

**Propuesta de una solución de analítica de
datos e inteligencia artificial para el
aprovechamiento del historial de
mantenimiento del sistema SIMAF, en el
área de Mantenimiento Industrial de
Colanta**

Trabajo final presentado por:	Jose Sebastian Diaz Arguello Victor Alexander De Oro Montaña
Programa:	Especialización en Inteligencia Artificial Aplicada a la Analítica de Datos
Docente:	Deidy Gutiérrez Niño
Fecha:	28 de julio de 2026

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Listado de tablas	4
Listado de ilustraciones	4
Resumen	5
Abstract	6
1. Introducción	7
1.1. Objetivo General.....	9
1.2. Objetivos Específicos	9
1.3. Metodología	10
1.3.1. Identificación y Análisis del Problema	11
1.3.2. Planificación de la Solución	11
2. Identificación y descripción de un problema al interior de la organización	13
2.1. Descripción de la empresa a intervenir	13
2.1.1. Misión	13
2.1.2. Visión	14
2.1.3. Mapa de procesos	14
2.1.4. Descripción del proceso a intervenir	15
2.1.5. Descripción del problema que presenta el proceso.....	15
3. Establecimiento de planes de acción para la solución del problema	17
3.1. Establecimiento de objetivos	17
3.2. Descripción de la solución	18
3.3. Secuencia de actividades para ejecución de la solución	19
3.4. Descripción de recursos necesarios para la ejecución de la solución.....	21
4. Definición del alcance de la solución, partes interesadas, cronograma y presupuestos.	22
4.1. Alcance final de la solución	22

4.2.	Identificación de responsables de las actividades para ejecución.....	23
4.3.	Cronograma de ejecución.....	24
4.4.	Presupuesto.....	25
	Referencias bibliográficas.....	28

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1.	Matriz DOFA del aprovechamiento del historial de mantenimiento de SIMAF.....	16
Tabla 2.	Cronograma de actividades.	24
Tabla 3.	Presupuesto.	25

LISTADO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.	Logo Colanta	13
Ilustración 2.	Mapa de Procesos	14

RESUMEN

El presente trabajo aborda el bajo aprovechamiento analítico del historial de mantenimiento almacenado en el sistema de información SIMAF, en el área de Mantenimiento Industrial de la Cooperativa Colanta. Aunque el sistema concentra años de registros de órdenes de servicio, repuestos, mano de obra, contratistas y costos por activo, dicha información se consulta de forma puntual y transaccional, sin consolidarse en indicadores ni analizarse para identificar patrones de falla, activos críticos o tendencias de costo. En consecuencia, la planeación y la priorización del mantenimiento se apoyan principalmente en la experiencia del personal y no en la evidencia que la propia organización ya posee.

Bajo la modalidad de investigación-acción, se propone una solución de analítica de datos e inteligencia artificial compuesta por dos componentes complementarios: un tablero de control en Power BI, construido a partir de procesos ETL y un modelo dimensional tipo estrella, que automatiza el cálculo y seguimiento de indicadores clave de mantenimiento (MTBF, MTTR, disponibilidad operacional, costos por activo y cumplimiento del plan); y un modelo de aprendizaje automático de clasificación que identifica los activos con alta probabilidad de falla y alimenta la priorización del mantenimiento preventivo. El documento presenta el diagnóstico del problema, el plan de acción con diez actividades y sus entregables verificables, el alcance de la intervención, los responsables, el cronograma de nueve meses y el presupuesto estimado, con el fin de convertir un repositorio de datos subutilizado en una fuente de conocimiento operativo para la toma de decisiones del área.

Palabras clave: analítica de datos; aprendizaje automático; business intelligence; gestión de mantenimiento; mantenimiento predictivo.

ABSTRACT

This work addresses the limited analytical use of the maintenance history stored in the SIMAF information system, within the Industrial Maintenance area of Cooperativa Colanta. Although the system concentrates years of records on work orders, spare parts, labor, contractors and costs per asset, this information is consulted in a punctual and transactional manner, without being consolidated into indicators or analyzed to identify failure patterns, critical assets or cost trends. As a result, maintenance planning and prioritization rely mainly on staff experience rather than on the evidence the organization already owns.

Following an action-research approach, a data analytics and artificial intelligence solution is proposed, consisting of two complementary components: a Power BI dashboard, built on ETL processes and a star-schema dimensional model, which automates the calculation and monitoring of key maintenance indicators (MTBF, MTTR, operational availability, cost per asset and maintenance plan compliance); and a machine learning classification model that identifies assets with a high probability of failure and supports the prioritization of preventive maintenance. The document presents the diagnosis of the problem, the action plan with ten activities and their verifiable deliverables, the scope of the intervention, the responsible parties, a nine-month schedule and the estimated budget, in order to turn an underused data repository into a source of operational knowledge for decision making in the area.

Keywords: data analytics; machine learning; business intelligence; maintenance management; predictive maintenance.

1. INTRODUCCIÓN

La transformación digital de la industria ha convertido a los datos operativos en uno de los activos más valiosos para la gestión del mantenimiento. En el marco de la Industria 4.0, el aprovechamiento del historial de fallas, intervenciones y costos permite anticipar problemas, optimizar recursos y transitar desde un mantenimiento reactivo hacia esquemas basados en evidencia (Zonta et al., 2020)

Diversos estudios coinciden en que las técnicas de aprendizaje automático aplicadas al mantenimiento mejoran la disponibilidad de los activos y reducen los costos operativos. En este sentido, Chirinos Gonzales y Vereau Jacobo (2025), mediante una revisión sistemática de literatura basada en publicaciones indexadas en Scopus entre 2020 y 2025, encontraron que la aplicación de técnicas de Machine Learning y Business Intelligence en la gestión de inventarios farmacéuticos supera el desempeño de los métodos tradicionales. Los autores reportaron incrementos en la precisión predictiva, reducciones en los desabastecimientos y una mejor optimización de los niveles de inventario, evidenciando el potencial de estas herramientas para apoyar la toma de decisiones basada en datos.

También Ortega Castro (2026) aplicó el machine learning en un ejercicio de gestión de inventarios, recalcando la importancia de la normalidad de los datos, ya que evidencio que la mayoría de los repuestos presentan una demanda altamente intermitente y errática, lo que limita la efectividad de los modelos predictivos tradicionales para obtener buenos resultados predictivos. Entre los modelos evaluados por el autor, Prophet obtuvo el mejor desempeño. El estudio concluyó que no existe un modelo universalmente óptimo y que la selección del método predictivo debe realizarse según la estructura estadística y el nivel de intermitencia de cada serie de demanda.

En el caso de Álvarez, Lozano y Bravo (2021) la aplicación de la metodología con el modelo SVM, alcanzó niveles de exactitud superiores al 95 % en la clasificación de transformadores en buen estado y propensos a fallas. Durante la validación predictiva para 2020, la precisión en la detección de transformadores que efectivamente presentaron fallas aumentó progresivamente hasta alcanzar un 90,62%. Para 2021, el modelo predijo 910 transformadores con alta probabilidad de falla, permitiendo formular un plan de mantenimiento. Además, el análisis financiero mostró que la aplicación de la metodología

habría permitido un ahorro aproximado de \$431 millones de pesos y una reducción cercana al 13 % en los costos de mantenimiento correctivo, así como una disminución equivalente en las horas de interrupción del servicio eléctrico.

El estado del arte es amplio en materia de Business Intelligence aplicado al mantenimiento de maquinaria en diversos sectores de la economía, estos estudios dan una primera visión de la importancia y de las ventajas de la implementación de estas metodologías en la gestión y los mantenimientos de la maquinaria.

En el sector del biocombustible, Gil Acevedo (2025) encontró que la implementación del modelo de Inteligencia de Negocio mejoró significativamente la gestión presupuestal del mantenimiento preventivo. El modelo basado en “Presupuesto Base Cero” alcanzó una precisión del 97,9 % respecto a los costos reales. Asimismo, la herramienta desarrollada en Power BI permitió reducir en un 66,6 % el tiempo requerido para la construcción del presupuesto, pasando de tres semanas a una semana.

Los resultados de Parra Pulido (2025) evidenciaron que la implementación del sistema de analítica de mantenimiento en Power BI permitió automatizar el cálculo y seguimiento de indicadores clave como MTBF, MTTR, disponibilidad operacional, costos de mantenimiento y cumplimiento del plan de mantenimiento. La validación mostró una coincidencia promedio de 95,6 % entre los cálculos del Power BI y los obtenidos mediante métodos tradicionales y el software DIMO Maint. Adicionalmente, se logró una reducción del 80 % en el tiempo de elaboración de reportes, un incremento del 15 % en la precisión de los indicadores, una disponibilidad operacional superior al 95 % en equipos críticos y una mejora significativa en la trazabilidad de los procesos y en la toma de decisiones basada en datos para las áreas de mantenimiento y gerencia.

Estas investigaciones respaldan la pertinencia de partir del historial existente como insumo para la toma de decisiones. Colanta, cooperativa líder del sector agroindustrial lácteo en Colombia, opera múltiples plantas de procesamiento cuyo funcionamiento depende de la confiabilidad de sus activos. Su área de Mantenimiento Industrial gestiona la operación a través de SIMAF, un sistema de información interno en el que cualquier usuario de la planta puede generar órdenes de servicio y que administra su aprobación, asignación y ejecución. A lo largo de los años, SIMAF ha acumulado el historial completo de cada activo: órdenes de servicio, repuestos utilizados, mano de obra, intervención de contratistas y costos asociados.

Sin embargo, esta enorme cantidad de información no se explota de forma sistemática; los datos permanecen dispersos en registros transaccionales que se consultan de manera puntual, sin un tratamiento analítico que permita identificar patrones de falla, activos críticos o tendencias de costo. En consecuencia, las decisiones de mantenimiento se apoyan más en la experiencia del personal que en la evidencia que la propia organización ya posee. Bajo la modalidad de investigación-acción, este proyecto propone una solución de analítica de datos e inteligencia artificial para aprovechar el historial de mantenimiento de SIMAF, mediante un tablero de indicadores y la minería del histórico de órdenes, con el propósito de convertir un repositorio subutilizado en una fuente de conocimiento que soporte la planeación y priorización del mantenimiento en la planta.

1.1.OBJETIVO GENERAL

El objetivo principal del proyecto es desarrollar una solución de analítica de datos e inteligencia artificial que permita aprovechar el historial de mantenimiento registrado en el sistema SIMAF, ante el bajo aprovechamiento analítico de dicha información en el área de Mantenimiento Industrial de Colanta. La intervención se orienta no solo a corregir el problema identificado, sino también a proporcionar una propuesta sostenible que pueda integrarse a la estructura de la organización, elevando los niveles de eficiencia y alcanzando los estándares de desempeño requeridos en el proceso intervenido.

1.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para cumplir con el objetivo general, se establecieron tres objetivos específicos:

1. Realizar una identificación detallada del problema en su contexto organizacional, determinando causas raíz y evaluando su impacto en el desempeño general del proceso.
2. Diseñar un plan de acción estructurado con objetivos claros, actividades específicas y recursos definidos para la ejecución de la solución.
3. Establecer el alcance de la intervención, definiendo responsables, cronograma y presupuesto, para asegurar que la implementación sea organizada y efectiva.

1.3.METODOLOGÍA

El proyecto se desarrolló mediante la metodología de investigación-acción, la cual facilitó la colaboración continua entre el equipo de estudiantes y docente asesor. Esta metodología permitió un enfoque sistemático para identificar problemas, formular hipótesis y aplicar soluciones en un contexto real, ajustando las estrategias conforme se avanzaba en el proyecto. La investigación-acción proporcionó un marco flexible y participativo para ejecutar el proyecto de manera estructurada, generando una intervención bien fundamentada y con alto potencial de impacto.

El desarrollo del proyecto se estructuró en tres etapas secuenciales, cada una de las cuales abordó un aspecto específico de la intervención. En la primera etapa, se identificó y analizó el problema organizacional, incluyendo una descripción detallada de la organización, su misión, visión y el proceso específico afectado. La segunda etapa se centró en la planificación de la solución, estableciendo objetivos y actividades concretas para abordar el problema. En la tercera fase, se definieron aspectos operativos como el cronograma, el presupuesto y la asignación de roles.

Dado que la propuesta se apoya en el análisis de datos, la información utilizada corresponde al historial real gestionado en SIMAF, tratado de forma agregada y con fines exclusivamente académicos.

Metodológicamente se utilizan dos enfoques, uno orientado hacia el desarrollo del Business Intelligence, y otro enfocado al proceso de modelado predictivo.

Para el desarrollo del componente de Business Intelligence se tomaron como referencia las metodologías propuestas por Gil Acevedo (2025) y Parra Pulido (2025), las cuales se fundamentan en la construcción de un Data Warehouse, procesos ETL, modelos dimensionales y el desarrollo de tableros de control en Power BI bajo un enfoque CRISP-DM.

Para el componente predictivo se adoptará como referencia la metodología propuesta por Alvarez, Lozano y Bravo (2021), basada en el análisis de datos históricos y el entrenamiento de modelos de aprendizaje automático para la identificación de activos con alta probabilidad de falla. En la presente investigación, dicha metodología será adaptada al contexto de SIMAF mediante la selección de variables relevantes, la construcción del conjunto de datos, el

entrenamiento y la evaluación de modelos predictivos orientados a apoyar la toma de decisiones de mantenimiento.

1.3.1. Identificación y Análisis del Problema

En la primera etapa, se realizó un análisis exhaustivo de la organización y del contexto en el cual se desarrolla el proceso afectado. Se documentó el problema identificando sus causas raíz, efectos y puntos críticos que afectan el desempeño del proceso. Este diagnóstico inicial fue esencial para estructurar la solución y asegurar que la intervención respondiera de manera precisa a las necesidades de la organización.

El diagnóstico se realizó mediante la combinación de la observación directa del trabajo del área de Mantenimiento Industrial y la revisión documental del historial registrado en SIMAF. La observación permitió comprender cómo se generan, aprueban y ejecutan las órdenes de servicio, mientras que la revisión del histórico evidenció el volumen de información disponible sobre activos, repuestos, mano de obra y contratistas, así como la ausencia de un tratamiento analítico sobre dichos datos. Complementariamente, se elaboró una matriz DOFA para estructurar el análisis de las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas asociadas al aprovechamiento de la información de mantenimiento. Este diagnóstico permitió confirmar que la organización dispone de datos valiosos que no se transforman en conocimiento para la toma de decisiones.

1.3.2. Planificación de la Solución

En la segunda etapa, se desarrolló un plan de acción detallado que incluyó la definición de objetivos específicos y una secuencia de actividades que permitiría mitigar o resolver el problema identificado. Esta fase incluyó el diseño de una estrategia de ejecución organizada y estructurada que facilitara el logro de los objetivos propuestos y maximizara la eficiencia del proceso intervenido. La planificación detallada de actividades y recursos fue clave para asegurar una implementación precisa y efectiva.

1.3.2.1. Definición de Alcance y Recursos

La tercera etapa se enfocó en delimitar el alcance de la intervención y los recursos necesarios. Se establecieron responsables para cada actividad, y se elaboró un cronograma de ejecución para controlar el avance de la implementación. Asimismo, se desarrolló un presupuesto que detalló los costos asociados a cada fase, permitiendo optimizar la asignación de recursos. Esta fase aseguró que todas las variables críticas estuvieran alineadas para una ejecución sin interrupciones.

2. IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE UN PROBLEMA AL INTERIOR DE LA ORGANIZACIÓN

En esta sección se identifica y describe el problema seleccionado dentro del área de Mantenimiento Industrial de Colanta, relacionado con el bajo aprovechamiento analítico del historial de mantenimiento almacenado en el sistema SIMAF. A continuación, se presenta la organización, el proceso afectado y el análisis del problema, sus causas y efectos.

2.1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA A INTERVENIR



Ilustración 1. Logo Colanta

Fuente: COLANTA (s.f.)

Colanta es una cooperativa colombiana del sector agroindustrial lácteo, fundada en 1964 en Donmatías (Antioquia). Cuenta con presencia nacional e internacional y opera múltiples plantas de procesamiento de leche, derivados lácteos y cárnicos. La cooperativa se organiza en grandes divisiones —Planeación y Logística, Administrativa, Agropecuaria, Comercial y Técnica—; el presente proyecto se desarrolla en el área de Mantenimiento Industrial, adscrita a la división Técnica y responsable de garantizar la disponibilidad y confiabilidad de los activos productivos de la planta, la cual gestiona su operación a través del sistema de información SIMAF.

2.1.1. Misión

Somos La Cooperativa líder en el sector agroindustrial, con presencia internacional y altos estándares de calidad, que contribuye al progreso y bienestar de sus Asociados, consumidores

y demás partes interesadas, con valores y principios, promoviendo el desarrollo sostenible para la construcción de un mejor país. (COLANTA, 2026)

2.1.2. Visión

Para 2027 reafirmamos nuestro compromiso con la calidad y la sostenibilidad mediante la transformación y comercialización de productos y servicios del sector agroindustrial, con proyección global, respondiendo con innovación a las tendencias y generando valor para La Cooperativa y sus asociados. (COLANTA, 2026)

2.1.3. Mapa de procesos

El área de Mantenimiento Industrial se articula con la cadena de valor de Colanta como un proceso de apoyo que garantiza la disponibilidad de los activos requeridos para la producción de lácteos y derivados. Dentro de la división Técnica, Mantenimiento opera junto con Producción, Metrología, Control de Calidad, Gestión Ambiental e I+D, y soporta directamente los procesos misionales de la cooperativa. Su operación se apoya en el sistema SIMAF, que centraliza la generación, aprobación, asignación y ejecución de las órdenes de servicio, así como el registro de los recursos empleados. La Ilustración 1 presenta el mapa de procesos, en el que se ubica el proceso de gestión de mantenimiento y su relación con los procesos estratégicos, misionales y de apoyo de la organización.

Ilustración 2. Mapa de Procesos



Fuente: Creación propia

2.1.4. Descripción del proceso a intervenir

El proceso de gestión del mantenimiento en Colanta inicia cuando cualquier usuario de la planta genera una orden de servicio en SIMAF ante una necesidad o falla. La orden pasa por un flujo de aprobación y es asignada al personal técnico o a un contratista externo según su naturaleza. Durante la ejecución se registran los repuestos utilizados, la mano de obra y los tiempos de intervención; al cierre, la orden queda documentada en el historial del activo. De este modo, SIMAF concentra la vida útil completa de cada equipo: sus fallas, intervenciones, repuestos y costos asociados a lo largo del tiempo.

2.1.5. Descripción del problema que presenta el proceso

A pesar de que SIMAF almacena un volumen considerable de información sobre el mantenimiento de los activos, esta no se aprovecha de manera analítica. Los datos se consultan de forma puntual y transaccional, sin consolidarse en indicadores ni analizarse para identificar patrones de falla, activos críticos o tendencias de costo. Como resultado, la planeación y priorización del mantenimiento se apoyan principalmente en la experiencia del personal y no en la evidencia histórica que la organización ya posee, lo que limita la capacidad de anticipar fallas, optimizar recursos y reducir el mantenimiento correctivo. Entre las causas principales se encuentran la ausencia de herramientas analíticas sobre los datos, la dispersión de la información en registros operativos y la falta de indicadores consolidados; sus efectos se reflejan en decisiones reactivas, sobrecostos y subutilización de un activo de información estratégico. Para estructurar este análisis se presenta a continuación la matriz DOFA del proceso.

Tabla 1. Matriz DOFA del aprovechamiento del historial de mantenimiento de SIMAF.

Fortalezas • SIMAF centraliza años de historial de mantenimiento de todos los activos. • Registro estructurado de órdenes, repuestos, mano de obra y contratistas por activo. • Personal con amplio conocimiento del proceso y de los equipos.	Oportunidades • Tendencia de la Industria 4.0 y disponibilidad de herramientas de analítica e IA. • Posibilidad de transitar hacia un mantenimiento predictivo basado en datos. • Reducción de costos y mejora de la disponibilidad de los activos.
Debilidades • Ausencia de tratamiento analítico e indicadores consolidados sobre los datos. • Información dispersa en registros transaccionales de consulta puntual. • Decisiones de mantenimiento apoyadas en la experiencia más que en la evidencia.	Amenazas • Riesgo de fallas no anticipadas que afecten la producción. • Sobrecostos por mantenimiento correctivo y paradas no planificadas. • Pérdida de conocimiento organizacional si no se sistematiza la información.

Fuente: Creación propia

3. ESTABLECIMIENTO DE PLANES DE ACCIÓN PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

3.1. ESTABLECIMIENTO DE OBJETIVOS

Objetivo General:

Desarrollar una solución de analítica de datos e inteligencia artificial, para aprovechar la información consolidada en el sistema SIMAF, del área de mantenimiento de la cooperativa COLANTA, solución que consolide indicadores de gestión y un desarrollo predictivo de fallas, que permita la planeación y priorización de los recursos disponibles, aportando un enfoque en los datos y evidencia histórica para complementar la experiencia del personal operativo y administrativo.

Objetivos específicos:

- Consolidación, depuración y estructuración del historial de mantenimiento, ordenes de servicio y hojas de vida de los activos en SIMAF, incluyendo activos, repuestos, mano de obra, contratistas y costos, mediante, un modelo de datos dimensional alcanzando un conjunto de datos validado.
- Diseñar e implementar un tablero de control en Power BI que automatice el cálculo y seguimiento de indicadores clave de mantenimiento (MTBF, MTTR, disponibilidad operacional, costos por activo, cumplimiento de plan).
- Desarrollar y evaluar un modelo de aprendizaje automático para la clasificación de activos con alta probabilidad de falla, a partir del histórico de SIMAF, alcanzando una exactitud igual o superior al 85 % en la etapa de validación, como insumo para la priorización del mantenimiento preventivo.
- Transferir la solución al personal del área mediante capacitación y documentación técnica y funcional, garantizando su adopción, sostenibilidad e integración a la operación regular del proceso de gestión de mantenimiento.

3.2. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN

Se propone una plataforma integral de analítica de datos, que se apoya en la plataforma de Power Bi y modelos predictivos, ambos conectados al historial de mantenimiento provisto por la plataforma SIMAF, con esta solución se apunta a dos de las causas raíz identificadas en el diagnóstico.

La primera es la dispersión de la información, registros de órdenes individuales desconectados del contexto del equipo y el proceso. Para ello se extraerán los datos mediante un proceso de ETL (Extracción, transformación y carga), depurando la información por medio de Power Query, y estructurando todo en un modelo dimensional tipo estrella, la idea principal busca integrar órdenes de servicio, activos, repuestos, mano de obra, contratistas y costos. Con este insumo listo y limpio es posible construir un tablero de control que automatice el cálculo de los indicadores claves, lo que promueve un monitoreo sistemático de la información y más importante aún del desempeño del proceso.

El segundo punto es la toma de decisiones apoyadas únicamente en la experiencia del personal, para mejorar este punto se tomaron variables relevantes del histórico (puede ser frecuencia de fallas, tipo de intervención, costos, tiempo de reparación, tiempo entre órdenes de servicio), construyendo un conjunto de datos de entrenamiento, que permita evaluar modelos de clasificación que sean capaces de identificar los activos con mayor probabilidad de falla. Esto permitirá tener un foco más claro y hacer hincapié en intervenciones preventivas que minimicen la probabilidad de falla. Estos resultados alimentarán el tablero para focalizar y mejorar los planes de mantenimiento.

Cubriendo estos dos puntos se pasa de un gigante repositorio de datos estático a una fuente de conocimiento, aportando tanto al personal operativo como administrativo información relevante del proceso, mejorando la toma de decisiones y optimizando la forma como se asignan recursos.

Indicadores que pueden proporcionar una idea del éxito de la intervención son claves para darle seguimiento al proyecto. Intervenciones correctivas, paradas no planificadas, tiempo medio entre fallas, son solo algunos de los puntos que deberían mejorar posterior a la implementación.

3.3.SECUENCIA DE ACTIVIDADES PARA EJECUCIÓN DE LA SOLUCIÓN

Para llevar a cabo la solución se estructurará una secuencia de diez actividades, las cuales se pueden agrupar en cuatro fases: preparación de los datos, desarrollo BI, desarrollo de solución predictiva y transferencia. El punto central es siempre contar con una actividad entregable que se pueda verificar, medir su cumplimiento.

Actividad 1. Levantamiento de requerimientos: Como su nombre lo indica, consiste en capturar la mayor cantidad de información acerca del proceso, con las personas directamente implicadas en el mismo, documentar el flujo del proceso, desde la creación de las órdenes, pasando por el diligenciamiento de la orden, y terminando con la consulta de los históricos. En este paso se debe definir los indicadores requeridos y de interés por la operación y la gerencia, así como la priorización de los activos críticos a incluir en los análisis. **Entregable 1.** Documento de requerimientos, documentación del proceso y catálogo de indicadores.

Actividad 2. Extracción y explotación de historial: Utilizando la exportación de informes del SIMAF se extraerán datos históricos de órdenes de servicio, repuestos, mano de obra, contratistas, costos, fichas de activos. Se debe realizar un análisis exploratorio que ayude a validar el volumen, la calidad y completitud de la información disponible, para establecer los pasos a seguir en la limpieza de la misma. **Entregable 2.** Reporte de calidad de datos, diagnóstico de vacíos e inconsistencias.

Actividad 3. Limpieza, transformación y modelado dimensional (ETL): Utilizando Power Query se realiza la limpieza y depuración de la información. Se debe establecer el manejo de las inconsistencias y construir el modelo dimensional tipo estrella (los hechos estarían conformados por las órdenes y costos, las dimensiones de activo, tiempo, tipo de intervención y responsable). **Entregable 3.** Modelo de datos validado al menos 95% de completitud en variables clave.

Actividad 4. Diseño y construcción del tablero de indicadores en Power BI: Con los datos debidamente tratados, se procede a desarrollar los dashboards interactivos que servirán como cuadros de mando donde se consultan los indicadores definidos (MTBF, MTTR, disponibilidad, costos, cumplimiento del plan), se establecen mecanismos de filtrado por

planta, área, activo o período. **Entregable 4.** Tablero funcional publicado en servicio de Power BI.

Actividad 5. Validación del tablero con personal del área: Contrastar la información arrojada por el tablero y los cálculos tradicionales del área, validar exactitud, tomar retroalimentación del cliente interno y usuarios. **Entregable 5.** Acta de validación que contenga observaciones y retroalimentación con equipo primario del área de Mantenimiento.

Actividad 6. Construcción del conjunto de datos para el modelo predictivo: Se seleccionan las variables relevantes en el histórico del SIMAF. Se estructura el dataset de entrenamiento con variable objetivo, tentativamente “falla / no falla” ya sea por activo o por periodo, se aplican las transformaciones y balanceos que sean necesarios. **Entregable 6.** Dataset documentado y listo para entrenamiento y prueba.

Actividad 7. Entrenamiento y evaluación de modelos de aprendizaje automático: Entrenar modelos de clasificación, evaluar el desempeño (métricas de exactitud, precisión y sensibilidad), seleccionar el modelo. **Entregable 7:** Informe de la evaluación y validación del modelo escogido.

Actividad 8. Integración de los resultados predictivos al tablero: Incorporar en una sola visual el listado priorizado de activos con alta probabilidad de falla que arroja el modelo. **Entregable 8.** Módulo predictivo integrado en el dashboard BI.

Actividad 9. Capacitación y transferencia de conocimientos al personal: Capacitar al personal del área y operativo en el uso del tablero, interpretación de los dashboards y entregar documentación técnica y funcional de la solución. **Entregable 9.** Actas de capacitación y manuales entregados.

Actividad 10. Evaluación de resultados y ajustes finales: Realizar retroalimentación final, midiendo los resultados de la implementación vs los objetivos definidos. Documentar posibles lecciones aprendidas y definir mejora continua de la solución. **Entregable 10.** Informe final y plan de mejora continua.

3.4.DESCRIPCIÓN DE RECURSOS NECESARIOS PARA LA EJECUCIÓN DE LA SOLUCIÓN

La implementación del plan requiere la articulación de recursos humanos, tecnológicos, materiales y financieros, asignados a cada fase de la secuencia de actividades para garantizar una ejecución efectiva y eficiente.

En cuanto a los recursos humanos, el proyecto será ejecutado por un analista de datos encargado de la extracción, ETL, modelado dimensional, desarrollo de BI y modelos predictivos, con el acompañamiento del personal del área, quienes deben disponer del tiempo y la disposición para documentación y puente entre el analista y el proceso a intervenir. Se requiere la participación del coordinador de Mantenimiento Industrial como líder funcional para el levantamiento de requerimientos y las validaciones, del personal técnico del área como fuente de conocimiento operativo, y del apoyo del área de sistemas para el acceso a los datos de SIMAF. Para la fase de transferencia se contempla un capacitador durante un mes.

En cuanto a los recursos tecnológicos y de software, se requieren equipos de cómputo con capacidad para el procesamiento de los datos históricos, acceso de lectura a la base de datos de SIMAF, licencias de Microsoft Power BI para el desarrollo y publicación de los tableros, Power Query para los procesos ETL, y Python con sus librerías de ciencia de datos (pandas, scikit-learn) para el desarrollo y evaluación de los modelos predictivos. Adicionalmente, se contempla el uso de servicios en la nube para la publicación y actualización del tablero, y licencias de Office para la documentación del proyecto.

Los recursos materiales corresponden a los espacios de trabajo y salas de reunión para las sesiones de levantamiento de requerimientos, validación y capacitación, junto con el material de apoyo documental.

Finalmente, los recursos financieros cubren las horas de dedicación del equipo ejecutor y del personal de apoyo de la cooperativa, el licenciamiento de software y servicios en la nube, y el costo de la capacitación (desglosado en sección 4.4).

4. DEFINICIÓN DEL ALCANCE DE LA SOLUCIÓN, PARTES INTERESADAS, CRONOGRAMA Y PRESUPUESTOS.

4.1. ALCANCE FINAL DE LA SOLUCIÓN

El alcance de la solución comprende el aprovechamiento analítico del historial de mantenimiento registrado en SIMAF para el área de Mantenimiento Industrial de Colanta. Se incluye la extracción de los datos históricos de órdenes de servicio, repuestos, mano de obra, contratistas, costos y fichas de activos; su depuración y transformación mediante procesos ETL en Power Query; la construcción de un modelo dimensional tipo estrella; el desarrollo y publicación de un tablero de control en Power BI con los indicadores definidos con el área (MTBF, MTTR, disponibilidad operacional, costo de mantenimiento por activo y cumplimiento del plan); la construcción del conjunto de datos, el entrenamiento y la evaluación de un modelo de clasificación de activos con alta probabilidad de falla; la integración de sus resultados al tablero; y la transferencia de la solución al personal mediante capacitación y documentación técnica y funcional.

Se establecen como límites de la intervención los siguientes aspectos. La solución se construye exclusivamente sobre la información ya existente en SIMAF y sobre los activos críticos priorizados en la Actividad 1; no contempla la instalación de sensores, la captura de variables de condición en tiempo real ni la integración con sistemas de monitoreo IoT. Tampoco incluye la modificación, el rediseño o el desarrollo de nuevas funcionalidades dentro de SIMAF, cuya administración corresponde al área de sistemas de la cooperativa: el acceso se realiza en modo de lectura y a través de las exportaciones habilitadas. No hace parte del alcance la reingeniería del proceso de mantenimiento ni la contratación de personal adicional, y la calidad de los resultados está condicionada por la completitud y consistencia de los registros históricos disponibles.

Como resultados esperados al cierre de la intervención se definen: un modelo de datos validado con al menos el 95 % de completitud en las variables clave; un tablero de indicadores publicado y validado con el área, con una coincidencia mínima del 95 % frente a los cálculos tradicionales y una reducción significativa del tiempo de elaboración de reportes; un modelo de clasificación con una exactitud igual o superior al 85 % en la etapa de validación, integrado

al tablero como listado priorizado de activos; y el personal del área capacitado, con los manuales técnicos y funcionales entregados. Estos resultados constituyen la línea base para el seguimiento posterior de la reducción del mantenimiento correctivo y de las paradas no planificadas.

4.2. IDENTIFICACIÓN DE RESPONSABLES DE LAS ACTIVIDADES PARA EJECUCIÓN

La ejecución del plan involucra a tres grupos de partes interesadas. El equipo ejecutor, conformado por los estudiantes de la especialización, asume los roles de analista de datos y de desarrollador de BI y modelos predictivos, y responde por los productos técnicos de la solución. La Cooperativa Colanta participa a través del coordinador de Mantenimiento Industrial, que actúa como líder funcional y patrocinador interno, del personal técnico del área, que aporta el conocimiento operativo y valida los resultados, y del área de sistemas, responsable de habilitar el acceso de lectura a los datos de SIMAF. La institución educativa participa mediante el docente asesor, encargado de la orientación metodológica y del seguimiento académico del proyecto. La gerencia de la división Técnica se considera parte interesada como usuario final de los indicadores consolidados.

La asignación de responsabilidades por actividad es la siguiente. Las Actividades 1 (levantamiento de requerimientos) y 5 (validación del tablero) son lideradas por el coordinador de Mantenimiento Industrial con el acompañamiento del equipo ejecutor y la participación del personal técnico. Las Actividades 2 y 3 (extracción, exploración, limpieza y modelado dimensional) son responsabilidad del analista de datos, con el apoyo del área de sistemas para el acceso a la información. Las Actividades 4 y 8 (construcción del tablero e integración del módulo predictivo) corresponden al desarrollador de BI. Las Actividades 6 y 7 (construcción del dataset, entrenamiento y evaluación de modelos) son ejecutadas por el analista de datos en su rol de modelador, con la revisión metodológica del docente asesor. La Actividad 9 (capacitación y transferencia) está a cargo del capacitador contratado y del equipo ejecutor, con la participación del personal del área. La Actividad 10 (evaluación de resultados y ajustes finales) es responsabilidad conjunta del equipo ejecutor y del coordinador de Mantenimiento Industrial.

Cada actividad cuenta con un único responsable directo de su entregable, lo que evita la dispersión de la responsabilidad, mientras que el coordinador de Mantenimiento Industrial

actúa como punto de aprobación de los productos que impactan la operación. El docente asesor realiza el seguimiento al avance del cronograma y a la consistencia metodológica de la intervención.

4.3. CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

La ejecución de la solución se proyecta en un horizonte de nueve meses, organizado en las cuatro fases descritas en la sección 3.3: preparación de los datos (Actividades 1 a 3), desarrollo del componente de Business Intelligence (Actividades 4 y 5), desarrollo del componente predictivo (Actividades 6 a 8) y transferencia y cierre (Actividades 9 y 10). Las actividades se distribuyen de forma secuencial, con traslapes controlados entre aquellas que comparten insumos, de manera que el entregable de cada una habilite el inicio de la siguiente. Los hitos de control del proyecto corresponden a la aprobación del modelo de datos al final del mes 3, a la validación del tablero de indicadores en el mes 5, a la selección del modelo predictivo en el mes 7 y a la entrega del informe final en el mes 9. La Tabla 2 presenta el cronograma de ejecución.

Tabla 2. Cronograma de actividades.

[illegible]

8. Integración de resultados predictivos al tablero									
9. Capacitación y transferencia al personal									
10. Evaluación de resultados y ajustes finales									

Fuente: Creación propia

4.4.PRESUPUESTO

El presupuesto se estructura en tres grandes rubros: recursos humanos, recursos tecnológicos y software, coherentes con los recursos descritos en la sección 3.4. Los valores se expresan en pesos colombianos y corresponden a una estimación para los nueve meses de ejecución del proyecto. El rubro de recursos humanos concentra la mayor participación, al tratarse de una intervención intensiva en análisis y desarrollo, e incluye la dedicación del equipo ejecutor, las horas de acompañamiento del personal de la cooperativa y la contratación del capacitador durante un mes para la fase de transferencia. Los recursos tecnológicos cubren el equipo de cómputo requerido para el procesamiento de los datos históricos, la habilitación del acceso de lectura a SIMAF y los espacios y materiales de apoyo. El rubro de software agrupa el licenciamiento de Office y de Power BI Pro y los servicios en la nube para la publicación y actualización del tablero; las librerías de Python empleadas en el componente predictivo son de código abierto y no representan costo. La Tabla 3 presenta el desglose del presupuesto.

Tabla 3. Presupuesto.

Rubro	Valor
Recursos Humanos	
- Analista de datos / desarrollador BI. Nueve meses	\$ 36.000.000
- Equipo funcional Colanta (coordinador, personal técnico y sistemas). Horas de acompañamiento	\$ 10.000.000

- Capacitador(a). Un mes	\$ 3.500.000
Recursos Tecnológicos	
- Equipo de cómputo para procesamiento de datos ☐ Una unidad	\$ 5.000.000
- Habilitación de acceso de lectura y extracción de datos de SIMAF	\$ 1.200.000
- Espacios de trabajo, salas de reunión y material documental	\$ 800.000
Software	
- Licencia Office Un año	\$ 600.000
- Servicios en la nube Nueve meses	\$ 2.700.000
Licencias Power BI Pro Dos usuarios, nueve meses	\$ 1.100.000
TOTAL	\$ 60.900.000

Fuente: Creación propia

El presupuesto total estimado asciende a sesenta millones novecientos mil pesos (\$ 60.900.000) para un tiempo de ejecución de nueve meses. La mayor parte de este valor corresponde a horas de trabajo de personal que en buena medida ya hace parte de la operación de la cooperativa, mientras que la inversión en tecnología y licenciamiento es marginal frente al costo del mantenimiento correctivo y de las paradas no planificadas que la solución busca reducir. Las experiencias documentadas en la revisión de literatura respaldan la viabilidad de la propuesta: Parra Pulido (2025) reporta reducciones del 80 % en el tiempo de elaboración de reportes y una disponibilidad operacional superior al 95 % en equipos críticos, mientras que Álvarez, Lozano y Bravo (2021) estiman ahorros cercanos al 13 % en costos de mantenimiento correctivo tras la aplicación de un modelo predictivo. Considerando

que la solución se construye sobre información que la organización ya posee y sobre herramientas de amplia difusión en el mercado, la propuesta resulta técnica, operativa y financieramente viable para el área de Mantenimiento Industrial de Colanta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, L., Lozano, C., & Bravo, D. (2021). Metodología para el mantenimiento predictivo de transformadores de distribución basada en aprendizaje automático. *Revista Ingeniería*, 27(3). <https://doi.org/10.14483/23448393.17742>
- Chirinos Gonzales, H. C., & Vereau Jacobo, E. W. (2025). Pharmaceutical Inventory Optimization Using Predictive Machine Learning and Business Intelligence Techniques. Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions. Cartagena, Colombia. <https://doi.org/10.18687/LEIRD2025.1.1.438>
- COLANTA. (s.f.). *Somos campo*. <https://colanta.com/somos-campo/>
- Gil Acevedo, E. S. (2025). Modelo de Inteligencia de Negocio para la gestión del presupuesto OPEX de mantenimiento preventivo en el sector de biocombustibles [Trabajo de grado de especialización, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. Repositorio Institucional de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. <https://repository.udistrital.edu.co/server/api/core/bitstreams/c311e3a6-af2d-4021-acbc-f5b615398058/content>
- Ortega Castro, A. D. (2026). Comparativa de modelos predictivos de repuestos en mantenimiento industrial mediante ciencia de datos [Trabajo de Especialización, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/80104>
- Parra Pulido, J. N. (2025). Implementación de un Sistema de Analítica de Mantenimiento en Power BI a partir de datos del CMMS Dimo Maint: Caso de Estudio en Fiberglass Colombia [Trabajo de grado, Universidad Piloto de Colombia]. Repositorio Institucional Re-Pilo. <https://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/14600>
- Segovia-García, N. y Said-Hung, E.M. (2021). Factores de satisfacción de los alumnos en e-learning en Colombia. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 26(89), 595-621. <https://cutt.ly/LbUPghi>
- Zonta, T., da Costa, C., da Rosa Righi, R., de Lima, M., & Pyng Li, G. (2020). Predictive maintenance in the Industry 4.0: A systematic literature review. *Computers & Industrial Engineering*, 150. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0360835220305787>