurar una OLT.

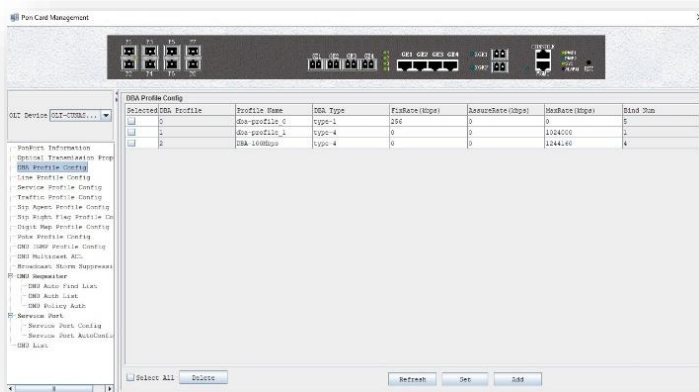
1. Crear Vlans: Se crean las Vlans y se asocian con el puerto UPLINK, el cual es el puerto donde se conectan los servicios. Se conecta un cable desde el puerto del router de donde venga la vlan que se desee asociar, y se conecta directamente al puerto UPLIKN de la OLT. La imagen 4 nos muestra ya la Vlans creadas en el OLT. Para la migración se tuvo en cuenta las Vlans creadas con anterioridad como lo son la 10, 20, 30 y 50.

Imagen 4. Vlans creadas en la OLT.



2. Configurar DBA Profile: En el DBA se crea el perfil de ancho de banda dinámico. La imagen 5 nos muestra los valores del DBA creado en la OLT.

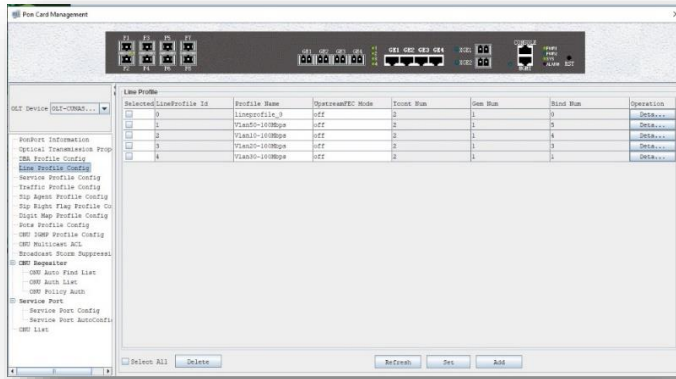
Imagen 5. Configuración DBA en OLT.



3. configurar LINE profile: Se crean perfiles para enviar un tipo de servicio a una ONU respectiva. Se crea con el objeto de identificar cada una de las ONU definiendo el servicio que

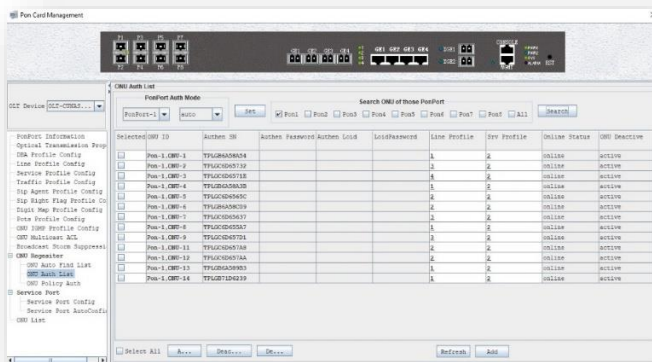
se le va a entregar a cada una. La imagen 6 muestra la configuración de los LINE profile cada uno asociado a su respectiva Vlan.

Imagen 6. Configuración LINE Profile



4. Agregar ONU: El software permite “rastrear” cada una de las Vlans conectadas a la red para poder agregarlas, activarlas y configurarles parámetros como el DBA, el LINE profile y la Vlan en la cual va a operar. La imagen 7 muestra las ONU que ya fueron agregadas al Software de gestión, detallando el estado de cada una.

Imagen 7. ONUs Activadas en el Software de Gestión.



5. Configurar Services-Port: Se configuran los puertos que se vayan a tener en cada uno de los servicios.

6. TRAFFIC Profile-opcional: Se configura con el fin de asignarle un ancho de banda de subida y bajada a cada ONT.

4.1.5.4 Pruebas de conectividad mediante software.

TP-LINK requiere dos tipos de software para poder abrir el software de gestión, el servidor TP-Link PON EMS Server, el cual se ejecuta y se deja corriendo, luego se abre el cliente TP-LINK PON EMS Client y nos solicita un usuario y una contraseña configurada con anterioridad como lo muestra la imagen 8. Al ingresar al software se muestra una interfaz gráfica como se observa en la imagen 9, allí se presentan todas las ventanas que se requieren para la gestión de la OLT y se muestra las ONT que ya han sido agregadas con anterioridad. El color verde en cada dispositivo muestra su funcionamiento OK.

Imagen 8. *Iniciando el Software de Gestión de la OLT*

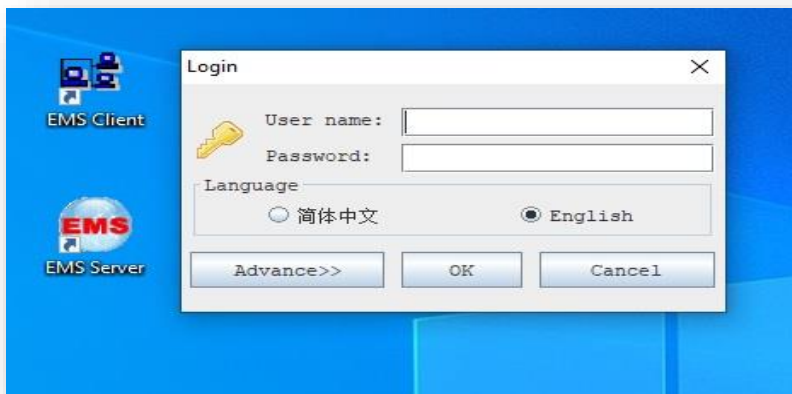


Imagen 9. Iniciando el Software de Gestión de la OLT.

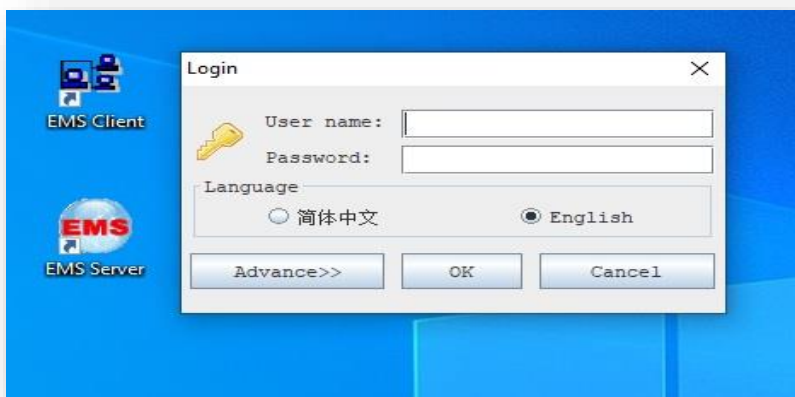
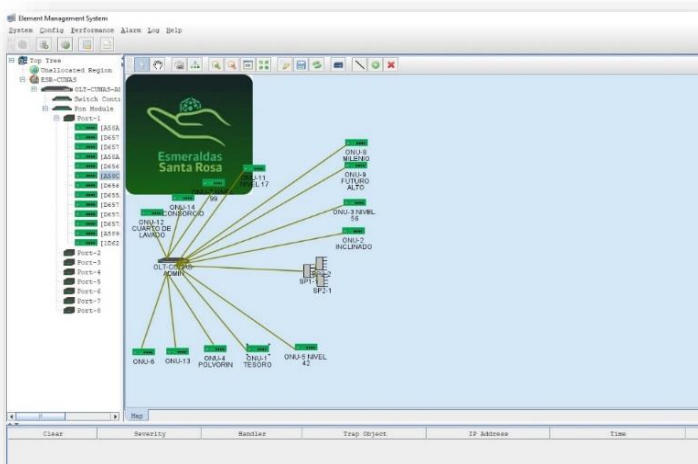


Imagen 10. Visualización Pantalla de Inicio del Software EMS.



Se observa la gestión de las ONU conectadas (imagen 9) lo que indica el correcto funcionamiento de la red GPON. Para validar el correcto estado de cada dispositivo, basta con ingresar a él haciendo click sobre el icono que lo representa. En la imagen 10 vemos el estado de la ONT ubicada en el Inclinado. La información básica muestra el estado de la ONT, el serial, el tiempo

que lleva en línea, los valores de transmisión y precepción en dBm y la temperatura en la cual está operando entre otras cosas. También se puede detallar la Vlan en la cual se encuentra operando esa ONT como lo muestra la imagen 11. En el caso de la ONT de inclinado la Vlan configurada es la 20.

Imagen 11. Valores ONT Inclinado

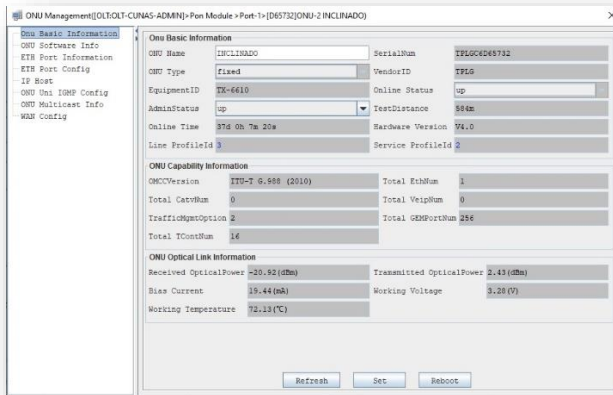
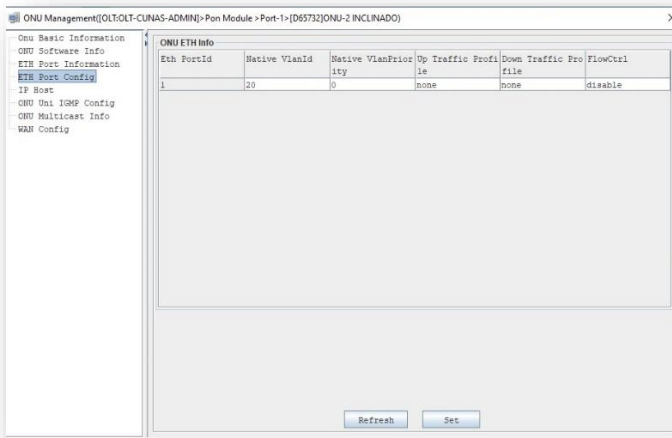


Imagen 12. La ONT de Inclinado Opera a Través de la Vlan 20



El software nos muestra el tráfico que está gestionando la OLT o que pasa por cada una de las OTN conectadas. La imagen 12 nos indica que la OLT está recibiendo un tráfico promedio de

653.13 Mbps y está transmitiendo en promedio 29.19 Mbps. Además del tráfico gestionado por cada una de las Vlans en los ge1, ge2, ge3 y ge4.

La gestión de la red GPON mediante el software es una herramienta importante para tener gestión de cada una de las ONT conectadas y por tanto de cada punto de conexión al interior de la mina. La escalabilidad del sistema permite agregar nuevos dispositivos sin mayores inconvenientes.

La imagen 13 ofrece una vista del diagrama de conexión de la red GPON con todos los puntos conectado al interior de la mina.

Imagen 13. Diagrama del Tráfico de la OLT.

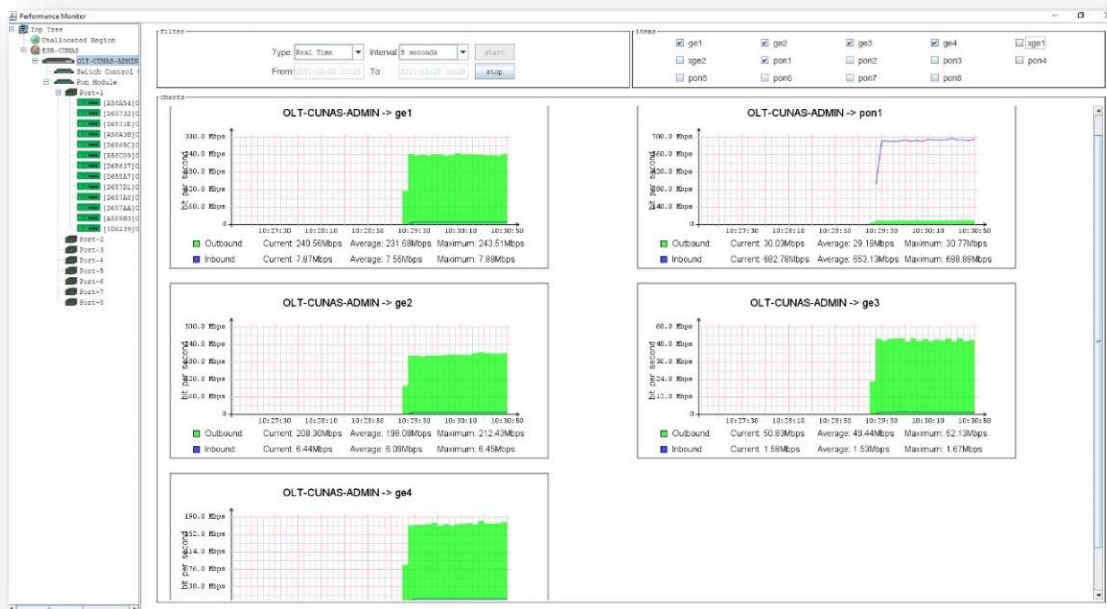
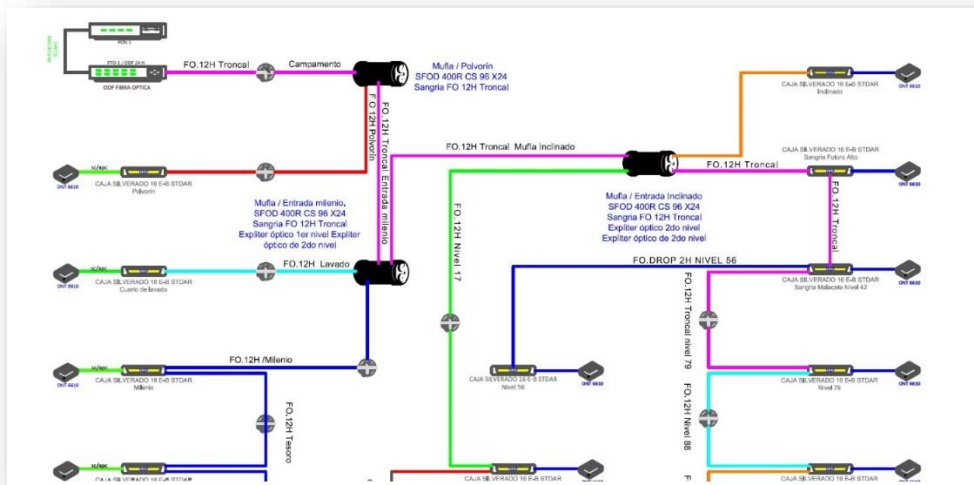


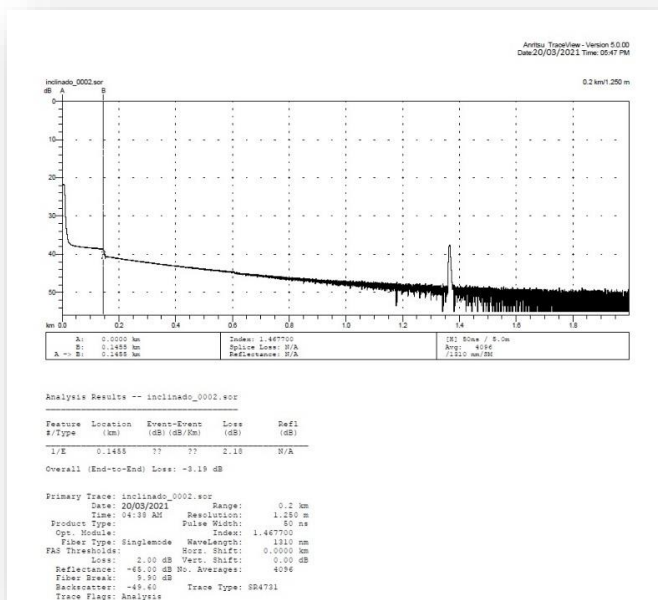
Imagen 14. Distribución Red GPON al Interior de la Mina.



4.2.6 Registro de certificación de la Fibra Óptica.

Con el objetivo de certificar cada uno de los puntos terminales de fibra, se utilizó el certificador DSX 5000 INTL de la marca fluke. Certificar la fibra nos significa garantizar su correcto funcionamiento. La imagen 15 muestra la certificación del punto de fibra ubicado en el lugar conocido como Inclinado. Se muestra algunos valores importantes como la distancia desde el origen, en este caso desde el punto de la OLT hasta el lugar donde se ubica el punto. Para este caso puntual la distancia es de 0.1455 kilómetros. Además, se indica el valor de la pérdida en decibeles que para el caso puntual es de 2.10 dBm. En un OTDR siempre hay al inicio de la medición un tiempo muerto o tiempo ciego y luego el equipo realiza la medición del enlace como lo muestra la figura, desde el punto A al punto B.

Imagen 15. Certificación de Fibra Óptica del Punto Inclinado.



4.3 Red WiFi Corporativa.

La marca Ubiquiti desarrolló un software para gestionar puntos de acceso, y por medio de las redes WiFi UniFi pretenden mejorar las experiencias de navegación, velocidad y cobertura. Con las redes UniFi es más fácil controlar los recursos de la red a través de una gestión centralizada, que permite a los usuarios a acceder a los recursos de la red y autenticación por medio de un portal cautivo entre otros.

Se debe instalar un controlador en un equipo de red o en la nube, en el caso de este proyecto se instaló en un equipo conectado a la red local como lo muestra la imagen 17. Al ingresar no direcciona a una dirección IP local en donde accedemos al entorno grafico de gestión mostrado en la imagen 16. La pantalla de inicio arroja los datos más importantes de la red tales como puntos de acceso conectados, clientes conectados a la red WiFi y funcionamiento del sistema entre otros.

Imagen 16. Controlador Ubiquiti UniFi.

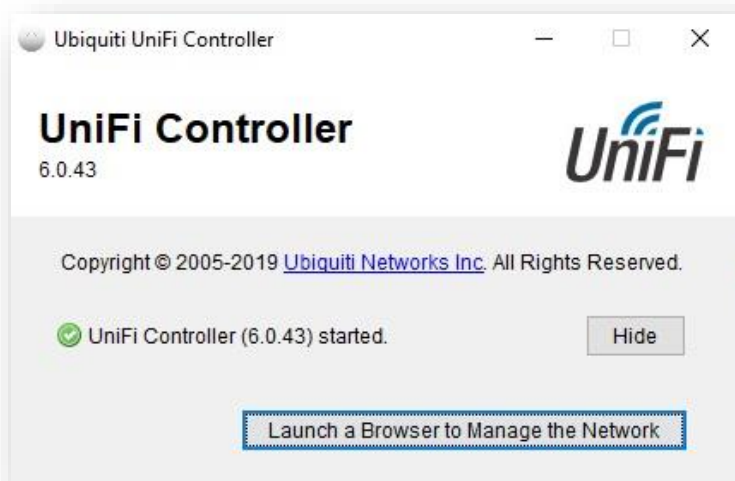
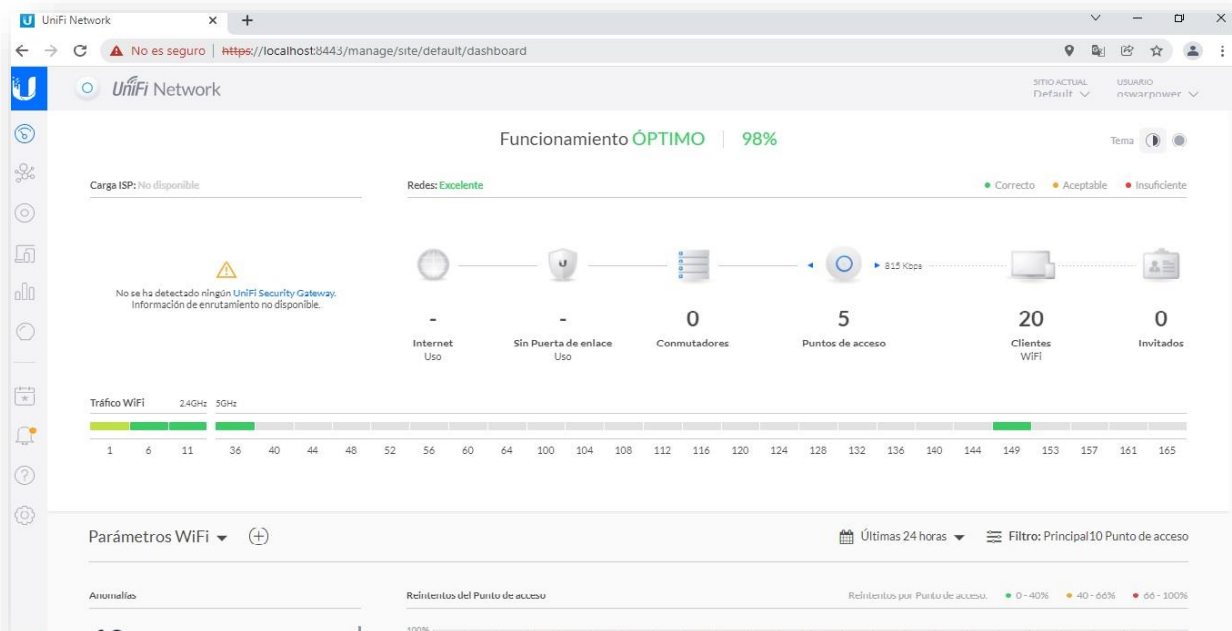


Imagen 17. Entorno Gráfico Ubiquiti UniFi.



Se instalaron en total 5 dispositivos o puntos de acceso para cubrir los puntos de conexión más importantes en el área de Campamento. La imagen 16 muestra las estadísticas de conexión de

cada uno de los cinco dispositivos agregados a la red, detallando la IP local del equipo, la carga y descarga actual y los clientes conectados a cada punto de acceso. La imagen 17 detalla la ubicación de los dispositivos en el Campamento y su rango de cobertura.

Imagen 18. Equipos Conectados a la Red UniFi.

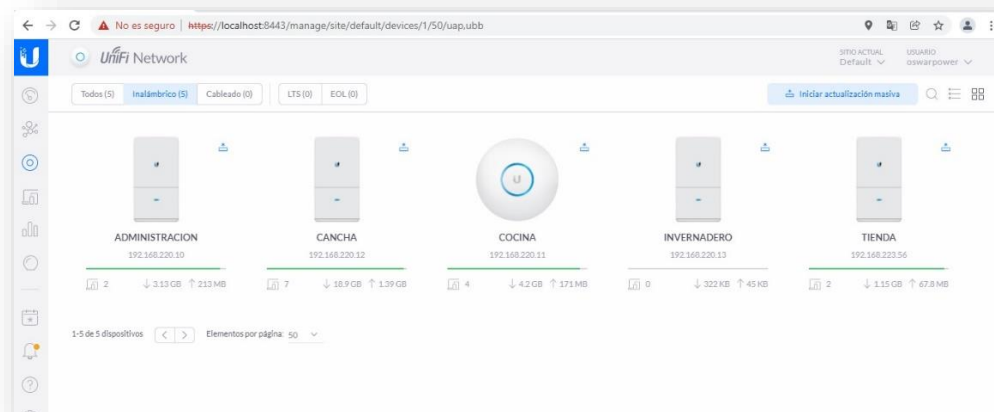
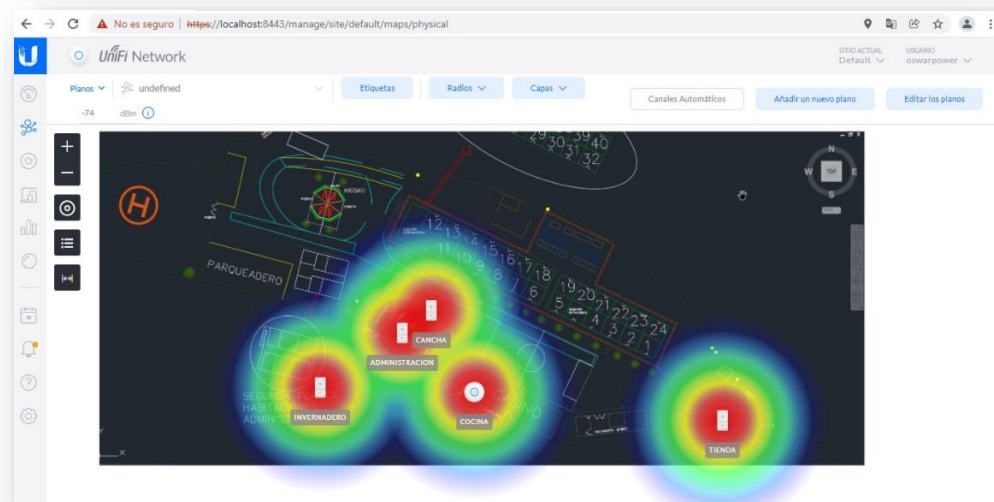


Imagen 19. Cobertura Red Ubiquiti UniFi.



Para tener mejor gestión de los usuarios conectados, se realizó un filtrado MAC y se establecieron tres redes con niveles jerárquicos diferentes. En la imagen 19 observamos los clientes conectados detallando la actividad de carga y descarga, el nivel de experiencia, el punto de acceso al cual están conectado y el tiempo de conexión. Desde esta ventana se pueden realizar bloqueos a usuarios que violen las políticas de seguridad electrónica de la empresa Esmeraldas Santa Rosa.

Imagen 20. Usuarios Conectados a la Red Ubiquiti UniFi.

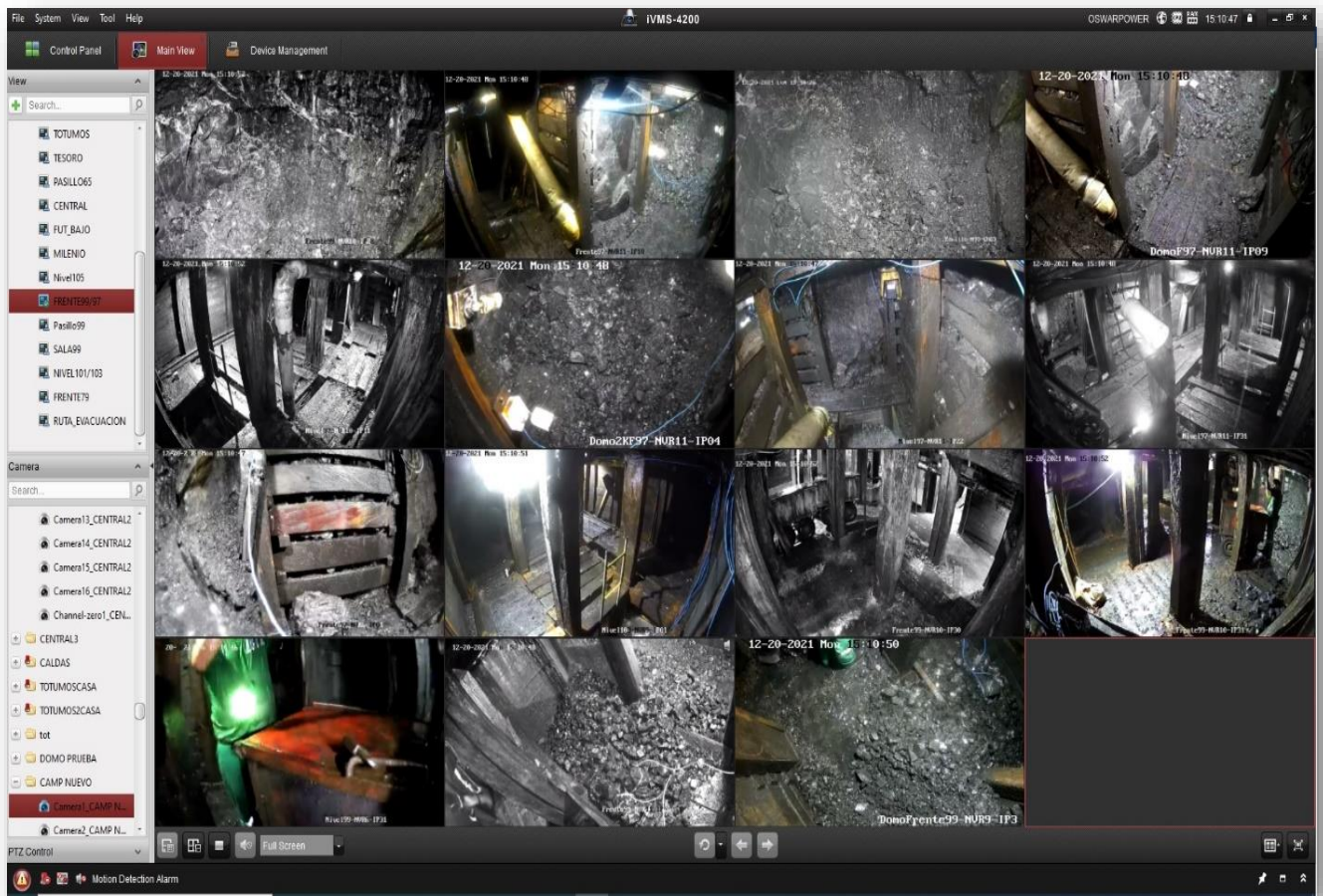
DEVICE	NAME	IP ADDRESS	EXPERIENCE	CONNECTION	ACTIVITY	ACTIVITY DOWN	ACTIVITY UP	UPTIME
RedmiNote9S-Chh	RedmiNote9S-Chh	192.168.221.3	98%	TIC_VIP	43.5 Kbps	↓ 3.85 MB	↑ 605 KB	41m 42s
20:b8:68:53:9c:66	20:b8:68:53:9c:66	192.168.221.151	100%	ESR_CORPORATIV	11.4 Kbps	↓ 3.72 MB	↑ 729 KB	36m 31s
M2010J195L-Redmi9T	M2010J195L-Redmi9T	192.168.220.246	92%	ESR_WIFI	5.94 Kbps	↓ 1.30 MB	↑ 222 KB	50m 52s
00:b8:b6:ad:37:20	00:b8:b6:ad:37:20	192.168.221.134	99%	ESR_WIFI	3.74 Kbps	↓ 25.9 KB	↑ 21.9 KB	6m Block Reconnect
dc:bf:e9:d9:fc:f6	dc:bf:e9:d9:fc:f6	192.168.221.113	100%	ESR_WIFI	2.81 Kbps	↓ 147 KB	↑ 162 KB	10s
M2007J35G	M2007J35G	192.168.221.87	98%	TIC_VIP	1.92 Kbps	↓ 3.31 MB	↑ 1.29 MB	26m 56s
dc:90:88:7d:1f:f2	dc:90:88:7d:1f:f2	192.168.221.146	100%	Visitantes	456 bps	↓ 91.1 KB	↑ 105 KB	40m 59s
SM-J260M	SM-J260M	192.168.221.124	99%	ESR_WIFI	400 bps	↓ 6.56 MB	↑ 220 KB	2m 26s
Galaxy-A21s	Galaxy-A21s	192.168.221.119	96%	ESR_WIFI	96 bps	↓ 1.88 KB	↑ 4.53 KB	7m 36s
M2006C3LG-Espar	M2006C3LG-Espar	192.168.221.154	97%	ESR_WIFI	40 bps	↓ 1.14 MB	↑ 809 KB	22m 18s
Mi-Note-10-Lite	Mi-Note-10-Lite	192.168.221.138	100%	ESR_WIFI	0 bps	↓ 1.16 KB	↑ 23.7 MB	1h 41m 41s
MAIMANG_6-3ad69d6e	MAIMANG_6-3ad69d6e...	192.168.221.4	100%	ESR_WIFI	0 bps	↓ 148 KB	↑ 77.7 KB	1h 29m 14s
HUAWEI_P20_lite-775ec	HUAWEI_P20_lite-775ec...	192.168.221.116	100%	ESR_WIFI	0 bps	↓ 171 KB	↑ 127 KB	1h 16m 42s
Galaxy-A30s	Galaxy-A30s	192.168.221.115	95%	ESR_WIFI	0 bps	↓ 3.66 MB	↑ 332 KB	3m 2s
HUAWEI_P30_lite-37924	HUAWEI_P30_lite-37926...	192.168.221.97	99%	ESR_CORPORATIV	0 bps	↓ 48.8 MB	↑ 1.20 MB	1h 18m 39s

Capítulo 5. Resultados

Con la implementación de una red GPON al interior de la mina Cunas de la empresa Esmeraldas Santa Rosa, se logró disminuir los tiempos de respuesta de los equipos conectados pasando a una latencia de 1 ms como lo muestran las siguientes imágenes, en las cuales se detalla el ping que se realiza a varias cámaras instaladas al interior, desde un equipo ubicado en el Datacenter.

En el software de gestión utilizado para la visualización y control de las cámaras instaladas, el IVMS 4200 de Hikvision, se logra monitorear de manera exitosa las cámaras pertenecientes al sistema de video vigilancia sin tener problemas de falla de video o congelamiento de la imagen como se detalla en la imagen 24.

Imagen 25. Visualización Sistema de Monitoreo.



Conclusiones.

- Con la migración del sistema de fibra tradicional o uno de fibra óptica GPON, se solucionaron los problemas que se venían presentando como latencia alta, saturación de la red, congelamiento de la imagen entre otros, logrando visualizar de manera correcta las más de 500 cámaras conectadas al sistema de video vigilancia.
- Desde el software de control de la red GPON se puede acceder de manera más eficiente a cada uno de los puntos de red al interior de la mina, logrado controlar el tráfico en cada uno de los puntos clave. Además, la escalabilidad del sistema permite agregar puntos nuevos de red sin ningún problema.
- Un sistema unificado WiFi permite la gestión de cada uno de los usuarios conectado para tener mayor control sobre el tráfico de red. Para el usuario resulta más fácil moverse por los distintos puntos de acceso sin notar el cambio.
- Un sistema de telecomunicaciones adaptado a las redes de nueva generación garantiza resultados acordes a las exigencias de operación de la empresa, y en el caso de Esmeraldas Santa Rosa, logra posesionarla como pionera en el sector minero del departamento de Boyacá en innovación tecnológica en el área de redes de comunicaciones. Tanto así que hoy cuenta con el sistema de video vigilancia más completa y moderna de todo el departamento y fue una de las empresas pioneras en implementar un sistema unificado de redes inalámbricas.
- Con el incremento de los dispositivos conectados (cámaras y teléfonos IPs), la tasa de transmisión pasó de 150 Mbps a 650 Mbps. Con la red antigua hubiese presentado un problema saturando por completo la red, en cambio con el despliegue de la red Gpon se

garantiza una velocidad de transmisión de 2, 4 Gbps por un solo puerto de la OLT, es decir que en la actualidad con mas de 600 cámaras conectadas no se está utilizando ni el 50 % de capacidad del canal.

Bibliografía.

Martínez, M. A. R., & Gómez, J. G. (2008). Estudio técnico para la migración de la red de universidades del área metropolitana de Bucaramanga a Internet2. *Revista gti*, 7(17), 56-64.

Sánchez Barón, A. V., & Gonzalez Godoy, C. Z. (2017). Diseño y simulación de red de comunicación en la mina de carbón Santa María en el municipio de Sogamoso, Boyacá.

Mestizo Montaña, Y. G., & Medina Lozano, A. F. Estudio, diseño e implementación de una red de acceso mediante fibra óptica en GPON para el municipio de Soatá casco central.

Cortés Hincapié, M. J. (2021). Diseño y emulación de una red IP/MPLS para interconectar las facultades de la UCSG con el centro de cómputo y rectorado como site alterno.

Comisión de Regulación de Telecomunicaciones. (17 de junio de 2007). *Estudio Integral de Redes de Nueva Generación y Convergencia*. Recuperado el 20 de 12 de 2021, de CRC: https://www.crcom.gov.co/recursos_user/Actividades%20Regulatorias/regulacion_redes/NGN-EstudioIntegral_DA.pdf

Bareño-Gutiérrez R., Sevillano A.M.L., Díaz-Piraquive F.N., González-Crespo R. (2021) Analysis of WEB Browsers of HSTS Security Under the MITM Management Environment. In: Uden L., Ting IH., Wang K. (eds) Knowledge Management in Organizations. KMO 2021. Communications in Computer and Information Science, vol 1438. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-81635-3_27

Bareño-Gutiérrez, R., Sevillano, A. M. L., Díaz-Piraquive, F. N., & González-Crespo, R. (2021, July). Analysis of WEB Browsers of HSTS Security Under the MITM Management Environment. In *International Conference on Knowledge Management in Organizations* (pp. 331-344). Springer, Cham.

BAREÑO Raúl, G., & Sevillano, A. M. L. (2017, October). Services cloud under HSTS, Strengths and weakness before an attack of man in the middle MITM. In *2017 Congreso Internacional de Innovación y Tendencias en Ingeniería (CONITI)* (pp. 1-5). IEEE.

Correa-Muñoz, A., & Serpa-Imbett, C. M. (2010). Análisis de la expansión de redes de acceso pasivas de fibra óptica GPON y BPON en la ciudad de Medellín. *TecnoLógicas*, (24), 59-70.

CEVALLOS RODRIGUEZ, C. J. (2021). *ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DE UNA RED FTTB GPON DE FIBRA ÓPTICA PARA PRESTACIÓN DE SERVICIO DE VIDEO, VOZ Y DATOS, PARA EL BLOQUE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN COMPUTACIÓN Y REDES* (Bachelor's thesis, Jipijapa. UNESUM).

Obite, F., Jaja, E. T., Ijeomah, G., & Jahun, K. I. (2018). The evolution of Ethernet passive optical network (EPON) and future trends. *Optik*, 167, 103-120.

Knittle, C. (2016, March). IEEE 100 Gb/s EPON. In *Optical Fiber Communication Conference* (pp. Th1I-6). Optical Society of America.

- Bonilla, M. L., Moschim, E., & Barbosa, F. R. (2009). Estudio comparativo de redes GPON y EPON. *Scientia et Technica*, 15(41), 321-326.
- Skubic, B., Chen, J., Ahmed, J., Wosinska, L., & Mukherjee, B. (2009). A comparison of dynamic bandwidth allocation for EPON, GPON, and next-generation TDM PON. *IEEE Communications Magazine*, 47(3), S40-S48.
- Cale, I., Salihovic, A., & Ivekovic, M. (2007, June). Gigabit passive optical network-GPON. In *2007 29th International Conference on Information Technology Interfaces* (pp. 679-684). IEEE.
- Guerra Hernández, D. C. (2019). *Proyección, diseño e implementación de redes de telecomunicaciones en fibra óptica* (Bachelor's thesis, Universidad del Magdalena).
- Gosselin, S., Courant, J. L., Tembo, S. R., & Vaton, S. (2017, May). Application of probabilistic modeling and machine learning to the diagnosis of FTTH GPON networks. In *2017 International Conference on Optical Network Design and Modeling (ONDM)* (pp. 1-3). IEEE.
- Rokkas, T. (2015, November). Techno-economic analysis of PON architectures for FTTH deployments: Comparison between GPON, XGPON and NG-PON2 for a Greenfield operator. In *2015 Conference of Telecommunication, Media and Internet Techno-Economics (CTTE)* (pp. 1-8). IEEE.
- Lokhande, M., & Singh, A. (2017). Design and Implementation of FTTH. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 10, 2395-56.
- Dermawan, B., Santoso, I., & Prakoso, T. (2016). Analisis Jaringan Ftth (Fiber To the Home) Berteknologi Gpon (Gigabit Passive Optical Network). *Transmisi: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 18(1), 30-37.