

**Implementación de Soluciones IP en Redes Ópticas: experiencia práctica en proyectos
de Datacom para Redes de Telecomunicaciones**

Eduardo Cáceres Landinez

Trabajo de grado para optar el título de Ingeniería en Telecomunicaciones

Director

Elizabeth Gelves

Magister en Administración de Empresas

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

División de Ingenierías

Ingeniería en Telecomunicaciones

2025

Dedicatoria

Este trabajo es dedicado a mi madre, cuya constante presencia ha sido una fuerza silenciosa que ha impulsado cada uno de mis éxitos. A quien, con paciencia, cariño y palabras llenas de sabiduría, me motivaron incluso cuando tenía dudas sobre mí mismo. Además, también está dedicado a mi "yo" del pasado, quien decidió seguir este camino sin saber todo lo que iba a aprender ni hasta dónde podía llegar.

Agradecimientos

Agradezco profundamente a quienes me acompañaron en este proceso académico y personal. A la familia Ardila Beltrán por caminar a mi lado con firmeza y convertirse en ese bastón que sostiene y guía. A mis profesores, por compartir no solo conocimientos, sino también valores y pasión por la ingeniería. A mis amigos y compañeros de camino, por las discusiones, las experiencias compartidas y las risas en medio del cansancio. A cada persona que, con un gesto amable o una palabra de ánimo, contribuyó silenciosamente a que este proyecto llegara a su fin.

Gracias por estar, por creer y por sumar.

Contenido

Introducción	9
1.1 Planteamiento del problema.....	10
1.2 Justificación	10
1.3 Objetivos.....	11
1.3.1 Objetivo general	11
1.3.2 Objetivos específicos.....	11
2. Marco Referencial.....	12
2.1 Marco teórico	12
2.2 Marco conceptual	13
2.3 Marco legal	15
3. Método.....	16
3.1 Participantes	16
3.2 Herramientas	16
3.3 Procedimientos	17
4. Resultados	18
5. Conclusiones.....	24
Referencias.....	25
Apéndices.....	27

Lista de figuras

Figura 1. <i>Material HCIP Datacom – Nivel intermedio</i>	18
Figura 2. <i>Topología de red antes y después de la migración – HLD</i>	19
Figura 3. <i>Ejemplo de salida generada por la herramienta de validación</i>	20
Figura 4. <i>Análisis de la implementación de herramienta Python</i>	21
Figura 5. <i>Validación óptica previa, medición de potencia y estado físico</i>	22
Figura 6. <i>Resultados de prueba RFC 2544 – saturación de enlace 2Gb</i>	22
Figura 7. <i>Routers Huawei ATN-910 – A821</i>	23

Resumen

En el presente informe se describe la experiencia adquirida en el desarrollo de actividades destinadas a la implementación de redes IP sobre infraestructura óptica. Con una visión práctica de la materia, se abordaron cuestiones relativas a la validación de elementos de red y sus configuraciones, la automatización de procesos internos y la documentación de los elementos instalados tras llevar a cabo una implementación. Para ello, se llevaron a cabo formaciones específicas, desarrollo de herramientas de software para la mejora de procesos internos, pruebas de rendimiento y acompañamiento en la implementación de procesos de activación o migración de servicios. Todo esto hizo que fuesen resultado aplicaciones de productos como scripts de validación, informes técnicos y registros de pruebas estandarizadas, que proporcionaron una mejora en los procesos operativos y de soporte de red. Este ejercicio permitió poner a prueba los conocimientos teóricos aprendidos en experiencias reales en el entorno profesional, poniendo a prueba competencias clave en protocolos de enrutamiento, tecnologías ópticas y gestión de redes actuales. El trabajo evidencia también la importancia de poner en correlación la formación académica y el entorno técnico de la industria, favoreciendo soluciones eficientes, documentadas y de mejora continua en el ámbito de las telecomunicaciones.

Palabras clave: redes IP, protocolos de enrutamiento, fibra óptica, automatización, validaciones de red

Abstract

This report describes the experience gained in developing activities aimed at implementing IP networks on optical infrastructure. With a practical approach to the subject, issues related to the validation of network elements and their configurations, the automation of internal processes, and the documentation of installed elements after implementation were addressed. To this end, specific training was provided, software tools were developed to improve internal processes, performance tests were carried out, and support was provided for the implementation of service activation or migration processes. All of this resulted in the creation of applications such as validation scripts, technical reports, and standardized test records, which improved operational and network support processes. This exercise allowed the theoretical knowledge learned to be tested in real-life professional situations, putting key skills in routing protocols, optical technologies, and current network management to the test. The work also highlights the importance of correlating academic training with the technical environment of the industry, favoring efficient, documented, and continuously improving solutions in the field of telecommunications.

Keywords: IP networks, routing protocols, optical fiber, automation, network validation

Glosario

Automatización de redes: proceso mediante el cual se emplean herramientas y scripts para ejecutar tareas de configuración, validación y monitoreo de manera automática en entornos de telecomunicaciones.

BGP (Border Gateway Protocol): protocolo de enrutamiento entre sistemas autónomos que permite el intercambio de información de rutas entre redes distintas en Internet.

Enlace óptico: conexión basada en fibra óptica que transmite información a través de pulsos de luz, ofreciendo alta velocidad y gran ancho de banda.

HLD (High-Level Design): documento técnico que describe la arquitectura general de una solución de red, incluyendo topología, componentes y flujos de tráfico.

IP (Internet Protocol): conjunto de reglas que permiten el direccionamiento y el encaminamiento de paquetes de datos a través de redes interconectadas.

Python: lenguaje de programación ampliamente utilizado en automatización de redes, análisis de datos y desarrollo de herramientas operativas.

RFC 2544: estándar que define metodologías para realizar pruebas de desempeño en dispositivos y enlaces de red, incluyendo tasa de transferencia, latencia y pérdida de paquetes.

Validación de red: proceso mediante el cual se verifica que los dispositivos, configuraciones y enlaces cumplan con los requisitos técnicos y funcionales establecidos.

Introducción

La creciente complejidad de las redes de telecomunicaciones exige profesionales capaces de aplicar conocimientos técnicos en entornos reales, especialmente en el despliegue de soluciones IP sobre infraestructuras ópticas. Pese al avance en tecnologías y protocolos de enrutamiento, persisten desafíos relacionados con documentación, preparación previa a actividades de migración o mantenimiento y manejo de tareas críticas, los cuales afectan directamente la eficiencia y confiabilidad de los servicios.

Este trabajo nace para satisfacer la necesidad de alinear la formación teórica con la práctica, aquella que se desprende de la inmersión en proyectos reales. La pregunta que orientó el desarrollo fue: ¿De qué manera puede un estudiante aportar al mejoramiento de procesos técnicos y operativos en redes IP ópticas desde una práctica formativa? Para ello, se participó activamente en tareas de diseño y documentación de soluciones IP, validación y desarrollo de herramientas de automatización en el contexto de una empresa del sector.

La práctica permitió no solo aplicar los conocimientos adquiridos durante la carrera, sino también identificar oportunidades de mejora en procesos clave, generando un impacto positivo en el entorno laboral.

1. Implementación de Soluciones IP en Redes Ópticas: experiencia práctica en proyectos de Datacom para Redes de Telecomunicaciones

1.1 Planteamiento del problema

La implementación de soluciones IP sobre redes ópticas enfrenta desafíos técnicos que van más allá del diseño y configuración de los equipos. Procesos como la documentación estandarizada, la validación previa a actividades y la automatización de tareas aún presentan limitaciones que afectan la eficiencia operativa. Aunque existen lineamientos generales, su aplicación práctica varía, generando inconsistencias y pérdidas de tiempo.

Estos vacíos revelan la necesidad de revisar los enfoques actuales e incorporar nuevas prácticas, herramientas y procedimientos que permitan optimizar dichas actividades. En este contexto, surge la pregunta de investigación:

¿Cómo puede un estudiante en formación aportar a la mejora de procesos técnicos y operativos en redes IP ópticas mediante soluciones prácticas y adaptables al entorno real?

1.2 Justificación

La creciente demanda por redes más eficientes y confiables ha hecho indispensable optimizar procesos técnicos en cuanto a documentación, validación y automatización en procesos de proyectos de telecomunicaciones. Este trabajo es relevante porque permite aplicar conocimientos académicos en escenarios reales, aportando soluciones prácticas que mejoran la operación de redes IP sobre infraestructura óptica.

A nivel formativo, fortalece las competencias del futuro ingeniero; a nivel técnico, propone mejoras que pueden ser replicadas en otros contextos similares. Su impacto trasciende lo académico, aportando al desarrollo tecnológico y operativo del sector, con beneficios económicos y sociales derivados de una gestión de red más eficiente.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Desarrollar conocimientos teóricos y prácticos mediante el estudio, diseño y análisis de proyectos de redes IP y comunicación de datos sobre infraestructura óptica, con el propósito de optimizar los procesos técnicos y operativos involucrados en la implementación, gestión y mantenimiento de redes de telecomunicaciones.

1.3.2 Objetivos específicos

Fortalecer los conocimientos técnicos en redes IP y transporte de tráfico mediante la participación en entrenamientos y actividades operativas, con el fin de comprender e intervenir en entornos reales de telecomunicaciones.

Estandarizar los procesos de implementación y gestión de redes a través de la documentación de procedimientos técnicos y la generación de archivos de configuración conforme a lineamientos operativos.

Optimizar la validación y mantenimiento de la infraestructura óptica mediante la automatización de tareas con herramientas en Python y la verificación remota de condiciones técnicas en coordinación con personal en sitio.

2 Marco referencial

La evolución de las redes de telecomunicaciones ha estado caracterizada por la necesidad constante de transportar grandes cantidades de información con de manera constante y a altas velocidades. En este contexto, la convergencia entre tecnologías IP y redes ópticas ha permitido a los operadores construir infraestructuras robustas y escalables, capaces de soportar aplicaciones críticas y servicios de alta demanda.

2.1 Marco teórico

Las redes de telecomunicaciones han progresado de forma consistente en las últimas décadas, pasando de arquitecturas jerárquicas tradicionales a modelos más dinámicos, convergentes y centrados en servicios. Este cambio ha sido impulsado por la necesidad de ofrecer mayor capacidad, confiabilidad y flexibilidad frente a la creciente demanda de datos, especialmente en entornos corporativos, operadores móviles y servicios en la nube. En este contexto, la convergencia entre redes IP y tecnología óptica ha tomado un papel fundamental.

Las redes IP ópticas combinan la eficiencia del transporte a través de fibra óptica con la flexibilidad que ofrecen los protocolos de capa 3, lo que permite implementar soluciones escalables y de alto rendimiento. Estas redes se fundamentan en el uso de protocolos de enrutamiento como OSPF, IS-IS y BGP, que facilitan la comunicación dinámica entre dispositivos y la adaptan automáticamente a cambios en la topología de red. Además, tecnologías como MPLS y VPNs ayudan a segmentar y priorizar del tráfico, optimizando así el uso del ancho de banda y asegurando una calidad de servicio (QoS) adecuada.

En el contexto de la práctica profesional, es fundamental estudiar y aplicar estos protocolos y tecnologías en situaciones reales. Un punto clave es la documentación técnica, tanto previa como posterior a la intervención en red, la cual permite asegurar trazabilidad, consistencia y cumplimiento de estándares operativos. El uso de herramientas para automatizar la recolección y análisis de datos (por ejemplo, scripts en Python) ha cobrado especial importancia como apoyo al

trabajo técnico, reduciendo errores humanos y acelerando procesos de validación.

Autores como [1] subrayan que “el diseño eficiente de redes modernas requiere la comprensión de múltiples capas de comunicación y la capacidad de integrar tecnologías heterogéneas en una arquitectura coherente”. Esto significa que el ingeniero en telecomunicaciones debe estar preparado no solo en aspectos teóricos, sino también en la ejecución práctica y adaptabilidad ante entornos cambiantes.

Finalmente, el marco teórico de esta práctica también abarca los principios de gestión de redes, las mejores prácticas operativas (como las definidas por ITIL y modelos de gestión como FCAPS), así como fundamentos de automatización y documentación técnica estructurada, los cuales son esenciales para garantizar implementaciones exitosas, mantenibles y alineadas con los objetivos de calidad de las organizaciones.

2.2 Marco conceptual

Red IP óptica: es la integración de una red de datos basada en el protocolo IP con una infraestructura de transmisión por fibra óptica. Permite transportar grandes volúmenes de información con baja latencia y alta confiabilidad, combinando el enrutamiento lógico de IP con la capacidad física de la fibra. [2]

Router: dispositivo de red que enruta paquetes entre diferentes redes IP, operando en la capa 3 del modelo OSI. Permite la comunicación entre múltiples redes y aplica protocolos como OSPF o BGP. [3]

Protocolo de enrutamiento: conjunto de reglas que permiten a los routers intercambiar información sobre la topología de red. Entre los más usados en entornos de telecomunicaciones se encuentran OSPF (Open Shortest Path First), IS-IS (Intermediate System to Intermediate System) y BGP (Border Gateway Protocol).[3]

OSPF (Open Shortest Path First): es un protocolo de enrutamiento de estado de enlace que calcula las rutas más cortas dentro de un sistema autónomo utilizando el algoritmo de Dijkstra. Es

ampliamente usado en redes empresariales y de operadores por su rápida convergencia, escalabilidad y soporte para rutas jerárquicas mediante áreas.[4]

IS-IS (Intermediate System to Intermediate System): es otro protocolo de enrutamiento de estado de enlace, similar a OSPF, pero con origen en entornos de redes de proveedores. Opera directamente sobre la capa de red (OSI), es altamente escalable y eficiente en redes troncales, lo que lo hace ideal para arquitecturas IP/MPLS.[5]

BGP (Border Gateway Protocol): protocolo de enrutamiento externo (EGP) utilizado para intercambiar información de rutas entre sistemas autónomos. Es esencial para el funcionamiento de Internet y permite aplicar políticas de enrutamiento para controlar el tráfico entrante y saliente a través de múltiples enlaces. En redes de operadores, se emplea tanto en su versión externa (eBGP) como interna (iBGP).[6]

MPLS (Multiprotocol Label Switching): tecnología que permite el direccionamiento eficiente del tráfico a través de una red IP, utilizando etiquetas en lugar de direcciones IP completas para tomar decisiones de reenvío. Soporta ingeniería de tráfico, VPNs y QoS, siendo crucial en redes de alta disponibilidad y múltiples servicios.[7]

LDP (Label Distribution Protocol): protocolo utilizado en redes MPLS para distribuir etiquetas entre routers. Permite establecer los llamados LSPs (Label Switched Paths), que son rutas específicas por las cuales viajarán los paquetes etiquetados en una red MPLS.[8]

VPN (Virtual Private Network): tecnología que permite crear una red privada virtual sobre una infraestructura pública compartida, como Internet o una red troncal IP/MPLS. Las VPNs proporcionan seguridad y segmentación del tráfico, siendo común su uso en redes corporativas.[9]

Túneles IP: mecanismos que encapsulan paquetes de datos dentro de otros protocolos para permitir su transporte a través de una red incompatible. Entre los más usados están GRE, IPsec y túneles MPLS, especialmente en implementaciones de migración y tránsito temporal entre redes.[10]

Documentación técnica: conjunto de informes, esquemas, tablas y registros que

describen el diseño, configuración, pruebas y resultados de una intervención en red. Es esencial para garantizar trazabilidad, cumplimiento normativo y soporte posterior.[11]

Validación previa/posterior: procedimientos que permiten comprobar el estado de la red antes y después de una intervención (integración, migración, ampliación). Incluye revisiones físicas, pruebas de conectividad y análisis de desempeño.[12]

Ventana de mantenimiento: periodo programado en el que se realizan cambios o intervenciones en la red sin afectar el servicio de los usuarios finales. Durante esta etapa se aplican configuraciones, pruebas y documentación de respaldo.[13]

HLD (High-Level Design): documento que describe de manera general la arquitectura de una solución tecnológica, señalando los componentes principales, su interacción y los criterios de diseño, sin entrar en detalles técnicos específicos.[14]

2.3 Marco legal

El marco legal de esta práctica profesional se basa en la normativa internacional y nacional que regula el diseño, implementación y operación de redes de telecomunicaciones, así como en los lineamientos técnicos establecidos por fabricantes y organismos de estandarización. Este conjunto normativo garantiza que las soluciones aplicadas durante la práctica se desarrollen conforme a parámetros de calidad, seguridad y eficiencia exigidos por la industria.

A nivel internacional, organismos como la **Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-T)**, el **Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)** y la **Internet Engineering Task Force (IETF)** han definido estándares fundamentales para la arquitectura de redes, protocolos de enrutamiento (OSPF, IS-IS, BGP), tecnologías de transporte (MPLS, VPNs), y metodologías de gestión de redes. Estos estándares constituyen el soporte técnico que regula las buenas prácticas aplicadas por **Huawei**, cuyos productos y metodologías están diseñados en cumplimiento de dichas directrices.

Huawei, como un proveedor líder a nivel mundial en soluciones de red, no solo se dedica

a implementar tecnologías que cumplen con estas normativas, sino que también juega un papel activo en la formación de talento humano a través de programas de certificación como **HCIA**, **HCIP** y **HCIE**. Estas certificaciones están alineadas con el marco legal técnico actual, asegurando que los profesionales formados comprendan e implementen soluciones en concordancia con los estándares internacionales.

3 Método

La presente práctica profesional que se llevó a cabo se basó en una metodología aplicativa y descriptiva, utilizando un enfoque de aprendizaje experiencial. Esto significó que se pusieron en práctica los conocimientos en situaciones reales dentro de una empresa del sector de telecomunicaciones. El proceso se centró en alcanzar los objetivos a través de la realización de actividades técnicas, documentales y de validación, siguiendo las normas internas de calidad y los protocolos operativos establecidos.

3.1 Participantes

El desarrollo del proyecto estuvo liderado por el pasante, como practicante de Ingeniería en Telecomunicaciones, bajo la supervisión del NIS Local Manager de Huawei Technologies Colombia SAS. Además, se contó con el acompañamiento del equipo técnico del área de Datacomm (AM IP Team) y con el seguimiento del tutor académico de la Universidad Santo Tomás. La interacción con los ingenieros permitió una retroalimentación constante y la asignación de actividades acordes al perfil formativo del estudiante.

3.2 Herramientas

Durante la práctica se utilizaron diversas herramientas tanto físicas como digitales, entre las que se destacan:

Dispositivos de red Huawei (ATN-910D-A, A821, M14, M8, X4, F8).

Software de documentación y diseño: Herramientas ofimáticas y eDraw.

Plataformas internas de gestión: NCE (Network Cloud Engine) gestor de dispositivos de red, sistema ESDP para licencias, bases de datos corporativas.

Consolas de acceso remoto: xShell para sesiones SSH a dispositivos.

Lenguaje de programación Python, empleado en el desarrollo y mejora de herramientas de validación de puertos y módulos de hardware.

Equipo de pruebas: Analizador Viavi MTS 5800, utilizado para realizar pruebas de tráfico mediante RFC 2544.

3.3 Procedimientos

El procedimiento metodológico seguido en la práctica se organizó en fases de ejecución distribuidas en actividades claves, alineadas con los objetivos específicos:

- Capacitación técnica inicial, mediante entrenamientos teóricos y prácticos sobre protocolos de enrutamiento y conceptos de redes IP ópticas.
- Soporte en documentación técnica, elaborando informes como HLD, NOC DOC y ETM, con información detallada sobre la arquitectura, topología, inventario y configuraciones.
- Generación de archivos de configuración, ajustados a MOPs definidos por la operación, para implementación en equipos de red reales o de laboratorio.
- Mejora de herramientas de validación en Python, añadiendo funcionalidades como lectura de niveles de potencia, identificación de puertos trunk, seriales de hardware en la obtención de información según log de equipos.

- Validaciones remotas de cableado, incluyendo revisión de fibra óptica, medición de potencia, verificación de etiquetas con personal técnico en sitio.
- Acompañamiento a ventanas de mantenimiento, observando y participando en procesos reales de migración de red junto a ingenieros líderes.

Cada una de estas actividades fue documentada y validada por los responsables del área, asegurando el cumplimiento de los lineamientos técnicos y formativos de la práctica.

4 Resultados

Durante el desarrollo de la práctica profesional en Huawei Technologies Colombia SAS, se ejecutaron una serie de actividades técnicas orientadas al fortalecimiento de competencias en redes IP sobre infraestructura óptica. Estas acciones se distribuyeron en líneas de trabajo específicas, cuyos resultados se resumen a continuación:

- Formación técnica certificada: actualmente en etapa de estudio de módulos de capacitación relacionados con protocolos de enrutamiento y fundamentos de redes de transporte, respaldados por material académico y certificaciones internas. El continuo estudio de material teórico y prácticas me permitió alcanzar el nivel requerido para tareas operativas.

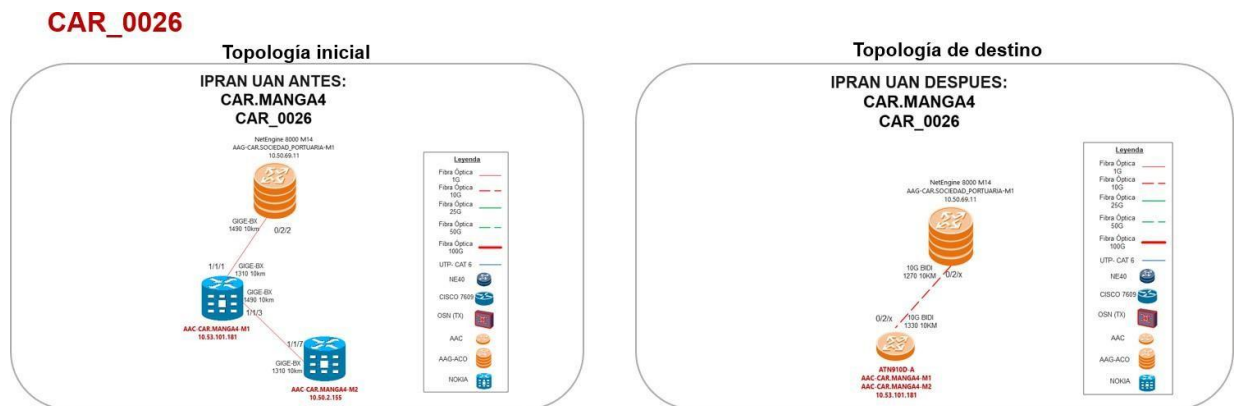
Figura 1. *Material HCIP Datacom – Nivel intermedio*



Nota. Certificación en proceso de estudio de nivel medio – HCIP Datacom Core. Imagen tomada por el autor de Huawei iLearning (Acceso solo para colaboradores).

- Documentación técnica estructurada: se elaboraron diferentes informes técnicos que respaldan el proceso del proyecto (HLD, NOC DOC, Evidencias, Actas de Licencia, ETM), los cuales contenían topologías previas y finales, inventarios de equipos, configuraciones aplicadas y evidencias en formato visual.

Figura 2. Topología de red antes y después de la migración – HLD



Nota. Topologías de antes y después para solución sitio Cartagena, Manga ID CAR_0026 en la red IP RAN. Imagen tomada por el autor de documentación proyecto IP RAN UAN.

- Desarrollo y mejora de scripts en Python: se implementó una herramienta interna de validación para obtener información de puertos (estado, velocidad, errores, trunk), módulos ópticos (Tx/Rx Power, tipo, ubicación) y hardware general (seriales, tarjetas, fuentes).

Esto facilitó el análisis previo a migraciones y mejoró la calidad de los reportes entregados, antes los líderes técnicos (TLs) debían pasar más de 30 minutos revisando datos manualmente por cantidad de puertos en equipos, ahora con solo ejecutar el programa se

obtiene en pocos minutos la información de manera más clara y organizada, lo que les permite enfocarse más en las validaciones y recopilación de información, además esta información se comparte con el cliente lo que se entiende como información precisa y fácil de entender, aumentando su confianza con el proceso interno de la operación.

Figura 3. Ejemplo de salida generada por la herramienta de validación

equipo	interface	tipo	current_state	he_protoc	ink_quality	mtu	port_bw	description	last_up	last_down	crc	wavelength	type	rx_power	tx_power	board_type	barcode	indor_name
AAG-CAR.T.100GE0/7/0	Interface	Interface	Administratively DOWN	--	1500	100G	Route Port	-	2025-04-20									
AAG-CAR.T.100GE0/7/1	Interface	Interface	Administratively DOWN	--	1500	100G	Route Port	-	2025-04-20									
AAG-CAR.T.100GE0/8/0	Interface	Interface	Administratively DOWN	--	1500	100G	Route Port	-	2025-04-20									
AAG-CAR.T.100GE0/8/1	Interface	Interface	Administratively DOWN	--	1500	100G	Route Port	-	2025-04-20									
AAG-CAR.T.25GE0/14/0	Interface	Interface	Administratively DOWN	--	1500	25G	Route Port	-	2025-04-20									
AAG-CAR.T.25GE0/14/1	Interface	Interface	Administratively DOWN	--	1500	25G	Route Port	-	2025-04-20									
AAG-CAR.T.25GE0/14/2	Interface	Interface	Administratively DOWN	--	1500	25G	Route Port	-	2025-04-20									
AAG-CAR.T.25GE0/14/3	Interface	Interface	Administratively DOWN	--	1500	25G	Route Port	-	2025-04-20									
AAG-CAR.T. GigabitEthernet0/ Interface	DOWN(negotiat	DOWN	--	1500	1G	CORP.	12	2025-04-20	2025-04-20							FCMJ-852:PH23Q22	FINISAR	
AAG-CAR.T. GigabitEthernet0/ Subinterface	DOWN (ifindex: DOWN	DOWN	--	1500		COMCEL CAR.VILLA HERMOSA eNB-CP - ZAXH280												
AAG-CAR.T. GigabitEthernet0/ Subinterface	DOWN (ifindex: DOWN	DOWN	--	1500		COMCEL CAR.VILLA HERMOSA eNB-UP - ZAXH280												
AAG-CAR.T. GigabitEthernet0/ Subinterface	DOWN (ifindex: DOWN	DOWN	--	1500		COMCEL CAR.VILLA HERMOSA eNB-SYNC - ZAXH280												
AAG-CAR.T. GigabitEthernet0/ Subinterface	DOWN (ifindex: DOWN	DOWN	--	1500		COMCEL CAR.VILLA HERMOSA eNB-OyM - ZAXH280												
AAG-CAR.T. GigabitEthernet0/ Interface	UP (ifindex: 67) DOWN	GOOD	1500	100M	GENUINE	2025-04-20	2025-04-20		unknown	1G-100m-i---	--					MXP-24RJ,20002594;HG		
AAG-CAR.T. GigabitEthernet0/ Subinterface	UP (ifindex: 119) UP	GOOD	1500		COMCEL-CAR.TAMARINDO 2G - ZAXH131													
AAG-CAR.T. GigabitEthernet0/ Subinterface	UP (ifindex: 120) UP	GOOD	1500		COMCEL-CAR.TAMARINDO SYN - ATR1536													
AAG-CAR.T. GigabitEthernet0/ Subinterface	UP (ifindex: 121) UP	GOOD	1500		COMCEL-CAR.TAMARINDO - ATR1536													
AAG-CAR.T. GigabitEthernet0/ Interface	UP (ifindex: 68) DOWN	GOOD	1500	1G	GENUINE	2025-04-20	2025-04-20		unknown	1G-100m-i---	--					MXP-24RJ,20003088;HG		
AAG-CAR.T. GigabitEthernet0/ Subinterface	UP (ifindex: 122) UP	GOOD	1500		COMCEL GESTION RTN CAR.VILLA HERMOSA_CAR.TAMARINDO-2 - ZAXH071													
AAG-CAR.T. GigabitEthernet0/ Subinterface	UP (ifindex: 123) UP	GOOD	1500		COMCEL CAR.VILLA HERMOSA SYN - ZAXH230													
AAG-CAR.T. GigabitEthernet0/ Subinterface	UP (ifindex: 124) UP	GOOD	1500		COMCEL CAR.VILLA HERMOSA - ZAXH230													
AAG-CAR.T. GigabitEthernet0/ Interface	UP (ifindex: 69) DOWN	GOOD	1500	1G	GENUINE	2025-04-20	2025-04-20		unknown	1G-100m-i---	--					MXP-24RJ,20003088;HG		
AAG-CAR.T. GigabitEthernet0/ Subinterface	UP (ifindex: 125) UP	GOOD	1500		COMCEL-CAR.TAMARINDO_CAR.TAMARINDO-2 - ZDIB635													
AAG-CAR.T. GigabitEthernet0/ Subinterface	UP (ifindex: 126) UP	GOOD	1500		COMCEL-CAR.TAMARINDO-2 2G - ZICG066													
AAG-CAR.T. GigabitEthernet0/ Subinterface	UP (ifindex: 127) UP	GOOD	1500		COMCEL-CAR.TAMARINDO-2 SYN - ATR4661													
AAG-CAR.T. GigabitEthernet0/ Subinterface	UP (ifindex: 128) UP	GOOD	1500		COMCEL-CAR.TAMARINDO-2-ATR4661													

Nota. Documento en Excel generado tras la extracción de archivo .log de equipos Nokia para obtención de información necesaria para ventanas de migración en red IP RAN. Imagen tomada por el autor.

Figura 4. *Análisis de la implementación de herramienta Python*

CATEGORÍA	ANTES	DESPUÉS	BENEFICIO	IMPACTO
TIEMPO POR VALIDACIÓN	Depende de cantidad de puertos 30+ minutos	-5 minutos	6x proceso mas eficiente	Libera tiempo para realizar mas tareas del area u otros analisis.
CALIDAD DE DATOS	Errores frecuentes en validaciones	Datos consistentes y con faicilidad de analisis	Reducción de errores en pre validaciones	Reportes confiables para el proceso de migración
ESCALABILIDAD	Limitado a personal capacitado	Script reusable	Aplicable a otros proyectos	Apoyo a migraciones futuras
SATISFACCIÓN	Revisiones lentas y tediosas	Datos claros y faciles de entender	Mas confianza con el cliente	Mejora la percepción de la operación

Nota. Aquí encontramos un análisis indicando el antes y después de la implementación de la herramienta con sus beneficios e impacto. Tabla realizada por el autor con base en la experiencia práctica.

- Validaciones físicas de campo (Correspondencia): se realizaron revisiones de cableado de fibra óptica, mediciones de potencia y verificación de etiquetas en sitios de migración, documentando el estado previo y posterior de los puntos de conexión, dicho proceso se realizaba de manera remota con acompañamiento del cooperador en sitio.

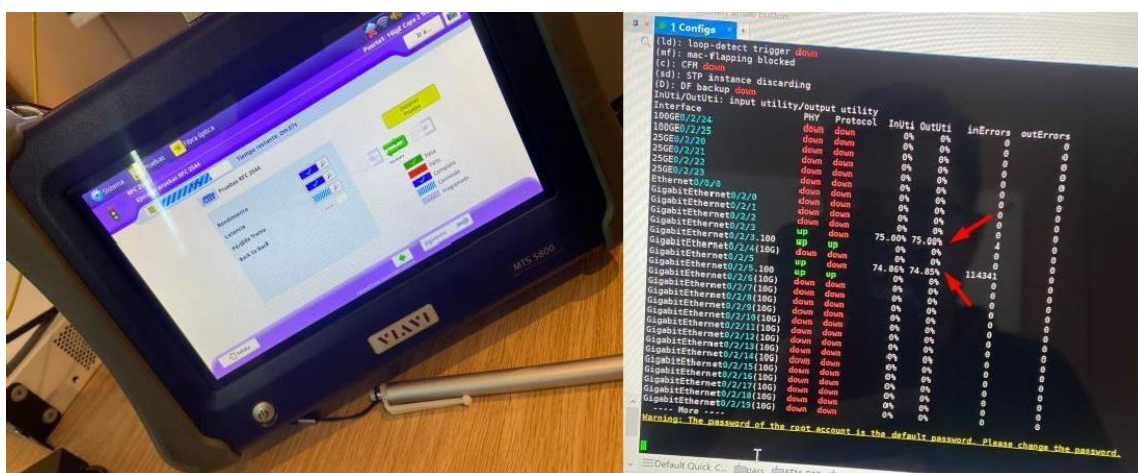
Figura 5. *Validación óptica previa, medición de potencia y estado físico.*

Nivel de potencia medicion puerto huawei en extremo remoto	Potencia en puerto huawei	Foto puerto huawei	Foto validación correspondencia																								
	<table><tr><th colspan="6">2022-01-20 10:12:18 (UTC+5:30) - 13.5 dBm</th></tr><tr><th colspan="6">2022-01-20 10:12:18 (UTC+5:30) - 13.5 dBm</th></tr><tr><th>Port</th><th>Station</th><th>Station Type</th><th>Power (dBm)</th><th>Power (dBm)</th><th>Mode</th></tr><tr><td>Port 1</td><td>Port 1</td><td>100 MHz (100 MHz)</td><td>100 MHz</td><td>100 MHz</td><td>100 MHz</td></tr></table>	2022-01-20 10:12:18 (UTC+5:30) - 13.5 dBm						2022-01-20 10:12:18 (UTC+5:30) - 13.5 dBm						Port	Station	Station Type	Power (dBm)	Power (dBm)	Mode	Port 1	Port 1	100 MHz (100 MHz)	100 MHz	100 MHz	100 MHz		
2022-01-20 10:12:18 (UTC+5:30) - 13.5 dBm																											
2022-01-20 10:12:18 (UTC+5:30) - 13.5 dBm																											
Port	Station	Station Type	Power (dBm)	Power (dBm)	Mode																						
Port 1	Port 1	100 MHz (100 MHz)	100 MHz	100 MHz	100 MHz																						
	<table><tr><th colspan="6">2022-01-20 10:12:18 (UTC+5:30) - 13.5 dBm</th></tr><tr><th colspan="6">2022-01-20 10:12:18 (UTC+5:30) - 13.5 dBm</th></tr><tr><th>Port</th><th>Station</th><th>Station Type</th><th>Power (dBm)</th><th>Power (dBm)</th><th>Mode</th></tr><tr><td>Port 1</td><td>Port 1</td><td>100 MHz (100 MHz)</td><td>100 MHz</td><td>100 MHz</td><td>100 MHz</td></tr></table>	2022-01-20 10:12:18 (UTC+5:30) - 13.5 dBm						2022-01-20 10:12:18 (UTC+5:30) - 13.5 dBm						Port	Station	Station Type	Power (dBm)	Power (dBm)	Mode	Port 1	Port 1	100 MHz (100 MHz)	100 MHz	100 MHz	100 MHz		
2022-01-20 10:12:18 (UTC+5:30) - 13.5 dBm																											
2022-01-20 10:12:18 (UTC+5:30) - 13.5 dBm																											
Port	Station	Station Type	Power (dBm)	Power (dBm)	Mode																						
Port 1	Port 1	100 MHz (100 MHz)	100 MHz	100 MHz	100 MHz																						
	<table><tr><th colspan="6">2022-01-20 10:12:18 (UTC+5:30) - 13.5 dBm</th></tr><tr><th colspan="6">2022-01-20 10:12:18 (UTC+5:30) - 13.5 dBm</th></tr><tr><th>Port</th><th>Station</th><th>Station Type</th><th>Power (dBm)</th><th>Power (dBm)</th><th>Mode</th></tr><tr><td>Port 1</td><td>Port 1</td><td>100 MHz (100 MHz)</td><td>100 MHz</td><td>100 MHz</td><td>100 MHz</td></tr></table>	2022-01-20 10:12:18 (UTC+5:30) - 13.5 dBm						2022-01-20 10:12:18 (UTC+5:30) - 13.5 dBm						Port	Station	Station Type	Power (dBm)	Power (dBm)	Mode	Port 1	Port 1	100 MHz (100 MHz)	100 MHz	100 MHz	100 MHz		
2022-01-20 10:12:18 (UTC+5:30) - 13.5 dBm																											
2022-01-20 10:12:18 (UTC+5:30) - 13.5 dBm																											
Port	Station	Station Type	Power (dBm)	Power (dBm)	Mode																						
Port 1	Port 1	100 MHz (100 MHz)	100 MHz	100 MHz	100 MHz																						

Nota. Documento generado tras validación de cableado en sitio, donde se verifica estado, potencia y marquillado de las fibras. Fotografías compartidas por personal técnico en sitio Agregador Medellín Rionegro Proyecto IP RAN UAN.

- Pruebas de tráfico con analizador Wireshark: se ejecutaron pruebas bajo el protocolo RFC 2544 para verificar la capacidad y estabilidad de enlaces configurados en laboratorio, simulando escenarios de carga de tráfico real.

- **Figura 6.** Resultados de prueba RFC 2544 – saturación de enlace 2Gb



Nota. Equipo analizador a la izquierda y resultado de pruebas de saturación en la imagen de la derecha. Fotografías tomadas por el autor.

Participación en ventanas de mantenimiento: se acompañaron actividades reales de migración y validación en entornos operativos, contribuyendo con tareas de revisión,

documentación y análisis post-implementación.

- Generación de archivos .cfg en Router Acceso Huawei: se realizan configuraciones según el MOP de la actividad en equipo de laboratorio para generar archivo de preconfiguración, el cual será posteriormente usado por personal técnico en sitio para dar mayor eficiencia al proceso de migración durante la ventana de mantenimiento.

Algunos equipos usados en la preconfiguración fueron el ATN-910 y A821.

Figura 7. Routers Huawei ATN-910 – A821



Nota. Equipos usados para realización de archivos de configuración previo a actividades de migración ATN-910 [15] y A821 [16].

En conjunto, estas actividades me permitieron participar activamente en procesos críticos de red, generar entregables técnicos alineados con los estándares de calidad de la empresa y proponer mejoras prácticas aplicables a contextos similares.

5 Conclusiones

La práctica profesional permitió aplicar de forma efectiva los conocimientos adquiridos en la carrera, aportando a procesos reales de implementación, validación y documentación de redes IP sobre infraestructura óptica. Las actividades desarrolladas respondieron a los objetivos planteados y generaron productos concretos como informes técnicos, scripts de automatización y validaciones de campo.

El trabajo realizado fortaleció habilidades técnicas clave y promovió una visión más integral del entorno laboral en telecomunicaciones. Asimismo, evidenció la importancia de integrar teoría y práctica en la formación del ingeniero, contribuyendo tanto al desarrollo profesional como al mejoramiento de procesos internos en el sector.

Referencias

- [1] J. M. H. Elmirghani and H. T. Mouftah, "Toward an Optimal Design for Hybrid Optical-IP Networks," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 23, no. 8, pp. 1578-1594, Aug. 2005, doi: 10.1109/JSAC.2005.851825.
- [2] J. M. H. Elmirghani and H. T. Mouftah, "Optical IP Networks: Architectures and Technologies," *IEEE Communications Magazine*, vol. 38, no. 9, pp. 118–125, Sep. 2000, doi: 10.1109/35.868154. (Definición de Red IP óptica)
- [3] A. S. Tanenbaum and D. J. Wetherall, *Computer Networks*, 5th ed. Pearson, 2011. (Conceptos generales de Router y Protocolos de enrutamiento)
- [4] J. Moy, "OSPF Version 2," RFC 2328, IETF, Apr. 1998. (Definición de OSPF)
- [5] D. Oran, "OSI IS-IS Intra-Domain Routing Protocol," RFC 1142, IETF, Feb. 1990. (Definición de IS-IS)
- [6] Y. Rekhter, T. Li, and S. Hares, "A Border Gateway Protocol 4 (BGP-4)," RFC 4271, IETF, Jan. 2006. (Definición de BGP)
- [7] E. Rosen, A. Viswanathan, and R. Callon, "Multiprotocol Label Switching Architecture," RFC 3031, IETF, Jan. 2001. (Definición de MPLS)
- [8] L. Andersson et al., "LDP Specification," RFC 5036, IETF, Oct. 2007. (Definición de LDP)
- [9] B. Gleeson et al., "A Framework for IP Based Virtual Private Networks," RFC 2764, IETF, Feb. 2000. (Definición de VPN)
- [10] S. Kent and K. Seo, "Security Architecture for the Internet Protocol," RFC 4301, IETF, Dec. 2005. (Relacionado con Túneles IP e IPsec)
- [11] D. Farinacci et al., "Generic Routing Encapsulation (GRE)," RFC 2784, IETF, Mar. 2000. (Otro estándar para Túneles IP)
- [12] A. Clemm, *Network Management Fundamentals*, Cisco Press, 2006. (Documentación técnica y Validación previa/posterior)
- [13] ITU-T, "Recommendation Y.1541: Network Performance Objectives for IP-Based Services," ITU-T, 2011. (Relacionado con Ventana de mantenimiento y métricas de red)
- [14] Cisco Systems, "MPLS Fundamentals," Cisco Press, 2017. (Incluye HLD en diseños de red)
- [15] Huawei Technologies Co., Ltd., "ATN 910 series," Huawei Carrier, 2025. [Online]. Available: <https://carrier.huawei.com/en/products/fixed-network/carrier-ip/router/atn/atn910>.
- [16] Huawei Technologies Co., Ltd., "Huawei NetEngine A800 series access routers," *Huawei Enterprise*, 2025. [Online]. Available: <https://e.huawei.com/mx/products/routers/netengine-a800>.