



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

DESARROLLO DE UN PANEL DE CONTROL PARA LA VISUALIZACIÓN Y ANÁLISIS DE INDICADORES DE CALIDAD DE RED 5G EN UNA EMPRESA DE TELECOMUNICACIONES

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERA CIVIL
INDUSTRIAL

ÚRSULA FLORENCIA KOLLER MELÉNDEZ

PROFESOR GUÍA:
BLAS DUARTE ALLEUY

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
ROCÍO RUIZ MORENO
NICOLÁS CISTERNAS GONZÁLEZ

SANTIAGO DE CHILE
2024

**RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR
AL TÍTULO DE:** Ingeniera Civil Industrial
ESTUDIANTE: Úrsula Florencia Koller Meléndez
FECHA: 2024
PROFESOR GUÍA: Blas Duarte Alleuy

DESARROLLO DE UN PANEL DE CONTROL PARA LA VISUALIZACIÓN Y ANÁLISIS DE INDICADORES DE CALIDAD DE RED 5G EN UNA EMPRESA DE TELECOMUNICACIONES

La presente memoria expone los resultados de un panel de control para la visualización y análisis de indicadores de calidad de red 5G en una empresa de telecomunicaciones en Chile. Dado el rápido avance de las telecomunicaciones y la creciente demanda por una mejor calidad de servicio, la red 5G se posiciona como un elemento clave para mejorar la experiencia del cliente. Este avance tecnológico no solo promete velocidades más rápidas, sino que también una menor latencia y mayor capacidad de conexión simultánea, transformando fundamentalmente cómo las empresas y los consumidores interactúan con la tecnología móvil.

El objetivo principal del proyecto fue crear un panel de control que optimizará la toma de decisiones sobre la asignación de recursos para la inversión y el mantenimiento de antenas en todo el país. Indicadores como la velocidad de descarga, tráfico, disponibilidad y portabilidad fueron esenciales en este proceso.

El estudiante desempeñó un papel fundamental en todas las etapas del proyecto, desde la planificación hasta la implementación, incluyendo el desarrollo de nuevas vistas y automatizaciones del panel. Sin embargo, se enfrentó a desafíos técnicos, especialmente en el proceso ETL y la integración de datos, que requieren soluciones innovadoras para garantizar la integridad y calidad de la información utilizada. Además, la coordinación con los equipos técnicos y la validación de datos mediante metodologías ágiles y herramientas como AWS y Heavy.AI. Se utilizó una metodología integrada que combinó enfoques ágiles con la implementación de tecnologías avanzadas para asegurar una rápida implementación y validación del panel de control.

Los principales resultados del proyecto incluyen la creación de una tabla de priorización de antenas, la cual utiliza métricas de calidad de red para identificar y priorizar áreas críticas de mejora. Esta herramienta proporciona a la empresa una visión clara y detallada del estado actual de la red 5G, permitiendo decisiones informadas sobre dónde dirigir recursos y esfuerzos de mejora. Además, la automatización del panel de control asegura que los datos se actualicen de manera regular, lo que mejora la capacidad de respuesta ante fluctuaciones en la calidad del servicio y facilita la toma de decisiones en tiempo real.

El panel de control mejora la toma de decisiones basada en datos y establece una base sólida para la gestión futura de la red 5G. Se recomienda la inclusión de indicadores de satisfacción del cliente y la automatización continua del panel para mantener su relevancia y efectividad a largo plazo.

*Para mis angelitos que me
cuidan desde el cielo.*

Agradecimientos

Aún recuerdo el año 2019, cuando ingresé a la universidad; era un joven llena de sueños, dudas y motivación por la gran etapa que estaba a punto de comenzar. A lo largo de estos años, fui forjando mi personalidad, que hoy me caracteriza por ser una mujer sensible, radiante y observadora. Estos seis años los llevaré en mi memoria por el resto de mi vida, y estoy profundamente agradecida por todas las personas que me acompañaron en este camino. Cada una de ellas aportó un toque especial a esta etapa tan significativa, y sin su compañía, el trayecto habría sido mucho más difícil.

Quiero comenzar agradeciendo a mi familia, las personas más importantes e incondicionales que tendré ahora y siempre. A mis hermano, Pablo y Javier, quienes siempre lograron sacarme una sonrisa, incluso en los momentos más estresantes. A la Rosi, que siempre está atenta a los pequeños detalles y me ayuda a resolver mis problemas. A mis padres, Claudia y Alejandro, las personas más importantes en mi vida. Gracias a todo lo que me han enseñado, estoy donde estoy hoy, y me siento infinitamente agradecida por su apoyo incondicional y paciencia a lo largo de estos años. Al final, lo que más importa es la familia; son quienes mejor te conocen y estarán ahí cuando los necesites, sin peros ni condiciones. Uno de los mayores aprendizajes que me llevo de mis papas es la importancia de estar cerca de la familia y ser incondicional, así como el valor del esfuerzo y la perseverancia. Ellos me enseñaron que, a pesar de las dificultades, con dedicación y trabajo constante es posible superar cualquier obstáculo.

A mis amigas: Elisa, María y Camila quienes fueron un pilar fundamental, especialmente en los últimos años. Gracias por enseñarme lo que es una verdadera amistad y por estar siempre a mi lado, sin juzgar ni dudar en acompañarme en todo momento. Me siento muy afortunada de poder compartir mi vida con ustedes y sé que nuestra amistad perdurará por el resto de nuestras vidas. A mis amigas del colegio, Antoliz y Floppy, con quienes tuve el privilegio de compartir la universidad. Gracias por su preocupación y por prestarme su hombro en los momentos que lo necesité. Sin duda, son de mis amistades más antiguas, quienes conocen todas mis mañas y siempre tienen las palabras exactas en los momentos precisos.

A mi querido equipo de handball, no tengo palabras para expresar todo lo que me enseñaron. Mi momento favorito del día era poder entrenar junto a ustedes. Gracias por acompañarme y confiar en mí todos estos años; nunca las olvidaré, y cada una de ustedes dejó un aprendizaje que me acompañará por el resto de mi vida. Seba, desde el primer día que llegué al equipo, me recibiste con los brazos abiertos, siempre dispuesto a escucharme, sin importar lo pequeño que fuera el problema. Estoy agradecida de todo corazón por todo lo que me enseñaste, tanto dentro como fuera de la cancha. Tus sabios consejos, que en más de una ocasión me ayudaron a aclarar el camino a seguir, me enseñaron a creer en mí misma y a entender que nadie más que yo puede levantarme. Gracias por mostrarme que el deporte es como la vida: se puede errar, pero jamás abandonar.

Por último, quiero expresar mi gratitud a los amigos que me acompañaron en este viaje. A todos los que se cruzaron en mi camino, ya sea para ayudarme, darme un consejo o simplemente compartir un momento, gracias.

Tabla de Contenido

Capítulo 1 : Antecedentes Generales	1
1.1. Contexto industrial: Telecomunicaciones	1
1.2. Conceptos clave.....	2
1.2.1. Velocidad de descarga	2
1.2.2. Tráfico de la antena.....	2
1.2.3. Disponibilidad.....	2
1.2.4. Portabilidad	3
1.3. Empresa Nacional de Telecomunicaciones	3
Capítulo 2 : Descripción del problema	6
Capítulo 3 : Descripción y justificación del proyecto	7
Capítulo 4 : Objetivo del proyecto.....	10
4.1. Objetivo general	10
4.2. Objetivos específicos.....	10
Capítulo 5 : Alcances	11
Capítulo 6 : Marco conceptual.....	12
6.1. Introducción a las redes móviles	12
6.2. Estructura de una antena de red móvil	12
6.3. Amazon Web Services (AWS).....	13
6.4. Heavy.AI.....	14
6.5. Extracción, Transformación y Carga de datos (ETL)	14
6.6. Metodología de desarrollo de un panel de control	15
6.7. Key Performance Indicator (KPI)	16
Capítulo 7 : Metodología	17
7.1. Planificación ágil	17
7.1.1. Contexto del proyecto	17
7.1.2. Recopilación de requisitos	17
7.2. Diseño y construcción	18

7.2.1. Fuentes de datos	18
7.2.2. Proceso ETL.....	18
7.2.3. Construcción del piloto	19
7.2.4. Configuración panel de control.....	19
7.2.5. Validación	19
7.3. Plan de implementación	20
Capítulo 8 : Desarrollo de resultados.....	21
8.1. Desarrollo	21
8.1.1. Contexto del proyecto	21
8.1.2. Requisitos del panel de control	21
8.1.3. Fuentes de datos	22
8.1.4. Indicadores	22
8.1.5. ETL	24
8.1.6. Levantamiento del panel de control.....	25
8.2. Resultados.....	29
8.2.1. Contexto del proyecto	29
8.2.2. Panel de control.....	31
Capítulo 9 : Conclusiones	34
Capítulo 10 : Discusiones	36
Bibliografía.....	40
Anexos.....	43
Anexo A. Variables data 5G.....	43
Anexo B. Escala de colores para el tráfico de los POP.....	44
Anexo C. Cálculo indicadores utilizados	44
Anexo D. Función Spread	45
Anexo E. Matriz de correlación.....	45
Anexo F. Gráfico de barras macrozonas	46
Anexo G. Gráfico de barras categorías.....	46
Anexo H. Boxplots velocidad de descarga por categoría.....	47
Anexo I. Boxplots tráfico de la antena por categoría	47

Índice de Tablas

Tabla 0.1 Explicación y origen variables data 5G.....	43
---	----

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1.1 Evolución de tráficos de internet móvil por operador. Fuente: SUBTEL...	2
Ilustración 6.1 Estructura de una antena móvil. Elaboración propia.....	13
Ilustración 6.2 . Estructura de los servicios de AWS. Elaboración propia.	14
Ilustración 8.1 Histograma velocidad de descarga (Mbps)	23
Ilustración 8.2 Cuartiles variable tráfico de la antena	23
Ilustración 8.3 Vista de velocidad de descarga panel de control.....	26
Ilustración 8.4 Vista de tráfico de la antena panel de control.	26
Ilustración 8.5 Vista priorización de antenas panel de control.....	27
Ilustración 8.6 MUT: Promedio velocidad de descarga por mes, macrozona, comuna y categoría.	28
Ilustración 8.7 Histograma tráfico de la antena (MB).....	30
Ilustración 8.8 Gráfico de dispersión.....	30
Ilustración 8.9 Visualización geográfica velocidad de descarga.....	31
Ilustración 8.10 Visualización geográfica tráfico de los POP.....	32

Capítulo 1: Antecedentes Generales

1.1. Contexto industrial: Telecomunicaciones

El sector de las telecomunicaciones es fundamental para la economía moderna, actuando como un pilar esencial para la transmisión de información y facilitando la conexión entre personas y dispositivos a nivel global. Durante la última década ha experimentado un crecimiento notable, que ha impulsado la economía global, contribuyendo con un 5,4% al PIB mundial en 2023, lo que es equivalente a aproximadamente 5,2 millones de dólares según las estimaciones de la GSMA, patronal mundial de las empresas de telecomunicaciones, en su informe “La Economía Móvil 2024” presentado durante el Mobile World Congress (MWC).

La cobertura de la red 5G aumenta de manera exponencial en el mundo. A finales de 2023, se estimó que más de 2000 millones de personas tenían acceso a 5G, con más de 700 redes activas en 130 países. Asimismo, se espera que esta cobertura crezca a un ritmo acelerado y alcance a más de 4500 millones de personas para el 2025 [18].

En este contexto de rápida evolución, la transición hacia la tecnología 5G marca un hito significativo, con el potencial de transformar múltiples industrias. Esta tecnología no solo promete velocidades de conexión hasta 100 veces más rápidas que 4G, sino que también abre nuevas posibilidades como el Internet de las cosas (IoT), la automatización industrial, y los servicios en la nube. Sin embargo, también plantea desafíos, como la necesidad de invertir en infraestructura, la gestión de un volumen de datos mayor, y la adaptación a un entorno regulatorio en constante cambio. Estas cifras y tendencias subrayan la importancia estratégica de las telecomunicaciones y la relevancia crítica de la implementación exitosa de la tecnología 5G.

El 5G ofrece una mejor experiencia del cliente gracias a una mayor velocidad, capacidad y confiabilidad de la red. Las empresas pueden utilizar 5G para ofrecer servicios personalizados, mejorar la atención al cliente y aumentar su satisfacción. Esta tecnología abre nuevas posibilidades para la creación de productos y servicios innovadores, como la realidad virtual y aumentada, la telemedicina, el Internet of Things (IoT) y los vehículos conectados [18].

En el 2023, las velocidades promedio de descarga 5G superaron los 100 Mbps. La capacidad también mejoró de manera significativa y permitió que más dispositivos se conectaran en simultáneo sin afectar el rendimiento [18].

El mercado de telecomunicaciones en Chile, en 2023, registró un valor de 6,7 mil millones de dólares. Se estima que el mercado crecerá y alcanzará un valor de alrededor de 8,84 mil millones de dólares en 2032. Este crecimiento significativo se atribuye al aumento en el uso de dispositivos inteligentes, lo que también genera una mayor demanda de servicios de internet de alta velocidad. [1]. La tecnología 5G en Chile se está convirtiendo en un pilar crucial para el desarrollo económico, con una creciente demanda que requiere una gestión eficiente de los recursos de red.

En Chile existe la subsecretaría de telecomunicaciones (SUBTEL), dependiente del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, desempeña un papel crucial en la regulación y supervisión del sector. Sus responsabilidades principales incluyen la formulación de políticas naciona-

les, la supervisión de empresas tanto públicas como privadas dentro del país, y el aseguramiento del cumplimiento de las leyes y normativas aplicables [2].

Dentro del contexto del tráfico de internet móvil, Entel lidera en comparación con sus competidores. Según la ilustración 1.1, Entel, Wom, Movistar y Claro concentran el 99,0% del tráfico móvil total [2]. Evidenciando la posición destacada de Entel en este aspecto.

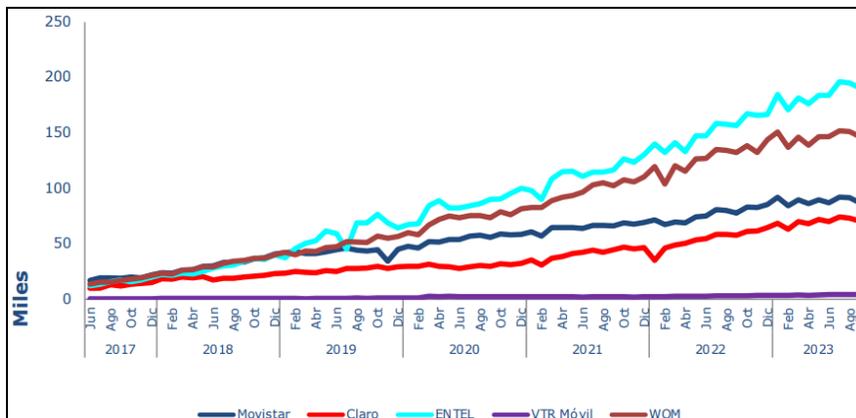


Ilustración 2.1 Evolución de tráficos de internet móvil por operador. Fuente: SUBTEL

1.2. Conceptos clave

1.2.1. Velocidad de descarga

Se refiere a la cantidad de datos que un dispositivo puede recibir desde la red en un periodo de tiempo determinado, generalmente se mide en bits por segundos (bps), megabits por segundos (Mbps), entre otros. La velocidad es crucial para actividades como la descarga de archivos, transmisión de videos de alta calidad o navegación por internet. Los factores que influyen en la velocidad de descarga en relación con las antenas móviles corresponden a la cobertura de la señal, capacidad de transmisión, congestión de la red y la tecnología a la que se tiene acceso. [19]

1.2.2. Tráfico de la antena

Se refiere a la cantidad de datos que fluyen a través de una celda de red móvil en un determinado periodo de tiempo, generalmente se mide en megabytes (MB) por hora o día. Esta métrica permite monitorear y gestionar la capacidad de las celdas para garantizar un servicio de calidad a los usuarios. Los factores claves que influyen en el tráfico de la celda son la capacidad de la antena, el balance de descarga, gestión de la congestión y la expansión de la capacidad. [19]

1.2.3. Disponibilidad

La disponibilidad corresponde a un indicador que mide el porcentaje de tiempo que el POP estuvo disponible para ser utilizado por los usuarios en un periodo de tiempo, en este caso en un día.

1.2.4. Portabilidad

También se cuenta con el Port Out que se define como el proceso mediante el cual el operador actual debe traspasar o entregar el número a solicitud de la empresa receptora por medio del Organismo Administrador de la Portabilidad (OAP). [15]

Estos indicadores son los que se utilizan en el desarrollo del proyecto del estudiante, ya que a partir de ellos se puede observar cómo está la calidad de la red 5G en cada POP.

Por último, en la base de datos 5G presente en el data lake de la empresa existe la variable “categorías” la cual es de tipo categórica y hace referencia a la división de categorías según la cantidad de habitantes en un sector. Se tiene: Ciudades >25K habitantes, Localidades [5k;25K], Pueblos [1K;5K] y Otros (Turísticas, No Urbanos, Sin_pop) <1K.

1.3. Empresa Nacional de Telecomunicaciones

La Empresa Nacional de Telecomunicaciones (Entel) es una compañía privada líder en tecnología y telecomunicaciones, ofreciendo servicios de conectividad móvil y fija, para los segmentos de personas, empresas y grandes corporaciones, además de un servicio de call center. Entel cuenta con operaciones en Chile y Perú, sumando 20 millones de abonados móviles y con ingresos anuales consolidados de \$2.573.459 millones al 31 de diciembre del 2023 [7].

La visión indicada en la memoria del año 2023 es “Que la tecnología puede mejorar positivamente la vida diaria de las personas favoreciendo su desarrollo (...)”. Su propósito corresponde a “Digitalizar inclusivamente al entorno y generar oportunidades a través del uso de la tecnología en la vida diaria y los negocios (...)” [7].

De acuerdo con la Memoria 2023 de Entel [7], los negocios y actividades se pueden clasificar, a grandes rasgos, en móviles y fijos. Los móviles corresponden a los productos y servicios que se ofrecen a través de las redes móviles (3G, 4G y 5G), incluyendo servicios de voz, banda ancha móvil y venta de equipos móviles. El negocio fijo incluye servicios a través de redes fijas, como la fibra óptica al hogar y servicios de conectividad.

Uno de los pilares estratégicos fundamentales de Entel es la gestión del capital humano. La empresa se compromete a mantener un ambiente de trabajo sano, desafiante y motivador. En 2023 Entel estuvo entre los 10 mejores del ranking de MERCO, el cual evalúa la reputación corporativa de las empresas con el objetivo de medir la percepción que tienen los distintos grupos de interés como empleados, clientes, proveedores y la sociedad en general [7-8].

A finales del 2023 Entel contaba con 12.743 personas, donde un 54% correspondía a hombres y un 46% a mujeres, porcentajes bastante balanceados. Por otro lado, la distribución de género cambia en los niveles de la alta gerencia, con un 87% de hombres y un 13% de mujeres [7].

El organigrama de la empresa se estructura en tres niveles principales: el directorio, la gerencia general y diez subgerencias o vicepresidencias. Dentro de esta estructura se encuentra la Gerencia de Data Analytics y Data Governance. Esta está subdividida en cuatro subgerencias, siendo una de ellas la subgerencia de Analytics que, a su vez, se divide en tres comunidades de excelencia operacional, llamadas “*Centre of Excellence*” (CoE): CoE Personas, CoE Empresa y

CoE Central. El trabajo del estudiante se enfocará con el equipo CoE Central, el cual abarca las áreas de Redes, Riesgo y Cobranza.

La imagen corporativa que Entel desea proyectar se resume en 3 áreas, las cuales ayudan a la constante adaptación a cambios que vive la sociedad, impulsados por una digitalización acelerada:

Primero, contar con una gran señal, uno de los principales atributos valorados por los clientes. Es por esto por lo que Entel ha trabajado arduamente para garantizar esta característica, tanto en sectores urbanos como en zonas remotas. Ejemplo de esto es el rápido despliegue de la red 5G, cuyo objetivo es integrar a la mayor cantidad de personas y comunidades a los beneficios de la era digital. Entel fue la primera compañía en completar el 100% del despliegue comprometido con el regulador y la primera en superar el millón de clientes 5G en Chile [7]. Enfrentando desafíos significativos en la gestión de la calidad de la red 5G, creando la necesidad de desarrollar un panel de control para optimizar esta gestión.

Segundo, ofrecer una experiencia 360, esto implica mejorar la experiencia de los clientes. Desde 2021, ejecuta un extenso plan enfocado en ese objetivo —Entel UP—, que abarca desde el funcionamiento de la red hasta la atención brindada en cada uno de sus canales. Esta iniciativa tiene como objetivo instalar una metodología formal permitiendo mantener una conexión profunda con los clientes, base necesaria para desplegar un proceso estructurado de mejora continua [7]. Entel alcanzó el primer lugar en la categoría de Telefonía Móvil en los Premios Alco 2023, reconocidos por su enfoque en la lealtad del consumidor. Estos premios demuestran que existe una correlación entre la lealtad de los clientes y el crecimiento orgánico de una compañía [9].

En tercer lugar, hace referencia a ser más que una empresa de telecomunicaciones, favoreciendo la inclusión digital, fomentando la seguridad de los usuarios en la internet y desarrollando una estrategia de sostenibilidad enfocada en las personas y sus comunidades [7].

A partir del año 2021 la tecnología 5G tomó gran protagonismo en Entel dando inicio la primera fase de despliegue 5G en octubre de aquel año y la concluyó en agosto del 2022. Esa etapa consideró 1.105 estaciones base en 270 comunas, repartidas en todas las regiones del país [7].

En septiembre de 2023, Entel entregó oficialmente el 100% de la segunda y última fase de su proyecto técnico 5G. La compañía fue la primera operadora del país en completar el despliegue comprometido. La segunda fase del proyecto regulatorio se centró en completar la cobertura comunal, además de conectar todas las capitales regionales y provinciales, incluyendo 199 hospitales públicos, 24 ministerios y 16 intendencias. Un 42% del despliegue se concentró en las regiones de Bío-Bío, Araucanía y Los Lagos [7].

Paralelamente, se llevó a cabo un despliegue comercial 5G que consistió en la modernización de 806 sitios y la construcción de 33 nuevos. Este despliegue incluyó las principales ciudades del país, con el fin de complementar la cobertura del concurso y aumentar la presencia de la nueva red en las zonas de mayor demanda. Esto ha permitido que Entel tenga hoy más de 1.500.000 clientes usuarios de 5G en Chile [7].

En resumen, Entel cuenta con 1.595 estaciones 5G desplegadas en Chile al final del 2023, 32% de participación de mercado en el tráfico de datos móviles, donde los usuarios con un uso más intensivo de este servicio privilegian a Entel [7]. La rápida expansión de la red 5G requiere

de herramientas, como un panel de control, para asegurar una gestión eficiente y una mejor experiencia del usuario.

Capítulo 2: Descripción del problema

Entel enfrenta una falta de herramientas adecuadas para monitorizar y analizar el rendimiento de su red 5G, impidiendo la toma de decisiones informada sobre la ubicación y mantenimiento de antenas. En un entorno altamente competitivo como el de las telecomunicaciones, es fundamental tener en consideración el impacto que tienen estas decisiones y acciones en la experiencia del cliente. Aspectos como la calidad del servicio, rapidez de respuesta y transparencia en la comunicación, son cruciales para mantener y mejorar la satisfacción de cliente.

Entel, buscando ser líder en experiencia del cliente, desarrolló un ambicioso proyecto relacionado con la tecnología 5G. Este proyecto se dividió en dos fases con el objetivo de desplegar el 5G en todo Chile. Para el año 2023, la segunda fase estaba completa, con 1.595 estaciones cubriendo 270 comunas, desde Arica a Puerto Williams.

Durante este proceso, Entel identificó la ausencia de un panel de control integral para entender el comportamiento de la red 5G en las distintas zonas geográficas del país. Lo que ha llevado a una distribución ineficiente de recursos, con zonas geográficas críticas no recibiendo la atención necesaria, resultando en no tener conocimiento de la calidad del servicio entregado. Esta falta de visión integral limita a la empresa a no poder cumplir al 100% con su compromiso de acercar el 5G a la mayor cantidad de chilenos.

Esta carencia de herramientas representa un obstáculo para que Entel alcance los objetivos diferenciadores planteados, que corresponden a ser líderes en experiencia de clientes, mediante servicios diferenciadores, innovaciones tecnológicas y atención personalizada que genere ventajas competitivas y sostenibles en un mercado desafiante [7].

El desarrollo del panel de control permitirá a Entel visualizar y analizar en tiempo real los indicadores de calidad de la red 5G, optimizando la asignación de recursos y mejorando la experiencia del usuario.

Al acceder al panel de control, toda la información necesaria estará en un solo lugar. Esto permite ahorrar una gran cantidad de tiempo, además de ser mucho más productivos. Al poder analizar los datos de una forma mucho más visual se puede tomar mejores decisiones de una forma más rápida.

El problema planteado previamente tiene un impacto significativo tanto en la empresa como en sus clientes, ya que una experiencia insatisfactoria puede llevar a la pérdida de cliente. Cabe destacar que uno de los principales objetivos de Entel es liderar en la experiencia de los clientes.

Hasta la fecha, no se tiene conocimiento de algún enfoque previo que se haya utilizado para abordar este problema con la red 5G. Mas bien, el mecanismo ha sido evaluar la calidad de la red 4G, observando la presencia y desempeño de esta red, pero este enfoque no es suficiente para enfrentar los nuevos desafíos que presenta la tecnología 5G.

Capítulo 3: Descripción y justificación del proyecto

El proyecto de desarrollo de un panel de control surge como respuesta a la necesidad crítica de Entel de conocer el comportamiento de la red 5G. La implementación de este panel permitirá una visualización integral y en tiempo real de los indicadores de calidad de red, facilitando decisiones informadas y estratégicas.

En 2022, como parte de la iniciativa Entel Up, se estableció la iniciativa “Comité La Mejor Red” con el propósito de posicionar a Entel como la compañía con la mejor red del país. Este comité se centra en tomar decisiones estratégicas, como la ubicación de antenas y el mantenimiento de la red, basándose en datos analíticos y en el cumplimiento de indicadores clave de desempeño (KPIs) para mejorar la calidad y la experiencia de la red [7].

El “Comité La Mejor Red” adopta un enfoque de toma de decisiones más inteligentes y proactivo. Para optimizar esta estrategia, el país se dividió en cinco macrozonas: Norte, Centro, Región Metropolitana (RM), Sur y Austral. Cada una está liderada por un “*Champion*”, un subgerente que se encarga de perfilar la red móvil de Entel como la mejor del país, enfocándose en su respectiva macrozona. Sus responsabilidades incluyen reuniones mensuales para presentar información y tomar decisiones sobre inversiones o cambios, basándose en análisis y en el cumplimiento de los KPIs, con el fin de mejorar la experiencia y calidad de la red.

Otra iniciativa clave para la toma de decisiones estratégicas es SMART CAPEX, un plan anual de despliegue de antenas que evalúa y prioriza candidatos según las necesidades del mercado. Este plan se basa en la identificación de áreas con baja calidad de red, alta demanda de servicios y otros factores relevantes para una implementación eficiente y efectiva de nuevas antenas, con el objetivo de determinar el punto óptimo para ubicar las antenas.

Para abordar este desafío, se seleccionaron indicadores específicos que impactan directamente en la toma de decisiones. Estos incluyen métricas como el volumen de tráfico, la velocidad de descarga, la portabilidad 5G y la disponibilidad de las antenas. Se creó un panel de control que muestre la priorización de antenas según estos indicadores, junto con detalles sobre el comportamiento de la velocidad de descarga y tráfico de cada antena.

La caracterización de comunas y mercados es esencial en el proceso de toma de decisiones para estas dos iniciativas mencionadas. Se emplea un enfoque de seguimiento en las comunas para determinar la prioridad de inversiones, utilizando un árbol de decisiones que considera factores como volumen, densidad poblacional y otros aspectos relevantes. Esta metodología agrega una capa significativa de profundidad a la comprensión y evaluación de las comunas, contribuyendo a una asignación más efectiva de recursos en el despliegue de antenas.

Una de las limitaciones identificadas es la falta de visibilidad sobre el comportamiento de la red 5G a nivel nacional. Esta carencia dificulta la toma de decisiones informadas y puede afectar la capacidad de cumplir los objetivos de mejora establecidos. Por lo tanto, el presente proyecto propone el desarrollo de un panel de control que proporcionará una visualización clara y detallada del rendimiento de la red 5G en todo Chile. Al proporcionar datos en tiempo real, se facilita el

análisis de la red y se mejora la trazabilidad de su comportamiento, reduciendo el tiempo necesario para identificar y resolver problemas, optimizando así la gestión y el mantenimiento de la infraestructura 5G.

El proyecto se alinea con la estrategia general de Entel y contribuye a sus objetivos estratégicos al mejorar la eficiencia operativa, agilizar la toma de decisiones fundamentadas y aumentar la capacidad para cumplir los compromisos de calidad de red. Entel también cuenta con una gestión del riesgo basada en cuatro etapas cíclicas: monitorear, identificar, evaluar y responder, que complementa este enfoque.

Los beneficios esperados de este proyecto son significativos para Entel. La tecnología de quinta generación es más eficiente para abordar el incremento explosivo del tráfico de datos. Hacerlo con redes 4G implicaría multiplicar las estaciones base, mientras que con el 5G el número requerido de antenas es menor y la mayoría se puede instalar sobre las ya existentes. El panel de control, comparado con otras soluciones como la revisión manual de antenas, es más eficiente y menos propenso a errores. Además, permite la implementación de planes de mantenimiento preventivo, optimizando la gestión de la red y mejorando la experiencia del cliente, alineándose con el objetivo de Entel de ser líder en este aspecto.

Para la ejecución del proyecto, se ha optado por utilizar la metodología ágil, un enfoque de gestión de proyectos que se centra en la colaboración, la adaptabilidad y la entrega iterativa de productos o servicios. Implementar esta metodología implica seis puntos claves, que se relacionan estrechamente con la planificación, creación y el plan de implementación del panel de control 5G:

1. Realizar planificaciones iterativas: El proyecto se divide en iteraciones, donde cada fase del panel de control se planifica antes de su inicio y se revisa al finalizar. Esto permite ajustar y mejorar continuamente el trabajo realizado.
2. Requisitos del panel de control 5G: Durante la planificación, se identifican y priorizan los requisitos en función de su valor para el negocio y su complejidad.
3. Desarrollar y entregar funcionalidades listas para su uso: Durante cada iteración, se desarrollan y entregan componentes del panel de control que están listos para su uso. Permitiendo obtener retroalimentación temprana y realizar ajustes rápidos según sea necesario.
4. Fomentar la colaboración entre los miembros del equipo y con los stakeholders del proyecto: Las reuniones diarias de seguimiento (Dailys), facilitan la comunicación y la resolución de problemas de manera efectiva.
5. Adaptarse a los cambios y nuevas necesidades del proyecto: Para abordar desafíos imprevistos y ajustar el proyecto según las demandas del entorno tecnológico y del mercado.
6. Enfatizar entregas de alta calidad: Se implementan pruebas continuas, revisión de código y retroalimentación constante para garantizar la alta calidad del panel de control.

La implementación de esta metodología ágil asegura que cada fase del proyecto, desde la planificación inicial hasta la creación y el despliegue del panel de control, se realice de manera efectiva y eficiente. Este enfoque colaborativo, iterativo y adaptable maximiza el valor entregado al negocio y a los usuarios finales.

El proyecto se presenta como una solución integral para mejorar la calidad de la red, optimizar la experiencia del cliente y tomar decisiones estratégicas fundamentadas. Se espera que estas acciones conduzcan a Entel a consolidarse como líder en el mercado de las telecomunica-

ciones, proporcionando un servicio de alta calidad y satisfaciendo las necesidades cambiantes de sus clientes.

Capítulo 4: Objetivo del proyecto

4.1. Objetivo general

Desarrollar e implementar un panel de control para la visualización de indicadores de calidad de red 5G que apoye la toma de decisiones efectivas en la asignación de recursos para la inversión y mantención de antenas en Chile.

4.2. Objetivos específicos

- Realizar un análisis exploratorio de los datos 5G utilizando los data set existentes y aplicando análisis de distribución de variables, gráficos de correlación y gráficos de dispersión. Identificando al menos tres áreas críticas de mejora en la red para determinar la forma óptima de implementar las nuevas vistas en el panel de control.
- Garantizar la calidad, precisión y consistencia de los datos mediante un proceso ETL (Extract, Transform & Load) para facilitar su uso en la creación de las vistas de la red 5G, con el objetivo de asegurar la confiabilidad de la información utilizada en el panel de control para la toma de decisiones estratégicas. Se mencionará el proceso ETL realizado junto con la cantidad de datos que se tienen en un inicio y luego de los cambios realizados.
- Definir junto a la contraparte las nuevas vistas del panel de control para visualizar de manera efectiva la velocidad de descarga, tráfico de red, disponibilidad y portabilidad del 5G en Chile. Facilitando la entrega de información para toma de decisiones en la asignación de recursos para la inversión y mantención de antenas.
- Desarrollar vistas descriptivas que muestren la velocidad de descarga, el tráfico de la red y una priorización de antenas 5G, alineadas con las necesidad de toma de decisiones estratégicas de Entel. Se evaluará la efectividad de la experiencia de los usuarios finales en el uso del panel de control mediante la cantidad de veces que se utiliza al panel al mes.
- Implementar un piloto del panel de control con al menos tres vistas claves basándose en los datos recopilados. La calidad de las vistas será evaluada por la contraparte, entregando retroalimentación necesaria en reuniones la cual se dejará registro en minutas.
- Capacitar a la contraparte mediante un plan de implementación del panel de control en su uso e interpretación de las nuevas vistas, con el objetivo de completar esta capacitación antes del 21 de julio de 2024 y asegurar que la contraparte tenga habilidades necesarias para utilizar las nuevas vistas para la toma de decisiones.

Capítulo 5: Alcances

A continuación, se detallan los alcances del trabajo de título del estudiante, estableciendo los límites esperados para cumplir con los objetivos. El proyecto se llevará a cabo dentro del plazo establecido, desde febrero de 2024 hasta julio de 2024.

El proyecto incluye la implementación de un panel de control para la red 5G de Entel en el mercado chileno. La red 4G se excluye porque ya existen visualizaciones sobre esa tecnología, y la red de Entel Perú se omite debido a la falta de acceso a sus datos. Esto permite una concentración precisa en las necesidades y características del mercado chileno.

Para garantizar la calidad de los datos empleados en la construcción del panel de control, se extraerán exclusivamente del data lake de la empresa. La información histórica abarca desde agosto del 2023 hasta la fecha actual. Es importante destacar que solo se tendrá información sobre el comportamiento de la red 5G, sin poder relacionarla con la satisfacción u opinión de los clientes debido a la incapacidad de crear un enlace entre las líneas móviles y la tecnología 5G.

Las métricas que se utilizarán son: velocidad de descarga, tráfico del POP, disponibilidad del POP y Port Out del POP. Dejando fuera el uso promedio de la celda. Estas métricas fueron elegidas porque son las más utilizadas por la contraparte y permiten comparaciones con otras tecnologías, enfocándose en la toma de decisiones estratégicas sobre el comportamiento de la red 5G.

Los entregables del proyecto incluirán: un panel de control interactivo con vistas de velocidad de descarga, tráfico de red y priorización de antenas, documentación de usuario para las actualizaciones del panel de control y un plan de capacitación para los usuarios finales.

Las visualizaciones se elaborarán utilizando la plataforma Heavy.AI [10], reconocida por su eficiencia, herramientas avanzadas en análisis de datos y especialización en visualizaciones geoespaciales. Estas se basarán en información histórica y se centrarán en indicadores preexistentes, desglosados a nivel regional, comunal y por categoría, ofreciendo una visión detallada de la red 5G.

La meta del proyecto es establecer una propuesta de implementación de un piloto del panel de control con los indicadores acordados con la contraparte. Se espera que el uso semanal del panel de control por parte del área de producto de la gerencia de experiencia y ventas digitales sea un indicador clave del éxito, demostrando su utilidad en la toma de decisiones relacionadas con la inversión de antenas 5G en Chile.

El éxito del proyecto se evaluará mediante los siguientes criterios: el panel de control debe estar operativo por el equipo de experiencia y ventas digitales, el cumplimiento del cronograma y una disminución del tiempo que tomaba realizar el análisis de las antenas. Se excluyen las pruebas con otros usuarios debido a la imposibilidad de realizar una evaluación exhaustiva dentro del periodo de práctica profesional del estudiante.

Este enfoque se eligió por razones prácticas y técnicas, como la disponibilidad de datos dentro del contexto chileno de Entel, la relevancia de las métricas seleccionadas para el apoyo a la toma de decisiones y la eficiencia de la plataforma Heavy.AI para la elaboración de las visualizaciones.

Capítulo 6: Marco conceptual

A continuación, se detalla el marco conceptual, el cual detalla las herramientas y conceptos más utilizados. Estas herramientas fueron escogidas debido a que son las que se utilizan dentro de la empresa.

6.1. Introducción a las redes móviles

Las redes móviles son infraestructura de telecomunicaciones inalámbricas que habilita el intercambio de datos entre dispositivos a través de señales de radio de baja potencia [11]. Estos permiten la conexión y transmisión de datos entre dispositivos móviles y estaciones base mediante ondas electromagnéticas. Algunos de los servicios de las redes móviles incluyen voz, datos, mensajería, streaming de video, acceso a internet, servicios de localización, entre otros.

Con el paso de los años las redes móviles han ido evolucionando desde la creación del 1G hasta llegar a lo que conocemos hoy en día como 5G. Esta hace referencia a tecnología de quinta generación la cual ofrece una alta velocidad de intercambio de datos, mejora considerablemente la conexión en lugares con alta aglomeración de personas, menor latencia y mayor capacidad de conexión de dispositivos simultáneos. Una de las limitaciones hoy en día es que no todos los dispositivos móviles tienen la capacidad de conectarse a esta red.

El funcionamiento del 5G se basa en antenas y distintas bandas de espectro que permite que el alcance y la profundidad de la señal sea mayor. Alcanzar mejores velocidades de carga y descarga depende del ancho de banda disponible para transmitir la señal móvil [17]. Cabe destacar que las bandas se dividen en baja, media y alta, donde las bandas altas consisten en una menor cobertura, pero con un ancho de banda mayor permitiendo una transmisión de datos más rápida, soportando descarga de archivos grandes, streaming de videos de alta definición, entre otras. El ancho de banda se define como la cantidad de datos que pueden ser transmitidos a través de una conexión de red en un periodo de tiempo dado.

6.2. Estructura de una antena de red móvil

Una antena de red móvil corresponde es un dispositivo diseñado para transmitir y recibir señales de radiofrecuencia entre dispositivos móviles y estaciones base de la red móvil. Su función principal es facilitar la comunicación inalámbrica al permitir la transferencia de datos, voz y otros servicios entre los usuarios y la red móvil.

Las antenas están ubicadas en diferentes puntos geográficos de manera estratégica para poder abarcar la mayor cantidad de población posible y así entregar el servicio más completo. Estas cuentan con un “Punto de Presencia” (POP), el cual hace referencia a una torre y un sistema de transmisión, y así poder asignarle un ID geográfico según la ubicación donde se encuentra instalada [11]. Dentro del proyecto del estudiante los POP toman alta relevancia, ya que a partir de la ubicación de estos es que se realiza el monitoreo de la calidad de la red 5G.

La infraestructura básica de una antena de red móvil consta de una unidad mínima llamada celda donde se conectan los terminales para tener señal. Cada celda puede ser solo de una tecnología según la frecuencia que emita (3G, 4G o 5G). [11] Estas entregan cobertura a una zona geográfica específica y un dispositivo móvil puede conectarse a la red mediante ella.

Luego se tiene los sitios que corresponden a agrupaciones de celdas por tecnología para un POP determinado. Cada antena puede llegar a tener las tres tecnologías disponibles 3G, 4G y 5G. Por último, un sitio cuenta con diferentes sectores según la dirección espacial hacia donde entrega la señal. [11] Por lo general, una antena cuenta con tres sectores en donde cada uno abarca 120° de orientación geográfica las cuales se pueden distinguir por sí apuntan al norte, sur, etc. La estructura mencionada anteriormente se puede observar en la ilustración 6.1.

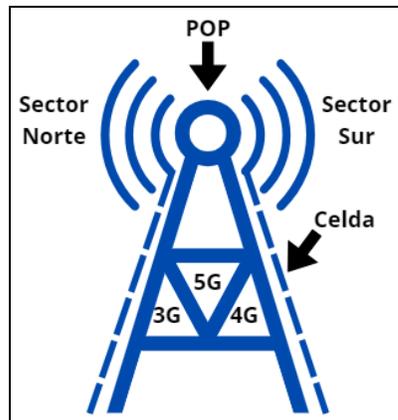


Ilustración 6.1 Estructura de una antena móvil. Elaboración propia

6.3. Amazon Web Services (AWS)

Amazon Web Services (AWS) es una plataforma de servicios en la nube ofrecida por Amazon. Corresponde a uno de los proveedores líderes de servicios en la nube a nivel mundial y ofrece una amplia gama de servicios que incluyen almacenamiento, computación, bases de datos, análisis, *Internet of Things* (IoT), desarrollo de aplicaciones, entre otros.

Corresponde a un Sistema Gestor de Bases de Datos (SGBD) permite la creación, gestión y administración de bases de datos, así como la elección y manejo de las estructuras necesarias para el almacenamiento y búsqueda de información del modo más eficiente posible. [12] El sistema SGBD que ofrece AWS consiste en tres servicios conectados entre sí, como se puede observar en la ilustración 6.2:

Amazon Elastic Compute Cloud (EC2): ofrece la capacidad informática escalable en la nube. Permite a los usuarios ejecutar máquinas virtuales (instancias), proporcionando una forma de obtener recursos, ejecutar aplicaciones, servicios y sistemas operativos en la nube.

Amazon Simple Storage Service (S3): servicio de almacenamiento en la nube confiable, escalable y seguro que permite almacenar, recuperar y administrar grandes volúmenes de datos de manera eficiente y económica.

Amazon Athena: servicio de análisis interactivo en la nube diseñado para consultar y analizar grandes cantidades de datos almacenados en S3 utilizando SQL estándar. Es una herramienta para el análisis de big data en la nube.

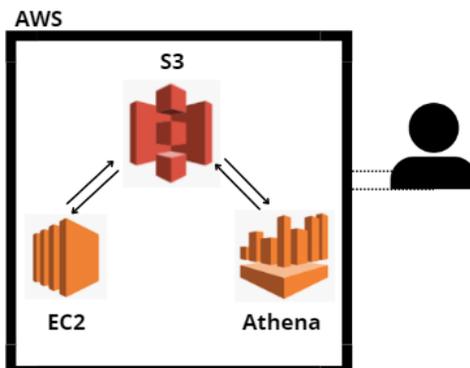


Ilustración 6.2 . Estructura de los servicios de AWS. Elaboración propia.

Algunas de las ventajas que presenta AWS corresponden a su escalabilidad, variedad de servicios, alto rendimiento y disponibilidad, la seguridad y su modelo de pago por uso que permite que los clientes sólo paguen por los recursos que utilizan.

Por el lado de las desventajas, se tiene la dependencia de la nube donde las empresas pueden volverse más dependientes de la infraestructura y servicios de AWS y también tiene una personalización compleja.

AWS será utilizado en el proyecto para almacenar y procesar los datos de la red 5G. Servicios específicos como S3 y Athena facilitarán la gestión y el análisis de grandes volúmenes de datos necesarios para el panel de control.

6.4. Heavy.AI

Es una empresa de software que utiliza unidades de procesamiento de gráficos (GPU) y unidades centrales de procesamiento (CPU) para consultar y visualizar big data. La plataforma permite unificar y explorar conjuntos de datos geoespaciales y de series temporales más grandes para obtener una imagen completa de la situación actual. Combina análisis visual interactivo, SQL, un marco de análisis avanzado y ciencia de datos para encontrar oportunidades. [10]

Se utilizará en el proyecto para visualizar los indicadores de calidad de red 5G en el panel de control. Su capacidad para manejar grandes volúmenes de datos geoespaciales en tiempo real permitirá a Entel tomar decisiones informadas rápidamente.

6.5. Extracción, Transformación y Carga de datos (ETL)

Por sus siglas ETL, corresponde al proceso de combinar datos de múltiples fuentes en un repositorio central llamado *Data Warehouse*. Al aplicar ETL los conjuntos de datos individuales en bruto pueden ser preparadas en un formato y estructura más adecuado para propósitos de aná-

lisis, dando insights más significativos. Una de sus ventajas corresponde a que mejora el Business Intelligence (BI) y analítica al hacer que el proceso sea más confiable, preciso, detallado y eficiente. [13]

Funciona moviendo datos del sistema de origen al de destino a intervalos periódicos. El proceso lleva tres pasos: extracción de los datos relevantes de la base de origen, transformación de los datos para que sean más adecuados para el análisis y carga de los datos en la base de datos de destino.

En relación con AWS se tiene que S3 se utiliza como un repositorio de almacenamiento para los datos extraídos y transformados. Athena se utiliza para realizar transformaciones y consultas SQL sobre datos almacenados en S3. Por último, EC2 se utiliza para ejecutar procesos de carga, transformaciones más complejas o tareas que requieren capacidad informática personalizada durante el proceso.

6.6. Metodología de desarrollo de un panel de control

La metodología utilizada en el presente trabajo de título corresponde a la una integración de tres metodologías: la ágil, gestión del conocimiento y Noetix, la cual describe el proceso necesario para planificar, diseñar, construir e implementar de manera exitosa un panel de control.

La metodología Noetix fue diseñada por la empresa Noetix, especializada en software de inteligencia de negocios el año 2004. [14] A continuación, se describe a grandes rasgos cómo se compone la metodología utilizada.

- Planificación ágil: La definición de objetivos, identificación de requisitos y funcionalidades para su priorización según el impacto que generan.
- Diseño y construcción ágil: Se utilizará Heavy.AI para la creación de prototipos del panel. Los ciclos cortos (*Sprints*) se realizarán cada dos semanas, permitiendo probar funcionalidades con herramientas como AWS para almacenamiento y procesamiento de datos, y recibir retroalimentación continua de los usuarios finales.
- Iteraciones para validación: Refinar el panel basándose en la retroalimentación recibida.
- Implementación y mantenimiento: La implementación de un plan piloto del panel, siguiendo la gestión de conocimiento para el mejoramiento continuo.

Se eligió la metodología ágil por su capacidad de manejar proyectos con alta incertidumbre y cambios frecuentes, permitiendo una rápida adaptación y mejoras continuas. La Noetix se utiliza por su enfoque estructurado en la inteligencia de negocios, y la gestión del conocimiento se integra para asegurar una transferencia de conocimientos efectiva.

Con respecto a la metodología empleada las ventajas corresponden a que es una integración de enfoques especializados como la agilidad, gestión del conocimiento y la Noetix. También la metodología es aplicable independiente de las tecnologías utilizadas y la implementación de un plan piloto con la gestión del conocimiento promueve la mejora continua del panel de control.

Por otro lado, las desventajas corresponden a que se tiene una mayor complejidad al integrar múltiples enfoques de metodologías lo que requiere una gestión cuidadosa para asegurar que todas las partes del proceso funcionen bien juntas. También que se requiere de la retroalimentación de la contraparte lo que puede ser un desafío si no se obtiene de manera adecuada.

Estas desventajas se pueden mitigar asignando un coordinador responsable de supervisar la integración de estas metodologías, tener una documentación detallada sobre las responsabilidades y roles, establecer canales de comunicación efectivos y dejar claro los alcances.

6.7. Key Performance Indicator (KPI)

Un indicador clave de rendimiento es una métrica cuantitativa o cualitativa que se utiliza para evaluar el rendimiento de un proceso, proyecto o empresa en relación con sus objetivos estratégicos. Se utilizan para medir el éxito y la eficacia de las actividades y tomar decisiones informadas. [16]

Los KPI deben estar alineados con los objetivos de la empresa, deben ser relevantes para el área que los utilizará, deben ser cuantificables, es decir, que se puedan expresar en números, porcentajes, etc. También deben ser específicos y claros en lo que se está midiendo, alcanzable y realistas en función de los recursos disponibles, y por último deben estar asociados a un período de tiempo para poder hacerle seguimiento.

Capítulo 7: Metodología

7.1. Planificación ágil

La planificación ágil comienza con la identificación de las necesidades y objetivos del negocio mediante reuniones. Esta etapa incluye la recopilación de requisitos, la definición del alcance del proyecto y la creación de un plan de trabajo detallado. Esto se realiza en conjunto a la tutora de la estudiante en reuniones semanales. Además, se realizan reuniones diarias, llamadas “*Dailys*”, donde los integrantes del equipo informan sobre el progreso del proyecto, establecen las tareas del día y resuelven dudas.

7.1.1. Contexto del proyecto

El primer paso en el desarrollo de este proyecto fue el entendimiento de este, el cual se llevó a cabo a través de conversaciones detalladas con la contraparte. Durante estas interacciones, se establecieron las definiciones de variables clave, se clarificó el planteamiento del objetivo general, se definieron los alcances, se identificaron los requisitos y expectativas del proyecto.

Por último, a esta etapa, es crucial agregar el entendimiento del formato de trabajo dentro de la empresa, no solo para garantizar un orden específico en la ejecución de proyectos, sino que también para que sea entendible para todos los empleados involucrados.

7.1.2. Recopilación de requisitos

Una vez establecido el entendimiento del proyecto, el siguiente paso consistió en la revisión de antecedentes, conceptos importantes en el mundo de las telecomunicaciones y la gestión de las redes móviles, específicamente con relación a la red 5G. Esto permitió identificar las mejores prácticas, tendencias actuales, avances tecnológicos y desafíos de la industria.

Uno de los principales requisitos discutidos con la contraparte corresponde a que dentro de las visualizaciones debe existir una tabla de priorización la cual indique la ubicación geográfica del POP que tiene la peor calificación en relación con la performance de sus indicadores. Además, un mapa en el cual se muestre a nivel de POP el comportamiento de la velocidad de descarga y el tráfico de manera mensual.

Otro de los requisitos era la utilización de las herramientas como AWS, Heavy.AI, orden en la generación de códigos, entre otros. Gracias a que hay que respetar la forma de trabajo que se utiliza en la empresa. Cabe destacar que todo la retroalimentación recibida en reuniones con la contraparte o la tutora fueron documentados en una plataforma por el estudiante. De esta manera se tuvo registro de los cambios solicitados.

7.2. Diseño y construcción

Se diseña la estructura y apariencia del piloto del panel de control. Lo cual incluye seleccionar los tipos de gráficos y tablas más adecuadas para representar los datos y la organización. Teniendo en cuenta el uso de ciclos cortos para probar funcionalidades y obtener retroalimentación.

7.2.1. Fuentes de datos

Se llevó a cabo una exploración detallada de las fuentes de datos disponibles en la empresa de telecomunicaciones. Esto incluyó la identificación y categorización de las diferentes fuentes de datos relacionadas con la red móvil 5G, como registros de red, mediciones de rendimiento y datos geográficos.

Se realizó un análisis exploratorio de los datos poniendo énfasis en la calidad, integridad y disponibilidad para garantizar la confiabilidad en el desarrollo del proyecto. Esta etapa es fundamental para establecer las bases de la recopilación, preparación y análisis de datos del presente proyecto.

Dentro del análisis de datos realizado se garantizó la calidad de los datos mediante la visualización de la distribución de los datos, gráficos de barra, de caja y bigote, entre otros. Una de las limitaciones encontradas corresponde a los valores faltantes encontrados en variables de la data, pero estos no superaban el 1% de los datos, por lo que fueron eliminados.

7.2.2. Proceso ETL

La extracción de los datos se realizó a partir del data lake de la empresa, ahí se encuentra la base de datos del 5G la cual se comenzó a ingestar en el data lake desde agosto del 2023 y se va actualizando diariamente de manera automática. También se obtuvo una base de datos de la ubicación de los POP, a través de la contraparte, esta base fue subida por el estudiante a S3 para su futura transformación.

Para la transformación se realizó un preproceso de los datos para poder limpiarlos y observar su comportamiento. Se observaron valores faltantes, duplicados, composición y tipo de variables, su distribución y relación entre las variables. También se realizaron cruces de base de datos. Finalmente, con las transformaciones listas se seleccionaron las variables necesarias.

Continuando con el proceso de carga de datos, este se llevó a cabo entre el proceso de transformación, ya que es necesario ir guardando archivos en la carpeta “intermedia” de S3 así no se borra el progreso y se tiene un trabajo más ordenado.

Para la creación de la base final, luego de todas las transformaciones realizadas, se generó un archivo en S3 el cual se debe descargar y subir a la plataforma de Heavy.AI

Cabe destacar que a lo largo de todo este proceso se aplicó la metodología ágil, ya que se fueron realizando reuniones semanales junto a la tutora de la estudiante para ir revisando el trabajo realizado y así poder aplicar la retroalimentación recibida. En el desarrollo de la presente memoria se encuentra más detallado el proceso ETL llevado a cabo.

Por último, al inicio del proceso ETL se tiene un total de 966.606 observaciones, las cuales después de las transformaciones realizadas quedaron 27.095. Esto tiene consistencia, ya que se realizaron agrupaciones de manera mensual, por lo que no se pierde data, solo se agrupa. Lo que se puede demostrar ya que en un inicio existían 2.690 cantidad de POP y luego de las agrupaciones existen 2.688 POP de 5G.

7.2.3. Construcción del piloto

La construcción del panel de control se llevó a cabo a través de un proceso iterativo, en el cual se crearon y refinaron las visualizaciones en función de la retroalimentación obtenida de las reuniones con la contraparte del proyecto y la tutora del estudiante. Esta etapa fue fundamental para asegurar que el panel cumpliera con los requisitos y expectativas definidos.

El primer paso en esta fase fue la descarga de la base de datos previamente creada y almacenada en S3. Estos datos, que contenían información relevante sobre la red 5G, fueron posteriormente cargadas en la plataforma Heavy.AI, la cual se utilizó para la visualización de los indicadores de calidad de la red.

Una vez que los datos estuvieron disponibles en Heavy.AI, se procedió a la creación de las vistas. El proceso comenzó con la selección del tipo de vista que mejor se ajustaba a las necesidades del análisis. Las primeras vistas creadas incluyeron una representación gráfica de los POP, permitiendo visualizar la distribución y características de la red.

Además, se implementaron filtros en las vistas para permitir un análisis más detallado y segmentado de los datos. Estos filtros incluyeron opciones para filtrar por mes, macrozona, comunas y categorías. Adicionalmente, se habilitó una visualización de la cantidad total de POP disponibles, proporcionando así una visión más completa de la red.

7.2.4. Configuración panel de control

Durante esta fase, se llevó a cabo la configuración de la programación y las actualizaciones. Esto implica establecer los intervalos de tiempos y los procesos automatizados para la actualización de datos, asegurando que la información presentada en el panel de control sea siempre precisa y actualizada. Además, se implementaron mecanismos de validación para verificar la integridad y consistencia de los datos, garantizando la fiabilidad de las métricas. Así se puede mantener la calidad a lo largo del tiempo. Estos mecanismos corresponden a la revisión del trabajo realizado por la tutora del estudiante.

7.2.5. Validación

En esta fase, se verifica el código utilizado para desarrollar las funcionalidades del panel de control. Realizando pruebas rigurosas para asegurar que el código cumpla con los estándares de calidad, sea eficiente y esté libre de errores. Esta validación se llevó a cabo junto a la tutora de la estudiante dentro de la empresa. Generando retroalimentación e iteraciones del código y la organización del trabajo.

Otros criterios de validación corresponden a la verificación de que los filtros de las visualizaciones funcionen de manera correcta, que la cantidad de POP que se muestran en el mapa son efectivamente la cantidad de POP 5G que existen en la data, que la forma de calcular los indicadores sea la correcta y que todo lo que se observa sea de manera mensual.

Para la pruebas de funcionalidad y usabilidad se verificó los criterios mencionado anteriormente y se dejó claro el entendimiento del panel de control por parte de la contraparte mediante reuniones y un documento donde se explica cada paso para la actualización y utilización del panel de control.

Dentro de esta etapa surgieron cambios que se gestionaron de la siguiente manera: normalmente durante reuniones con la contraparte el estudiante dejaba registro de las nuevas solicitudes y cambios que se debían llevar a cabo. Donde se discutía sobre la factibilidad de los cambios para poder llegar a un mutuo acuerdo, estas factibilidades se basaban principalmente en la disponibilidad de la data.

7.3. Plan de implementación

Este consiste en implementar un plan piloto del panel de control en la plataforma Heavy.AI, asegurando que esté disponible para los usuarios finales. También se realizó pruebas para garantizar su funcionamiento adecuado. Estas pruebas consisten en tener conocimiento de que el tiempo de carga de la data no demora más de 10 segundos, una vez actualizado los datos en la plataforma las visualizaciones se cargan de manera automática con esta nueva data. Hay que tener en cuenta que mientras más datos se cargan a la plataforma funciona más lento, se verificó que no se tiene la cantidad de datos que ralentiza la carga del panel.

Se utiliza el modelo de gestión de conocimiento, el cual se define como un conjunto de actividades y procesos que fortalecen el intercambio de información dentro de la empresa, con el fin de mejorar los resultados del proyecto.

En primer lugar, se generó el piloto del panel de control el cual capturó y dejó en evidencia que esto era posible. Luego se compartieron los resultados obtenidos con la contraparte y la tutora, quienes eran responsables de evaluar y retroalimentar el trabajo realizado por el estudiante. A continuación, se tiene el proceso de mejorar el panel con la retroalimentación recibida. Por último, se cuenta con la creación de la documentación necesaria para poder ejecutar de manera correcta el panel y así que las actualizaciones realizadas de manera mensual se ejecuten de buena forma.

Para lograrlo se requiere del conocimiento del funcionamiento y mantenimiento del panel de control. Esto implica la creación de documentos que expliquen de manera detallada el proceso que se debe seguir para la actualización del panel.

Capítulo 8: Desarrollo de resultados

8.1. Desarrollo

8.1.1. Contexto del proyecto

Dentro de esta primera etapa del proyecto se realizó una investigación para tener un mejor contexto del área de las telecomunicaciones, específicamente con relación a la tecnología 5G la cual ha emergido como un pilar fundamental en la industria soportando un mayor número de dispositivos simultáneamente.

La importancia estratégica del 5G para las telecomunicaciones se puede entender gracias a su capacidad para habilitar una amplia gama de aplicaciones y servicios, desde internet de las cosas (IoT) hasta sistemas autónomos y aplicaciones de realidad virtual. Su rápida adopción implica la necesidad de monitorear de manera efectiva su comportamiento, lo cual se traduce en una gestión más eficiente de los recursos de red y la resolución a problemas de calidad. En este contexto, Entel Chile se ha visto desafiada por la necesidad de comprender a fondo el comportamiento del 5G en diversas regiones del país.

Luego de la investigación se observó una carencia de herramientas que permitan una visión integral del 5G, limitando la capacidad de la empresa para fortalecer la cobertura y la experiencia de los usuarios con esta tecnología de vanguardia. Por ejemplo, no existe conciencia sobre cómo se comporta la red 5G en comparación con la tecnología 4G, ya que, si se tiene conocimiento de su comportamiento, capacidad, satisfacción de los clientes, entre otras.

Se llegó a la conclusión que es necesario desarrollar un panel de control que permitan un monitoreo preciso y una gestión eficiente de la red 5G en Chile, asegurando así una experiencia de usuario óptima y acorde con las expectativas del mercado actual.

Un punto importante para comenzar con el desarrollo de este panel es la comprensión del formato de trabajo que se utiliza en la empresa, ya que tiene un orden específico para la creación de código, archivos y documentación de los proyectos.

8.1.2. Requisitos del panel de control

Los requisitos del panel de control se definieron en colaboración con la gerente del área de Analytics de Entel, donde se definió que la funcionalidad central será la visualización del comportamiento de la red 5G en Chile. Previo a este proyecto no existía una herramienta como esta para poder visualizar el 5G, tecnología que ha estado en gran aumento de demanda el último tiempo.

Se incluyó vistas geográficas con las ubicaciones de los POP a lo largo de Chile y la capacidad de mostrar el comportamiento de la velocidad de descarga y el tráfico de las antenas 5G. Estas vistas permitirán aplicar filtros según las diferentes macrozonas existentes, facilitando el análisis y la toma de decisiones basadas en la ubicación geográfica de la red 5G.

Se estableció la una priorización identificada mediante colores dentro de la visualización del panel, permitiendo identificar rápidamente los Puntos de Presencia (POP) con mayor o menor valor del indicador. Además, se creó una tabla de priorización donde se puede observar un ranking de las antenas con peor desempeño en los indicadores según ponderadores. Los indicadores que se toman en consideración para la tabla de priorización corresponden a la velocidad de descarga, el tráfico de la antena, la disponibilidad y el port out.

El panel de control se actualizará de manera mensual por el COE Central garantizando que los datos reflejen la situación más reciente de la red 5G. Los usuarios que tendrán acceso y utilizarán el panel de control pertenecen al área de gerencia de experiencia y ventas digitales, específicamente al área de producto, asegurando así que el panel sea utilizado por aquellos responsables de las decisiones relacionadas con la experiencia del cliente y la optimización de la red a lo largo de Chile.

8.1.3. Fuentes de datos

La empresa cuenta con AWS plataforma mediante la cual se extraen los datos y se generan los archivos correspondientes garantizando su integridad, a partir de aquí se extrae la data del 5G que se utilizará para los posteriores análisis. Es importante mencionar que los datos utilizados tienen una historia desde agosto 2023, reflejando la dinámica reciente de la red 5G.

A partir de la base del 5G las variables se dividen en categóricas y numéricas. Las categóricas incluyen POP, sitio, sector, macrozona, región y comuna, mientras que las numéricas abarcan la velocidad de descarga (Mbps), el tráfico de la antena (MB), indisponibilidad (%), port out (%) y la fecha de registro del dato. En el Anexo A, se puede observar las variables disponibles con su descripción y origen.

Además, mensualmente se recibe de la contraparte una base de datos con la ubicación de los POP, la cual se debe subir manualmente a una carpeta de S3 para su correcta manipulación. Esto se debe llevar a cabo debido a la instalación y desinstalación periódica de POP lo que se debe tener en cuenta para el análisis.

8.1.4. Indicadores

Se presentan los cinco indicadores que se utilizaron en la presente memoria. Estos corresponden a la velocidad de descarga por sectores y por POP, el tráfico de los POP, la disponibilidad y la portabilidad. A continuación, se explican.

El primero permite visualizar el promedio mensual de la velocidad de descarga a nivel de sectores y por POP. Durante el análisis, se identificó que el promedio de este indicador ronda los 200 Mbps. La ilustración 8.1 presenta un histograma donde se observa la distribución. Este es un indicador crítico de la calidad de red, ya que mantener altas velocidades de descarga mejora la experiencia del usuario, lo cual es fundamental para la satisfacción del cliente.

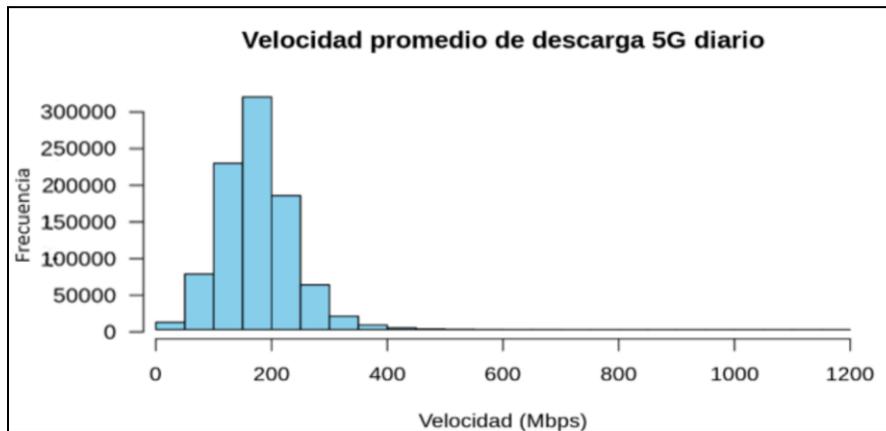


Ilustración 8.1 Histograma velocidad de descarga (Mbps)

Para el indicador de tráfico de la antena, se realizó un cálculo mensual de la suma del tráfico experimentado por cada POP. Durante el análisis, se identificó una desviación estándar considerablemente alta, por lo que se analizaron los cuartiles, detallados con líneas rojas en la ilustración 8.2. A partir de estos cuartiles, se desarrolló una escala de colores del verde al rojo que se asignó a cada valor, como se muestra en el Anexo B. Este enfoque permitió visualizar claramente las variaciones en el tráfico de las antenas. El tráfico de las antenas resulta crucial para comprender la demanda y el uso de la red. Identificar las antenas con tráfico elevado facilita la optimización de la distribución de recursos y mejora la eficiencia operativa de la red, evitando sobrecargas y garantizando un servicio continuo y de alta calidad.

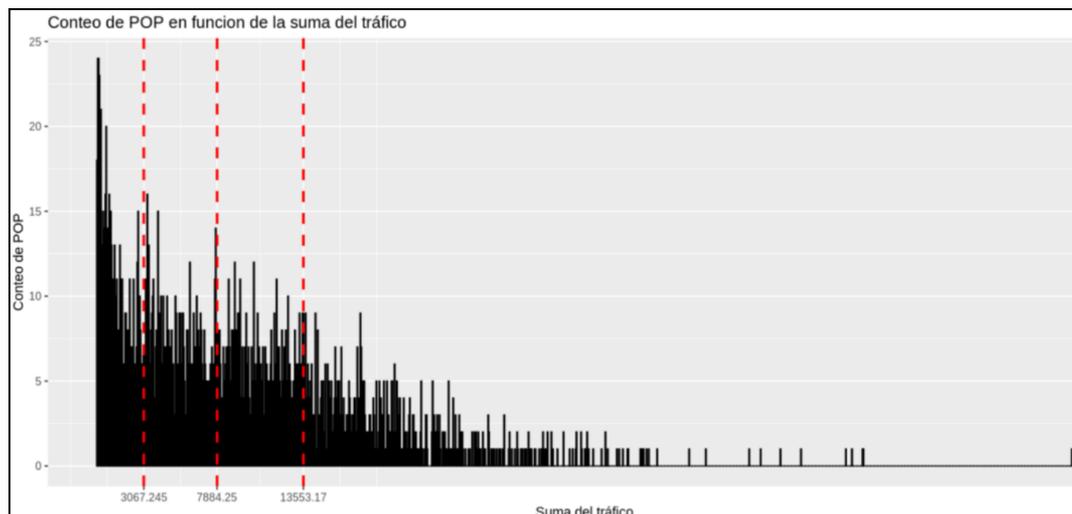


Ilustración 8.2 Cuartiles variable tráfico de la antena

Luego, se tiene la disponibilidad de la antena, la cual se calcula a partir de la variable indisponibilidad y se mide en porcentaje. Representa el tiempo durante el cual la antena estuvo operativa en el día. La disponibilidad de la antena es crucial para garantizar la continuidad del servicio. Una alta disponibilidad minimiza las interrupciones y mejora la confiabilidad de la red.

Además, se tiene el port out que muestra el porcentaje de clientes 5G que transfieren su número a otra compañía de telecomunicaciones. La tasa de portabilidad es un indicador directo de la lealtad del cliente. Un alto porcentaje de puede señalar problemas con la calidad del servicio o la satisfacción, lo que es importante para la retención de clientes.

Estos indicadores en conjunto proporcionan una visión integral del rendimiento de la red 5G, permitiendo a la empresa tomar decisiones informadas que optimizan la operación de la red y mejoran la experiencia del cliente.

8.1.5. ETL

Durante la fase de preprocesamiento de los datos, se llevaron a cabo una serie de pasos para asegurar la calidad y disponibilidad de la información. En primer lugar, se realizó un análisis exploratorio de datos (EDA, por sus siglas en inglés) sobre la data de 5G, lo cual permitió identificar diversos insights y patrones clave relacionados con la velocidad de descarga, tráfico, y otras variables. Estos insights serán mencionados en los resultados de la presente memoria.

Se realizó un preprocesamiento para poder limpiar y asegurar la calidad de los datos. Este consistió en cambiar el nombre de dos variables, crear la variable “mes” para poder realizar los análisis posteriores, verificar si existen duplicados, transformar variables enteras a numéricas y ver la cantidad de valores faltantes que tiene la data. Se pudo observar que existen estos valores en una variable que se utiliza como denominador para la creación de otra variable, por lo tanto, se eliminaron estos casos, los cuales correspondían a menos del 1% del total de observaciones de esa variable.

El siguiente paso consistió en la creación de la variable “macrozona”, esta corresponde a la división de las distintas regiones del país en 5 zonas: Norte, Centro, RM, Sur y Austral. Esta división fue proporcionada por la contraparte. Luego de todo ese preproceso se creó un nuevo archivo en la carpeta intermedia de AWS con la base 5G.

Posteriormente, se recibió la base de datos de la ubicación de las antenas 5G proporcionada por la contraparte. Esta fue subida a S3 de AWS, facilitando así el acceso y la gestión de esta información a través de instancias específicas. Una vez subida la data, se llevó a cabo la lectura de esta y se seleccionaron de las variables ID del POP, longitud y latitud.

Luego, se realizó el cruce entre la base del 5G y la de ubicación de POP, con el objetivo de agregar a la base del 5G la longitud y latitud de los POP, al realizar este cruce queda la misma cantidad de observaciones de la base 5G. Siempre previo a realizar este proceso se debe tener la data de la ubicación de lo POP actualizada, así no se contará con valores faltantes. La contraparte solicitó que a los POP que presenten valores faltantes fueran eliminados de la data para que después no causaran problemas al momento de visualizar. Además, se eliminaron los POP que ya no existen, ya que hay antenas que son momentáneas y se instalan solo para eventos específicos como, por ejemplo, el Lollapalooza.

Para el siguiente paso se utilizó la base del cruce previamente mencionado. El objetivo de esta transformación era lograr calcular, a nivel mensual, los siguientes indicadores: el promedio de la velocidad de descarga general y por sector, la suma del tráfico de antenas, la disponibilidad y la portabilidad.

En la primera transformación se calculó el promedio de la velocidad de descarga por sector, entonces se agrupó la data por POP, sector y mes. Cabe destacar que para hacer una agregación de este indicador se debe utilizar el numerador y denominador de la variable disponibles en la base. Por lo tanto, si se desea calcular la velocidad de descarga mensual se debe realizar el cociente entre la suma de los numeradores y la suma de los denominadores. Siguiendo esa línea se

realizó ese cálculo, por POP y sector para luego crear la variable del promedio por sector (ver Anexo C).

Posteriormente, se modificó la estructura del data set, pasando los sectores (0, 1, 2 y 3) a variables de la base de datos. Esto se realizó con la función “spread” de R lo que se puede visualizar de mejor manera en el Anexo D. El objetivo de este proceso es que luego se pueda visualizar cada uno de estos promedios de manera independiente en el mapa. Luego, se calculó a nivel de POP y mes el promedio general de la velocidad. El resultado de esta transformación fue una base de datos con las variables POP, mes, promedio velocidad de descarga por sector y general.

La siguiente transformación consistió en la creación del indicador de la suma de tráfico de la antena. Para llevarlo a cabo se agrupó la base por POP y mes, para luego calcular la sumatoria de la variable del tráfico según esa agrupación (ver Anexo C).

El siguiente indicador corresponde a la disponibilidad. Para este se tiene la variable indisponibilidad la cual fue agrupada por POP y mes, se calculó el promedio de la indisponibilidad y luego se crea, con la función “mutate” de R, la variable disponibilidad la cual es la resta entre cien y la indisponibilidad, ya que es una variable que se mide en porcentaje. Por último, se agrupa la variable de port out de las antenas según POP y mes. Todos estos cálculos se pueden ver en el Anexo C.

El último paso de esta etapa fue seleccionar las variables que se desea utilizar en el panel de control. Las cuales corresponden a: POP, mes, promedio velocidad descarga por sector y general, suma del tráfico, disponibilidad, port out, macrozona, región, categoría, comuna, sitio, celda, latitud, longitud, sumatoria del numerador de la velocidad de descarga y sumatoria del denominador de la velocidad de descarga.

El último paso de la transformación de la data corresponde a la creación de percentiles de los indicadores previamente calculados, esto con el objetivo de poder comparar posteriormente los indicadores entre ellos. La idea es dividir la variable en intervalos y asignar cada observación a un intervalo, donde los valores asignados al intervalo uno corresponde a los de peor rendimiento y los asignado al intervalo cien corresponden a los de mejor rendimiento. Finalmente, cada indicador tiene su propio percentil, los cuales se agregaron a data 5G.

El proceso de carga de datos se llevó a cabo durante y después de la transformación de datos, ya que es necesario ir guardando archivos en la carpeta “intermedia” de S3 así no se borra el progreso y se tiene un trabajo más ordenado. Entonces a grandes rasgos se generaron 4 archivos: preproceso data 5G, preproceso data ubicación POP, cruce data 5G con ubicación POP y la creación de indicadores y percentiles.

Finalmente, para el archivo final se almacenó de manera organizada en el servicio S3, asegurando su disponibilidad y fácil acceso para su posterior análisis y visualización en el panel de control desarrollado.

8.1.6. Levantamiento del panel de control

Durante el proceso de levantamiento del piloto del panel de control, se definió con precisión el diseño que tendría este, cumpliendo con los requisitos esenciales establecidos junto a la contraparte. Primero se descargó la data desde S3 y fue subida a la plataforma de Heavy.AI.

Luego, se comenzó creando la vista geográfica en la plataforma a la cual se le agregó una base de datos que demarca el límite entre las comunas de Chile en color morado. A ese mismo mapa se le agregó otra capa, donde se cargó la base del 5G y se seleccionaron las variables de longitud y latitud junto a la variable del promedio de la velocidad de descarga. En este punto del proyecto se había creado una visualización geográfica con la ubicación de los POP y delimitación de las comunas en Chile. Esto mismo se realizó con la variable de tráfico y se pueden observar en el lado izquierdo de las ilustraciones 8.3 y 8.4.

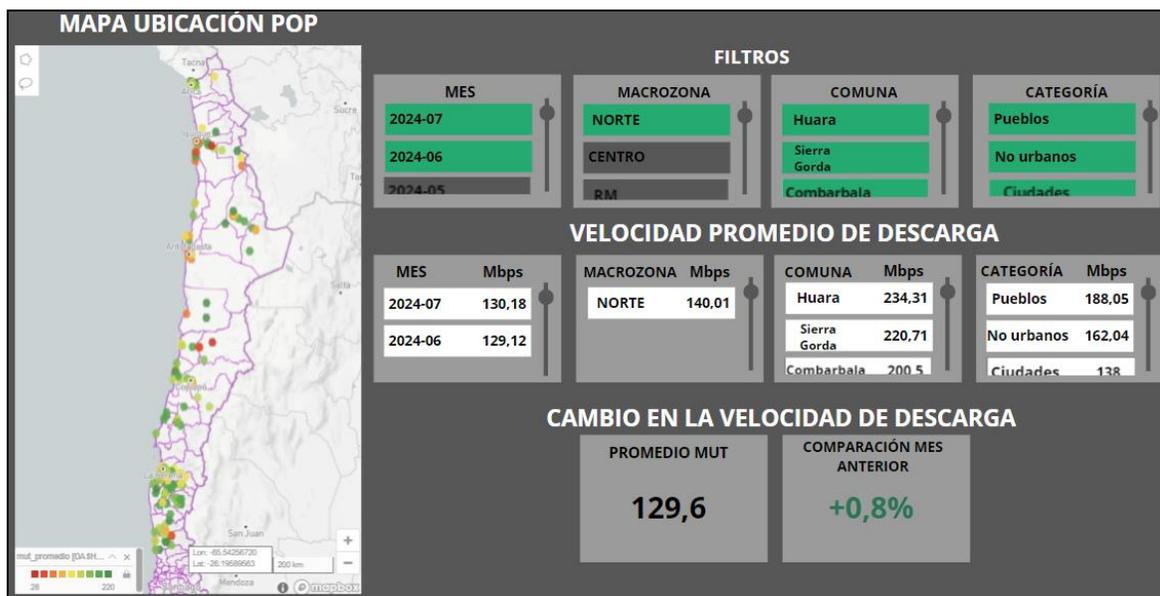


Ilustración 8.3 Vista de velocidad de descarga panel de control.

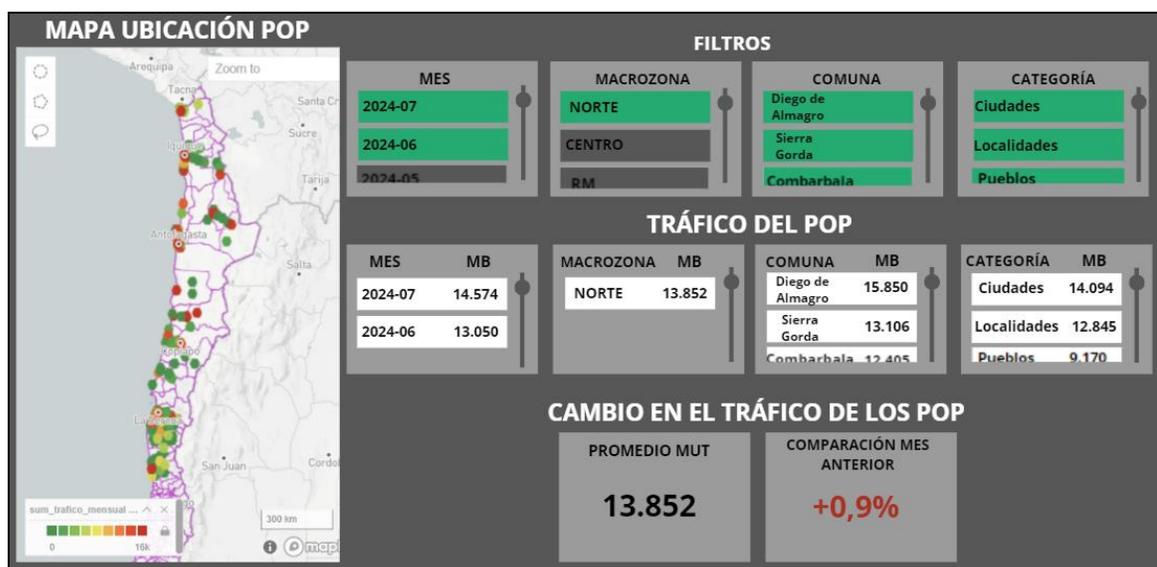


Ilustración 8.4 Vista de tráfico de la antena panel de control.

En el mapa debe emerger una mini ventana la cual me entregue información sobre: el POP, comuna, categoría, promedio de la velocidad general y por sector. También a estas visualizaciones se les agregaron filtros mensuales, por macrozona, por comuna y categoría. Además de mostrar el promedio del indicador y su variación con respecto al mes anterior. Cabe destacar que to-

das estas vistas y filtros están conectadas a la misma base de datos, por lo tanto, si se le realiza algún cambio como zoom al mapa todos los demás filtros se actualizan automáticamente.

Continuando con el levantamiento del panel de control, se creó la priorización de antenas. Esta permite enfocar los esfuerzos de mantenimiento y mejora en las áreas que más lo necesitan. Esta estrategia optimiza el uso de recursos y mejora la calidad de la red al garantizar que las inversiones en infraestructura se dirijan a los puntos críticos. Para comenzar se le agregó la misma base de la limitación de las comunas y luego otra capa con la data 5G, lo que se puede observar en la ilustración 8.5. Las antenas en tonos rojos son las que se deben priorizar.

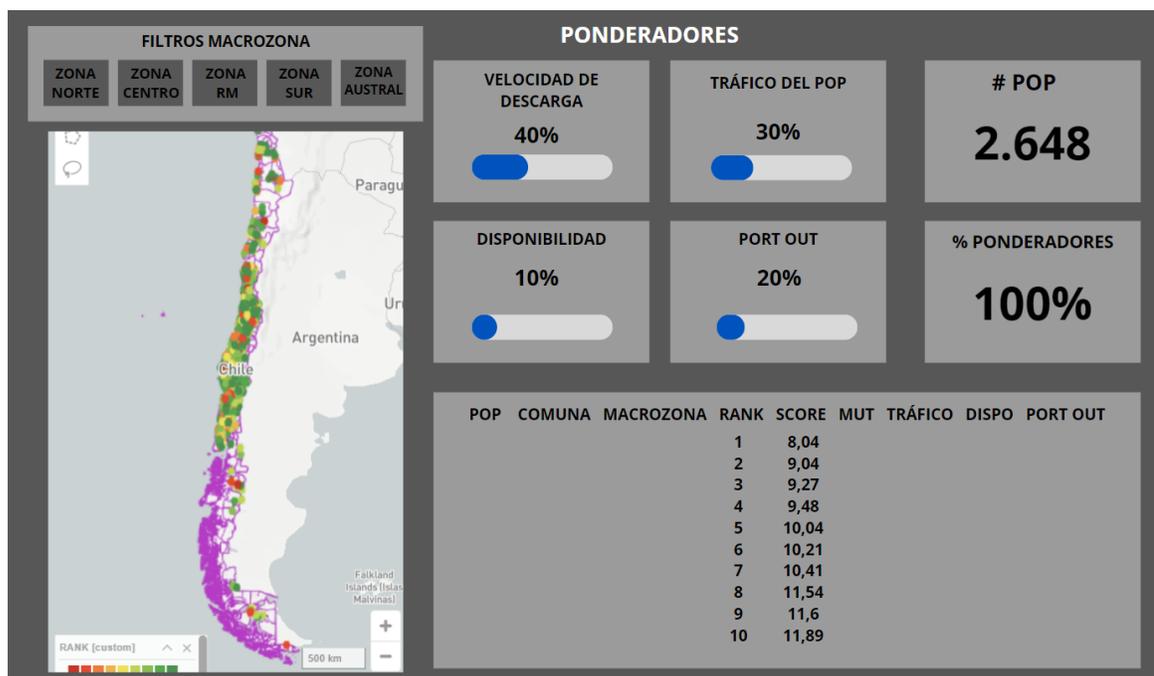


Ilustración 8.5 Vista priorización de antenas panel de control

Para realizar esta priorización se comparan los percentiles de los indicadores previamente calculados. Se creó un filtro para cada indicador con un valor mínimo (0) y máximo (1), por lo tanto, cada indicador tiene su propio ponderador y la suma de las ponderaciones debe ser uno. Con el objetivo de poder calcular el ranking de los POP asignándole distinto pesos. Esto se puede observar en la ilustración 8.5, en la parte superior de la imagen.

En la plataforma de Heavy.AI se creó la variable Score, la cual tiene el propósito de obtener el valor medio de una métrica compuesta que resulta de una combinación ponderada de varias métricas individuales. En otras palabras, es el promedio de una suma ponderada de varias métricas. Se cumple que mientras menor es el score más hay que priorizar la antena, debido a que tiene un peor rendimiento. Si los ponderadores suman uno, entonces el score máximo es 100.

También se creó la variable Ranking, que tiene como propósito asignar un rango a cada fila en función de una métrica compuesta que incluye múltiples factores ponderados, las cuales corresponden a los percentiles calculados previamente. Este tipo de ranking es útil en análisis donde se necesita priorizar o clasificar entidades como, por ejemplo, las antenas según una combinación de métricas de desempeño. A medida que se tiene una mejor posición en el ranking, se debe priorizar más la antena. Cabe destacar que a medida que el Score es más alto el Ranking de la antena va aumentando.

Por último, se le agregó una tabla que muestra el ranking de los POP. En esta tabla aparece el POP, comuna, macrozona, ranking, score, velocidad de descarga, tráfico, disponibilidad y port out, detallado en la ilustración 8.5. Finalmente, se tiene una tabla con las variables previamente mencionadas donde se puede identificar los POP con los peores indicadores de la calidad de la red 5G según los ponderadores seleccionados.

Para la validación del panel de control, se llevaron a cabo pruebas para garantizar su correcto funcionamiento y usabilidad. Estas pruebas incluyeron comparaciones con fuentes de datos externas y la verificación de la consistencia de los datos dentro del panel con otros análisis realizados por la contraparte, los cuales fueron consistentes. También, verificaciones de navegación y visualización de datos para asegurar que todas las características estuvieran operativas y fueran intuitivas para los usuarios finales. El equipo técnico de la empresa, junto con el estudiante, midió el tiempo promedio de carga del panel de control, asegurando que no superara los 10 segundos en promedio. Además, se realizaron pruebas específicas para verificar la interactividad del panel, como la capacidad de filtrado y navegación entre vistas, asegurando una experiencia fluida. Esto fue implementado para garantizar la calidad y precisión de la información presentada.

En cuanto al feedback recibido, se recopilieron comentarios y sugerencias sobre la usabilidad, eficacia y relevancia de las visualizaciones. Entre los principales comentarios, se destacó la necesidad de presentar las vistas de los mapas en diferentes pestañas dentro de la plataforma para evitar confusión durante el análisis y que sea posible modificar el valor de los ponderadores en la priorización de antenas. Además, se sugirió que se mostrara claramente el promedio de la velocidad de descarga agrupado por macrozona, comuna y categoría, de modo que esta información sea fácilmente accesible a simple vista, como se detallada en la ilustración 8.6. Estas sugerencias fueron fundamentales para realizar ajustes y mejoras en el diseño y funcionamiento del panel.

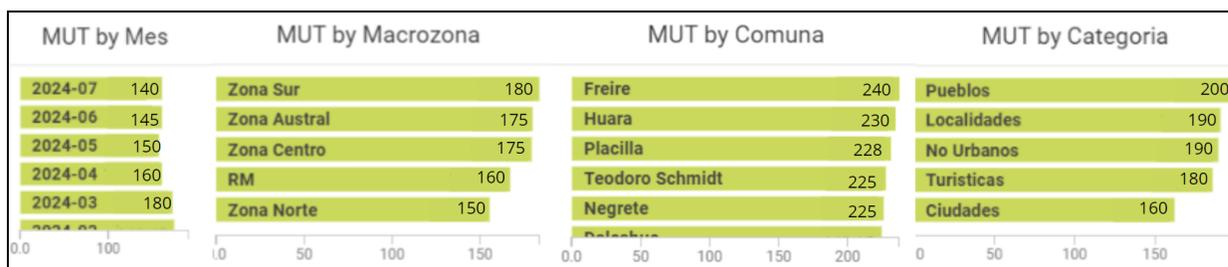


Ilustración 8.6 MUT: Promedio velocidad de descarga por mes, macrozona, comuna y categoría.

En relación con la última etapa, se elaboró un plan de implementación del panel de control, cuyo objetivo fue proporcionar una guía detallada para la actualización y mantenimiento del panel de control. Este plan, compuesto por cuatro pasos, fue diseñado para usuarios no familiarizados con el panel, facilitando una transición eficiente en su uso, gestión y actualización. La metodología de gestión del conocimiento se implementó de manera integral, asegurando la transferencia y retención efectiva de información crítica mediante la creación de documentación exhaustiva, capacitación estructurada, procedimientos estandarizados y la definición clara de roles y responsabilidades. Esta metodología permitió que el conocimiento se compartiera y aplicara de manera coherente, asegurando que todos los usuarios pudieran operar y mantener el panel con eficacia.

En primer lugar, se desarrolló una documentación detallada que incluye una descripción completa de la estructura del panel, sus funcionalidades principales, su propósito, e instrucciones

paso a paso para realizar actualizaciones y cambios. Esta documentación fue diseñada para ser clara y accesible, asegurando que cualquier usuario pueda comprender y seguir los procedimientos necesarios.

En segundo lugar, se llevó a cabo una capacitación integral para los usuarios responsables de la actualización y mantenimiento del panel. Esta capacitación abarcó tanto el uso básico como avanzado del panel, incluyendo procedimientos específicos para la actualización de datos y la interpretación de los indicadores y métricas. Se utilizó metodología de gestión del conocimiento para asegurar que los conocimientos adquiridos durante la capacitación fueran retenidos y aplicados de manera efectiva.

En tercer lugar, se estableció un procedimiento claro para la actualización del panel, especificando la frecuencia de las actualizaciones y los pasos a seguir para garantizar que el panel se mantenga actualizado con datos precisos y relevantes. Este procedimiento incluye la verificación de la integridad de los datos y funcionalidad del panel después de cada actualización.

Finalmente, se definieron y documentaron las responsabilidades y roles de los usuarios involucrados en el mantenimiento del panel. El área encargada de la actualización y garantizar la integridad de los datos del panel es el CoE central, específicamente en el equipo de redes. La contraparte es responsable de enviar la base con la actualización de la ubicación de los POP. Este enfoque estructurado asegura que todas las tareas relacionadas con el panel de control se realicen de manera eficiente y con un alto nivel de calidad.

8.2. Resultados

En esta sección se presentan los hallazgos obtenidos a partir del análisis de los datos durante el desarrollo del proyecto. Los resultados se organizan según el cumplimiento del objetivo planteado en el trabajo de título.

8.2.1. Contexto del proyecto

En primer lugar, se tiene el resultado de EDA realizado a la data del 5G. La data se actualiza diariamente de manera automática en Athena, a la fecha presenta un total de 966.606 observaciones con 23 variables. Los principales hallazgos se presentan a continuación.

En primer lugar, se observó que las variables no presentan una alta correlación, a excepción de la variable de tráfico de la antena con la velocidad de descarga (ver Anexo E). En los siguientes párrafos se ahondará en este resultado.

Con respecto a la velocidad de descarga se realizó un histograma para poder ver la distribución de los valores de la variable. Se observa que las velocidades rondan entre los 100Mbps y 300Mbps, como se puede observar en la ilustración 8.2.

Con respecto al tráfico de la antena se observa que a medida que aumenta el volumen la frecuencia de las observaciones disminuye, por lo que existe un número menor de antenas congestionadas, como se observa en la ilustración 8.7. El 5G ofrece una capacidad mayor en comparación con las generaciones anteriores, permitiendo que cada antena maneje un mayor volumen de tráfico con menos congestión.

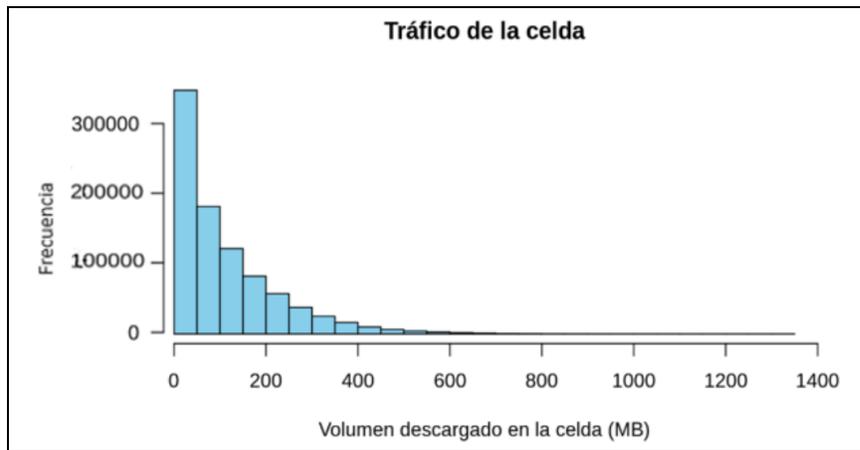


Ilustración 8.7 Histograma tráfico de la antena (MB)

En la ilustración 8.8, se presenta la relación entre los indicadores mencionados anteriormente donde se puede ver que a medida que la velocidad de descarga aumenta el tráfico disminuye, esto se debe a que las antenas cuando presentan un menor tráfico se encuentran menos congestionadas, por lo tanto, su velocidad para descargar archivos o ver streaming es mayor.

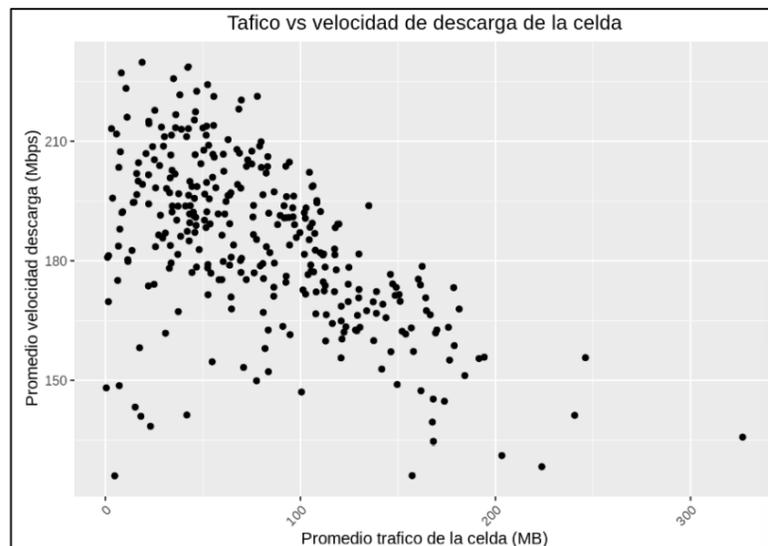


Ilustración 8.8 Gráfico de dispersión

Luego se eligió de manera aleatoria una día de la muestra para poder visualizar la cantidad de observaciones en las macrozonas y categorías presentes en la data. En el Anexo F y en el Anexo G se puede observar los resultados. Al analizar los gráficos obtenidos se tiene que en la macrozona de la Región Metropolitana y la categoría de ciudades se encuentran la mayor cantidad de observaciones, es decir cuentan con un mayor número de antenas.

Para finalizar el EDA se graficó la distribución del promedio de la velocidad de descarga de las antenas para cada categoría. Se observa, en el Anexo H, que las ciudades presentan una mayor dispersión de los datos y un menor valor para el cuartil dos. Evaluando el tráfico para estas mismas categorías se observa que para las ciudades se tiene un mayor volumen de datos entre el cuartil uno y tres (ver Anexo I).

8.2.2. Panel de control

Los resultados clave corresponden a poder identificar áreas críticas a priorizar, con velocidades de descarga menores al promedio o tráfico de la antena superior a 15.000 MB, lo cual ayudaría a justificar la priorización de implementación o mantenimiento de antenas en esas áreas. Estos resultados proporcionan una visibilidad clara del comportamiento de la red 5G en diferentes zonas geográficas. Lo que ha permitido identificar rápidamente áreas con peor rendimiento y asignar recursos de manera más eficiente, resolviendo el problema de la falta de herramientas adecuadas para la visualización y análisis de los indicadores para la toma de decisiones.

Como resultado del panel de control se implementó para el indicador de la velocidad de descarga un esquema de colores donde los POP con mayor velocidad aparecen en tonos verdes, mientras que aquellos con menor velocidad se presentan en tonos rojos. Además, se diseñó una función de “pop-up” al ubicar el mouse sobre cada POP, desplegando información detallada como el ID del POP, comuna, categoría, velocidad de descarga promedio general y por sector. Como se observa en la ilustración 8.9.

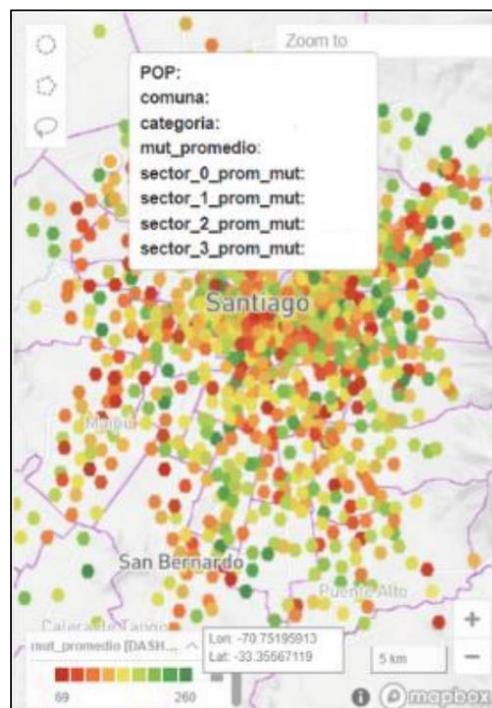


Ilustración 8.9 Visualización geográfica velocidad de descarga

El análisis del promedio de la velocidad de descarga por sector reveló que las áreas rurales tienen un mejor rendimiento en este indicador en comparación con las áreas urbanas. Este hallazgo es consistente con el EDA realizado en un inicio, lo que se puede confirmar en el Anexo H. Además, la mayor cantidad de tráfico en las antenas ubicadas en áreas urbanas, debido a la mayor densidad de población, contribuye a esta diferencia en el rendimiento. Por lo tanto, este análisis confirma la necesidad de priorizar la inversión en ciertas antenas en función de su ubicación y carga de tráfico, asegurando así una optimización en la distribución de recursos y una mejora en la calidad del servicio.

En el caso del indicador del tráfico, se adoptó un enfoque inverso donde los POP con mayor congestión se visualizan en tonos rojos, indicando mayor tráfico, mientras que aquellos con

menor congestión se muestran en tonos verdes. De manera similar al indicador anterior cuenta con un “pop-up” con información relevante como el ID del POP, comuna, categoría y la suma del tráfico registrado. Estas funcionalidades fueron diseñadas con los requisitos solicitados por la contraparte, lo que garantizó su adecuación a las necesidades específicas y facilitó la interpretación de los datos para la toma de decisiones, lo que se puede observar en la ilustración 8.10.

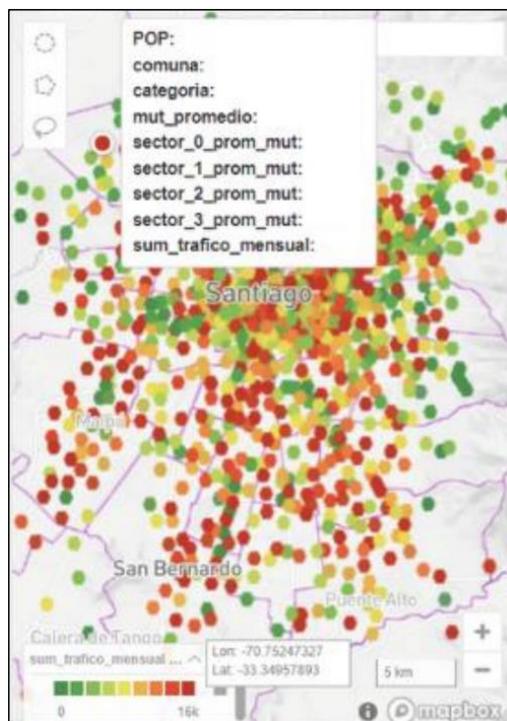


Ilustración 8.10 Visualización geográfica tráfico de los POP

Estos insights complementan la toma de decisiones y ayudan mejorar la calidad de la red 5G. Por ejemplo, al identificar los POP con menor velocidad de descarga, se podrán priorizar las inversiones y los esfuerzos de optimización en esas áreas específicas. Asimismo, la información detallada por los “pop-ups” permitirá a los responsables de la red evaluar el rendimiento en distintas comunas y sectores, facilitando la identificación de patrones o problemas recurrentes que necesiten ser abordados. Con esta información se pueden diseñar estrategias más efectivas para la mejora continua de la red, asegurando que los recursos se utilicen de manera eficiente para maximizar la calidad del servicio y la satisfacción del cliente. Además, estos datos pueden servir como base para la planificación de futuras expansiones de la red 5G, garantizando que las nuevas inversiones se realicen en las áreas con mayor necesidad de mejora.

Como resultado de la tabla de priorización de antenas, presentada en la ilustración 8.5, se obtuvo el ranking de las antenas con la peor calidad de la red según los ponderadores de los indicadores. Se observó que, al considerar únicamente la velocidad de descarga, las macrozonas con los peores ranking corresponde a la zona norte y RM. Este patrón se repite al evaluar el indicador de tráfico de la antena.

Sin embargo, al analizar únicamente el indicador de port out, las macrozonas con peores resultados son la zona sur y la Región Metropolitana (RM). Al aplicar un filtro para mostrar solo la macrozona RM se observa, en la ilustración 8.11, que el sector nororiente de Santiago presenta una menor portabilidad a otras compañías. Esto significa que, a excepción del sector nororiente, las antenas en el resto de la RM deben ser priorizadas. Esto se puede deberse a que el sector noro-

riente tiene una infraestructura de red más reciente o menos congestionada, lo que se traduce en un mejor rendimiento de las antenas y menos tasas de port out.

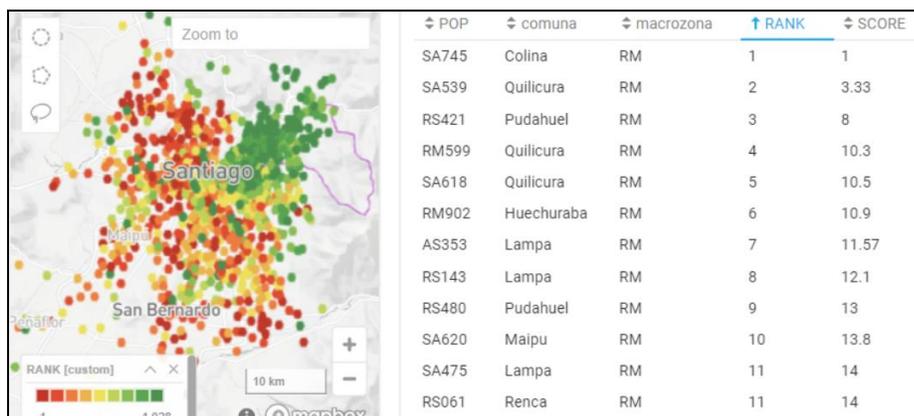


Ilustración 8.11 Priorización de POP por Port Out en macrozona RM.

Este análisis indica que estas zona presentan consistentemente problemas con la calidad de la red. Las cuales pueden incluir una alta densidad de usuarios, una mayor demanda de servicio y una infraestructura existente que no está adecuadamente equipada para manejar el tráfico o presenta mucha interferencia. Identificar estas zonas críticas permite enfocar los esfuerzos de mejora en las áreas con mayor necesidad, optimizando la asignación de recursos y priorizando las intervenciones que tendrán mayor impacto en la experiencia del usuario.

Los insights obtenidos a partir de la tabla de priorización de antenas son cruciales para la toma de decisiones. Al identificar rápidamente las macrozonas como la zona norte, sur y RM como áreas con consistentemente baja calidad de red en relación con distintos indicadores, se pueden dirigir los esfuerzos hacia la mejora de la infraestructura y los servicios en estas zonas. Los datos sobre las áreas con peor calidad de red pueden guiar la planificación de mantenimiento y actualizaciones tecnológicas. Por ejemplo, si la velocidad de descarga es consistentemente baja en una macrozona específica, se puede programar una revisión exhaustiva de las antenas en esa área para identificar y corregir problemas técnicos.

Las métricas obtenidas en el panel fueron comparadas con los estándares de la industria para redes 5G utilizando informes y estudios que presentan métricas de rendimiento. Según el reporte de OpenSignal, una red 5G con buen desempeño debería tener velocidades de descarga superiores a 100 Mbps en áreas urbanas, lo que de acuerdo con el panel de control se cumple a la fecha con un valor superior a los 160 Mbps en dichas áreas. Las mediciones confirman que, aunque algunas macrozonas cumplen con los estándares, hay áreas específicas donde los indicadores están por debajo, destacando una oportunidad de mejora.

Este mismo reporte menciona que Entel ofrece la mejor experiencia 5G con la velocidad promedio más rápida en el país, coronándose con un promedio de 182,6Mbps. [20] Lo que tiene consistencia con el resultado obtenido en el análisis de la data y lo observado en el panel de control.

La inclusión de datos de validación y análisis comparativo ayuda a respaldar los resultados y, además, proporciona un marco de referencia para futuras mejoras y optimización de la red 5G asegurando que las estrategias estén alineadas con las prácticas de la industria y así ayudar a entregar una mejor experiencia al usuario.

Capítulo 9: Conclusiones

El presente trabajo de título tiene como objetivo general “Desarrollar e implementar un panel de control para la visualización de indicadores de calidad de red 5G que apoye la toma de decisiones efectivas en la asignación de recursos para la inversión y mantención de antenas en Chile.” A partir de los resultados obtenidos se puede concluir que el objetivo general se cumple gracias al trabajo realizado y la estructura de los objetivos específicos planteados.

El análisis exploratorio de los datos (EDA) realizado fue fundamental para comprender la data y su comportamiento. Esta fase fue clave para la toma de decisiones informadas sobre la eliminación de variables, gestión de valores faltantes, la creación de cruces de la data y la generación de archivos en S3 de AWS. Uno de los principales problemas identificados durante el proceso de creación del piloto del panel fue la visualización de POPs que contaban con valores faltantes para sus indicadores, lo cual resultaba erróneo. Para solucionar este problema, se tomó la decisión, en conjunto con la contraparte, de eliminar estos valores de la data para no generar confusiones al momento de visualizar el panel.

El análisis preliminar permitió que el proceso ETL se llevará a cabo de manera precisa y confiable, garantizando que la información utilizada estuviera bien trabajada y lista para su uso en la creación de las vistas de la red 5G. Con respecto al proceso ETL, se puede concluir que es una de las etapas más importantes para el cumplimiento del objetivo general, ya que de su precisión y confiabilidad depende la calidad de las visualizaciones y, en última instancia, la efectividad del panel de control para la toma de decisiones en la empresa. Uno de los principales desafíos que presenta esta etapa es poder ejecutar correctamente el preproceso de los datos, ya que estamos en presencia de datos que se actualizan diariamente. Por ejemplo, se debe tener cuidado con la aparición de nuevos POP para ir realizando bien el cruce con la longitud y latitud de estos para no generar inconsistencias en las visualizaciones.

El haber realizado un estudio previo sobre la industria de las telecomunicaciones y sus conceptos resultó de gran utilidad al momento de definir las vistas con la contraparte, ya que permitió tener un entendimiento profundo de los conceptos, las necesidades y desafíos específicos del sector. A lo largo de varias reuniones con la contraparte, se llegó a la conclusión de que los indicadores de mayor utilidad para ellos eran la velocidad de descarga, el tráfico de la antena, la disponibilidad y el port out. Estos fueron seleccionados gracias a su relevancia directa en la evaluación del rendimiento de la red 5G. Por otro lado, se decidió dejar de lado el uso promedio de la celda, ya que, tras el análisis, se determinó que este indicador no ofrece la misma capacidad de proporcionar información accionable. La eliminación de este indicador permitió simplificar las vistas y centrarse en aquellos aspectos que realmente influyen en la calidad del servicio y la eficiencia operativa.

A partir de los último dos objetivos se puede concluir que la implementación de las vistas piloto del panel de control basada en los datos recopilados permitió identificar la forma más efectiva de visualizar la información crítica de la red 5G. El registro sistemático de la retroalimentación en minutas permitió un proceso de mejora continua, asegurando que las vistas del panel de control se adaptaran a las expectativas y requisitos cambiantes de los usuarios. Esto enfatiza la importancia de un enfoque ágil y receptivo en la implementación de soluciones tecnológicas. Destacan la importancia de un enfoque participativo y receptivo en la implementación de tecnologías, la necesidad de capacitación adecuada para asegurar una utilización efectiva de las herra-

mientas y el impacto positivo de estas acciones en la toma de decisiones estratégicas y la optimización de recursos.

La visualización de datos facilita la comprensión del comportamiento de la red 5G y la identificación de tendencias relevantes, permitiendo a Entel priorizar las áreas con oportunidades de mejora y a una asignación más eficiente de recursos para mejorar la calidad del servicio. El análisis de los datos arrojó dos resultados demográficamente relevantes, primero que la velocidad de descarga promedio en la zona norte es 84% menor que en la zona sur, y segundo, que esta macrozona presenta un 62% más de tráfico. Estos hallazgos indican una necesidad urgente de inversión y optimización en la zona norte para equilibrar la carga de tráfico y mejorar la experiencia del usuario en dicha región.

La tabla de priorización de antenas permite obtener insights que proporcionan una base sólida para identificar áreas críticas y priorizar intervenciones. A partir de esta tabla se creó un ranking de antenas el cual muestra cual de estas debe ser prioridad al momento de tomar decisiones. A través del análisis de los indicadores de velocidad de descarga, tráfico, disponibilidad y port out, se identificaron las macrozonas norte, sur y RM como áreas prioritarias que presentan consistentemente problemas de calidad en la red hasta la fecha.

El panel de control desarrollado no solo proporciona una herramienta de análisis, sino que también habilita a la organización para tomar decisiones fundamentadas. Por ejemplo, los insights obtenidos pueden ser utilizados para definir qué proyectos, ya sean de mantenimiento o de inversión, deben ser priorizados. Además, se puede implementar un plan de incentivos para los técnicos, motivándolos a mantener las antenas en óptimo estado, lo cual redundará en una mejora continua de la calidad de la red. Estas decisiones, basadas en datos concretos y visualizaciones claras, aseguran que los esfuerzos de la empresa se alineen con las necesidades reales de los usuarios y las demandas del mercado, optimizando así el rendimiento y la satisfacción del cliente.

El cumplimiento de usabilidad del panel de control presenta las siguientes métricas. Se espera que la frecuencia mensual de uso del panel sea de al menos cuatro veces y que tenga al menos un usuario activo. Además, el tiempo de carga de los datos a la plataforma, actualización de datos y aplicación de filtros no demore más de diez segundos en promedio, hasta la fecha el tiempo de carga de esas métricas es en promedio seis segundos.

A diferencia de una query del data lake, el panel de control ofrece una visualización intuitiva y dinámica de los datos, facilitando la toma de decisiones rápidas y basadas en información actualizada. Esta capacidad de visualización y análisis en tiempo real es crucial para gestionar una red como el 5G, donde los cambios y las demandas varían rápidamente.

Se recomienda realizar estudios adicionales para evaluar la satisfacción del cliente en relación con las mejoras en la red 5G y considerar la integración de indicadores de satisfacción en el panel de control para una visión más holística del rendimiento. Como, por ejemplo, indicadores de Net Promoter Score donde se muestre que tanto recomiendan los clientes a Entel, el cual se podría integrar al panel de priorización de antenas aplicando el filtro de los pesos de los indicadores según corresponda. De igual modo, implementar una actualización automática del panel de control para que los datos permanezcan en la última versión y no requiera de intervención del usuario.

Capítulo 10: Discusiones

En el siguiente apartado se realiza una discusión crítica de las decisiones tomadas en cuanto al desarrollo del panel de control. Se analizarán los objetivos, alcances, metodología y resultados obtenidos, planteando alternativas y extensiones al proyecto.

Los objetivos planteados se centraron en desarrollar un panel de control que permita la visualización y análisis detallado de los indicadores de calidad de red 5G. Si bien este objetivo fue cumplido de manera exitosa y se logró la visualización efectiva, existen algunas limitaciones en relación con los alcances.

Una de las mayores limitaciones del proyecto es que las líneas móviles de Entel no pueden ser enlazadas con esta tecnología, lo que impide saber específicamente qué cliente se conectó a cuál antena y en qué momento. Esta restricción significa que, aunque se sabe qué modelos de celular tienen la capacidad de conectarse al 5G, falta información crucial sobre la satisfacción de los usuarios en la red. El poder añadir esta información al panel de control ayudaría a la identificación de patrones de uso y problemas específicos. También, se debe destacar que la inclusión de más indicadores como, por ejemplo, la latencia del 5G o la presencia en relación con la competencia de esta tecnología, podrían agregar valor a lo ya implementado en el panel de control.

Otra limitación corresponde a la poca automatización de la base de datos de la ubicación de los POP. Actualmente, esta información debe ser subida de manera manual a S3 para su implementación en el proceso de transformación de la data, lo que no solo es un proceso laborioso, sino que también aumenta el riesgo de errores humanos y retrasos. Idealmente, la data debería actualizarse de manera automática en S3 para ser leída desde el código implementado, lo cual mejoraría la eficiencia y precisión del sistema. Estas limitaciones dejan a la luz la necesidad de mejorar la integración y automatización de los datos para mejorar la eficiencia del panel.

Las metodologías empleadas, basadas en enfoques ágiles y gestión del conocimiento, permitieron una rápida iteración y adaptación a los cambios, lo que fue crucial para el éxito del proyecto. Sin embargo, es importante evaluar si estas metodologías funcionaran de la misma manera en otro proyecto, para evaluar su replicabilidad.

Comparando con una metodología más rígida como CRISP-DM, que ofrece una estructura clara con enfoques iterativos aplicables a una amplia gama de industrias. Al ser más formal y secuencial, podría haber proporcionado mayor estabilidad en el desarrollo del proyecto, minimizando cambios inesperados o ajustes continuos en el proceso. Aunque se observa que, para este proyecto, que variaba con el tiempo y requería flexibilidad, era esencial implementar una metodología adaptable. La elección de metodologías ágiles resultó ser apropiada dado el contexto específico y las necesidades dinámicas del proyecto.

El panel de control ha tenido un impacto en la toma de decisiones estratégicas de Entel, permitiendo una asignación más eficiente de recursos y mejorando la calidad del servicio. Esto se alinea con la estrategia de la empresa de liderar en experiencia del cliente y calidad de red.

Un componente clave de este impacto es el análisis realizado gracias a las vistas de velocidad de descarga y tráfico de la antena. La mejora en la velocidad de descarga en áreas específicas puede atribuirse a la optimización de la ubicación de las antenas. Sin embargo, es necesario in-

vestigar más a fondo para entender por qué otras áreas no mostraron mejoras similares, lo que podría estar relacionado con factores geográficos o demográficos.

Otro componente clave es la tabla de priorización de antenas, una herramienta importante que proporciona información instantánea sobre el estado de los puntos de presencia (POP) en relación con la calidad de la red 5G. La capacidad de identificar rápidamente las áreas con problemas en la red permite a la organización tomar decisiones informadas sobre qué proyectos deben ser priorizados. Dado que los recursos y presupuestos son limitados, esta tabla de priorización asegura que los esfuerzos y fondos se enfoquen en las zonas que más lo necesitan, optimizando así la asignación de recursos y mejorando la eficiencia operativa. Esto es especialmente relevante en el contexto actual, donde la tecnología 5G está en constante expansión y la competencia en la industria de telecomunicaciones es feroz. La implementación de esta herramienta no solo mejora la eficiencia interna, sino que también fortalece el posicionamiento competitivo de la empresa en el mercado.

Al considerar la integración y comparación con la tecnología 4G, es importante destacar que, aunque este proyecto se centra en la red 5G, la red 4G sigue siendo una parte crucial de la infraestructura de telecomunicaciones. La red 4G ya cuenta con visualizaciones preestablecidas, lo que proporciona una base sólida de comparación y análisis con la red 5G.

Comparar las métricas de rendimiento de la red 5G con las del 4G ofrece una perspectiva más completa del avance tecnológico y su impacto. Por ejemplo, se puede analizar cómo la velocidad de descarga y la capacidad de manejo del tráfico difieren entre ambas redes, y cómo estas diferencias afectan la experiencia del usuario. La coexistencia de estas redes plantea desafíos y oportunidades en la optimización de recursos. Principalmente, la velocidad de descarga de la tecnología 5G es significativamente más rápida que la del 4G, pero a su vez, el 5G tiene una cobertura mucho menor. Estas diferencias deben considerarse al momento de la toma de decisiones, además de evaluar los costos y beneficios de mantener y mejorar la red 4G frente a la inversión en la nueva infraestructura 5G.

Incorporar estos puntos en la toma de decisiones proporcionará una visión más holística del proyecto, destacando no solo los logros en la red 5G, sino también cómo estos avances se relacionan y benefician el desempeño de la red 4G. Esto permitirá a Entel mantener una estrategia cohesiva y eficiente en todas sus tecnologías de red.

En relación con futuros proyectos, se recomienda enfocar los esfuerzos en dos áreas claves. En primer lugar, la inclusión de indicadores de satisfacción del cliente con el servicio de 5G. Esta información permitiría correlacionar la percepción del usuario con los datos técnicos de rendimiento de red, ofreciendo una visión de los factores que influyen en la experiencia de los clientes. Además, incorporar esta data permitiría una perspectiva más integral de la calidad del servicio.

En segundo lugar, se recomienda considerar la automatización del panel de control para garantizar que la data se actualice de manera más regular, a priori una vez a la semana, y sin intervención manual. Esto conllevaría realizar un proceso de automatización en relación con la base de datos de la ubicación de los POP. También sería ideal que, al momento de tener la actualización de los datos lista, que esta sea subida a la plataforma Heavy.AI instantáneamente. Este proceso podría ser realizado si es que se tiene la correcta licencia de la plataforma y se crea la conexión entre esta y AWS.

Para llevar a cabo esta automatización, es necesario implementar scripts que automaticen la extracción, transformación y carga (ETL) de datos desde las fuentes originales hasta la base de

datos del panel de control. Además, la integración con herramientas como AWS permitiría ejecutar estos procesos de manera programada y eficiente. La automatización no solo mejoraría la eficiencia operativa, sino que también disminuiría el riesgo de error humano y aseguraría que las decisiones se realicen con datos más actualizados, facilitando una respuesta rápida a las variaciones de la calidad de la red. Sin embargo, es fundamental considerar las posibles limitaciones, como la necesidad de una infraestructura robusta y la garantía de la integridad de los datos en cada etapa del proceso.

El trabajo realizado se enfocó en un área distinta a aquella en la que el estudiante se encuentra trabajando. Esta diferencia conlleva el uso de distintos métodos de trabajo y programas para analizar y transformar datos, lo que podría resultar complejo en el futuro debido a las variadas formas de trabajo y la cultura del equipo. Adaptarse a nuevas herramientas y enfoques no solo requiere tiempo y capacitación, sino también una integración para asegurar que todos los miembros del equipo puedan colaborar de manera efectiva y eficiente. Esta interdisciplinariedad, aunque desafiante, también ofrece oportunidades de aprendizaje y desarrollo profesional, promoviendo una visión más holística y adaptable en la gestión de proyectos.

El impacto económico del panel de control se hace notar en el ahorro de costos y aumento de la eficiencia en la asignación de recursos. Si bien no es tan directo poder cuantificar este ahorro, si es claro que una toma de decisiones oportuna involucra menos errores y mejora la capacidad de ahorro e inversión. Como recomendación, se podría realizar un análisis de costos más detallado para evaluar con mayor precisión el impacto económico que genera este panel de control. Este análisis podría incluir un modelo financiero que proyecte los ahorros a largo plazo y el retorno de la inversión (ROI) derivado de la implementación del panel de control, considerando tanto los beneficios operativos como los costos asociados a su desarrollo y mantenimiento.

Continuando con las discusiones, se presentarán posibles soluciones alternativas a la propuesta. Considerar la incorporación de técnicas de aprendizaje de máquinas para la predicción de fallas y optimización de recursos podría representar una oportunidad de complementar en panel de control de calidad de red 5G. Esta técnica ofrece beneficios al poder identificar problemas con los POP en relación con el 5G. Sin embargo, también plantea desafíos considerables, tanto desde el punto de vista técnico como organizacional.

En términos técnicos, la implementación de estos modelos de aprendizaje requiere datos históricos de calidad de red, donde a la fecha se cuenta solo con historia desde agosto 2023, también capacidad de procesamiento y expertos en análisis avanzados. Además, de que los modelos deben ser actualizados constantemente para mantener su precisión en un entorno tan dinámico como el de las telecomunicaciones. Esta implementación debería incluir recopilación y procesamiento de datos, selección de algoritmos, y la evaluación de modelos.

Desde el punto de vista organizacional, se necesita una preparación para poder integrar las técnicas en los procesos existente, lo que podría implicar cambios en la cultura organizacional y capacitación del personal. Sin embargo, después de realizar el proyecto de título en la empresa, se confirma que se cuenta con los equipos y capacidades técnicas para abordar esta tarea de manera efectiva.

Otra posible integración que se podría añadir son fuentes de datos externas, como datos meteorológicos, para analizar cómo varía la calidad de la red según los diferentes climas que se presentan en Chile. Dado que Chile es un país con una diversidad climática significativa, esta inte-

gración permitiría obtener una visión más detallada de cómo factores como la lluvia, la temperatura, la humedad, y los vientos extremos afectan la calidad del servicio en diferentes regiones.

Esta implementación se podría realizar de dos maneras: directamente en el código o utilizando la plataforma Heavy.AI. La segunda opción sería más sencilla de abordar, ya que la plataforma permite la carga de datos externos para su manipulación y análisis en tiempo real. Los datos meteorológicos podrían integrarse mediante una API que proporcione actualizaciones constantes de las condiciones climáticas en las distintas zonas geográficas cubiertas por la red 5G.

Una vez integrados los datos meteorológicos, se podría aplicar un análisis correlacional o incluso modelos predictivos que vinculen las condiciones climáticas con la degradación o mejora de la calidad del servicio. Esto requeriría añadir nuevas capas de visualizaciones al panel de control, que muestren cómo las variaciones en el clima afectan indicadores clave como la velocidad de descarga, la disponibilidad y el tráfico de la antena. Además, se podrían desarrollar alertas automatizadas que anticipen caídas en la calidad del servicio basadas en pronósticos meteorológicos, lo que permitiría a la empresa tomar medidas preventivas, como ajustar la potencia de las antenas o redistribuir el tráfico, para minimizar el impacto en los usuarios.

Se recomienda realizar un análisis de costos asociados, los beneficios potenciales en términos de mejora de calidad de red y las capacidades técnicas disponibles antes de proceder con la implementación. Esto garantizará que la adopción de técnicas de aprendizajes de máquinas o la implementación de datos meteorológicos sean estratégicamente alineadas con los objetivos de la empresa y puedan ofrecer el máximo retorno de inversión en términos de eficiencia operativa y satisfacción del cliente.

Para ir finalizando la presente memoria, se discutirá la escalabilidad del panel de control. La expansión de la red 5G implica un aumento significativo en el volumen de datos que el panel de control debe manejar. Sin embargo, el código implementado ha sido diseñado para soportar este crecimiento, ya que tiene la capacidad de procesar y visualizar grandes volúmenes de información de manera eficiente. Además, se ha sugerido implementar un código adicional que, después de un periodo de tiempo determinado, permita leer una cantidad específica de historia de datos en lugar de cargar todo el historial completo, optimizando así el rendimiento y reduciendo la carga en los sistemas.

La incorporación de nuevas tecnologías, como redes 6G en el futuro, implicaría replicar el proceso ya realizado para el 5G. Dado que la estructura y metodología están bien documentadas y son flexibles, esta adaptación no supondría una tarea de gran envergadura. Asimismo, la adición de nuevos indicadores requeriría modificaciones en el código existente, un proceso que sería relativamente sencillo de aplicar gracias a la claridad con la que se ha explicado el procedimiento en la documentación técnica. Estas características aseguran que el panel de control no solo es escalable, sino que también está preparado para evolucionar y adaptarse a las necesidades futuras de la red y la incorporación de nuevas tecnologías.

Bibliografía

- [1] Informes de Expertos. (s.f.). EMR, Mercado de Telecomunicaciones en Chile. <https://www.informesdeexpertos.com/informes/mercado-de-telecomunicaciones-en-chile>
- [2] Subsecretaría de Telecomunicaciones (Subtel). (s.f.). Quiénes somos, <https://www.subtel.gob.cl/quienes-somos/#:~:text=Tiene%20como%20principales%20funciones%20proponer,el%20cumplimiento%20de%20las%20leyes%2C>
- [3] Gobierno de Chile. Sector Telecomunicaciones Tercer Trimestre 2023. 2023. https://www.subtel.gob.cl/wp-content/uploads/2023/12/PPT_Series_SEPTIEMBRE_2023_V0.pdf
- [4] 24 Horas. (s.f.). Internet, cable y telefonía: estas son las empresas con mayores reclamos. 24Horas.cl. <https://www.24horas.cl/actualidad/economia/internet-cable-y-telefonía-estas-son-las-empresas-con-mayores-reclamos>
- [5] Servicio Nacional del Consumidor (SERNAC). (s.f.). Un 48% De Los Reclamos En Telecomunicaciones Apuntaron a La Telefonía Móvil. <https://www.sernac.cl/portal/604/w3-article-77046.html>
- [6] BNamericas. (s.f.). La situación del mercado chileno de telecomunicaciones. BNamericas. <https://www.bnamericas.com/es/reportajes/la-situacion-del-mercado-chileno-de-telecomunicaciones>
- [7] Entel. (2023). Memoria 2023. https://entel.modyocdn.com/uploads/a01e1ba5-7821-4e6f-ac82-4c4521107583/original/230419_Entel_Memoria_2023_Libro_interactiva.pdf
- [8] Monitor Empresarial de Reputación Corporativa. (2023). Ranking Merco Empresas. <https://www.merco.info/cl/ranking-merco-empresas>
- [9] Entel. (2023). Entel se consolida en el primer lugar de lealtad del consumidor en telefonía móvil este 2023. <https://informacioncorporativa.entel.cl/comunicados-de-prensa/posts/entel-se-consolida-en-el-primer-lugar-de-lealtad-del-consumidor-en-telefonía-movil-este-2023>
- [10] HEAVY.AI (2024) The fastest analytics and location intelligence platform. <https://www.heavy.ai/>
- [11] Entel Comunidad Empresas. (2024). Redes móviles: qué son, cómo funcionan y qué tipos existen. <https://ce.entel.cl/articulos/redes-moviles/>
- [12] Instituto Europeo de Estudios Empresariales. (s.f.). Los gestores de bases de datos más usados. INESEM. <https://www.inesem.es/revistadigital/informatica-y-tics/los-gestores-de-bases-de-datos-mas-usados/>

- [13] Amazon Web Services. (s.f.). What is ETL? Extract, transform, load explained. https://aws.amazon.com/what-is/etl/?nc1=h_ls
- [14] Martínez Robalino, D.A. (s.f.). Metodología para el diseño de dashboards orientado hacia el registro de evidencias en el proceso de evaluaciones institucionales. <https://reunir.unir.net/bitstream/handle/123456789/6171/MARTINEZ%20ROBALINO,%20DANIEL%20ANDRES.pdf?sequence=1>
- [15] Entel. (s.f.). Portabilidad. Entel. <https://www.entel.cl/empresas/asistencia-clientes/portabilidad/#:~:text=Port%20out,por%20medio%20de%20la%20OAP>
- [16] Asana. (2023). ¿Qué es un KPI?. Asana. <https://asana.com/es/resources/key-performance-indicator-kpi>
- [17] T-Mobile. (s.f.). 5G Spectrum and Frequency Bands. T-Mobile. <https://es.t-mobile.com/business/resources/articles/5g-spectrum-frequency-bands>
- [18] ESAN. (s.f.). La expansión del 5G: Avances globales y retos urgentes. Recuperado de <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/la-expansion-del-5g-avances-globales-y-retos-urgentes>
- [19] Intel. (2018). Ancho de banda vs rendimiento vs velocidad vs tasa de conexión. Intel. Recuperado de: <https://www.intel.la/content/www/xl/es/support/articles/000026190/wireless.html>
- [20] OpenSignal. (2023). Chile Mobile Network Experience Report. Recuperado de <https://www.opensignal.com/reports/2023/08/chile/mobile-network-experience>

Anexos

Anexo A. Variables data 5G

Tabla 0.1 Explicación y origen variables data 5G.

Variable	Origen	Descripción	Observación
POP	Data lake 5G	Punto de presencia	
Celda		Unidad mínima de un POP	
Sitio		Agrupación de celdas por tecnología	
Sector		Dirección espacial hacia donde entrega la señal	
Mes		Mes de la ingesta del dato	
Macrozona		División geográfica del país	Norte, centro, RM, sur y austral
Región		Regiones de Chile	I, II, III,(...), XV
Comuna		Comunas de Chile	
Categoría		División de categoría según la cantidad de habitantes de la zona	Ciudades >25K habitantes, Localidades [5K;25K], Pueblos [1K;5K] y Otros (turísticas, no urbanos y sin_pop) <1K
Velocidad de descarga		Velocidad promedio de descarga (Mbps)	
Numerador velocidad de descarga		Numerador de la velocidad de descarga	
Denominador velocidad de descarga		Denominador de la velocidad de descarga	
Tráfico		Tráfico de la antena (MB)	
Indisponibilidad		Porcentaje de tiempo que la antena no estuvo disponible	
Port Out	Proceso mediante el cual el operador actual debe traspasar o entregar el número a solicitud de la empresa receptora por medio del organismo administrador de la portabilidad		
Longitud	Vía mail	Localización de un lugar en dirección este u oeste desde el ecuador	
Latitud		Localización de un lugar en dirección norte o sur desde el ecuador	

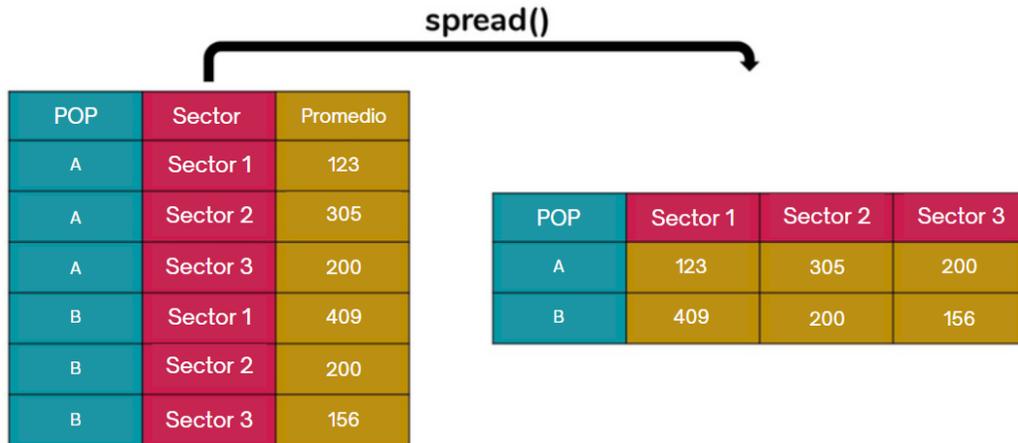
Anexo B. Escala de colores para el tráfico de los POP



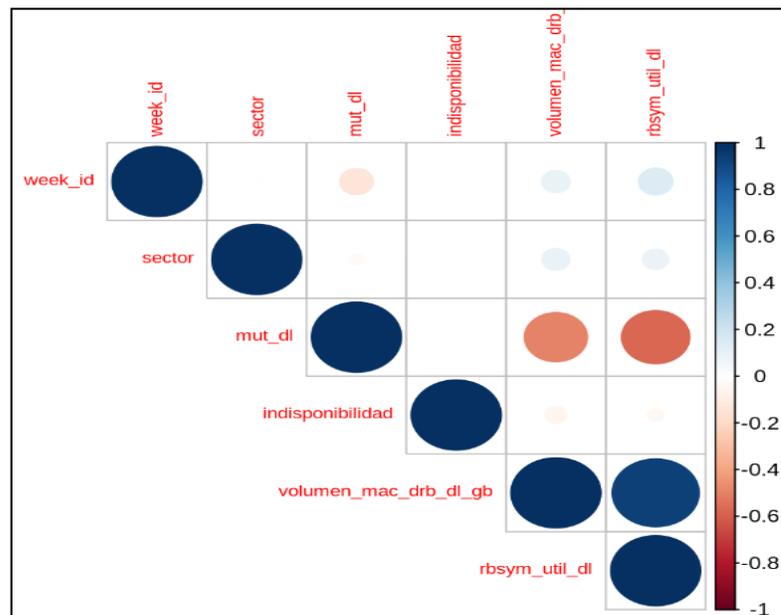
Anexo C. Cálculo indicadores utilizados

Indicador	Agrupación	Cálculo
Promedio velocidad de descarga por sector	POP, mes, sector	$\frac{\sum_{i=1}^n \text{Numerador velocidad de descarga}}{\sum_{i=1}^n \text{Denominador velocidad de descarga}}$
Promedio velocidad de descarga	POP, mes	$\frac{\sum_{i=1}^n \text{Numerador velocidad de descarga}}{\sum_{i=1}^n \text{Denominador velocidad de descarga}}$
Suma tráfico de la celda	POP, mes	$\sum_{i=1}^n \text{Tráfico de la celda}$
Disponibilidad	POP, mes	$\sum_{i=1}^n (100 - \text{indisponibilidad})$
Port Out	POP, mes	$\sum_{i=1}^n \text{Port Out}$

Anexo D. Función Spread

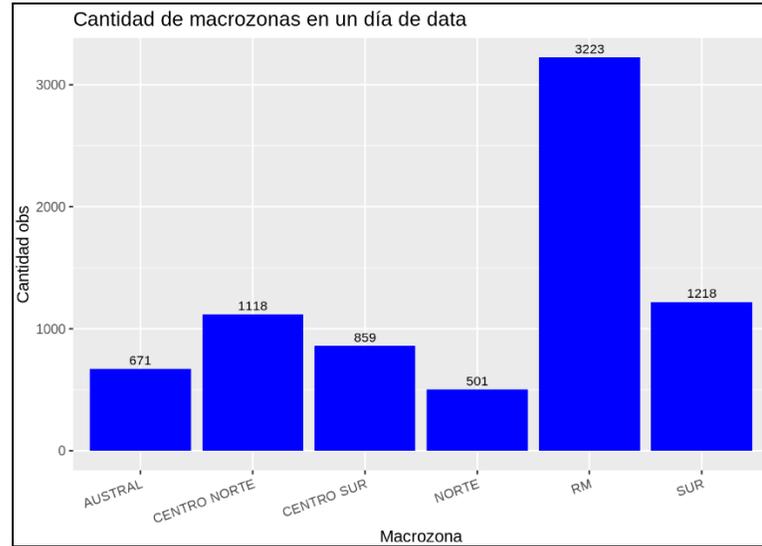


Anexo E. Matriz de correlación

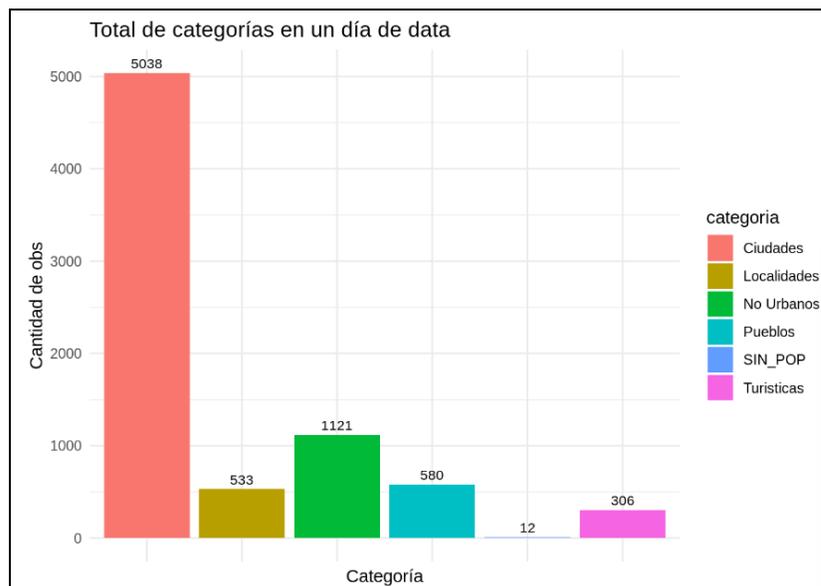


Significado de las variables: Week id: ID de la semana; Sector: Sector de la antena; Mut_dl: Velocidad de descarga (Mbps); Indisponibilidad: % de tiempo que la antena no estuvo disponible; Volumen_mac_dr_b_dl_gb: Tráfico de la antena; Rebsym_util_db: Uso promedio de la celda

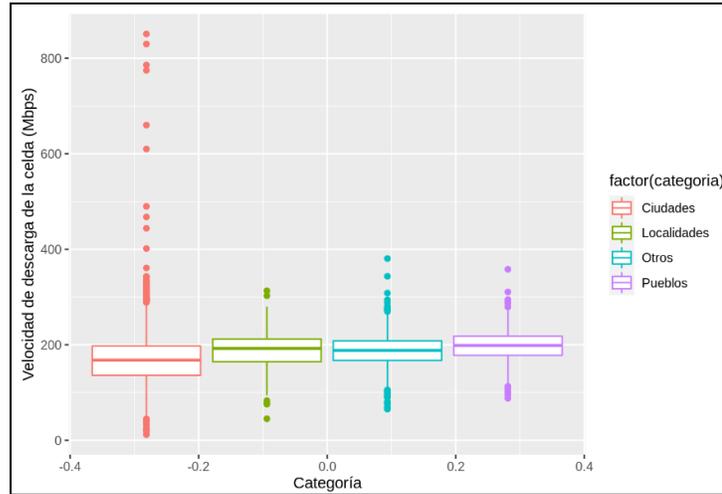
Anexo F. Gráfico de barras macrozonas



Anexo G. Gráfico de barras categorías



Anexo H. Boxplots velocidad de descarga por categoría



Anexo I. Boxplots tráfico de la antena por categoría

