

Análisis del uso e implementación de MOCN en redes de comunicaciones móviles

Alejandro Mendoza Sánchez

Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero de Telecomunicaciones

Directora

Yuli Andrea Álvarez Pizarro

Magister en Ingeniería Eléctrica

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

División de Ingenierías y Arquitectura

Ingeniería de Telecomunicaciones

2026

Dedicatoria

De manera solemne, quisiera dedicarle este trabajo de grado a mi madre y padre, Yajahira Patricia Sánchez y Milciades Mendoza, ambos siendo piezas clave y fundamentales en mi desarrollo como persona y profesional, su amor y apoyo me han convertido en lo que soy. A mis familiares y amigos por su compañía y aprecio incondicional que han logrado que, aunque el camino sea difícil no sea imposible, y, por último, pero no menos importante a mi novia Aury Stephany Velasquez Rosas quien me ha acompañado desde que comencé este camino y es la razón por la que cada día intento ser mejor persona y hombre. Sinceramente, gracias a todos.

Agradecimientos

Agradezco profundamente a los ingenieros Carlos Fabian Cañon Tafur y Julian Mauricio Valdivieso Romero quienes fueron mis tutores en mis prácticas profesionales; por darme la oportunidad de trabajar en Huawei, aprender y desarrollar mis competencias para un futuro laboral. Gracias a su apoyo, me fue posible entender más sobre el mundo laboral en mi carrera, su compromiso y guía me permitieron evolucionar día con día como persona y profesional. A mis colegas Daniel Castellanos Florez y Natalia Margarita Alvarez Seba, quienes con su compañía hacían que incluso las jornadas más extenuantes fueran entretenidas. También es pertinente agradecer al resto de compañeros en el área de Wireless con quienes compartí los últimos 6 meses trabajando codo con codo sacando adelante el proyecto.

A los profesores Elizabeth Gelves, Yuli Álvarez, Elvis Galvis y Ricardo Medina, su compromiso con la excelencia académica es remarcable y me inculcaron el amor por las telecomunicaciones desde el día que tuve la primera clase en la carrera, con ellos las clases eran un disfrute, muchísimas gracias a todos.

Contenido

Introducción	11
1. Análisis del uso e implementación de MOCN en redes de comunicaciones móviles	12
1.1 Planteamiento del problema	12
1.2 Justificación	13
1.3 Objetivos	14
1.3.1 Objetivo general	14
1.3.2 Objetivos específicos	14
2. Marco referencial	15
2.1 Marco teórico	15
2.2 Marco conceptual	16
2.3 Marco legal	18
3. Método	18
3.1 Generación y análisis de Informes Semanales de Tráfico de Tigo y Telefónica a Nivel Nacional.	18
3.2 Identificación y solución de problemas hallados en los informes y evaluaciones.	19
3.3 Desarrollo de una herramienta capaz de calcular banda base para un sitio	20
4. Resultados	20
4.1 Resultados del análisis de informes semanales de tráfico	20
4.2 Identificación y solución de problemas hallados en los informes y evaluaciones.	22
4.3 Resultados generales del proceso	24
4.4 Desarrollo de una herramienta capaz de calcular banda base para un sitio	25
5. Discusión	28
6. Conclusiones	30
Referencias	32

Lista de figuras

Figura 1. <i>Listado de operadores encontrados en sitio.....</i>	21
Figura 3. <i>Listado de S1 y su estado, sea normal o abnormal.</i>	22
Figura 4. <i>Sitio con problemas de conectividad al no tener transporte de paquetes.....</i>	23
Figura 6. <i>Sitio con problemas de conectividad solucionados al tener transporte de paquetes... </i>	24
Figura 8. <i>Apartado de tarjetas de banda base.....</i>	26
Figura 9. <i>Apartado de cálculo</i>	26
Figura 10. <i>Apartado lógico y base de datos</i>	27

Resumen

La operación de redes móviles compartidas bajo el modelo MOCN presenta desafíos asociados a la gestión eficiente del espectro y de los recursos de red en entornos donde coexisten tecnologías móviles de tercera, cuarta y quinta generación de dos o más operadores. Con esto en mente, el objetivo de este trabajo de grado es describir y analizar las actividades realizadas durante las prácticas profesionales en el proyecto “*unificación de redes móviles*” (MOCN), orientadas a la optimización y gestión de una red móvil compartida. Se adoptó un enfoque descriptivo y aplicado, basado en la ejecución de actividades técnicas como configuración de antenas, refarming y merge de bandas, gestión de celdas y análisis de tráfico, utilizando un software de gestión de red RAN (MAE). Las actividades se desarrollaron sobre redes que operan bajo las tecnologías, UMTS (3G), LTE (4G) y NR (5G), sobre las bandas de frecuencia B4(AWS), B2(PCS) y B28(700Mhz). Posterior al despliegue, se evidencio mejoras en la capacidad y cobertura de la red, dado por el incremento de celdas para cada operador, aumentando la cantidad de sitios para cada uno de ellos, Además, la resolución de incidencias de tráfico cero y el restablecimiento de la conectividad. Los resultados resaltan la importancia de una gestión técnica adecuada en proyectos MOCN y la aplicación efectiva de conocimientos teóricos en un entorno operativo real.

Palabras clave: MOCN, redes móviles, LTE, 5G NR, refarming

Abstract

The operation of shared mobile networks under the MOCN model presents challenges associated with the efficient management of spectrum and network resources in environments where third, fourth, and fifth generation mobile technologies from two or more operators coexist. With this in mind, the objective of this thesis is to describe and analyze the activities carried out during the professional internship in the “mobile network consolidation” (MOCN) project, aimed at optimizing and managing a shared mobile network. A descriptive and applied approach was adopted, based on the execution of technical activities such as antenna configuration, refarming and band merging, cell management, and traffic analysis, using RAN (MAE) network management software. The activities were carried out on networks operating under UMTS (3G), LTE (4G), and NR (5G) technologies, on the B4 (AWS), B2 (PCS), and B28 (700 MHz) frequency bands. After deployment, improvements in network capacity and coverage were evident, given the increase in cells for each operator, increasing the number of sites for each of them. In addition, zero traffic incidents were resolved and connectivity was restored. The results highlight the importance of proper technical management in MOCN projects and the effective application of theoretical knowledge in a real operating environment.

Keywords: MOCN, mobile networks, LTE, 5G NR, refarming

Glosario

MOCN: Modelo de red compartida que permite a múltiples operadores móviles utilizar una infraestructura común de acceso y núcleo de red, optimizando costos, recursos y operación, sin perder la identidad de cada operador.

5G: Quinta generación de tecnología de redes móviles, que ofrece velocidades de datos extremadamente altas, baja latencia y la capacidad de conectar simultáneamente una gran cantidad de dispositivos.

Gestión del tráfico de red: Proceso de monitoreo y control del flujo de datos en una red de comunicaciones para garantizar un rendimiento óptimo, que incluye monitorización continua, análisis, gestión de configuración y medidas de seguridad.

LTE (Long Term Evolution): Tecnología de comunicación móvil que proporciona acceso a internet de alta velocidad y es considerada una evolución de las tecnologías anteriores como 3G.

Radiofrecuencia: Parte del espectro electromagnético que se utiliza para la transmisión de señales de radio, incluyendo las señales de redes móviles.

Ancho de banda: Cantidad de datos que se pueden transmitir en un período de tiempo determinado a través de una conexión de red, generalmente medido en megahercios (MHz) o gigahercios (GHz).

MAE: Mobile Access Entity, es un motor de automatización inalámbrica que ofrece capacidades de O&M automáticas para redes inalámbricas para los clientes empresariales.

DL: Downlink, o enlace descendente, es el término utilizado para representar la conexión entre un satélite o una red y los dispositivos de un usuario.

UL: Se refiere a la transmisión de señales de radio (RF) desde una estación o terminal ubicado en la Tierra a una plataforma en suspensión o movimiento ubicada en el espacio.

Core: Parte central de una red móvil que gestiona el tráfico de voz, datos y señalización entre las estaciones base y los servicios externos. Controla funciones esenciales como autenticación de usuarios, movilidad, enrutamiento de llamadas y datos, y acceso a servicios. En modelos MOCN, el núcleo de red puede ser compartido entre varios CellOps mientras se mantiene la identidad de cada operador.

AWS: Banda de frecuencia utilizada en redes de telecomunicaciones móviles, generalmente en el rango de 1700/2100 MHz. Se emplea principalmente para servicios de voz y datos en tecnologías 3G, 4G y 5G, debido a su equilibrio entre capacidad y cobertura.

Celdas: Unidad básica de cobertura en una red móvil, conformada por una estación base que proporciona servicio de comunicación inalámbrica a los dispositivos móviles dentro de un área geográfica determinada. Las celdas permiten la reutilización del espectro y la movilidad de los usuarios.

Cellop: Operador de telefonía móvil responsable de ofrecer servicios de comunicación a sus suscriptores. Ejemplos de CellOps son TIGO, Telefónica o Claro. Dentro de proyectos MOCN, los CellOps comparten infraestructura de red, pero mantienen su identidad y gestión de clientes.

4G: Generación de tecnología de comunicaciones móviles caracterizada por ofrecer altas velocidades de transmisión de datos, baja latencia y soporte para servicios avanzados. Su principal estándar es LTE (Long Term Evolution).

GSM: Estándar de telecomunicaciones móviles correspondiente a tecnologías de segunda y tercera generación, diseñado principalmente para servicios de voz y mensajes de texto, y que sentó las bases para la evolución de las redes móviles modernas.

Merge: Proceso técnico mediante el cual se integran o combinan bandas de frecuencia o recursos de red con el objetivo de optimizar la capacidad, cobertura y eficiencia del espectro radioeléctrico en una red móvil.

NR: Estándar de acceso radioeléctrico correspondiente a la quinta generación de redes móviles (5G). Se caracteriza por ofrecer mayor velocidad, menor latencia y mayor capacidad para soportar aplicaciones avanzadas y una alta densidad de usuarios.

PCS: Banda de frecuencia utilizada en telecomunicaciones móviles, generalmente ubicada alrededor de los 1900 MHz. Es ampliamente empleada para servicios móviles debido a su buen balance entre cobertura y capacidad.

Refarming: Proceso de reorganización y reasignación del espectro radioeléctrico existente, mediante el cual bandas previamente utilizadas por tecnologías antiguas se reutilizan para tecnologías más eficientes, optimizando el uso del espectro disponible.

S1: Interfaz de comunicación utilizada en redes LTE que conecta la estación base (eNodeB) con el núcleo de red. Permite el intercambio de señalización y tráfico de datos, siendo fundamental para el correcto funcionamiento de la red.

UMTS: Estándar de telecomunicaciones móviles correspondiente a la tercera generación (3G), diseñado para ofrecer servicios de voz y datos con mayores velocidades que las tecnologías previas.

Introducción

La evolución de las redes móviles ha generado un aumento significativo en la demanda de servicios de voz y datos, así como la coexistencia de múltiples tecnologías de acceso radioeléctrico, incluyendo UMTS (3G), LTE (4G) y NR (5G). Esta situación ha llevado al desarrollo de modelos de red compartida como el Multi-Operator Core Network (MOCN), que permiten a diferentes operadores móviles (CellOp) utilizar la misma infraestructura de acceso y núcleo de red, optimizando costos y recursos sin perder su identidad comercial.

Durante las prácticas profesionales en el proyecto “*unificación de redes móviles*” (MOCN), se llevaron a cabo actividades técnicas sobre estaciones base y sus celdas, tales como uso compartido de infraestructura RAN, refarming y merge de celdas sobre bandas medias y bajas, habilitación y deshabilitación de celdas, análisis de tráfico y solución de incidencias en S1. Estas actividades se realizaron en redes operando en bandas PCS y AWS, utilizando tecnologías 3G, 4G, 5G, y apoyadas en el software de gestión de red RAN (MAE).

El propósito de este trabajo es describir y analizar dichas actividades, destacando la aplicación de los conocimientos teóricos en un entorno operativo real y su impacto en la eficiencia y estabilidad de la red móvil compartida.

1. Análisis del uso e implementación de MOCN en redes de comunicaciones móviles

1.1 Planteamiento del problema

La operación eficiente de redes móviles compartidas bajo el modelo MOCN constituye un desafío técnico y estratégico debido a la coexistencia de múltiples tecnologías (3G, 4G y 5G) y en algunas bandas usadas en Colombia (PCS, AWS) en un mismo entorno de infraestructura. Aunque los modelos tradicionales de red permiten la gestión individual de celdas y operadores, la implementación de MOCN introduce nuevas dimensiones, como la coordinación de múltiples operadores, la optimización del espectro mediante refarming, merge de bandas, la gestión del tráfico en interfaces críticas como S1 y otras que aún no han sido exploradas de manera sistemática en la práctica profesional.

Existen vacíos en el conocimiento referente a cómo aplicar procedimientos técnicos avanzados para garantizar la estabilidad y eficiencia de la red compartida, especialmente en escenarios donde convergen tecnologías heterogéneas y múltiples operadores. Asimismo, la documentación sobre la resolución de incidencias de tráfico cero y la habilitación o deshabilitación de celdas en redes compartidas es limitada, lo que impide establecer protocolos claros de operación y buenas prácticas replicables en otros contextos.

Por lo tanto, la investigación se orienta a explorar cómo la implementación y operación de MOCN puede optimizar la eficiencia del espectro, mejorar la capacidad y garantizar la calidad del servicio, aportando nuevos procedimientos y aplicaciones prácticas que complementen el conocimiento existente en la gestión de redes móviles compartidas.

1.2 Justificación

La presente documentación es relevante por múltiples razones. En primer lugar, desde el punto de vista conceptual, contribuye al entendimiento de la operación y gestión de redes móviles compartidas MOCN, un modelo de creciente interés en la industria de telecomunicaciones debido a su capacidad para optimizar recursos, reducir costos operativos y mejorar la cobertura de los operadores móviles.

En cuanto a su aplicación práctica y económica, la investigación aporta procedimientos y metodologías que pueden ser implementadas por operadores móviles para optimizar el uso del espectro en bandas PCS y AWS, mejorar la capacidad del servicio y garantizar la eficiente distribución de la infraestructura compartida. Este aporte tiene un impacto directo en la sostenibilidad económica de los operadores y en la calidad de la experiencia de los usuarios finales.

Finalmente, desde la perspectiva científica y tecnológica, el trabajo permite documentar nuevos procedimientos técnicos, identificando buenas prácticas para la operación de redes multi-tecnológicas y multibanda en entornos MOCN. Esto contribuye al conocimiento en el campo de las telecomunicaciones y puede servir como referencia para futuras investigaciones, desarrollos e implementaciones, tanto a nivel local como regional.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Analizar la implementación y operación de redes móviles compartidas bajo el modelo MOCN, reconociendo los procesos realizados en la implementación de los proyectos de redes móviles en el despliegue de tecnologías 3G, 4G y 5G.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Utilizar el software MAE con la finalidad de generar los cambios y soluciones pertinentes en la red, concernientes a tecnologías MOCN.
2. Adquirir conocimientos sobre la gestión de sitios en el software MAE y el aprendizaje del proceso lógico para la resolución de problemas efectiva, concernientes a la banda 5G.
3. Realizar una resolución de problemas efectiva, concernientes a las portadoras 1900.1 y 1900.2 en el proceso de despliegue de redes 4G y 5G.

2. Marco referencial

2.1 Marco teórico

La compartición de infraestructura en redes móviles ha evolucionado como una estrategia para optimizar recursos y reducir los costos de despliegue de redes celulares. En este contexto, el modelo **Multi-Operator Core Network (MOCN)** es un esquema de *network sharing* en el cual múltiples operadores móviles comparten una **Radio Access Network (RAN)** común, incluyendo torres, antenas y espectro, mientras cada operador conserva su **core de red** independiente para el manejo de señalización, datos y servicios de usuario. Este modelo permite expandir cobertura sin duplicar infraestructura física, lo que reduce tanto el gasto de capital (CAPEX) como el gasto operativo (OPEX) para los operadores participantes (Infrastructure Sharing: An Overview, 2024).

En el modelo MOCN, las estaciones base y recursos de acceso radioeléctrico se configuran de manera compartida y se transmiten múltiples identificadores de red (PLMN) desde la misma RAN para que los dispositivos móviles de distintos operadores puedan conectarse simultáneamente. Esto posibilita que cada operador mantenga sus propias funciones de núcleo de red, lo cual garantiza independencia en la gestión de sus servicios y usuarios, incluso cuando la infraestructura de acceso es común (Multi-Operator Core Networks (MOCN) • Parallel Wireless, n.d.).

La compartición de redes se ha adoptado en múltiples escenarios para facilitar la expansión tecnológica, incluyendo tecnologías multigeneración como 3G, 4G y 5G, que requieren mayor densidad de sitios y más inversión en espectro. El uso del modelo MOCN para estas tecnologías permite mejorar la eficiencia del espectro compartido y maximizar la cobertura sin aumentar proporcionalmente los costos de despliegue, lo cual es especialmente útil en zonas rurales o

mercados competitivos (Network Sharing and Neutral Networks: How Far to Go and for What Benefits? - Hello Future, 2024).

Uno de los aspectos clave en la gestión y modernización de redes móviles en Colombia es la optimización del desempeño de la red Wireless. En el área de Wireless Colombia, dentro de mis funciones se encontraba la configuración de antenas, refarming y merge de bandas, así como el encendido y apagado de celdas según necesidades operativas. Parte fundamental de esta labor era monitorear y generar reportes de tráfico de la red, lo que permitía identificar zonas con baja o alta demanda, detectar problemas de tráfico y ajustar recursos para mejorar la experiencia del usuario. Además, la correcta gestión de interfaces S1 y la coordinación con distintos operadores aseguraba la continuidad del servicio y la eficiencia en el uso de espectro en tecnologías 3G, 4G y 5G. La planificación de la red también consideraba factores como la densidad poblacional, la distribución geográfica de los sitios y la optimización de espectro en bandas PCS y AWS, garantizando una operación eficiente y un despliegue de red acorde con las necesidades de cobertura y capacidad (Redes Móviles: Qué Son, Cómo Funcionan Y Qué Tipos Existen | Entel, 2025).

2.2 Marco conceptual

MOCN (Multi-Operator Core Network): Modelo de compartición de red en el que múltiples operadores móviles comparten la infraestructura de acceso radioeléctrico (RAN), pero cada uno mantiene su propio núcleo de red, permitiendo una operación conjunta de recursos (Multi-Operator Core Networks (MOCN) • Parallel Wireless, n.d.).

RAN (Radio Access Network): Red de acceso que comprende estaciones base, antenas y controladores, y que permite la conexión inalámbrica entre los equipos de usuario y el core de la red.

Core de la red: Parte central de la red que gestiona la señalización, el enrutamiento de datos, la autenticación y el control de servicios para los usuarios conectados.

Refarming: Proceso técnico de reasignación del espectro radioeléctrico de tecnologías sin tanta demanda (por ejemplo 3G) hacia tecnologías más demandadas (4G/5G) con el fin de mejorar la eficiencia del uso del espectro (Issam Toufik et al., 2023).

Merge de bandas: Proceso que permite combinar recursos de frecuencia de diferentes bandas para mejorar la capacidad y cobertura de la red móvil.

Celda: Unidad geográfica de cobertura de una red móvil proporcionada por una estación base.

CellOp (Cell Operator): Operador de telefonía móvil que ofrece servicios a sus suscriptores y que participa en la red compartida (por ejemplo, TIGO, Telefónica).

S1: Interfaz de señalización y tráfico entre la estación base (eNodeB/gNodeB) y el core de la red.

PCS y AWS: Rangos de frecuencia usados en telecomunicaciones móviles. PCS alrededor de 1900 MHz y AWS entre 1700 y 2100 MHz.

CAPEX: El Capex representa la inversión que realiza una empresa en activos a largo plazo como edificios, maquinaria y tecnología, comúnmente conocidos como inmovilizado material.

OPEX: Se refiere a todos los gastos que una empresa realiza para llevar a cabo sus funciones principales: pagar la renta, la nómina, adquirir materia prima, entre otras.

2.3 Marco legal

En Huawei Colombia, la operación de redes móviles y la gestión de datos personales de los suscriptores está regulada por un marco jurídico que garantiza el uso eficiente del espectro, la protección de los derechos de los usuarios y la privacidad de la información que se genera en estas redes.

la Ley 1581 de 2012 constituye el principal instrumento jurídico en Colombia. Esta ley tiene por objeto desarrollar el derecho constitucional que tienen las personas a conocer, actualizar y rectificar información suya que haya sido recogida en bases de datos o archivos, protegiendo su intimidad y libertad personal. La Ley 1581 de 2012 exige que las empresas y entidades que recolectan o tratan datos personales, entre ellas los operadores de telecomunicaciones y proveedores de servicios asociados como Huawei, obtengan el consentimiento previo, expreso e informado de los titulares antes de recopilar, almacenar o usar sus datos personales (Regulations, n.d.).

3. Método

3.1 Generación y análisis de Informes Semanales de Tráfico de Tigo y Telefónica a Nivel Nacional.

Entrenamiento Inicial: Se llevó a cabo una capacitación para familiarizarse con las herramientas y tecnologías necesarias para la generación de informes de tráfico, incluyendo el MAE Software en el cual se encuentran sistemas de monitoreo de red y software de visualización de datos vitales en la red.

Recolección de Datos: Se recolectaron datos de tráfico de Tigo y telefónica a nivel nacional, incluyendo bases de datos de la red, reportes de celdas y parámetros de desempeño de las tecnologías UMTS, LTE y NR.

Análisis de Datos: Se emplearon herramientas de análisis para procesar los datos recolectados, identificando patrones de congestión, tráfico 0 y errores en S1.

Generación de Informes: Se elaboraron informes semanales detallados que incluyeron estadísticas de tráfico, gráficos y análisis, utilizando Excel y reportes generados en el MAE.

Evaluación y Retroalimentación: Se realizaron revisiones periódicas de los informes con el objetivo de recibir retroalimentación.

3.2 Identificación y solución de problemas hallados en los informes y evaluaciones.

Identificación de inconsistencias: Después de la recolección, evaluación y retroalimentación de los informes es posible encontrar las irregularidades en ciertos sitios, sectores, celdas o configuraciones.

Reconocer el problema: Se reconoce la causa del problema y si la solución está en manos del ingeniero o si puede ser resuelto desde el MAE.

Implementar la solución: Se realiza el respectivo proceso de troubleshooting dependiendo del caso encontrado en el sistema.

Escalamiento de inconvenientes: En caso de que el ingeniero no pueda brindar soporte ya sea por falta de información, capacidades o permisos, el caso se escala a instancias donde sea posible realizar cambios pertinentes.

Pruebas de la solución: Se gestionan diferentes pruebas de calidad de servicio, tráfico, configuración o usuarios, corroborando si todo está en orden.

3.3 Desarrollo de una herramienta capaz de calcular banda base para un sitio

La banda base disponible es una característica importante en un sitio de telecomunicaciones, esta define la capacidad de celdas activas, que tipo de celda puede tener, capacidad de usuarios y la configuración de la misma. Con esto en mente, el cálculo de la banda base es una tarea necesaria de hacer antes de empezar/realizar configuraciones o cambios en un sitio desde el MAE, este cálculo depende de ciertos factores como lo pueden ser: la cantidad y modelo de las tarjetas de banda instaladas en la BBU (Baseband Unit), normalmente este cálculo se hace de forma manual y puede llegar a ser difícil si hay demasiadas tarjetas a tener en cuenta, por lo que, es necesario una forma más sencilla, rápida y estandarizada para hacerlo.

Consulta de bases de datos: Se consultan diferentes bases de datos que contienen las características y especificaciones de las tarjetas de banda base.

Programación de la herramienta: Se programa, mediante Excel una herramienta capaz de mostrar las diferentes posibilidades y configuraciones en sitio, dependiendo de la cantidad y tipo de tarjetas de banda base instaladas.

4. Resultados

4.1 Resultados del análisis de informes semanales de tráfico

A partir de la recolección de datos mediante MAE Software, se analizaron indicadores de desempeño correspondientes a las tecnologías UMTS, LTE y NR, evaluando el comportamiento del tráfico a nivel nacional.

El tratamiento de los datos permitió identificar patrones de uso recurrentes, especialmente en horarios de alta demanda, donde se evidenciaron incrementos significativos de tráfico en zonas

urbanas y corredores estratégicos. En contraste, áreas de menor densidad poblacional presentaron valores estables, con variaciones moderadas en la utilización de recursos.

Asimismo, el análisis de los reportes permitió detectar:

- Celdas con tráfico cero, asociadas principalmente a fallas de configuración o indisponibilidad de servicios.
- Listado de operadores en los sitios.
- Errores en la interfaz S1, que afectaban la correcta comunicación entre la red de acceso y el core de la red.

Figura 1. Listado de operadores encontrados en sitio.

List CN Operator				

CN Operator ID	CN Operator name	CN Operator type	Mobile country code	Mobile network code
0	MOVISTAR	Primary Operator	732	123
1	TIGO	Secondary Operator	732	103
(Number of results = 2)				

Figura 2. Informe de sitios con problemas de tráfico 0

NE Name	Trafico voz tig	Trafico data tig	Trafico voz t	Trafico data t	Remark
ANT-170063	0	0	0	0	NO Traffic TIG & TEF
ANT-170076	0	0	0	0	NO Traffic TIG & TEF
ANT-170092	0	0	0	0	NO Traffic TIG & TEF
ANT-170111	0	0	0	0	NO Traffic TIG & TEF
ANT-170172	0	0	0	0	NO Traffic TIG & TEF
ANT-170176	0	0	0	0	NO Traffic TIG & TEF
ANT-170212	0	0	0	0	NO Traffic TIG & TEF
ANT-170226	0	0	0	0	NO Traffic TIG & TEF
ANT-170264	0	0	0	0	NO Traffic TIG & TEF
ANT-170359	0	0	0	0	NO Traffic TIG & TEF

Figura 2. Listado de S1 y su estado, sea normal o abnormal.

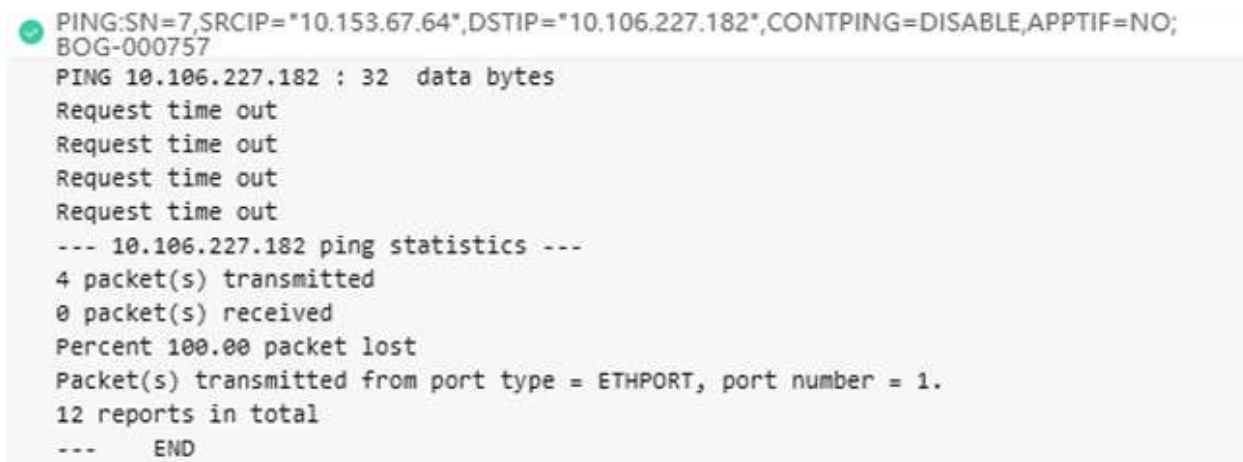
S1 Interface Is Blocked	Control Mode	Auto Config Flag	MME Selection Priority	CN Operator Sharing Group ID	S1 Interface State
FALSE	AUTO_MODE	Auto Created	255	0	Normal
FALSE	AUTO_MODE	Auto Created	0	0	Normal
FALSE	AUTO_MODE	Auto Created	0	0	Normal
FALSE	AUTO_MODE	Auto Created	0	0	Normal
FALSE	AUTO_MODE	Auto Created	0	0	Abnormal

4.2 Identificación y solución de problemas hallados en los informes y evaluaciones.

Como resultado del proceso de evaluación y retroalimentación de los informes, se identificaron múltiples inconsistencias relacionadas con sitios, sectores y celdas específicas. Estas incidencias fueron clasificadas según su origen, permitiendo un abordaje estructurado del proceso de solución.

Entre los problemas más frecuentes se encontraron:

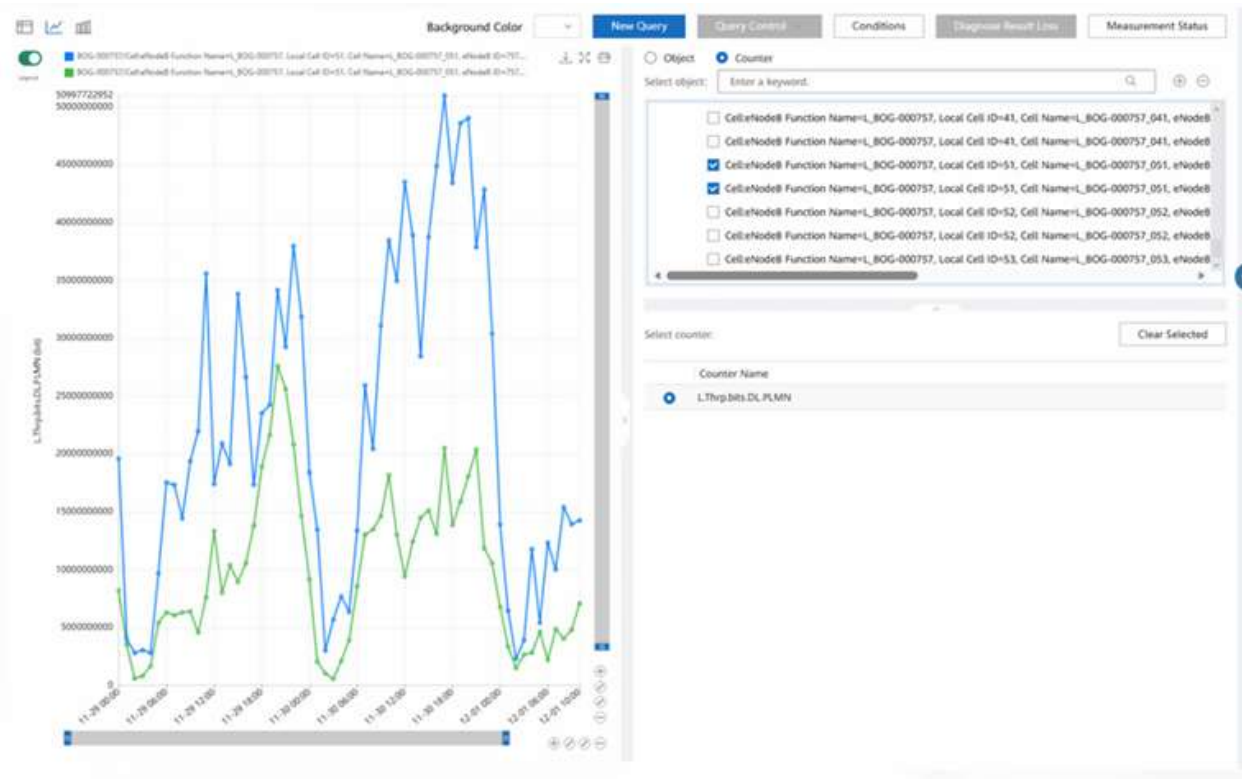
- Tráfico cero causado por celdas deshabilitadas o parámetros incorrectos.
- Fallas de integración asociadas a la interfaz S1.
- Desalineaciones de configuración que impactaban el desempeño del servicio.

Figura 3. Sitio con problemas de conectividad al no tener transporte de paquetes.A terminal window showing a failed ping command. The command is 'PING 10.106.227.182 : 32 data bytes'. The output shows four 'Request time out' messages. Below this, it shows 'ping statistics' for 10.106.227.182, indicating 4 packets transmitted, 0 received, and 100% packet loss. The command was executed from an ETHPORT on port 1, and there were 12 reports in total. The session ends with 'END'.

```
PING:SN=7,SRCIP="10.153.67.64",DSTIP="10.106.227.182",CONTPING=DISABLE,APPTIF=NO;  
BOG-000757  
PING 10.106.227.182 : 32 data bytes  
Request time out  
Request time out  
Request time out  
Request time out  
--- 10.106.227.182 ping statistics ---  
4 packet(s) transmitted  
0 packet(s) received  
Percent 100.00 packet lost  
Packet(s) transmitted from port type = ETHPORT, port number = 1.  
12 reports in total  
--- END
```

Una vez reconocida la causa de cada incidencia, se procedió a la implementación de acciones de troubleshooting, ya sea mediante ajustes directos desde el MAE o mediante el escalamiento del caso a instancias con mayores permisos técnicos. Posteriormente, se realizaron pruebas de validación para verificar la correcta operación de la red.

Los resultados de este proceso evidenciaron una reducción progresiva de incidencias recurrentes, así como una mejora en la estabilidad del tráfico y la disponibilidad de las celdas intervenidas.

Figura 5. Sitio con tráfico recuperado y constante**Figura 4.** Sitio con problemas de conectividad solucionados al tener transporte de paquetes.

```

PING:SN=7,SRCIP="10.188.45.2",DSTIP="10.106.227.182",CONTPING=DISABLE,APPTIF=NO;
BOG-000757
PING 10.106.227.182 : 32 data bytes
Reply from 10.106.227.182 bytes=32 Sequence=1 ttl=211 time=17 ms
Reply from 10.106.227.182 bytes=32 Sequence=2 ttl=211 time=17 ms
Reply from 10.106.227.182 bytes=32 Sequence=3 ttl=211 time=17 ms
Reply from 10.106.227.182 bytes=32 Sequence=4 ttl=211 time=17 ms
--- 10.106.227.182 ping statistics ---
4 packet(s) transmitted
4 packet(s) received
Percent 0.00 packet lost
round-trip min/avg/max = 17/17/17 ms
Packet(s) transmitted from port type = ETHPORT, port number = 1.
13 reports in total
END

```

4.3 Resultados generales del proceso

De manera global, los resultados obtenidos muestran que el análisis continuo de los informes de tráfico, combinado con la identificación y solución oportuna de fallas, permitió:

- Mejorar la visibilidad del comportamiento de la red a nivel nacional.
- Optimizar la operación de celdas con incidencias críticas.
- Fortalecer la toma de decisiones técnicas basadas en datos reales de tráfico.

4.4 Desarrollo de una herramienta capaz de calcular banda base para un sitio

El resultado obtenido del desarrollo de la herramienta fue satisfactorio. Se obtuvo un programa capaz de calcular correctamente la capacidad de banda base posible para un sitio, después de la consulta de bases de datos acerca de especificaciones técnicas y cierta programación se consiguió una generosa cantidad de conocimiento técnico, esto permitió llegar a los siguientes resultados.

Figura 7. Vista general de la herramienta

Boards	U+L+M	U	L or T	
UBBPg2	6*4R + 6*LTE(4R)+6*NB(4R)3*4R + 9*LTE(4R)+6	12*2R or 6*4	12*4T4R(FT) or 6*8T8R	
UBBPp6	6*4R + 6*LTE(4R)+3*NB(4R) or 3*4R + 9*LTE(4R)	12*2R or 6*4	12*4R	
UBBPp4	6*4R + 3*LTE(4R)+3*NB(4R)	12*2R or 6*4	6*4R	
UBBPp2	NP	6*2R	3*4R(FDD only)	
UBBPd6	6*4R + 3*LTE(4R)+3*NB(4R)	12*2R or 6*4	6*4R	
Possibilities		By: AMS		
Board slot	Boards/Mode	U+L+M	U	L or T
Slot 1	UBBPd6	9	12	6
Slot 2	Not used	0	0	0
Slot 3	Not used	0	0	0
Slot 4	Not used	0	0	0
Slot 5	Not used	0	0	0
Slot 6	Not used	0	0	0
	TOTAL	9	12	6

La herramienta consiste en 3 apartados:

- Apartado de tarjetas de banda base: Contiene la información técnica de cada tarjeta y sus posibles configuraciones.
- Apartado de cálculo: Contiene la información del cálculo de la banda base disponible en un sitio teórico que contiene las tarjetas instaladas en la BBU, este hace la suma de posibles combinaciones de disponibilidad teniendo en cuenta la configuración e instalación de tarjetas.
- Apartado lógico y base de datos: Contiene toda la programación lógica de la información sobre tarjetas y posibles combinaciones para ser mostrados en el apartado de cálculo y visualización de tarjetas.

Figura 5. *Apartado de tarjetas de banda base*

Boards	U+L+M	U	L or T
UBBPg2	6*4R + 6*LTE(4R)+6*NB(4R)3*4R + 9*LTE(4R)+6	12*2R or 6*4	12*4T4R(FT) or 6*8T8R
UBBPpe6	6*4R + 6*LTE(4R)+3*NB(4R) or 3*4R + 9*LTE(4R)	12*2R or 6*4	12*4R
UBBPpe4	6*4R + 3*LTE(4R)+3*NB(4R)	12*2R or 6*4	6*4R
UBBPpe2	NP	6*2R	3*4R(FDD only)
UBBPd6	6*4R + 3*LTE(4R)+3*NB(4R)	12*2R or 6*4	6*4R

Figura 6. *Apartado de cálculo*

Board slot	Boards/Mode	U+L+M	U	L or T
Slot 1	UBBPd6	9	12	6
Slot 2	UBBPpe6	12	12	12
Slot 3	UBBPg2a	6	6	12
Slot 4	Not used	0	0	0
Slot 5	Not used	0	0	0
Slot 6	Not used	0	0	0
	TOTAL	27	30	30

Figura 7. Apartado lógico y base de datos

Boards	U+L+M	U	L or T			U+L+M	U	L or T
UBBPd1	NP	6*2R	NP		UBBPd1	2+2r	0	6
UBBPd2	NP	6*2R	NP		UBBPd1	4+4r	0	0
UBBPd3	NP	6*2R	3*2R(FDD only)		UBBPd1	8+8r	0	0
UBBPd5	NP	6*2R	6*2R OR 3*4R		UBBPd1	32+32r	0	0
UBBPd1	NP	6*2R	3*2R(FDD only)		UBBPd1	0	6	0
UBBPd2	NP	6*2R	3*4R(FDD only)			U+L+M	U	L or T
UBBPd3	6*2R or 3*4R + 3*LTE (2R)+3*NB(2R)	12*2R or 6*4R	6*2R OR 3*4R(TDD NP)		UBBPd2	2+2r	0	6
UBBPd4	6*4R + 3*LTE(4R)+3*NB(4R)	12*2R or 6*4R	6*4R		UBBPd2	4+4r	0	0
UBBPd6	6*4R + 3*LTE(4R)+3*NB(4R)	12*2R or 6*4R	6*4R		UBBPd2	8+8r	0	0
UBBPd5	6*4R + 6*LTE(2R)+6*NB(2R)	12*2R or 6*4R	9*4T4R		UBBPd2	32+32r	0	0
UBBPd5	6*4R + 6*LTE(4R)+3*NB(4R) or 3*4R + 6*LTE(4R)	12*2R or 6*4R	12*4R		UBBPd2	0	6	0
UBBPd1	6*4R + 3*LTE(4R)+3*NB(4R)	12*2R or 6*4R	6*4R			U+L+M	U	L or T
UBBPd1a	6*4R + 3*LTE(4R)+3*NB(4R)	12*2R or 6*4R	6*4R(FDD) or 3*8T8R(FDD)		UBBPd3	2+2r	0	6
UBBPd2	6*4R + 6*LTE(4R)+6*NB(4R)	12*2R or 6*4R	12*4T4R(FT) or 6*8T8R		UBBPd3	4+4r	0	0
UBBPd2a	6*4R + 6*LTE(4R)+6*NB(4R)	12*2R or 6*4R	12*4T4R(FT) or 3*32T32R(FDD) or 6*64T64R(TDD)		UBBPd3	8+8r	0	0
UBBPd3	12*2R+12*4R	12*2R or 6*4R	3*4R-6*32T32R(FDD)		UBBPd3	32+32r	0	0
UBBPd3b	NP	NP	12*4T4R or 9*64T64R		UBBPd3	0	6	3
UBBPd4	NP	6*4R	3*4R			U+L+M	U	L or T
					UBBPd4	2+2r	0	6
					UBBPd4	4+4r	0	0
					UBBPd4	8+8r	0	0
					UBBPd4	32+32r	0	0
					UBBPd4	0	6	6

La herramienta probó ser efectiva y facilitó el proceso de cálculo de banda base para futuras aplicaciones en el proyecto MOCN.

5. Discusión

Los resultados obtenidos durante la práctica profesional en el área de Huawei Wireless Colombia evidencian el papel fundamental del modelo MOCN (Multi-Operator Core Network) en la optimización y operación eficiente de redes móviles compartidas. El análisis de informes semanales de tráfico de Tigo y Telefónica permitió evaluar como compartir la infraestructura de acceso impacta directamente el comportamiento del tráfico, la gestión de recursos radioeléctricos y la interacción con los diferentes core de red de cada operador.

Desde una perspectiva teórica, los hallazgos confirman que el modelo MOCN exige una gestión precisa y coordinada de la red de acceso, ya que múltiples operadores comparten las mismas celdas y recursos de radio, manteniendo cores independientes. En este contexto, la detección de congestiones, tráfico cero y errores en la interfaz S1 adquiere una relevancia crítica, dado que una falla en la configuración o integración puede afectar simultáneamente a más de un operador. Los resultados obtenidos refuerzan los modelos teóricos de redes compartidas, los cuales plantean que la eficiencia del MOCN depende de la correcta asignación de recursos y de la estabilidad de las interfaces entre la red de acceso y los cores de red.

En el ámbito operativo, la identificación y solución de incidencias permitió evidenciar cómo el uso de MOCN incrementa la complejidad del troubleshooting, al requerir validaciones simultáneas para diferentes operadores. No obstante, los procedimientos aplicados demostraron que, mediante un análisis estructurado de los informes de tráfico y el uso del MAE, es posible mitigar estas dificultades y mejorar la disponibilidad de celdas compartidas. La reducción de incidencias recurrentes valida la efectividad de los métodos empleados y resalta la importancia de contar con procesos estandarizados en entornos MOCN.

Un aporte significativo del trabajo es el desarrollo de la herramienta para el cálculo de banda base disponible, especialmente relevante en escenarios MOCN. En este modelo, la banda base no solo define la capacidad de un sitio, sino que condiciona la cantidad de celdas y tecnologías

que pueden coexistir para distintos operadores. La herramienta desarrollada permitió simplificar y estandarizar un proceso que tradicionalmente se realiza de forma manual, reduciendo el riesgo de errores al momento de planificar configuraciones o cambios en sitios compartidos. Desde el punto de vista teórico, este aporte refuerza la necesidad de integrar herramientas de apoyo que faciliten la planificación y gestión de recursos en redes multioperador.

En conjunto, los resultados y su interpretación confirman que el MOCN representa una solución eficiente para la expansión de cobertura y optimización de recursos, pero también impone desafíos técnicos y operativos que requieren análisis continuo del tráfico, procedimientos de troubleshooting bien definidos y herramientas de planificación adecuadas. Las conclusiones derivadas de este estudio son válidas dentro del contexto de redes móviles compartidas en Colombia y aportan conocimiento aplicable a futuras implementaciones y optimizaciones de MOCN en entornos reales.

6. Conclusiones

El desarrollo del presente trabajo de grado, basado en las prácticas profesionales realizadas en Huawei Colombia, permitió analizar la implementación y operación de redes móviles compartidas bajo el modelo MOCN, así como reconocer los procesos involucrados en el despliegue y operación de tecnologías 3G, 4G y 5G, dando cumplimiento al objetivo general planteado. La experiencia práctica facilitó la comprensión de la interacción entre la red de acceso compartida y los diferentes cores de red de los operadores, resaltando la importancia de una gestión eficiente del tráfico y de las configuraciones en entornos multioperador.

En relación con los objetivos específicos, el uso continuo del software MAE permitió adquirir y aplicar conocimientos para la realización de cambios y la solución de incidencias en la red asociadas a tecnologías MOCN. A partir del análisis de los informes semanales de tráfico de Tigo y Telefónica, fue posible identificar problemas como congestión, tráfico cero y errores en la interfaz S1, los cuales fueron abordados mediante procesos estructurados de troubleshooting, tal como se evidenció en los resultados presentados en tablas y figuras.

Asimismo, la gestión de sitios en el MAE y el desarrollo de un proceso lógico para la resolución de problemas permitieron fortalecer competencias técnicas relacionadas con la operación de la banda 5G, así como con las bandas 1900.1 y 1900.2, logrando una comprensión más profunda de la planificación, configuración y validación de celdas en distintos escenarios de red. Estos resultados evidencian el cumplimiento de los objetivos específicos orientados al aprendizaje práctico y a la operación de la red.

Adicionalmente, el desarrollo de una herramienta para el cálculo de la banda base disponible constituyó un producto relevante del trabajo, al apoyar la toma de decisiones técnicas previas a configuraciones o cambios en sitios compartidos MOCN, reduciendo la complejidad operativa y el riesgo de errores.

Desde el componente formativo, las prácticas fortalecieron habilidades técnicas y profesionales, consolidando la preparación para el entorno laboral en el sector de las telecomunicaciones. En términos de impacto, los aportes realizados son aplicables al contexto local y nacional, al documentar procesos reales de operación de redes móviles compartidas en Colombia, y pueden servir como referencia para proyectos similares en otros entornos.

En conclusión, el trabajo cumplió de manera satisfactoria los objetivos propuestos, integrando análisis técnico, aplicación práctica y desarrollo de herramientas de apoyo, aportando valor tanto a la operación de redes móviles en Huawei Colombia como al proceso de formación profesional del autor.

Referencias

Infrastructure Sharing: An Overview. (2024, June 11). Networks.

https://www.gsma.com/solutions-and-impact/technologies/networks/gsma_resources/infrastructure-sharing-an-overview/

Multi-Operator Core Networks (MOCN) • Parallel Wireless. (n.d.). Parallel Wireless.

<https://www.parallelwireless.com/products/mocn/>

Network Sharing and Neutral Networks: How Far to Go and for What Benefits? - Hello Future.

(2024, March 14). Hello Future. <https://hellofuture.orange.com/en/network-sharing-and-neutral-networks-how-far-to-go-and-for-what-benefits/>

Redes móviles: qué son, cómo funcionan y qué tipos existen | Entel. (2025). Comunidad Empresas.

<https://ce.entel.cl/articulos/redes-moviles>

Issam Toufik, Sesia, S., & Baker, M. (2023). LTE - The UMTS Long Term Evolution. Wiley.

regulations. (n.d.). Consumer.huawei.com. <https://consumer.huawei.com/co/legal/privacy-policy/regulations/>