

Análisis de la modernización de las redes de comunicaciones móviles

Jose Sebastián Barrios Cardozo

Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero de Telecomunicaciones

Directora

Elizabeth Gelves Gelves

Maestría en Administración

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

Division de Ingenierías y Arquitectura

Ingeniería de Telecomunicaciones

2024

Dedicatoria

Con profundo agradecimiento, dedico este trabajo a mi madre, Nancy Cardozo, cuyo sacrificio y amor han sido la fuerza que me ha impulsado a alcanzar esta meta. A mi hermana Catalina, por compartir conmigo cada paso de este camino y celebrarme en cada logro. A mis amigos, por su compañía y apoyo incondicional, que han hecho de este viaje una experiencia inolvidable.

Agradecimientos

Quisiera expresar mi más profundo agradecimiento al ingeniero Héctor Rodríguez y al ingeniero Jaime Joel Meza, mis mentores en mis prácticas profesionales. Su paciencia, dedicación y conocimientos me permitieron no solo adquirir las habilidades técnicas necesarias para este proyecto, sino también desarrollar una mentalidad más crítica y proactiva. Gracias a su guía, pude enfrentar los desafíos de la investigación con mayor confianza y entusiasmo. A los profesores Elizabeth Gelves, Yuli Álvarez y Ricardo Medina, quiero agradecerles por su compromiso con la excelencia académica. Sus clases me inspiraron a profundizar en el campo de las radiocomunicaciones y me proporcionaron las herramientas teóricas fundamentales para este trabajo. Su pasión por la enseñanza es contagiosa y ha dejado una huella imborrable en mi formación profesional.

Contenido

Introducción.....	10
1.Análisis de la modernización de las redes de comunicaciones móviles.....	11
1.1 Planteamiento del problema.....	11
1.2 Justificación.....	12
1.3 Objetivos.....	13
1.3.1 Objetivo general.....	13
1.3.2 Objetivos específicos.....	13
2. Marco referencial.....	13
2.1 Marco teórico.....	13
2.2 Marco conceptual.....	15
2.3 Marco legal.....	17
3. Método.....	17
3.1 Generación de Informes Semanales de Tráfico de Tigo.....	17
3.2 Establecimiento de Estándar para Clasificación de Ciudades	18
3.3 Creación de Informes de Drive Test 5G para Sitios Específicos.....	19
3.4 Desarrollo de un Script para Automatizar la Carga de Datos en una Base de Datos MySQL.....	20
4. Resultados.....	21
4.1 Generación de Informes Semanales de Tráfico de Tigo a Nivel Nacional.....	21
4.2 Creación de Estándar para Clasificación de Ciudades en el Proyecto “Tigo Rural”	23

4.3 Creación de Informes de Drive Test 5G para Sitios Específicos.....	24
4.4 Desarrollo de un Script para Automatizar la Carga de Datos en una Base de Datos MySQL.....	26
4.5 Beneficios Obtenidos.....	28
5. Discusión.....	30
6. Conclusiones.....	31
Referencias.....	32

Lista de figuras

Figura 1. <i>Se generan consultas de tráfico semanales para UMTS, LTE y 5G.....</i>	23
Figura 2. <i>A continuación, los datos de las 3 tecnologías se organizan en una única tabla mediante tablas dinámicas para que cada dato vaya con su lugar correspondiente.....</i>	24
Figura 3. <i>Comprobamos que los gráficos están actualizados con los datos que acabamos de añadir y que no hay irregularidades.....</i>	24
Figura 4. <i>Muestra el tráfico total UMTS, LTE y 5G de las últimas semanas y el porcentaje correspondiente.....</i>	25
Figura 5. <i>Muestra la cantidad de datos transmitidos en UMTS, LTE y 5G y la intensidad del tráfico de voz.....</i>	25
Figura 6. <i>Tabla generadora del city type según las condiciones de los indicadores.....</i>	26
Figura 7. <i>Muestra los resultados de pruebas DL y UL en cada sector del sitio evaluado.....</i>	27
Figura 8. <i>Muestra los resultados de pruebas IDLE RSRP, SINR y PCI.....</i>	27
Figura 9. <i>Muestra los resultados de las pruebas de voz.....</i>	28
Figura 10. <i>Segmento del código del Data Traffic Uploader.....</i>	29
Figura 11. <i>Explicación del procesado de la herramienta.....</i>	29

Resumen

Durante mis prácticas universitarias en Huawei Colombia, me desempeñé en el área de Radio Frecuencia (RF), centrándome en el análisis y modernización de las redes de comunicaciones móviles. Estas prácticas se realizaron con el objetivo de apoyar y optimizar las operaciones de la empresa Tigo, uno de los principales operadores de telecomunicaciones en Colombia. Mi trabajo se enfocó en tres áreas principales: la generación de informes semanales de tráfico, el establecimiento de un estándar para la clasificación de ciudades y sitios rurales, y la realización de informes de drive test 5G para sitios específicos en Medellín y Bogotá. En la generación de informes semanales de tráfico, recopilé y analicé datos de diversas tecnologías de red utilizadas por Tigo a nivel nacional. Estos informes permitieron identificar tendencias y patrones en el uso de la red, facilitando la toma de decisiones informadas para la mejora de la infraestructura y la gestión del tráfico de datos. Además, participé en la creación de un estándar para clasificar los sitios rurales, lo cual es esencial para una planificación eficiente y optimización de la red en áreas con características demográficas y geográficas diversas. La realización de drive tests 5G en Medellín y Bogotá fue otro componente crucial de mis prácticas. Estos tests consistieron en evaluar la cobertura y el rendimiento de la red 5G en áreas urbanas clave, proporcionando datos detallados que ayudaron a identificar áreas de mejora y a garantizar una implementación efectiva de la tecnología 5G. A través de estas actividades, adquirí un profundo conocimiento sobre la arquitectura LTE y las tecnologías emergentes, así como habilidades prácticas en el análisis de datos y la evaluación del rendimiento de la red.

Palabras clave: Tráfico de red, Planificación de red, Clasificación de sitios, Radiofrecuencia, Drive Test

Abstract

During my university internship at Huawei Colombia, I worked in the Radio Frequency (RF) area, focusing on the analysis and modernization of mobile communications networks. This internship was carried out with the aim of supporting and optimizing the operations of Tigo, one of the main telecommunications operators in Colombia. My work focused on three main areas: generating weekly traffic reports, establishing a standard for classifying cities and rural sites, and conducting 5G drive test reports for specific sites in Medellín and Bogotá. In the generation of weekly traffic reports, I collected and analyzed data from various network technologies used by Tigo nationwide. These reports allowed me to identify trends and patterns in network usage, facilitating informed decision-making for infrastructure improvement and data traffic management. In addition, I participated in the creation of a standard for classifying rural sites, which is essential for efficient network planning and optimization in areas with diverse demographic and geographic characteristics. Conducting 5G drive tests in Medellín and Bogotá was another crucial component of my internship. These tests consisted of evaluating the coverage and performance of the 5G network in key urban areas, providing detailed data that helped to identify areas for improvement and ensure effective implementation of 5G technology. Through these activities, I gained a deep understanding of LTE architecture and emerging technologies, as well as practical skills in data analysis and network performance evaluation.

Keywords: Network Traffic, Network Planning, Site Classification, Radio Frequency, Drive Test

Glosario

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.

Drive Test: Metodología utilizada para evaluar el rendimiento de las redes móviles en entornos reales, generalmente realizada en un vehículo para medir la calidad de la señal y el rendimiento de la red.

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).

TDD (Time Division Duplex): Método de transmisión en redes de comunicación que permite la transmisión y recepción de datos en diferentes momentos, utilizando el mismo canal de frecuencia.

Internet de las Cosas (IoT): Concepto que se refiere a la interconexión de dispositivos y objetos a través de internet, permitiendo la recopilación y el intercambio de datos.

Patrones de uso de la red: Tendencias observadas en el comportamiento de los usuarios al utilizar servicios de red, que pueden incluir horarios de mayor tráfico, tipos de aplicaciones utilizadas, entre otros.

MAE : Es un motor de automatización inalámbrica que ofrece capacidades de O&M automáticas para redes inalámbricas para los clientes empresariales.

PHU : Probe Handset Unit (PHU) es un comprobador de redes inalámbricas portátil para teléfonos móviles Huawei. Al conectar el software de prueba y un teléfono móvil, el usuario puede recopilar datos de interfaz aérea, evaluar el rendimiento de la red e instruir la optimización de la red en el teléfono móvil. PHU tiene un GPS incorporado para recoger ubicaciones físicas.

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.

RSRP: Significa potencia recibida de la señal de referencia y es un tipo de medición que se utiliza para medir la potencia de las señales móviles repartidas en todo el ancho de banda y en banda estrecha.

SINR: (Signal Interference + Noise Ratio) también llamado CINR (Carrier to Interference + Noise Ratio) es la relación entre el nivel de señal y el nivel de ruido (o simplemente la relación señal/ruido).

IDLE: Describe un estado de inactividad temporal donde no se están realizando operaciones activas de comunicación, pero el dispositivo o canal está listo para reanudar la actividad cuando sea necesario.

Introducción

La evolución y modernización de las redes de comunicaciones móviles han sido pilares fundamentales para el desarrollo de las telecomunicaciones a nivel mundial. Desde la primera generación (1G) hasta la actual quinta generación (5G), cada avance tecnológico ha traído consigo mejoras significativas en términos de velocidad, capacidad, eficiencia y funcionalidad. Estas mejoras no solo han transformado la forma en que las personas se comunican, sino también cómo interactúan con el mundo digital, influyendo en múltiples aspectos de la vida diaria, desde el entretenimiento hasta el trabajo y la educación.

En este contexto, Huawei Colombia ha jugado un papel crucial en la implementación y optimización de tecnologías avanzadas de telecomunicaciones. Durante mi periodo de prácticas en el área de RF (Radiofrecuencia), tuve la oportunidad de involucrarme directamente en la modernización de las redes móviles, particularmente en la transición hacia LTE (Long Term Evolution) y la implementación inicial de 5G. Este informe describe detalladamente las actividades y proyectos realizados durante estas prácticas, con un enfoque específico en la generación de informes de tráfico, la clasificación de sitios rurales y la realización de drive tests para evaluar el desempeño de la red 5G en ciudades clave como Medellín y Bogotá.

El propósito de este informe es proporcionar una visión comprensiva de los procesos y metodologías utilizadas en estos proyectos, así como de los resultados obtenidos y su impacto en la modernización de las redes de comunicaciones móviles en Colombia.

1. Análisis de la modernización de las redes de comunicaciones móviles

1.1 Planteamiento del problema

La modernización de las redes de comunicaciones móviles es una necesidad imperativa para enfrentar la creciente demanda de servicios de alta velocidad y baja latencia. En un entorno donde la conectividad constante y la capacidad de manejar grandes volúmenes de datos son esenciales, las redes móviles deben ser capaces de adaptarse y evolucionar rápidamente. Sin embargo, esta transición no está exenta de desafíos técnicos y operativos significativos.

Uno de los principales problemas es la integración de nuevas tecnologías con la infraestructura existente. En el caso de Colombia, donde la cobertura y calidad de servicio pueden variar considerablemente entre áreas urbanas y rurales, la implementación de tecnologías avanzadas como LTE y 5G presenta retos únicos. La gestión del tráfico de red, la clasificación adecuada de los sitios según su ubicación y características, y la evaluación del desempeño de la red a través de pruebas prácticas son aspectos críticos que deben abordarse para asegurar una modernización efectiva.

Además, la falta de estándares claros y consistentes para la clasificación de sitios rurales puede llevar a una planificación ineficiente y a un uso subóptimo de los recursos. Por último, la ejecución de drive tests para evaluar el rendimiento de la red en diferentes escenarios y condiciones es fundamental para identificar áreas de mejora y optimizar el servicio.

1.2 Justificación

La importancia de la modernización de las redes de comunicaciones móviles para el desarrollo económico y social de Colombia. La implementación de tecnologías avanzadas como LTE y 5G no solo mejora la calidad del servicio y la experiencia del usuario, sino que también impulsa la innovación y la competitividad en un mercado globalizado.

En el ámbito de las telecomunicaciones, Huawei Colombia se ha destacado por su liderazgo y compromiso con la excelencia técnica. Las prácticas realizadas en el área de RF han permitido adquirir conocimientos y habilidades esenciales para contribuir a la modernización de las redes móviles en el país. Generar informes semanales de tráfico, establecer estándares para la clasificación de sitios rurales y realizar drive tests en ciudades clave son actividades que proporcionan una visión integral de los desafíos y oportunidades en este campo.

La justificación también radica en la necesidad de documentar y analizar los procesos y resultados de estos proyectos, con el fin de compartir experiencias y mejores prácticas que puedan ser aplicadas en futuros esfuerzos de modernización. Este informe no solo sirve como un registro detallado de las actividades realizadas durante las prácticas, sino que también ofrece recomendaciones y perspectivas valiosas para el avance continuo de las redes de comunicaciones móviles en Colombia.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Analizar y contribuir a la modernización de las redes de comunicaciones móviles, enfocándose en la implementación y optimización de tecnologías LTE y 5G en Colombia

1.3.2 Objetivos específicos

1. Generar y presentar informes semanales de tráfico de Tigo a nivel nacional, a través de diferentes tecnologías.
2. Establecer un estándar para definir los tipos de ciudades para, clasificar los sitios del proyecto “Tigo Rural” en consecuencia y crear diapositivas para fines de análisis y presentación.
3. Crear informes de drive test 5G para sitios específicos de Medellín y Bogotá.
4. Desarrollar un script para automatizar la carga de los datos del tráfico de Tigo en una base de datos MySQL.

2. Marco referencial

2.1 Marco teórico

La modernización de las redes de comunicaciones móviles es un aspecto crucial en el desarrollo de las telecomunicaciones a nivel global, y es un enfoque central en las prácticas profesionales en Huawei Colombia. Este proceso no solo implica la adopción de nuevas tecnologías, sino también la optimización de las infraestructuras existentes para garantizar una conectividad eficiente y de alta calidad. En este contexto, la implementación de tecnologías LTE

y 5G juega un papel fundamental, proporcionando mejoras significativas en términos de velocidad, capacidad y latencia (Dahlman, Parkvall, & Sköld, 2018).

Desde la introducción de la primera generación (1G) de redes móviles, cada nueva generación ha traído avances tecnológicos que han revolucionado la forma en que las personas se comunican e interactúan con el mundo digital. La tecnología LTE (Long Term Evolution), considerada como la cuarta generación (4G), ha sido un salto importante en la evolución de las redes móviles. LTE ha permitido mayores velocidades de datos y una mejor eficiencia espectral, lo que ha mejorado significativamente la experiencia del usuario final (Sesia, Toufik, & Baker, 2011).

La quinta generación (5G) de redes móviles promete llevar estas mejoras a un nivel completamente nuevo. Con velocidades teóricas que pueden alcanzar hasta 10 Gbps, latencias inferiores a un milisegundo y la capacidad de conectar hasta un millón de dispositivos por kilómetro cuadrado, 5G está diseñada para soportar aplicaciones avanzadas como el Internet de las Cosas (IoT), vehículos autónomos y realidad aumentada (RA) (Osseiran et al., 2014). La implementación de 5G requiere no solo nuevas infraestructuras, sino también una planificación y optimización cuidadosa de las redes existentes.

La modernización de redes móviles en un país como Colombia presenta desafíos únicos, especialmente en la cobertura de áreas rurales y remotas. La falta de infraestructura adecuada y las barreras geográficas dificultan la implementación de tecnologías avanzadas en estas regiones. Sin embargo, estos desafíos también presentan oportunidades para innovaciones tecnológicas y modelos de negocio que puedan proporcionar soluciones eficientes y sostenibles.

Uno de los aspectos críticos en la modernización de redes móviles es la gestión del tráfico de red. El área de RF en Huawei Colombia, tiene dentro de sus funciones el generar informes semanales de tráfico para la operadora Tigo, lo cual permite identificar patrones de uso y áreas de congestión, facilitando así la optimización de la red. Además, establecer estándares claros para la clasificación de ciudades y sitios rurales es esencial para una planificación eficiente. Esto implica considerar factores como la densidad poblacional, el desarrollo económico y las características geográficas.

Los drive tests son una herramienta fundamental para evaluar el rendimiento de las redes móviles en entornos reales. Estos tests implican la recolección de datos sobre la calidad de la señal, la velocidad de transmisión y otros indicadores clave mientras se recorre un área específica en un vehículo. Estos datos proporcionaron información valiosa que ayudó a identificar áreas de mejora y a asegurar una implementación exitosa de la nueva tecnología (Dahlman, Parkvall, & Sköld, 2018).

2.2 Marco conceptual

Redes de comunicaciones móviles: Las redes de comunicaciones móviles son infraestructuras que permiten la transmisión de voz y datos a través de dispositivos móviles, utilizando una serie de tecnologías y estándares que han evolucionado con el tiempo, entonces “Podemos definir las redes móviles como una infraestructura de telecomunicaciones inalámbrica que habilita el intercambio de datos entre dispositivos a través de señales de radio de baja potencia” [4].

Tecnología LTE (Long Term Evolution): LTE es una tecnología de comunicaciones móviles de cuarta generación (4G) que proporciona altas velocidades de datos y una mejor eficiencia espectral en comparación con las tecnologías anteriores, entonces en profundidad “LTE es una tecnología inalámbrica basada en IP, con una infraestructura diseñada para ser tan simple como sea posible de implementar y operar, ofreciendo un alto rendimiento y baja latencia en un entorno móvil, con velocidades de hasta 300Mbps en downlink y de 75Mbps en uplink con un ancho de banda de 20MHz”[5].

Gestión del tráfico de red: La gestión del tráfico de red implica monitorear y controlar el flujo de datos en una red de comunicaciones para garantizar un rendimiento óptimo, es decir “La gestión de red es un proceso de varias facetas que incluye monitorización continua, análisis, gestión de configuración y medidas de seguridad para garantizar el rendimiento y la seguridad de las redes informáticas.”[6].

Drive Tests: Los drive tests son una metodología utilizada para evaluar el rendimiento de las redes móviles en entornos reales, específicamente “se trata de pruebas manejando, que provienen de la forma como se realizan este tipo de mediciones, generalmente en un vehículo. El Drive Test es un examen efectuado en las redes celulares, independientemente de su tecnología (GSM, CDMA, UMTS, LTE, etc.), para obtener información del rendimiento de la misma.”[7]

Tecnología 5G: La tecnología 5G representa un avance considerable sobre las generaciones anteriores, proporcionando velocidades de datos extremadamente altas, baja latencia y la capacidad de conectar simultáneamente una gran cantidad de dispositivos. Esta tecnología es esencial para aplicaciones avanzadas como el Internet de las Cosas (IoT), la realidad aumentada y los vehículos autónomos, complementando “La tecnología 5G es también el primer gran despliegue de redes celulares con duplexación por división de tiempo (TDD) en la

mayoría de los países. Todas las bandas 5G por encima de 3 GHz —incluidas la banda crucial de 3.5 GHz y las bandas de ondas milimétricas— adoptarán la TDD”. [8]

2.3 Marco legal

En Huawei Colombia, se cumplían diversas regulaciones pertinentes para asegurar el respeto a las normativas locales e internacionales. En primer lugar, se observaban las leyes nacionales que regulan la protección de datos y la privacidad, como la Ley 1581 de 2012, que establece el régimen de protección de datos personales en Colombia. Esta ley garantiza que la información personal de empleados, clientes y usuarios de los sistemas de Huawei se maneje con la máxima seguridad y confidencialidad. Asimismo, Huawei Colombia se adhería a las regulaciones relacionadas con la propiedad intelectual y los derechos de autor. Se aseguraba que todo el software utilizado en sus operaciones estuviera debidamente licenciado, cumpliendo con las disposiciones legales para evitar el uso de software pirata y garantizar el respeto a los derechos de los creadores de contenido. Este cumplimiento era esencial para la operación legal y ética de la empresa, así como para proteger la integridad de las herramientas tecnológicas utilizadas.[9]

3. Método

3.1 Generación y Presentación de Informes Semanales de Tráfico de Tigo 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 plataformas de análisis de datos y software de visualización.

Recolección de Datos: Se recolectaron datos de tráfico de Tigo a nivel nacional a través de diferentes fuentes tecnológicas, como sistemas de monitoreo de red y bases de datos.

Análisis de Datos: Se emplearon herramientas de análisis para procesar y analizar los datos recolectados, identificando patrones y tendencias relevantes.

Generación de Informes: Se elaboraron informes semanales detallados que incluyen estadísticas de tráfico, gráficos y análisis, utilizando tablas dinámicas en Excel como herramienta de visualización de datos.

Presentación: Los informes fueron presentados semanalmente a los equipos correspondientes, siguiendo un formato estándar para asegurar claridad y comprensión.

Evaluación y Retroalimentación: Se realizaron revisiones periódicas de los informes con el objetivo de recibir retroalimentación y ajustar el proceso según sea necesario para mejorar la precisión y utilidad de los informes.

3.2 Establecimiento de Estándar para Clasificación de Ciudades en el Proyecto “Tigo Rural” .

Análisis de Requisitos: Se identificaron las necesidades específicas del proyecto “Tigo Rural” para clasificar los sitios en función de características urbanas y rurales.

Investigación y Definición de Criterios: Se investigaron las variables relevantes para clasificar las ciudades, como el estado de las carreteras, la disponibilidad de Google Street View, la necesidad de transporte especial(4x4, botes, aviones) y la distancia a una ciudad principal. Se establecieron criterios estandarizados para definir y clasificar los tipos de ciudades.

Desarrollo de Clasificación: Se aplicaron los criterios establecidos para clasificar los sitios del proyecto “Tigo Rural”, creando una lista categorizada de sitios para su análisis y presentación.

Creación de Diapositivas: Se diseñaron diapositivas que presentan los resultados de la clasificación con las evidencias correspondientes del estado de la carretera con imágenes satelitales de Google Earth y Mapa Geológico Colombiano.

Evaluación y Ajustes: Se revisaron las diapositivas y el proceso de clasificación para asegurar la exactitud de la información y se realizaron ajustes según los comentarios recibidos durante las presentaciones.

3.3 Creación de Informes de Drive Test 5G para Sitios Específicos de Medellín y Bogotá

Análisis de Requerimientos: Se identificaron los requisitos para la creación de informes de drive test 5G, incluyendo los parámetros de desempeño y cobertura a evaluar.

Recolección de Datos: Se realizaron pruebas de campo en los sitios específicos de Medellín y Bogotá para recolectar datos de desempeño de la red 5G, utilizando equipos celular con tecnología 5G y haciendo uso de la app PHU.

Análisis de Datos: Se analizaron los datos de las pruebas de drive test para evaluar la cobertura y el rendimiento de la red 5G en los sitios seleccionados.

Elaboración de Informes: Se generaron informes a modo de PPT que incluyen resultados de las pruebas.

Presentación: Los informes fueron presentados a los equipos técnicos y de gestión, destacando las áreas de mejora y recomendaciones para optimizar la red 5G.

Evaluación y Retroalimentación: Se realizaron sesiones de revisión para discutir los informes y se ajustaron los métodos de prueba y reporte en función de la retroalimentación recibida.

3.4 Desarrollo de un Script para Automatizar la Carga de Datos en una Base de Datos MySQL

Análisis de Requisitos: Se identificaron los requisitos para la automatización de la carga de datos, incluyendo la estructura de la base de datos MySQL.

Desarrollo del Script: Se desarrolló un script en Python utilizando bibliotecas como 'pymysql' para conectar y cargar datos en la base de datos MySQL. El script hace una fusión en un solo archivo datos extraídos del MAE que contienen la data del tráfico de Tigo, luego hace un post procesado donde organiza los datos para que sean compatibles con las tablas en la base de datos dándoles un formato especificado y añadiendo campos complementarios que surgen de cálculos específicos con los datos extraídos, por último se hace la conexión a la base de datos y se realiza la subida de los datos.

Pruebas: Se realizaron pruebas del script para asegurar su funcionamiento correcto, validando que los datos se carguen de manera precisa y eficiente en la base de datos.

[illegible]

Figura 3. Comprobamos que los gráficos están actualizados con los datos que acabamos de añadir y que no hay irregularidades.

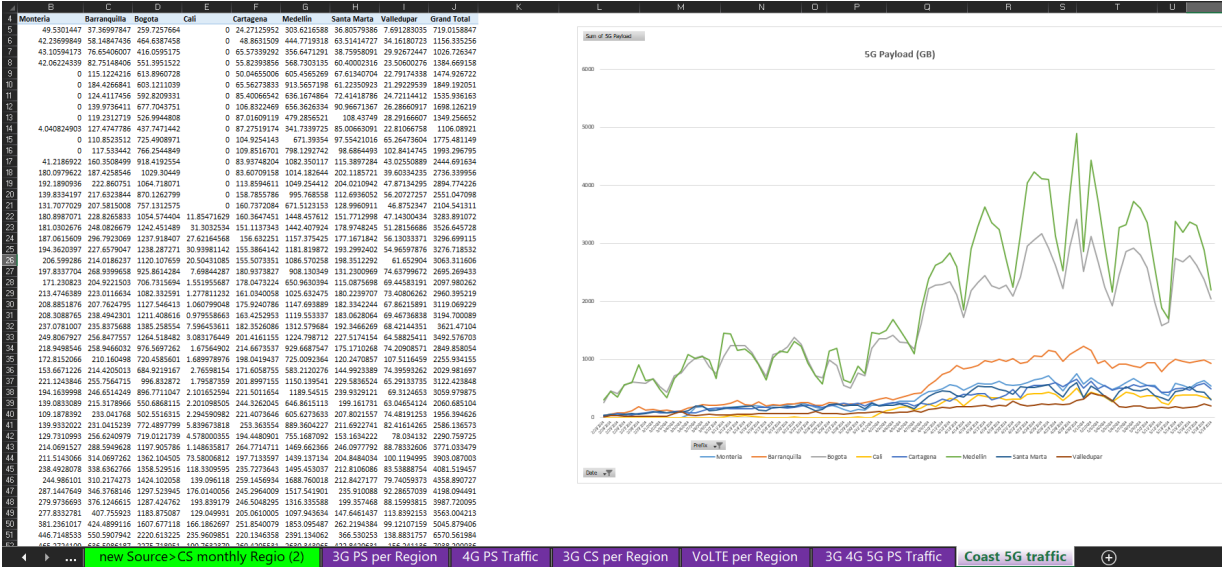


Figura 4. Muestra el tráfico total UMTS, LTE y 5G de las últimas semanas y el porcentaje correspondiente.

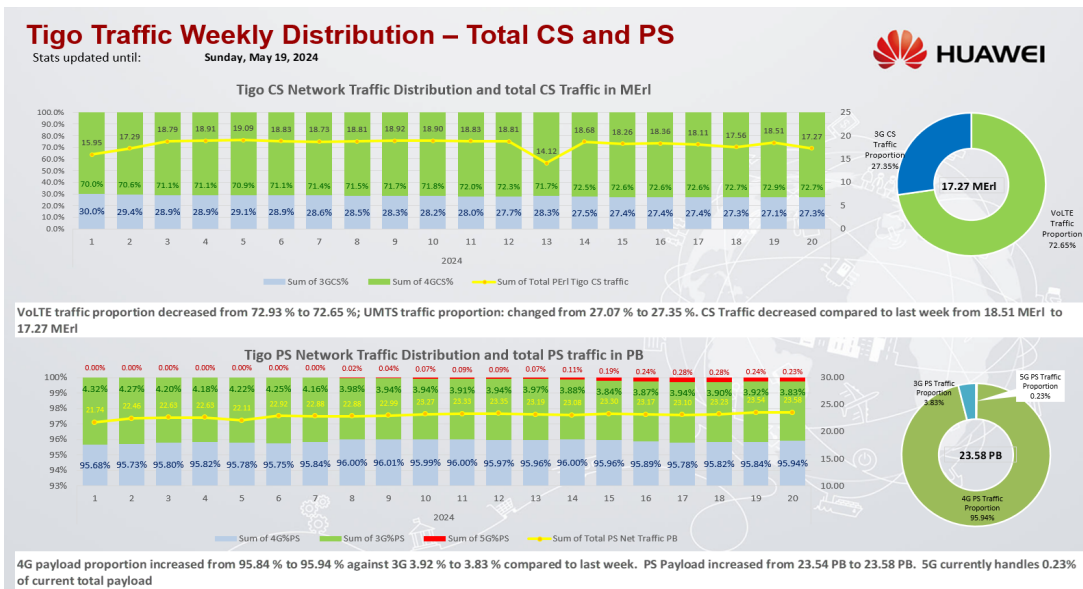
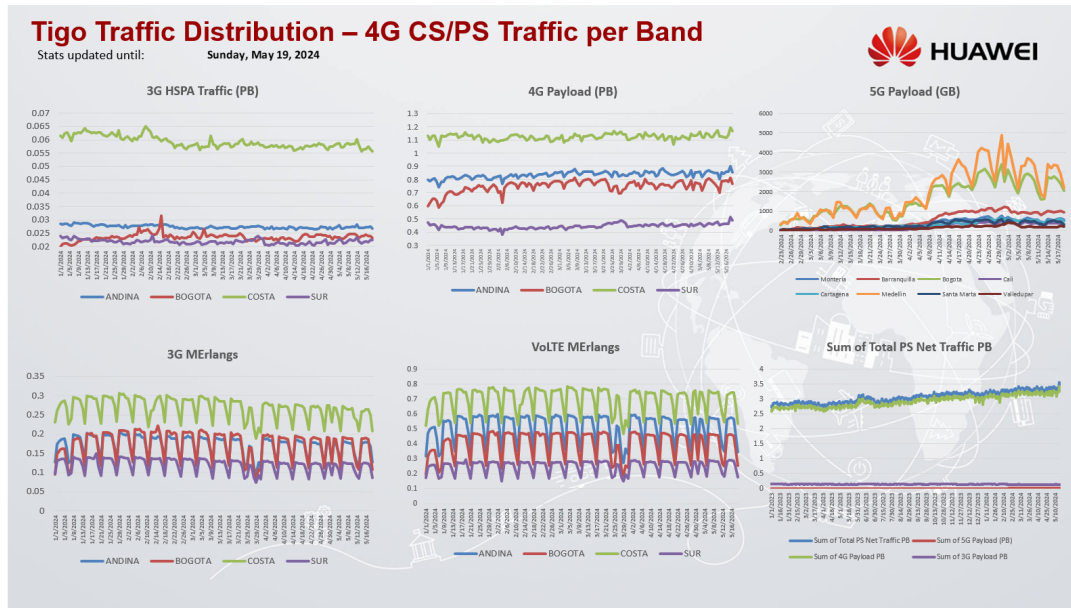


Figura 5. Muestra la cantidad de datos transmitidos en UMTS, LTE y 5G y la intensidad del tráfico de voz.



4.2 Creación de Estándar para Clasificación de Ciudades en el Proyecto “Tigo Rural”

Se estableció un estándar efectivo para la clasificación de ciudades en el proyecto “Tigo Rural”. Se definieron criterios estandarizados basados en variables como el estado de las carreteras y la disponibilidad de transporte. La clasificación resultante facilitó la organización de sitios, y las diapositivas creadas, respaldadas por imágenes satelitales y mapas geológicos, presentaron la información de manera clara. Las revisiones y ajustes continuos aseguraron la precisión de la clasificación.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	AO	AP	AQ	AR	AS	AT	AU	AV	AW	AX	AY	AZ	BA	BB	BC	BD	BE	BF	BG	BH	BI	BJ	BK	BL	BM	BN	BO	BP	BQ	BR	BS	BT	BV	BW	BX	BY	BZ	CA	CB	CC	CD	CE	CF	CG	CH	CI	CJ	CK	CL	CM	CN	CO	CP	CQ	CR	CS	CT	CU	CV	CW	CX	CY	CZ	DA	DB	DC	DD	DE	DF	DG	DH	DI	DJ	DK	DL	DM	DN	DO	DP	DQ	DR	DS	DT	DV	DW	DX	DY	DZ	EA	EB	EC	ED	EE	EF	EG	EH	EI	EJ	EK	EL	EM	EN	EO	EP	EQ	ER	ES	ET	EU	EV	EW	EX	EY	EZ	FA	FB	FC	FD	FE	FF	FG	FH	FI	FJ	FK	FL	FM	FN	FO	FP	FQ	FR	FS	FT	FV	FW	FX	FY	FZ	GA	GB	GC	GD	GE	GF	GG	GH	GI	GJ	GK	GL	GM	GN	GO	GP	GQ	GR	GS	GT	GU	GV	GW	GX	GY	GZ	HA	HB	HC	HD	HE	HF	HG	HH	HI	HJ	HK	HL	HM	HN	HO	HP	HQ	HR	HS	HT	HU	HV	HW	HX	HY	HZ	IA	IB	IC	ID	IE	IF	IG	IH	II	IJ	IK	IL	IM	IN	IO	IP	IQ	IR	IS	IT	IU	IV	IW	IX	IY	IZ	JA	JB	JC	JD	JE	JF	JG	JH	JI	IJ	JK	KL	KM	KN	KO	KP	KQ	KR	KS	KT	KU	KV	KW	KX	KY	KZ	LA	LB	LC	LD	LE	LF	LG	LH	LI	LJ	LK	LL	LM	LN	LO	LP	LQ	LR	LS	LT	LU	LV	LW	LX	LY	LZ	MA	MB	MC	MD	ME	MF	MG	MH	MI	MJ	MK	ML	MM	MN	MO	MP	MQ	MR	MS	MT	MU	MV	MW	MX	MY	MZ	NA	NB	NC	ND	NE	NF	NG	NH	NI	NJ	NK	NL	NM	NN	NO	NP	NQ	NR	NS	NT	NU	NV	NW	NX	NY	NZ	OA	OB	OC	OD	OE	OF	OG	OH	OI	OJ	OK	OL	OM	ON	OO	OP	OQ	OR	OS	OT	OU	OV	OW	OX	OY	OZ	PA	PB	PC	PD	PE	PF	PG	PH	PI	PJ	PK	PL	PM	PN	PO	PP	PQ	PR	PS	PT	PV	PW	PX	PY	PZ	QA	QB	QC	QD	QE	QF	QG	QH	QI	QJ	QK	QL	QM	QN	QO	QP	QQ	QR	QS	QT	QU	QV	QW	QX	QY	QZ	RA	RB	RC	RD	RE	RF	RG	RH	RI	RJ	RK	RL	RM	RN	RO	RP	RQ	RR	RS	RT	RU	RV	RW	RX	RY	RZ	SA	SB	SC	SD	SE	SF	SG	SH	SI	SJ	SK	SL	SM	SN	SO	SP	SQ	SR	SS	ST	SU	SV	SW	SX	SY	SZ	TA	TB	TC	TD	TE	TF	TG	TH	TI	TJ	TK	TL	TM	TN	TO	TP	TQ	TR	TS	TT	TU	TV	TW	TX	TY	TZ	UA	UB	UC	UD	UE	UF	UG	UH	UI	UJ	UK	UL	UM	UN	UO	UP	UQ	UR	US	UT	UU	UV	UW	UX	UY	UZ	VA	VB	VC	VD	VE	VF	VG	VH	VI	VJ	VK	VL	VM	VN	VO	VP	VQ	VR	VS	VT	VU	VV	VW	VX	VY	VZ	WA	WB	WC	WD	WE	WF	WG	WH	WI	WJ	WK	WL	WM	WN	WO	WP	WQ	WR	WS	WT	WU	WV	WW	WX	WY	WZ	XA	XB	XC	XD	XE	XF	XG	XH	XI	XJ	XK	XL	XM	XN	XO	XP	XQ	XR	XS	XT	XU	XV	XW	XX	XY	XZ	YA	YB	YC	YD	YE	YF	YG	YH	YI	YJ	YK	YL	YM	YN	YO	YP	YQ	YR	YS	YT	YU	YV	YW	YX	YZ	ZA	ZB	ZC	ZD	ZE	ZF	ZG	ZH	ZI	ZJ	ZK	ZL	ZM	ZN	ZO	ZP	ZQ	ZR	ZS	ZT	ZU	ZV	ZW	ZX	ZY	ZZ	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH
--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Se desarrollaron informes detallados de drive test 5G para sitios específicos en Medellín y Bogotá. Las pruebas de campo, realizadas con equipos especializados y la aplicación PHU, proporcionaron datos clave sobre la cobertura y el rendimiento de la red 5G. Los informes en formato PPT destacaron áreas de mejora y recomendaciones, y fueron presentados efectivamente a los equipos técnicos y de gestión, con ajustes realizados según la retroalimentación recibida.

Figura 7. Muestra los resultados de pruebas DL y UL en cada sector del sitio evaluado.

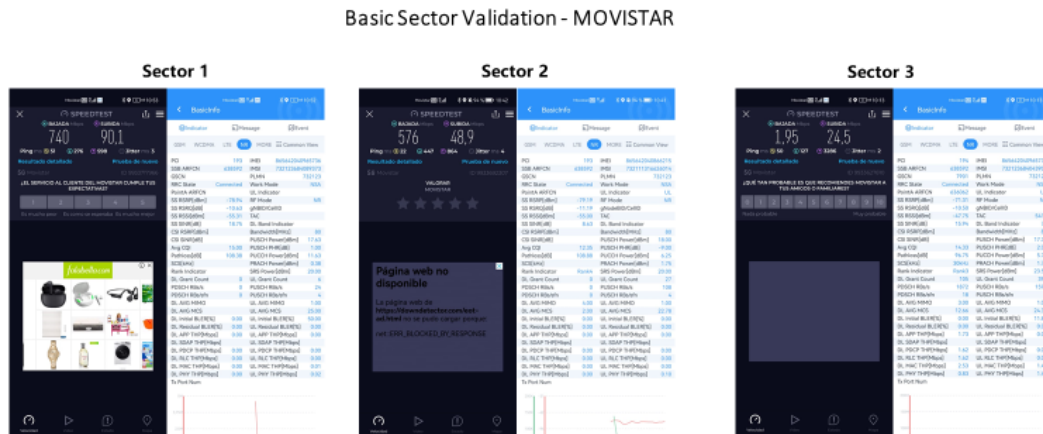


Figura 8. Muestra los resultados de pruebas IDLE RSRP, SINR y PCI.

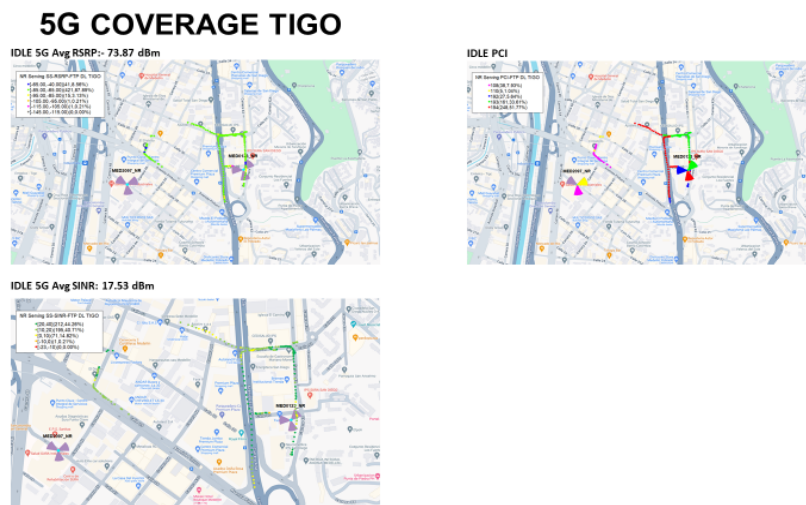
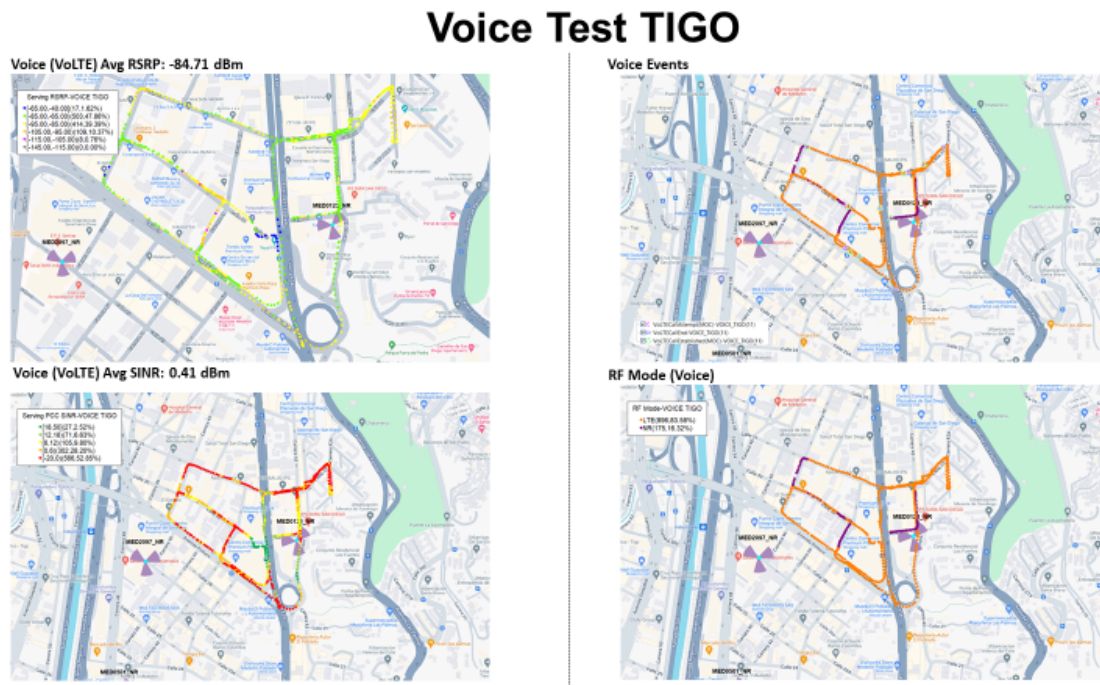


Figura 9. Muestra los resultados de las pruebas de voz.



4.4 Desarrollo de un Script para Automatizar la Carga de Datos en una Base de Datos MySQL

Se desarrolló un script en Python para automatizar la carga de datos de tráfico de Tigo en una base de datos MySQL. El script fusionó y procesó los datos extraídos, y los cargó en la base de datos de manera eficiente. La implementación del script en el entorno de producción optimizó el proceso de manejo de datos, y el monitoreo continuo garantizó su fiabilidad y eficacia a lo largo del tiempo.

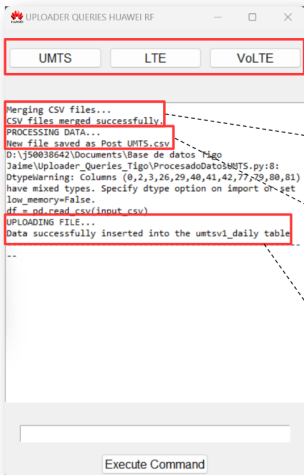
Figura 10. Segmento del código del Data Traffic Uploader.

```

main.py > ...
1 import pandas as pd
2 from sqlalchemy import create_engine
3 from tkinter import Tk, Button, filedialog, messagebox, Text, Scrollbar, Entry, ttk
4 import subprocess
5 import threading
6 import os
7
8 # Importar tus módulos personalizados
9 import Back_merge_VoLTE as bibVoLTE
10 import Back_merge_UMTS as bibUMTS
11 import Back_merge_LTE as bibLTE
12
13 # Configuración del motor de la base de datos
14 engine = create_engine('mysql+pymysql://root:root@localhost:3306/tigo_col_centro')
15
16 def upload_dataframe_to_mysql(dataframe, table_name, engine):
17     """
18     Function to upload a pandas DataFrame to a MySQL table.
19     """
20     print_to_console('UPLOADING FILE...')
21     try:
22         dataframe.to_sql(name=table_name, con=engine, if_exists='append', index=False)
23         print_to_console(f"Data successfully inserted into the {table_name} table")
24         print_to_console('-----')
25         messagebox.showinfo("Success", f"Data successfully inserted into the {table_name} table")
26     except Exception as e:
27         print_to_console(f"Error inserting data: {e}")
28         messagebox.showerror("Error", f"Error inserting data: {e}")
29
30 def print_to_console(message):
31     console.config(state='normal')
32     console.insert('end', message + '\n')
33     console.config(state='disabled')
34     console.yview('end')
35
36 def run_command(command, follow_up_command=None):
37     """
38     """

```

Figura 11. Explicación del procesado de la herramienta.





Technology selection
This section allows you to choose the technology for which the data will be loaded (UMTS, LTE, VoLTE).



Merge
This section shows the process and result of combining multiple CSV files into a single file.



Post- Processing
The data fields are adapted to be compatible with the database table. Additionally, the calculation is made to obtain the values of the last fields such as: CellName, ENodeBHomo and Band.



Upload
The connection to the database is made and uploaded to the corresponding table.

Info message
Displays a confirmation that the data has been uploaded correctly or otherwise any errors that may have occurred.



4.5 Beneficios Obtenidos

4.5.1 Elaboración y Presentación de Informes Semanales sobre el Tráfico Nacional de Tigo

- **Mejora en la Toma de Decisiones:** Los informes semanales proporcionaron datos precisos y actualizados sobre el tráfico de Tigo, lo que facilitó la toma de decisiones informadas y basadas en datos.
- **Visibilidad y Transparencia:** La presentación regular de informes a los equipos permitió una mayor visibilidad del desempeño de la red, promoviendo la transparencia en la comunicación de resultados.
- **Optimización de Procesos:** La retroalimentación y las revisiones periódicas ayudaron a refinar el proceso de generación de informes, mejorando su precisión y utilidad.

4.5.2 Definición de Criterios para la Clasificación de Ciudades en el Proyecto “Tigo Rural”

- **Planificación Efectiva:** La clasificación estandarizada de ciudades permitió una planificación más precisa y eficiente del proyecto “Tigo Rural”, alineando mejor los recursos y estrategias con las necesidades específicas de cada sitio.
- **Mejoras en la Gestión del Proyecto:** Los criterios claros y estandarizados facilitaron la organización y gestión de los sitios del proyecto, mejorando la ejecución y supervisión del mismo.
- **Visualización Clarificada:** Las diapositivas con imágenes y mapas proporcionaron una representación visual clara y accesible de los resultados de la clasificación, facilitando la comprensión y el análisis.

4.5.3 Generación de Informes de Drive Test 5G para Localizaciones Específicas en Medellín y Bogotá

- **Identificación de Áreas de Mejora:** Los informes de drive test 5G ayudaron a identificar áreas con potenciales problemas de cobertura y rendimiento, permitiendo a los equipos tomar medidas correctivas.
- **Optimización de la Red:** La información detallada sobre el rendimiento de la red 5G facilitó la optimización de la infraestructura, mejorando la calidad del servicio en Medellín y Bogotá.
- **Comunicación Efectiva:** La presentación de los informes en formato PPT garantizó una comunicación clara y efectiva de los resultados y recomendaciones a los equipos técnicos y de gestión.

4.5.4 Automatización del Proceso de Carga de Datos en una Base de Datos MySQL

- **Eficiencia Operativa:** La automatización de la carga de datos redujo significativamente el tiempo y esfuerzo requerido para procesar y cargar la información, aumentando la eficiencia operativa.
- **Reducción de Errores:** La automatización minimizó la posibilidad de errores manuales durante la carga de datos, garantizando la integridad y precisión de la información en la base de datos.
- **Mejora en la Gestión de Datos:** El script permitió una gestión de datos más organizada y sistemática, facilitando el acceso y análisis de la información de tráfico de Tigo para su posterior utilización.

5. Discusión

La participación en proyectos tecnológicos durante las prácticas en Huawei Colombia ha llevado a una mejora significativa en varias áreas clave. La generación y presentación de informes semanales de tráfico de Tigo ha permitido una visión más clara y precisa del desempeño de la red a nivel nacional. Este proceso ha mejorado la toma de decisiones y ha proporcionado una base sólida para la planificación y optimización de la red. Sin embargo, es importante continuar refinando los métodos de análisis para captar tendencias emergentes y adaptar los informes a las necesidades cambiantes de la red. El establecimiento de estándares para la clasificación de ciudades en el proyecto “Tigo Rural” ha facilitado una planificación más efectiva y una gestión más organizada del proyecto. La implementación de criterios claros para clasificar las ciudades ha optimizado la asignación de recursos y la ejecución del proyecto. No obstante, se sugiere revisar y actualizar los criterios de clasificación periódicamente para incorporar nuevos datos y condiciones que puedan afectar la planificación. La creación de informes de drive test 5G para sitios específicos en Medellín y Bogotá ha proporcionado información crucial para la evaluación y mejora de la cobertura y el rendimiento de la red 5G en estas ciudades. Este trabajo ha resaltado áreas de mejora y ha apoyado la optimización de la infraestructura de la red. Sin embargo, se recomienda tener una mejor coordinación con las cuadrillas para minimizar el riesgo de errores al momento de realizar las pruebas. El desarrollo de un script para automatizar la carga de datos en una base de datos MySQL ha optimizado el proceso de manejo de datos, reduciendo el tiempo y esfuerzo necesarios para la carga de información y minimizando errores manuales. Esta automatización ha mejorado la eficiencia operativa y la precisión de los datos. Para seguir avanzando, es aconsejable considerar la

implementación de mecanismos de monitoreo continuo y mantenimiento del script para asegurar su fiabilidad y adaptabilidad a futuros cambios en los datos.

6. Conclusiones

En conclusión, mis prácticas profesionales en Huawei Colombia han sido una experiencia fundamental para aplicar y consolidar conocimientos en un entorno profesional de vanguardia. Durante este período, se alcanzaron importantes logros que contribuyeron significativamente al desarrollo de habilidades prácticas y técnicas. La generación y presentación de informes semanales de tráfico ha permitido una comprensión más precisa del desempeño de la red de Tigo a nivel nacional, mejorando la toma de decisiones y la visibilidad operativa. El establecimiento de criterios para la clasificación de ciudades en el proyecto “Tigo Rural” ha optimizado la planificación y gestión, facilitando una asignación más efectiva de recursos en áreas urbanas y rurales. Además, la creación de informes de drive test 5G para Medellín y Bogotá ha proporcionado datos cruciales para la evaluación y mejora de la cobertura y el rendimiento de la red, destacando áreas de optimización. El desarrollo de un script para automatizar la carga de datos en una base de datos MySQL ha aumentado la eficiencia operativa, reduciendo el tiempo y esfuerzo necesarios para el manejo de información y minimizando errores. Estos logros no solo reflejan avances en la gestión y optimización de procesos, sino que también subrayan la importancia de la integración tecnológica y la innovación en el sector de telecomunicaciones. La experiencia adquirida ha sido valiosa para el desarrollo profesional, estableciendo una sólida base para enfrentar futuros desafíos y oportunidades en el campo.

Referencias

- [1] Dahlman, E., Parkvall, S., & Sköld, J. (2018). *5G NR: The Next Generation Wireless Access Technology*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/C2017-0-01347-2>
- [2] Osseiran, A., Boccardi, F., Braun, V., Kusume, K., Marsch, P., Maternia, M., ... & Fallgren, M. (2014). Scenarios for 5G mobile and wireless communications: the vision of the METIS project. *IEEE Communications Magazine*, 52(5), 26-35. 10.1109/MCOM.2014.6815890
- [3] Sesia, S., Toufik, I., & Baker, M. (2011). *LTE - The UMTS Long Term Evolution: From Theory to Practice*. Wiley.
- [4] Redes móviles: qué son, cómo funcionan y qué tipos existen. (s. f.). Entel Comunidad Empresas. <https://ce.entel.cl/articulos/redes-moviles/#:~:text=Podemos%20definir%20las%20redes%20m%C3%B3viles,de%20radio%20de%20baja%20potencia.>
- [5] Muñoz, K., Lara, R., & León, R. (n.d.). Análisis de la tecnología Long Term Evolution (LTE) para su posible implementación en el Ecuador, 2024, <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4700/2/T-ESPE-032817-A.pdf>
- [6] “¿Qué Es La Gestión de Red? | Glosario.” *Hpe.com*, Hewlett Packard, 2024, www.hpe.com/lamerica/es/what-is/network-management.html#:~:text=La%20gesti%C3%B3n%20de%20red%20es%20un%20proceso%20de%20varias%20facetas.
- [7] HERRAMIENTAS. (s. f.). 2024. <http://www.ecuatele.net/calidad/herramientas.html>
- [8] GSMA. *Espectro 5G Posición de Política Pública de La GSMA*. 2019. <https://www.gsma.com/connectivity-for-good/spectrum/wp-content/uploads/2019/10/5G-Spectrum-Positions-SPA.pdf>
- [9] Huawei Colombia. “Regulations.” *Consumer.huawei.com*, 2024, consumer.huawei.com/co/legal/privacy-policy/regulations/.