

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

Facultad de Ingeniería de Sistemas

Programa de Ingeniería de Telecomunicaciones

Apoyo técnico en la validación de información y automatización de procesos para la unificación de la red móvil entre Tigo y Telefónica en Huawei Technologies Colombia S.A.S.

Informe de pasantía presentado como requisito para optar al título de Ingeniero(a) en

Telecomunicaciones

Autor:

Santiago Labrador Cifuentes

Tutor institucional:

Jesús Augusto Guzmán — Ingeniero de Sistemas

Empresa:

HUAWEI TECHNOLOGIES COLOMBIA S.A.S

Bogotá D.C., junio de 2026

RESUMEN

El presente estudio documenta el apoyo técnico que se le dio a la empresa Huawei Technologies Colombia S.A.S. en la integración de la red móvil de Tigo y Telefónica. La principal dificultad que se presentó fue la inconsistencia de los datos, así como la necesidad de realizar de manera manual las tareas de validación de inventarios y diseños de red, lo que afectó directamente la eficiencia operacional. Para resolver esta situación, se trabajó en tres aspectos principales: la validación estructurada de la información, la automatización de los procesos y el seguimiento de la disponibilidad. Desde el punto de vista metodológico, se creó un script en Python para automatizar la asignación de direcciones IP para la tecnología MOCN y para generar solicitudes de compra (PR Model). Con este script, el tiempo necesario para procesar cada sitio se redujo considerablemente, pasando de 15 minutos a unos pocos segundos mediante el procesamiento en lotes. Además, se analizaron los diseños de nivel alto y bajo (HLD y LLD) para determinar las configuraciones de hardware, las células y las capacidades de transmisión/recepción (Tx/Rx). Finalmente, la gestión a través de la plataforma corporativa MAE facilitó el seguimiento del sistema GPS, lo que permitió identificar rápidamente cualquier incidente y escalarlo de forma eficiente para su resolución. Por lo tanto, la validación técnica y la automatización de los procesos aseguran la integridad de los datos, reducen los errores de transcripción y optimizan la eficiencia operacional en los proyectos de integración a gran escala.

Palabras clave: Telecomunicaciones, Validación de datos, Automatización, Python, Integración de redes.

ABSTRACT

This study documents the technical support provided to Huawei Technologies Colombia S.A.S. for the integration of the Tigo and Telefónica mobile networks. The main challenge encountered was data inconsistency, along with the need to manually validate network inventories and designs, which directly impacted operational efficiency. To address this, work focused on three main areas: structured data validation, process automation, and availability monitoring. Methodologically, a Python script was created to automate IP address allocation for the MOCN technology and to generate purchase requests (PR Model). This script significantly reduced the processing time for each site, from 15 minutes to just a few seconds through batch processing. Additionally, high-level and low-level designs (HLD and LLD) were analyzed to determine hardware configurations, cell types, and transmission/reception (Tx/Rx) capabilities. Finally, management through the MAE corporate platform facilitated GPS system monitoring, enabling the rapid identification of any incidents and their efficient escalation for resolution. Therefore, technical validation and process automation ensure data integrity, reduce transcription errors, and optimize operational efficiency in large-scale integration projects.

Keywords: Telecommunications, Data validation, Automation, Python, Network integration.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	2
ABSTRACT	3
TABLA DE CONTENIDO	4
LISTA DE FIGURAS	6
LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS	7
1. INTRODUCCIÓN	8
2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA / ORGANIZACIÓN	9
2.1 Datos generales	9
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA O NECESIDAD IDENTIFICADA	10
3.1 Descripción del problema	10
3.2 Pregunta problema	11
3.3 Justificación	11
4. OBJETIVOS	12
4.1 Objetivo general	12
4.2 Objetivos específicos	12
5. MARCO REFERENCIAL	13
5.1 Marco contextual	13
5.2 Marco teórico	14
5.2.1 Redes móviles celulares	14
5.2.2 Tecnología LTE y 5G	15
5.2.3 MOCN (Multi Operator Core Network)	15
5.2.4 Integración de redes móviles	16
5.2.5 Diseño de bajo nivel (LLD) y PR Model	16
5.2.6 Activity Flow MGMT	18
5.3 Marco tecnológico	20
5.4 Marco legal y normativo	21
6. METODOLOGÍA	22
6.1 Tipo y enfoque de la investigación / intervención	22

6.2 Fases del trabajo	23
6.3 Técnicas e instrumentos.....	24
6.4 Cronograma de actividades	25
7. DESARROLLO DE ACTIVIDADES Y RESULTADOS.....	26
7.1 Fase 1 - Diagnóstico y validación técnica de información de sitios	26
7.1.1 Análisis de la actividad	27
7.2 Fase 2 - Automatización de procesos operativos mediante Python.....	28
7.3 Fase 3 – Monitoreo y gestión GPS de disponibilidad de sitios	30
7.4 Evaluación de resultados	32
8. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN.....	33
8.1 Interpretación de resultados	33
8.2 Conexión con la formación de ingeniería.....	33
8.3 Limitaciones del trabajo	34
9. CONCLUSIONES	35
10. RECOMENDACIONES	36
10.1 Para la empresa.....	36
10.2 Para futuros pasantes	36
10.3 Para el programa académico.....	36
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.Imagen de cómo funciona la red móvil para las tecnologías actuales Fuente: Plataforma llearning	14
Figura 2. Plataforma MAE Fuente: Plataforma MAE.	16
Figura 3.LLD conexión final CPRI Fuente: Plataforma ISDP.	17
Figura 4.Líneas de PR MODEL Fuente: EXCEL.....	17
Figura 5.Activity Flow MGMT en la parte de Partner Fuente: Plataforma ISDP.	18
Figura 6.Activity Flow MGMT en la parte de Customer Fuente: Plataforma ISDP.	18
Figura 7.Activity Flow MGMT en la parte de HUAWEI Fuente: Plataforma ISDP.	19
Figura 8.Ejemplo de un archivo de HLD. Fuente: Excel.....	26
Figura 9.MasterPlan 2026-2028 v01 2026-04-22 fuente:Cliente	27
Figura 10. Tool para la ejecución del PR MODEL fuente:Python Error! Bookmark not defined.	
Figura 11.Estado OK de un GPS en sitio fuente:MAE.....	30

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS

Sigla / Abreviatura	Significado
MOCN	Multi-Operator Core Network
LTE	Long Term Evolution
RAN	Radio Access Network
FTTH	Fiber To The Home
NR	5G New Radio
CRC	Comisión de Regulación de Comunicaciones
HLD	High Level Design
BBU	Baseband unit
CPRI	Common Public Radio Interface
GPS	Global Positioning System
RX	Recepción
TX	Transmisión
MASTERPLAN	Plan Maestro de integración

1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento constante de la demanda de servicios de telecomunicaciones y la necesidad de mayores anchos de banda han llevado a los operadores a modernizar y optimizar sus infraestructuras de red. En este contexto, surge el proyecto de unificación de la red móvil entre Tigo y Telefónica, con Huawei Technologies Colombia S.A.S. liderando tecnológicamente el proyecto. El objetivo es consolidar ambas infraestructuras en una red unificada, optimizando recursos, mejorando la cobertura y preparando el terreno para futuras tecnologías mediante la implementación de la arquitectura Multi-Operator Core Network (MOCN).

Este informe detalla las actividades de apoyo técnico realizadas durante la pasantía. Se enfoca en la verificación de la información y la automatización de procesos operativos. Históricamente, la verificación manual de inventarios, la creación de líneas de equipos y la consolidación de diseños técnicos han generado problemas y posibles errores humanos.

Para solucionar esto, el trabajo se basa en el apoyo de las actividades que se asignaron, como la verificación técnica de los diseños de red (HLD y LLD). El desarrollo de herramientas de automatización con Python para generar registros (PR Model y órdenes de compra, PO), por último, la gestión proactiva del estado de los sitios mediante el monitoreo de alarmas GPS en plataformas de gestión corporativas.

Estas actividades, desarrolladas de manera conjunta, mejoran la eficiencia del proyecto. Además, garantizan la coherencia e integridad de los datos antes de la integración física en campo.

2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA / ORGANIZACIÓN

2.1 Datos generales

Razón social	HUAWEI TECHNOLOGIES COLOMBIA SAS
NIT	830.140.321-0
Sector económico	Telecomunicaciones
Ciudad	BOGOTÁ D.C Ave. Carrera 68A # 24B-10. T3-F5
Sitio web	www.huawei.com.co
Área de práctica	Colombia ICT Consulting and System Integration Dept(Latin America Region)

Tabla 1.Datos generales de la empresa

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA O NECESIDAD IDENTIFICADA

3.1 Descripción del problema

La coexistencia de múltiples infraestructuras de red que pertenecen a diferentes operadores genera ineficiencias operativas, como pueden ser altos costos de mantenimiento, dificultades en la gestión del espectro radioeléctrico. En el caso de Tigo y Telefónica, la existencia de redes independientes limita la optimización de cobertura y capacidad de servicio. Además, la transición hacia tecnologías avanzadas como 5G requiere una infraestructura unificada, flexible y eficiente que permita soportar altos volúmenes de tráfico, baja latencia y mayor densidad de usuarios.

Por lo tanto, surge la necesidad de implementar un proceso de unificación de red móvil que permita integrar ambas infraestructuras, garantizando la eficiencia operativa y mejora en la calidad del servicio, sin afectar la experiencia del usuario final durante el proceso de migración.

3.2 Pregunta problema

¿De qué manera la validación técnica de información de sitios, la automatización de procesos mediante Python y la gestión del monitoreo GPS contribuyen a mejorar la trazabilidad de los datos y la eficiencia operativa en el proyecto de unificación de infraestructura de red móvil entre Tigo y Telefónica?

3.3 Justificación

La ejecución del proyecto de unificación de la infraestructura móvil entre Tigo y Telefónica representa un hito técnico y estratégico en el sector de las telecomunicaciones en Colombia. La coexistencia de redes independientes genera altos costos operativos y subutilización del espectro radioeléctrico. Al integrar las estaciones base y aplicar tecnologías de compartición de red como MOCN, se optimiza el uso de la infraestructura física y lógica, mejorando significativamente la cobertura y la capacidad del servicio brindado a los usuarios finales.

Desde el punto de vista técnico y operativo, la automatización y la validación de datos se hacen indispensables en proyectos de esta magnitud. El procesamiento manual de información para miles de sitios móviles conlleva un alto riesgo de errores de transcripción y retrasos en la generación de órdenes de compra (PO) e integraciones de red. Al desarrollar scripts en Python para cruzar bases de datos y automatizar el PR Model, se eliminan ineficiencias críticas y se optimiza el tiempo del equipo de ingeniería. Asimismo, el monitoreo constante mediante el sistema GPS asegura que los sitios integren correctamente su reloj de sincronismo, evitando caídas de red prolongadas.

En cuanto a la formación, este proyecto justifica la aplicación práctica de conocimientos en redes de telecomunicaciones, programación y herramientas de gestión corporativa. Esto contribuye directamente a la eficiencia operativa del proyecto.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Maximizar la eficacia operativa en la iniciativa de consolidar la infraestructura de red móvil, que une a Tigo y Telefónica, por medio de la revisión técnica de ubicaciones, la creación de programas automatizados en Python y la vigilancia GPS, con el objetivo de elevar la visibilidad de los datos y de acortar significativamente las duraciones de procesamiento manual.

4.2 Objetivos específicos

- Auditar la información técnica de los sitios mediante la contrastación de las bases de datos HLD, LLD y PR Model, para identificar y documentar inconsistencias de hardware antes de la integración física.
- Automatizar el proceso de generación de PO, reduciendo el tiempo de procesamiento manual y minimizando errores de transcripción.
- Implementar y gestionar el monitoreo del sistema GPS de disponibilidad de sitios, permitiendo depurar la base de datos, reclasificar estados operativos e identificar incidentes para su rápido escalamiento.

5. MARCO REFERENCIAL

5.1 Marco contextual

La pasantía se desarrolla en la empresa Huawei, una multinacional líder en el sector de las telecomunicaciones, especializada en el diseño, implementación y soporte de infraestructuras de redes móviles, redes fijas y soluciones tecnológicas avanzadas. Huawei participa activamente en el despliegue de tecnologías como 4G LTE, 5G y redes de fibra óptica (FTTH), siendo uno de los principales proveedores de infraestructura en Colombia y en Latinoamérica, gracias a que los equipos y personal están realmente preparados para solucionar situaciones cotidianas que se puedan presentar.

La Pasantía corresponde a la unificación de la red móvil entre Tigo y Telefónica, el cual busca consolidar ambas redes en una sola infraestructura a nivel nacional. Este proceso incluye la integración de estaciones base, optimización del espectro radioeléctrico, auditorías técnicas y migración de sitios hacia una arquitectura unificada.

En Colombia, el sector de telecomunicaciones ha experimentado un crecimiento significativo impulsado por la demanda de conectividad, el aumento del consumo de datos móviles y la expansión de tecnologías como 5G. Según el Ministerio TIC, el país ha incrementado su cobertura de banda ancha y servicios móviles, lo cual exige redes más eficientes, escalables y con mayor capacidad para estar al margen de otros continentes que el proceso de expansión de 5G ya está terminado y están continuando con la siguiente tecnología.

En este contexto, la unificación de redes se presenta como una estrategia clave para optimizar recursos, reducir costos operativos y mejorar la calidad del servicio, especialmente en zonas rurales y de difícil acceso.

5.2 Marco teórico

5.2.1 Redes móviles celulares

Las redes móviles celulares son sistemas de telecomunicaciones que permiten la comunicación inalámbrica entre usuarios mediante el uso de estaciones base distribuidas geográficamente.

Estas redes han evolucionado desde 2G hasta 5G, incrementando progresivamente la capacidad, velocidad y eficiencia espectral (Rappaport, 2002). Funcionan mediante unas estaciones base que están instaladas en puntos estratégicos del país, cada una de estas está conectada a una red central donde esta se conecta con la infraestructura de telecomunicaciones mucho más amplia.

Las estaciones base, como eNodeB (4G) y gNodeB (5G), permiten la conexión de los usuarios al núcleo de red, gestionando la transmisión de datos y voz de alta capacidad para las aplicaciones de hoy en día.

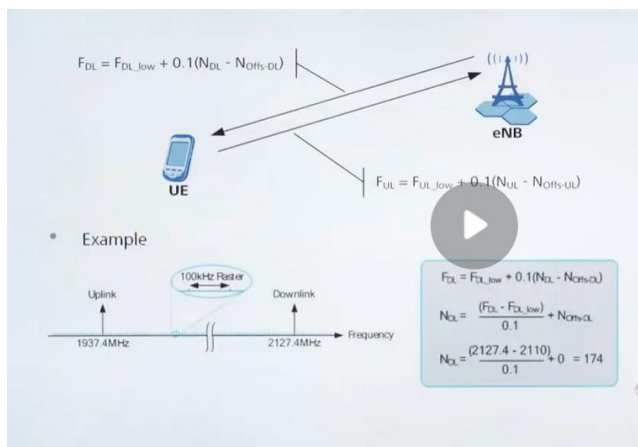


Figura 1. Imagen de cómo funciona la red móvil para las tecnologías actuales Fuente: Plataforma Ilearning

5.2.2 Tecnología LTE y 5G

La tecnología LTE (Long Term Evolution) corresponde a la cuarta generación (4G) de redes móviles, caracterizada por ofrecer altas velocidades de transmisión, baja latencia y mejor eficiencia en el uso del espectro (Dahlman et al., 2018). Colombia, específicamente en la capital, Bogotá D.C., fue una de las ciudades que se puso en el papel de crecer a gran velocidad en esta tecnología desde 2012, dos años después se acelera ese nivel de adopción a esa tecnología gracias a la subasta de espectro radioeléctrico en 2013. Alrededor de 54 millones de líneas móviles se contabilizaron a finales de 2014 que tuvieran la tecnología LTE.

Por su parte, 5G representa la evolución de las redes móviles, proporcionando velocidades superiores, latencias ultra bajas y soporte para aplicaciones como IoT, vehículos autónomos y ciudades inteligentes (ITU, 2015).

5.2.3 MOCN (Multi Operator Core Network)

El MOCN es una tecnología que permite que múltiples operadores compartan la infraestructura de acceso radioeléctrico (RAN), manteniendo separados sus núcleos de red (3GPP, 2018). Esto permite la reducción de costos para ambos operadores pero también a tener una mejor experiencia del cliente ya que se le da mejor acceso a mejor calidad en el servicio, mejor cobertura y mayores velocidades de subida y de bajada, dependiendo de los países debe haber unos requisitos y reglas que se deben cumplir frente a los operadores que deseen usar esta tecnología, en este caso, Colombia, se necesitan autorizaciones por parte de MINTIC para el despliegue de esta infraestructura y tener en cuenta el espectro compartido que esta supervisado por la comisión de regulación de comunicaciones CRC.

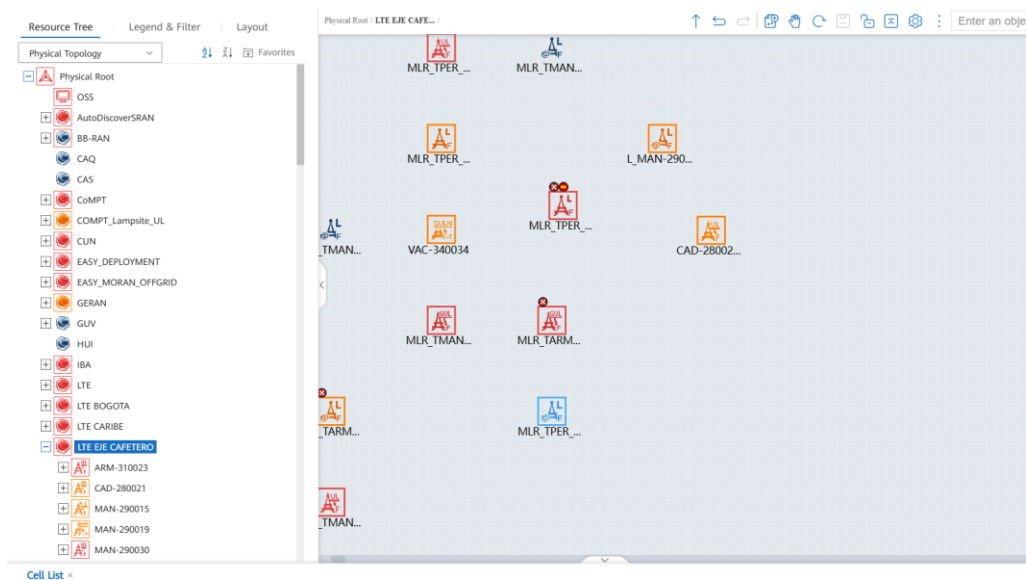


Figura 2. Plataforma MAE Fuente: Plataforma MAE.

5.2.4 Integración de redes móviles

La integración de redes móviles implica la unificación de infraestructuras, sistemas de gestión, configuraciones y espectro, permitiendo operar como una sola red. Este proceso incluye migración de sitios, validación de parámetros y auditorías técnicas para garantizar el correcto funcionamiento de la red (Ericsson, 2021). Cada proveedor de estos servicios tendrá su plataforma para poder unificar esta infraestructura, donde tendrá que capacitarse y estar preparados a los diferentes problemas que se presente durante el proceso de integración ya que se depende mucho de la cuadrilla quien este atendiendo el sitio, las condiciones climáticas, la verificación del inventario en el sitio, etc.

5.2.5 Diseño de bajo nivel (LLD) y PR Model

En los proyectos de despliegue y modernización de redes móviles, el diseño de LLD es un documento técnico que detalla la topología física, la configuración de hardware específica y las conexiones exactas requeridas en un sitio celular. A partir de este diseño, Se estructura el PR

model el cual se traduce los requerimientos técnicos de LLD en líneas de inventario y órdenes de compra. Estas PO son registros que especifican los equipos y materiales exactos a instalar, permitiendo establecer que elementos físicos se van a desplegar en campo y saber exactamente qué es lo que se va facturar para evitar inconvenientes con el cliente, así como también descartar sobrecostos, rechazo de calidad y retrasos en instalaciones físicas.

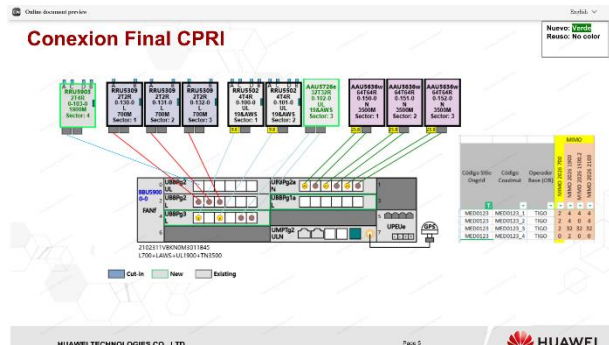


Figura 3.LLD conexión final CPRI Fuente: Plataforma ISDP.

ITEM_1	DESC_1	ITEM_2	DESC_2	ITEM_3
8812447122	Model_Dismantle, BBU + 1-3 RRU+1-3 Antenna, Per Site, site visit included			
8812447132	Model_Install GPS, Per Site, site visit included			
8812447142	Additional Site Visit Per team, Per Site	8812447167	Swap 1 RRU/AAU + cable, dismantle 1-2RRU/AAU, Per Site	
8812447132	Model_Install GPS, Per Site, site visit included			
8812447142	Additional Site Visit Per team, Per Site	8812447152	Install 1 RRU/AAU + cable, Per Site	8812447169
8812447099	Model_RRU Swap, Install 1 RRU+1 anten	8812447150	Install GPS, Per Site	8812447152
8812447142	Additional Site Visit Per team, Per Site	8812447167	Swap 1 RRU/AAU + cable, dismantle 1-2RRU/AAU, Per Site	
8812447013	Model_Expansion, Install BBU/DCDU/PSU boards + 2 RRU/AAU, Per site, site visit included			
8812447103	Model_RRU Swap, Install 2 RRU+2 antenna, dismantle 2-4 RRU + 2-4 antenna, Per site, site visit included			
8812447013	Model_Expansion, Install BBU/DCDU/PSU	8812447169	Swap 2 RRU/AAU + cable, dismantle	8812447197
8812447136	Model_Install/Swap/Dismantle BBU relat	8812447169	Swap 2 RRU/AAU + cable, dismantle 2-4RRU/AAU, Per Site	
8812447142	Additional Site Visit Per team, Per Site	8812447172	Swap 4-6 RRU/AAU + cable, dismantle 4-9 RRU/AAU, Per Site	
8812447019	Model_Expansion, Install BBU/DCDU/PSU	8812447187	Install 3 Antenna, Per Site	8812447150
8812447028	Model_Expansion, Install BBU/DCDU/PSU	8812447163	Dismantle 4-6 RRU/AAU + cable, Per Site	
8812447142	Additional Site Visit Per team, Per Site	8812447167	Swap 1 RRU/AAU + cable, dismantle 1-2RRU/AAU, Per Site	
8812447142	Additional Site Visit Per team, Per Site	8812447167	Swap 1 RRU/AAU + cable, dismantle 1-2RRU/AAU, Per Site	
8812447011	Model_Expansion, Install BBU/DCDU/PSU	8812447163	Dismantle 4-6 RRU/AAU + cable, Per Site	8812447187
8812447142	Additional Site Visit Per team, Per Site	8812447154	Install 2 RRU/AAU + cable, Per Site	
8812447132	Model_Install GPS, Per Site, site visit incl	8812447152	Install 1 RRU/AAU + cable, Per Site	8812447163
8812447142	Additional Site Visit Per team, Per Site	8812447167	Swap 1 RRU/AAU + cable, dismantle 1-2RRU/AAU, Per Site	
8812447127	Model_Dismantle, BBU + 4-6 RRU/AAU+4	8812447161	Dismantle 1-3 RRU/AAU + cable, Per Site	8812447191
8812447132	Model_Install GPS, Per Site, site visit included			
8812447099	Model_RRU Swap, Install 1 RRU+1 anten	8812447152	Install 1 RRU/AAU + cable, Per Site	
8812447142	Additional Site Visit Per team, Per Site	8812447167	Swap 1 RRU/AAU + cable, dismantle 1-2RRU/AAU, Per Site	
8812447013	Model_Expansion, Install BBU/DCDU/PSU	8812447167	Swap 1 RRU/AAU + cable, dismantle	8812447197
8812447142	Additional Site Visit Per team, Per Site	8812447152	Install 1 RRU/AAU + cable, Per Site	8812447197
8812447136	Model_Install/Swap/Dismantle BBU relat	8812447154	Install 2 RRU/AAU + cable, Per Site	8812447197
8812447099	Model_RRU Swap, Install 1 RRU+1 anten	8812447150	Install GPS, Per Site	8812447154
8812447136	Model_Install/Swap/Dismantle BBU relat	8812447171	Swap 3 RRU/AAU + cable, dismantle 3-6 RRU/AAU, Per Site	
8812447127	Model_Dismantle, BBU + 4-6 RRU/AAU+4-6 Antenna, Per Site, site visit included			
8812447134	Model_Install/Swap/Dismantle PSU/PMI	8812447180	Swap 3 RRU/AAU (without Power cable+fiber), dismantle	
8812447136	Model_Install/Swap/Dismantle BBU relat	8812447180	Swap 3 RRU/AAU (without Power cable+fiber), dismantle	

Figura 4.Líneas de PR MODEL Fuente: EXCEL

5.2.6 Activity Flow MGMT

En la parte de Partner es una empresa tercera que colabora de la mano con el proveedor tecnológico para ejecutar tareas específicas del proyecto. En el despliegue de redes móviles, suelen ser las empresas de ingeniería que realizan el trabajo físico en campo.

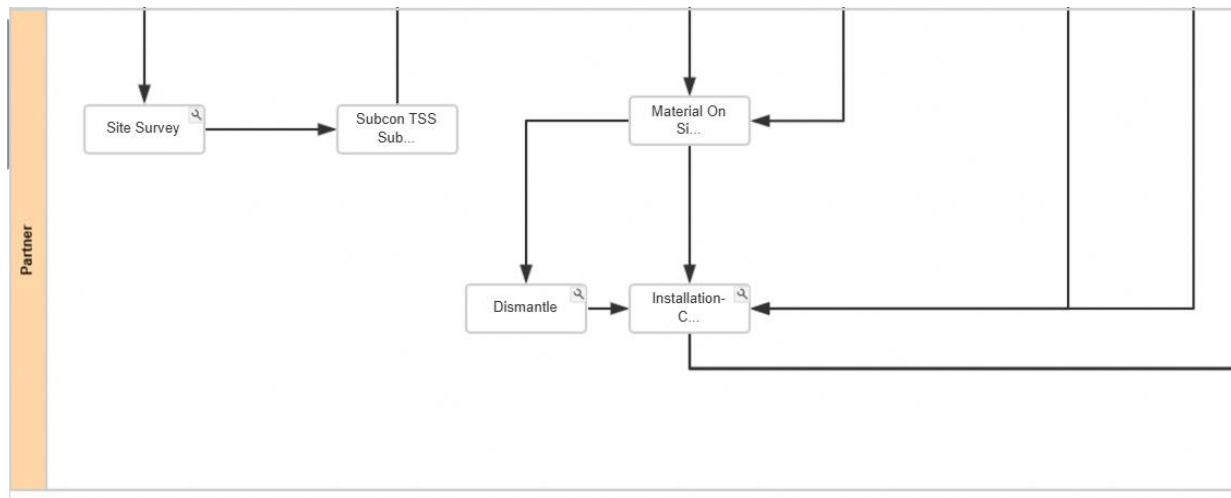


Figura 5. Activity Flow MGMT en la parte de Partner Fuente: Plataforma ISDP.

El Customer es la empresa u organización que adquiere los equipos, el software y los servicios de integración. Son los dueños finales de la red y quienes invierten el capital para mejorar su infraestructura.

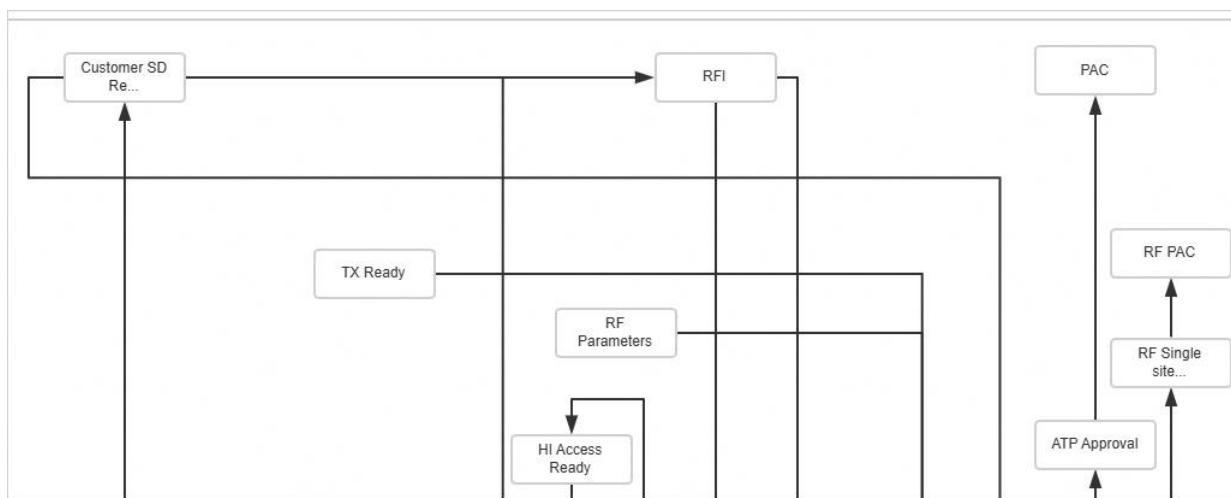


Figura 6. Activity Flow MGMT en la parte de Customer Fuente: Plataforma ISDP.

HUAWEI toma el papel de empresa multinacional líder en tecnología y fabricante de los equipos (antenas, UMPT, BBU, GPS) y desarrolladora del software (MAE, ISDP) para lograr que se logre tener servicio de telefonía en el país, en este caso para los servicios que ofrece TIGO.

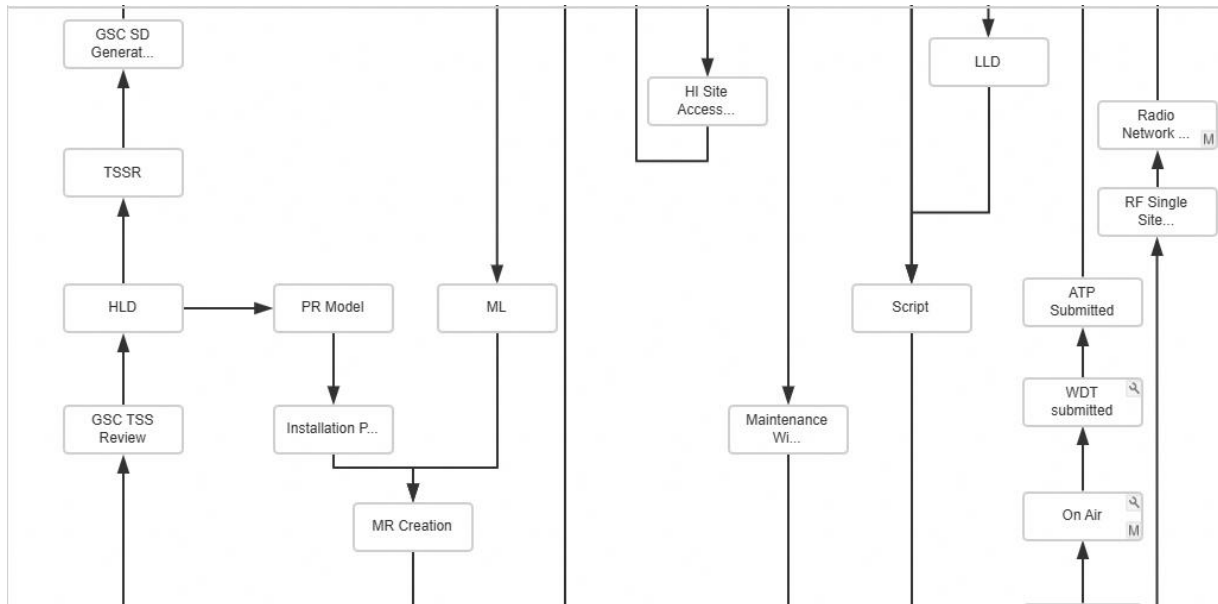


Figura 7. Activity Flow MGMT en la parte de HUAWEI Fuente: Plataforma ISDP.

5.3 Marco tecnológico

Herramienta / Tecnología	Descripción y uso en la pasantía	Versión / Estándar
MAE	Plataforma usada para las integraciones de los sitios, ver estado de las celdas, pruebas de servicio y alarmas que tenga.	V.25
ISDP	Plataforma usada para ver información del sitio, fechas de instalación e integración, inventario de los equipos montados y desmontados, con esta página, se realizan la mayoría de auditorías.	V1R78 (Android) o V2.5.5 (PC)
Microsoft Excel	Plataforma usada para la información de cada sitio, nombrando que es lo que se va cobrar, instalar, fotos de verificación de que se instaló.	V2602
Python	Empleado para el desarrollo de scripts de automatización. Permite el cruce de datos y la generación automática de documentos LLD y PR Models, extrayendo las líneas de PO para agilizar la planificación de las instalaciones físicas y las auditorías.	3.12

WDT	Plataforma donde se comisiona el sitio para su respectiva integración	5.25.4
-----	---	--------

Tabla 2.Herramientas y tecnologías utilizadas durante la pasantía.

5.4 Marco legal y normativo

Norma / Estándar / Ley	Aplicación al trabajo
Estándares técnicos para redes móviles LTE y 5G	Dependiendo del sitio, si es de carretera, rural o urbano, se manejará a condición del presupuesto del cliente y la demanda de la zona.
Norma de confidencialidad	La información que se maneje en las aplicaciones, se mencione en reuniones o que tenga que ver con el cliente se considera información privada y se debe manejar bajo perfil.
Restricciones a Interns	Toda actividad tiene que ser supervisada por un miembro de Staff, además de actividades de integraciones “en caliente”, viajar fuera de la ciudad por motivos del proyecto queda totalmente prohibido para los interns.
Manejo de situaciones con el cliente	Cada actividad que se vaya a realizar al servicio que tiene contratado con el cliente, tiene que pasar por varios procesos para poder realizar la actividad.

Restricciones para el uso de aplicaciones	Para el uso de aplicaciones para el proyecto se necesita certificarse en varios cursos propios de Huawei en la plataforma “I learning”.
MINTIC	Es la entidad que está encargada de administrar y vigilar el uso del espectro radioeléctrico en Colombia, también tiene el papel que establece los requisitos legales y técnicos que autorizan el despliegue de infraestructura.
CRC	Tiene el objetivo de definir los indicadores técnicos mínimos que los operadores deben garantizar a los usuarios.

Tabla 3.Tabla de Reglas dentro de la empresa

6. METODOLOGÍA

6.1 Tipo y enfoque de la investigación / intervención

El presente trabajo se define como una intervención tecnológica aplicada con un enfoque descriptivo-operativo. Se basa en la participación directa en los procesos reales de unificación de dos operadores móviles, enfocándose en la ejecución de actividades de auditoría, automatización de tareas, validación de sitios y análisis de información mediante la medición de resultados prácticos.

6.2 Fases del trabajo

Fase	Nombre	Actividades principales	OE relacionado
1	Diagnóstico y validación de información técnica	Revisión de bases de datos, HLD, LLD, PR Model, hardware, celdas, antenas, capacidades Tx/Rx y requerimientos del cliente.	OE1
2	Automatización de procesos operativos	Desarrollo y prueba de scripts en Python para la automatización para la generación de líneas de PR Model, apoyo a PO y direccionamiento IP MOCN.	OE2
3	Monitoreo y gestión de GPS	Configuración, creación, revisión de estados, escalamiento de casos en específico y detección de fallas.	OE3
4	Evaluación de resultados	Medición de tiempos, análisis de incidencias, revisión de cantidad de errores solucionados, validación de cumplimiento y documentación final.	OE1,OE2,OE3

Tabla 4.Fases metodológicas de la pasantía.

6.3 Técnicas e instrumentos

- MAE: Plataforma donde se tiene gestión de los sitios de todo el País.
- ISDP: Plataforma donde se le da seguimiento y se sube información de cada sitio
- HLD: información del hardware del sitio
- LLD: Documento de diseño técnico de cómo va instalado el hardware y la topología que maneja
- PR MODEL: Documento con la información de las líneas de cobro de cada sitio
- MASTERPLAN: Documento donde está el alcance en cuanto a capacidad TX Y RX, también el número de celdas UMTS, LTE Y NR tiene cada sitio.
- Excel: Programa de hoja de cálculo para organizar, analizar y visualizar datos.

6.4 Cronograma de actividades

Actividad	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio(Q1)	Junio(Q2)	Julio(Q1)	Julio(Q2)
Diagnóstico y análisis inicial	X	X						
Revisión bibliográfica y marco teórico	X	X	X					
Diseño de la solución	X	X						
Implementación			X	X	X			
Pruebas y ajustes				X	X			
Documentación y redacción del informe					X	X	X	
Revisión con tutor							X	
Entrega final							X	X

Tabla 5.Cronograma de actividades

7. DESARROLLO DE ACTIVIDADES Y RESULTADOS

7.1 Fase 1 - Diagnóstico y validación técnica de información de sitios

Se empleó Microsoft Excel para la consolidación, el cruce inicial de bases de datos y la visualización de los documentos HLD y LLD. Para el nuevo proyecto asumí el rol de estructurar y validar los High Level Design (HLD), los cuales contienen la actualización del hardware que tendrá cada sitio dependiendo del MasterPlan generado por el cliente. Durante esta fase, se cruzó la información de diseño con los LLD y el PR Model

P	AF	AG	AH	AI	AT	AF	AL	AM	AF	AO
4	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
Basic	Hardware Solution	Hardware Solution	Hardware Solution	Site Activity	Site Activity	Site Activity	RAN Activity	RAN Activity	RAN Activity	RAN Activity
New Site ID	New Hardware Total	Reuse Hardware on site Total	Dismanle Hardware Total	Final Activity	Final Activity	Final Activity	RRU+Antenna S1	RRU+Antenna S2	RRU+Antenna S3	RRU+Antenna S4
CAR-050201	1*UBBPg1a+1*RRUS866(A+P)+1*RRUS304w(700M) New 5G Hardware: 1*UBBPg2a+1*AAUS356(3500M)	1*BBU5900+1*UMPTg2+1*UBBPg2+1	1*RRUS904w(1900M)	Board Expn	RRU Expan	Antenna Swap	Add 1*RRUS304w(700M)(New DC and 1*Fiber) Swap 1*RRUS904w(1900M) to 1*RRUS866(A+P)(New DC and 1*Fiber);reuse 1*Fiber) Swap Antenna to A08260PD05v06 2L2H+8T For 5G Activity: Add 1*AAUS356(3500M;32T32R)(Install New DC cable and Fiber)	Keep 1*RRUS904w(1900M) split with S3 Keep Antenna 2H	Keep 1*RRUS904w(1900M) split with S2 Keep Antenna 2H	
COR-080022	1*RRUS866(A+P)	1*BBU5900+1*UMPTg2+1*UBBPg2+1	NA	Board Keep	RRU Expan	Antenna Swap	Keep 1*RRUS309(700M) Keep 1*RRUS502(A+P) Keep Antennas 1L and 1H	Keep 1*RRUS309(700M) Keep 1*RRUS502(A+P) and dismanle split with S3 Keep Antennas 1L and 1H	Keep 1*RRUS309(700M) Add 1*RRUS866(A+P)(New DC cable and 2* fiber); Swap Antenna to A08260PD05v06 2L2H+8T	
COR-080024	1*BBU5900+3*RRUS304	1*BBU5900+1*UMPTg2+1*UBBPg2+2	1*BBU3900	BBU Swap	RRU Expan	Antenna Swap	Add 1*RRUS304w(700M)(New DC and 1*Fiber) Keep 1*RRU3971(1900M) Swap Antenna to ATR4518R13v06 1L2H	Add 1*RRUS304w(700M)(New DC and 1*Fiber) Keep 1*RRU3971(1900M) Split with S3 Swap Antenna to ATR4518R13v06 1L2H	Add 1*RRUS304w(700M)(New DC and 1*Fiber) Keep 1*RRU3971(1900M) split with S2 Swap Antenna to ATR4518R13v06 1L2H	
COR-080038	1*RRUS304w(700M)+1*RRUS502(A+P) New 5G Hardware: 1*UBBPg2a+1*AAUS356(3500M)	1*BBU5900+1*UMPTg2+1*UBBPg2+1	1*RRU3953(1900M)	Board Expn	RRU Expan	Antenna Swap	Keep 1*RRU3953(1900M) Keep Antenna 1H	Add 1*RRUS304w(700M)(New DC and 1*Fiber) Swap 1*RRU3953(1900M) to 1*RRUS502(A+P)(New DC and 1*Fiber) Swap Antenna to AQU4518R25v18 2L2H For 5G Activity: Add 1*AAUS356(3500M;32T32R)(Install New DC cable and Fiber)	Keep 1*RRU3971(1900M) Keep Antenna 1H	Keep 1*RRU3953(1900M) Keep Antenna 1H
COR-080145	1*BBU5900 New 5G Hardware: 1*UBBPg2a+2*AAUS356	1*UMPTg2+1*UBBPg2+2*RRU3971(1900M)	1*BBU3910	BBU Swap	RRU Keep	Antenna Keep	Keep 1*RRU3971(1900M) Split with S2 Keep Antenna 1H	Keep 1*RRU3971(1900M) Split with S1 Keep Antenna 1H	For 5G Activity: Add	

Figura 8. Ejemplo de un archivo de HLD. Fuente: Excel.

7.1.1 Análisis de la actividad

Durante las revisiones, se identificaron discrepancias frecuentes entre el equipamiento exigido comercialmente y los registros de las bases de datos lógicas. Por ejemplo, en ocasiones el MasterPlan exigía un tipo específico de tarjeta de procesamiento (UMPT), pero el LLD reportaba una versión diferente. Esta validación permitió revisar detalladamente campos críticos, identificando inconsistencias en las celdas, antenas y capacidades de transmisión y recepción (Tx/Rx) antes de la integración física.

Name	Sector Name (Unired Name)	Site Name (Old MNO Name)	Sector Name (Old MNO Name)	Baseline MIMO LTE 700	Baseline MIMO LTE 1900	Baseline MIMO LTE 1900.	Baseline MIMO LTE 2100	Max Antenna	Baseline Split 1900 (2 be	Baseline Split 2100 (2 be	Baseline 3G	Baseline BW 5G	Baseline MIMO 5G	Target MIMO LTE 700	Target MIMO LTE 1900	Target MIMO LTE 1900.2	Target MIMO LTE 2100	MAX Antenna	Target Split 1900	Target Split 2100	Target 3G	Target BW 5G	Target MIMO 5G	700 Tri Beam	Schedule d Month	owner	700 New Hardw are	PCS+A WS new hardwa re
BAR-030015	BAR-030015_1	BAR0245	BAR0245_1	0	4	4	2	4	0	0	1	0	0	2	4	4	4	4	0	0	1	80	32	0	2026-06	Huawei	2T	4T
BAR-030015	BAR-030015_2	BAR0245	BAR0245_2	0	4	4	2	4	0	0	1	0	0	0	4	4	4	4	0	0	1	0	0	0	2026-06	Huawei	0	4T
BAR-030015	BAR-030015_3	BAR0245	BAR0245_3	0	4	4	2	4	0	0	1	0	0	0	4	4	4	4	0	0	1	80	32	0	2026-06	Huawei	0	4T

Figura 9.MasterPlan 2026-2028 v01 2026-04-22 fuente:Cliente

Las inconsistencias que se presentaron cuando se empezó a usar esta tool se corrigieron mediante el escalamiento oportuno con el equipo de diseño y la validación cruzada con plataformas de inventario. Como resultado, se consolidó una base de datos limpia que permitió avanzar a la fase de automatización sin acarrear errores de diseño, garantizando que el hardware a integrar coincidiera plenamente con los requerimientos técnicos.

7.2 Fase 2 - Automatización de procesos operativos mediante Python

Para agilizar la consolidación del PR Model, se identificó un cuello de botella en el procesamiento manual de las cantidades de equipos. Como solución, se desarrolló un script de automatización en Python enfocado en estructurar de manera rápida y masiva la cantidad de material que se va a instalar por cada sitio. El código realiza el siguiente flujo:

- **Entradas:** El script toma como insumo un archivo de Excel con el listado de los sitios y los requerimientos base de hardware.
- **Proceso:** El algoritmo lee la información, asigna las cantidades exactas de material requerido para la instalación y ordena las columnas según el formato exigido.
- **Salidas:** La herramienta exporta un archivo en Excel con las líneas de PR Model listas y estructuradas para su carga.

Agregar cantidad
de hardware

Ejecucion de
Python

Exportació
n de archivo final

•

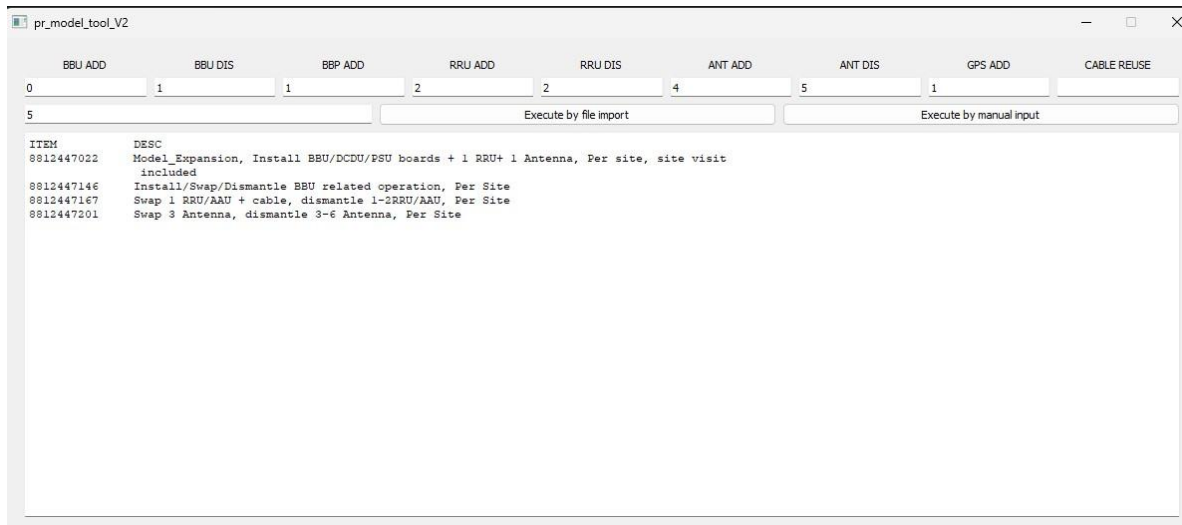


Figura 10. Tool para la ejecución del PR MODEL fuente:Python

Se implementaron sentencias de control y manejo de excepciones dentro del código para omitir filas corruptas y reportarlas de forma independiente. Como resultado, se logró reducir drásticamente el tiempo de procesamiento de 15 minutos que se tomaba manualmente hacer esta actividad por sitio a la ejecución de lotes en escasos segundos, eliminando por completo los errores de transcripción humana.

7.3 Fase 3 – Monitoreo y gestión GPS de disponibilidad de sitios

Se realizaron seguimientos diarios verificando qué sitios perdían conexión o presentaban alarmas de reloj, evaluando el estado de sincronización de los equipos GPS instalados en las estaciones base, como también, se ejecutó la configuración y creación lógica en el sistema de los equipos GPS una vez estos se encontraban instalados físicamente. Parte fundamental de esta fase fue la consolidación de informes en la plataforma MAE, monitoreando cuáles sitios estaban pendientes de integración.

```
-----
GNSS Clock No.    = 0
GNSS Card State   = Normal
GNSS Card Type    = UBLOX5
GNSS Work Mode    = GPS
Current GNSS Primary Mode = NONE
Antenna Work Mode = NULL
Hold Status       = HOLDED
GPS Satellites Traced = 10
GLONASS Satellites Traced = 0
BDS Satellites Traced = 0
GALILEO Satellites Traced = 0
Antenna Longitude(1e-6 degree) = -74141380
Antenna Latitude(1e-6 degree) = 4697385
Antenna Altitude(m) = 2583
Antenna Angle(degree) = 5
Link Active State  = Activated
Feeder Delay(ns)  = 190
GNSS Version       = 6.02 (36023)-00040007
Position Check Switch = On
Position Deviation(m) = 0
```

Figura 10.Estado OK de un GPS en sitio fuente:MAE

Los sitios con problemas de conexión intermitente se catalogaron bajo el estado 'Site Down' (Sitio Caído) para hacer un seguimiento progresivo. Para los equipos instalados, pero no configurados, se ejecutaron comandos de activación para dejarlos operativos. Los incidentes críticos se escalaron inmediatamente al equipo superior ("Staff"). Como resultado, se disminuyeron los tiempos de inactividad y se facilitó una respuesta ágil de las cuadrillas en campo.

Problema / Obstáculo	Solución implementada
Los sitios pueden presentar caídas de conexión imprevistas impidiendo el monitoreo continuo.	Se mantienen en estado de doble revisión ('Site Down') para verificar la estabilidad de la conexión posteriormente.
Existen sitios con el hardware GPS instalado físicamente, pero no reflejados lógicamente en el sistema.	Se ejecutan comandos de configuración mediante scripts para agregar el GPS, habilitarlo y ponerlo en servicio operativo.

Tabla 6. Problemas identificados y soluciones implementadas en el monitoreo GPS

7.4 Evaluación de resultados

Métrica / Proceso	Método Anterior	Intervención Técnica	Impacto Operativo
Creación de líneas PR Model	Aprox. 15 minutos por sitio	Ejecución en lotes mediante Tool	Ahorro drástico de horas hombre y eliminación de errores de transcripción (Cumplimiento OE2).
Trazabilidad de la red	Dispersión en revisión de HLD/LLD	Unificación y validación de bases de datos	Detección temprana de inconsistencias de hardware antes de la integración (Cumplimiento OE1).
Monitoreo de caídas	Tiempos de respuesta prolongados	Detección proactiva y reclasificación inmediata	Escalamiento ágil a cuadrillas y reducción en tiempos de interrupción de GPS (Cumplimiento OE3).

Tabla 7. Comparativa de resultados y trazabilidad de los objetivos

8. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

8.1 Interpretación de resultados

La intervención técnica tuvo un impacto claro en cómo se llevó a cabo el proyecto. Primero, al revisar los documentos de diseño (HLD y LLD) de manera cruzada, se pudo asegurar que el hardware que se instalaría en el campo coincidiera exactamente con lo planeado por el cliente. En cuanto a la automatización, el script creado en Python demostró que cambiar procesos manuales a automáticos mejora mucho la eficiencia del equipo. Se pasó de tardar unos 15 minutos en procesar información por sitio a hacerlo en apenas segundos, lo que redujo mucho los errores al transcribir datos para órdenes de compra y direcciones IP. Finalmente, el seguimiento por GPS a través de la plataforma MAE permitió detectar fallas de sincronismo temprano. Al poder cambiar estados operativos y manejar incidentes en tiempo real, se minimizó el tiempo de inactividad y se aseguró la estabilidad de la red.

8.2 Conexión con la formación de ingeniería

El desarrollo de esta pasantía permitió aplicar fundamentos teóricos de redes móviles celulares y arquitecturas de compartición de infraestructura (MOCN). Asimismo, la integración de lógica algorítmica y programación en Python confirma que el perfil del ingeniero de telecomunicaciones moderno requiere competencias en desarrollo de software para automatizar el despliegue de redes corporativas.

8.3 Limitaciones del trabajo

Por estrictas políticas de seguridad y acuerdos de confidencialidad, los accesos a plataformas corporativas poseen restricciones operativas. En consecuencia, las pruebas de automatización y las verificaciones se ejecutaron en entornos controlados bajo supervisión directa del equipo de ingeniería de planta (Staff). Adicionalmente, los pasantes tienen bastantes restricciones al realizar algunas actividades ya que en estas plataformas se maneja servicios de gran escala alrededor del país por lo que cualquier error puede afectar a una gran parte de la población.

9. CONCLUSIONES

- La estructuración y validación cuidadosa de la información técnica, como HLD, LLD y MasterPlan, fue fundamental. Se encontraron problemas en el inventario de hardware y en las capacidades de transmisión y recepción, lo que permitió reducir riesgos y asegurar la integridad de los datos.
- Se implementaron scripts en Python para automatizar tareas, lo que mejoró significativamente la eficiencia del proyecto. El script desarrollado sustituyó el trabajo manual y redujo el tiempo de procesamiento a segundos, disminuyendo también el riesgo de errores al ingresar datos.
- La gestión proactiva con la plataforma MAE facilitó el monitoreo del sistema GPS y mantuvo los sitios de red disponibles. Al presentarse problemas, el escalamiento rápido a los equipos técnicos permitió una detección temprana y una reducción en el tiempo de interrupción del servicio.
- Esta experiencia evidenció que la auditoría de datos y las herramientas de software son clave en las telecomunicaciones. La pasantía permitió fortalecer las habilidades en redes y programación dentro de un entorno con altos estándares técnicos.

10. RECOMENDACIONES

10.1 Para la empresa

Se recomienda establecer entornos controlados o simuladores más accesibles para los pasantes, de modo que puedan practicar y ejecutar comandos de integración de manera segura, sin riesgo de afectar el servicio de la red real del cliente. Esto enriquecería el aprendizaje práctico sin comprometer los estrictos estándares de seguridad y confidencialidad.

10.2 Para futuros pasantes

Se sugiere fortalecer previamente las habilidades en lenguajes de programación, específicamente en Python, y el manejo avanzado de bases de datos y Excel. Asimismo, es vital mantener una actitud proactiva frente a las limitaciones de acceso, aprovechando al máximo la observación, la revisión de documentación técnica y la guía de los miembros del equipo "Staff".

10.3 Para el programa académico

Se recomienda incluir o profundizar en asignaturas que integren la programación y automatización aplicada a las telecomunicaciones (como el scripting en redes), ya que el mercado actual exige ingenieros capaces de crear soluciones de software para optimizar el despliegue y mantenimiento de infraestructuras de red.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 3GPP. (2018). *Network sharing; Architecture and functional description (Release 15)* (3GPP TS 23.251 V15.1.0). 3rd Generation Partnership Project. <https://www.3gpp.org>
- Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC). (2022). *Resolución 6522 de 2022: Por la cual se expide el Régimen de Calidad para los Servicios de Telecomunicaciones*. República de Colombia. <https://www.crcom.gov.co>
- Congreso de la República de Colombia. (2009). *Ley 1341 de 2009: Por la cual se definen principios y conceptos sobre la sociedad de la información y la organización de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones – TIC*. Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC).
- Dahlman, E., Parkvall, S., y Sköld, J. (2018). *5G NR: The next generation wireless access technology*. Academic Press.
- Ericsson. (2021). *Ericsson Mobility Report: Network evolution and mobile network sharing solutions*. Ericsson. <https://www.ericsson.com/en/reports-and-papers/mobility-report>
- Huawei Technologies Co. (2020). *5G RAN Architecture White Paper*. Huawei. https://www-file.huawei.com/-/media/corporate/pdf/white%20paper/2020/huawei_5g_ran_architecture_white_paper_en.pdf
- International Telecommunication Union (ITU). (2015). *Recommendation ITU-R M.2083-0: IMT Vision - Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond*. <https://www.itu.int/rec/R-REC-M.2083-0-201509-I/en>

Rappaport, T. S. (2002). *Wireless communications: Principles and practice* (2.^a ed.). Prentice Hall.

Sweigart, A. (2019). *Automate the boring stuff with Python: Practical programming for total beginners* (2.^a ed.). No Starch Press.