



UNIVERSIDAD TÉCNICA
FEDERICO SANTA MARÍA

DEPARTAMENTO DE ELECTROTECNIA E INFORMÁTICA
INGENIERÍA EN INFORMÁTICA

"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA VISUALIZACIÓN PARA EL PRONÓSTICO, INFORMACIÓN HISTÓRICA Y CONTEXTO DE FALLAS EN REDES DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA"

Joanmanuel Acosta Montenegro
joanmanuel.acosta@usm.cl

Gabriel Jara Bulnes
Profesor Guía

Resumen: La gestión de redes de transmisión eléctrica enfrenta retos significativos debido al volumen de datos necesarios para anticipar fallas y tomar decisiones operativas. Este proyecto propone como solución un dashboard interactivo desarrollado en Power BI, diseñado para integrar datos históricos, contextuales y predictivos. Utilizando metodologías como CRISP-DM y Agile BI, se implementaron etapas de recolección, preparación, diseño y validación, garantizando una herramienta alineada con las necesidades operativas. El dashboard permite representar datos complejos de forma clara mediante gráficos, filtros y KPI dinámicos, lo que facilita la identificación de patrones y áreas críticas. Las pruebas realizadas con usuarios finales demostraron una alta satisfacción, destacando su utilidad para optimizar el análisis y la toma de decisiones. Este desarrollo no solo resuelve problemas actuales, sino que también establece una base escalable e innovadora para futuras mejoras en la gestión de redes eléctricas.

Palabras Clave: Redes de Transmisión Eléctrica, Dashboard Interactivo, CRISP-DM, Agile BI, Power BI, KPI dinámicos.

1 INTRODUCCIÓN

La gestión de redes de transmisión eléctrica exige la capacidad de analizar y visualizar grandes volúmenes de datos en tiempo real para prevenir fallas. Sin embargo, la ausencia de herramientas adecuadas para este análisis dificulta la toma de decisiones rápidas y precisas, lo que puede resultar en consecuencias negativas para la red, afectando tanto la eficiencia operativa como la confiabilidad del suministro eléctrico.

Este proyecto tiene como objetivo diseñar e implementar un dashboard interactivo en **POWER BI** que permita analizar datos históricos, contextuales y predictivos para identificar patrones de fallas y mejorar la gestión de redes eléctricas. El enfoque se basa en un marco teórico que integra conceptos de inteligencia de negocios, visualización de datos y dashboarding utilizando metodologías como CRISP-DM y Agile BI para guiar el desarrollo de la solución.



Los dashboards interactivos han emergido como una herramienta clave para abordar este desafío, ya que permiten a los operadores visualizar de manera clara y dinámica grandes volúmenes de datos. Al integrar la **inteligencia de negocios (BI)**, los dashboards no solo facilitan la visualización de la información, sino que también permiten extraer patrones y tendencias que ayudan en la toma de decisiones informadas. Estos sistemas de BI se enfocan en transformar datos crudos en información útil que mejora la capacidad de los gestores para anticiparse a eventos, gestionar recursos y, en general, optimizar el funcionamiento de la red.

Las metodologías aplicadas incluyen etapas de recolección, análisis y visualización de datos, además de validaciones iterativas para asegurar la funcionalidad y relevancia del dashboard.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO PRINCIPAL

Diseñar y desarrollar un dashboard capaz de integrar y representar datos históricos, contextuales y en tiempo real relacionados con la gestión de redes de transmisión eléctricas. Este dashboard estará orientado a optimizar la toma de decisiones operativas mediante una interfaz intuitiva que permita identificar patrones, tendencias y áreas críticas de manera eficiente. La herramienta busca no solo mejorar la comprensión de los datos, sino también ofrecer una solución escalable y adaptable a las necesidades cambiantes del entorno.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Diseñar y estructurar un sistema de visualización que integre datos históricos y contextuales sobre fallas en redes eléctricas.
2. Implementar herramientas de visualización que permitan identificar patrones, tendencias y áreas críticas de forma intuitiva.
3. Optimizar la experiencia del usuario a través de funcionalidades interactivas, como filtros y navegación personalizada.
4. Validar el dashboard con usuarios finales, incorporando su retroalimentación para ajustar y mejorar el diseño y la funcionalidad.
5. Demostrar el impacto del dashboard en la toma de decisiones operativas mediante pruebas controladas y presentación en la Feria de Software.

3 MARCO CONCEPTUAL

En este capítulo se presentan diversas definiciones, teorías y enfoques que facilitan la comprensión del proyecto y sus diferentes etapas en el desarrollo de un Dashboard. En primer lugar, se describirán los elementos clave que fueron fundamentales para entender cómo fue abordado el proyecto. A continuación, se explicará cómo estos elementos se interrelacionan, mostrando cómo los principios y enfoques utilizados en el proyecto están respaldados por teorías consolidadas, y cómo estos contribuyen a la solución propuesta.

3.1 INTELIGENCIA DE NEGOCIOS (BI)

La Inteligencia de Negocios (BI) se refiere al conjunto de tecnologías, herramientas y prácticas utilizadas para recopilar, analizar y presentar datos empresariales de manera estratégica. El objetivo principal de BI es transformar datos crudos en información valiosa que apoye la toma de decisiones. BI se centra en hacer que los datos sean más accesibles, comprensibles y útiles para los tomadores de decisiones. A través de herramientas de análisis como el análisis de tendencias, minería de datos y la creación de informes visuales, las empresas pueden optimizar procesos, predecir comportamientos futuros y reaccionar ante cambios en el entorno.

La Inteligencia de Negocios tiene sus raíces en la década de 1950, cuando las empresas comenzaron a utilizar sistemas computarizados para gestionar grandes volúmenes de información. Sin embargo, el término "Business Intelligence" fue popularizado en 1989 por Howard Dresner, quien lo definió como la combinación de metodologías y tecnologías para apoyar la toma de decisiones. Desde entonces, BI ha evolucionado con la llegada de tecnologías como el big data, el aprendizaje automático y la analítica avanzada, permitiendo su adopción en una amplia gama de industrias.

En el contexto de la gestión de transmisión eléctrica, BI juega un papel crucial al permitir la visualización y análisis de grandes volúmenes de datos provenientes de sensores, redes y sistemas de monitoreo. Esto facilita la identificación de patrones, la predicción de fallas y la optimización de recursos, contribuyendo a una gestión más eficiente y resiliente de las redes eléctricas.

3.2 VISUALIZACIÓN DE DATOS

La visualización de datos es el proceso de representar datos de manera gráfica, utilizando gráficos, tablas y otros elementos visuales para hacer que la información compleja sea más comprensible. Este enfoque permite que los usuarios comprendan rápidamente patrones, tendencias y relaciones dentro de los datos, facilitando la interpretación y el análisis. La visualización de datos es particularmente útil cuando se maneja un gran volumen de información, ya que permite ver y comprender rápidamente lo que los datos están mostrando.

La visualización de datos en las empresas de este rubro tiene un papel clave supervisión de las redes de transmisión eléctricas. Permite a los operadores identificar áreas con alta demanda, detectar posibles fallas y optimizar la distribución de recursos. Las representaciones gráficas de eventos históricos y datos en tiempo real proporcionan información crucial para anticipar problemas y mejorar la planificación del mantenimiento, lo que contribuye a una respuesta más rápida y efectiva ante situaciones críticas.

3.3 DASHBOARD INTERACTIVO

Un Dashboard Interactivo es una herramienta visual que organiza y presenta información clave de forma clara y concisa, permitiendo a los usuarios interactuar con los datos en tiempo real. Los dashboards están diseñados para mostrar métricas importantes, indicadores clave de rendimiento (KPIs) y tendencias mediante gráficos y tablas que sean fáciles de interpretar. Los usuarios pueden interactuar con los elementos visuales, filtrando datos y ajustando vistas según sus necesidades para obtener insights más específicos.

El principal objetivo de los dashboards interactivos es ofrecer una visión completa de los indicadores clave de rendimiento (KPIs), métricas relevantes y tendencias, a través de representaciones gráficas como gráficos de barras, líneas, tablas y mapas. La interacción con los elementos visuales permite a los usuarios ajustar vistas, filtrar datos y explorar diferentes conjuntos de información según sus necesidades, lo que facilita la toma de decisiones basadas en insights más específicos.

Los dashboards interactivos se alinean con los principios de **Inteligencia de Negocios (BI) (3.1)** al integrar y analizar grandes volúmenes de datos para proporcionar una visión estratégica que optimiza la toma de decisiones. Además, la **Visualización de Datos (3.2)** se complementa con la interacción en tiempo real de los dashboards, permitiendo a los usuarios explorar los datos de forma más dinámica y detallada. Al integrar estos enfoques, el dashboard se convierte en una herramienta esencial para la gestión eficiente de redes de transmisión eléctrica, facilitando la detección temprana de fallas y mejorando la asignación de recursos de manera más efectiva.

3.4 TEORÍAS (MARCO TEÓRICO)

3.4.1 TEORÍA DE LA TOMA DE DECISIONES BASADAS EN DATOS (DDDM)

La teoría sostiene que las decisiones empresariales deben fundamentarse en datos objetivos, análisis cuantitativo y hechos verificables, en lugar de depender únicamente de la intuición, suposiciones o experiencias pasadas. Esta teoría enfatiza que la información debe ser recopilada, procesada y analizada para obtener insights precisos que respalden el proceso de toma de decisiones. Según Provost y Fawcett (2013), el análisis de datos y la toma de decisiones informadas son elementos fundamentales para respaldar las decisiones empresariales.

Esta teoría se relaciona directamente con el proceso de transformar los datos históricos de las fallas de transmisión eléctrica en información útil para los operadores de la red eléctrica. Estos datos facilitan decisiones sobre el mantenimiento y prevención de fallas.

3.4.2 TEORÍA DE LA VISUALIZACIÓN DE DATOS (Edward Tufte)

Se centra en cómo presentar la información de manera clara, precisa y eficiente utilizando gráficos y visualizaciones. Edward Tufte, un pionero en el campo de la visualización de datos, propone que las visualizaciones deben maximizar la densidad de información sin sacrificar la claridad. Su enfoque se basa en la idea de que las representaciones visuales deben ser simples, elegantes y eficaces, permitiendo al espectador interpretar los datos de manera rápida y precisa, sin distracciones innecesarias [1].

La Teoría de Tufte es fundamental en el diseño del dashboard interactivo de este proyecto. Siguiendo los principios de Tufte, las visualizaciones de datos dentro del dashboard están diseñadas para ser claras y funcionales, eliminando cualquier elemento innecesario que pueda dificultar la interpretación de la información. Al aplicar esta teoría, el dashboard permite a los operadores centrarse únicamente en los datos clave, maximizando la eficiencia y la claridad para una toma de decisiones rápida y fundamentada.

3.4.3 TEORÍA DE DASHBOARDING

Se basa en el uso de paneles de control (dashboards) como herramientas visuales que concentran información clave en un único lugar para facilitar la supervisión, el análisis y la toma de decisiones. Esta teoría sostiene que un dashboard eficaz debe cumplir con tres principios fundamentales: simplicidad, relevancia y accesibilidad. Los dashboards se benefician de un diseño limpio que priorice la visualización intuitiva de datos, evitando sobrecargas de información o gráficos innecesarios.

Un dashboard efectivo debe seguir los principios de simplicidad y relevancia, tal como lo sugiere Stephen Few, quien afirma que un dashboard debe ser claro y conciso para facilitar la toma de decisiones rápidas [2]."

En este proyecto el objetivo es proporcionar a los operadores una herramienta visualmente clara, que destaque los indicadores clave de la red eléctrica, como fallas recurrentes, niveles de tensión y áreas de riesgo. Basado en los principios de simplicidad y relevancia, el dashboard permite a los operadores centrarse en la información crítica, mientras que la capacidad de interacción les permite profundizar en los datos según lo requieran.

3.4.4 APLICACIÓN DE METODOLOGÍAS

En el contexto de este proyecto, se adoptaron las metodologías **CRISP-DM** y **Agile BI** para guiar el desarrollo del dashboard interactivo. Ambas metodologías se alinean con las teorías presentadas anteriormente, proporcionando un marco estructurado y flexible que facilita tanto el análisis de datos como el desarrollo ágil del producto.

CRISP-DM, al ser una metodología de análisis de datos ampliamente reconocida, complementa la **Teoría de la Toma de Decisiones Basadas en Datos (DDDM)**, permitiendo transformar los datos históricos y predictivos en información útil para la toma de decisiones operativas dentro del sistema de transmisión eléctrica.

Por otro lado, **Agile BI** refuerza la **Teoría de Dashboarding** al introducir un enfoque ágil y centrado en el usuario en el proceso de diseño del dashboard. Esta metodología permite adaptaciones rápidas y mejoras continuas basadas en las interacciones del usuario con el sistema, asegurando que el producto final cumpla con los requisitos y expectativas.

Ambas metodologías son esenciales para aplicar de manera efectiva las teorías previamente descritas y asegurar la creación de un dashboard que optimice la toma de decisiones en el contexto de la gestión de redes eléctricas.

4 METODOLOGÍA

En este capítulo se describe la metodología utilizada para el desarrollo del dashboard interactivo, aplicando las metodologías CRISP-DM y Agile BI. Estas metodologías proporcionaron un marco estructurado y flexible que permitió abordar el proyecto de manera iterativa y con enfoque en el análisis de datos y la visualización interactiva. Las etapas incluyeron la recolección y preparación de datos, el diseño y desarrollo del dashboard, y su validación con retroalimentación continua de los usuarios finales.

4.1 METODOLOGÍA CRISP-DM (Cross-Industry Standard Process for Data Mining)

La metodología CRISP-DM [3] es un estándar ampliamente utilizado para guiar proyectos de análisis de datos. Ofrece un marco estructurado que facilita la organización del trabajo en proyectos complejos, dividiéndolo en seis fases clave. Esta metodología fue adaptada en el desarrollo del dashboard, asegurando que cada etapa estuviera alineada con los objetivos del proyecto. A continuación, se detallan sus fases:



4.1.1 COMPRENSIÓN DEL NEGOCIO

Esta fase se enfoca en identificar los objetivos principales del proyecto y los requisitos específicos del cliente. En el contexto del dashboard, esto implicó reunir información sobre las necesidades de los operadores de redes eléctricas, como las métricas clave que debían visualizarse, los problemas más críticos que enfrentaban, y las decisiones que el dashboard debía apoyar. El resultado de esta etapa fue un conjunto claro de objetivos que guiaron las fases posteriores.

4.1.2 COMPRENSIÓN DE LOS DATOS

Se exploraron los datos disponibles para evaluar su calidad, relevancia y estructura. Esto incluyó el análisis de los datos históricos de fallas en la red eléctrica, datos contextuales (información meteorológica) y fallas predichas por el modelo predictivo (ElecPreTX). Se identificaron patrones y relaciones importantes en los datos que serían representados en el dashboard. Esta fase permitió asegurar que los datos fueran representativos de las problemáticas a resolver y que fueran adecuados para su visualización.

4.1.3 PREPARACIÓN DE LOS DATOS

Esta es una fase crucial que se realizaron tareas como la limpieza, transformación y estructuración de la información. Esto permitió eliminar inconsistencias, manejar valores atípicos y organizar los datos en formatos adecuados para su representación gráfica. Se creó una estructura de datos optimizada para integrar distintas fuentes y garantizar la fluidez de las visualizaciones.

4.1.4 MODELADO

Se definieron las estructuras y representaciones de los datos que serían visualizadas en el dashboard. Esto incluyó la selección de gráficos, tablas y otros elementos visuales que mejor comunicaran la información clave a los usuarios finales. El modelado se centró en organizar las métricas más importantes, como tendencias, correlaciones y valores específicos, para que pudieran ser interpretadas de manera rápida y eficiente.

El enfoque principal estuvo en garantizar que las visualizaciones fueran claras, relevantes y alineadas con los objetivos establecidos en la fase de **Comprensión del Negocio (4.1.1)**. Esta etapa también permitió probar diferentes formas de representar los datos, asegurando que la herramienta final fuera comprensible y útil para los operadores.

4.1.5 EVALUACIÓN

Se centró en validar que los resultados obtenidos fueran consistentes con los objetivos definidos en la primera etapa. Se realizaron reuniones con el cliente y pruebas con usuarios clave para verificar que las visualizaciones fueran claras, relevantes y útiles. Los ajustes necesarios se implementaron a partir del feedback recibido, asegurando que el dashboard cumpliera con las expectativas operativas.

4.1.6 DESPLIEGUE

En esta etapa, se presentó el dashboard en su versión finalizada, esta fue utilizada para la **feria de software**, donde se demostró su funcionalidad y utilidad. La herramienta fue diseñada para cumplir con los objetivos planteados, incluyendo la visualización clara de métricas clave y la capacidad de interacción con los datos.

Aunque la implementación operativa total aún está pendiente, la presentación permitió destacar los avances logrados y recoger observaciones finales por parte de los asistentes, lo que ayudará a planificar futuras mejoras y refinamientos. Esta etapa marcó un hito importante al validar la propuesta del proyecto frente a un público diverso.

4.2 METODOLOGÍA AGILE BI (Inteligencia de Negocios Ágil)

Agile BI es una metodología que aplica los principios ágiles al desarrollo de proyectos de inteligencia de negocios. A diferencia de los enfoques tradicionales, donde se puede tardar mucho tiempo en construir y desplegar una solución completa, Agile BI permite un desarrollo rápido y flexible. En lugar de trabajar durante largos períodos sin recibir retroalimentación, los proyectos de Agile BI se dividen en fases más pequeñas y manejables, con entregas parciales al final de cada ciclo. Esto permite ajustar el producto según la evolución de las necesidades del proyecto.

4.2.1 ITERACIONES RÁPIDAS

En lugar de desarrollar una solución de BI durante varios meses o años, Agile BI se basa en ciclos de trabajo cortos (sprints), generalmente de dos a cuatro semanas. Al final de cada sprint, se entrega una versión funcional del producto que puede ser probada y evaluada por los usuarios. Esto permite realizar ajustes rápidos y garantizar que el desarrollo esté alineado con los requisitos reales del negocio.

4.2.2 COLABORACIÓN CONSTANTE CON EL CLIENTE

Una de las ventajas de este enfoque es que el cliente o los usuarios finales están involucrados a lo largo de todo el proceso. No esperan hasta el final para ver un producto acabado, sino que tienen la oportunidad de dar feedback en cada fase. Esto asegura que el producto final realmente cumpla con sus expectativas y que las necesidades del negocio sean cubiertas de manera eficiente.

4.2.3 ADAPTABILIDAD

En esta metodología se le da mucha importancia a la capacidad de adaptarse rápidamente a los cambios. Los requisitos del proyecto pueden cambiar, nuevas fuentes de datos pueden aparecer o los objetivos pueden ajustarse en función de la evolución del negocio. Este enfoque ágil permite modificar el rumbo del proyecto sin perder tiempo ni calidad, lo que es crucial en un entorno dinámico.

4.2.4 ENTREGAS CONTINUAS

En lugar de esperar hasta el final del proyecto para entregar una solución completa, Agile BI se basa en entregas continuas e incrementales. Al final de cada sprint, se presenta una versión funcional del producto, lo que permite a los usuarios comenzar a trabajar con la herramienta desde el principio. Esto



mejora la efectividad, ya que los usuarios pueden empezar a usar el sistema mientras aún está en desarrollo, proporcionando feedback inmediato para su mejora.

4.2.5 RELACIÓN CON EL PROYECTO

Agile BI fue clave en el desarrollo del dashboard interactivo. Gracias a las iteraciones rápidas y la constante retroalimentación del cliente, el dashboard evolucionó de manera que se ajustara cada vez más a las necesidades operativas de la red eléctrica. Cada ciclo de desarrollo permitió mejorar las funcionalidades, ajustando las visualizaciones y agregando nuevas características basadas en los comentarios de los usuarios. Este enfoque ágil también permitió se trabajará de manera flexible, adaptándose a cambios y mejoras a medida que el proyecto avanzaba.

5 PLAN DE TRABAJO

En el plan de trabajo se detalla las actividades y etapas realizadas para desarrollar el dashboard, siguiendo un enfoque estructurado basado en las metodologías CRISP-DM y Agile BI. Cada actividad se diseñó para garantizar la calidad del producto final, adaptándose a las necesidades del proyecto y las expectativas de los usuarios finales.

5.1 COMPRENSIÓN DEL PROYECTO

En esta etapa inicial, se trabajó en entender a fondo los objetivos del proyecto y las necesidades específicas de los usuarios. Esto incluyó reuniones con los operadores para identificar qué métricas eran más importantes y qué problemas querían resolver con el dashboard. También se revisaron los datos disponibles para asegurar que fueran adecuados para el análisis.

5.2 PREPARACIÓN DE DATOS

Una vez definidos los objetivos, se trabajó en la limpieza y transformación de los datos. Esta fase fue crucial para organizar la información y corregir errores o inconsistencias. Se integraron datos históricos y en tiempo real, asegurando que el dashboard pudiera ofrecer una visión completa y precisa de los indicadores clave.

5.3 DISEÑO Y DESARROLLO DEL DASHBOARD

El diseño del dashboard comenzó con prototipos iniciales que se presentaron a los usuarios para recoger sus comentarios. Se priorizó la creación de visualizaciones claras e interactivas, como gráficos y tablas dinámicas, que permitieran explorar los datos de forma sencilla. A través de iteraciones rápidas, se ajustaron las funcionalidades y se añadieron filtros y vistas personalizables según las necesidades propuestas por el cliente.



5.4 VALIDACIÓN Y RETROALIMENTACIÓN

Para asegurarse de que el dashboard cumpliera con las expectativas, se realizaron pruebas con el cliente y la opinión de los usuarios clave. Esto permitió evaluar qué tan claras y funcionales eran las visualizaciones ya creadas, así como identificar ajustes necesarios. Los comentarios recibidos fueron fundamentales para mejorar tanto la experiencia del usuario como la efectividad del dashboard en la toma de decisiones.

5.5 PRESENTACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

Finalmente, el dashboard fue presentado al cliente y en la Feria de Software, destacando sus principales características y cómo podía facilitar la gestión de los grandes volúmenes de datos. Esta etapa incluyó la preparación de la documentación del proyecto, detallando cada fase y los resultados obtenidos, además de planificar futuras mejoras para seguir optimizando la herramienta.

6 DESARROLLO

El desarrollo del proyecto consto en una estructura guiada por 5 puntos clave:

- **Investigación y Recopilación de los Datos**
- **Proceso del Diseño del Dashboard con Power BI**
- **Implementación de Datos y Creación de Código**
- **Pruebas, Validación y Presentación.**

6.1 INVESTIGACIÓN Y RECOPIACIÓN DE LOS DATOS

Se priorizó la investigación de información contextual de fallas de transmisión eléctrica y datos meteorológicos para comprender el comportamiento y los estándares de medición. El proceso también incluyó reuniones con los usuarios finales para comprender qué información era esencial para ellos y qué formatos serían más útiles en la visualización. Esta etapa fue crucial para asegurar que los datos recopilados respondieran directamente a las necesidades del proyecto y pudieran integrarse sin problemas en el diseño del dashboard. Finalmente se utilizaron los datos que recopiló el equipo de ElecPretX sobre las fallas históricas desde los años 2020-2024 y datos de simulación que serán proporcionados por el modelo predictivo una vez esté completado y listo para exportar de manera completa y correcta las fallas detectadas.



1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Fecha	Hora	Nombre de la instalación	Tensión nominal	Propietario instalación afectada	Causa	Comuna	Temperatura	Humedad	Precipitación	Velocidad del viento	Dirección del viento	Precipitaciones del día
2	12/02/2020	05:19	Tramo Tap Fundición Chagres - Tap San Felipe del circo 110 kV	44 kV	Colbún Transmisión S.A.	Falla por pérdida Llaillay	14,5	84,7	0	2,9	95	0	0
3	12/02/2020	14:06	S/E Los Andes (FFCC) / LT012C11TR66---T011	44 kV	Chilquinta Energía S.A.	Falla por Prever Los Andes	28	37,1	0	24,1	180	0	0
4	02/03/2020	08:21	LT 2x44 kV Las Vegas - Rungue c2 / LT022C1TR01---R44 kV	44 kV	Chilquinta Energía S.A.	Falla por Tercer Llaillay	14,6	91,4	0	7,6	58	0	0
5	18/03/2020	04:24	Línea 44 kV Las Vegas - FFCC Los Andes C1 / LT023C11R4 kV	44 kV	Chilquinta Energía S.A.	Falla por Ave Cabildo	11	93,6	0	0	0	0	0
6	11/04/2020	05:52	Línea 110 kV Aconcagua - Los Maquis - Esperanza,tran 110 kV	110 kV	Colbún Transmisión S.A.	Falla por pérdida Panquehue	11,1	90,2	0	3,6	270	0	0
7	24/04/2020	08:42	Tramo 44 kV Catemu - Los Ángeles / LT028C11TR02---R44 kV	44 kV	Chilquinta Energía S.A.	Falla por Ave Catemu	14,3	85,8	0	5,4	293	0	0
8	31/05/2020	03:52	Tramo FFCC Los Andes - Rieciillos del circuito N°1 dela 44 kV	44 kV	Chilquinta Energía S.A.	Falla por Desca Los Andes	9	87,3	0	0	0	0,2	0
9	31/05/2020	04:10	Línea 110 kV Totoralillo - Chagres / LT039C11TR04---T110 kV	110 kV	Colbún Transmisión S.A.	Falla por Desca Los Andes	9	87,3	0	0	0	0	0
10	29/06/2020	14:42	Tramo FFCC Los Andes - Rieciillos del circuito N°1 dela 44 kV	44 kV	Chilquinta Energía S.A.	Falla por Nieve Los Andes	7	93,4	2,8	18,4	310	0	32,9
11	21/07/2020	16:13	Tramo Panquehue - San Felipe del circuito N°1 de la 44 kV	44 kV	Chilquinta Energía S.A.	Falla por Ave San Felipe	24,8	48,78	0,3	3,2	14,4	0	10,4
12	30/07/2020	12:14	Línea 44 kV Catemu - Los Ángeles / LT028C11TR02---R44 kV	44 kV	Chilquinta Energía S.A.	Falla por Ave Cabildo	14	71,8	0	5,4	30	0	0
13	13/08/2020	19:41	Línea 110 kV San Pedro - Las Vegas C1 / LT003C11TR02 110 kV	110 kV	Compañía Transmisora del Norte Grande S.A	Falla por Tercer La Calera	15	62,9	0,3	5,4	98,9	3,8	0
14	19/08/2020	09:08	Línea 44 kV Catemu - Los Ángeles / LT028C11TR02---R44 kV	44 kV	Chilquinta Energía S.A.	No se pudo dete Cabildo	9	87,3	0	5,4	150	0,1	0
15	19/11/2020	17:21	Línea 110 kV Concón - Refaca / LT015C11TR02---R003 110 kV	110 kV	Chilquinta Energía S.A.	Falla por Tercer Concón	15	77	0	14,8	290	0	0
16	30/12/2020	21:17	Línea 110 kV Totoralillo - Aconcagua / LT040C11TR05---110 kV	110 kV	Colbún Transmisión S.A.	Falla por Ave San Esteban	27	20,8	0	18,9	201	0	0
17	02/01/2021	15:13	Línea 44 kV El Melón - Túnel El Melón / LT021C11TR02-44 kV	44 kV	Chilquinta Energía S.A.	Falla por Desca Nogales	15,5	18,3	0	9,7	290	0	0
18	08/01/2021	06:31	LT 2x44 kV Las Vegas - Rungue c1 / LT022C11TR01---R44 kV	44 kV	Chilquinta Energía S.A.	Falla por Ave Llay Llay	13,5	83,9	0	8	289	0	0
19	25/01/2021	05:02	Línea 66 kV Laguna Verde - San Antonio / LT009C11TR 66 kV	66 kV	Chilquinta Energía S.A.	Falla por Desca El Quisco	12,9	95,51	0	6,8	328,2	0,2	0
20	29/01/2021	21:38	Línea 110 kV Las Vegas - Cristalerías Chile / LT032C11TR 110 kV	110 kV	Chilquinta Energía S.A.	Falla por pérdida Llay Llay	16	93,8	0,1	16,6	170	0,1	0
21	31/01/2021	17:29	Tramo FFCC Los Andes - Rieciillos del circuito N°1 dela 44 kV	44 kV	Chilquinta Energía S.A.	No se pudo dete Los Andes	24	53,6	1,3	14,8	190	26,3	0
22	09/02/2021	02:43	Tramo FFCC Los Andes - Rieciillos del circuito N°1 de la 44 kV	44 kV	Chilquinta Energía S.A.	Falla por Desca Los Andes	14,4	79	0	4,4	165	3,5	0
23	02/03/2021	04:23	Línea 44 kV Las Vegas - FFCC Los Andes C1 / LT023C11R43 kV	44 kV	Chilquinta Energía S.A.	Falla por Ave Cabildo	14,6	91,4	0	0	0	0	0
24	25/04/2021	11:35	Circuito N°1 de la línea 2x110 kV Los Maquis - Aconcagua 110 kV	110 kV	Colbún Transmisión S.A.	Falla por Tercer Los Andes	20	42,9	0	5,4	240	0	0
25	20/05/2021	19:09	Circuito N°2 de la LT 2x44 kV FFCC Los Andes - Hemar 44 kV	44 kV	Chilquinta Energía S.A.	Falla por Desca Los Andes	10	93,5	0,5	13	140	15,8	0
26	24/05/2021	09:05	LT 110 kV Quillota - Marbella / LT020C11TR01---T009 110 kV	110 kV	Compañía Transmisora de Electricidad S.A.	Falla por Ave Quillota	9,6	87,5	0	0,7	346	0	0
27	08/06/2021	11:22	Línea 44 kV Catemu - Los Ángeles / LT028C11TR02---R44 kV	44 kV	Chilquinta Energía S.A.	Falla por Tercer Catemu	15,6	46	0	3,5	52	0	0
28	28/06/2021	15:41	Línea 110 kV Las Vegas - Cristalerías Chile / LT032C11TR 110 kV	110 kV	Chilquinta Energía S.A.	Falla Técnica Llay Llay	17,8	26,6	0	5,8	337	0	0
29	11/09/2021	15:04	Línea 44 kV Las Vegas - FFCC Los Andes N°1, Tramo 44 kV	44 kV	Chilquinta Transmisión S.A.	Falla Técnica Los Andes	12,8	64,5	0	12,5	173	3,1	0
30	14/09/2021	19:43	Línea 44 kV El Melón - Túnel El Melón / LT021C11TR02-44 kV	44 kV	Chilquinta Transmisión S.A.	Falla por Ave Nogales	25,5	34,5	0	8,5	7	0	0
31	17/01/2022	15:16	Línea 110 kV Quillota - Marbella / LT029C11TR01---T01 110 kV	110 kV	CGE Transmisión S.A.	Falla por Viento Quillota	22,8	36,3	0	34,6	231	0	0
32	24/01/2022	08:37	Tap San Rafael - Totoralillo 110 kV / LT003C11TR04---110 kV	110 kV	*Alfa Transmisión S.A.	Falla por Ave San Felipe	14,8	63,9	0	8,1	176	0	0
33	04/02/2022	10:27	Línea 110 kV Nueva Panquehue - Aconcagua / LT004---110 kV	110 kV	Colbún Transmisión S.A.	Falla por Ave San Esteban	17	67,8	0	7,6	200	0,5	0
34	11/03/2022	20:20	*Tap Pachacama - Las Vegas 110 kV C1 / LT003C11TR 110 kV	110 kV	Compañía Transmisora del Norte Grande S.A	Falla por Ave Quillota	15,9	75,5	0	11,8	263	0	0
35	28/03/2022	21:29	Línea 44 kV El Melón - Túnel El Melón / LT021C11TR02-44 kV	44 kV	Chilquinta Transmisión S.A.	No se pudo dete Nogales	16	32,2	0,016	31,4	192	0,016	0

Ilustración 1. Fallas de transmisión eléctrica en la V Región 2020-2024 (Krishobal Riquelme)

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Fecha	Hora	Temperatura	Humedad	Precipitación por hora	Precipitacion por día	Velocidad del viento	Dirección del viento	Mes	class	
2	12-02-2020	14:00:00	28	37,1	0	0	24,1	180	2	1	
3	02-03-2020	14:00:00	14,6	91,4	0	0	7,6	180	3	1	
4	18/03/2020	04:00:00	15	72,03	0	0	5,4	160	3	1	
5	11/04/2020	06:00:00	10	93,5	0	0	3,6	85,5	4	1	
6	24/04/2020	09:00:00	13	82,01	0	0	5,4	190	4	1	
7	31-05-2020	4:00:00	9	87,3	0	0,2	0	0	5	1	
8	29-06-2020	15:00:00	7	93,4	2,8	32,9	18,4	310	6	1	
9	21-07-2020	16:00:00	24,8	48,78	0,3	10,4	3,2	14,3	7	1	
10	30-07-2020	12:00:00	14	71,8	0	0	5,3	30	7	1	
11	19/08/2020	09:00:00	8	81,35	0	3,1	0	0	8	1	
12	19/11/2020	17:00:00	20	56,16	0,1	3,2	29,5	170	11	1	
13	30/12/2020	21:00:00	27	20,84	0	3,2	19	201	12	1	
14	02-01-2021	15:00:00	15,5	18,3	0	0	9,3	290	1	1	
15	08-01-2021	6:00:00	13,5	83,9	0	0	8	289	1	1	
16	25-01-2021	5:00:00	12,9	95,51	0,2	0	6,8	328	1	1	
17	29-01-2021	21:00:00	16	93,8	0,1	0,1	16,6	170	1	1	
18	31-01-2021	17:00:00	24	53,6	1,3	26,3	14,8	190	1	1	
19	09-02-2021	3:00:00	14,4	79	0	0	4,4	165	2	1	
20	02-03-2021	4:00:00	14,6	91,4	0	0	0	0	3	1	
21	25-04-2021	11:00:00	20	42,9	0	0	5,4	240	4	1	
22	08/06/2021	11:00:00	13,8	46,72	0	1,6	0	360	6	1	
23	28/06/2021	16:00:00	19	17,83	0	1,6	0	0	6	1	
24	11/09/2021	16:00:00	13	62,48	0,1	1,7	14,8	170	9	1	
25	22/11/2021	08:00:00	15	67,36	0	1,7	7,6	30	11	1	
26	22/11/2021	09:00:00	19,4	53,81	0	1,7	4,8	308	11	1	
27	22/11/2021	10:00:00	22	43,45	0	1,7	3,6	288,1	11	1	
28	22/11/2021	11:00:00	25	33,88	0	1,7	5,4	282	11	1	
29	22/11/2021	12:00:00	28	28,5	0	1,7	8,8	193	11	1	

Ilustración 2. Datos de Simulación de las predicciones del Modelo Predictivo (ElecPreTx)

6.2 PROCESO DEL DISEÑO DEL DASHBOARD EN POWER BI

Utilizando Power Point se diseñaron prototipos iniciales para la base del dashboard, donde el siguiente fue el elegido:



Ilustración 3. Plantilla para el dashboard creada en Power Point.

6.3 IMPLEMENTACIÓN DE DATOS Y CREACIÓN DE CÓDIGO

Se describen los pasos seguidos para integrar los datos al dashboard, así como el desarrollo de las fórmulas y medidas necesarias para que las visualizaciones fueran funcionales y relevantes. Este proceso incluyó la conexión de fuentes de datos y la creación de cálculos personalizados utilizando DAX (*Data Analysis Expressions*) en Power BI.

Además, se establecieron conexiones con bases de datos históricas y las generadas por el modelo predictivo, asegurando que las tablas con la información estuvieran disponibles para alimentar las métricas clave del dashboard. Como parte de este proceso, se realizaron transformaciones en los datos, incluyendo su limpieza y estructuración, para garantizar consistencia y precisión antes de su visualización.

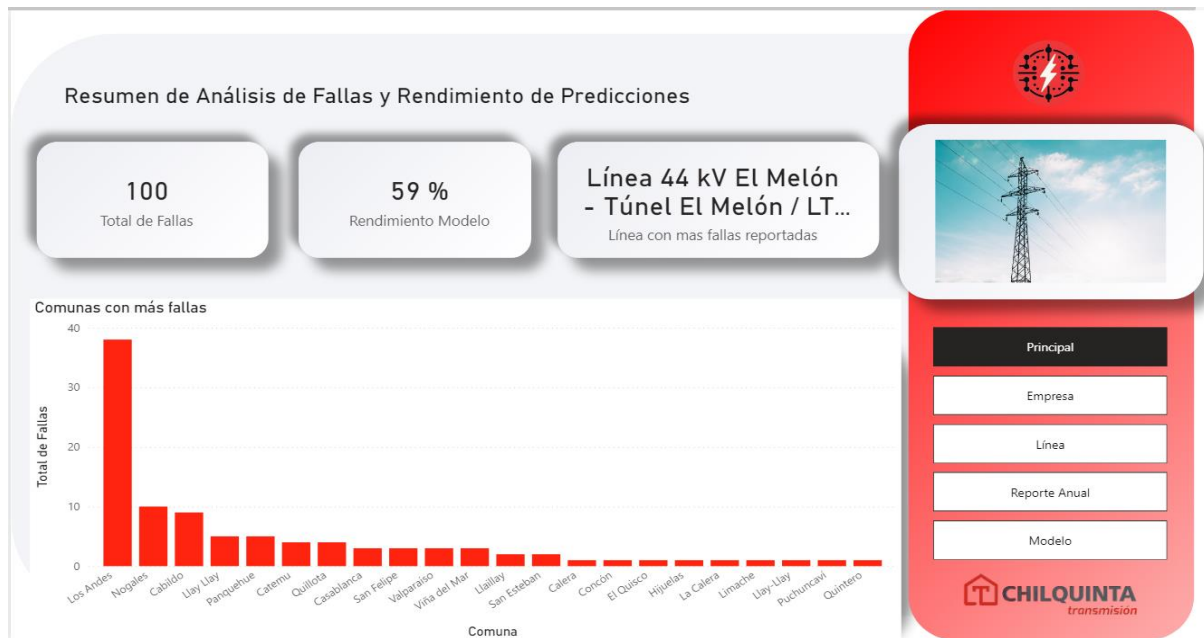


Ilustración 4. Vista principal del Dashboard.

La imagen muestra la pantalla principal del dashboard. En ella se destacan tarjetas con métricas clave, como el total de fallas, rendimiento del modelo predictivo. También se incluye un gráfico que identifica la comuna con mayor incidencia de fallas, así como los logotipos de la empresa cliente (**Chilquinta**) y del modelo predictivo utilizado (**ElecPreTX**). Por último, se observa un menú de navegación que permite avanzar entre las diferentes opciones del dashboard.

Lista con los **KPI** de esta ilustración:

- **Total de Fallas – Código DAX**

Total de Fallas que han ocurrido en 2020-2024, medida calculada con la tabla “Fallas Reales”.

Total de Fallas = `COUNT('Fallas Reales'[Fecha])`

- **Rendimiento Modelo – Código DAX**

Creada para evaluar el porcentaje de acierto del modelo, medida calculada utilizando la tabla “Fallas Reales” y “Predicción Modelo”.

Rendimiento Modelo =

```
VAR Resultado = DIVIDE(
    [Fallas Predichas],
    [Total de Fallas],
    0 // Valor alternativo en caso de división por cero
```

)

```
RETURN IF(Resultado = 0, 0, Resultado)
```

- **Líneas con más fallas reportadas – Código DAX**

Medida calculada utilizando la tabla “Fallas Reales”

Línea con mas fallas reportadas =

```
MAXX (
    TOPN (
        1,
        SUMMARIZE (
            'Fallas Reales',
            'Fallas Reales'[Nombre de la instalación],
            "Conteo", COUNT('Fallas Reales'[Nombre de la instalación])
        ),
        [Conteo], DESC
    ),
    'Fallas Reales'[Nombre de la instalación]
)
```

Comuna con mayor incidencia de fallas: Gráfico de columnas aplicadas que utiliza en su EJE X a Fallas Reales [Comuna] y en su EJE Y “Total de Fallas”.

Comunas con más fallas

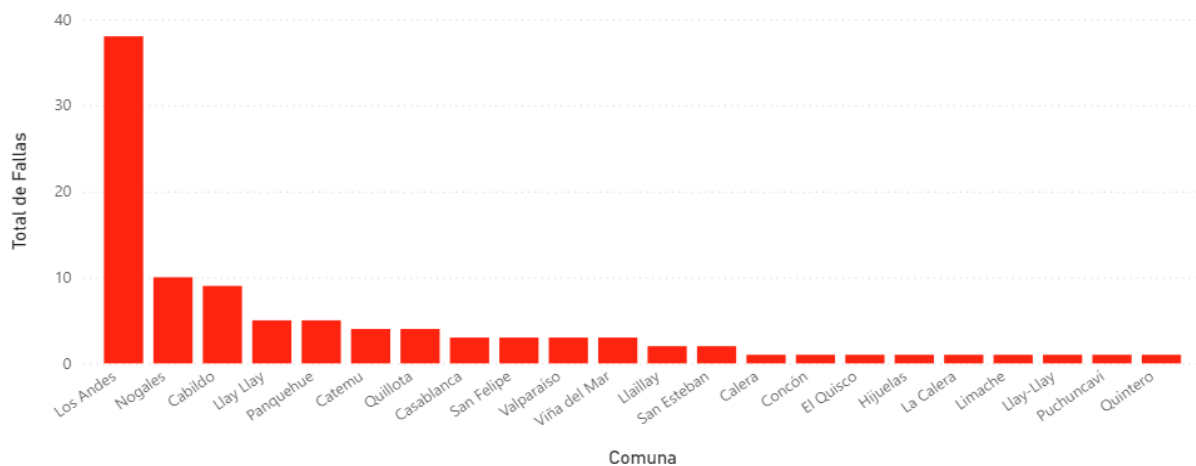


Ilustración 5. Gráfico de columnas aplicadas de las comunas con más fallas en la Quinta Región.

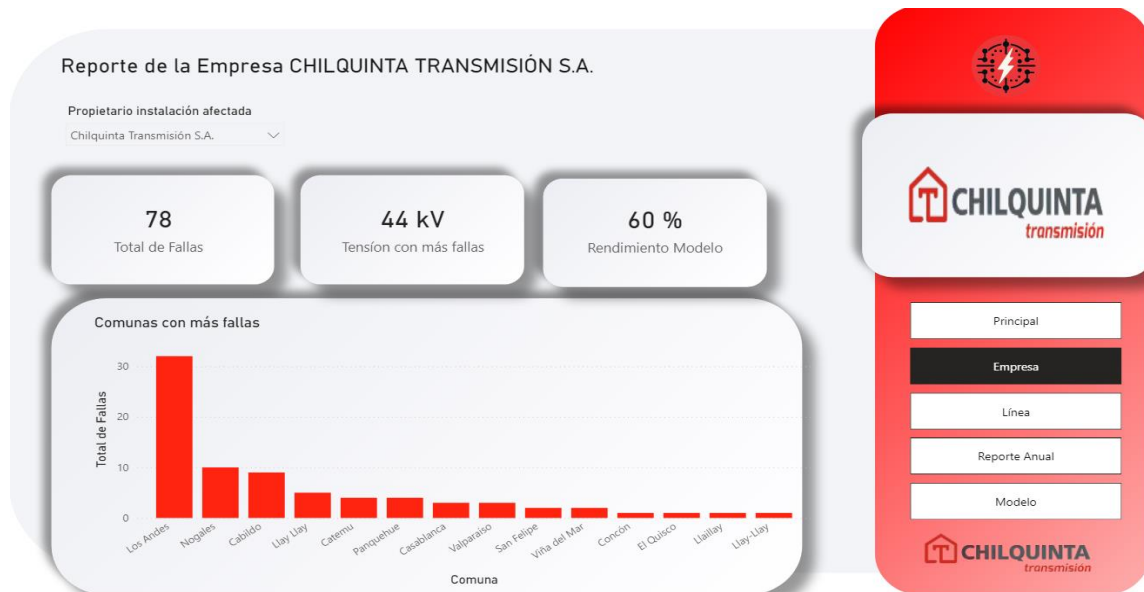


Ilustración 6. Vista de Empresa Chilquinta Transmisión S.A. del Dashboard.

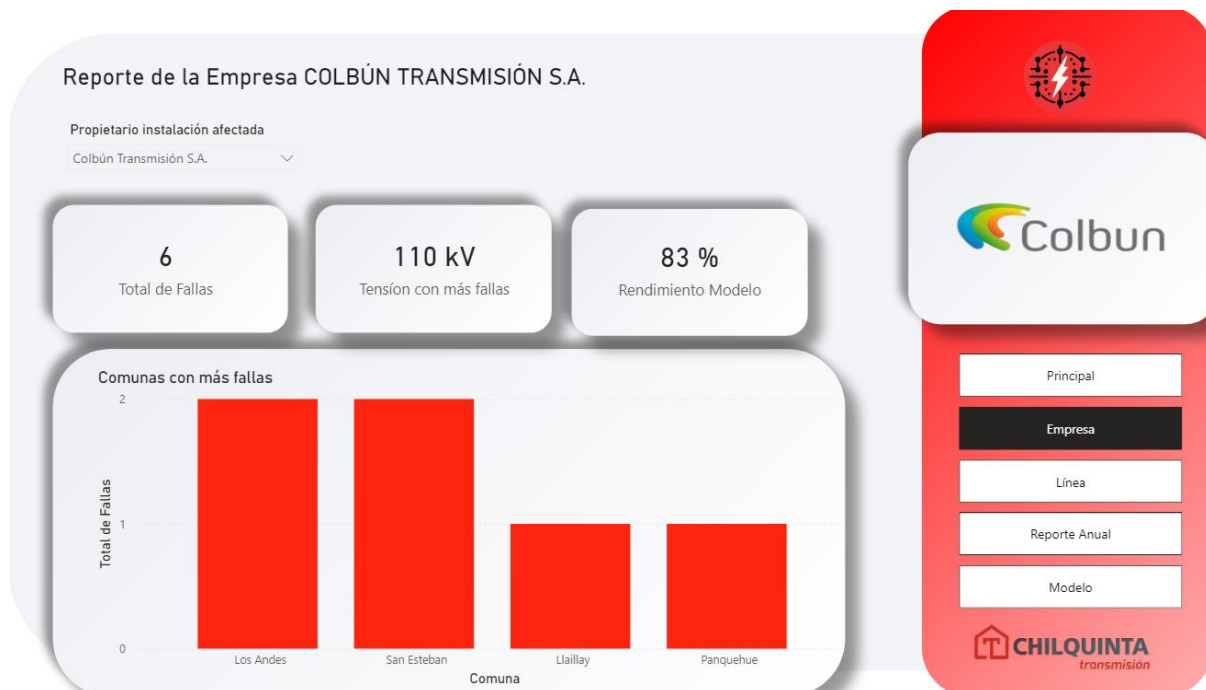


Ilustración 7. Vista de la empresa Colbún Transmisión S.A.



La vista de empresa contiene una segmentación de datos que se alimenta de la tabla “Fallas Reales [Propietario Instalación Afectada]” donde aparece un listado de todas las empresas que han tenido fallas en los años 2020-2024 de la Región de Valparaíso, cada vez que se selecciona una empresa, aparece su logo y los detalles de las fallas de esta.

- **Total de Fallas – Código DAX**

Total de fallas que han ocurrido en la empresa seleccionada, medida calculada con la tabla “Fallas Reales”

```
Total de Fallas = COUNT('Fallas Reales'[Fecha])
```

- **Tensión con más Fallas – Código DAX**

Tensión de las líneas con más fallas ocurridas, medida calculada con la tabla “Fallas Reales [Tensión Nominal]”.

Tension con más fallas =

```
MAXX(  
    TOPN(  
        1,  
        SUMMARIZE(  
            'Fallas Reales',  
            'Fallas Reales'[Tensión nominal],  
            "TotalFallas", COUNT('Fallas Reales'[Fecha]) // Reemplaza "ID de  
            Falla" con la columna que identifica cada falla  
        ),  
        [TotalFallas],  
        DESC  
    ), 'Fallas Reales'[Tensión nominal]  
)
```

- **Rendimiento Modelo – Código DAX**

Creada para evaluar el porcentaje de acierto del modelo, ahora se utiliza para evaluar el rendimiento del modelo por cada empresa seleccionada, medida calculada utilizando la tabla “Fallas Reales” y “Predicción Modelo”.

Rendimiento Modelo =

```
VAR Resultado = DIVIDE(  
  
    [Fallas Predichas],  
  
    [Total de Fallas],  
  
    0 // Valor alternativo en caso de división por cero  
  
)  
  
RETURN IF(Resultado = 0, 0, Resultado)
```

- **Comuna con mayor incidencia de fallas:** Gráfico de columnas aplicadas que utiliza en su EJE X a Fallas Reales [Comuna] y en su EJE Y “Total de Fallas”. En esta ocasión se utiliza para evaluar las comunas con más fallas en las líneas de cada empresa.

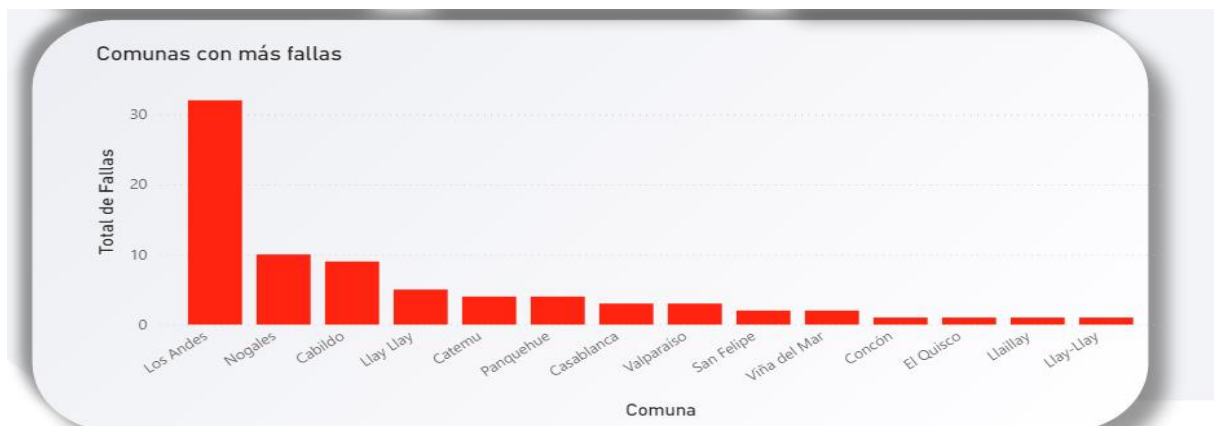


Ilustración 8. Gráfico de columnas aplicadas de las comunas con más fallas de en cada línea de la empresa seleccionada en la Quinta Región.



Ilustración 9. Vista del reporte anual de la línea de transmisión eléctrica seleccionada.

La vista contiene una segmentación de datos que se alimenta de la tabla “Fallas Reales[Nombre de la instalación]” donde nos aparece un listado de todas las líneas que han sufrido fallas en los años 2020-2024 de la Quinta Región.

- **Total de Fallas – Código DAX**

Total de fallas que han ocurrido en la línea seleccionada, medida calculada con la tabla “Fallas Reales”

```
Total de Fallas = COUNT('Fallas Reales'[Fecha])
```

- **Rendimiento Modelo – Código DAX**

Creada para evaluar el porcentaje de acierto del modelo, ahora se utiliza para evaluar el rendimiento del modelo por cada línea seleccionada, medida calculada utilizando la tabla “Fallas Reales” y “Predicción Modelo”.

```
Rendimiento Modelo =
```

```
VAR Resultado = DIVIDE(  
[Fallas Predichas],
```

```
[Total de Fallas],  
  
0 // Valor alternativo en caso de división por cero  
  
)  
  
RETURN IF(Resultado = 0, 0, Resultado)
```

- **Causa más recurrente:** Tarjeta donde se introduce el dato “Causa” de la tabla “Fallas Reales”. Se vincula automáticamente con la línea seleccionada.
- **Comunas con más fallas en la línea:** Gráfico de columnas aplicadas creado para graficar la columna que ha tenido más fallas en cada línea, ya que por cada línea de transmisión pueden pasar muchas comunas. Utiliza en su EJE X “Fallas Reales[Comuna]” y en su EJE Y Total de Fallas.



Ilustración 10. Comunas con más fallas en cada línea de transmisión

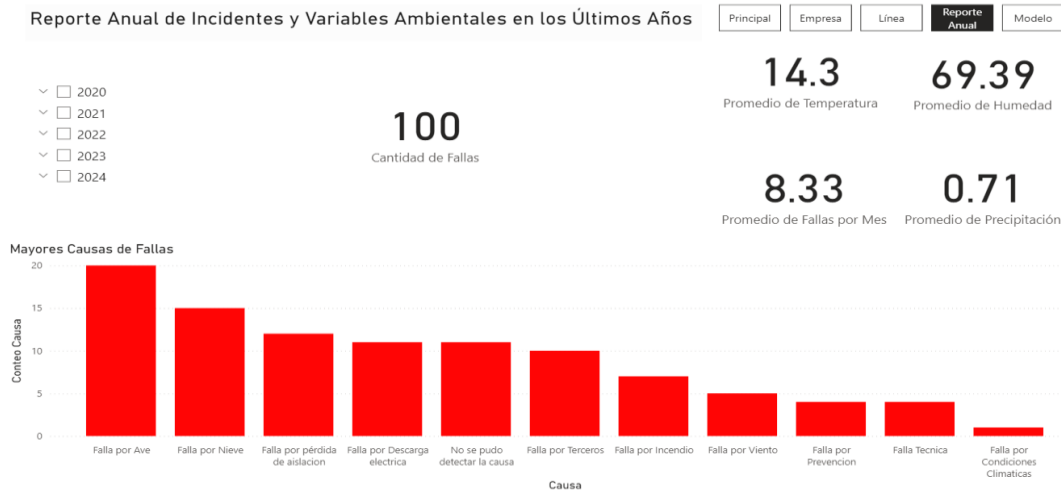


Ilustración 11. Reporte Anual de las fallas y Variables Ambientales.

Vista general donde encontramos una segmentación de datos en el que se puede seleccionar por año y por mes para filtrar. Esta visualización cuenta con los siguientes datos:

- **Cantidad de fallas:** Se cuenta la cantidad de fallas ocurridas ingresando “Total de fallas”.
- **Promedios de Temperatura, Humedad, Precipitación:** Se consigue ingresando a una tarjeta la columna correspondiente para cada uno, y ingresar la opción “Promedio”.
- **Promedio de fallas ocurridas por mes – Código DAX:** Medida creada para conseguir un promedio de fallas de transmisión eléctrica que han ocurrido cada mes.

Promedio de Fallas por Mes =

```
AVERAGEX (
VALUES ('Fallas Reales' [Fecha].[Mes]),
CALCULATE (COUNTROWS ('Fallas Reales'))
)
```

- **Mayores causas de fallas – Código DAX**

Gráfico de columnas aplicadas donde se muestran las mayores causas de falla desde 2020-2024. En el EJE X se encuentra “Causa” y en el EJE Y se encuentra “Conteo Causa”

```
(Conteo Causa = COUNT ('Fallas Reales' [Causa]))
```

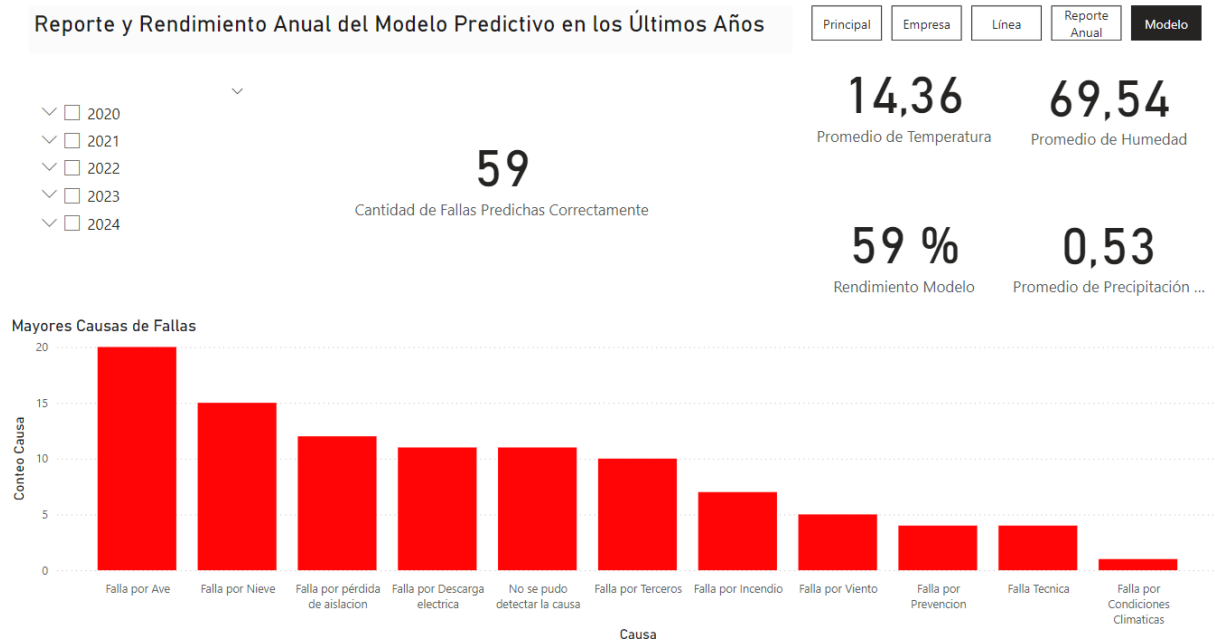


Ilustración 12. Vista de Reporte y Rendimiento del Modelo Predictivo

Esta vista es casi igual a la primera, la diferencia es que en esta se ingresan los datos del modelo predictivo, lo que nos ayuda a comprobar qué tanto ha rendido el modelo en sus predicciones tanto como de fallas como de Datos Climáticos.

6.4 PRUEBAS, VALIDACIÓN Y DOCUMENTACIÓN.

Este punto engloba las actividades de **Validación y Retroalimentación (5.4)** y **Presentación y Documentación (5.5)** del plan de trabajo. Durante esta fase, el dashboard fue presentado al cliente para asegurar que cumpliera con sus expectativas. Se realizaron pruebas iniciales con el cliente, y con base en los resultados de estas pruebas, se hicieron los ajustes para mejorar su funcionalidad. Después de la validación con el cliente, el dashboard fue ajustado y preparado para su presentación en la Feria de Software, donde se destacó sus principales características y su capacidad para facilitar la toma de decisiones. Finalmente, se preparó la documentación del proyecto, detallando las fases y resultados obtenidos, y se planificaron posibles mejoras a futuro.

7 RESULTADOS FINALES

7.1 DASHBOARD CON VISUALIZACIÓN CLARA Y EFICIENTE

El desarrollo del dashboard logró simplificar la representación de grandes volúmenes de datos provenientes de distintas fuentes, transformándolos en visualizaciones claras y comprensibles. Gracias a la estructuración y diseño enfocados en la cognición visual, los usuarios pueden acceder a métricas clave de manera rápida y sin necesidad de conocimientos técnicos avanzados. Las visualizaciones, como gráficos interactivos y tarjetas de KPI, presentan información relevante de un vistazo, ayudando a identificar patrones, tendencias y áreas críticas con mayor facilidad. Esto ha permitido no solo optimizar el análisis de los datos, sino también mejorar significativamente la calidad de las decisiones tomadas en tiempo real.

7.2 ACCESO FÁCIL A LOS DATOS

El dashboard se diseñó para garantizar que los operadores tuvieran acceso a información actualizada y relevante en todo momento. A través de la integración de datos en tiempo real y el uso de filtros dinámicos, los usuarios pueden explorar la información desde diferentes perspectivas, seleccionando períodos, ubicaciones y métricas según sus necesidades. Este acceso inmediato a los datos críticos ha ayudado a centralizar cientos de estos, permitiendo una reacción más oportuna y eficaz en situaciones operativas. Además, la concentración de la información en un único entorno ha eliminado la necesidad de recurrir a múltiples sistemas de información, haciendo que la gestión sea más eficiente.

7.3 SATISFACCIÓN AL USUARIO

Las pruebas realizadas con usuarios finales revelaron un alto nivel de satisfacción con el dashboard. Entre los aspectos más valorados se encuentran su diseño intuitivo, que facilita la navegación y el acceso a la información; su flexibilidad, que permite personalizar las vistas según las necesidades específicas; y su capacidad para resumir datos complejos en visualizaciones claras y procesables. El cliente destacó que el dashboard consiguió una mejora respecto a las gráficas y medidas que usaba previamente para obtener información valiosa al instante. Este feedback positivo demuestra que la herramienta no solo cumple con los objetivos planteados, sino que también ofrece un valor añadido significativo a los usuarios finales.

8 CONCLUSIONES

El desarrollo del dashboard interactivo constituye un hito importante en la gestión de datos y la optimización de procesos operativos en entornos complejos. Este proyecto demostró la capacidad de transformar grandes volúmenes de información en herramientas accesibles y efectivas, capaces de soportar decisiones estratégicas de manera clara y precisa. Al integrar datos históricos y en tiempo real, el dashboard se posiciona como una solución integral que permite no solo visualizar información crítica, sino también identificar patrones y tendencias que resultan esenciales para mejorar la planificación y la toma de decisiones operativas.

La implementación de esta herramienta destaca la importancia de utilizar tecnologías avanzadas y enfoques metodológicos como CRISP-DM y Agile BI. Estas metodologías no solo facilitaron un desarrollo estructurado, sino que también garantizaron la flexibilidad necesaria para adaptarse a los requerimientos específicos del proyecto. Cada iteración permitió ajustar funcionalidades y mejorar aspectos clave, asegurando que la solución final cumpliera con las expectativas planteadas desde el inicio.

En términos técnicos, la combinación de herramientas como Power BI y la integración de fuentes de datos dinámicas subrayaron el valor de contar con un sistema centralizado y funcional. Este enfoque permitió abordar desafíos relacionados con la recopilación, preparación y análisis de datos de manera eficiente, brindando un acceso inmediato a métricas críticas que anteriormente podrían haber sido difíciles de gestionar. La estandarización y limpieza de los datos, además, garantizaron que las visualizaciones fueran consistentes y confiables, fortaleciendo aún más la capacidad de análisis y la calidad de las decisiones respaldadas por el dashboard.

Un aspecto destacable fue la capacidad del dashboard para adaptarse a las necesidades y exigencias del cliente. Las pruebas realizadas con ellos permitieron ajustar el diseño y las funcionalidades, logrando una herramienta no solo alineada con los objetivos iniciales, sino también capaz de superar las expectativas en términos de claridad, facilidad de uso y utilidad práctica. Esto subraya cómo un enfoque colaborativo puede mejorar el desarrollo de soluciones tecnológicas, asegurando que estas respondan de manera directa a los problemas reales que enfrentan las operaciones diarias.

Este proyecto no solo cumplió con los objetivos establecidos, sino que también evidenció el potencial de las tecnologías de inteligencia de negocios para resolver problemas complejos. La solución presentada no solo mejora los procesos actuales, sino que también establece una base sólida para futuras implementaciones y mejoras. Entre las oportunidades de desarrollo a considerar se encuentra la integración de nuevas fuentes de datos o la adición de funcionalidades avanzadas que fortalezcan la capacidad analítica y predictiva de la herramienta.

En conclusión, este dashboard interactivo se posiciona como un aporte valioso para la gestión de datos en contextos operativos exigentes. Su desarrollo reafirma la importancia de combinar tecnologías innovadoras con un diseño eficiente y un enfoque flexible, logrando así soluciones que no solo resuelven problemas específicos, sino que también abren nuevas posibilidades para la innovación y la mejora continua.

Quisiera expresar mis más sinceros agradecimientos a todas las personas que fueron parte de este proceso como mis familiares, compañeros de carrera y profesores. También agradecer a mis compañeros de proyecto por su colaboración, paciencia y apoyo en el proceso. Finalmente, a todos los que directamente o indirectamente contribuyeron a la realización de este trabajo.



REFERENCIAS

- [1] E. R. Tufte, The Visual Display of Quantitative Information, Cheshire, CT: Graphics Press, 2001.
- [2] S. Few, Information Dashboard Design: The Effective Visual Communication of Data, Sebastopol, CA: O'Reilly Media, 2006.
- [3] C.-D. Consortium, "CRISP-DM 1.0: Step-by-step data mining guide," 1999.
- [4] IBM, "What is Business Intelligence (BI)?," [Online]. Available: <https://www.ibm.com/topics/business-intelligence>.
- [5] Microsoft [Online]. Available: <https://learn.microsoft.com/en-us/power-bi/>.
- [6] Tableau, «Data Visualization: Best Practices,» [Online]. Available: <https://www.tableau.com/>.
- [7] Chilquinta Energía, « Información de redes eléctricas,» [En línea]. Available: <https://www.chilquinta.cl/>.
- [8] V. Kamat, "How DAX Expressions Simplify Data Analysis in Power BI," 2020. [Online]. Available: <https://www.sqlbi.com/>.
- [9] F. P. a. T. Fawcett, Data Science for Business: What You Need to Know About Data Mining and Data-Analytic Thinking, Sebastopol, CA: O'Reilly Media, 2013.
- [10] Agile Alliance [Online]. Available: <https://www.agilealliance.org/>.