



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE ARQUITECTURA TECNOLÓGICA PARA MINERÍA DE
DATOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA EN PLANTA DE
APROVISIONAMIENTO DE GRANO**

Edsson Stefen Tillit Ozaeta

Asesorado por el MSC. Ing. Rony Samuel Padilla Hernández

Guatemala, abril de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE ARQUITECTURA TECNOLÓGICA PARA MINERÍA DE
DATOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA EN PLANTA DE
APROVISIONAMIENTO DE GRANO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

EDSSON STEFEN TILLIT OZAETA

ASESORADO POR EL MSC. ING. RONY SAMUEL PADILLA HERNÁNDEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRÓNICO

GUATEMALA, ABRIL DE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordoba Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martinez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Wendy Nora Miranda López
EXAMINADOR	Ing. Julio César Solares Peñate
EXAMINADOR	Ing. Armando Alonzo Rivera Carrillo
SECRETARIO	ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE ARQUITECTURA TECNOLÓGICA PARA MINERÍA DE DATOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA EN PLANTA DE APROVISIONAMIENTO DE GRANO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 21 de enero de 2022.

Edsson Stefen Tillit Ozaeta



EEPM-PP-0154-2022

Guatemala, 12 de enero de 2022

Director
Armando Alonso Rivera Carrillo
Escuela De Ingeniería Mecanica Electrica
Presente.

Estimado Ing. Rivera

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **ARQUITECTURA TECNOLÓGICA PARA MINERÍA DE DATOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA EN PLANTA DE APROVISIONAMIENTO DE GRANO**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Minería de datos - Minería de datos**, presentado por el estudiante **Edsson Stefen Tillit Ozaeta** carné número **200611204**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en ARTES en Ingeniería Para La Industria Con Especialidad En Ciencias De La Computación.

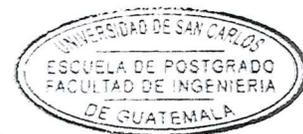
Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Mtro. Rony Samuel Padilla Hernández
Rony Samuel Padilla Hernández
Ingeniero Mecánico Industrial
Colegiado No. 17,744

Mtro. Mario Renato Escobedo Martínez
Coordinador(a) de Maestría



Mtro. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería





EEP-EIME-0154-2022

El Director de la Escuela De Ingenieria Mecanica Electrica de la Facultad de Ingenieria de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **ARQUITECTURA TECNOLÓGICA PARA MINERÍA DE DATOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA EN PLANTA DE APROVISIONAMIENTO DE GRANO**, presentado por el estudiante universitario **Edsson Stefen Tillit Ozaeta**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingenieria en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

A handwritten signature in black ink is written over a circular official stamp. The stamp contains the text: "UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA", "DIRECCIÓN ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA", and "FACULTAD DE INGENIERIA".

Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo
Director
Escuela De Ingenieria Mecanica Electrica

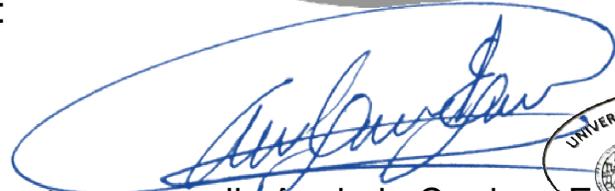
Guatemala, enero de 2022

Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101- 24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.315.2022

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE ARQUITECTURA TECNOLÓGICA PARA MINERÍA DE DATOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA EN PLANTA DE APROVISIONAMIENTO DE GRANO**, presentado por: **Edsson Stefen Tillit Ozaeta**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada ★

Decana

Guatemala, abril de 2022

AACE/gaoc

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por permitirme hacer uso de su magnífico nombre durante mis años de estudio y por el resto de mi vida profesional.
Facultad de Ingeniería	Por brindar las herramientas administrativas, y académicas para una formación de excelencia.
A mis docentes	Por compartir sus sólidos conocimientos y experiencias desinteresadamente.
Mi asesor	MSC Ing Rony Padilla por su abnegada actitud de servicio en el asesoramiento de este proyecto. Sus aportes y experiencia han sido de mucha ayuda y me han permitido mejorar en mi desempeño académico y laboral.
Mis hermanos	Por sus numerosas palabras de aliento y las innumerables y maravillosas experiencias que hemos vivido juntos.
CMI Alimentos	Por brindarme la oportunidad de desempeñar mis habilidades y permitirme realizar mi proyecto de investigación en sus instalaciones.

Mis amigos de la facultad

No podría mencionar por nombre, pero agradezco a ellos por hacer de mi estadía una experiencia invaluable, capaz de trascender lo académico hacia múltiples aspectos de mi vida, los llevo conmigo a donde vaya.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	VII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XV
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
3.1. Contexto general	15
3.2. Descripción del problema	16
3.3. Formulación del problema	17
3.3.1. Pregunta central.....	17
3.3.2. Preguntas auxiliares	17
3.4. Delimitación del problema.....	18
4. JUSTIFICACIÓN	19
5. OBJETIVOS.....	21
5.1. General.....	21
5.2. Específicos	21
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE LA SOLUCIÓN	23

7.	MARCO TEÓRICO	27
7.1.	Manejo de grano	27
7.1.1.	Características del Grano	27
7.1.2.	Sistemas de almacenamiento de grano	28
7.1.3.	Silos de almacenamiento.....	29
7.1.4.	Gestión del almacenamiento de grano	29
7.1.5.	Manejo del grano.....	30
7.1.5.1.	Tolvas de recepción de granos	31
7.1.5.2.	Elevadores de cinta y cangilones.....	31
7.1.5.3.	Transportadores de banda.....	32
7.1.5.4.	Transportador de cadena de arrastre...	32
7.1.6.	Automatización del sistema de almacenamiento	32
7.2.	Mantenimiento industrial	33
7.2.1.	Disponibilidad	34
7.2.2.	Confiabilidad.....	35
7.2.3.	Mantenibilidad	36
7.2.4.	Interrelación CMD.....	37
7.3.	Automatización industrial	38
7.3.1.	Sistemas de control distribuido (DCS)	38
7.3.2.	Controladores lógicos programables (PLC)	40
7.3.3.	Uso de computadoras en controles industriales	42
7.3.4.	Sistemas SCADA	44
7.3.5.	Redes en la automatización de procesos	44
7.3.5.1.	Jerarquía de comunicación en la automatización de plantas:	45
7.4.	Minería de datos	48
7.4.1.	Datos en bases de datos	48
7.4.2.	Almacenes de datos (Data Warehouse)	49
7.4.3.	Datos transaccionales	50

7.4.4.	Otros tipos de datos	51
7.4.5.	Caracterización de datos	51
7.4.6.	Discriminación de datos	52
7.4.7.	Patrones frecuentes	52
7.4.8.	Reglas de asociación	53
7.4.9.	Clasificación para análisis predictivo	55
7.4.10.	Regresión para análisis predictivo.....	55
7.4.11.	Análisis de conglomerados	56
7.4.12.	Análisis de valores atípicos	56
8.	PROPUESTA DE INDICE DE CONTENIDOS	59
9.	METODOLOGÍA	63
9.1.	Características del estudio.....	63
9.2.	Unidades de análisis.....	63
9.3.	Variables	64
9.4.	Fases del estudio.....	65
9.4.1.	Revisión de la literatura.....	65
9.4.2.	Recolección de modelos existentes	65
9.4.3.	Análisis y comparativa de sistemas existentes.....	66
9.4.4.	Diseño del nuevo modelo.....	66
9.4.5.	Implementación del modelo	66
9.4.6.	Recopilación de datos.....	66
9.4.7.	Análisis de datos.....	67
9.4.8.	Conclusiones	67
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	69
10.1.	Recolección de los datos	69
10.2.	Preprocesamiento de los datos.....	69

10.3.	Análisis de la información.....	70
10.4.	Presentación de la información	71
11.	CRONOGRAMA	73
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO.....	75
12.1.	Recursos Humanos.....	75
12.2.	Recursos financieros.....	75
12.3.	Recursos tecnológicos	76
12.4.	Factibilidad económica.....	77
13.	REFERENCIAS	79

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Modelo actual.....	23
2.	Modelo propuesto.....	25
3.	Modelo de flujo de datos en ambientes industriales	46
4.	Cronograma	73

TABLAS

I.	Variables.....	64
II.	Gastos logísticos.....	76
III.	Actividades y costos... ..	77

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
\$	Dólar
°	Grados
Gb	Giga Bite
GHz	Giga Hercios
GTQ	Quetzal guatemalteco
m	Metro
m³	Metro cúbico
Q	Quetzal
T	Tonelada

GLOSARIO

<i>Amazon Quicksight</i>	Servicio de inteligencia empresarial basado en aprendizaje automático creado para la nube bajo el portafolio de <i>Amazon Web Services</i> .
Análisis CMD	Análisis que interrelaciona Confiabilidad, Mantenibilidad, Disponibilidad y permite pronosticar para un período determinado, la disponibilidad y el factor de servicio de un proceso de producción.
Arquitectura 5C	Arquitectura para sistemas ciber físicos propuesta por Lee J, Bagheri B y Kao HA que consta de cinco niveles; desde la parte inferior a la superior, son los niveles de conexión, conversión, cibernético, cognición y configuración.
AWS	Colección de servicios de computación en la nube pública que en conjunto forman una plataforma de computación en la nube.
<i>Bagging</i>	Meta-algoritmo de aprendizaje automático diseñado para mejorar la estabilidad y precisión de algoritmos de aprendizaje automático usados en clasificación estadística y regresión.

Boosting	Meta-algoritmo de aprendizaje automático que reduce el sesgo y varianza en un contexto de aprendizaje supervisado
CRISP-DM	<i>Cross Industry Standard Process for Data Mining</i> Modelo estándar abierto del proceso que describe los enfoques comunes que utilizan los expertos en minería de datos.
Data Warehouse	Colección de datos orientada a un determinado ámbito integrado, no volátil y variable en el tiempo, que ayuda a la toma de decisiones en la entidad en la que se utiliza.
DBMS	<i>Database Management System</i> es un conjunto de programas que permiten el almacenamiento, modificación y extracción de la información en una base de datos.
DCS	<i>Distributed Control System</i> , sistema de control aplicado a procesos industriales complejos, donde se controlan múltiples procesos a distancia mientras que se opera de forma centralizada
Devicenet	Protocolo de comunicación basado en bus CAN, usado en la automatización industrial para interconectar dispositivos de control para intercambio de datos.

FactoryTalk	Portafolio de aplicaciones software del fabricante <i>Rockwell Automation</i> , diseñado para ser compatible con un ecosistema de aplicaciones industriales avanzadas.
Hardware	Conjunto de elementos físicos o materiales que constituyen una computadora o un sistema informático.
HART	Protocolo de comunicación bidireccional que proporciona acceso a datos entre instrumentos de campo inteligentes y sistemas anfitriones.
HMI	<i>Human-Machine Interface</i> , es una interfaz de usuario que permite comunicar una máquina con un ser humano.
IEC-61499	Norma internacional que aborda el tema de los bloques de funciones para sistemas de medición y control de procesos industriales, publicada inicialmente en 2005.
IEEE-488	Especificación de comunicaciones digitales de corto alcance, de interfaz de bus multimaestro, paralela de 8 bits desarrollada por Hewlett-Packard como HP-IB
Industria 4.0	Cuarta revolución industrial, nuevo hito en el desarrollo industrial que podría marcar importantes

cambios sociales en los próximos años, haciendo un uso intensivo de Internet y de las tecnologías punta,

- IoT** Internet of Things, concepto que se refiere a una interconexión digital de objetos cotidianos con internet.
- ISA-88** Es un estándar internacional para orientar el control de procesos de fabricación por lotes.
- ISA-95** Es un estándar internacional para desarrollar una interfaz automatizada entre la empresa y los sistemas de control.
- JRIP** Algoritmo *RIPPER* de clasificación para aprendizaje automático.
- KPI** *Key performance indicator*, es una medida del nivel del rendimiento de un proceso.
- OEM** *Original Equipment Manufacturer*, es una empresa que manufactura productos que luego son comprados por otra y vendidos al por menor bajo la marca de la empresa compradora.
- OLAP** *Online Analytical Processing*, es una tecnología para la inteligencia de negocios que ejecuta análisis multidimensional de datos de una forma veloz e interactiva.

PART	Algoritmo de clasificación para aprendizaje automático que obtiene reglas a partir de árboles de decisión.
PC	<i>Personal Computer</i> , es un tipo de microcomputadora diseñada en principio para ser utilizada por una sola persona.
PLC	<i>Programmable Logic Controller</i> es una computadora utilizada en la automatización industrial, para automatizar procesos electromecánicos, electroneumáticos, electrohidráulicos u otros procesos de producción, así como atracciones mecánicas.
RS232	Interfaz que designa una norma para el intercambio de datos binarios serie entre un DTE y un DCE,
RS422	Norma técnica publicada conjuntamente por la Asociación de la Industria de Telecomunicaciones y la Alianza de Industrias Electrónica que especifica características eléctricas de un circuito de señalización digital.
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition, es un concepto que se emplea para software computacional que permite controlar y supervisar procesos industriales a distancia.

Software

Sistema informático que comprende el conjunto de los componentes lógicos necesarios que hace posible la realización de tareas específicas.

Wi-Fi

Recnología que permite la interconexión inalámbrica de dispositivos electrónicos.

RESUMEN

En los procesos de transformación de materias primas a productos de consumo masivo, la automatización industrial juega un papel de suma importancia, dado que libera a las personas del trabajo pesado y repetitivo, y a la vez puede brindar mayor calidad y velocidad. Además, también es capaz de generar datos en tiempo real, un insumo que, manejado de forma adecuada, constituye un activo relevante para la organización.

Este diseño de investigación brinda los cimientos para lograr el objetivo de la investigación final, el cual es diseñar e implementar un sistema para una planta de aprovisionamiento de granos, que permita el flujo de datos y los convierta, a través de técnicas de minería de datos, en conocimiento interesante y KPIs de mantenimiento presentados en reportes web automatizados.

Los capítulos iniciales describen el escenario del problema actual de la planta de aprovisionamiento, que indica la carencia de infraestructura tecnológica y limitada captura de datos. También se describe el estado del arte para las ramas de la ingeniería de Automatización Industrial y Minería de Datos, con lo cual se obtiene una idea generalizada de lo que se puede lograr para este escenario.

En los capítulos subsiguientes, se plantea un modelo de arquitectura tecnológica orientado hacia IoT que pretende interconectar los dispositivos de la planta de aprovisionamiento de grano (SCADAs, PLCs, sensores y actuadores) a sistemas de gestión empresarial y servicios en la nube para brindar la

capacidad de análisis de datos. Además, se presenta toda la base teórica sobre la cual se trabajará la solución.

Por último, se presenta en los capítulos finales, la planificación de todas las actividades que involucra la investigación, detallando la factibilidad del estudio a través de la especificación de recursos humanos, financieros y tecnológicos. Muchos de los costos asociados a la investigación son asumidos por el negocio dado el interés en los beneficios que la información puede generar.

1. INTRODUCCIÓN

El trabajo se centra en el diseño de arquitectura, selección de dispositivos, creación, transporte y almacenamiento de datos y abarca una analítica descriptiva acerca de ellos. El estudio se aplica en una planta de aprovisionamiento de grano que carece de una adecuada recopilación de datos de operación y mantenimiento de la maquinaria, lo cual conduce a los dueños del proceso a tomar decisiones sin estar totalmente informados de los eventos que se han presentado históricamente en la planta.

Solventar la carencia de recolección de datos puede significar un alto beneficio para la compañía ya que con ello pueden tener seguridad de que la planta ha funcionado debidamente, y en caso de haber ocurrido alguna falla, se pueda detectar tempranamente, atendiendo los mantenimientos en su debido tiempo y sin tener mayores complicaciones ya que incluso las fallas pueden guardar historial de las causas y resoluciones que se han llevado a cabo en el pasado.

Inicialmente, el estudio realiza una evaluación de la base tecnológica instalada para determinar qué equipos pueden utilizarse para captura de datos de los cuales ya se dispone. Seguidamente, evalúa qué dispositivos, redes, programas computacionales y bases de datos deben adquirirse para complementar la arquitectura requerida.

Partiendo de lo anterior, se contrastarán los diferentes protocolos y metodologías para la transmisión efectiva de datos hacia su destino final, se realizará el diseño de la base de datos y finalmente, tras haber recopilado datos

se realizará un breve análisis de ellos para obtener métricas de operación y mantenimiento.

La solución propuesta se relaciona con la línea de investigación de minería de datos. Además, se busca aportar experiencia práctica para lograr un punto intermedio entre los modelos de flujos de información convencionales para la industria (Ej. ISA95) y los nuevos modelos de IoT, complementando entre sí sus características positivas.

2. ANTECEDENTES

Un estudio desarrollado por Braganza (2016), centra su objetivo en el desarrollo de una bóveda de datos, que permita el apalancamiento en técnicas de Big Data para las instalaciones manufactureras con el fin de generar conocimiento comercial a través de comparaciones de desempeño.

Para realizar el trabajo, los datos se capturan directamente desde los dispositivos de producción y se visualizan de forma inmediata a través del software FactoryTalk. Los datos capturados de múltiples sensores en el equipo se pasan a través del Servidor FactoryTalk al Servidor Historian donde son almacenados. Posteriormente, la planta de producción puede generar informes basados en requisitos específicos, con datos filtrados según las necesidades individuales. Para el análisis de datos se toma una muestra de lotes de producción (aproximadamente el 5 por ciento de los datos disponibles) en los extremos finales de la medida del producto, y aproximadamente el 10 por ciento de los parámetros del proceso se evalúan para determinar una relación en los lotes.

El proyecto ha acercado a P&G a desarrollar un mayor avance en la compresión de datos de fabricación en la categoría de belleza. La participación completa del grupo de Investigación y Desarrollo y la organización de Suministro de Productos implica que se desarrolla un enfoque adecuado para el análisis de datos de fabricación, lo que garantiza que las necesidades de todos los usuarios puedan incluirse en el alcance del trabajo. La manipulación o recopilación de los datos actualmente disponibles garantiza que los tableros se utilizarán inmediatamente para las decisiones comerciales.

Este trabajo desempeña un papel importante dado que sirve como base para el correcto almacenamiento de datos utilizando el software computacional de Rockwell Automation para sistemas SCADA, cuya versión anterior es la que se utiliza actualmente en la planta de aprovisionamiento de grano. Además, aporta conocimientos importantes para el análisis de datos que pretende lograr con el sistema informático propuesto para la planta de aprovisionamiento.

Un estudio realizado por Trishyn (2017) describe el trabajo necesario para realizar un sistema automatizado de trazabilidad en una terminal de grano en Ucrania.

Su objetivo principal es diseñar e implementar un sistema que permita automatizar y mejorar la trazabilidad del grano procesado en la terminal UKRTRANSAGRO. Para ello, desarrolla un modelo de trazabilidad con indicadores cuantitativos y cualitativos para diferentes partes del proceso; admisión de transporte, pesaje, selección de muestra, descarga y colocación y envío.

La automatización del proceso de trazabilidad fue implementada por desarrollo de software. La interfaz del software desarrollado es muy fácil de utilizar y en consecuencia no requiere entrenamiento adicional para el personal de la terminal de grano. El uso de este software reduce el tiempo de aceptación y registro de transporte el cual incrementa el volumen de trasportes y reduce el tiempo inactivo. También fueron definidas algunas maneras de modernización como trabajo posterior, entre ellos, conexión con SCADA, lectores de códigos de barra, conexión a equipos del laboratorio entre otros.

Esta investigación sirve como punto de partida para aplicar conceptos de trazabilidad en la elaboración de un sistema automatizado, que permita brindar

trazabilidad a la materia prima manejada en una instalación aprovisionamiento de grano, con el objetivo de satisfacer los estándares de calidad requeridos por la industria.

En el trabajo realizado por Trunzer, Kirchen, Folmer, Koltun y Vogel-Heuser (2017), los autores realizan una Investigación propositiva en la cual desarrollan una arquitectura conceptual que pueda superar las desventajas de los sistemas actuales y reducir el esfuerzo dedicado a la integración de datos.

Su objetivo se enfoca en la creación de una propuesta conceptual de arquitectura que permita flexibilidad en la minería de datos para fuentes heterogéneas en sistemas de producción automatizados cumpliendo con diferentes requerimientos y retos de desarrollo con la finalidad de simplificar la integración de datos.

Existe una amplia variedad de fuentes heterogéneas de datos en los sistemas de producción automatizados, lo cual dificulta el descubrimiento de aprendizaje y actualmente obstaculiza la aplicación de métodos automáticos de minería de datos. En el estudio se analizan diferentes técnicas y modelos ya existentes y se busca llegar a un modelo que cumpla integralmente con todos los requerimientos que cumplen otros métodos de forma individual, entre los requisitos se mencionan: uso de un modelo de datos común, provisión de diferentes formas de procesamiento de datos, soporte de varias herramientas, transparencia de los datos disponibles, así como privacidad y seguridad de ellos.

Se concluye indicando que el potencial del análisis de Big Data puede ser explotado de mejor forma, mediante una integración automática de datos e interfaces estandarizadas. Además, muestra que el modelo de la propuesta puede simplificar la adición e integración de dispositivos, así también facilitar la

comunicación entre ellos, quedando por definir los roles clave que ocupara cada dispositivo dentro del sistema.

La investigación realizada por Oliff y Liu (2017) consiste en una investigación propositiva en la cual, primeramente, se analizan diferentes técnicas empleadas en la minería de datos convencional y luego se realiza un caso de estudio para una pequeña industria de una empresa manufacturera que produce una amplia variedad de modelos de lavadoras y secadoras.

En su trabajo, los autores se enfocan en contrastar los métodos para integrar paradigmas de la “industria 4.0” en los procesos de manufactura existentes. Específicamente, explorar el uso de minería de datos en el concepto de Fabricación Inteligente, orientado a mejorar la calidad en los productos y procesos. La propuesta se basa en la elaboración de un modelo analítico para producir un conjunto de reglas que ayuden a tomar mejores decisiones, apuntando a un nivel de cognición definido por la arquitectura de las 5C de Lee.

Para realizar el estudio se evaluaron las fallas de la maquinaria para generar una serie de reglas que ayudasen a determinar la calidad de las piezas resultantes, en consecuencia, se partió de una colección de datos y se aplicó dos algoritmos de minería de datos (PART y JRIP) para evaluar cuál de ellos utiliza menor poder computacional y devuelve mejores resultados para determinados números de muestras. Luego se aplicó métodos bagging y boosting para la mejora de la precisión. Finalmente se obtuvo una tabla con las reglas generadas para el modelo final.

El estudio concluye indicando que algunas de las barreras que impiden la adopción de la fabricación inteligente pueden superarse con el uso de software gratuito y utilizando los datos preexistentes. En el caso presentado, la

metodología resultó útil, y aunque las soluciones a los diferentes procesos son difíciles de generalizar, demuestran que la minaría de datos aplicada a las fallas de la maquinaria pueden ayudar a mejorar la calidad del producto resultante, generando una capacidad de alto valor para implementar en la maquinaria de la planta de aprovisionamiento de grano.

La investigación realizada por Esteves, Braga, David y Stroele (2018) presenta una investigación de tipo propositiva que se enfoca el uso de los datos de estado de los sensores de la máquina de la industria textil. En ella los autores analizan como los datos pueden ayudar a tomar mejores decisiones en los procesos de mantenimiento. En consecuencia, se recolectan datos proporcionados por sensores o controladores lógicos programables, mismos que representan las fallas ocurridas o eventos detectados.

El objetivo de la investigación se enfoca en proponer una arquitectura que utilice un algoritmo de detección de valores atípicos (Local Outlier Factor) para detectar anomalías en los registros de fallas de la maquinaria, produciendo información para respaldar las decisiones de mantenimiento y que también pueda ser presentada con fácil acceso y de forma inmediata.

En el sector de “reenvoltura” de la industria textil, las máquinas presentan fallos de baja criticidad durante su funcionamiento, como roturas de agujas o rotura de hilos de tejido, que usualmente se resuelven rápidamente y luego vuelven a la operación normal. Sin embargo, las fallas de baja criticidad con una duración superior a la normal pueden indicar la necesidad de mantenimiento. El componente de detección de valores atípicos realiza un análisis de los datos de alarma generados por los sensores y PLCs de las máquinas, utilizando técnicas y algoritmos de inteligencia artificial. Las variaciones detectadas en los valores

atípicos son procesadas y enviadas vía dispositivos móviles donde generan reportes para tomar decisiones con mayor facilidad.

La investigación concluye describiendo como el algoritmo de detección de valores atípicos tiene un desempeño aceptable, considerando un conjunto de datos con 10,000 registros para un tiempo de ejecución de 2 segundos. El agente autónomo indicó anomalías en tiempo real a los dispositivos móviles y las presentó en un panel disponible desde una aplicación web, demostrando como el análisis de datos combinado con los dispositivos IoT pueden generar información valiosa acerca de las fallas para crear reportes que beneficien la mantenibilidad de una instalación.

El estudio realizado por Chicaiza, García C., Castellanos, Sánchez, Rosero y García M. (2018), expone lo complejo que puede convertirse la arquitectura de los sistemas de producción y cómo usando las normativas ISA-88 y IEC-61499 es posible lograr que los distintos elementos de distintos fabricantes puedan integrarse de manera estándar y escalable.

Su objetivo principal consistió en el desarrollo de Bloques de Función utilizando la normativa IEC-61499, en conjunto con hardware empotrado para integrar un sistema de control distribuido. Adicionalmente, se implementó la normativa ISA-88 para realizar una programación de fabricación por lotes, utilizando Diagramas de Ejecución de Control (ECC) para coordinar la ejecución de dichos bloques. La investigación consiste primeramente en introducir conceptos básicos de las tecnologías que existen actualmente y son capaces de integrarse usando lógica de control por lotes de las normativas IEC-61499 e ISA-88. Luego, se discute la metodología con la cual trabajará para que la arquitectura sea flexible y la programación de ECCs y Bloques de Función cumplan con las normativas IEC-61499 e ISA-88.

La propuesta de arquitectura presentada consiste en la utilización de lógica ECC para desarrollar sistemas de fabricación flexibles que asignen las tareas de control y sus prioridades directamente a los elementos y garanticen reutilización del código y de los algoritmos creados.

La investigación servirá de base para la estandarización y reutilización del código necesario para los programas de PLC, HMI y SCADA de la planta de aprovisionamiento, considerando, la necesidad de cubrir largas distancias que puede verse beneficiada utilizando los sistemas de control distribuido analizados en este estudio.

El estudio realizado por Mannani, Izadi y Ghadiri (2019) consiste en una investigación aplicada de naturaleza propositiva. Primeramente, se analizan los conceptos básicos de minería de datos y el método CRISP_DM, para luego presentar una propuesta con los primeros pasos en un contexto de sistemas de alarmas. Los autores además analizan las etapas preliminares del preprocesamiento de datos de alarma y se discuten diferentes tipos de alarmas. Seguidamente se estudia el concepto de alarmas perdidas y su imputación para finalmente presentar un caso de estudio.

La investigación se enfoca en el preprocesamiento de datos de alarma e investiga los pasos necesarios para la preparación de los datos. Además, proporciona una guía completa y exhaustiva para el preprocesamiento de datos de alarma.

El preprocesamiento (preparación de datos sin procesar) es uno de los pasos principales de cualquier método de minería de datos. Independientemente del tipo de datos, la técnica de minería empleada o el modelo seleccionado, los datos deben estar preparados para una mejor y más concluyente minería. El

preprocesamiento representa entre el 10% y el 60% del esfuerzo en la implementación de minería de datos y se considera a menudo como el paso más tedioso y que requiere más tiempo en el proceso completo. Sin embargo, pese a su importancia, el preprocesamiento de datos de alarmas no había sido objeto de estudio previo a esta investigación.

El artículo presenta en detalle el preprocesamiento de datos de alarmas para minería de datos y sugiere un procedimiento resumiéndolo en 15 pasos, los cuales sirven como base para el preprocesamiento de datos a generar por los sistemas de control de la maquinaria, en la planta de aprovisionamiento de grano, previo a realizar las técnicas y modelados de minería de datos.

El trabajo realizado por Stefaniak, Kruczek, Śliwiński, Gomolla, Wyłomańska y Zimroz (2019) consiste en una investigación propositiva, en la cual se busca modelar los datos obtenidos del SCADA, particularmente, la corriente consumida por los motores de los transportadores en el sistema de transporte de mineral, de modo que permita calcular el flujo y la masa transportada por cada transportador.

El objetivo de la investigación consiste en determinar el volumen del mineral acarreado en el tiempo y espacio partiendo de la corriente consumida por los motores de los transportadores y desarrollar un modelo que permita rastrear el flujo de mineral de ejecución en una mina, dentro del sistema de transporte de materiales.

La masa del mineral que se transporta en la mina de cobre se mide mediante las básculas ubicadas en determinadas bandas transportadoras. Cabe resaltar que solo las máquinas cruciales están equipadas con básculas. Sin embargo, para rastrear el flujo de mineral a través del sistema de transporte, sería

beneficioso poseer el peso de cada transportador. Por medio de la captura de la corriente de los motores desde el sistema SCADA, es posible desarrollar un modelo para calcular de con 95% de exactitud, los flujos y masas que son acarreadas por los transportadores.

Los resultados obtenidos demuestran que el peso se puede ser estimado correctamente utilizando la corriente eléctrica. Por lo tanto, se puede aplicar este método para aproximar la masa del mineral transportado y rastrear el flujo de mineral a través del sistema de transporte.

Similar al caso de estudio, los transportadores utilizados en la planta de aprovisionamiento de grano no poseen báscula incorporada, aunque si cuentan con medidores de corriente. Tomando como base este estudio, es posible obtener los pesos y flujos del grano transportado partiendo de los datos del sistema, lo cual puede brindar mayor conocimiento acerca de la operación de la maquinaria.

El trabajo realizado por Kodali, John y Boppana (2020) se enfoca en la problemática que se deriva del proceso de almacenamiento de granos alimenticios y cómo ellas pueden ser contrarrestadas utilizando dispositivos de control con capacidades IoT.

El objetivo principal es el uso de elementos de monitoreo IoT como herramientas de mejora en la automatización de almacenaje de granos de alimentos. En el estudio se hace uso de microcontroladores capaces de conectarse a redes Wi-Fi para conectarse a su vez a un servicio cloud AWS para almacenaje y procesado de información, cada microcontrolador contiene sensores para mediciones de las diferentes variables de las unidades de almacenamiento.

Como resultado se obtiene un dispositivo de monitoreo inteligente el cual lee los valores de temperatura y humedad de la granja, planta procesadora o almacén, y muestra los datos por medio de graficas de Amazon Quicksight, El dispositivo de monitoreo también modera los niveles de temperatura y humedad utilizando ventiladores y enfriadores. Cualquier infestación de insectos es avisada al administrador para tomar acción. Se reduce el desperdicio apegándose al principio de primero en entrar, primero en salir.

Esta investigación brinda las pautas para la selección e integración de componentes para el sistema a proponer, el cual, similarmente estará dedicado a la automatización de elementos en el almacenamiento de granos alimenticios, y a su vez, se enfrenta a la misma problemática de poca disponibilidad en la capacidad de almacenaje de la planta.

Un estudio realizado por Bytniewski, Matouk, Chojnacka-Komorowska, Hernes, Zawadzki y Kozina (2020) abarca el análisis del concepto de la tecnología cognitiva en la implementación del procesamiento inteligente de conocimiento contenido en un subsistema de control de gestión.

El aporte principal es el análisis de posibilidad de tecnologías cognitivas para realizar el análisis automático del significado de los datos comerciales reales y la toma de decisiones automática. Inicialmente se presentan los trabajos relacionados en campos considerados y nociones básicas. Seguidamente, se caracterizan las tecnologías cognitivas. Por último, se presentan las funcionalidades de las tecnologías cognitivas en el sistema de control de gestión.

El uso de tecnologías cognitivas pertenecientes a la inteligencia artificial en el subsistema de control de gestión también permitirá que el sistema integrado de gestión de TI procese todo tipo de datos, información y conocimiento de forma

más rápida y eficiente, sin la necesidad de análisis complejos que utilizan los tradicionales métodos de minería de datos que consumen tiempo y recursos.

El estudio aporta conceptos necesarios para poder implementar un nivel mayor de inteligencia y predicción al sistema informático propuesto, para poder dar buen uso a todos los datos que se pretenden recopilarán para la operación y mantenimientos de la maquinaria.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1. Contexto general

La planta de aprovisionamiento de grano es una instalación que permite a la compañía realizar importaciones de varios miles de toneladas de materia prima a granel en una única operación. La materia prima sirve de insumo para los molinos distribuidos en diferentes regiones geográficas del país. La ubicación geográfica de la planta de aprovisionamiento es clave dado que debe estar cercana al puerto marítimo en el cual atracan los barcos que acarrean la materia prima para después transportarla hasta la planta usando camiones con unidad de arrastre tipo tolva.

Dentro de la planta se cuenta con 30 silos de almacenamiento, agrupados en 4 islas, cada cual es un sistema de control independiente gobernado por un controlador lógico programable el cual se encarga de arrancar y parar secuencialmente la maquinaria que transporta el grano, posicionar rutas para ingresar y despachar materia prima, ejecutar la lubricación de los rodamientos mecánicos de los transportadores, entre otras funciones.

Resulta importante para el negocio obtener métricas de la maquinaria, dado que las fallas mal atendidas o errores de operación pueden generar un impacto económico negativo en la compañía para los procesos de descargas de buques y traslados de materia prima hacia otros centros, y con las métricas correctas es posible tomar acciones para disminuir las ocurrencias.

Sin embargo, actualmente se carece de una herramienta que consolide toda la información de los comandos, posiciones, arranques, paros, condiciones, fallas y mantenimientos efectuados en la maquinaria. En el pasado se han realizado intentos de llevar registros, los cuales se han limitado a llenar a mano boletas de papel en las que cada técnico u operario debía llenar posterior a los problemas, dejando margen de incertidumbre en las acciones que fueron realizadas.

3.2. Descripción del problema

La planta de aprovisionamiento de materia prima es de vital importancia para la compañía, dadas las necesidades crecientes de producción que requieren cada vez de mayor capacidad para aprovisionar el grano de trigo y abastecer ágilmente de materia prima a los diferentes molinos de la compañía. En consecuencia, la maquinaria debe tener una alta disponibilidad y brindar información a los gerentes si se ha operado correctamente y se han ejecutado todas los mantenimientos y correcciones de fallas eficientemente.

Sin embargo, las operaciones y mantenimientos que se llevan a cabo en la planta actualmente se documentan de forma empírica, sin tener registros que respalden lo ocurrido realmente, la planta carece de una herramienta tecnológica que permita llevar registros automáticamente de las operaciones y mantenimientos ocurridos. Lo anterior genera problemática dado que existe poca capacidad de análisis, específicamente dificultad en el rastreo de problemas en la maquinaria, carencia de métricas que permitan la mejora y baja capacidad predictiva de las posibles fallas futuras.

Algunas de las causas que dificultan el poder generar los datos se deben a que muchos de los componentes de la planta se encuentran obsoletos; se cuenta con controladores PLCs con más de 20 años de antigüedad, un sistema SCADA

limitado en su escalabilidad y soportado hasta el sistema operativo Windows 7, redes de dispositivos de campo DeviceNet que presentan muchas desventajas contra los protocolos que se usan actualmente en la industria. Además, dadas las necesidades de aumento de capacidad, eventualmente surge la necesidad de ampliar la planta agregando maquinaria nueva.

La maquinaria nueva añade complejidad a la convergencia de sistemas, sin embargo, genera una gran oportunidad de realizar una adecuada selección de componentes hardware y software que permita a los sistemas antiguos y nuevos coexistir y generar datos que puedan ser procesados desde una herramienta de análisis.

3.3. Formulación del problema

Para brindar un diseño de solución adecuado a la limitada recolección y análisis de datos de la planta de aprovisionamiento, surge la necesidad de plantearnos las preguntas correctas delimitando el alcance de manera concreta.

3.3.1. Pregunta central

¿Cómo pueden ser integrados diferentes sistemas en una arquitectura de hardware y software que permita la apropiada generación, captura y almacenamiento de datos de operación de la maquinaria?

3.3.2. Preguntas auxiliares

- ¿Cuál es la infraestructura adecuada de redes y protocolos que permitan el flujo de datos entre los sistemas de control de la maquinaria?

- ¿Cómo se integrarán los dispositivos de los diferentes sistemas de control de maquinaria existentes en la planta?
- ¿Cuáles de los datos a extraer de la maquinaria pueden brindar información de la operación y los mantenimientos?

3.4. Delimitación del problema

Para la solución del problema, se analizarán los sistemas de control de dos islas de silos, dentro de la planta de aprovisionamiento de la compañía ubicada en puerto quetzal. Dado que los sistemas antiguos son todos muy similares, la solución cubrirá el estudio de un sistema antiguo y del sistema nuevo, el cual contendrá a los equipos y arquitectura para la generación de datos.

Finalmente, se tomarán los datos de 1 mes de operación para generar KPIs los cuales se analizarán en este estudio.

4. JUSTIFICACIÓN

La realización de la presente investigación se justifica en la línea de investigación de Data Mining de la maestría de Ingeniería para la Industria con Especialidad en Ciencias de la Computación.

La investigación aportará una base para el diseño y creación de arquitecturas hardware y software para la generación y almacenamiento de datos provenientes de maquinaria industrial y sus dispositivos de control. Además, brindará un análisis de los datos para la creación de KPIs de operación y mantenimientos que permita a los gerentes de la planta obtener el conocimiento de sus procesos en todo momento.

Entre los productos que se obtendrán podemos mencionar topologías de red, análisis de dispositivos seleccionados, análisis de software computacionales, diseños de segmentos de código, análisis de protocolos de comunicación, diseños de bases de datos, diagramas de red, de flujo, de procesos entre otros.

La investigación beneficiará a los futuros profesionales enfocados en el sector de automatización industrial e integradores de sistemas, ya que servirá de guía para generar sistemas de recolección y análisis de datos de diferentes procesos y sistemas industriales que utilicen arquitecturas similares.

La pertinencia y relevancia social para esta investigación es de alto interés en el ámbito profesional dado que, en todos los procesos de manufactura, los encargados y gerentes desean conocer el estado de la operación de su maquinaria y si éste puede mejorarse, la generación de datos a partir de

dispositivos de control industrial genera un elevado interés, ya que son datos difícilmente manipulables y brindan información precisa.

Finalmente, en algunos entornos de producción industrial, muchas máquinas son antiguas o fabricadas sin tener en mente la generación de datos, es por ello que la investigación en curso puede ser útil a los profesionales interesados en recopilar datos de máquinas en condiciones similares.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Diseñar una arquitectura de hardware y software que permita la generación, captura y recolección de datos de los diferentes sistemas de la planta de aprovisionamiento de granos.

5.2. Específicos

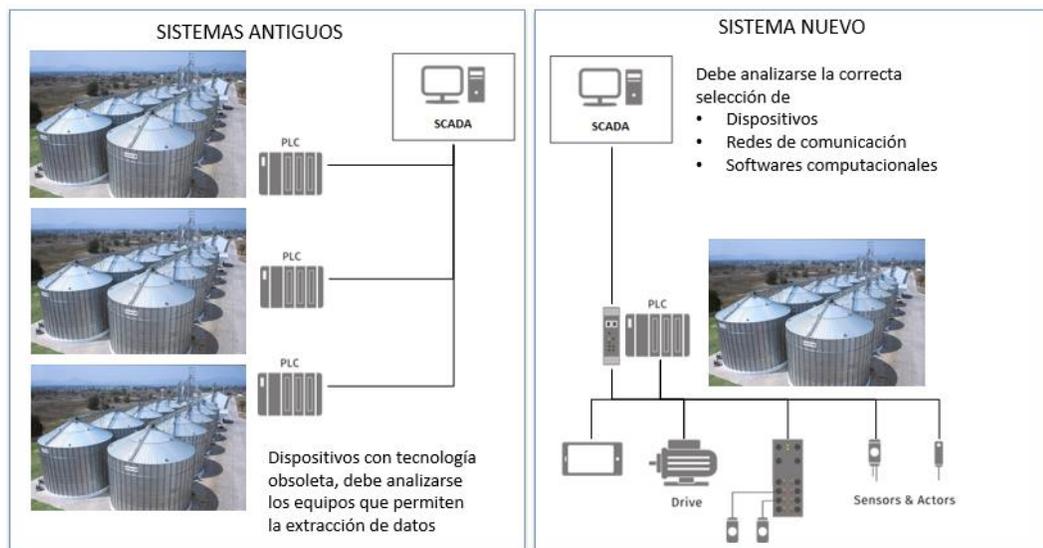
- Contrastar los tipos de redes y protocolos de comunicación que permitirán la recolección de datos de la maquinaria.
- Proponer un modelo para la captura de datos e Identificar el rol que desempeñarán los dispositivos en la arquitectura de la planta.
- Analizar los datos extraíbles y proponer un modelo para presentar información sobre la operación y los mantenimientos de la maquinaria.

6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE LA SOLUCIÓN

La investigación se enfoca en cubrir principalmente la carencia de una arquitectura tecnológica para generación de datos de operación y mantenimiento de una planta de aprovisionamiento de grano, que capture y almacene los datos automáticamente de la maquinaria.

Inicialmente, se realizará una evaluación de la base tecnológica instalada para determinar qué equipos pueden utilizarse para capturar datos de los cuales ya se dispone. Seguidamente, se evaluará qué equipos deben adquirirse para complementar la arquitectura requerida y que sirva como base para las futuras migraciones de equipos en la planta.

Figura 1. **Modelo actual**



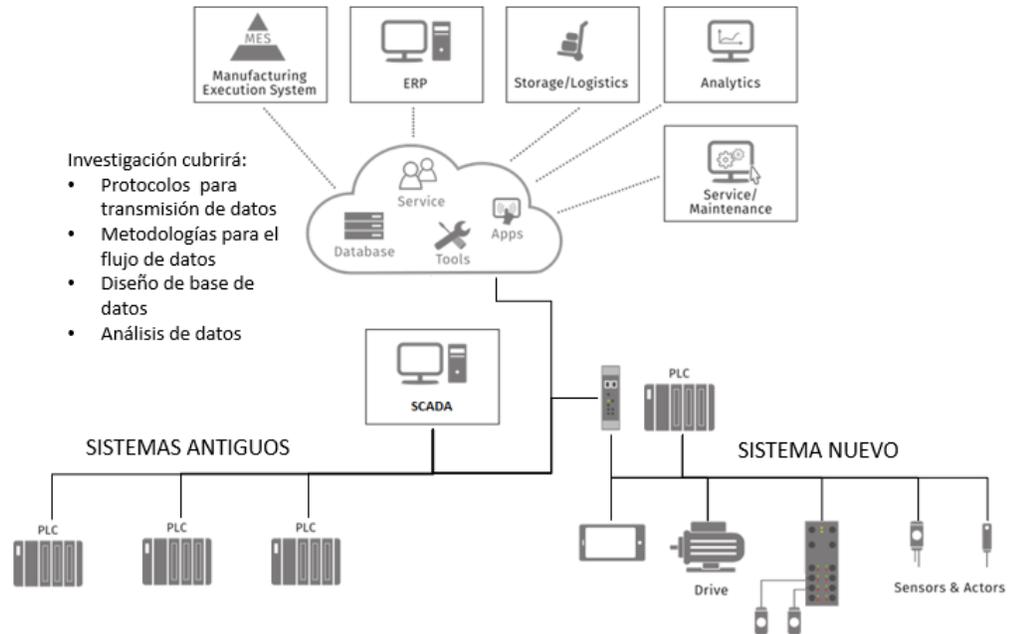
Fuente: elaboración propia.

Partiendo de los dispositivos seleccionados se procederá a diseñar esquemas de conexión que permitan centralizar la información de los diferentes sistemas en un solo equipo, el cual será responsable de recopilar y limpiar los datos para posteriormente trasladarlos a su repositorio para posterior análisis. En este punto se analizarán también los protocolos que permitirán el flujo de datos entre los diferentes niveles de la arquitectura tecnológica.

Entre las causas que se han identificado, que dificultan la captura de datos en la arquitectura actual podemos mencionar: incompatibilidad de hardware y software entre los sistemas antiguos y nuevos, arquitecturas de red incompatibles o inexistentes, carencia de dispositivos de captura de variables de la maquinaria, carencia de estandarización de código en programas computacionales, largas distancias entre los diferentes sistemas. En el desarrollo de la solución se buscará la integración de hardware y software por medio de la correcta selección de dispositivos

Lo anterior conduce a una serie de consecuencias negativas que se pretende evitar, entre ellas: dificultad en el rastreo de problemas y fallas que experimenta la maquinaria, dificultad para determinar eficiencias en los mantenimientos, desconocimiento de disponibilidad de la maquinaria, altos consumos de tiempo para ejecución de operaciones, complejidad en operación de maquinaria, baja capacidad de análisis sobre las operaciones de la maquinaria en general. Esta última consecuencia se pretende cubrir realizando un análisis a los datos que se logren generar, transformándolos en información capaz de brindar KPIs a los responsables de la operación y los mantenimientos que se ejecuten en la planta.

Figura 2. **Modelo propuesto**



Fuente: Hilscher (2016). *Internet of Things Field Device Upgrades*. Consultado el 3 de enero de 2019. Recuperado de <https://www.automationworld.com/products/networks/blog/13314896>.

Partiendo de los datos, se pretende que el rastreo de problemas mejore, así también la asignación de recurso humano para los mantenimientos. En general, la investigación pretenderá brindar a los dueños del proceso, una mayor capacidad de análisis de su maquinaria y podrá servir de base para negocios similares que ocupen varios sistemas de maquinaria industrial.

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Manejo de grano

El proceso de producción de harina de trigo inicia con la cosecha y el almacenamiento del grano de trigo, el cual después de cumplir estándares de calidad es almacenado generalmente en silos metálicos ubicados estratégicamente para abastecer la demanda de materia prima generada por los diferentes molinos de la región. Es importante tomar consideraciones respecto al cuidado y manejo del grano de trigo.

Las instalaciones para el almacenamiento y manipulación de grano deben ser adecuadas para garantizar que ningún componente del suministro de alimento se agote. También debe permitir la compra de granos de oportunidad y prever cualquier interrupción prolongada en las entregas de granos.

Una instalación de almacenamiento y manipulación de granos incluye recepción de grano, movimiento de grano, limpieza de grano, recuperación, almacenamiento, secado y operaciones de limpieza de los componentes. Esta es una gran inversión y todo el sistema debe planificarse y mantenerse cuidadosamente.

7.1.1. Características del Grano

Los granos se pueden dividir en tres grupos: cereales (maíz, trigo, cebada, sorgo, arroz); legumbres (altramuces, frijoles, guisantes); y semillas oleaginosas (soja, girasol, linaza, canola).

Cada grano posee características diferentes y ellas afectarán el sistema de distribución de manera distinta; entre estas características podemos mencionar el contenido de humedad, el ángulo de reposo, la abrasión y la corrosión.

7.1.2. Sistemas de almacenamiento de grano

Los sistemas de almacenamiento deben estar diseñados para proteger y preservar adecuadamente la calidad del grano. El grano entero puede brotar bajo ciertas condiciones y también atraerá mohos, insectos y roedores. Además, el almacenamiento de cereales puede presentar varios problemas de seguridad ocupacional.

Los problemas de seguridad asociados con el almacenamiento y manipulación de granos incluyen trabajar en alturas, trabajar en espacios confinados, ingresar a los silos de granos mientras se vacían (atrapamiento de granos) y explosiones de polvo.

Existen sistemas almacenamiento de grano de diferentes formas y tamaños, lo cual permite adaptarse a las necesidades del negocio. De acuerdo con las configuraciones de los equipos y sistemas, ellos pueden proveer almacenamiento para corto o largo plazo.

En general, el grano almacenado a largo plazo debe mantenerse fresco y seco. Las opciones incluyen silos de acero de pared lisa, silos de acero corrugado, silos de hormigón y fosas subterráneas.

7.1.3. Silos de almacenamiento

Los silos de almacenamiento de grano suelen estar disponibles en una amplia variedad de tamaños, configuraciones y materiales, incluyendo entre ellos de fondo plano, base cónica, hermético sellado o no sellado, aireados y no aireados. La capacidad de los silos se suele cotizar en toneladas, pero también se puede cotizar en metros cúbicos (m³). Para determinar la capacidad de tonelaje, se debe multiplicar la capacidad cúbica por la densidad aparente del grano.

Estas estructuras están diseñadas para soportar el grano en un plano vertical, ejerciendo presión y distribuida uniformemente alrededor del marco de soporte de la base. Si la plataforma no está nivelada, el peso del grano ejercerá una tensión excesiva en las láminas inferiores del silo y posiblemente torcerá el marco de la base, deformando el silo.

Los diseños de silos ahora incorporan tapas operadas desde el suelo, escaleras enjauladas, plataformas y rieles superiores para minimizar el riesgo de que los operadores se caigan. También se deben instalar puntos de enclave para los accesorios de arnés, que deben usar todos los operadores que estén subiendo y entrando en los silos. Los silos se clasifican como espacios confinados y se deben seguir los procedimientos correctos antes de la entrada.

7.1.4. Gestión del almacenamiento de grano

Una buena higiene en las instalaciones de manejo y almacenamiento de granos mantendrá la calidad de los productos manipulados.

Los problemas con el apelmazamiento del grano en las paredes del silo, la humedad y el moho en la base del almacén y el brote en el espacio superior son causados por un mal manejo del grano o un mal mantenimiento del almacén de grano. Se han reportado otros problemas con altramuces o guisantes almacenados en silos viejos, donde las paredes se han combado o comprimido por la alta presión ejercida por las semillas redondas. En casos extremos, los silos pueden derrumbarse.

Un buen diseño de almacenamiento debe complementarse con

- Una Correcta formación de las personas en temas relacionados con la seguridad e higiene.
- Monitoreo periódico.
- Un sistema de registro y control de cumplimiento de los procesos de higiene.
- Desarrollar estrategias de acción en caso de que ocurra contaminación.

7.1.5. Manejo del grano

Los sistemas de manejo y transporte de granos deben diseñarse para minimizar el daño al grano. Las roscas helicoidales deben funcionar llenas, y preferiblemente lentas, para reducir el daño del grano. En la industria se utiliza una amplia variedad de equipos y sistemas de manipulación de granos.

7.1.5.1. Tolvas de recepción de granos

Se necesita un sistema de recepción de alta capacidad para la transferencia eficiente de grano desde camiones o tractores y remolques. Idealmente, debería ser posible depositar una carga de remolque y alejarse del área de descarga por unos minutos. Una tolva de recepción en el suelo generalmente está equipada con un transportador de tornillo sinfín, para elevar el grano para acondicionarlo o almacenarlo.

7.1.5.2. Elevadores de cinta y cangilones

Los elevadores de cangilones se utilizan principalmente para elevar el grano verticalmente a silos u otros almacenes. Por lo general, entregan el grano directamente a los silos mediante desviadores que dirigen el grano a una tolva por gravedad al silo seleccionado, o mediante el uso de transportadores de banda para transferir el grano horizontalmente a los distintos silos.

Una correa plana entre poleas coronadas en las partes superior e inferior de la carcasa tiene pequeños cangilones conectados a intervalos regulares para transportar el grano desde el inferior del elevador hasta la parte superior. La capacidad depende del volumen de los cubos, el espacio y la velocidad de la cinta. Hay elevadores disponibles de hasta 20 m de altura y una capacidad de 50 T por hora.

Los elevadores de cangilones son auto limpiantes por diseño y generalmente están fijos en su posición.

7.1.5.3. Transportadores de banda

Las bandas transportadoras se utilizan normalmente para transferir el grano de forma horizontal. Son posibles inclinaciones de hasta 15°, e incluso de hasta 30° con nervaduras ajustadas a la correa. La capacidad del transportador de banda es alta y el grano se puede cargar o descargar en cualquier lugar a lo largo de la banda. Las cintas transportadoras no dañan el grano y levantan poco polvo.

7.1.5.4. Transportador de cadena de arrastre

Los transportadores de cadena de arrastre, o transportadores de paletas, utilizan una serie de paletas fijadas a un bucle de cadena que se mueve dentro de un conducto completamente cerrado. Las paletas circulares están dimensionadas para encajar cómodamente en el conducto. Este sistema completamente cerrado evita el polvo en un edificio u otro espacio. Las cadenas de arrastre pueden mover el grano en cualquier ángulo, incluido el horizontal, y son en gran parte auto limpiantes, aunque las esquinas del bucle de la cadena normalmente requerirán atención. Los transportadores de cadena de arrastre son una instalación permanente, pero se pueden ampliar fácilmente para ampliar las instalaciones.

7.1.6. Automatización del sistema de almacenamiento

Los sistemas de control, instrumentación y automatización son elementos clave en el sistema de distribución general. El sistema de automatización se rige por el diseño general de la instalación y los requisitos operativos. Cada dispositivo controlado individualmente se puede vincular a un PLC principal, lo que permite la coordinación de los controles entre varios equipos.

7.2. Mantenimiento industrial

Son todas las actividades con un orden lógico que permiten la conservación a lo largo del tiempo, la operatividad de elementos industriales, generalmente en una planta industrial.

La historia del mantenimiento data del momento mismo en el que aparecieron las primeras máquinas, aun cuando la energía que moviese las máquinas proviniera del mismo hombre. La función de mantenimiento ha pasado por diferentes etapas, inicialmente los mismos operadores de las máquinas eran quienes realizaban mantenimientos, sin embargo, con la Revolución Industrial, las máquinas se fueron volviendo más complejas y pronto se empezó a delegar funciones de mantenimiento a equipos más especializados, separando así la operación del mantenimiento, aunque la mayoría de las funciones se limitaban a tareas puramente correctivas.

Posterior a la Segunda Guerra Mundial, surge un nuevo concepto llamado fiabilidad, que esencialmente indicaba a los departamentos de mantenimiento que ya no solo debían corregir las fallas, sino que ahora también debían prevenirlas. Lo anterior conlleva a considerar un nuevo rol en las áreas de mantenimiento para encargarse del estudio de las fallas y minimizar su impacto.

A medida que el desarrollo tecnológico evoluciona, las instalaciones de maquinaria en la industria se van automatizando, volviéndose más complejas, dando paso a líneas de producción más grandes. También surgen nuevas filosofías de mantenimiento a lo largo de la historia.

La alta complejidad provoca que los paros asociados a averías sean cada vez más costosos. Cabe destacar que los costes asociados al mantenimiento han

ido en aumento a lo largo del tiempo, sin embargo, es más costoso prescindir del mantenimiento y del estudio de las fallas dado que sin ello no es posible producir.

7.2.1. Disponibilidad

Se define como la probabilidad de que un equipo funcione correctamente en el momento que sea requerido después del inicio de su operación, en condiciones normales. Dado que esta característica resume cuantitativamente la funcionalidad de un equipo, es altamente requerida y en algunos casos no es suficiente con que sea alta, sino debe asegurarse que el sistema pueda funcionar en cualquier momento deseado.

Para los cálculos de pronósticos CMD se debe decidir el tipo de disponibilidad más adecuada de acuerdo con las expectativas de la empresa y que se adapte a los equipos objeto de estudio. A continuación, se detallan beneficios de cada tipo:

Disponibilidad genérica: Utilizan únicamente tiempos productivos y no productivos (sin especificar causa). Muy utilizado en planes piloto en las empresas.

Disponibilidad inherente o intrínseca: Entre sus características resalta que los tiempos medios de fallas y reparaciones sólo toman en cuenta las fallas propias del equipo y no razones exógenas. Es muy útil cuando se desea evaluar mantenimientos correctivos en los cuales el tiempo de funcionamiento es muy grandes en contraste con el tiempo de no funcionamiento.

Disponibilidad alcanzada: Es muy útil cuando se desea evaluar tiempos de mantenimiento y correctivo por separado.

Disponibilidad operacional: Se adapta a los escenarios en los cuales se desea monitorear las demoras administrativas o de recurso humano. También trabaja juntamente con las actividades de mantenimiento planeado y no planeado. Requiere alto consumo de recurso humano.

Disponibilidad operacional generalizada: Se utiliza cuando se trabaja con equipos en vacío, es decir, los equipos funcionan, pero no producen. Es similar a la operacional, pero se agrega el factor de tiempos útiles de la fecha más cercana, lo cual lo convierte en el tipo más complejo y costoso de implementar.

7.2.2. Confiabilidad

Se define como la probabilidad de que un equipo desempeñe sus funciones de manera satisfactoria, durante un tiempo determinado bajo condiciones normales. La confiabilidad se relaciona inversamente con la frecuencia en la que ocurren las fallas, si la frecuencia es muy baja, el equipo es altamente confiable, por el contrario, si la frecuencia es alta, el equipo es poco confiable. Además, está relacionada con la calidad del producto, dado que una calidad baja implica una disminución en la confiabilidad del equipo.

Tomando en consideración que la confiabilidad se define una probabilidad, su cálculo se realiza mediante la división de la cantidad de intentos en los cuales se tuvo éxito entre la cantidad de intentos totales. De esa forma es posible obtener una curva de la confiabilidad, la cual representa gráficamente el funcionamiento de un equipo después de un tiempo t en un periodo T total. Se puede interpretar de dos formas; la probabilidad de supervivencia de un elemento en el tiempo o para análisis de múltiples elementos con tiempos de vida útil similares. La función de confiabilidad se expresa a continuación:

$$R(t) = P[t < T]$$

Donde $R(t)$ es la función de confiabilidad, t es el tiempo y T el periodo total. La función de confiabilidad tiene la particularidad de que su probabilidad disminuye al aumentar el tiempo de funcionamiento, por lo tanto, se puede decir que todo elemento siempre llega a su estado de falla cuando el tiempo es muy largo o tiende a infinito.

7.2.3. Mantenibilidad

Se refiere a la probabilidad de volver un equipo a su estado operativo después de haber sufrido una falla, avería o paro (funcional o de servicio) que haya necesitado de una tarea de mantenimiento para su restablecimiento. La mantenibilidad se asocia con la facilidad de un elemento para restaurarse tomando en consideración toda la información previa al evento de falla (diseño, montaje, mantenimientos realizados, experiencia del operador, modificaciones entre otras).

Existen dos formas en las cuales se puede ahorrar costos en los mantenimientos; en la confiabilidad y en la mantenibilidad. La reducción de tiempo de mantenimiento en la segunda solamente se logra en etapas previas al funcionamiento del elemento tomando las decisiones apropiadas en el diseño, ambiente, personal, herramientas, inventario de repuestos, etc.

La representación gráfica de la curva de mantenibilidad se expresa de forma similar a la de confiabilidad, en la cual $M(t)$ indica la probabilidad de que el sistema se reestablezca en un tiempo menor a un periodo especificado.

$$M(t) = P[T \leq t]$$

Para este caso, la probabilidad de mantenibilidad aumenta a medida que el tiempo crece o tiende a infinito.

7.2.4. Interrelación CMD

La importancia de la metodología CMD consiste en la capacidad de predecir el comportamiento del equipo ante las posibles averías y reparaciones, los tiempos de operación y los mantenimientos planificados, con el objetivo de determinar planes de operación y efectividad.

Partiendo del cálculo de eficiencia y tomando como base la misma analogía (se toma todo lo bueno dividido entre todo lo bueno más lo no bueno) es posible determinar una ecuación universal para expresar la relación entre confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad.

$$Disponibilidad = \frac{Confiabilidad}{Confiabilidad + Mantenibilidad}$$

Existen muchos métodos de predicción CMD, los cuales se adaptan mejor a diferentes tipos de elementos en función a su entorno y a sus propiedades intrínsecas. También influyen el nivel de madurez técnico y científico del personal que las utiliza. Entre ellos podemos mencionar:

- Método de cálculos puntuales o promedios
- Métodos de distribuciones
- Métodos de modelos de Proceso de Poisson, homogéneos y no homogéneos (HPP, NHPP)
- Series temporales
- Combinaciones de los anteriores u otros

7.3. Automatización industrial

La automatización industrial consiste en la utilización de sistemas computarizados y electromecánicos para fines industriales. Como rama de la ingeniería, abarca mucho más que solo sistemas de control, también contiene el estudio de la instrumentación industrial, que a su vez incluye a muchos equipos y software necesarios para llevar correctamente el control, supervisión, transmisión y recolección de datos en el ámbito de los procesos productivos de las instalaciones a nivel industrial.

7.3.1. Sistemas de control distribuido (DCS)

El DCS se concibió originalmente como un reemplazo de grandes paneles, ubicados en salas de control central y que a su vez contienen cientos, a veces miles, de instrumentos de proceso. La función de procesamiento de información de los DCS se expandió rápidamente, agregando control avanzado como control de modelo de referencia y sistemas expertos; herramientas de análisis de información, como control estadístico de procesos y alarmas inteligentes; aplicaciones para ayudar a la toma de decisiones, como mantenimiento predictivo y gestión de documentos; y capacidades de integración de sistemas empresariales.

En la actualidad, se espera que el DCS sea el componente en tiempo real del sistema de control y gestión empresarial de una instalación de fabricación, que afecte prácticamente a todos los escenarios de la operación y la rentabilidad de los procesos continuos y por lotes.

El DCS cuenta con tres cualidades esenciales. La primera es distribuir sus funciones en conjuntos relativamente pequeños de subsistemas semiautónomos,

que están interconectados mediante una red de comunicaciones de alta velocidad. Estas funciones incluyen recopilación de datos, control de procesos, presentación de información, análisis y supervisión de procesos, almacenamiento y recuperación de información archivada y presentación y reporte de información. La distribución de funciones tiene varias ventajas sobre las arquitecturas de computadora de proceso más clásicas, que incluyen:

- Menor exposición a fallas de componentes o subsistemas.
- Mayor aislamiento para facilitar el mantenimiento y actualizaciones.
- Mejor segmentación de requisitos de aplicación para diferentes áreas de proceso.
- Modularidad para el desarrollo de aplicaciones
- Facilitación de la distribución geográfica, lo que reduce los costos de instalación
- Proporciona una supervisión operativa más localizada al tiempo que ofrece acceso global a la información y las capacidades de control.

La segunda es automatizar el proceso de fabricación mediante la integración de control regulatorio avanzado, control lógico y secuencial y lenguajes de procedimiento en una aplicación cohesiva que se integra una variedad de paquetes de aplicaciones avanzadas, que van desde Batch hasta Sistemas Expertos. El aspecto de "control" del DCS moderno se ha expandido para incluir información que es capaz de soportar aplicaciones empresariales de manufactura como:

- Contabilidad de costos basada en actividades
- Programación y despacho de producción
- Programación de mantenimiento preventivo o predictivo
- Validación de la certificación y preparación laboral de los empleados

- Intercambio de información con aplicaciones comerciales, logísticas y de transporte

La tercera característica es que se trata de un sistema, lo cual permite organizar la estructura de comandos y el flujo de información entre sus partes constituyentes para que actuar como un único sistema de automatización que unifica los distintos subsistemas.

7.3.2. Controladores lógicos programables (PLC)

El primer controlador programable, introducido en 1970, se desarrolló en respuesta a la demanda de General Motors de un sistema de estado sólido que tuviera la flexibilidad de una computadora, pero que pudiera ser programado y mantenido por ingenieros y técnicos de la planta. Estos primeros controladores programables ocupaban menos espacio que los relés, contadores, temporizadores y otros componentes de control que reemplazaban, y ofrecían mucha mayor flexibilidad en términos de su capacidad de reprogramación. El lenguaje de programación inicial, basado en los diagramas de escalera y los símbolos eléctricos comúnmente utilizados por los electricistas, fue clave para la aceptación de la industria del controlador programable.

Debido a que los controladores programables se pueden programar en lógica de escalera de relés, es relativamente sencillo convertir los diagramas eléctricos al programa del controlador programable. Este proceso implica definir las reglas de operación para cada punto de control, convertir estas reglas en lógica de escalera e identificar y etiquetar las salidas (direccionamiento). La fuerza laboral de hoy tiene una mezcla de ingenieros, algunos de los cuales han existido por un tiempo y están familiarizados con la lógica de escalera, así como ingenieros más nuevos que se sienten más cómodos con la programación y el

control basados en computadoras. Esto ha llevado a una combinación de tecnologías de programación que se aplican según los antecedentes del usuario y las necesidades de la aplicación.

Se pueden clasificar en dos categorías: fijos y modulares. Los controladores programables fijos vienen como unidades autónomas con un procesador, fuente de alimentación y un número predeterminado de entradas y salidas discretas y analógicas. Un controlador programable fijo puede tener componentes independientes interconectables para expansión, y es más pequeño, económico y fácil de instalar. En contraste, los controladores modulares son más flexibles y ofrecen opciones para capacidades de entradas y salidas (E/S), tamaño de la memoria del procesador, voltaje de entrada, tipo y cantidad de comunicación.

Originalmente, los controladores programables se usaban en aplicaciones de control donde la E/S era principalmente digital. Eran ideales para aplicaciones que eran más secuenciales y discretas que continuas por naturaleza. Con el tiempo, se agregaron capacidades analógicas y de proceso de modo que el controlador programable se convirtió en una solución viable para aplicaciones de control de procesos y lotes.

La evolución del controlador programable ha aumentado las opciones disponibles para los sistemas que tradicionalmente se han basado en tecnologías alternativas. Hasta la introducción del microcontrolador lógico programable (micro-PLC) a mediados de la década de 1980, los relés y los controladores de placa única (SBC) ofrecían los medios más comunes para aumentar el nivel de autonomía en máquinas simples y procesos menos complejos.

Aunque la funcionalidad del controlador programable tradicional a menudo beneficiaba a una aplicación, el costo no siempre podía justificarse. Si el costo

no era un problema, el tamaño a menudo lo era. A veces, incluso los controladores programables pequeños eran simplemente demasiado grandes para caber en el espacio asignado para los controles eléctricos.

No fue hasta que se introdujeron los micro-PLC que los controladores programables pudieron satisfacer económicamente las demandas de las máquinas más pequeñas de una manera más eficiente que los relés y los SBC. Estos controladores de E/S fijos generalmente están diseñados para manejar de 10 a 32 E/S en un paquete que cuesta menos de \$ 300 dólares estadounidenses, lo que los convierte en reemplazos viables incluso para paneles de relés muy pequeños. Además, esta opción de controlador de bajo costo ha abierto la puerta para que muchos OEM de máquinas pequeñas apliquen el control automatizado en lugares donde no era factible en el pasado.

Los controladores programables modulares tienen una función similar a las versiones fijas, pero separan físicamente las E/S del controlador. Esto permite que los racks de E/S se distribuyan más cerca de la aplicación, donde se comunican con el controlador mediante una red industrial. Los controladores modulares permiten al usuario adaptar los componentes del controlador a las necesidades específicas de la aplicación.

7.3.3. Uso de computadoras en controles industriales

Desde que los controladores automáticos avanzaron a partir de dispositivos simples de encendido y apagado, se ha requerido alguna forma de computación para implementar relaciones algorítmicas en un esfuerzo por mejorar el proceso y la capacidad de control de la maquinaria.

Las capacidades informáticas requeridas para lograr una capacidad de control que se considera aceptable en términos de las expectativas de principios de la década de 1990 fueron mejoradas por varios factores, incluida la aparición de componentes de circuitos electrónicos de estado sólido miniaturizados con su alta velocidad, simplicidad comparativa, costo progresivamente decreciente y proclividad inherente a manejar datos de instrumentación en forma digital, en contraste con la dependencia previa y esencialmente exclusiva de la información analógica.

Relativamente a principios de la década de 1980, el PC disfrutó de un mercado multimillonario y atrajo la atención de profesionales pioneros en el ámbito de la instrumentación y el control. Se reconoció en una fecha temprana que se podría desarrollar una plataforma de escaneo, control, alarma y adquisición de datos (SCADA) razonablemente bajo e integrarla con paquetes de software de propósito general, como hojas de cálculo y administración de bases de datos, para proporcionar, en casos seleccionados, una alternativa rentable a DCS. En un sentido cuantitativo, los posibles usuarios de la PC tendían a ser cautelosos, y las primeras aplicaciones ocurrieron con mayor frecuencia en casos no críticos y sensibles a los costos.

La llegada de la PC moderna hace posible que prácticamente todo el mundo aproveche la flexibilidad, la potencia y la eficiencia de la adquisición y el control de datos computarizados. Las PC ofrecen alto rendimiento y bajo costo, junto con una facilidad de uso sin precedentes.

El resultado final es que un ingeniero o científico individual ahora puede implementar un sistema de control y adquisición de datos personalizado en una fracción del tiempo y los gastos que antes se requerían. Se ha vuelto práctico adaptar soluciones altamente eficientes para aplicaciones únicas.

La naturaleza de la PC fomenta la innovación, que en pocos años ha revolucionado la automatización de oficinas y actualmente está produciendo resultados similares en instalaciones de fabricación, líneas de producción, pruebas, laboratorios y plantas piloto.

Una PC se puede conectar a un sistema de adquisición (y control) de datos de una de dos formas básicas: mediante conexión directa al bus de PC (productos de bus interno) o mediante un canal de comunicaciones estándar (bus externo productos), como RS-232, RS-422 o IEEE-488. Hay ventajas y limitaciones de cada método.

7.3.4. Sistemas SCADA

SCADA es un acrónimo que se forma a partir de las primeras letras del término "control supervisión y adquisición de datos". Sin embargo, el término no hace referencia al factor de distancia, que es común en los sistemas SCADA.

SCADA es una tecnología que permite a un usuario recopilar datos de una o más instalaciones distantes y enviar instrucciones de control limitadas a esas instalaciones. SCADA hace que sea innecesario que se asigne a un operador para que permanezca o visite con frecuencia ubicaciones remotas cuando esas instalaciones remotas están funcionando normalmente. SCADA incluye la interfaz del operador y la manipulación de datos relacionados con la aplicación, pero no se limita a eso.

7.3.5. Redes en la automatización de procesos

La comunicación industrial consiste en transportar información de campo a la sala de control y controlar un proceso de manera confiable y efectiva. Existen

varios protocolos de red que incluyen tanto hardware como software para garantizar operaciones robustas, confiables y, a veces, en tiempo real, según las necesidades de la situación. Generalmente, las redes industriales se denominan bus de campo, que incluye bus de sensor y bus de dispositivo; la referencia a un bus en particular depende del tamaño de los datos que se manejan a la vez.

Existe una demanda creciente entre los usuarios de sistemas de automatización industrial de un protocolo industrial que sea independiente del proveedor. Algunos factores clave determinan la aceptabilidad de un protocolo de red industrial. Algunas de las necesidades clave son: sistema abierto, reducción en el costo de cableado y mayor disponibilidad de información de los sensores y actuadores situados en campo.

7.3.5.1. Jerarquía de comunicación en la automatización de plantas:

En una industria, ya sea de fabricación o de procesos, los datos o la información fluyen desde el campo y sube a través de capas hasta el nivel de gestión de empresa y viceversa. Para un flujo de información ordenado y para optimizar el rendimiento del proceso, toda la configuración se divide en varios niveles jerárquicos.

El nivel más bajo o de campo comprende sensores, posicionadores y actuadores. Los sensores dan una indicación sobre las condiciones del proceso, como la temperatura, la presión y el flujo del proceso; puede ser digital, analógico o híbrido como en el transductor remoto direccionable en autopista HART.

El segundo nivel o el nivel de E / S clasifica las entradas y las salidas juntas. La salida del sensor, a través del nivel de E / S, se dirige al controlador, que luego

Entre las tareas del nivel de intranet de planta o de interfaz hombre-máquina (HMI) se encuentran herramientas de ingeniería de red, programas de calendarización de mantenimientos de planta y gestión de activos. El nivel de HMI asegura que cualquier valor de variable de proceso desde cualquier lugar de la planta se pueda mostrar en la consola del operador, pueda advertir al operador en caso de que cualquier valor de proceso sobrepase o supere los límites establecidos, pueda cambiar las configuraciones del dispositivo, etc.

El nivel más alto, de gestión de empresa o cadena de suministro, la información fluye a un entorno de oficina para el manejo de registros; facturación a través de un servicio con punto de acceso; pedido de materias primas; llevar un registro de la calidad y cantidad de productos terminados, etc. y mantener un registro de la posición actual de existencias de diferentes materias primas para mantener la producción en marcha.

Los diferentes niveles tienen que manejar diferentes requisitos propios de ese nivel en particular en cuestión. Por ejemplo, el nivel empresarial tiene que manejar un gran volumen de datos que no son críticos en cuanto al tiempo ni están en uso constante. Los tres niveles inferiores tienen algunas características diferentes, como el uso constante, longitud y tiempo de respuesta cortos de los paquetes de datos y la comunicación determinística.

Debido a los requisitos característicos que existen en cada nivel de la jerarquía, es obvio que ningún protocolo único puede abordar todos estos. La velocidad de transmisión de datos, el volumen de datos y la seguridad de los datos son las principales preocupaciones de estos niveles. Independientemente de si se trata de una industria de fabricación o de procesos, los datos deben estar disponibles a nivel de HMI y empresarial.

Para un intercambio de datos eficiente y confiable entre los diferentes niveles, se utiliza la estandarización en la forma del modelo de referencia de la Organización Internacional de Normalización - Interconexión de Sistemas Abiertos (ISO-OSI) para superar los problemas y preocupaciones anteriores

7.4. Minería de datos

El concepto surge de forma similar a la extracción de minerales del suelo o minería convencional de “x” material, en la cual se toman grandes cantidades de tierra y otros elementos no deseados para posteriormente procesarlos obtener el material deseado. Sin embargo, la minería de datos se puede decir que es un proceso inverso, ya que consiste en descubrir patrones y conocimientos interesantes partiendo de grandes cantidades de datos.

Generalmente, los datos provienen de diversas fuentes de datos de diversos tipos alojados en diversas fuentes (Web, Almacenes de datos, Imágenes, Dispositivos, etc.) a las cuales el sistema tiene acceso y que son actualizadas dinámicamente.

7.4.1. Datos en bases de datos

Los sistemas de bases de datos constan de elementos de almacenamiento y conjuntos de datos que se relacionan entre sí, mientras que los manejadores de bases de datos (DBMS) generalmente concentran un conjunto de programas que permiten la adecuada administración de esos datos. Las bases de datos relacionales trabajan por medio de tablas a las cuales se asigna un identificador único. Cada tabla contiene atributos que describen su estructura, generalmente son diseñadas para almacenar grandes cantidades de registros.

Los datos relacionales pueden ser accedidos por medio de consultas escritas en un lenguaje de consultas relacionales (SQL). Una consulta dada se transforma en un conjunto de operadores relacionales tales como unión, selección, proyección y son luego optimizadas para un procesamiento eficiente.

Cuando se minan bases de datos relacionales, podemos indagar más buscando tendencias o patrones de datos. Por ejemplo, podemos utilizar la minería de datos para datos de clientes y predecir riesgos de créditos basados en su ingreso, edad e información de créditos previos. También es posible minar datos para detectar desviaciones las cuales a su vez puede utilizarse para investigaciones subsiguientes.

Las bases de datos relacionales son a menudo fuentes de información muy confiable dado a la riqueza y disponibilidad de sus datos, por lo tanto, constituyen un tipo importante el estudio de minería de datos.

7.4.2. Almacenes de datos (Data Warehouse)

Un almacén de datos se define como un repositorio de información recolectada desde múltiples orígenes, donde se almacena, organiza y mantiene como un esquema unificado que usualmente se centraliza en un solo lugar físico. Se construyen mediante procesos de limpieza, integración, transformación y carga de datos, así como su actualización periódica.

Generalmente, un almacén de datos se modela mediante una estructura de datos multidimensional, llamada cubo de datos, en el que cada dimensión se asigna a un atributo o un conjunto de atributos en el esquema, y cada celda almacena un valor compuesto dependiente de los atributos anteriores, por ejemplo, el recuento o la suma de valores en un periodo definido. Un cubo de

datos proporciona una vista multidimensional de los datos y permite el cálculo previo y el acceso rápido a los datos resumidos.

Al proporcionar vistas multidimensionales de datos y el precálculo de datos agrupados, los sistemas de almacenes de datos pueden proporcionar soporte inherente para uso de OLAP (Procesamiento de analítica en línea).

Aunque las herramientas de almacenes de datos ayudan a respaldar el análisis de datos, a menudo se necesitan herramientas adicionales brindadas por la minería de datos en aras de lograr un análisis más profundo. La minería de datos multidimensional realiza el proceso de minería en un espacio multidimensional similar a un sistema OLAP. Es decir, permite aplicar técnicas exploración de múltiples combinaciones de dimensiones en diferentes niveles de granularidad y, por consiguiente, tiene un mayor potencial para descubrir patrones interesantes del conocimiento.

7.4.3. Datos transaccionales

En una base de datos transacción, cada registro captura una transacción, sea ésta una compra, una venta, la reserva de un vuelo o una consulta en una página web. Generalmente, cada transacción posee un número único de identificación, además de un listado de elementos que componen dicha transacción. Las bases de datos transaccionales pueden tener tablas adicionales para complementar internamente la información de las transacciones realizadas.

Los gestores de bases de datos permiten realizar algunas técnicas que ayudan al análisis de datos forma simple y nativa, podemos conocer promedios, conteos, sumatorias entre otras. Sin embargo, si quisiéramos profundizar, por ejemplo, realizando un análisis de ventas para saber cuáles artículos se venden

bien juntos, requeriríamos una técnica adicional que un gestor de base de datos tradicional no brinda por sí solo. Afortunadamente, la minería de datos en datos transaccionales puede hacerlo mediante la extracción de conjuntos de elementos frecuentes, es decir, conjuntos de elementos que se venden juntos con frecuencia, esta técnica se conoce como análisis de canasta.

7.4.4. Otros tipos de datos

Adicional a los datos en bases de datos, en almacenes de datos y datos transaccionales, existen otros tipos de datos que poseen formas y estructuras versátiles y significados semánticos muy diferentes. Estos tipos de datos pueden ser encontrados en muchas aplicaciones; datos relacionados al tiempo o secuenciados (datos históricos, series de tiempo entre otros), corrientes de datos (video vigilancia, sensores, etc.), datos espaciales (mapas, geolocalización).

7.4.5. Caracterización de datos

La caracterización de datos resume las características generales de una clase de datos objetivo. Los datos correspondientes a la clase especificada por el usuario son recolectados típicamente por una única consulta a la base de datos.

Existen varios métodos para la caracterización y resumen de datos efectivos. Algunos métodos simples se basan en cálculos estadísticos y gráficas, otros utilizan la operación de acumulación OLAP basada en cubos de datos para realizar resúmenes controlados de datos guiados por el usuario para una dimensión específica, Otros utilizan una técnica de inducción orientada a atributos para realizar la generalización y caracterización de datos sin la interacción guiada del usuario.

El resultado de la caracterización de datos se puede presentar de varias formas. Los ejemplos incluyen gráficos circulares, gráficos de barras, curvas, cubos de datos y tablas multidimensionales y tablas, incluyendo tablas de referencias cruzadas. Las descripciones resultantes también se pueden presentar como relaciones generalizadas o reglas de caracterización.

7.4.6. Discriminación de datos

Es una comparación de características generales, entre los objetos de datos objetivos contra los objetos de datos contrastantes. Las clases objetivo y contrastante pueden ser determinadas por la persona que realiza el estudio y típicamente pueden ser recuperadas mediante una única consulta a la base de datos.

Los métodos utilizados para la discriminación de datos son similares a los utilizados para la caracterización de datos.

Las formas de presentación de los resultados son similares a las de las descripciones de características, aunque las descripciones de discriminación deben incluir medidas comparativas que ayuden a distinguir entre el objetivo y las clases contrastantes. Las descripciones de discriminación se conocen como reglas discriminatorias.

7.4.7. Patrones frecuentes

Son patrones que ocurren frecuentemente en los datos. Un conjunto de patrones frecuentes generalmente se refiere a objetos que suelen aparecer juntos en los registros de datos transaccionales, por ejemplo, en un escenario de ventas de abarrotos, frecuentemente los clientes los compran juntos. La minería

de patrones frecuentes ayuda a descubrir asociaciones y correlaciones interesantes partiendo de una gran cantidad de datos.

7.4.8. Reglas de asociación

Sea $\mathcal{T} = \{I_1, I_2, \dots, I_M\}$ un conjunto de datos recolectados. Sea D un conjunto de transacciones de datos donde cada transacción T es un conjunto de datos no vacío, donde $T \subseteq \mathcal{T}$. Cada transacción está asociada con un identificador TID . Si A es otro conjunto de datos, se dice que una transacción T contiene a A si $A \subseteq T$. Una regla de asociación es una implicación de la forma $A \Rightarrow B$, donde $A \subset \mathcal{T}$, $B \subset \mathcal{T}$, $A \neq \emptyset$, $B \neq \emptyset$ y $A \cap B = \emptyset$.

La regla $A \Rightarrow B$ se mantiene en el conjunto de transacciones D con soporte s , donde s es el porcentaje de transacciones en D que contienen la unión de $A \cup B$. Esto se representa con la probabilidad $P(A \cup B)$. La regla $A \Rightarrow B$ tiene una confianza c en el conjunto de transacciones D , donde c es el porcentaje de transacciones en D que contienen A y también contienen B . Esto se representa con la probabilidad condicional $P(A|B)$. En consecuencia:

$$\text{Soporte}(A \Rightarrow B) = P(A \cup B)$$

$$\text{Confianza}(A \Rightarrow B) = P(A|B)$$

Las reglas que satisfacen tanto un umbral de soporte mínimo como un umbral de confianza mínimo se denominan fuertes.

Una confianza del 50% significa que, si un cliente compra una computadora, existe un 50% de posibilidades de que también compre software. Un soporte del 1% significa que el 1% de todas las transacciones bajo análisis muestran que la computadora y el software se compran juntos.

La frecuencia de ocurrencias en un conjunto de elementos es el número de transacciones que contiene además al otro conjunto de elementos. Esto también se conoce, simplemente, como frecuencia, conteo de soporte o conteo del conjunto de elementos. Notar que el soporte definido en la ecuación anterior a veces se denomina soporte relativo, mientras que la frecuencia de ocurrencia se denomina soporte absoluto.

Si el soporte relativo de un conjunto de elementos I satisface un umbral de soporte mínimo predefinido, entonces I es un conjunto de elementos frecuentes. El conjunto de conjuntos de k elementos frecuentes se denota comúnmente por L_k .

$$\text{Confianza}(A \Rightarrow B) = P(A|B) = \frac{\text{Soporte}(A \cup B)}{\text{Soporte}(A)} = \frac{\text{conteo_soporte}(A \cup B)}{\text{conteo_soporte}(A)}$$

La ecuación anterior muestra que la confianza de la regla $A \Rightarrow B$ se puede derivar fácilmente del conteo de soporte de A y $A \cup B$. Una vez que se encuentran los conteos de soporte, es sencillo derivar las reglas de asociación correspondientes y verificar si son fuertes. Por lo tanto, el problema de las reglas de asociación de minera se puede reducir al de extraer conjuntos de elementos frecuentes.

En general, la minería de reglas de asociación puede verse como un proceso de dos pasos:

- Encontrar todos los conjuntos de elementos frecuentes: Por definición, cada uno de estos se producirá al menos con la misma frecuencia que un conteo mínimo de apoyo predeterminado.

- Generar reglas de asociación fuertes partiendo de conjuntos de elementos frecuentes: por definición, estas reglas deben satisfacer un soporte y una confianza mínimos.

Se pueden aplicar medidas de interés adicionales para el descubrimiento de relaciones de correlación entre elementos asociados.

7.4.9. Clasificación para análisis predictivo

La clasificación consiste en la elaboración de un modelo capaz de describir y distinguir la clasificación de datos o conceptos. El modelo se construye partiendo del análisis de un juego de datos de entrenamiento (es decir, objetos de datos donde las clasificaciones son conocidas) y posteriormente es utilizado para pronosticar la clasificación de los objetos de interés para los cuales no se conoce.

El modelo derivado se puede representar en varias maneras, entre las cuales podemos mencionar reglas de clasificación (condicionales SI-ENTONCES), árboles de decisión, fórmulas matemáticas o redes neuronales.

7.4.10. Regresión para análisis predictivo

En contraste con los modelos de clasificación, que pronostican clases discretas, la regresión modela funciones de valor continuo. Usualmente se utiliza para pronosticar datos numéricos faltantes o no disponibles contrario a pronosticar su clasificación. El análisis de regresión es el método estadístico mayormente utilizado para el pronóstico de valores numéricos, aunque también existen otros métodos.

Es posible que la clasificación y la regresión deban ir precedidas de un análisis de relevancia, que intente identificar qué atributos son significativamente relevantes para el proceso de clasificación y regresión, para ser incluidos en el proceso y excluir aquellos que se consideren irrelevantes.

7.4.11. Análisis de conglomerados

El análisis por agrupación utiliza los objetos de datos sin tomar en cuenta su clasificación. En muchos casos, es posible que las etiquetas de clase simplemente no existan al principio del estudio. Sin embargo, es posible generar dichas etiquetas partiendo del método de agrupación por clústeres.

Para el análisis se agrupan los objetos de forma que, dentro de un grupo, todos sean similares entre sí, pero fuera del grupo sean muy diferentes a los otros.

Cada grupo así formado representara una clasificación de objetos que pueden derivar una serie de reglas. La técnica de análisis por agrupación además puede ayudar la generación de una taxonomía, es decir, la organización de observaciones en una jerarquía de clases que agrupan eventos similares.

7.4.12. Análisis de valores atípicos

Es una técnica en la que se evalúa un conjunto de datos con el objetivo de buscar objetos que no cumplan con el comportamiento normal o esperado en modelo de datos. Dichos objetos se consideran valores atípicos. Muchos métodos de minería de datos descartan los valores atípicos como ruido o excepciones. Sin embargo, en algunas aplicaciones (por ejemplo, detección de

fraudes), los eventos raros pueden ser más interesantes que los que ocurren con más frecuencia.

El análisis de datos de valores atípicos se conoce como análisis de valores atípicos o minería de anomalías. Los valores atípicos pueden detectarse mediante evaluaciones estadísticas a través de un modelo de probabilidad para los datos, o utilizando distancias predefinidas para los objetos que están alejados de cualquier otro grupo.

Además de las evaluaciones estadísticas o de distancia, existen otros métodos basados en la densidad que pueden identificar valores atípicos en una región local, aunque parecen normales desde una vista de distribución estadística global.

8. PROPUESTA DE INDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ÍNDICE DE TABLAS

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS
ORIENTADORAS

OBJETIVOS

RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Almacenamiento y manejo del grano

1.1.1 Características del grano

1.1.2 Sistemas de almacenamiento de grano

1.1.3 Silos de almacenamiento

1.1.4 Gestión de almacenamiento de grano

1.1.5 Manejo del grano

1.1.5.1 Tolvas de recepción de grano

1.1.5.2 Elevadores de cinta y cangilones

1.1.5.3 Transportadores de banda

1.1.5.4 Transportadores de cadena de arrastre

1.1.6 Automatización del sistema de almacenamiento

1.2 Mantenimiento industrial

1.2.1 Disponibilidad

- 1.2.2 Confiabilidad
- 1.2.3 Mantenibilidad
- 1.2.4 Interrelación CMD
- 1.3 Sistemas de control industrial
 - 1.3.1 Sistemas de control distribuído (DCS)
 - 1.3.2 Controladores lógicos programables (PLC)
 - 1.3.3 Uso de computadoras en controles industriales
 - 1.3.4 Sistemas SCADA
 - 1.3.5 Redes en la automatización de procesos
 - 1.3.5.4 Jerarquía de la comunicación en la automatización de plantas
- 1.4 Minería de datos
 - 1.4.1 Datos en bases de datos
 - 1.4.2 Almacenes de datos (Data Warehouse)
 - 1.4.3 Datos transaccionales
 - 1.4.4 Otros tipos de datos
 - 1.4.5 Caracterización de datos
 - 1.4.6 Discriminación de datos
 - 1.4.7 Patrones frecuentes
 - 1.4.8 Reglas de asociación
 - 1.4.9 Clasificaciónn para análisis predictivo
 - 1.4.10 Regresión para análisis predictivo
 - 1.4.11 Análisis de conglomerados
 - 1.4.12 Análisis de valores atípicos
- 2. EVALUACIÓN DE BASE TECNOLÓGICA
 - 2.1 Requerimientos de la instalación
 - 2.2 Evaluación de dispositivos
 - 2.3 Evaluación de redes

- 2.4 Evaluación de software

- 3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA ARQUITECTURA
 - 3.1 Modelado de arquitectura
 - 3.2 Implementación de arquitectura

- 4. APLICACIÓN DE MINERÍA DE DATOS
 - 4.1 Recopilación de datos
 - 4.2 Transformación de datos
 - 4.3 Análisis de información

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

ANEXOS

9. METODOLOGÍA

9.1. Características del estudio

El enfoque del estudio es mixto dado que se propone realizar un diseño de un modelo para minería de datos lo cual representa una investigación cualitativa y posterior a aplicar el modelo se realizará un de análisis de los datos recopilados usando el modelo.

El alcance del estudio es Descriptivo para la parte cualitativa y correlacional para la parte cuantitativa. En la parte cualitativa se describirá la selección de componentes software y hardware para el modelo y se aplicará de forma práctica. En la parte cuantitativa se analizarán los datos recolectados, se brindará una interpretación y se generarán métricas para beneficiar a la operación considerando variables como disponibilidad de la maquinaria, consumo de corrientes, eficiencias entre otros.

El diseño adoptado será no experimental dado que no se manipularán las variables; además será transeccional exploratorio dado que se realizará el análisis de las variables en un periodo de tiempo determinado generando variables a partir de los datos recolectados.

9.2. Unidades de análisis

La población en estudio será la maquinaria de control de silos en la planta de aprovisionamiento de grano, la cual se encuentra dividida en subpoblaciones llamadas islas, de la cual se extraerán muestras en tiempo real que serán

estudiadas en su totalidad. Las muestras estarán relacionadas a las fallas de la maquinaria y sus tiempos de corrección, variables de operación entre otros. En base a la recolección de los datos, se obtendrán métricas de disponibilidad, tiempo medio de fallas y otros indicadores clave que brindarán conocimiento acerca de la operación de la maquinaria.

9.3. Variables

Las variables que se utilizarán en el desarrollo de investigación se presentan a continuación.

Tabla I. Variables

Variable	Definición teórica	Definición operativa
Disponibilidad de maquinaria	Métrica que evalúa el rendimiento de elementos.	Campo calculado en % partiendo de los datos.
Tiempo de operación	Tiempo en el cual la maquinaria debe estar trabajando	Tiempo en minutos, horas, o días registrados por la maquinaria en operación normal.
Tiempo de falla	Tiempo en el cual la maquinaria no trabaja avería.	Tiempo en minutos, horas o días registrados por la maquinaria en estado de avería.
Velocidad de transportadores	Velocidad de los motores de elementos transportadores de materia prima.	Métrica en Revoluciones por minuto obtenida de los manejadores de motores.
Consumo de corriente	Corriente eléctrica consumida por los motores de los transportadores	Métrica en Amperios obtenida de los manejadores de motores.

Continuación tabla I

Variable	Definición teórica	Definición operativa
Recurrencia	Cantidad de ocurrencias de fallas registradas en el sistema.	Métrica de ocurrencia de fallas para el periodo de estudio.

Fuente: elaboración propia

9.4. Fases del estudio

Para cumplir los objetivos de la investigación primero debe partirse del estado actual de la planta de aprovisionamiento, revisando y analizando los sistemas existentes. Dado que existen muchos modelos conceptuales que podrían aplicarse, debe revisarse la literatura y justificar los modelos que se pretendan utilizar. Seguidamente se debe implementar el modelo de forma aplicada para poder iniciar a generar los datos que servirán de insumo.

9.4.1. Revisión de la literatura

Se recopilará toda la información requerida para el estudio del sitio, abarcando desde los sistemas de almacenamiento de trigo y sus componentes, la gestión del mantenimiento para las instalaciones, los sistemas de control automatizados y las técnicas que se utilizarán para la captura de datos.

9.4.2. Recolección de modelos existentes

Se recolectarán los modelos existentes para la minería de datos y se contrastará sus diferentes métodos de aplicación para evaluar cual se adapta mejor a la necesidad del sitio.

9.4.3. Análisis y comparativa de sistemas existentes

Se realizará el análisis de los componentes existentes en los sistemas de control del sitio, a manera de poder analizar y verificar la posibilidad de integración entre equipos hardware y software.

9.4.4. Diseño del nuevo modelo

En base a la arquitectura de los sistemas de control instalados y los diferentes modelos recopilados, se realizará la selección y adaptación para obtener un modelo resultante que brinde las capacidades necesarias para la minería de datos.

9.4.5. Implementación del modelo

Consistirá en la aplicación práctica de arquitecturas de redes, integración y programación de dispositivos, configuraciones de hardware y software que nos permitan un preprocesamiento de los datos que se van a recolectar.

9.4.6. Recopilación de datos

Se realizarán todas las operaciones, cálculos matemáticos y estadísticos que nos permitan obtener las métricas de mantenimiento y operación de la planta de almacenamiento, en base a los datos en el sistema, se generarán reportes y tableros que brinden la opción de análisis en tiempo real.

9.4.7. Análisis de datos

Se realizará un análisis de los datos obtenidos, realizando comparaciones entre las métricas de cada subsistema para generar conocimiento nuevo de la planta de almacenamiento.

9.4.8. Conclusiones

Se analizará el cumplimiento de los objetivos, se brindará recomendaciones y perspectivas respecto a trabajos futuros y de seguimiento.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Se utilizarán métodos estadísticos para verificar los resultados de los datos, así también técnicas de extracción de patrones utilizando minería de datos y métodos gráficos de visualización.

10.1. Recolección de los datos

Se recopilará los datos en una base de datos realizando insertados periódicos de datos de forma automática, utilizando secuencias de comandos de programación ejecutados desde de la computadora que aloja al SCADA.

Para cumplir con los requerimientos de análisis, cada registro debe contener una estampa de tiempo tanto para las fallas como para las variables del sistema

10.2. Preprocesamiento de los datos

Para obtener una imagen generalizada de los datos, previo a realizar la minería, se utilizarán técnicas de estadística básica, específicamente las medidas de tendencia central, las cuales ayudarán a resaltar valores de datos que pueden ser tratados como atípicos.

En concordancia, una vez se cuente con los conjuntos de datos, se procederá a utilizar funciones integradas en diferentes herramientas de software tales como R, Python o Excel para calcular la media, mediana y moda. También se utilizarán medidas de dispersión para identificar datos anormales.

10.3. Análisis de la información

Se utilizarán técnicas matemáticas y estadísticas para calcular indicadores de gestión clave (KPIs) de mantenimiento, utilizando software computacional como R, Python o Excel. Entre los indicadores clave que se buscarán presentar desde la herramienta podemos mencionar:

- Tiempo promedio entre fallas (MTBF)
- Tiempo promedio para la falla (MTFF)
- Tiempo promedio para reparación (MTTR)
- Disponibilidad (A)
- Porcentaje de horas paradas por emergencia (PMC)
- Rendimiento
- Utilización
- Productividad
- Confiabilidad

Adicionalmente, se utilizarán técnicas de minería de datos para encontrar patrones que puedan resultar útiles a los gerentes e interesados de la operación y mantenimiento de la planta. Algunas de las técnicas que se utilizarán.

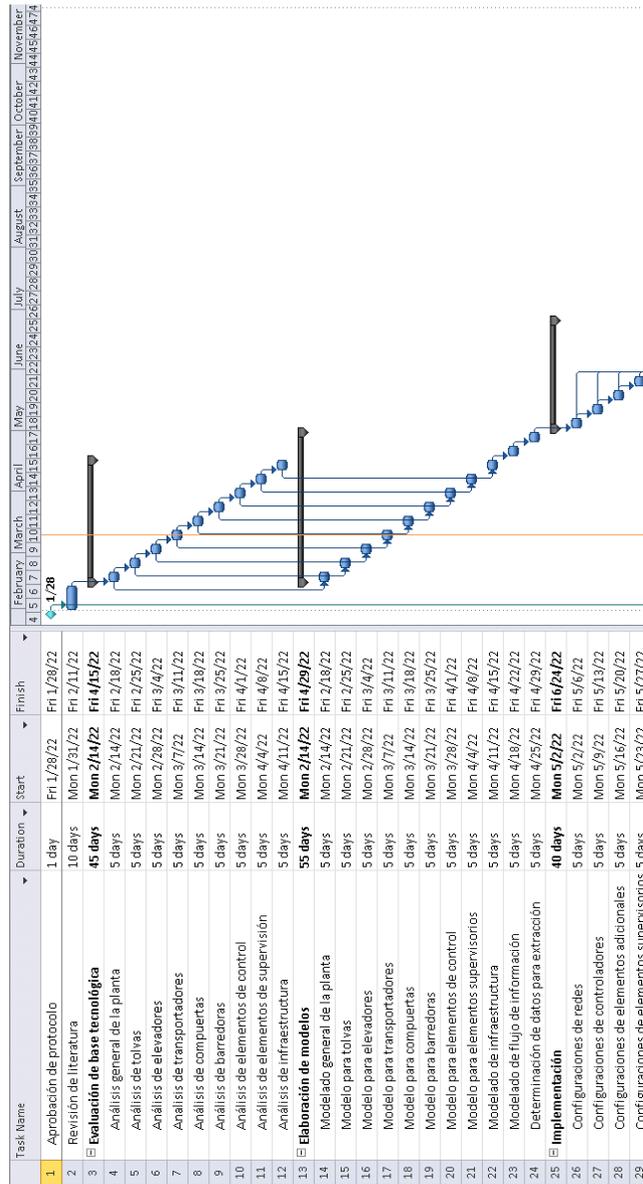
- Caracterizaciones y Discriminaciones
- Patrones frecuentes
- Clasificación y Regresión
- Análisis de conglomerados
- Análisis de datos sobresalientes

10.4. Presentación de la información

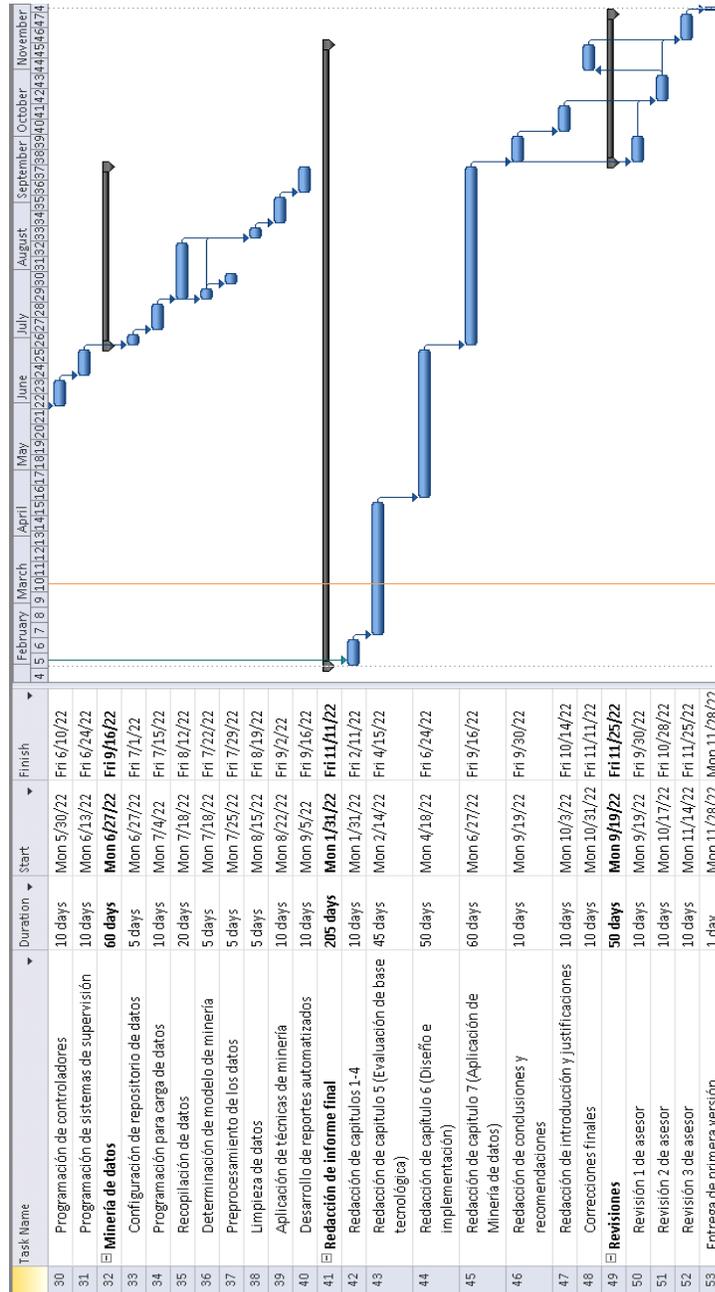
Para realizar la presentación de los datos, se utilizarán tablas y herramientas visuales que permitirán una mejor comprensión de los patrones y kpis. Además, se generará una herramienta de visualización web la cual contendrá reportes predefinidos que permitirá analizar de modo general el comportamiento histórico de las operaciones y mantenimientos de la planta.

11. CRONOGRAMA

Figura 4. Cronograma



Continuación figura 4



Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Project

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

12.1. Recursos Humanos

Dado que se pretende realizar una adaptación al sistema actual, se estará agregando equipo computacional que será administrado por el equipo de mantenimiento de la instalación. Sin embargo, para la elaboración del proyecto se abordará periódicamente a los interesados para tomar decisiones sobre la funcionalidad de la herramienta.

En ese contexto, se requerirá del apoyo parcial de 1 persona de mantenimiento para consultas durante la elaboración y administración posterior. Adicionalmente se requerirá 1 persona de operación para consultas durante la elaboración y posteriormente su uso. La empresa absorberá el costo de dichos recursos dado que ya se tienen contratados, y brindarán el apoyo parcial para según se requiera.

En cuanto al trabajo intelectual (diseño, programación, configuraciones) será una realización propia, por lo cual no se incurrirá en gastos por contratación del personal ejecutor.

12.2. Recursos financieros

Se consideran los viajes de transportes hacia la ubicación física de la planta, los cuales serán necesarios para realizar configuraciones en los equipos de cómputo y de control de la maquinaria. También para verificaciones físicas según

sea requerido. Se contempla que cada viaje de ida y vuelta tendrá un costo aproximado de GTQ. 100.

También se consideran los gastos de alimentación de dichos viajes, asumiendo el costo de GTQ. 50 por tiempo de alimentación. Adicionalmente se considera que para cada viaje se debe pagar una cuota de peaje a la autopista de Palin-Escuintla, el cual tiene un costo de GTQ. 15.25 por paso, el cual se utiliza 2 veces por cada viaje.

Se estima que para realizar configuraciones, verificaciones físicas, entrevistas y consultas se requiere de 10 visitas, las cuales serán consensuadas con la gerencia de la planta de almacenamiento, sin embargo, como planificación inicial es un gasto que se asumirá propio.

Tabla II. **Gastos logísticos**

Rubro	Costo
Gastos vehículo	Q 100.00
Gastos de peaje	Q 30.50
Gastos de alimentación	Q 50.00
Subtotal	Q 180.50
Total (10 viajes)	Q 1,805.00

Fuente: elaboración propia

12.3. Recursos tecnológicos

Se contempla que la mayoría de los dispositivos hardware y software en los cuales se implementará el proyecto, ya se poseen en la planta, dado que se utilizarán los mismos que se usan para control y operación de la maquinaria.

Sin embargo, es necesario un equipo computacional donde se aloje la base de datos y los reportes web, con el cual no se cuenta actualmente. Se buscará un realizar un consenso con la gerencia de la planta para obtener un equipo computacional con las características requeridas, las cuales se describen a continuación:

- 4GB RAM
- 500 GB Almacenamiento
- Procesador Dual Core 2.6 GHz

Software necesario:

- MySQL
- Apache
- R-Studio

12.4. Factibilidad económica

Las actividades con sus costos asociados se presentan a continuación:

Tabla III. **Actividades y costos**

Recurso	Costo Unitario	Costo Proyecto (10 meses)	Observaciones
Visitas a la instalación	Q 902.50	Q 902.50	Costo único, la planta absorbe el costo
Computadora para base de datos y presentación	Q 4,500.00	Q 4,500.00	Costo único, la planta absorbe el costo

Continuación tabla III.

Recurso	Costo Unitario	Costo Proyecto (10 meses)	Observaciones
Consumo de energía	Q 220.00 / mes	Q 2,640.00	Costo recurrente anual. Se considera un consumo medio de 250 W/h, con el equipo encendido 24/7. La planta absorbe el costo
Software	Q -	Q -	No se incurre en gasto por utilizar software libre
Personal ejecutor	Q 400.00 / día	Q 19,200.00	La planta absorbe el costo al incluir las tareas de verificación como parte las actividades normales
Total proyecto (+)		Q 27,242.50	
Costos asumidos por la planta (-)		Q 27,242.50	
Costo de inversión		Q -	

Fuente: elaboración propia.

Dado que todos los costos son asumidos por el negocio, se considera el trabajo intelectual a realizar como el mayor aporte propio en el diseño y ejecución del proyecto. En consecuencia, se concluye como factible la realización del proyecto en cuanto tiempo y recursos operativos, técnicos y económicos.

13. REFERENCIAS

1. Boyer S. (2004) SCADA: Supervisory, Control and Data Acquisition. Research Triangle Park: ISA.
2. Braganza G. (2016), Leveraging of Big Data from Manufacturing Facilities to Create New Business Insights. doi: 10.1142/9789813149311_0001
3. Bytniewski A., Matouk K., Chojnacka-Komorowska A., Hernes M., Zawadzki A. y Kozina A. (2020), *The Functionalities of Cognitive Technology in Management Control System*. doi: 10.1007/978-3-030-42058-1_19
4. Chicaiza F., García, A., Castellanos E., Sánchez C., Rosero C. y García M. (2018). Arquitectura Flexible Basada en ISA-88 para el Diseño del Diagrama de Control de Ejecución en Aplicaciones Distribuidas mediante IEC-61499. doi: 10.29019/enfoqueute.v9n1.186
5. Esteves I., Braga R., David J. y Stroele V. (2018), Anomalies Detection in records of IoT devices using data mining. Recuperado de https://sol.sbc.org.br/index.php/sbsi_estendido/article/download/15381/15224/
6. Garcia O. (2012) *Gestión Moderna del Mantenimiento Industrial*. Bogotá: Ediciones de la U, 2012.

7. Han H., Kamber M., Pei J. (2012) *Data Mining: Concepts and techniques*. Waltman: Morgan Kaufmann Publishers Inc.
8. IntegraMarkets Escuela de Gestión Empresarial. (2018). *Gestión y Planificación del mantenimiento industrial*. Grupo América Factorial S.A.C. ISBN 9781370710768.
9. Kodali R., John J. y Boppana L. (2020). *IoT Monitoring System for Grain Storage*. doi: 10.1109/CONECCT50063.2020.9198549
10. Mannani Z., Izadi I. y Ghadiri N. (2019), Preprocessing of Alarm Data for Data Mining. doi: 10.1021/acs.iecr.8b05955
11. McMillan G., Considine D. (1999) *Process/Industrial Instruments and Control Handbook*. United States of America: McGraw-Hill.
12. Oliff H. y Liu Y. (2017), Towards Industry 4.0 Utilizing Data-Mining Techniques: a Case Study on Quality Improvement, doi10.1016/j.procir.2017.03.311
13. Sen S. (2014) *Fieldbus and Networking in Process Automation*. Boca Raton: CRC Press.
14. Stefaniak P., Kruczek P., Śliwiński P., Gomolla N., Wyłomańska A. y Zimroz R. (2019), Bulk Material Volume Evaluation and Tracking in Belt Conveyor Network Based on Data from SCADA. doi: 10.1007/978-3-319-99220-4_27

15. Trishyn F. (2017), Automation of Traceability Process at Grain Terminal LLC “UKRTRANSAGRO”. doi: 10.15673/gpmf.v17i2.531
16. Trunzer E., Kirchen I., Folmer J., Koltun G. y Vogel-Heuser B. (2017), A Flexible Architecture for Data Mining from Heterogeneous Data Sources in Automated Production Systems. doi: 10.1109/ICIT.2017.7915517
17. Watts P., Davis R., Keane O., Luttrell M., Tucker R., Stafford R. y Janke S. (2016), Beef Cattle Feedlots: design and construction. Meat & Livestock Australia, North Sydney, NSW, Australia. Recuperado de <https://www.mla.com.au/globalassets/mla-corporate/research-and-development/documents/beef-cattle-feedlots---design-and-construction---web2.pdf>

