



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

**“INTEGRACIÓN DE CRITERIOS DE SELECCIÓN DE
MANTENIMIENTO PARA EQUIPOS
ELECTROMECÁNICOS.”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título
de Ingeniero Electromecánico

AUTORES:

Bryan Ariel Quingatuña Tapia
Jhoel Santiago Zapata Pantoja

TUTOR:

Ing. Héctor Luis Laurencio Alfonso; Dr. C.

Latacunga – Ecuador
2025

Latacunga, agosto del 2025

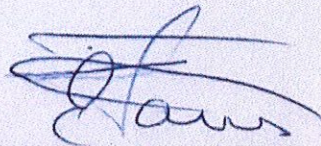
AVAL DE APROBACIÓN DE LECTORES

Cumpliendo con el Reglamento de Titulación de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en calidad de Lectores de Tribunal de la Propuesta Tecnológica con el Título "INTEGRACIÓN DE CRITERIOS DE SELECCIÓN DE MANTENIMIENTO PARA EQUIPOS ELECTROMECAÑICOS", propuesto por los estudiantes Quingatuña tapia Bryan Ariel con número de cédula N°0550091573 y Jhoel Santiago Zapata Pantoja con número de cédula N°1723940399 de la Carrera de Electromecánica, me permito indicar que los estudiantes han concluido todas las observaciones y realizado las correcciones señaladas por el Tribunal de Lectores, además de validar el funcionamiento de la propuesta, por lo cual presentamos el Aval de aprobación del Proyecto de Titulación correspondiente a la modalidad Propuesta Tecnológica en virtud de lo cual el o la postulante puede presentarse a la Defensa de su Proyecto de Titulación. Particular que pongo en su conocimiento para los fines legales pertinentes.

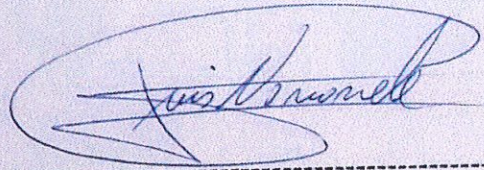
Atentamente,



Lector 1: (presidente)
Ing. Segundo Ángel Cevallos Betún. Ms.C.
C.C: 0501782437



Lector 2: Miembro
Ing. Torres Tamayo Enrique. PhD.
C.C: 1757121940

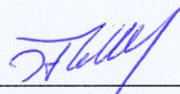


Lector 3: Miembro
Ing. Navarrete López Luis Miguel. Ms.C
C.C: 180354728

Latacunga, agosto 2025

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título: “Integración de criterios de selección de mantenimiento para equipos electromecánicos”, propuesto por el estudiante Jhoel Santiago Zapata Pantoja de la Carrera de Electromecánica, considero que dicho proyecto de titulación cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos al tribunal de lectores.

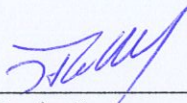


Ing. Héctor Luis Laurencio Alfonso; Dr. C
C.C. 1758367252
TUTOR

Latacunga, agosto 2025

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título: “Integración de criterios de selección de mantenimiento para equipos electromecánicos”, propuesto por el estudiante Bryan Ariel Quingatuña Tapia de la Carrera de Electromecánica, considero que dicho proyecto de titulación cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos al tribunal de lectores.



Ing. Héctor Luis Laurencio Alfonso; Dr. C
C.C. 1758367252
TUTOR

Latacunga, agosto del 2025

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo Jhoel Santiago Zapata Pantoja declaro ser autor del proyecto de titulación Integración de criterios de selección de mantenimiento para equipos electromecánicos, siendo el Ing. Héctor Luis Laurencio Alfonso tutor del presente trabajo de titulación; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo de titulación, son de mi exclusiva responsabilidad.



Jhoel Santiago Zapata Pantoja

1723940399

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, expreso mi más profundo agradecimiento a mis padres, por brindarme su protección y apoyo a lo largo de todo mi camino, ya que sin su respaldo nada de esto habría sido posible.

Extiendo también mi gratitud a la Universidad Técnica de Cotopaxi, por abrirme sus puertas y permitirme formarme en sus aulas, así como a todas las personas que contribuyeron de alguna manera en este proceso.

A nuestro tutor, Ph.D. Héctor Laurencio, le agradezco su generosidad al compartir con nosotros su experiencia científica y sus conocimientos, así como por su tiempo, paciencia, valiosos consejos y por permitirnos desarrollarnos en un entorno de confianza y libertad, esenciales tanto para la realización de este trabajo como para nuestro crecimiento profesional.

Bryan

DEDICATORIA

Dedico este trabajo con profundo cariño y gratitud a mi madre, Martha Tapia, cuyo amor incondicional, paciencia y fortaleza han sido mi mayor inspiración. Su ejemplo de entrega y perseverancia me ha guiado en cada paso, recordándome siempre que con esfuerzo todo es posible.

A mi padre, cuya confianza y apoyo silencioso han sido un pilar fundamental en mi vida. Sus enseñanzas, basadas en la honestidad y el compromiso, me han impulsado a no rendirme frente a las dificultades y a trabajar con dedicación por mis metas.

A mi hermana, por su compañía constante, sus palabras de ánimo y su forma única de recordarme que no estoy solo en este camino. Sus gestos de afecto han sido un refugio en los momentos más exigentes.

Finalmente, extiendo mi sincero agradecimiento al Ph.D. Héctor Laurencio, mi tutor, por su paciencia, orientación y confianza en mis capacidades. Su guía profesional y humana ha enriquecido no solo este trabajo, sino también mi crecimiento personal y académico.

A cada uno de ustedes, gracias por estar presentes en este recorrido. Este logro es también suyo, fruto del amor, la confianza y el apoyo que me han brindado.

AGRADECIMIENTO

Me siento profundamente agradecido por el amor, apoyo y confianza incondicional que he recibido de mi familia, a mi papi, Juan Zapata, por enseñarme el valor del esfuerzo, la disciplina y darme fuerzas cuando más lo necesitaba. a mi mami, Betty Magdalena, por su cariño infinito, sus consejos siempre acertados y por ser mi refugio en los momentos difíciles, A mi ñaña, Johanna Zapata, por ser mi compañera constante, motivarme a dar lo mejor de mí y compartir este camino con alegría y complicidad.

También quiero expresar mi sincera gratitud a mi tutor, el ingeniero Luis Laurencio, por su guía experta, por creer en mi potencial hasta convertirlo en resultados concretos.

Finalmente, agradezco a la Universidad Técnica de Cotopaxi por brindarme un entorno académico de calidad, oportunidades de crecimiento y la formación profesional necesaria para enfrentar nuevos desafíos, Este reconocimiento va dirigido a cada uno de ustedes, por ser pieza fundamental en este logro. ¡Muchas gracias por estar siempre a mi lado!

DEDICATORIA

Dedico este trabajo con profundo agradecimiento a mi familia: a mi papá, Juan Zapata, por enseñarme con su ejemplo el valor del compromiso y por apoyarme siempre; a mi mamá, Betty Magdalena, por su amor inquebrantable, su paciencia y sus consejos que fueron mi guía constante; y a mi ñaña, Johanna Zapata, por su compañía, ánimo y solidaridad en cada desafío académico y personal. También dedico este esfuerzo al ingeniero Luis Laurencio, mi tutor, cuya orientación experta, paciencia y exigencia me impulsaron a superarme y a fortalecer mis capacidades. Igualmente, agradezco a la Universidad Técnica de Cotopaxi, por brindarme una formación académica de calidad, herramientas y oportunidades para desarrollar este proyecto y crecer profesionalmente. Este logro no sería posible sin el respaldo de cada uno de ustedes, a quienes dedico sinceramente este trabajo.

Jhoel . Z

Índice

1	Información general	12
2	Introducción	15
2.1	Justificación	16
2.2	Objetivo	17
2.2.1	Objetivo General	17
2.2.2	Objetivo Especifico	17
2.2.3	Matriz de actividades operativas	17
2.3	Alcance del Proyecto	19
2.4	Limitaciones del Proyecto	19
3	Fundamentación teórica	20
3.1	Evolución del mantenimiento industrial.....	20
3.2	Concepto e importancia del mantenimiento industrial.....	23
3.3	Problemas de mantenimiento en la industria.....	23
3.4	Función estratégica del mantenimiento dentro del entorno industrial.....	23
3.5	Ventajas de mantenimiento industrial	24
3.6	Tipos de sistemas de mantenimiento	24
3.6.1	Mantenimiento Autónomo/Mantenimiento Productivo Total (MPT)	25
3.6.2	El sistema de mantenimiento predictivo o por diagnóstico.....	26
3.6.3	El sistema de mantenimiento correctivo o contra averías	26
3.6.4	El mantenimiento productivo total	27

3.6.5	El mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC).....	28
3.6.6	Mantenimiento basado en riesgo (MBR).....	28
3.6.7	Sistema alternativo de mantenimiento (SAM).....	29
3.6.8	Mantenimiento Predictivo o por Diagnóstico.....	29
3.6.9	Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP).....	29
3.6.10	Mantenimiento correctivo.....	30
3.7	Plataformas computacionales orientadas a la mejora de la eficiencia operativa.....	32
4	Métodos y procedimientos	33
4.1	Determinación del INGM.....	34
4.2	Evaluación de criterios para la selección de parámetros de criticidad	77
4.2.1	Criterios para determinar la frecuencia	78
4.2.2	Criterios para determinar el impacto de la falla	78
4.2.3	La obtención del valor de impacto de fallo se determina con la siguiente formula ..	82
4.2.4	Fórmula para la obtención de la criticidad	82
4.3	Determinación del tipo de mantenimiento.....	83
4.4	Definición del algoritmo y estructura de programación para el desarrollo funcional de la herramienta tecnológica.....	85
5	Resultado.....	87
5.1	Clasificación del tipo de mantenimiento para cada maquina en la cantera San Joaquín 2	87
5.2	Tipo de mantenimiento para la máquinas de la cantera de San Joaquin	87
5.3	Tolva dosificadora con greasley a nivel elemento.....	93
5.1	Tolva dosificadora sin greasley a nivel elemento.....	100
5.1	Transportador de banda a nivel elemento.....	108

5.2	Transportador de banda a nivel elemento.....	115
5.3	Trituradora 9026 con Doble Mandíbula a nivel elemento.....	121
5.1	Tabla 23 Trituradora 9026 con Doble Mandíbula a nivel elemento.....	121
5.2	Trituradora 9026 con Doble Mandíbula a nivel elemento.....	127
5.3	Validación de criterios con casos reales	132
5.4	Comparación de datos de la herramienta digital con los datos de la tesis estudiada.....	133
5.5	Tabla obtenida de la herramienta digital (Mytisis) sobre los parámetros del INGM.....	134
6	Conclusiones	135
7	Recomendaciones.....	135
8	Bibliografía	136
9	Anexos	139

Índice de las tablas

Tabla 1	Modalidad de Titulación:	14
Tabla 2	Área de Conocimiento.....	15
Tabla 3	Línea de investigación:.....	15
Tabla 4	Matriz de actividades operativas	17
Tabla 5	Mantenimiento.....	35
Tabla 6	Servicios de terceros	43
Tabla 7	Personal de mantenimiento.	46
Tabla 8	Gestión de piezas de repuesto.....	50
Tabla 9	Evaluación y control	57
Tabla 10	Infraestructura	62
Tabla 11	Seguridad.	68
Tabla 12	Medio Ambiente	71

Tabla 13 Aseguramiento de calidad	74
Tabla 14 Indicadores de valoración técnica	77
Tabla 15 Criterios para determinar la frecuencia	78
Tabla 16 Criterios para determinar el impacto de la falla	78
Tabla 17 Indicadores utilizados para contrastar los resultados	85
Tabla 18 Criterios para determina el tipo de mantenimiento	85
Tabla 19 Tipo de mantenimiento para la máquina de la cantera de San Joaquín.....	87
Tabla 20 Tolva dosificadora con greasley a nivel elemento	92
Tabla 21 Tolva dosificadora sin greasley a nivel elemento.....	100
Tabla 22 Transportador de banda a nivel elemento.....	115
Tabla 23 Trituradora 9026 con Doble Mandíbula a nivel elemento.....	121
Tabla 24 Trituradora 9026 con Doble Mandíbula a nivel elemento.....	127
Tabla 25 Tipo de mantenimiento la cantera San Joaquín 2	132
Tabla 26 Comparación de datos de la herramienta digital con los datos de la tesis estudiada....	133
Tabla 27 Análisis técnico del Informe de Gestión de Mantenimiento (INGM).....	134
Tabla 28 Tipo de mantenimiento prevista por la tesis de estudio	176

Índice de las imágenes

Imagen 1 Implementación del (SAM)	32
Imagen 2 Metodología del proceso de la propuesta tecnológica.....	34
Imagen 3 Parámetros para determinar la criticidad	83
Imagen 4 DFD de la programación de la herramienta Digital	86

Índice de las formulas

Ecuación 1 Formula para determinar el INGM	77
Ecuación 2 Formula del impacto de fallo.....	82
Ecuación 3 Formula de la Criticidad	82
Ecuación 4 Formula del mantenimiento predictivo.....	84
Ecuación 5 Formula de mantenimiento correctivo/predictivo	84
Ecuación 6 Formula de las perdidas	85
Ecuación 7 Formula de la falla	85

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADA

**TITULO: INTEGRACIÓN DE CRITERIOS DE SELECCIÓN DE
MANTENIMIENTO PARA EQUIPOS ELECTROMECAÑICOS**

Autor
Quingatuña Tapia Bryan Ariel
Zapata Pantoja Jhoel Santiago

RESUMEN

La necesidad de asegurar una producción diaria constante ha impulsado la supervisión continua del mantenimiento, permitiendo detectar fallas y reemplazar componentes de forma oportuna. Sin embargo, la ausencia de criterios técnicos objetivos para elegir entre mantenimiento preventivo, predictivo, correctivo o proactivo puede provocar averías graves, paradas completas del proceso y altos costos imprevistos derivados de intervención externa y ausencia de planificación.

La solución radica en un análisis de criticidad, que evalúa el riesgo de cada activo mediante criterios como la frecuencia de falla, la gravedad de sus consecuencias (en producción, seguridad, costos y ambiente) y la dificultad de detección. Este análisis puede usar métodos cuantitativos y cualitativos, empleando matrices ABC para clasificar equipos en categorías A, B y C, asignando priorización según su impacto. Una ecuación comúnmente utilizada es $\text{Criticidad} = \text{Frecuencia} \times \text{Consecuencia}$, ajustada mediante impacto operacional y criterios de seguridad/ambiente.

Los equipos con alta criticidad (categoría A) requieren mantenimiento preventivo y predictivo frecuente; los de criticidad media (B) se gestionan con mantenimiento preventivo planificado y correctivo, mientras que los de baja criticidad (C) se atienden con mantenimiento correctivo reactivo. El enfoque de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) integra el análisis de modos y efectos de falla, priorizando recursos en funciones importantes y empleando técnicas predictivas donde sea necesario.

Una herramienta digital apoyada en este modelo permite procesar datos en tiempo real y aplicar modelos matemáticos, como el Indicador de Nivel de Gestión del Mantenimiento (INGM), que ayuda a clasificar de forma objetiva el tipo de intervención requerido. La selección sistemática del tipo de mantenimiento garantiza continuidad operativa.

Finalmente, la aplicación práctica de este modelo permite validar conceptos teóricos mediante casos reales (por ejemplo, en la cantera San Joaquín

Palabras claves Criticidad, mantenimiento, frecuencia de fallas, herramienta digital

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

THEME: INTEGRACIÓN DE CRITERIOS DE SELECCIÓN DE MANTENIMIENTO PARA EQUIPOS ELECTROMECAÑICOS

Author:
Quingatuña Tapia Bryan Ariel
Zapata Pantoja Jhoel Santiago

ABSTRACT

The necessity of ensuring a consistent daily production has driven continuous monitoring of maintenance, enabling timely detection of failures and replacement of components. However, the lack of objective technical criteria for choosing between preventive, predictive, corrective or proactive maintenance can lead to major breakdowns, full process shutdowns, and unexpectedly high costs due to unplanned external interventions and lack of planning.

The solution lies in conducting a criticality analysis, which evaluates the risk of each asset using criteria such as failure frequency, severity of consequences (across production, safety, cost, and environmental impact), and the difficulty of detection. Such analysis can employ both quantitative and qualitative methods, often using ABC matrices to classify equipment into categories A, B, and C, assigning priority based on impact. A commonly used equation is: $\text{Criticality} = \text{Frequency} \times \text{Consequence}$, further adjusted by considering operational impact, safety, and environmental criteria .

Assets with high criticality (Category A) require frequent preventive and predictive maintenance; those with medium criticality (Category B) are managed through planned preventive maintenance and corrective maintenance; while those with low criticality (Category C) are handled with reactive corrective maintenance .

The Reliability-Centered Maintenance (RCM) approach integrates failure mode and effects analysis (FMEA), prioritizing resources for functionally important assets and applying predictive techniques when necessary. A digital tool aligned with this model enables real-time data processing and application of mathematical models—such as the Maintenance Management Level Indicator (INGM)—to objectively classify the type of required intervention. By systematically selecting maintenance types, operational continuity is ensured.

Finally, applying this model in practice validates theoretical concepts through real-world case

studies (for example, at the San Joaquín quarry).

Keywords: criticality, maintenance, failure frequency, digital tool

1 información general

Tema del proyecto: “Integración de criterios de selección de mantenimiento para equipos electromecánicos.”

Tabla 1 Modalidad de Titulación:

MODALIDAD DE TITULACIÓN	HOMOLOGACIONES PARA INFORME FINAL DE TITULACIÓN	SELECCIÓN
Propuesta tecnológica	Informe de propuesta tecnológica	X

Trabajo de Titulación Vinculado al Proyecto:

Equipo de Trabajo del Trabajo de Titulación:

Título: “Integración de criterios de selección de mantenimiento para equipos electromecánicos.”

Equipos de investigadores:

Quingatuña Tapia Bryan Ariel

Zapata Pantoja Jhoel Santiago

Tutor de Titulación

Ing. Héctor Luis Laurencio Alfonso; Dr. C.

Área de Conocimiento: Seleccionar el código de correspondiente UNESCO

Tabla 2 Área de Conocimiento

Área de conocimiento	Subárea conocimiento	Subárea específica conocimiento
Ingeniería, industria y construcción	Ingeniería y profesiones afines	Mecánica y profesiones afines a la metalistería

Tabla 3 Línea de investigación:

Carrera	Línea	SELECCIÓN
Ing. Electromecánica	Tecnología industrial, gestión de la producción, riesgos y seguridad laboral.	Diseño, construcción y mantenimiento de proyectos electromecánicos

2 Introducción

En la actualidad la presión para mantener una producción diaria Constante a llevado al área de mantenimiento a implementar una supervisión continua y un seguimiento riguroso de los sistemas de reparación esta práctica permite identificar y gestionar oportunamente las averías que pueden presentarse en la maquinaria, así como realiza la sustitución de piezas o equipos cuando sea necesario.

La falta de una adecuada selección de tipo de mantenimiento en las empresas puede resultar altamente perjudicial. Mucho de los fallos en los equipos se originan por la ausencia de criterios técnicos que definen si se debe aplicar un mantenimiento preventivo, correctivo, predictivo o proactivo, lo que impide anticiparse a los desperfectos y genera fallas en el sistema de producción, provocando incluso la paralización total del proceso operativo.

La detención del proceso conlleva múltiples implicaciones negativas. Entre ella se destaca la necesidad de contratar técnicos externos para atender emergencias lo cual genera gastos adicionales debido al carácter imprevisto de la intervención además se incurre en gastos asociados a la contratación de mano de obra especializada normalmente más costosa por tratarse

de servicios no planificados.

Otra consecuencia crítica derivada de una inadecuada selección del tipo de mantenimiento es el desgaste prematuro de la máquina. Esto ocurre por la omisión de tareas esenciales como la ubicación, limpieza, ajustes mecánicos y revisiones técnicas periódicos. Dichas omisiones reducen significativamente la vida útil de los equipos incrementan el riesgo de rupturas o deformaciones prematuras elevan el consumo energético y multiplica la probabilidad de fallos inesperados en conjunto estos factores aumentan de forma considerable los costos operativos superando ampliamente los que aplicarían un enfoque Mantenimiento apropiado para cada tipo de equipo.

2.1 Justificación

Determinar el tipo de mantenimiento apropiado es una estrategia clave para estructurar un programa de mantenimiento seguro que garantice la continuidad operacional, ya que proporciona confianza en la eficiencia y seguridad de los procesos dentro de la empresa. En la actualidad, muchas organizaciones con alto nivel económico están creando departamentos especializados en mantenimiento debido a la urgencia y relevancia que esta área representa. Aunque su implementación puede implicar una inversión adicional, dicha inversión se justifica por el incremento de la producción del sistema y la reducción de tiempos de inactividad no planificados. Asimismo, el desarrollo de herramientas digitales que optimizan el proceso de mantenimiento ha tomado gran protagonismo. Estas soluciones tecnológicas permiten mayor agilidad y eficacia en la toma de decisiones gracias a la estructuración y disponibilidad de información técnica en tiempo real. Dichas herramientas están diseñadas para facilitar la selección adecuada del tipo de mantenimiento requerido por cada máquina, basándose en criterios técnicos sólidos, incluyendo fórmulas matemáticas que permiten determinar tipos de mantenimientos de forma objetiva. Por otro lado, la determinación del servicio técnico adecuado muchas veces se basa únicamente en la experiencia del profesional encargado, sin un respaldo técnico-científico que lo justifique. Esta subjetividad puede derivar en decisiones imprecisas y generar imprevistos operativos. Por esta razón, se ha desarrollado esta herramienta digital, cuyo propósito es fundamentar la selección del tipo de mantenimiento en parámetros técnicos como el análisis de criticidad y el Indicador de Nivel de Gestión del Mantenimiento (INGM). Estos indicadores, calculados mediante ecuaciones específicas, permiten establecer de manera sistemática y objetiva el tipo de mantenimiento más adecuado para cada equipo.

2.2 Objetivo

La propuesta tecnológica se fundamenta en los siguientes objetivos:

2.2.1 Objetivo General

- Proyectar un modelo integral de criterios unificados, sustentado en fundamentación científica, que permita diagnosticar el mantenimiento de maquinarias electromecánicas mediante una herramienta digital auxiliar.

2.2.2 Objetivo Especifico

- Identificar los modelos matemáticos necesarios para el mantenimiento de las maquinarias electromecánica a partir de datos obtenidos de dicho artefacto
- Identificar y clasificar el tipo de mantenimiento más oportuno para los diferentes tipos de mecanismos presentes en la cantera san Joaquín, con la ayuda de una herramienta digital que nos permitan interpretar los indicadores como la criticidad y su vez nos permita predecir el tipo de mantenimiento
- Validar el software auxiliar mediante casos práctico la integración fundamental de conceptos teóricos aplicado con el propósito de alcanzar un objetivo operacional previamente definido

2.2.3 Matriz de actividades operativas

Objetivo	Actividad	Resultado de la actividad	Descripción de la actividad
Identificar los modelos matemáticos necesarios para el	Determinación de las variables operativas y funcionales que condicionen la selección de la estrategia	Levantamiento de parámetros técnicos	Adquisición de datos críticos del proceso

<p>mantenimiento de las maquinarias electromecánica a partir de datos obtenidos de dicho artefacto</p>	<p>Analizar las funciones matemáticas subyacentes empleadas en la estructuración de planes de mantenimiento</p>	<p>Obtención de los modelos matemáticos.</p>	<p>Cálculo de la criticidad y del indicador de nivel de gestión del mantenimiento (INGM)</p>
<p>Identificar y clasificar el tipo de mantenimiento más oportuno para los diferentes tipos de mecanismos presentes en la cantera san Joaquín, con la ayuda de una herramienta digital que nos permitan interpretar los indicadores como la criticidad y su vez nos permita predecir el tipo de mantenimiento</p>	<p>Implementación de un sistema computacional que facilite el análisis y clasificación de estrategias de mantenimiento</p>	<p>Desarrollo de la aplicación computacional en función de los parámetros definidos</p>	<p>Mediante el programa de visual estudio se creó el programa que determina el plan a seguir</p>
	<p>Clasificación técnica del tipo de mantenimiento requerida para cada unidad funcional</p>	<p>Definición del enfoque de mantenimiento correspondiente a cada unidad solicitada</p>	<p>Obtención de criterios que ayuden a determinar la mejor opción para el plan</p>

Validar mediante casos práctico la integración fundamental de conceptos teóricos aplicado con el propósito de alcanzar un objetivo operacional previamente definido	Contraste analítico entre la salida del sistema computacional y la documentación previamente elaborada	Se obtuvo una correlación consistente con los resultados de los informes previos	Levantamiento de reportes previamente elaborado sobre el área de estudio, a fin de realizar un análisis comparativo con la herramienta digital implementada
	Definición de parámetros técnicos que permitan validar y sustentar el plan propuesto	Determinación de parámetros clave que mejora la precisión del análisis de toma de decisiones	Revisión sistemática de referencias académicas relevantes que sustenten y amplíen el conocimiento sobre la temática de estudio

2.3 Alcance del Proyecto

El presente proyecto de tesis tiene como alcance principal la propuesta y validación de una metodología para la optimización de las decisiones de mantenimiento en los equipos del sistema alterno de la Cantera San Joaquín. Se busca trascender la mera identificación de problemas para ofrecer una solución práctica y basada en criterios técnicos y económicos que permita seleccionar el tipo de mantenimiento más adecuado para cada activo.

El foco estará en el análisis de datos de operación y fallas existentes, la formulación de un modelo matemático que cuantifique la efectividad de las distintas estrategias de mantenimiento y la demostración de su aplicabilidad a través de una herramienta software auxiliar.

2.4 Limitaciones del Proyecto

El presente proyecto estará sujeto a las siguientes limitaciones:

Alcance Geográfico y de Equipos: La investigación se circunscribirá exclusivamente a los equipos que forman parte del sistema alterno de mantenimiento de la Cantera San Joaquín, tal como se definen en la documentación interna de la empresa. No se incluirán equipos de otras

áreas o sistemas.

Enfoque en la Decisión de Mantenimiento: El énfasis del proyecto radica en la determinación del tipo de mantenimiento óptimo, no en la planificación detallada de tareas, la gestión de inventarios de repuestos, la programación del personal o la implementación física de los planes de mantenimiento.

Función del Software: El programa en Visual Studio es una herramienta auxiliar para la aplicación y demostración del modelo matemático, no un sistema integral de gestión de mantenimiento (CMMS) ni un software de simulación complejo. Su funcionalidad se limita a mostrar el resultado de las operaciones y la recomendación de un tipo de mantenimiento para un equipo seleccionado.

Disponibilidad de Datos: La validez de los resultados dependerá directamente de la disponibilidad de los datos históricos de fallas de la Cantera San Joaquín. En caso de datos incompletos o inconsistentes, se deberán realizar supuestos claros y justificados.

No Implementación Práctica Directa: El proyecto culmina con una propuesta metodológica y una herramienta de apoyo. La implementación práctica de las recomendaciones y la gestión del cambio organizacional quedan fuera del alcance directo de esta tesis.

3 Fundamentación teórica

3.1 Evolución del mantenimiento industrial

Se presenta primero una breve revisión del desarrollo histórico del mantenimiento para identificar su hilo conductor, reconocer sus componentes comunes y subrayar la urgencia de incorporar procesos basados en el conocimiento como elemento imprescindible y valioso en su gestión.

Un mantenimiento óptimo suele estructurarse en tres fases esenciales: inspección, conservación y reparación, cada una generadora de conocimientos que deben sistematizarse. Aunque estas fases son habituales en la operación diaria de una planta, su ejecución depende de la política de mantenimiento establecida por la dirección. Asimismo, llevarlas a cabo no garantiza que el mantenimiento sea eficiente, ni asegura que el conocimiento generado quede adecuadamente registrado [1].

Desde mediados de la década de 1920 en Estados Unidos se hizo evidente la necesidad de estructurar el mantenimiento con criterios científicos. Se empezó a considerar estratégico realizar intervenciones antes de que aparecieran fallas o desgaste, para prevenir interrupciones en la

producción. Así nació lo que hoy conocemos como mantenimiento preventivo [2].

En 1930 se crearon empresas de consultoría de mantenimiento para preservar las máquinas ya que muchas de estas presentaban problemas a lo largo de tiempo, en la segunda guerra mundial se comenzó hacer mantenimientos predictivos a los aviones, al momento de despegar el avión se realizaba una inspección inicial y se realizaba un análisis de fallas con el fin de garantizar la detección, análisis y corrección oportuna de la desviación o fallas

Entre 1939 y 1945, el mantenimiento preventivo se planificó de manera estructurada. En 1946 se fundó la American Society for Quality Control y Deming asumió un rol relevante en ella, impulsando el análisis estadístico del trabajo y mejoras sustanciales en la calidad industrial. A partir de 1950, tras las conferencias en Japón, su enfoque estadístico sobre la gestión de calidad fue adoptado ampliamente, marcando el inicio de una revolución industrial centrada en la excelencia operativa. [3].

En la década de los 60 se comenzó a realizar pruebas de fiabilidad a las técnicas de mantenimiento para poder prever los costos futuros de los fallos y también realizar el financiamiento del costo de mantenimiento, pero existen componentes que tiene comportamientos impredecibles lo que dificulta la gestión de la fiabilidad esto ocasiona que los modelos básicos evolucionen y den paso a nuevos sistemas de mantenimiento RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidades) nos permite analizar los fallos de manera más compleja porque analizan la causa y efecto a lo largo de ciclo de vida del equipo también se comenzó a usar el mantenimiento programado donde se realiza un mantenimiento anticipado y que organiza por medio de fechas esto se basa en su base de estadística histórica, en si explica las fallas previas que se han hecho y con este incidente se puede prever futuros fallos . En la década de los 70 comenzó a existir dos disciplinas la cual cada uno tenía su propia filosofía por parte de la escuela soviética se enfoca en los parámetros físicos esto quiere decir en la salud y envejecimientos de los elementos.

Investigadores como Artobolevski y Gorvachkin se destacan en el diseño de la maquina con un enfoque principal en la creación de un artefacto que cumpla con su funcionabilidad y también sea factible realizar un mantenimiento de forma más sencilla. Artemieb y Raiman se fundamentaba su análisis en recogimiento de datos en los fallos de los tractores con lo cual se hace una inspección sobre la repetitividad de los fallos en los elementos del tractor y así predecir futuros daños y planificar intervenciones preventivas y correctivas, Selivanov.

En 1972 propone la idea de la utilidad de la maquina es un parámetro que no solamente se basa en el mantenimiento de la maquina si no que incorpora su relevancia que tiene la maquina en el sistema de producción, hecho que impulso el mantenimiento planificado y proactivo lo que sento la base a planificaciones programadas y además la gestión del conocimiento y la participación del factor humano se guiaron por norma UNE-EN 13360.

Escuela occidental de mantenimiento se enfocó en los principios económicos que se basaban en la rentabilidad de la reparaciones y en la renovación de la maquinaria pues se basaba netamente en el coste de ciclo de vida con lo cual se podía realizar futuras predicciones con respecto a los activo, en los finales de los años 90 se toman en cuenta el financiamiento que representa el mantenimiento en las grandes empresas, la relación que hay en el costo de un esquema técnico de la conservación operativa se debe al grado de producción de la empresa es decir mayor grado de producción es directamente proporcional costo del activo.

Esto presenta una problemática para la organización ya que la implementación de una unidad de mantenimiento tiene como objetivo principal en la reducción de costos asociados a fallos operativos y averías en los equipos productivos, se realizó los estudios previos a las industrias aeronáuticos donde se ejecutó un análisis en la en la segmentación funcional de los equipos en sistemas y subsistemas hasta llegar a sus elementos más básicos, este modelo de trabajo pudo concluir que la ejecución de mantenimiento a niveles elementos específicos resulta más eficiente y rentable que intervenir el sistema completo ya que dichas unidades presentan repetividad fallas y de esta forma se puede presentar un plan focalizado en la optimización de recursos y la disminución de los costos, también se incluyó nuevos modelos para la verificación del estados de estos subsistemas en los cuales se puede monitorizar por medio de herramientas que permitan comunicar el predecible fallo y de esta manera prevenir futuros incidentes, el mantenimiento ha ido evolucionando con el transcurso de la creación de los nuevos equipos que aparecen en las industria.

Se han creado múltiples formas de mantenimiento y al seleccionar una de ellas se lo debe escoger para la necesidad de la empresa o simplemente se puede hacer una convergencia entre ellas para solucionar la el problema que se presenta, pero cada una tiene como finalidad de mantener un estado de fiabilidad el sistema que se haya implementado

3.2 Concepto e importancia del mantenimiento industrial

El mantenimiento es una disciplina de la ingeniería cuyo objetivo es optimizar los recursos de la empresa, garantizando máxima disponibilidad, alta confiabilidad y seguridad, bajo criterios económicos. Se ocupa de asegurar que los activos físicos de la organización se mantengan en condiciones operativas adecuadas. No obstante, el alcance de las funciones del departamento de mantenimiento varía según factores como el tamaño de la instalación, el tipo de negocio, las políticas internas y la experiencia previa del sector industrial. En función de esas condiciones, las tareas de mantenimiento se pueden categorizar en diferentes tipos o modalidades. [4]:

- Funciones primarias.
- Funciones secundarias.

3.3 Problemas de mantenimiento en la industria

En muchas pequeñas y medianas industrias, se considera erróneamente que los problemas de mantenimiento están resueltos con la sola presencia de personal artesanal. Esta visión ignora la importancia del sistema Equipo/Satisfactorio, priorizando únicamente la reparación de máquinas sin asegurar la calidad del producto final conforme a las exigencias del mercado. Además, se evidencia la ausencia de una planificación estratégica orientada a la preservación de los activos físicos, y las actividades de mantenimiento suelen ser improvisadas por el personal de producción, confundiendo estas acciones con un verdadero La tensión estructural entre los departamentos de Producción y Mantenimiento intensificada tanto en círculos docentes como industriales por una visión escasamente científica del mantenimiento sigue siendo uno de los grandes lastres de nuestra industria. Muchos profesionales que enseñan mantenimiento en escuelas técnicas y universidades no asumen que, a partir de mediados del siglo XX durante el lanzamiento del control estadístico de calidad en Japón a comienzos de los años cincuenta, impulsado por Deming (quien llegó a ser llamado por los japoneses “el padre de la Tercera Revolución Industrial”) emergió una nueva filosofía del mantenimiento en la cual la integración sistemática de estadísticas y gestión de calidad se convirtió en la clave para alcanzar niveles elevados de productividad y competitividad en la industria moderna [5].

3.4 Función estratégica del mantenimiento dentro del entorno industrial

El mantenimiento industrial engloba todas aquellas tareas orientadas a asegurar que la maquinaria y las instalaciones de un proceso productivo funcionen de manera correcta y alcancen su máximo rendimiento.

Su origen se remonta a los inicios de las primeras empresas, donde los trabajadores se encargaban tanto de operar las máquinas como de repararlas cuando se averiaban. Con la finalidad de incrementar las ganancias reduciendo la inversión, las empresas comenzaron a asignar roles especializados a su personal: unas personas se dedicaban exclusivamente a operar la maquinaria y otras a realizar las reparaciones pertinentes [6].

3.5 Ventajas de mantenimiento industrial

Una adecuada implementación del mantenimiento industrial aporta múltiples beneficios que impactan directamente en la eficiencia operativa y la rentabilidad de la empresa. Garantiza el cumplimiento de los plazos de entrega, lo que se traduce en una mayor satisfacción del cliente; reduce significativamente el riesgo de accidentes laborales derivados del deterioro de los equipos; evita daños severos o irreparables en la maquinaria, lo que ayuda a prolongar la vida útil de los activos. Además, permite una planificación presupuestaria más precisa, minimizando los gastos ocasionados por paradas no planeadas y evitando el sobrecoste de prácticas de reparación de emergencia. En conjunto, estas acciones minimizan la gravedad de los problemas no evitables, favoreciendo una respuesta más ágil y menos costosa ante imprevistos. [7].

A continuación, se presenta los ventajas que pueden tener las empresas

- Elaboración de productos de alta calidad y a bajo costo.
- Satisfacción de los clientes con respecto a la entrega del producto en el tiempo acordado.
- Reducción de los riesgos en accidentes de trabajo ocasionados por el mal estado de las máquinas o sus componentes.
- Disminución de costos provocados por paradas del
- proceso de producción cuando se presentan reparaciones imprevistas.
- Detección de fallas producidas por el desgaste de
- piezas permitiendo una adecuada programación en el cambio o reparación de las mismas.
- Evita los daños irreparables en las máquinas.
- Facilita la elaboración del presupuesto acorde con a las necesidades de la empresa [8] .

3.6 Tipos de sistemas de mantenimiento

Una de las funciones primordiales del mantenimiento técnico y reparaciones consiste en preservar la maquinaria en un estado funcional que le permita cumplir con sus tareas específicas y exigencias operativas, dentro de las condiciones establecidas y durante el tiempo previsto. Es fundamental enfocarse más en conservar el rendimiento y los resultados que produce la máquina,

antes que en sus características estructurales. Cuando una falla presenta riesgos significativos para la seguridad del personal o interrumpe de forma grave la producción, es esencial aplicar todas las medidas necesarias para evitarla. [9].

Mantenimiento Autónomo/Mantenimiento Productivo Total (MPT)

- Mejoramiento de la Confiabilidad Operacional (MCO)
- Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC/RCM)
- Mantenimiento Basado en el Riesgo (MBR)
- Mantenimiento Centrado en Confiabilidad en Reversa (MCC-R)
- Análisis Causa Raíz (ACR)
- Análisis de Criticidad (AC)
- Optimización Costo Riesgo (OCR)
- Inspección Basada en Riesgo (IBR)

3.6.1 Mantenimiento Autónomo/Mantenimiento Productivo Total (MPT)

La industria actual se adapta a las demandas cambiantes de los consumidores, lo que ha impulsado la adopción del Mantenimiento Productivo Total (MPT) como estrategia clave. Este enfoque se fundamenta en la colaboración entre operadores y equipos para elevar la productividad de las organizaciones. Se mide mediante la efectividad global del proceso, que considera la disponibilidad de la maquinaria, el desempeño del personal y la calidad del producto. En este sentido, se propone implementar un programa MPT en el área de mezclas especiales de una molinera, integrando las acciones en campo con el rol del departamento de mantenimiento. Esta metodología permite identificar que problemas como la obstrucción de tuberías de transporte y el desajuste del compensador en la empacadora tienen un impacto significativo en la efectividad global del proceso [10].

Su filosofía se basa en el plan que está dispuesto dicho equipo con respecto a su hora de uso y su tiempo de pare con lo cual se dispone a realizar un mantenimiento en su momento de inactividad y de esta manera garantizar su fiabilidad al momento de tener que hacerle un uso, su estructura del sistema se basa en un calendario que está dispuesto a abarcar los múltiples trabajos de mantenimiento en el cual se basan en revisiones rutinarias como el cambio y reparación de

piezas; todo ello bajo un plan previo con programación para ejecución y control, las intervenciones que se realizan son acciones programadas en las cuales comprenden una vigilancia exhaustiva y de manera global al sistema y a su vez detectar fallos que estén presentes en los equipos, para la detección de fallos se realiza un análisis previo de la magnitud que presenta la anomalía,

3.6.2 El sistema de mantenimiento predictivo o por diagnóstico

A comienzos de los años ochenta, la industria comenzó a aplicar el mantenimiento predictivo (o basado en condiciones), con el uso de los primeros equipos portátiles tipo “recolectores de datos” con memoria interna y conexión a las primeras computadoras personales. No fue sino hasta bien entrados los noventa que este enfoque empezó a tener un verdadero impacto en las operaciones industriales. En ese momento, los responsables comenzaron a comprender la utilidad de invertir en programas de mantenimiento predictivo. Hoy en día, muchas empresas aún no disponen de un programa completo en México, se estima que dos de cada tres aún no lo implementan [11] Se lleva a cabo un seguimiento continuo del equipamiento crítico para conocer su estado actual y su evolución en el tiempo, que es el objetivo central del monitoreo de condición. Este enfoque utiliza dos métodos esenciales:

- Monitoreo de tendencias: implica medir e interpretar de forma regular (o continua) los datos recogidos durante la operación de la máquina para detectar variaciones que puedan indicar deterioro y asegurar su funcionamiento económico y seguro.
- Verificación de condición: consiste en tomar una medición puntual con la máquina en funcionamiento, utilizando un indicador apropiado para evaluar su estado en ese momento

3.6.3 El sistema de mantenimiento correctivo o contra averías

También conocido como mantenimiento reactivo, este enfoque consiste en actuar después de que ocurra una falla sea detectada de forma total, parcial o mínima desencadenando la reparación necesaria. Como consecuencia, se impactan las horas productivas y los costos tienden a ser imprevisibles, ya que solo se interviene una vez que el equipo ya ha fallado[12].

El enfoque de este sistemas consta con el mantenimiento programada el cual se basa en una revisión rutinario o de línea, la no programadas se lo realiza cuando se presente un avería en el sistema, las averías representan un problema a las industria ya que si no se los trata puede ocasionar el fallo del sistema y a su vez ocasiona grande perdidas monetaria, se realiza un análisis sobre la causa de la avería y se trata de saber por qué lo acciona, intervenir en el síntoma como la

sustitución de una pieza no siempre es la solución ya que hay un intervención que hace que el elemento sea afectada.

La criticidad tiene la capacidad de determinar el valor que tiene cada elemento con relación de presentar un fallo, la clasificación de cada rango es determinada por el estado del elemento

- Alta: su intervención es inmediata, puede o presentar una gran amenaza al equipo
- Media: su intervención puede esperar un tiempo determinado, pero no al punto de ignorar
- Baja: presenta una falla, pero no repercute a mayor nivel con el equipo

Las averías son el producto de un fallo que presenta el equipo, el diagnóstico de una avería se puede producir por múltiples fallos entonces identificar la causa puede no ser suficiente para evitar su repetición, se requiere descubrir todas las causas posibles que generen esa anomalía para poder tener un resultado efectivo

3.6.4 El mantenimiento productivo total

El mantenimiento industrial se ha convertido en un elemento clave dentro de la operación productiva, pues asegura que los equipos y sistemas funciones de forma confiable y eficiente, reduciendo fallas provenientes de condiciones inadecuadas de funcionamiento. Esta estrategia no solo evita paradas imprevistas, sino que también optimiza los tiempos de producción y protege los ingresos de la organización, al minimizar costos operativos asociados a reparaciones reactivas. Por ello, resulta imprescindible instaurar una gestión de mantenimiento alineada con los procesos industriales, organizada en torno a la planificación anticipada y criterios técnicos que permitan mejorar la productividad, aumentar la continuidad operativa y maximizar el ciclo útil del equipo. [13]

Mucho más que un conjunto de técnicas, el TPM (Mantenimiento Productivo Total) es una filosofía y un estilo de gestión e, incluso, de vida en el entorno industrial. Constituye una forma sistemática de trabajar que optimiza todas las áreas de la empresa, tanto administrativas como operativas. Gracias a su enfoque integral, se obtienen resultados sobresalientes y sostenibles en el tiempo. Además, favorece la motivación del personal y proyecta una imagen de empresa sólida. Su implementación conduce a la producción de bienes y servicios de alta calidad, con costos mínimos y alto nivel de compromiso laboral.[14].

3.6.5 El mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC)

En los últimos años, el mantenimiento industrial ha incorporado valiosas contribuciones provenientes de la teoría de la confiabilidad y el análisis de datos. La industria aeronáutica ha sido pionera en la implementación de estas prácticas, desarrollando metodologías como el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), que se originaron en la aviación comercial de los Estados Unidos en colaboración con entidades como la NASA y Boeing. Estas metodologías han demostrado su eficacia en sectores como la generación de energía, la industria petroquímica y la manufactura, al mejorar la confiabilidad operativa y optimizar los procesos productivos.

Sin embargo, la aplicación de estas teorías en plantas industriales enfrenta desafíos debido a la diversidad de equipos instalados, las variaciones entre procesos y la falta de organismos reguladores que coordinen las prácticas de mantenimiento. Aunque los principios teóricos globales son valiosos, su implementación debe adaptarse a las particularidades de cada organización. En este contexto, es esencial establecer métodos que unifiquen criterios dentro de la empresa, basados en el conocimiento técnico de los activos y sus funciones, para lograr una gestión de mantenimiento eficiente y alineada con los objetivos operacionales [15].

3.6.6 Mantenimiento basado en riesgo (MBR)

Este mantenimiento se basa en un mapeo o la evaluación de riesgos industriales que nos permitan tener un enfoque sobre la causa del motivo que provoca el fallo en la máquina, su principal objetivo es la reducción de fallas que pueden ser perjudiciales al sistema de producción por lo tanto se enfocan en las zonas de mayor y medio riesgo donde se prioriza la ejecución intensiva de las labores de conservación operativa consecuentemente el nivel bajo de riesgo presenta un esfuerzo mínimo relacionado al mantenimiento provocando una disminución de costos asociados. El análisis de riesgos permite identificar los componentes que más influyen en el riesgo de la instalación, al punto de focalizar en ellos los esfuerzos de inspección, y definir el programa óptimo de inspección, (RCM, por sus siglas en inglés) es una filosofía de gestión que optimiza la confiabilidad operativa de sistemas en condiciones de trabajo definidas, priorizando los activos según su criticidad. Su enfoque se basa en comprender cómo los modos de falla de los activos afectan la seguridad, el medio ambiente y las operaciones. En lugar de centrarse únicamente en el rendimiento individual de cada máquina o equipo, el RCM pone énfasis en el funcionamiento global del sistema, reconociendo que la importancia de un equipo radica en la función que desempeña dentro del proceso productivo. La palabra clave en RCM es "confiabilidad",

entendida como la capacidad de un equipo para realizar su función de manera consistente y sin fallas. Evaluar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos permite planificar la producción de manera más efectiva y establecer planes de contingencia adecuados. [16].

3.6.7 Sistema alternativo de mantenimiento (SAM)

El Sistema de Administración del Mantenimiento (SAM) es un enfoque integral que organiza y controla las actividades de mantenimiento industrial. Combina diversos tipos de mantenimiento, como el Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP), el Mantenimiento Predictivo, el Mantenimiento Correctivo y el Mantenimiento de Línea, con el objetivo de optimizar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos. Este sistema establece procedimientos y herramientas que permiten gestionar eficazmente todas las actividades relacionadas con el cuidado de los equipos, contribuyendo al máximo aprovechamiento de la capacidad instalada y los recursos disponibles[17].

- Mantenimiento Predictivo o por Diagnóstico
- Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP).
- Mantenimiento Correctivo.
- Mantenimiento de Línea.

3.6.8 Mantenimiento Predictivo o por Diagnóstico

El mantenimiento predictivo busca anticipar fallas en equipos mediante herramientas de medición y análisis, permitiendo reemplazar componentes antes de que fallen. Esto reduce tiempos de inactividad, extiende la vida útil de los equipos y minimiza costos operativos. Sin embargo, requiere una inversión inicial significativa en tecnología y personal capacitado [18].

3.6.9 Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP).

El mantenimiento preventivo se basa en la idea de que los daños causados por fallas imprevistas en equipos o instalaciones son mucho más costosos que los ocasionados por paradas programadas y periódicas. Por ello, este tipo de mantenimiento se enfoca en realizar intervenciones planificadas para evitar averías inesperadas, aunque con un uso limitado de técnicas avanzadas de monitoreo y sin centrarse en predecir fallas futuras.

- Inventario y clasificación de activos: Listas detalladas de todos los activos mantenibles con información clave como marca, modelo, fecha de instalación y vida útil prevista.

- Inspeccionar periódicamente los activos: Programar inspecciones periódicas para garantizar que los equipos del edificio se mantienen en buen estado, mejorar la vida útil de los activos, reducir costes y prevenir problemas antes de que surjan.
- Inspeccionar periódicamente los activos: Programar inspecciones periódicas para garantizar que los equipos del edificio se mantienen en buen estado, mejorar la vida útil de los activos, reducir costes y prevenir problemas antes de que surjan.
- Planes de mantenimiento: Planes basados en el tiempo o en el uso para cada tipo de activo
- Procedimientos estándar: Instrucciones de mantenimiento y listas de comprobación claras
- Planificación de recursos: Asignación de trabajadores, materiales y equipos
- Seguimiento del rendimiento: Formas de medir la eficacia del mantenimiento [19].

3.6.10 Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo, también conocido como mantenimiento reactivo, se lleva a cabo cuando un equipo deja de funcionar debido a una falla inesperada. Su objetivo es restaurar su operatividad con la mayor rapidez posible, minimizando el impacto en la producción. Este tipo de mantenimiento implica reparar o reemplazar componentes dañados, generalmente sin planificación previa, lo que puede resultar en tiempos de inactividad no programados y costos adicionales. [20].

El mantenimiento correctivo en laboratorios se aplica cuando un equipo falla durante las prácticas supervisadas. Los encargados del laboratorio, junto con los prestadores de servicio social, deben identificar y reportar la anomalía. Dependiendo de la gravedad, se procede a reparar o reemplazar el componente afectado, siempre buscando minimizar el impacto en las actividades académicas y prácticas. Es fundamental seguir procedimientos establecidos para garantizar la seguridad y eficiencia en la resolución de fallas. [21].

3.6.10.1 Ventajas de aplicar el Sistema alterno de mantenimiento (SAM)

- La flexibilidad es la capacidad de adaptarse eficazmente a nuevas situaciones por ejemplo sustituir un medio básico en un subsistema de mantenimiento por otro que encaje en las condiciones necesarias para el sistema.
- Racionalidad es la capacidad de realizar las tareas con los recursos necesarios y un costo razonables de esta manera se garantiza la disminución de la utilización se recursos extras.
- Apertura es la capacidad de relacionarse con las distintas áreas que están presentes en la empresa tales como calidad, contabilidad, recursos humanos de esta manera se pueda

facilitar los procesos económicos que respalden la sustitución de equipos.

- piezas, facilitando así la implementación de mejoras o adaptaciones tecnológicas dentro del sistema de mantenimiento.
- Sinergia es la capacidad de comprometer a todos para la realización de los objetivos y en el alcance de las metas además apoya la estimulación de las ideas con el propósito de permitir la creativas y la innovación.
- Fiabilidad es la capacidad de un sistema o equipo que tiene la garantía de ser funcional incluso ante la presencia de averías o fallos y con el fin de no obstaculizar el proceso productivo.
- Mejora continua del sistema se puede lograr por la flexibilidad y la sinergia que presenta el sistema y lo hace un candidato altamente en mejora de los procesos de optimización además de conservar los patrones funcionales originales permite tener la capacidad evolucionar por su retroalimentación de datos por los análisis previos realizados.

3.6.10.2 Detección de fallos

La causa más probable para la detención de un fallo es entender que hubo un cambio en el equipo, lo cual indica una desviación en su funcionamiento normal y indica que hay la presencia de un defecto al mismo tiempo hay que comprender que un cambio específico en realidad es una falla específica, no es posible considerar que un fallo pueda dejar dos o más "huellas" diferentes. Siempre va estar presentes dos elementos en la detención de fallas una es el objeto (maquinas) y el otro es la falla los elementos deben ser analizados por una perspectiva de descripción como la ubicación, dimensiones su espacio esto a su vez facilita el análisis, para realizar una perfecta detección se debe realizar los siguientes pasos.

- Dar nombre a la falla.
- 2.Describir la falla (qué es lo que sucede y qué lo que no sucede).
- 3.Buscar las diferencias entre lo que sucede y lo que no sucede.
- 4.Buscar las modificaciones que se hayan suscitado.
- 5.Buscar las causas más probables.
- 6.Comprobar teóricamente las posibles causas.
- 7.Corroborar en la práctica la causa más probable

3.6.10.3 Procedimiento para la implementación del (SAM)

El procedimiento propuesto se basa en el método diseñado por [nombre del autor o institución], estructurado en nueve etapas distribuidas en cuatro fases. A continuación, se presenta el diagrama estructural que muestra la relación de cada etapa con su fase correspondiente.

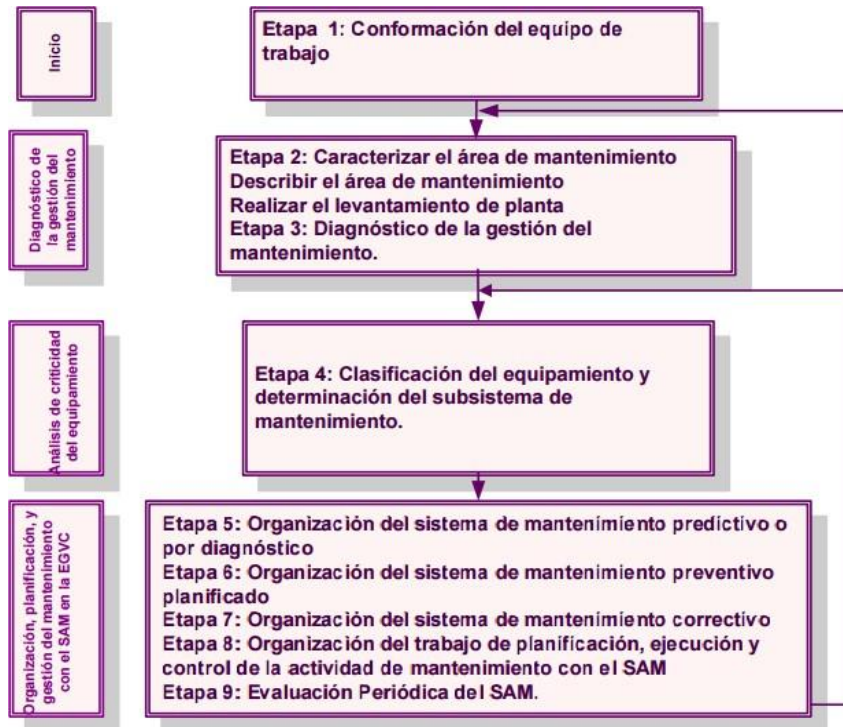


Imagen 1 Implementación del (SAM)

Fuente Con base en este procedimiento, se llevará a cabo la implementación del sistema alternativo de mantenimiento para los equipos de procesamiento minero en la cantera San Joaquín 2. [22]

3.7 Plataformas computacionales orientadas a la mejora de la eficiencia operativa

Las metodologías de desarrollo de software tradicionales se caracterizan por una planificación exhaustiva desde el inicio del proyecto, estableciendo de forma detallada los requerimientos y procesos. Este enfoque estructurado busca obtener un producto más predecible y eficiente, pero implica un alto tiempo de ejecución y costos debido a la gran cantidad de miembros en el equipo de trabajo. Además, estas metodologías suelen ser menos flexibles y no permiten adaptarse rápidamente a los cambios en los requisitos del proyecto [23].

En las empresas es muy importante tener un sistema de mantenimiento porque de esta manera

garantizamos la continuidad y la eficiencia del sistema el problema que presenta este plan es que muchas organizaciones siguen haciendo este análisis de manera manual lo que puede limitar el proceso y puede causar fallas imprevistas, viendo este problema se han implementado múltiples aplicaciones que son herramienta clave para realizar procedimiento como la optimización de recursos la disminución de los gastos operativos y a su vez incrementar la vida útil de las maquinas además puede almacenar datos relevantes que ayuden a generar informes, predecir fallos, dictaminar análisis de criticidad y riesgos futuros, hay entornos como visual estudio con programación C#, este entorno visual es fácil de manipular y es una opción muy confiable para desarrollar una herramienta virtual que facilite dicho proceso además posee una gran flexibilidad y adaptabilidad para la necesidad que requiera la empresa Cea Ordenadores, es una empresa con sede en la sierra madrileña, España; con más de 12 años dedicados a la fabricación de software.

4 Métodos y procedimientos

La explicación del DFD está relacionado al procedimiento de este apartado en el cual explica su funcionamiento en si describe que el usuario dispondrá de datos para la obtención del INGM que es indicador de evaluación de la gestión de mantenimiento, su segundo aspecto se refiere a la relación de la INGM y la criticidad con lo que explica que el resultado del INGM es para la determinación de que tan críticos pueden ser los equipos, la tercera parte se refiere al tipo de mantenimiento y el resultado del usuario que valido con el resultado de la criticidad y finalmente se explica la ayuda de la herramienta digital y el código que se realizó para determinar el tipo de mantenimiento.



Imagen 2 Metodología del proceso de la propuesta tecnológica

4.1 Determinación del INGM

En la sustentación del marco teórico se demostró la importancia de utilizar los sistemas de mantenimiento ya que nos permiten agilizar los procesos que se requieren en la empresa, para la metodología se realizó un análisis de la obtención de datos y se tomó parámetros que nos permitan reconocer el estado de los diferentes departamentos de la entidad.

Cada uno de los parámetros que se han obtenido se valorarán en una escala del 0 al 3

- Es 0 si el factor considerado en la pregunta está ausente
- Es 1 si el factor considerado en la pregunta está deficiente
- Es 2 si se alcanza, aunque aún puede mejorar.
- Es 3 si el factor es considerado optimo

Realización de la técnica de evaluación y aplicación del sistema alaterno de mantenimiento.

Las actividades enumeradas (4.1, 4.2, 4.3) corresponden a las siguientes funciones

4.1 = Sistema de información.

4.2 = Organización y planificación.

4.3 = Gestión del presupuesto

Tabla 4.1 Administración del mantenimiento

Funciones	No	Aspectos	Desfavorable 0	1	2	Favorable 3
	4.1.1	¿Sabe con exactitud cuál es el costo de pérdida de producción/servicio por falla?	No	Rara vez	A veces	Sí
	4.1.2	¿La documentación económica se encuentra correctamente ordenada y es accesible para la toma de decisiones, (para la confección de los planes de mantenimiento, costos de mantenimiento, consumo de materiales, piezas de repuesto y acciones de mantenimiento)?	No			Sí

4.1	4.1.3	¿Posee en cada área los catálogos e información técnica de todos los equipos (marca, modelo, país de procedencia, ciclos de mantenimiento, piezas importantes del equipo y su costo, función del equipo, puesta en marcha)?	Nunca, no les es útil	Rara vez	A veces	Sí, siempre, les es útil
	4.1.4	¿Posee registros históricos, de los mantenimientos, para cada equipo, tipo de operación, frecuencia, duración, y causas de las averías, intervalos de mantenimiento y duración, recursos materiales y humanos empleados?	No	Inadecuado	Sí, mejorable	Sí, Adecuado
	4.1.5	¿La información capturada en terreno es legible, útil y oportuna?	No	Legal pero poco útil	Es útil pero inoportuna	Sí

4.1	4.1.6	¿Tiene información precisa para llevar índices de control de eficiencia y eficacia?	No	Rara vez	En ocasiones	Sí
	4.1.7	¿Sabe exactamente el número de trabajos pendientes por período?	No	Rara vez	A veces	Sí
	4.1.8	¿Existe un software que arroje información suficiente y efectiva para la toma de decisiones en el área de mantenimiento?	No	Suficiente, pero inefectiva	Efectiva pero insuficiente	Sí
	4.1.9	¿El sistema aporta información fiable?	No	Preocupante	Mejorable	Sí
	4.2.1	¿Se implementa un Plan de Mantenimiento Programado?	No	Preocupante	Mejorable	Sí

4.2	4.2.2	¿Se encuentran definidos los objetivos del área de mantenimiento y están acorde con la política de la empresa?	No	Objetivos definidos, pero no acordes	Algunos objetivos no están acordes	Sí
	4.2.3	¿Tiene calculado el volumen de trabajos de mantenimiento que puede hacer?	No	Sí, pero no es válido	Mejorable	Sí
	4.2.4	¿Se utilizan adecuadamente las órdenes de Trabajo y se lleva el control de avance de las mismas?	No	Se utilizan, pero no se controlan	Se utilizan, pero se controlan	Sí
	4.2.5	¿El flujo de la orden de trabajo es adecuado?	No			Sí

4.2	4.2.6	¿Se recoge en la misma la duración de la intervención, si es preventiva o correctiva, fecha de inicio y terminación del trabajo realizado, equipo y departamento al que pertenece, materiales repuestos utilizados, personal que ejecuta el trabajo, incidencias y observaciones?	No	En alguna medida	En su mayoría	Sí
	4.2.7	¿Se conoce el tiempo requerido para hacer el diagnóstico de un fallo?	No			Sí
	4.2.8	¿Tiene cuantificado el tiempo que se demora en hacer efectivo el mantenimiento?	No			Sí
	4.2.9	¿Se mantiene un levantamiento de las reparaciones diarias?	No			Sí

	4.2.10	¿Existe compatibilidad de la toma de decisiones entre producción y mantenimiento?	No	Preocupante	Mejorable	Sí
	4.2.11	¿Se ha realizado un análisis de criticidad de los equipos?	Nunca	SÍ, pero inadecuado	Sí, pero hay que estudiarlo	Sí, y está bien hecho
	4.2.12	¿Qué porcentaje está cubierto por mantenimiento preventivo?	Menos 40	Entre 40 y 75	Entre 76 y 90	Menos de 90
	4.2.13	¿El organigrama de mantenimiento está actualizado y completo?	No existe	Desactualizado e incompleto	Actualizado e incompleto	Sí

4.2	4.2.1 4	¿Existe el plan de lubricación y de conservación actualizado por equipos?	No existe	Desactualizado	Actualizado	Sí
	4.2.1 5	El programa de mantenimiento preventivo incluye: listas de verificación para lubricación, con inspecciones detalladas, personal específico asignado y diagnóstico (si se realiza) de análisis de vibraciones, aceite y termografía	No	Establece muy pocos elementos	Establece casi todos los elementos	Sí
	4.3.1	¿Está definido un presupuesto anual para gastos de mantenimiento y obedece a un análisis de las necesidades?	No	Sí, pero no obedece las necesidades		Sí

4.3	4.3.2	¿El departamento de mantenimiento o la dirección a la cual se subordina participa en la previsión del presupuesto para mantenimiento?	No	Casi nunca.	En ocasiones	Sí, siempre
	4.3.3	¿El presupuesto para mantenimiento garantiza la adquisición de los recursos para la organización, planificación, ejecución y control del mantenimiento?	No	En alguna medida	En ocasiones	Sí

Fuente: [24], [22]

Se debe realiza una valoración de los resultados de la encuesta propuesta y se ejecuta la formula propuesta anteriormente con el fin de obtener el valor de del grado de la valoración

Realización de la técnica de evaluación y aplicación del sistema alaterno de mantenimiento

Las actividades enumeradas (4.2, 4.3, 4.4) corresponden a las siguientes funciones

4.2 = Selección y evaluación de proveedores.

4.3 = Administración de las relaciones.

4.4 = Selección de las actividades a tercerizar

Tabla 4.2 Servicios de terceros

Funciones	No	Aspectos	Desfavorable 0	1	2	Favorable 3
4.2	4.2.1	¿Tiene definido un procedimiento para la selección de proveedores de servicios de mantenimiento, y se lleva a cabo según los criterios de técnica y de competencia?	No			Sí
	4.2.2	¿Los procedimientos para la selección proveedores de mantenimiento están correctamente implementados?	No	Preocupante	Mejorable	Sí
	4.2.3	¿Se incluyen cláusulas de resultados en los contratos con empresas contratistas?	No	Rara vez	A veces	Sí

4.2	4.2.4	¿Se desarrollan garantías de calidad y colaboración con los contratistas?	No	Casi nunca	En ocasiones	Sí
	4.2.5	¿Se conoce la calificación del personal técnico que presta el servicio de tercerización?	No	En algunos casos	Casi siempre	Sí
	4.2.6	¿Se verifica el cumplimiento de la garantía?	No	Casi nunca	Habitualmente	Sí
	4.3.1	¿Se elaboran los documentos descriptivos de los trabajos y los pliegos de condiciones?	No	Rara vez	A veces	Sí
	4.3.2	¿Tiene un procedimiento establecido para evaluar y homologar los proveedores?	No	Sí, pero mal establecido	Sí, pero mejorable	Sí

4.3	4.3.3	¿Se dispone de un procedimiento que permita llevar a cabo una acción de seguimiento que incluya la reevaluación de los proveedores que no han actuado satisfactoriamente?	No	Preocupante	Mejorable	Sí
	4.3.4	¿Existe un presupuesto para la tercerización de mantenimiento en la empresa?	No			Sí
4.3	4.3.5	¿Se encuentra definido lo necesario para establecer el control de recepción de equipos intervenidos por el contratista?	No	Sí, pero mal definido	Sí, pero mejorable	Sí
	4.4.1	¿Se encuentra definida una política para la contratación de trabajos de mantenimiento, incluyendo sus metas y objetivos?	No	Sí, pero mal definido	Sí, mejorable	Sí

4.4	4.4.2	¿Sabe qué actividades es más rentable tercerizar que realizar con recursos propios?	No			Sí
	4.4.3	¿Resulta efectiva la política de contratación existente?	No	En algunos casos.	Casi siempre	Sí

Fuente: [24], [22]

Realización de la técnica de evaluación y aplicación del sistema alternativo de mantenimiento

Las actividades enumeradas (4.3, 4.4, 4.5) corresponden a las siguientes funciones

4.3 = Estructura y plantilla de personal.

4.4 = Calificación, plan de formación, evaluación.

4.5 = Motivación y participación

Tabla 4.3 Personal de mantenimiento.

Funciones	No	Aspectos	Desfavorable 0	1	2	Favorable 3
------------------	-----------	-----------------	-----------------------	----------	----------	--------------------

4.3	4.3.1	¿La plantilla de mantenimiento se encuentra definida y cubierta adecuadamente?	No			Sí
	4.3.2	¿Están claramente las responsabilidades y tareas del personal? ¿Se verifican periódicamente?	No	Si, pero no se verifican	Sí, se verifican inmediatamente	Sí
	4.3.3	¿El perfil del personal se corresponde con las necesidades existentes?	No			Sí
	4.3.4	¿Existen los procesos de comunicación adecuados dentro de la organización?	No	Existen, pero inadecuadas	Existen, pero son mejorables	Sí
	4.3.5	¿Qué porcentaje del personal de mantenimiento está ligado a un plan de incentivos basado en la producción?	Menos de 50	Entre 50 y 75 %	Entre 76 y 99 %	100
	4.4.1	¿Se poseen planes de actualización, capacitación y adiestramiento del personal de mantenimiento?	No			Sí

4.4	4.4.2	¿Considera que el nivel de capacitación es acorde a la tecnología del equipamiento?	No	Rara vez	A veces	Sí
4.4	4.4.3	¿Quién recibe la capacitación?	Especialistas de mantenimiento	Especialistas de mantenimiento y supervisores de línea	Especialistas de mantenimiento, supervisores y operarios	Especialistas de mantenimiento, supervisores, operarios y personal de mantenimiento
	4.4.4	¿Los operarios realizan tareas simples de mantenimiento?	No	Rara vez	A veces	Sí
	4.4.5	¿Tiene registros de los operarios que trabajan en los equipos?	No			Sí
	4.4.6	¿Están definidos los métodos y procedimientos para evaluar el desempeño del personal?	No	Sí, pero mal definidos	Sí, pero pueden mejorarse	Sí

	4.4.7	¿Se conoce con exactitud cuál es el costo de la mano de obra de mantenimiento?	No			Sí
	4.4.8	¿Los trabajadores reciben de manera periódica Formación en materia de gestión de mantenimiento?	No	Rara vez	A veces	Sí
4.5	4.5.1	¿La fluctuación del personal afecta la ejecución de los planes de trabajo?	Sí			No
	4.5.2	¿El personal se encuentra motivado a realizar su labor y desarrollar sus iniciativas?	No			Sí
	4.5.3	¿El criterio del personal de mantenimiento es tomado en cuenta para la toma de decisiones?	No	Rara vez	A veces	Sí
4.5	4.5.4	¿Existe buena comunicación entre el personal de producción y el de mantenimiento?	No	Preocupante	Mejorable	Sí

Fuente: [24], [22]

Realización de la técnica de evaluación y aplicación del sistema alaterno de mantenimiento

Las actividades enumeradas (4.4, 4.5,) corresponden a las siguientes funciones

4.4 = Gestión de Compras.

4.5 = Gestión de Inventarios.

Tabla 4.4 Gestión de piezas de repuesto

Funciones	No	Aspectos	Desfavorable 0	1	2	Favorable 3
4.4	4.4.1	¿Hay alguna persona designada particularmente para encargarse del seguimiento de los pedidos?	No			Sí
	4.4.2	¿Se opina que el plazo de emisión de un pedido es lo suficientemente corto?	Muy largo	Mayormente largo	Medianamente corto	Suficientemente corto

	4.4.3	¿Se conoce el tiempo de abastecimiento para cada grupo de repuestos?	No	En casi ningún grupo	En algunos grupos	Sí
	4.4.4	¿Está definido e implementado un sistema para la inspección y ensayo de las entradas de repuestos al almacén?	No	Se está definiendo	Está definido, pero aún no se ha implementado	Sí
	4.4.5	¿Se encuentran identificados y clasificados los proveedores de partes y repuestos?	No	Se están definiendo	Se encuentran identificados, pero aún no se han clasificado	Sí
	4.4.6	¿Un plan de acción para darle respuesta a solicitudes de repuestos de emergencia?	No	Sí, pero está mal definido	Sí, pero es mejorable	Sí

4.4	4.4.7	¿Existen indicadores para evaluar la eficacia del sistema de compras de piezas y repuestos?	No	Existen, pero inadecuados	Existen, pero son mejorables	Sí
	4.4.8	¿El sistema de compra de piezas y repuestos es ágil?	Demasiado lento	Lento	Sí, pero es mejorable	Sí
4.5	4.5.1	¿Las fichas de stock se encuentran en todo momento actualizadas (manualmente o informatizada)?	No están actualizada	Fichas mal actualizadas	Actualizadas de manera manual	Sí, y están informatizadas
	4.5.2	¿Se hace correctamente un seguimiento del consumo de repuestos para los distintos equipos?	No	Se hace, pero mal	Se hace, pero puede mejorar	Sí

	4.5.3	¿Se puede disponer con facilidad del valor y número de artículos en stock?	No	Rara vez	A veces	Sí
	4.5.4	¿Está bien definido el punto de pedido y las cantidades a reaprovisionar para cada artículo en stock?	No	Sí, pero está mal definido	Sí, pero es mejorable	Sí
	4.5.5	¿Existe una lista de repuestos mínimos a mantener en stock y se actualiza periódicamente?	No	Existe pero no es válida	Puede ser mejorada	Sí
	4.5.6	¿Con qué frecuencia las listas de nuevos pedidos son enviados a compras?	No se envían	Mensualmente	Cada 3 días	Diariamente

4.2	4.5.7	¿Todos los criterios para seleccionar el repuesto mínimo son coherentes?	No	Casi ningún criterio es coherente	Casi todos los criterios son coherentes	Sí
	4.5.8	¿Existe un sistema coherente y adecuado para realizar inventarios del material contenido en el almacén?	No	Existe, pero es inadecuado	Existe, pero es mejorable	Sí
	4.5.9	¿Puede definir el tamaño necesario del inventario para garantizar determinada disponibilidad del equipo?	No			Sí
	4.5.10	¿Se conoce la ubicación física de todo lo existente en el almacén?	No	En algunos casos	Casi siempre	Sí

4.2	4.5.11	¿Está definido e implementado un procedimiento para el procedimiento para el pronóstico de la demanda de piezas de repuesto?	No	Está, pero mal elaborado	Está, pero puede ser mejorado	Sí
	4.5.12	¿Es adecuado el estado físico de los almacenes y los medios unitarizadores?	No	Preocupante	Mejorable	Sí
	4.5.13	¿Se conoce con exactitud cuál es el costo de los repuestos de cada equipo?	No	Se conoce el costo de repuesto de algunos equipos	Se conoce el costo de repuesto de casi todos los equipos (Más del 80%)	Sí
	4.5.14	¿Existen y se aplican indicadores para evaluar la eficacia del almacén?	No	Sí existen, pero se aplican rara vez	Existen, pero se aplican solo a veces	Sí

4.2	4.5.1 5	¿El documento para el control de materiales y repuestos a utilizar establece: número de la Orden de trabajo, número de solicitud, material solicitado, cantidad, unidad de medida, código, precio (MN y/o USD), importe, área (entidad donde se utiliza), firma del que autoriza (nombre y apellidos) y firma del que recibe los materiales (nombre y firma)?	No	Establece muy pocos de estos parámetros	Establece casi todos estos parámetros	Sí
-----	------------	---	----	---	---------------------------------------	----

Fuente: [24], [22]

Realización de la técnica de evaluación y aplicación del sistema alaterno de mantenimiento

Las actividades enumeradas (4.5, 4.6, 4.7) corresponden a las siguientes funciones

4.5 = Organización de la evaluación.

4.6 = Empleo de indicadores.

4.7 = Auditoría y Toma de decisiones.

Tabla 4.5 Evaluación y control

Funciones	No	Aspectos	Desfavorable 0	1	2	Favorable 3
	4.5.1	¿Se han establecido procedimientos documentados para la realización de auditorías internas?	No	Sí, pero mal establecidos	Sí, pero se pueden mejorar	Sí
	4.5.2	¿Está definido como norma, la evaluación del mantenimiento y es respetada por los integrantes del área?	No	Sí, pero mal definido	Sí, pero se pueden mejorar	Sí

4.5	4.5.3	¿Se han identificado, para cada actividad de mantenimiento, los parámetros o características del servicio que han de controlarse?	No	Sí, pero mal identificado	Sí, pero se pueden mejorar	Sí
	4.5.4	¿Se dispone de registro de controles estadísticos adecuados para la demostración de la confiabilidad del servicio de mantenimiento?	No			Sí
4.5	4.5.5	¿Se cumple el programa de trabajos programados de mantenimiento?	No	Algunas veces	Casi siempre	Sí
	4.5.6	¿Se encuentran estipulados los tiempos estándares para el mantenimiento de equipos?	No			Sí

4.6	4.6.1	¿Se poseen parámetros confiables para realizar el control y evaluación de los servicios de mantenimiento?	No	Algunas veces	Casi siempre	Sí
	4.6.2	¿Están definidos y utilizándose un grupo de indicadores para realizar la evaluación y control del mantenimiento?	No			Sí
	4.6.3	¿Resultan adecuados los indicadores definidos para la evaluación y control del mantenimiento?	No			Sí
	4.6.4	¿Tiene cuantificado el tiempo de producción perdido por fallos?	No	Sí, pero mal cuantificado	Sí, pero se puede mejorar	Sí

	4.6.5	¿Se lleva un control estadístico de los gastos de mantenimiento por equipos?	No	Casi nunca	Habitualmente	Sí
	4.6.6	¿Se lleva un control del grado de avance de las órdenes de trabajo?	No	Algunas veces	Casi siempre	Sí
	4.7.1	¿Se compara el desempeño del mantenimiento con el de organizaciones similares para conocer cuán bien se marcha (Benchmarking)?	No	Casi nunca	Habitualmente	Sí
	4.7.2	¿Existe un sistema para investigar las causas de las no conformidades del servicio de mantenimiento?	No	Existe, pero es ineficiente	Existe, pero se puede mejorar	Sí
	4.7.3	¿Qué porcentaje de las inspecciones de mantenimiento preventivo son controladas para asegurar su cumplimiento?	Menos de 40	Entre 40 y 75	Entre 76 y 90	Más de 90

4.7	4.7.4	¿Qué porcentaje de las operaciones de mantenimiento son registradas por la computadora?	Menos de 41	Entre 40 y 76	Entre 76 y 91	Más de 91
	4.7.5	¿Qué porcentaje de las compras e inventarios de mantenimiento son controladas por medio de la computadora?	Menos de 42	Entre 40 y 77	Entre 76 y 92	Más de 92
	4.7.6	¿Se planifican acciones correctivas para deficiencias encontradas en las auditorías o evaluaciones internas, con plazos de consecución determinados?	No	Sí, pero mal planificadas	Sí, pero se puede mejorar la planificación	Sí
	4.7.7	¿Se toman medidas de seguimiento asegurar la eficacia de las acciones correctivas?	No	Casi nunca	Casi siempre	Sí

4.7	4.7.8	¿Los resultados del mantenimiento se analizan y se toman decisiones a partir del análisis efectuado?	No	Casi nunca	Habitualm ente	Sí
-----	-------	--	----	------------	----------------	----

Fuente: [24], [22]

Realización de la técnica de evaluación y aplicación del sistema alaterno de mantenimiento

Las actividades enumeradas (4.6, 4.7, 4.8) corresponden a las siguientes funciones

4.6 = Instalaciones.

4.7 = Equipamiento.

4.8 = Medios técnicos y herramientas.

Tabla 4.6 Infraestructura

Funciones	No	Aspectos	Desfavorable 0	1	2	Favorable 3
		¿Está determinada, proporcionada y	No			Sí

4.6	4.6.1	mantenida la infraestructura necesaria que permita alcanzar la conformidad con la prestación del servicio de mantenimiento?				
	4.6.2	¿Es suficiente el espacio disponible en el taller de mantenimiento para poder realizar todos los trabajos demandados?	No			Sí

	4.6.3	¿El taller de mantenimiento está bien ubicado respecto a los equipos a brindarle mantenimiento?	No			Sí
	4.6.4	¿Todos los equipos se encuentran colocados adecuadamente dentro del taller de mantenimiento y debidamente señalizados?	No	Casi ninguno	Casi todo	Sí
	4.6.5	¿El taller de mantenimiento está limpio y ordenado?	No	Casi nunca	Casi siempre	Sí

4.6	4.6.6	¿Las oficinas están limpias y ordenadas?	No	Preocupante	Mejorable	Sí
	4.6.7	¿Se cuenta con los medios adecuados en las oficinas (ordenadores, impresoras, teléfonos, etc.)?	No	Preocupante	Mejorable	Sí
	4.6.8	¿El taller cuenta con medios adecuados al tipo de trabajo que se realiza?	No	Carencias importantes	Faltan algunos	Sí
	4.7.1	¿Sabe el valor de adquisición y residual de cada uno de sus equipos?	De ninguno	De casi ninguno.	De casi todos	De todos
	4.7.2	¿Tiene un levantamiento de planta que describa e identifique a todos los equipos a mantener?	No	Describe a algunos equipos	Describe a casi todos los equipos	Sí

4.7	4.7.3	¿Tiene definida la tasa de depreciación de cada equipo?	No	Para algunos equipos	Para casi todos los equipos	Sí
	4.7.4	¿Se consulta al personal de mantenimiento y/o producción para la selección de nuevo equipamiento?	No	Casi nunca	Casi siempre	Sí
6.2	4.7.5	¿Se encuentra estipulada una política de reemplazo de equipos en la empresa?	No	Sí, pero está mal estipulada	Sí, pero es mejorable	Sí
	4.7.6	¿Los equipos están limpios y en buen estado técnico?	< 20%	Entre el 20 y 60%	Entre el 61 y 89%	Entre 90 y 100%
	4.8.1	¿Su organización tiene catalogadas las herramientas a utilizar en cada tarea?	No	Sí, pero mal catalogado		Sí

4.8	4.8.2	¿La instrumentación utilizada en el mantenimiento tiene una calibración certificada?	No			Sí
	4.8.3	¿Las herramientas existentes se corresponden con las que se necesitan?	No	Carencias importantes	Faltan algunas	Sí
	4.8.4	¿Se mantienen las herramientas?	Nunca	Casi nunca	Habitualmente	Siempre
	4.8.5	¿Está garantizada las suficientes las herramientas para realizar las labores de mantenimiento?	No	En alguna medida	En gran medida	Sí
	4.8.6	¿Existe un inventario considerable de las herramientas que se usan para el mantenimiento?	No	Mucha diferencia con lo que hay	Sí, pero no es completo	Sí y es correcto
	4.8.7	¿Los útiles y herramientas se encuentran cerca del taller de mantenimiento?	No	No tan cerca	Relativamente cerca	Sí

Fuente: [24], [22]

Realización de la técnica de evaluación y aplicación del sistema alaterno de mantenimiento

Las actividades enumeradas (4.7, 4.8, 4.9) corresponden a las siguientes funciones

4.7 = Formación periódica en seguridad.

4.8 = Control del Plan de Seguridad.

4.9 = Control de evaluación de riesgos.

Tabla 4.7 Seguridad.

Funciones	No	Aspectos	Desfavorable 0	1	2	Favorable 3
4.7	4.7.1	¿Los trabajadores reciben formación en seguridad?	No			Sí
	4.7.2	¿Esta formación es la adecuada?	No	Más o menos	En gran medida	Sí

4.8	4.8.1	¿Existe un plan de seguridad en la empresa?	No	Preocupante	Mejorable	Sí
	4.8.2	¿Este plan de seguridad se aplica correctamente?	Nunca	En ocasiones	Casi siempre	Siempre
	4.8.3	¿El plan resulta adecuado?	No	Poco adecuado	Mejorable	Sí
	4.8.4	¿Se realizan auto- inspecciones periódicas que verifiquen el cumplimiento de los planes de medida?	No			Sí
	4.9.1	¿Los talleres de mantenimiento se localizan en un lugar apropiado y sin posibles riesgos?	Lugar inapropiado y sin posibles riesgos	Lugar regular (necesarias mejoras mayores)	Lugar apropiado (posibles mejoras)	Lugar apropiado y sin riesgos
	4.9.2	¿Se ha efectuado la evaluación de riesgos al personal?	No	Sí, pero está mal hecha	Sí, pero es mejorable	Sí

4.9	4.9.3	¿Se cuenta con un programa de prevención de riesgos relacionados con la seguridad?	No			Sí
	4.9.4	¿Los trabajadores conocen los riesgos a los que están expuestos durante la jornada laboral?	No	En alguna medida	En gran medida	Sí
	4.9.5	¿La empresa cuenta con medios de protección individual?	Ninguna	Algunos	Varios	Todos
	4.9.6	¿Los trabajadores usan los medios de protección individual?	Nunca	A veces	No siempre	Siempre
	4.9.7	¿Se investigan las causas de accidentabilidad?	No			Sí
	4.9.8	¿Se conocen por parte de los trabajadores los planes de contingencia ante catástrofes?	No			Sí

4.9	4.9.9	¿Se lleva a cabo un programa de atención a la salud de los trabajadores?	No			Sí
-----	-------	--	----	--	--	----

Fuente: [24], [22]

Realización de la técnica de evaluación y aplicación del sistema alaterno de mantenimiento

Las actividades enumeradas (4.8, 4.9,) corresponden a las siguientes funciones

4.8 = Control del Plan Medioambiental.

4.9 = Formación periódica medioambiental.

Tabla 4.8 Medio Ambiente

Funciones	No	Aspectos	Desfavorable 0	1	2	Favorable 3
	4.8.1	¿Existe un plan medioambiental?	No	Sí, pero está mal hecho	Es mejorable	Sí, está bien hecho

	4.8.2	¿En este plan se analizan adecuadamente los aspectos medioambientales y su significación?	No	Sí, pero está mal hecho	Mejorable	Sí
	4.8.3	¿Este plan se lleva a cabo correctamente?	Nunca	A veces	Casi siempre	Siempre
	4.8.4	¿El personal actúa de acuerdo con el plan medioambiental?	Nunca	A veces	Casi siempre	Siempre
	4.8.5	¿El tratamiento aplicado a los desechos peligrosos es el adecuado?	No	A veces	Casi siempre	Sí

4.8	4.8.6	¿La entidad cumple con las medidas de seguridad de almacenamiento de productos químicos, peligrosos para el Medio Ambiente?	No	A veces	Casi siempre	Sí
	4.9.1	¿Existe formación periódica medioambiental?	No			Sí
4.9	4.9.2	¿Esta formación es la correcta?	No	Más o menos	En gran medida.	Sí
	4.9.3	¿Los trabajadores conocen los impactos que ocasionan en su puesto de trabajo?	No	Más o menos	En gran medida.	Sí

Fuente: [24], [22]

Realización de la técnica de evaluación y aplicación del sistema alternativo de mantenimiento

Las actividades enumeradas (4.9, 4.10, 4.11) corresponden a las siguientes funciones

4.9 = Normas del Proceso tecnológico.

4.10 = Normas de Inspección del Proceso.

4.11 = Código de prácticas de higiene.

Tabla 4.9 Aseguramiento de calidad

Funciones	No	Aspectos	Desfavorable 0	1	2	Favorable 3
4.9	4.9.1	¿Existe las Normas del Proceso Tecnológico, por etapas de los productos a elaborar y se revisan?	No	Sí, pero está mal hecho	Es mejorable	Sí, está bien hecho
	4.9.2	¿Se conocen y utilizan las normas de proceso tecnológico por la dirección y personal de mantenimiento?	No	Más o menos	En gran medida	Sí
	4.9.3	¿Existe aseguramiento petrológico y cumple con los parámetros de proceso?	Nunca	A veces	En gran medida	Siempre
	4.9.4	¿Existe capacitación del personal en este aspecto?	No			Sí

	4.9.5	¿La administración toma medidas necesarias cuando se violan los parámetros de las normas de los procesos?	No	A veces	En gran medida	Sí
4.10	4.10.1	¿Existe las normas de inspección del proceso y se cumplen de acuerdo al tiempo establecido por etapas?	No	Sí, pero está mal hecho	Es mejorable	Sí
4.10	4.10.2	¿Se conocen las normas de inspección del proceso y se inspecciona por ellas?	No	A veces	Casi siempre	Sí
	4.10.3	¿Se capacita el personal técnico y obrero para el cumplimiento de las etapas del proceso?	No			Sí
	4.10.4	¿La administración toma las medidas necesarias cuando se violan los parámetros de las normas de inspección?	No	A veces	En gran medida	Sí

4.11	4.11.1	¿Existe el código de prácticas de higiene?	No	Sí, pero está mal hecho	Mejorable	Sí
	4.11.2	¿Se conoce el código de prácticas de higiene y se practica por los operarios?	No	Más o menos	En gran medida	Sí
	4.11.3	¿Se capacita al personal técnico y obrero para el cumplimiento?	No			Sí
	4.11.4	¿Se conocen las reglas de manipulación de los procesos para lograr su inocuidad?	No	Más o menos	En gran medida	Sí
	4.11.5	¿La estructura interna y el equipamiento responden a las exigencias del proceso y son fáciles de limpiar?	No	En alguna medida	Casi siempre	Sí
	4.11.6	¿Se capacita al personal en materia de limpieza y desinfección?	No			Sí

Fuente: [24], [22]

Los aspectos con la valoración más baja serán analizados ya que presentan un problema en el sistema de mantenimiento con lo cual se enfocan todos sus esfuerzos en esta zona de bajo rendimiento, los resultados se establecen en función de los indicadores de nivel de gestión del mantenimiento (INGM) que son los que determinan el estado del sistema.

$$INGM = \frac{\sum_{i=1}^9 TA_i}{\sum Tp_{max}}$$

Ecuación 1 Formula para determinar el INGM

Donde

TA_i = es la puntuación máxima alcanzada en la determinación de los factores

Tp_{max} = es la puntuación máxima posible que se puede obtener en la determinación de los parámetros

El resultado obtenido de la evolución será comparado con el siguiente parámetro de la tabla en los cuales se determinará el estado de lo medido

Tabla 14 Indicadores de valoración técnica

Intervalos de INGM (%)	Evaluación de la gestión
$(95 \leq INGM \leq 100)$	Excelente
$(85 \leq INGM < 95)$	Bien
$(60 \leq INGM < 85)$	Aceptable
$(INGM < 60)$	Deficiente

Fuente [24]

4.2 Evaluación de criterios para la selección de parámetros de criticidad

La criticidad es un diagnóstico práctico que se toma en cuenta los niveles del estado del componente que se va a analizar, por ellos se valora una serie de datos que son cuantificados de manera que presenten un valor que sea representativo, los parámetros que se

tomaron en cuenta para la determinación de la criticidad son la TREF(Tiempo promedio entre fallas) lo cual determina el orden de la criticidad de los equipos con la relación del impacto que estas generan

4.2.1 Criterios para determinar la frecuencia

Tabla 15 Criterios para determinar la frecuencia

Categoría	Interpretación
5	Fallas críticas: Provocan paro total, daño al personal, al ambiente o alto costo.
4	En caso de no tener fallas críticas tomar en cuenta las fallas moderadas
3	Fallas moderadas: Detienen la máquina parcialmente o por corto tiempo
2	En caso de no tener fallas críticas ni fallas moderadas tomar en cuenta las fallas menores
1	Fallas menores: No afectan la operación o se corrigen rápidamente.

Los datos obtenidos en la tabla sirven para calcular la cantidad de fallos que pueden experimentar las maquinas en un determinado tiempo por lo tanto es un indicador que muy importante al momento de predecir la criticidad

4.2.2 Criterios para determinar el impacto de la falla

Tabla 16 Criterios para determinar el impacto de la falla

Categoría	Daño al personal
5	Muerte o incapacidad total permanente, daño severos o enfermedades en uno o más miembros de la empresa.

4	Incapacidad parcial, permanente, heridas severas o enfermedades en uno o más miembros de la empresa.
3	Daños o enfermedades severas de varias personas de la instalación. Requiere suspensión laboral.
2	El personal de la planta requiere tratamiento medico o primeros auxilios
1	Sim impacto en el personal de la planta
Categoría	Efecto en la población
5	Muerte o incapacidad total permanente, daños severos o enfermedades en uno o mas miembros de la comunidad.
4	Incapacidad parcial, permanente, daños o enfermedades en al menos un miembro de la población.
3	Puede resultar en la hospitalización de al menos tres personas.
2	Puede resultar en heridas o enfermedades que requieren tratamiento médicos o primeros auxilios.
1	Sin efecto en la población.
Categoría	Impacto ambiental
5	Daños irreversibles al ambiente y que violen regulaciones y leyes ambientales.
4	Daños irreversibles al ambiente pero que violen regulaciones y leyes ambientales
3	Daños ambientales regables sin violación de leyes y regulaciones, la restauración puede ser acumulada
2	Mínimo daños ambientales sin violaciones de leyes y regulaciones

1	Sin daños ambientales ni violación de leyes regulaciones
Categoría	Perdida de producción (USD)
5	Mayor de 1 MM
4	De 500 a 1 MM
3	De 100 mil a 500 mil
2	De 10 mil a 100 mil
1	Hasta 10 mil
Categoría	Daños a la instalación (USD)
5	Mayor de 1 MM
4	De 500 a 1MM
3	De 100 mil a 500 Mil
2	De 10 mil a 100 mil
1	Hasta 10 mil

Fuente (Hecha por los autores)

Información adicional para un mayor entendimiento de las preguntas

¿Qué es?: Evalúa el nivel de riesgo que la máquina representa para la seguridad del personal en caso de falla o uso incorrecto.

Tiempo promedio entre fallas, en años.

- Tome en cuenta solo las fallas críticas.
- Fallas críticas: Provocan paro total, daño al personal, al ambiente o alto costo.
- En caso de no tener fallas críticas tomar en cuenta las fallas moderadas.
- Fallas moderadas: Detienen la máquina parcialmente o por corto tiempo.

- En caso de no tener fallas críticas ni fallas moderadas tomar en cuenta las fallas menores
- Fallas menores: No afectan la operación o se corrigen rápidamente.

Efecto en la población.

Este criterio analiza si la operación o falla de la máquina puede tener consecuencias negativas para la población externa a la planta o instalación, como la comunidad vecina, peatones, usuarios de servicios públicos o incluso ecosistemas humanos cercanos.

Impacto ambiental.

¿Qué es?: Mide las consecuencias que una falla o uso incorrecto puede tener en el medio ambiente (suelo, aire, agua).

Pérdida de producción al año.

Este criterio mide el impacto que tiene la parada o falla de una máquina sobre la capacidad productiva de la empresa o del proceso al que pertenece.

Daños a la instalación.

Valora si una falla podría ocasionar daños a la infraestructura o a otros equipos cercanos.

Sin daño o daño despreciable: La falla no ocasiona ningún deterioro visible ni funcional en la infraestructura o equipos cercanos.

- Daño leve, localizado y fácilmente reparable: Afecta elementos secundarios (pisos, carcasas, soportes), sin comprometer estructura ni equipos mayores.
- Daño moderado, con interrupción parcial de funciones: Requiere intervención técnica y afecta ciertas áreas o equipos periféricos; puede causar tiempos muertos.
- Daño severo, con riesgo estructural o eléctrico: Impacta sistemas eléctricos, mecánicos o estructuras que requieren reemplazo o intervención mayor.
- Daño crítico o catastrófico: Compromete la seguridad de la instalación, implica evacuación, suspensión total o reconstrucción.

La criticidad es una medida del riesgo, calculada mediante la combinación directa de la frecuencia de falla (la probabilidad o frecuencia con que ocurre un evento de falla) y el impacto (o consecuencia) de esa falla. Es decir: Criticidad = Frecuencia de falla × Impacto [25]. En un enfoque semicuantitativo, ambos factores se categorizan (por ejemplo, Alto, Medio, Bajo) y luego se colocan en una matriz de criticidad que facilita la clasificación visual de riesgo según colores o rangos numéricos. Esto permite determinar rápidamente qué activos o modos de falla demandan más atención y priorizar acciones de mantenimiento de forma eficiente

4.2.3 La obtención del valor de impacto de fallo se determina con la siguiente formula

$$\text{Impacto de fallo} = DP + EP + IA + PP + DI$$

Ecuación 2 Formula del impacto de fallo

Donde

DP= Daños al personal

EP= Efecto en la población

IA= Impacto ambiental

PP=Perdidas de producción

DI= Daños a la instalación

La obtención del impacto de fallo es de suma importancia ya que con este dato se puede calcular la criticidad deseada

4.2.4 Fórmula para la obtención de la criticidad

$$Cr = F \cdot C$$

Ecuación 3 Formula de la Criticidad

Donde

Cr = Criticidad

F= Frecuencia de falla

C= Impacto de fallo

El resultado de la operación se compara con la matriz de la criticidad donde se equipará el resultado con los parámetros que determina la tabla, en lo cual los valores de 5 a 29 tienen el valor de criticidad baja consecuente el resultado de 30 a 49 da como una conclusión de criticidad media y finalmente los criterios de 50 a 125 corresponden a una criticidad alta

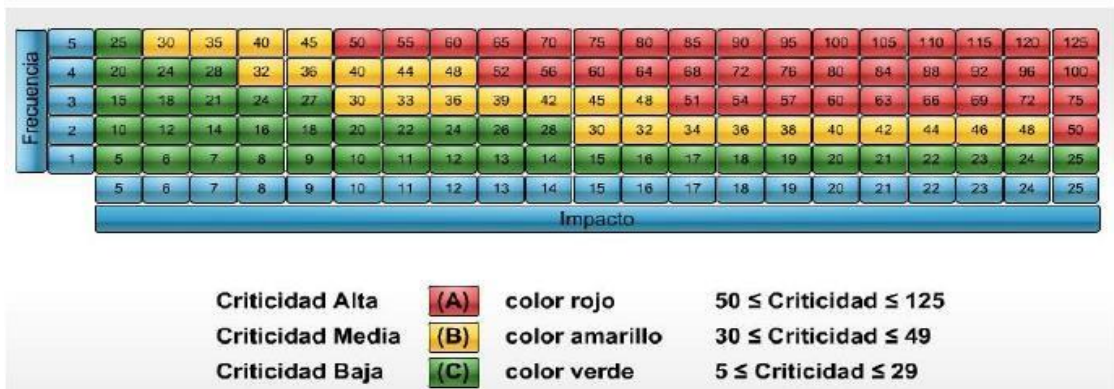


Imagen 3 Parámetros para determinar la criticidad

4.3 Determinación del tipo de mantenimiento

Los parámetros para determinar el tipo de mantenimiento son lo que se presenta a continuación en los cuales la herramienta presenta valores de 0 a 1 que constituyen los dos estados de las condiciones

- 1 cumple la condición
- 0 no cumple la condición

C1: Elevado costo de adquisición de la máquina.

C2: Alto costo por concepto de pérdidas de producción.

C3: No existencia de duplicado de la máquina.

C4: Posibilidad de efectuar un diagnóstico de la máquina con la instrumentación disponible.

C5: Posibilidad de efectuar mediciones de control de parámetros globales tales como: Niveles totales de vibración, temperatura, flujo.

C6: Elevado costo de mantenimiento de la máquina. Aquí se incluyen los gastos de materiales y de recursos humanos en un determinado período de tiempo.

C7: Elevadas pérdidas de vida útil debido al desarme. Se refiere a máquinas que por sus características técnico-constructivas sufren deterioro de su estado técnico con el desarme.

C8: Graves consecuencias económicas de una rotura para la máquina. Considera que el deterioro de una de sus partes, debido a un fallo, haría muy costosa su reparación.

Los coeficientes que cumplen con la condición descrita adoptan el valor de 1.

Los coeficientes que no cumplen la condición adoptan el valor de 0.

Posteriormente se determinan los siguientes coeficientes[26].

Información adicional para un mayor entendimiento de las preguntas

Elevado costo de adquisición de la máquina.

Marca 1: Si la máquina fue costosa o representa una inversión significativa para la empresa.

Ejemplo: equipos especializados, importados o con alta tecnología.

Marca 0: Si es una máquina económica o de fácil reposición.

Ejemplo: herramientas estándar de bajo costo.

En caso de no contar con información precisa sobre el impacto económico o estratégico de la máquina evaluada, se recomienda consultar con el responsable del área operativa o con el jefe

inmediato.

Alto costo por concepto de pérdidas de producción.

Marca 1: Si el paro de esta máquina afecta directamente a la producción o genera grandes pérdidas.

Ejemplo: si detiene toda la línea de producción.

Marca 0: Si puede detenerse sin afectar significativamente la producción.

Ejemplo: equipos auxiliares o de soporte.

No existencia de duplicado de la máquina.

Marca 1: Si no hay otro equipo igual o que reemplace sus funciones. No es posible reubicar la carga de trabajo a otro equipo o proceso alternativo.

Marca 0: Si existe una máquina de respaldo o redundante que pueda cumplir su función.

Posibilidad de efectuar un diagnóstico de la máquina con la instrumentación disponible.

Marca 1: Si se puede evaluar el estado de la máquina mediante sensores o herramientas (como termografía, ultrasonido, análisis de vibraciones, etc.).

Marca 0: Si no se dispone de instrumentos para monitorear su estado, o si su condición no puede diagnosticarse sin desmontarla.

Posibilidad de efectuar mediciones de control de parámetros globales tales como: niveles totales de vibración, temperatura, flujo.

Marca 1: Si se pueden medir variables como vibración, temperatura, presión, flujo, etc.

Marca 0: Si no se cuenta con sensores o no es posible acceder a esos parámetros.

Clasificación técnica que identifica el tipo de mantenimiento aplicable: correctivo, preventivo o predictivo

- Coeficiente de mantenimiento predictivo

$$C_{pred} = \frac{C_1 + C_2 + C_3 + C_6}{4}$$

Ecuación 4 Formula del mantenimiento predictivo

- Coeficiente de mantenimiento correctivo/predictivo

$$C_{corr/pred} = \frac{C_{perdidad} + C_{fallas}}{5}$$

Ecuación 5 Formula de mantenimiento correctivo/predictivo

Siendo

$$C_{perdidad} = C_1 + C_2 + C_3 \quad \text{Ecuación 6 Formula de las perdidas}$$

$$C_{fallas} = C_7 + C_8 \quad \text{Ecuación 7 Formula de la falla}$$

Tabla 17 Indicadores utilizados para contrastar los resultados

Valor de los coeficientes	Sistema de mantenimiento
$CCORR/PREV = 0$	Correctivo
$C_{PREL} \leq 0,25$ $C7 = 1$	Preventivo según índices de fiabilidad
$C_{PREL} > 0,5$ $C4 = 0$ $C5 = 1$	Preventivo con medición de parámetros y síntomas
$0,25 \leq C_{PREL} \leq 0,5$ $C4 = 1$ y/o $C5 = 1$	
$C_{PREL} \geq 0,5$ $C4 = 1$	Predictivo

Fuente [24]

La selección del tipo de mantenimiento se establece en función de la relación existente entre el nivel de criticidad del equipo y las estrategias de mantenimiento disponibles. Durante la aplicación del instrumento de evaluación, si los resultados no cumplen con los parámetros definidos en la tabla correspondiente, se considera el valor de criticidad como criterio determinante. Esto permite orientar la toma de decisiones hacia la modalidad de mantenimiento más adecuada, conforme a los riesgos operativos y a la importancia funcional del equipo.

Tabla 18 Criterios para determina el tipo de mantenimiento

Tipo de mantenimiento	Criticidad
Preventivo con Mediciones de parámetros síntomas	Alta
Preventivo con Mediciones de parámetros síntomas	Media
Preventivo según índices de fiabilidad	Baja

Fuente [24]

4.4 Definición del algoritmo y estructura de programación para el desarrollo funcional de la herramienta tecnológica.

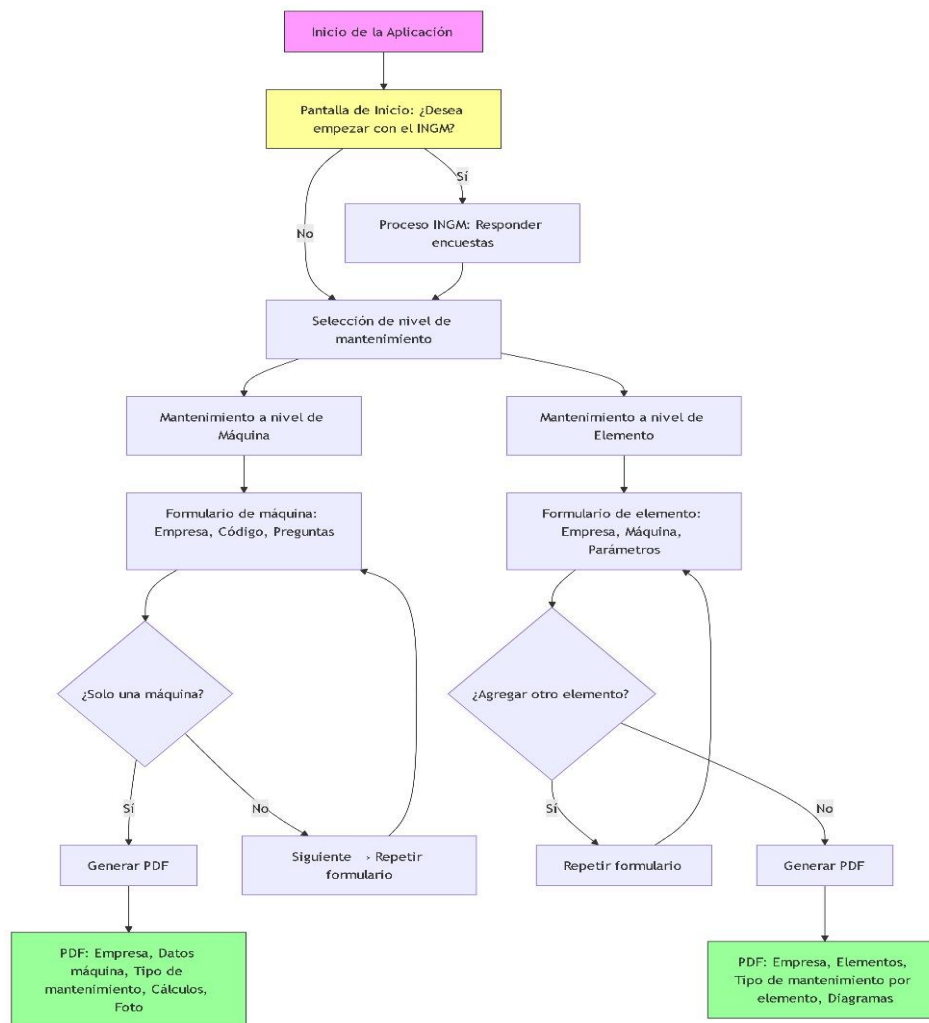


Imagen 4 DFD de la programación de la herramienta Digital


El diagrama de flujo para la administración del mantenimiento comienza con el reconocimiento del INGM, mediante encuestas que permiten evaluar los requerimientos de conservación y generar conclusiones que establecen las prioridades de acción. A partir de estos hallazgos, se realiza un vínculo con la criticidad, identificando qué equipos o componentes son esenciales para el funcionamiento general. Según esta evaluación, se determina el tipo de mantenimiento más adecuado, preventivo, correctivo o predictivo y la decisión se valida con información relevante y la retroalimentación del usuario. Finalmente, la herramienta digital genera automáticamente PDFs que incluyen la información sobre máquinas y componentes, los cálculos necesarios y las sugerencias pertinentes; el código integrado respalda todo el razonamiento lógico detrás de estas decisiones.


5 RESULTADO



5.1 Clasificación del tipo de mantenimiento para cada maquina en la cantera San Joaquín 2


En este apartado se presentan los niveles de criticidad individualizados para cada unidad de equipo, acompañados de una descripción detallada de los subcomponentes o subsistemas que contribuyeron a estimar el grado de criticidad


5.2 Tipo de mantenimiento para la máquinas de la cantera de San Joaquin

Identificación del equipo	Ilustración esquemática del sistema mecánico	Evaluación de Criticidad	Análisis de Mantenimiento
Tolva dosificadora con greasley		<p>Suma de Criterios: 25</p> <p>Nivel de Criticidad: Criticidad Baja</p> <p>Detalle de Criterios de Criticidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta) • Efecto de la población: 1 (Sin efectos en la población) • Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones) • Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil) 	<p>Valores C1-C8 (0 o 1): C1=1, C2=1, C3=1, C4=0, C5=1, C6=1, C7=0, C8=0</p> <p>Coeficiente Predictivo: 1,00</p> <p>Fallas: 0,00</p> <p>Pérdidas: 3,00</p> <p>Correctivo/Predictivo: 0,60</p> <p>Recomendación de Mantenimiento: Preventivo con medición de parámetros y síntomas</p>

		<ul style="list-style-type: none"> • Daños a la instalación: 1 (Hasta 10 mil) • Tiempo promedio entre fallas: 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.) 	
<p>Tolva dosificadora sin greasley</p>		<p>Suma de Criterios: 25</p> <p>Nivel de Criticidad: Criticidad Baja</p> <p>Detalle de Criterios de Criticidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta) • Efecto de la población: 1 (Sin efectos en la población) • Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones) • Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil) • Daños a la instalación: 1 (Hasta 10 mil) • Tiempo promedio entre fallas: 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.) 	<p>Valores C1-C8 (0 o 1): C1=1, C2=1, C3=1, C4=0, C5=1, C6=1, C7=0, C8=0</p> <p>Coefficiente Predictivo: 1,00</p> <p>Fallas: 0,00</p> <p>Pérdidas: 3,00</p> <p>Correctivo/Predictivo: 0,60</p> <p>Recomendación de Mantenimiento: Preventivo con medición de parámetros y síntomas</p>

<p>Transportador de banda</p>		<p>Evaluación de Criticidad</p> <p>Suma de Criterios: 25</p> <p>Nivel de Criticidad: Criticidad Baja</p> <p>Detalle de Criterios de Criticidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta) • Efecto de la población: 1 (Sin efectos en la población) • Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones) • Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil) • Daños a la instalación: 1 (Hasta 10 mil) • Tiempo promedio entre fallas: 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.) 	<p>Valores C1-C8 (0 o 1): C1=1, C2=1, C3=1, C4=0, C5=1, C6=1, C7=0, C8=0</p> <p>Coefficiente Predictivo: 1,00</p> <p>Fallas: 0,00</p> <p>Pérdidas: 3,00</p> <p>Correctivo/Predictivo: 0,60</p> <p>Recomendación de Mantenimiento: Preventivo con medición de parámetros y síntomas</p>
<p>Zaranda vibratoria</p>		<p>Suma de Criterios: 25</p> <p>Nivel de Criticidad: Criticidad Baja</p> <p>Detalle de Criterios de Criticidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta) 	<p>Valores C1-C8 (0 o 1): C1=1, C2=1, C3=0, C4=0, C5=1, C6=1, C7=1, C8=1</p> <p>Coefficiente Predictivo: 0,75</p> <p>Fallas: 2,00</p>

		<ul style="list-style-type: none"> • Efecto de la población: 1 (Sin efectos en la población) • Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones) • Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil) • Daños a la instalación: 1 (Hasta 10 mil) • - Tiempo promedio entre fallas: 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.) 	<p>Pérdidas: 3,00</p> <p>Correctivo/Predictivo: 1,00</p> <p>Recomendación de Mantenimiento: Preventivo con medición de parámetros y síntomas</p>
<p>Trituradora 9026 con Doble Mandíbula</p>		<p>Suma de Criterios: 25</p> <p>Nivel de Criticidad: Criticidad Baja</p> <p>Detalle de Criterios de Criticidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta) • Efecto de la población: 1 (Sin efectos en la población) • Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones) • Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil) • Daños a la instalación: 1 (Hasta 10 mil) • Tiempo promedio entre fallas: 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.) 	<p>Valores C1-C8 (0 o 1): C1=1, C2=1, C3=0, C4=0, C5=1, C6=1, C7=1, C8=1</p> <p>Coefficiente Predictivo: 0,75</p> <p>Fallas: 2,00</p> <p>Pérdidas: 3,00</p> <p>Correctivo/Predictivo: 1,00</p> <p>Recomendación de Mantenimiento: Preventivo con medición de parámetros y síntomas</p>

<p>Generador</p>		<p>Suma de Criterios: 25</p> <p>Nivel de Criticidad: Criticidad Baja</p> <p>Detalle de Criterios de Criticidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta) • Efecto de la población: 1 (Sin efectos en la población) • Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones) • Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil) • Daños a la instalación: 1 (Hasta 10 mil) • Tiempo promedio entre fallas: 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.) 	<p>Valores C1-C8 (0 o 1): C1=1, C2=1, C3=0, C4=0, C5=1, C6=1, C7=1, C8=1</p> <p>Coficiente Predictivo: 0,75</p> <p>Fallas: 2,00</p> <p>Pérdidas: 3,00</p> <p>Correctivo/Predictivo: 1,00</p> <p>Recomendación de Mantenimiento: Preventivo con medición de parámetros y síntomas</p>
-------------------------	---	--	--

Fuente(Hecha por los autores)

Con la información recopilada se puede establecer el tipo de mantenimiento correspondiente, conforme al método procedimental planteado, en el cual es posible aplicar las siguientes expresiones matemáticas para su análisis.

Coficiente de mantenimiento predictivo Tolva dosificadora con greasley

$$C_{pred} = \frac{C_1 + C_2 + C_3 + C_6}{4}$$

$$C_{pred} = \frac{1 + 1 + 1 + 1}{4}$$

$$C_{pred} = 1.00$$

Coefficiente de mantenimiento correctivo/predictivo

$$C_{corr/pred} = \frac{C_{perdidad} + C_{fallas}}{5}$$

$$C_{corr/pred} = \frac{3 + 0}{5}$$

$$C_{corr/pred} = 0.6$$

Siendo

$$C_{perdidad} = C_1 + C_2 + C_6$$

$$C_{perdidad} = 1 + 1 + 1$$

$$C_{perdidad} = 3$$

$$C_{fallas} = C_7 + C_8$$

$$C_{fallas} = 0 + 0$$

$$C_{fallas} = 0$$

La respuesta que se obtuvo se debe comparar con la tabla 17 y de esta manera se puede determinar el tipo de mantenimiento para la Tolva dosificadora con greasley en la cual nos dio un resultado de Mantenimiento: Preventivo con medición de parámetros y síntomas

Tabla 20 Tolva dosificadora con greasley a nivel elemento

5.3 Tolva dosificadora con greasley a nivel elemento

Tolva dosificadora con greasley		
Componente funcional del equipo	Evaluación de Criticidad	Análisis de Mantenimiento
Motor	<p>Suma de Criterios: 25</p> <p>Nivel de Criticidad: Criticidad Baja</p> <p>Detalle de Criterios de Criticidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta) • Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población) • Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones) • Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil) • Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil) • Tiempo promedio entre fallas: 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un a 	<p>Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=1, C3=1, C4=1, C5=1, C6=0, C7=1, C8=0</p> <p>Coefficiente Predictivo: 0,50</p> <p>Fallas: 1,00</p> <p>Pérdidas: 1,00</p> <p>Correctivo/Predictivo: 0,40</p> <p>Recomendación de Mantenimiento: Preventivo según índices de fiabilidad</p>

<p>Sist. Eléctrico (Relé, contactores, cables)</p>	<p>Suma de Criterios: 25</p> <p>Nivel de Criticidad: Criticidad Baja</p> <p>Detalle de Criterios de Criticidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta) • Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población) • Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones) • Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil) • Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil) • Tiempo promedio entre fallas: 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.) 	<p>Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=1, C3=1, C4=1, C5=0, C6=0, C7=1, C8=1</p> <p>Coefficiente Predictivo: 0,50</p> <p>Fallas: 2,00</p> <p>Pérdidas: 1,00</p> <p>Correctivo/Predictivo: 0,60</p> <p>Recomendación de Mantenimiento: Preventivo según índices de fiabilidad</p>
<p>Correa</p>	<p>Suma de Criterios: 25</p> <p>Nivel de Criticidad: Criticidad Baja</p> <p>Detalle de Criterios de Criticidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta) • Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población) • Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones) 	<p>Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=0, C3=0, C4=1, C5=0, C6=0, C7=0, C8=0</p> <p>Coefficiente Predictivo: 0,00</p> <p>Fallas: 0,00</p> <p>Pérdidas: 0,00</p> <p>Correctivo/Predictivo: 0,00</p> <p>Recomendación de Mantenimiento: Se recomienda mantenimiento correctivo</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil) • Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil) • Tiempo promedio entre fallas: 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.) 	
Polea	<p>Suma de Criterios: 25</p> <p>Nivel de Criticidad: Criticidad Baja</p> <p>Detalle de Criterios de Criticidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta) • Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población) • Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones) • Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil) • Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil) • Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.) 	<p>Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=0, C3=0, C4=1, C5=0, C6=0, C7=0, C8=0</p> <p>Coefficiente Predictivo: 0,00</p> <p>Fallas: 0,00</p> <p>Pérdidas: 0,00</p> <p>Correctivo/Predictivo: 0,00</p> <p>Recomendación de Mantenimiento: Se recomienda mantenimiento correctivo</p>
Caja de piñones reductores de revoluciones	<p>Suma de Criterios: 25</p> <p>Nivel de Criticidad: Criticidad Baja</p> <p>Detalle de Criterios de Criticidad:</p>	<p>Valores C1-C8 (0 o 1): C1=1, C2=1, C3=0, C4=0, C5=1, C6=1, C7=1, C8=1</p> <p>Coefficiente Predictivo: 0,75</p> <p>Fallas: 2,00</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta) • Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población) • Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones) • Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil) • Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil) • Tiempo promedio entre fallas: 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.) 	<p>Pérdidas: 3,00</p> <p>Correctivo/Predictivo: 1,00</p> <p>Recomendación de Mantenimiento: Preventivo con medición de parámetros y síntomas</p>
<p>Cardán con crucetas</p>	<p>Suma de Criterios: 25</p> <p>Nivel de Criticidad: Criticidad Baja</p> <p>Detalle de Criterios de Criticidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta) • Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población) • Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones) • Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil) • Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil) 	<p>Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=1, C3=0, C4=1, C5=1, C6=0, C7=1, C8=0</p> <p>Coefficiente Predictivo: 0,25</p> <p>Fallas: 1,00</p> <p>Pérdidas: 1,00</p> <p>Correctivo/Predictivo: 0,40</p> <p>Recomendación de Mantenimiento: Preventivo según índices de fiabilidad</p>

	<ul style="list-style-type: none"> Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.) 	
Resortes	<p>Suma de Criterios: 25</p> <p>Nivel de Criticidad: Criticidad Baja</p> <p>Detalle de Criterios de Criticidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta) Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población) Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones) Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil) Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil) <p>Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)</p>	<p>Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=0, C3=0, C4=1, C5=0, C6=0, C7=0, C8=0</p> <p>Coefficiente Predictivo: 0,00</p> <p>Fallas: 0,00</p> <p>Pérdidas: 0,00</p> <p>Correctivo/Predictivo: 0,00</p> <p>Recomendación de Mantenimiento: Se recomienda mantenimiento correctivo</p>
Estructura metálica	<p>Suma de Criterios: 25</p> <p>Nivel de Criticidad: Criticidad Baja</p> <p>Detalle de Criterios de Criticidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta) Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población) 	<p>Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=0, C3=0, C4=1, C5=0, C6=0, C7=0, C8=0</p> <p>Coefficiente Predictivo: 0,00</p> <p>Fallas: 0,00</p> <p>Pérdidas: 0,00</p> <p>Correctivo/Predictivo: 0,00</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones) • Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil) • Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil) <p>Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)</p>	<p>Recomendación de Mantenimiento: Se recomienda mantenimiento correctivo</p>
<p>Pernos de seguridad</p>	<p>Suma de Criterios: 25</p> <p>Nivel de Criticidad: Criticidad Baja</p> <p>Detalle de Criterios de Criticidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta) • Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población) • Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones) • Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil) • Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil) <p>Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)</p>	<p>Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=0, C3=0, C4=1, C5=0, C6=0, C7=0, C8=0</p> <p>Coefficiente Predictivo: 0,00</p> <p>Fallas: 0,00</p> <p>Pérdidas: 0,00</p> <p>Correctivo/Predictivo: 0,00</p> <p>Recomendación de Mantenimiento: Se recomienda mantenimiento correctivo</p>

Fuente(Hecha por los autores)

Con la información recopilada se puede establecer el tipo de mantenimiento correspondiente, conforme al método procedimental planteado, en el cual es posible aplicar las siguientes expresiones matemáticas para su análisis.

Coefficiente de mantenimiento predictivo del motor de la Tolva dosificadora con greasley

Véase la fórmula 4

$$C_{pred} = \frac{C_1 + C_2 + C_3 + C_6}{4}$$

$$C_{pred} = \frac{1 + 1 + 1 + 1}{4}$$

$$C_{pred} = 1.00$$

Coefficiente de mantenimiento correctivo/predictivo

Véase la fórmula 5

$$C_{corr/pred} = \frac{C_{perdidad} + C_{fallas}}{5}$$

$$C_{corr/pred} = \frac{3 + 0}{5}$$

$$C_{corr/pred} = 0.6$$

Siendo

Véase la fórmula 6

$$C_{perdidad} = C_1 + C_2 + C_6$$

$$C_{perdidad} = 1 + 1 + 1$$

$$C_{perdidad} = 3$$

Véase la fórmula 7

$$C_{fallas} = C_7 + C_8$$

$$C_{fallas} = 0 + 0$$

$$C_{\text{fallas}} = 0$$

La respuesta que se obtuvo se debe comparar con la tabla 17 y de esta manera se puede determinar el tipo de mantenimiento del motor de la Tolva dosificadora con greasley en la cual nos dio un resultado de mantenimiento Preventivo según índices de fiabilidad

5.1 Tolva dosificadora sin greasley a nivel elemento

Tolva dosificadora sin greasley		
Componente funcional del equipo	Evaluación de Criticidad	Análisis de Mantenimiento
Motor	<p>Suma de Criterios: 25</p> <p>Nivel de Criticidad: Criticidad Baja</p> <p>Detalle de Criterios de Criticidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta) • Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población) • Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones) • Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil) • Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil) 	<p>Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=1, C3=1, C4=1, C5=1, C6=0, C7=1, C8=0</p> <p>Coefficiente Predictivo: 0,50</p> <p>Fallas: 1,00</p> <p>Pérdidas: 1,00</p> <p>Correctivo/Predictivo: 0,40</p> <p>Recomendación de Mantenimiento: Preventivo según índices de fiabilidad</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.) 	
Sist. Eléctrico (Relé, contactores, cables)	<p>Suma de Criterios: 25</p> <p>Nivel de Criticidad: Criticidad Baja</p> <p>Detalle de Criterios de Criticidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta) • Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población) • Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones) • Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil) • Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil) • Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.) 	<p>Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=1, C3=1, C4=1, C5=0, C6=0, C7=1, C8=0</p> <p>Coefficiente Predictivo: 0,50</p> <p>Fallas: 1,00</p> <p>Pérdidas: 1,00</p> <p>Correctivo/Predictivo: 0,40</p> <p>Recomendación de Mantenimiento: Preventivo según índices de fiabilidad</p>
Correa	<p>Suma de Criterios: 25</p> <p>Nivel de Criticidad: Criticidad Baja</p> <p>Detalle de Criterios de Criticidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta) • Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población) 	<p>Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=0, C3=0, C4=1, C5=0, C6=0, C7=0, C8=0</p> <p>Coefficiente Predictivo: 0,00</p> <p>Fallas: 0,00</p> <p>Pérdidas: 0,00</p> <p>Correctivo/Predictivo: 0,00</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones) • Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil) • Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil) • Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.) 	<p>Recomendación de Mantenimiento: Se recomienda mantenimiento correctivo</p>
Polea	<p>Suma de Criterios: 25</p> <p>Nivel de Criticidad: Criticidad Baja</p> <p>Detalle de Criterios de Criticidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta) • Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población) • Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones) • Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil) • Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil) • Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.) 	<p>Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=0, C3=0, C4=1, C5=0, C6=0, C7=0, C8=0</p> <p>Coefficiente Predictivo: 0,00</p> <p>Fallas: 0,00</p> <p>Pérdidas: 0,00</p> <p>Correctivo/Predictivo: 0,00</p> <p>Recomendación de Mantenimiento: Se recomienda mantenimiento correctivo</p>

<p>Caja de piñones reductores de revoluciones</p>	<p>Suma de Criterios: 25</p> <p>Nivel de Criticidad: Criticidad Baja</p> <p>Detalle de Criterios de Criticidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta) • Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población) • Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones) • Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil) • Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil) • Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.) 	<p>Valores C1-C8 (0 o 1): C1=1, C2=1, C3=0, C4=0, C5=1, C6=1, C7=1, C8=1</p> <p>Coefficiente Predictivo: 0,75</p> <p>Fallas: 2,00</p> <p>Pérdidas: 3,00</p> <p>Correctivo/Predictivo: 1,00</p> <p>Recomendación de Mantenimiento: Preventivo con medición de parámetros y síntomas</p>
<p>Cardán con crucetas</p>	<p>Suma de Criterios: 25</p> <p>Nivel de Criticidad: Criticidad Baja</p> <p>Detalle de Criterios de Criticidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta) • Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población) • Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones) 	<p>Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=1, C3=0, C4=1, C5=1, C6=0, C7=1, C8=0</p> <p>Coefficiente Predictivo: 0,25</p> <p>Fallas: 1,00</p> <p>Pérdidas: 1,00</p> <p>Correctivo/Predictivo: 0,40</p> <p>Recomendación de Mantenimiento: Preventivo según índices de fiabilidad</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil) • Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil) <p>Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)</p> <p>Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)</p>	
Pesas	<p>Suma de Criterios: 25</p> <p>Nivel de Criticidad: Criticidad Baja</p> <p>Detalle de Criterios de Criticidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta) • Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población) • Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones) • Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil) • Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil) <p>Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)</p>	<p>Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=0, C3=0, C4=1, C5=0, C6=0, C7=0, C8=0</p> <p>Coefficiente Predictivo: 0,00</p> <p>Fallas: 0,00</p> <p>Pérdidas: 0,00</p> <p>Correctivo/Predictivo: 0,00</p> <p>Recomendación de Mantenimiento: Se recomienda mantenimiento correctivo</p>

<p>Resortes</p>	<p>Suma de Criterios: 25</p> <p>Nivel de Criticidad: Criticidad Baja</p> <p>Detalle de Criterios de Criticidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta) • Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población) • Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones) • Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil) • Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil) • Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.) 	<p>Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=0, C3=0, C4=1, C5=0, C6=0, C7=0, C8=0</p> <p>Coefficiente Predictivo: 0,00</p> <p>Fallas: 0,00</p> <p>Pérdidas: 0,00</p> <p>Correctivo/Predictivo: 0,00</p> <p>Recomendación de Mantenimiento: Se recomienda mantenimiento correctivo</p>
<p>Plancha de 1/2</p>	<p>Suma de Criterios: 25</p> <p>Nivel de Criticidad: Criticidad Baja</p> <p>Detalle de Criterios de Criticidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta) • Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población) 	<p>Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=0, C3=0, C4=1, C5=0, C6=0, C7=0, C8=0</p> <p>Coefficiente Predictivo: 0,00</p> <p>Fallas: 0,00</p> <p>Pérdidas: 0,00</p> <p>Correctivo/Predictivo: 0,00</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones) • Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil) • Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil) <p>Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)</p>	<p>Recomendación de Mantenimiento: Se recomienda mantenimiento correctivo</p>
Estructura metálica	<p>Suma de Criterios: 25</p> <p>Nivel de Criticidad: Criticidad Baja</p> <p>Detalle de Criterios de Criticidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta) • Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población) • Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones) • Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil) • Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil) <p>Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)</p>	<p>Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=0, C3=0, C4=1, C5=0, C6=0, C7=0, C8=0</p> <p>Coefficiente Predictivo: 0,00</p> <p>Fallas: 0,00</p> <p>Pérdidas: 0,00</p> <p>Correctivo/Predictivo: 0,00</p> <p>Recomendación de Mantenimiento: Se recomienda mantenimiento correctivo</p>

Fuente(Hecha por los autores)

Con la información recopilada se puede establecer el tipo de mantenimiento correspondiente, conforme al método procedimental planteado, en el cual es posible aplicar las siguientes expresiones matemáticas para su análisis.

Coefficiente de mantenimiento predictivo del motor de la Tolva dosificadora sin greasley

$$C_{pred} = \frac{C_1 + C_2 + C_3 + C_6}{4}$$

Véase la fórmula 4

$$C_{pred} = \frac{0 + 1 + 1 + 0}{4}$$

$$C_{pred} = 0.5$$

Coefficiente de mantenimiento correctivo/predictivo

$$C_{corr/pred} = \frac{C_{perdidad} + C_{fallas}}{5}$$

Véase la fórmula 5

$$C_{corr/pred} = \frac{1 + 1}{5}$$

$$C_{corr/pred} = 0.4$$

Siendo

Véase la fórmula 6

$$C_{perdidad} = C_1 + C_2 + C_6$$

$$C_{perdidad} = 0 + 1 + 0$$

$$C_{perdidad} = 1$$

Véase la fórmula 7

$$C_{fallas} = C_7 + C_8$$

$$C_{fallas} = 1 + 0$$

$$C_{fallas} = 1$$

La respuesta que se obtuvo se debe comparar con la tabla 17 y de esta manera se puede determinar el tipo de mantenimiento para la Tolva dosificadora con greasley en la cual nos dio un resultado de Mantenimiento: Preventivo con medición de parámetros y síntoma

5.1 Transportador de banda a nivel elemento

Transportador de banda		
Componente funcional del equipo	Evaluación de Criticidad	Análisis de Mantenimiento
Motor	<p>Suma de Criterios: 25</p> <p>Nivel de Criticidad: Criticidad Baja</p> <p>Detalle de Criterios de Criticidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta) • Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población) • Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones) • Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil) 	<p>Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=1, C3=1, C4=1, C5=1, C6=0, C7=1, C8=0</p> <p>Coefficiente Predictivo: 0,50</p> <p>Fallas: 1,00</p> <p>Pérdidas: 1,00</p> <p>Correctivo/Predictivo: 0,40</p> <p>Recomendación de Mantenimiento: Preventivo según índices de fiabilidad</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil) • Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.) 	
Correa	<p>Suma de Criterios: 25</p> <p>Nivel de Criticidad: Criticidad Baja</p> <p>Detalle de Criterios de Criticidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta) • Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población) • Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones) • Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil) • Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil) • Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año) • Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.) 	<p>Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=0, C3=0, C4=1, C5=0, C6=0, C7=0, C8=0</p> <p>Coefficiente Predictivo: 0,00</p> <p>Fallas: 0,00</p> <p>Pérdidas: 0,00</p> <p>Correctivo/Predictivo: 0,00</p> <p>Recomendación de Mantenimiento: Se recomienda mantenimiento correctivo</p>
Reductor	<p>Suma de Criterios: 25</p> <p>Nivel de Criticidad: Criticidad Baja</p> <p>Detalle de Criterios de Criticidad:</p>	<p>Valores C1-C8 (0 o 1): C1=1, C2=1, C3=0, C4=0, C5=1, C6=1, C7=1, C8=1</p> <p>Coefficiente Predictivo: 0,75</p> <p>Fallas: 2,00</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta) • Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población) • Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones) • Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil) • Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil) • Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.) 	<p>Pérdidas: 3,00</p> <p>Correctivo/Predictivo: 1,00</p> <p>Recomendación de Mantenimiento: Preventivo con medición de parámetros y síntomas</p>
Banda	<p>Suma de Criterios: 25</p> <p>Nivel de Criticidad: Criticidad Baja</p> <p>Detalle de Criterios de Criticidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta) • Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población) • Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones) • Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil) • Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil) 	<p>Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=0, C3=0, C4=1, C5=0, C6=0, C7=0, C8=0</p> <p>Coefficiente Predictivo: 0,00</p> <p>Fallas: 0,00</p> <p>Pérdidas: 0,00</p> <p>Correctivo/Predictivo: 0,00</p> <p>Recomendación de Mantenimiento: Se recomienda mantenimiento correctivo</p>

	Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)	
--	--	--

Tambor motriz	<p>Suma de Criterios: 25</p> <p>Nivel de Criticidad: Criticidad Baja</p> <p>Detalle de Criterios de Criticidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta) • Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población) • Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones) • Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil) • Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil) • Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.) 	<p>Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=0, C3=0, C4=1, C5=0, C6=0, C7=0, C8=0</p> <p>Coefficiente Predictivo: 0,00</p> <p>Fallas: 0,00</p> <p>Pérdidas: 0,00</p> <p>Correctivo/Predictivo: 0,00</p> <p>Recomendación de Mantenimiento: Se recomienda mantenimiento correctivo</p>
----------------------	---	--

<p>Eje (chumaceras)</p>	<p>Suma de Criterios: 25</p> <p>Nivel de Criticidad: Criticidad Baja</p> <p>Detalle de Criterios de Criticidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta) 	<p>Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=1, C3=0, C4=1, C5=1, C6=0, C7=1, C8=0</p> <p>Coefficiente Predictivo: 0,25</p> <p>Fallas: 1,00</p> <p>Pérdidas: 1,00</p>
<p>Estructura metálica</p>	<p>• Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población.)</p> <p>Suma de Criterios: 25</p> <p>Nivel de Criticidad: Criticidad Baja</p> <p>• Impacto ambiental (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones)</p> <p>Detalle de Criterios de Criticidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil) • Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta) • Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil) • Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.) 	<p>Correctivo/Predictivo: 0,40</p> <p>Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=0, C3=0, C4=1, C5=0, C6=0, C7=0, C8=0</p> <p>Recomendación de Mantenimiento: Preventivo según índices de fiabilidad</p> <p>Coefficiente Predictivo: 0,00</p> <p>Fallas: 0,00</p> <p>Pérdidas: 0,00</p> <p>Correctivo/Predictivo: 0,00</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones) • Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil) • Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil) • Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.) 	<p>Recomendación de Mantenimiento: Se recomienda mantenimiento correctivo</p>

<p>Rodillos</p>	<p>Suma de Criterios: 25</p> <p>Nivel de Criticidad: Criticidad Baja</p> <p>Detalle de Criterios de Criticidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta) • Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población) • Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones) • Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil) • Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil) • Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.) 	<p>Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=1, C3=0, C4=1, C5=1, C6=0, C7=1, C8=0</p> <p>Coefficiente Predictivo: 0,25</p> <p>Fallas: 1,00</p> <p>Pérdidas: 1,00</p> <p>Correctivo/Predictivo: 0,40</p> <p>Recomendación de Mantenimiento: Preventivo según índices de fiabilidad</p>
<p>Tambor cola de pato</p>	<p>Suma de Criterios: 25</p> <p>Nivel de Criticidad: Criticidad Baja</p> <p>Detalle de Criterios de Criticidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta) • Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población) 	<p>Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=1, C3=0, C4=1, C5=1, C6=0, C7=1, C8=0</p> <p>Coefficiente Predictivo: 0,25</p> <p>Fallas: 1,00</p> <p>Pérdidas: 1,00</p> <p>Correctivo/Predictivo: 0,40</p> <p>Recomendación de Mantenimiento: Preventivo según índices de fiabilidad</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones) • Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil) • Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil) • Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.) 	
--	---	--

Fuente (Hecha por los autores)

Coefficiente de mantenimiento predictivo transportador de banda

$$C_{pred} = \frac{C_1 + C_2 + C_3 + C_6}{4}$$

Véase la fórmula 4

$$C_{pred} = \frac{0 + 1 + 1 + 0}{4}$$

$$C_{pred} = 0.5$$

Coefficiente de mantenimiento correctivo/predictivo

$$C_{corr/pred} = \frac{C_{perdidad} + C_{fallas}}{5}$$

Véase la fórmula 6

$$C_{corr/pred} = \frac{1 + 1}{5}$$

$$C_{corr/pred} = 0.4$$

Siendo

Véase la fórmula 6

$$C_{perdidad} = C_1 + C_2 + C_6$$

$$C_{perdidad} = 0 + 1 + 0$$

$$C_{perdidad} = 1$$

Véase la fórmula 7

$$C_{fallas} = C_7 + C_8$$

$$C_{fallas} = 1 + 0$$

$$C_{fallas} = 1$$

La respuesta que se obtuvo se debe comparar con la tabla 17 y de esta manera se puede determinar el tipo de mantenimiento para la Transportador de banda en la cual nos dio un resultado de Mantenimiento: Preventivo según índices de fiabilidad

5.2 Transportador de banda a nivel elemento

Zaranda vibratoria		
Componente funcional del equipo	Evaluación de Criticidad	Análisis de Mantenimiento
Motor	Suma de Criterios: 25 Nivel de Criticidad: Criticidad Baja Detalle de Criterios de Criticidad:	Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=1, C3=1, C4=1, C5=1, C6=0, C7=1, C8=0 Coeficiente Predictivo: 0,50 Fallas: 1,00

	<ul style="list-style-type: none"> • Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta) • Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población) • Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones) • Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil) • Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil) • Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.) 	<p>Pérdidas: 1,00</p> <p>Correctivo/Predictivo: 0,40</p> <p>Recomendación de Mantenimiento: Preventivo según índices de fiabilidad</p>
<p>Sist. Eléctrico (Relé, contactores, cables)</p>	<p>Suma de Criterios: 25</p> <p>Nivel de Criticidad: Criticidad Baja</p> <p>Detalle de Criterios de Criticidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta) • Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población) • Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones) • Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil) • Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil) 	<p>Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=1, C3=0, C4=1, C5=1, C6=0, C7=1, C8=0</p> <p>Coefficiente Predictivo: 0,25</p> <p>Fallas: 1,00</p> <p>Pérdidas: 1,00</p> <p>Correctivo/Predictivo: 0,40</p> <p>Recomendación de Mantenimiento: Preventivo según índices de fiabilidad</p>

	Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)	
Cono embudo	<p>Suma de Criterios: 25</p> <p>Nivel de Criticidad: Criticidad Baja</p> <p>Detalle de Criterios de Criticidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta) • Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población) • Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones) • Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil) • Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil) <p>Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)</p>	<p>Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=0, C3=0, C4=1, C5=0, C6=0, C7=0, C8=0</p> <p>Coefficiente Predictivo: 0,00</p> <p>Fallas: 0,00</p> <p>Pérdidas: 0,00</p> <p>Correctivo/Predictivo: 0,00</p> <p>Recomendación de Mantenimiento: Se recomienda mantenimiento correctivo</p>
Resortes	<p>Suma de Criterios: 25</p> <p>Nivel de Criticidad: Criticidad Baja</p> <p>Detalle de Criterios de Criticidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta) • Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población) 	<p>Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=0, C3=0, C4=1, C5=0, C6=0, C7=0, C8=0</p> <p>Coefficiente Predictivo: 0,00</p> <p>Fallas: 0,00</p> <p>Pérdidas: 0,00</p> <p>Correctivo/Predictivo: 0,00</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones) • Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil) • Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil) <p>Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)</p>	<p>Recomendación de Mantenimiento: Se recomienda mantenimiento correctivo</p>
Pesas	<p>Suma de Criterios: 25</p> <p>Nivel de Criticidad: Criticidad Baja</p> <p>Detalle de Criterios de Criticidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta) • Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población) • Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones) • Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil) • Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil) <p>Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)</p> <p>Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)</p>	<p>Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=0, C3=0, C4=1, C5=0, C6=0, C7=0, C8=0</p> <p>Coefficiente Predictivo: 0,00</p> <p>Fallas: 0,00</p> <p>Pérdidas: 0,00</p> <p>Correctivo/Predictivo: 0,00</p> <p>Recomendación de Mantenimiento: Se recomienda mantenimiento correctivo</p>
Estructura metálica	<p>Suma de Criterios: 25</p>	<p>Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=0, C3=0, C4=1, C5=0, C6=0, C7=0, C8=0</p>

	<p>Nivel de Criticidad: Criticidad Baja</p> <p>Detalle de Criterios de Criticidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta) • Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población) • Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones) • Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil) • Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil) <p>Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)</p>	<p>Coefficiente Predictivo: 0,00</p> <p>Fallas: 0,00</p> <p>Pérdidas: 0,00</p> <p>Correctivo/Predictivo: 0,00</p> <p>Recomendación de Mantenimiento: Se recomienda mantenimiento correctivo</p>
--	--	---

Fuente (Hecha por los autores)

Con la información recopilada se puede establecer el tipo de mantenimiento correspondiente, conforme al método procedimental planteado, en el cual es posible aplicar las siguientes expresiones matemáticas para su análisis.

Coefficiente de mantenimiento predictivo del motor de la Zaranda vibratoria.

Véase la fórmula 4

$$C_{pred} = \frac{C_1 + C_2 + C_3 + C_6}{4}$$

$$C_{pred} = \frac{0 + 1 + 1 + 0}{4}$$

$$C_{pred} = 0.5$$

Coefficiente de mantenimiento correctivo/predictivo.

Véase la fórmula 5

$$C_{corr/pred} = \frac{C_{perdidad} + C_{fallas}}{5}$$
$$C_{corr/pred} = \frac{1 + 1}{5}$$
$$C_{corr/pred} = 0.4$$

Siendo

Véase la fórmula 6

$$C_{perdidad} = C_1 + C_2 + C_6$$
$$C_{perdidad} = 0 + 1 + 0$$
$$C_{perdidad} = 1$$

Véase la fórmula 7

$$C_{fallas} = C_7 + C_8$$
$$C_{fallas} = 1 + 0$$
$$C_{fallas} = 1$$

La respuesta que se obtuvo se debe comparar con la tabla 17 y de esta manera se puede determinar el tipo de mantenimiento del motor de la zaranda vibratoria en la cual nos dio un resultado de mantenimiento preventivo según índices de fiabilidad

5.3 Trituradora 9026 con Doble Mandíbula a nivel elemento

Trituradora 9026 con Doble Mandíbula		
Componente funcional del equipo	Evaluación de Criticidad	Análisis de Mantenimiento
<p>Motor</p>	<p>Suma de Criterios: 25</p> <p>Nivel de Criticidad: Criticidad Baja</p> <p>Detalle de Criterios de Criticidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta) • Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población) • Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones) • Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil) • Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil) • Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.) 	<p>Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=1, C3=1, C4=1, C5=1, C6=0, C7=1, C8=0</p> <p>Coefficiente Predictivo: 0,50</p> <p>Fallas: 1,00</p> <p>Pérdidas: 1,00</p> <p>Correctivo/Predictivo: 0,40</p> <p>Recomendación de Mantenimiento: Preventivo según índices de fiabilidad</p>

<p>Sist. Eléctrico (Relé, contactores, cables)</p>	<p>Suma de Criterios: 25</p> <p>Nivel de Criticidad: Criticidad Baja</p> <p>Detalle de Criterios de Criticidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta) • Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población) • Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones) • Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil) • Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil) • Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.) 	<p>Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=1, C3=0, C4=1, C5=1, C6=0, C7=1, C8=0</p> <p>Coefficiente Predictivo: 0,25</p> <p>Fallas: 1,00</p> <p>Pérdidas: 1,00</p> <p>Correctivo/Predictivo: 0,40</p> <p>Recomendación de Mantenimiento: Preventivo según índices de fiabilidad</p>
<p>Eje</p>	<p>Suma de Criterios: 25</p> <p>Nivel de Criticidad: Criticidad Baja</p> <p>Detalle de Criterios de Criticidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta) • Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población) • Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones) 	<p>Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=0, C3=0, C4=1, C5=0, C6=0, C7=0, C8=0</p> <p>Coefficiente Predictivo: 0,00</p> <p>Fallas: 0,00</p> <p>Pérdidas: 0,00</p> <p>Correctivo/Predictivo: 0,00</p> <p>Recomendación de Mantenimiento: Se recomienda mantenimiento correctivo</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil) • Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil) • Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.) 	
Fusible	<p>Suma de Criterios: 25</p> <p>Nivel de Criticidad: Criticidad Baja</p> <p>Detalle de Criterios de Criticidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta) • Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población) • Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones) • Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil) • Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil) • Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.) 	<p>Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=0, C3=0, C4=1, C5=0, C6=0, C7=0, C8=0</p> <p>Coefficiente Predictivo: 0,00</p> <p>Fallas: 0,00</p> <p>Pérdidas: 0,00</p> <p>Correctivo/Predictivo: 0,00</p> <p>Recomendación de Mantenimiento: Se recomienda mantenimiento correctivo</p>
Mandíbula Fija	<p>Suma de Criterios: 25</p> <p>Nivel de Criticidad: Criticidad Baja</p> <p>Detalle de Criterios de Criticidad:</p>	<p>Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=0, C3=0, C4=1, C5=0, C6=0, C7=0, C8=0</p> <p>Coefficiente Predictivo: 0,00</p> <p>Fallas: 0,00</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta) • Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población) • Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones) • Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil) • Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil) • Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.) 	Pérdidas: 0,00 Correctivo/Predictivo: 0,00 Recomendación de Mantenimiento: Se Recomienda mantenimiento correctivo
Mandíbula Movil	Suma de Criterios: 25 Nivel de Criticidad: Criticidad Baja Detalle de Criterios de Criticidad: <ul style="list-style-type: none"> • Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta) • Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población) • Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones) • Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil) • Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil) 	Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=0, C3=0, C4=1, C5=0, C6=0, C7=0, C8=0 Coeficiente Predictivo: 0,00 Fallas: 0,00 Pérdidas: 0,00 Correctivo/Predictivo: 0,00 Recomendación de Mantenimiento: Se Recomienda mantenimiento correctivo

	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.) 	
Cuñas	<p>Suma de Criterios: 25</p> <p>Nivel de Criticidad: Criticidad Baja</p> <p>Detalle de Criterios de Criticidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta) • Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población) • Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones) • Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil) • Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil) • Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.) 	<p>Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=0, C3=0, C4=1, C5=0, C6=0, C7=0, C8=0</p> <p>Coefficiente Predictivo: 0,00</p> <p>Fallas: 0,00</p> <p>Pérdidas: 0,00</p> <p>Correctivo/Predictivo: 0,00</p> <p>Recomendación de Mantenimiento: Se recomienda mantenimiento correctivo</p>
Estructura metálica	<p>Suma de Criterios: 25</p> <p>Nivel de Criticidad: Criticidad Baja</p> <p>Detalle de Criterios de Criticidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta) • Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población) 	<p>Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=0, C3=0, C4=1, C5=0, C6=0, C7=0, C8=0</p> <p>Coefficiente Predictivo: 0,00</p> <p>Fallas: 0,00</p> <p>Pérdidas: 0,00</p> <p>Correctivo/Predictivo: 0,00</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones) • Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil) • Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil) • Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.) 	Recomendación de Mantenimiento: Se recomienda mantenimiento correctivo
--	---	--

Fuente (Hecha por los autores)

Con la información recopilada se puede establecer el tipo de mantenimiento correspondiente, conforme al método procedimental planteado, en el cual es posible aplicar las siguientes expresiones matemáticas para su análisis.

Coefficiente de mantenimiento predictivo del motor de la trituradora 9026 con Doble Mandíbula.

Véase la fórmula 4

$$C_{pred} = \frac{C_1 + C_2 + C_3 + C_6}{4}$$

$$C_{pred} = \frac{0 + 1 + 1 + 0}{4}$$

$$C_{pred} = 0.5$$

Coefficiente de mantenimiento correctivo/predictivo.

Véase la fórmula 5

$$C_{corr/pred} = \frac{C_{perdidad} + C_{fallas}}{5}$$

$$C_{corr/pred} = \frac{1 + 1}{5}$$

$$C_{corr/pred} = 0.4$$

Siendo

Véase la fórmula 6

$$C_{perdidad} = C_1 + C_2 + C_6$$

$$C_{perdidad} = 0 + 1 + 0$$

$$C_{perdidad} = 1$$

Véase la fórmula 7

$$C_{fallas} = C_7 + C_8$$

$$C_{fallas} = 1 + 0$$

$$C_{fallas} = 1$$

La respuesta que se obtuvo se debe comparar con la tabla 17 y de esta manera se puede determinar el tipo de mantenimiento del motor de la trituradora 9026 con doble mandíbula en la cual nos dio un resultado de mantenimiento preventivo según índices de fiabilidad

5.4 Trituradora 9026 con Doble Mandíbula a nivel elemento

Generador		
Componente funcional del equipo	Evaluación de Criticidad	Análisis de Mantenimiento
Sist. De control	Suma de Criterios: 25 Nivel de Criticidad: Criticidad Baja Detalle de Criterios de Criticidad:	Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=1, C3=1, C4=1, C5=1, C6=0, C7=1, C8=0 Coeficiente Predictivo: 0,50 Fallas: 1,00

	<ul style="list-style-type: none"> • Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta) • Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población) • Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones) • Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil) • Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil) • Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.) 	Pérdidas: 1,00 Correctivo/Predictivo: 0,40 Recomendación de Mantenimiento: Preventivo según índices de fiabilidad
Sist. De lubricación	Suma de Criterios: 25 Nivel de Criticidad: Criticidad Baja Detalle de Criterios de Criticidad: <ul style="list-style-type: none"> • Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta) • Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población) • Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones) • Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil) • Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil) 	Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=1, C3=0, C4=1, C5=1, C6=0, C7=1, C8=0 Coeficiente Predictivo: 0,25 Fallas: 1,00 Pérdidas: 1,00 Correctivo/Predictivo: 0,40 Recomendación de Mantenimiento: Preventivo según índices de fiabilidad

	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.) 	
Sist. De combustible	<p>Suma de Criterios: 25</p> <p>Nivel de Criticidad: Criticidad Baja</p> <p>Detalle de Criterios de Criticidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta) • Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población) • Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones) • Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil) • Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil) • Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.) 	<p>Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=0, C3=0, C4=1, C5=0, C6=0, C7=0, C8=0</p> <p>Coefficiente Predictivo: 0,00</p> <p>Fallas: 0,00</p> <p>Pérdidas: 0,00</p> <p>Correctivo/Predictivo: 0,00</p> <p>Recomendación de Mantenimiento: Se recomienda mantenimiento correctivo</p>
Sist. De enfriamiento	<p>Suma de Criterios: 25</p> <p>Nivel de Criticidad: Criticidad Baja</p> <p>Detalle de Criterios de Criticidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta) • Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población) 	<p>Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=0, C3=0, C4=1, C5=0, C6=0, C7=0, C8=0</p> <p>Coefficiente Predictivo: 0,00</p> <p>Fallas: 0,00</p> <p>Pérdidas: 0,00</p> <p>Correctivo/Predictivo: 0,00</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones) • Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil) • Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil) • Tiempo promedio entre fallas: 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.) 	Recomendación de Mantenimiento: Se recomienda mantenimiento correctivo
--	--	--

Fuente (Hecha por los autores)

Con la información recopilada se puede establecer el tipo de mantenimiento correspondiente, conforme al método procedimental planteado, en el cual es posible aplicar las siguientes expresiones matemáticas para su análisis.

Coefficiente de mantenimiento predictivo del sist. de control del generador.

Véase la fórmula 4

$$C_{pred} = \frac{C_1 + C_2 + C_3 + C_6}{4}$$

$$C_{pred} = \frac{0 + 1 + 1 + 0}{4}$$

$$C_{pred} = 0.5$$

Coefficiente de mantenimiento correctivo/predictivo.

Véase la fórmula 5

$$C_{corr/pred} = \frac{C_{perdidad} + C_{fallas}}{5}$$

$$C_{corr/pred} = \frac{1 + 1}{5}$$

$$C_{corr/pred} = 0.4$$

Siendo

Véase la fórmula 6

$$C_{perdidad} = C_1 + C_2 + C_6$$

$$C_{perdidad} = 0 + 1 + 0$$

$$C_{perdidad} = 1$$

Véase la fórmula 7

$$C_{fallas} = C_7 + C_8$$

$$C_{fallas} = 1 + 0$$

$$C_{fallas} = 1$$

La respuesta que se obtuvo se debe comparar con la tabla 17 y de esta manera se puede determinar el tipo de mantenimiento con el sist. de control del generador en la cual nos dio un resultado de mantenimiento preventivo según índices de fiabilidad

5.5 Validación de criterios con casos reales

Los parámetros requeridos para la identificación del tipo de mantenimiento fueron presentados en las tablas anteriores, las cuales proporcionaron el diagnóstico correspondiente para cada equipo. Posteriormente, se procedió a la correlación de los datos obtenidos mediante la herramienta digital con un plan de mantenimiento establecido.

Tabla 5.4 Tipo de mantenimiento

	Equipo	Tipo de mantenimiento
TDM-01	Trituradora 9026 con doble mandíbula	Preventivo con medición de parámetros y síntomas
TCG-001	Tolva dosificadora con greasley	Preventivo con medición de parámetros y síntomas
TSG-01	Tolva dosificadora sin greasley	Preventivo con medición de parámetros y síntomas
ZV-01	Zaranda vibratoria	Preventivo con medición de parámetros y síntomas
MG-3306	Generador 3360	Preventivo con medición de parámetros y síntomas
TB-001	Transportador de banda	Preventivo con medición de parámetros y síntomas

Fuente(hecha por los autores)

De acuerdo con el informe técnico contenido en el Anexo 1, se determina el tipo de mantenimiento aplicable a cada equipo operativo presente en la cantera San Joaquín 2. El diagnóstico obtenido corresponde a una estrategia de mantenimiento preventivo sustentada en la medición de parámetros y el análisis de síntomas operacionales. Este resultado ha sido generado a partir del procesamiento de datos a través de una herramienta digital, la cual permite identificar dicha estrategia mediante el cálculo del nivel de criticidad de cada máquina.

La información recolectada se contrasta en el Anexo 2, donde se realiza un análisis comparativo de los resultados obtenidos por ambas fuentes, permitiendo evaluar la coherencia y correspondencia entre los diagnósticos emitidos

5.6 Comparación de datos de la herramienta digital con los datos de la tesis estudiada

Código	Obtención de datos de la herramienta digital		Obtención de datos de la tesis estudiada	
	Equipo	Tipo de mantenimiento	Equipo	Tipo de mantenimiento
TDM-01	Trituradora 9026 con doble mandíbula	Preventivo con medición de parámetros y síntomas	Trituradora 9026 con doble mandíbula	Preventivo con medición de parámetros y síntomas
TCG-001	Tolva dosificadora con greasley	Preventivo con medición de parámetros y síntomas	Tolva dosificadora con greasley	Preventivo con medición de parámetros y síntomas
TSG-01	Tolva dosificadora sin greasley	Preventivo con medición de parámetros y síntomas	Tolva dosificadora sin greasley	Preventivo con medición de parámetros y síntomas
ZV-01	Zaranda vibratoria	Preventivo con medición de parámetros y síntomas	Zaranda vibratoria	Preventivo con medición de parámetros y síntomas
MG-3306	Generador 3360	Preventivo con medición de parámetros y síntomas	Generador 3360	Preventivo con medición de parámetros y síntomas

Fuente (Hecha por los autores)

El análisis comparativo entre los tipos de mantenimiento propuestos por la herramienta digital y los identificados en las tesis revisadas demuestra una coincidencia significativa en los enfoques aplicados. En ambos casos se define la estrategia como mantenimiento Preventivo con medición de parámetros y síntomas; no obstante, la herramienta digital detalla la inclusión de técnicas avanzadas de monitoreo

basadas en la medición de parámetros operacionales y síntomas de funcionamiento, lo que indica un enfoque más integral y predictivo. Por otro lado, la tesis únicamente hace referencia al mantenimiento preventivo basado en parámetros, sin contemplar el análisis sintomático, lo que podría limitar la detección temprana de fallos incipientes. Esta diferencia refleja la evolución metodológica que ofrecen las herramientas digitales modernas, permitiendo una gestión más precisa y eficiente del mantenimiento. Resultados de la criticidad de cada maquina presente en la cantera San Joaquín 2

Los resultados del análisis de la gestión del mantenimiento se presentan en la siguiente tabla:

Comparación de valores obtenidos en la evaluación de criterios sobre indicador de nivel de gestión del mantenimiento (INGM)

Tabla 27 Análisis técnico del Informe de Gestión de Mantenimiento (INGM)

ÁREA	TA_i	TA_i	INGM (%)	EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN
Medio Ambiente	23	27	85%	Bien
Seguridad	33	45	73%	Aceptable
Infraestructura	24	63	38%	Deficiente
Personal de mantenimiento	17	51	33%	Deficiente
Gestión de piezas de repuesto	11	69	16%	Deficiente
Administración del mantenimiento	12	54	15%	Deficiente
Servicio a terceros	5	42	12%	Deficiente
Evaluación y control	3	60	5%	Deficiente
Aseguramiento de la calidad	0	45	0%	Deficiente
TOTAL	128	456	28%	Deficiente

Fuente [24]

5.7 Tabla obtenida de la herramienta digital (ManTSys) sobre los parámetros del INGM

ÁREA	TA_i	$TP_{m\acute{a}x}$	INGM (%)	EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN
Administración del mantenimiento	12,00	81	14,81%	Deficiente
Servicio a terceros	5,00	42	11,90%	Deficiente
Personal de mantenimiento	14,00	51	27,45%	Deficiente
Gestión de piezas de repuesto	12,00	69	17,39%	Deficiente
Evaluación y control	3,00	60	5,00%	Deficiente
Infraestructura	24,00	63	38,10%	Deficiente
Seguridad	33,00	45	73,33%	Aceptable
Medio ambiente	23,00	27	85,19%	Bien

Aseguramiento de la calidad	0,00	45	0,00%	Deficiente
TOTAL	126,00	483	26,09	Deficiente

Fuente(hecha por los autores)

Comparación de valores obtenidos en la evaluación de criterios sobre la criticidad

La obtención de la solución de la herramienta digital que nos proporcione cumple con las metas propuestas ya que el resultado nos muestra una igualdad de resultados en la obtención de los diferentes parámetros del INGM, lo que demuestra que el programa cumple con la obtención del nivel de gestión de lo medido

6 Conclusiones

- Se llevó a cabo un proceso de categorización técnica de los diversos equipos que conforman la operación minera de la cantera San Joaquín, con el propósito de establecer el tipo de mantenimiento más adecuado para cada uno. Esta determinación se basó en un enfoque cuantitativo, aplicando fundamentos matemáticos y criterios de criticidad operativa, lo que permitió una asignación más precisa y eficiente de las estrategias de mantenimiento preventivo, predictivo o correctivo según las condiciones de cada máquina
- Se efectuó un análisis comparativo entre los tipos de mantenimiento de la cantera San Joaquin y los propuesto por la herramienta digital. En dicho análisis se identificó que, para el caso específico de la tolva dosificadora equipada con sistema Greaseley, la estrategia que se indicó en el plan de campo correspondió a un mantenimiento predictivo en función del elemento evaluado. No obstante, la herramienta digital sugirió la aplicación de un mantenimiento preventivo basado en índices de fiabilidad. Esta discrepancia evidencia una posible falla en la correcta determinación del nivel de criticidad en la tesis analizada, lo cual refuta la precisión y credibilidad de la tesis analizada
- Se identificaron los modelos matemáticos que subyacían al proceso de determinar cuál era el tipo de mantenimiento más adecuado para cada equipo. Estos modelos **se basaron** en indicadores clave de la gestión del mantenimiento, específicamente mediante el análisis del nivel de criticidad y la clasificación de las estrategias de mantenimiento (preventivo, predictivo o correctivo).

7 Recomendaciones

- Se sugiere capacitar al personal encargado del mantenimiento en la interpretación y aplicación de indicadores como la criticidad con el fin de mejorar la toma de decisiones técnicas y estratégicas de mantenimiento.
- Dada la discrepancia detectada entre la tesis analizada y la herramienta digital, se recomienda realizar auditorías técnicas a estudios previos para validar los criterios empleados en la

selección del tipo de mantenimiento y actualizar los planes según resultados más confiables.

8 Bibliografía

- [1] F. J. Cárcel-Carrasco, “Historical evolution of industrial maintenance in relation to knowledge management,” *Dyna (Spain)*, vol. 91, no. 6, pp. 591–596, Nov. 2016, doi: 10.6036/7890.
- [2] “SELECCIÓN Y CONTRATACIÓN DE EMPRESAS DE MANTENIMIENTO PARA INSPECCIÓN, CONSERVACIÓN Y CONTROL DE GALERIAS DE SERVICIO CON LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA.”
- [3] L. De, M. Elaboró, and I. M. Toledo Martínez, “PROGRAMA DE AÑO SABÁTICO.”
- [4] L. De, M. Elaboró, and I. M. Toledo Martínez, “PROGRAMA DE AÑO SABÁTICO.”
- [5] E. M. Rivera, R. Asesor, and J. Salas Bacalla, “UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS Sistema de gestión del mantenimiento industrial,” 2011.
- [6] W. Olarte, M. Botero, and B. Cañon, “Abril de 2010,” *Scientia et Technica Año XVI*, vol. 44, [Online]. Available: <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mmnew/h>
- [7] E. Alberto, C. Flores, and D. W. Lucero Díaz, “ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA LA FÁBRICA MINEROSA PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO.”
- [8] W. Olarte, M. Botero, and B. Cañon, “Abril de 2010,” *Scientia et Technica Año XVI*, vol. 44, [Online]. Available: <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mmnew/h>
- [9] L. Shkiliova and M. Fernandez Sanchez, “Sistemas de Mantenimiento Técnico y Reparaciones y su aplicación en la Agricultura,” *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, vol. 20, no. 1, 2011.
- [10] R. E. Matos P., “Desarrollo de un programa de Mantenimiento Productivo Total (MPT) en el área de mezclas especiales de una empresa molinera,” *Revista INGENIERÍA UC*, vol. 19, no. 3, 2012.
- [11] R. Santamaría Holek, “Tendencias del Mantenimiento Predictivo,” *Revista VirtualPRO*, vol. 0, no. 1, pp. 1–7, 2008, [Online]. Available: <https://www.virtualpro.co/biblioteca/tendencias-del-mantenimiento-predictivo>
- [12] J. V. González Sosa, J. Loyo Quijada, M. Á. López Ontiveros, P. Pérez Montoya, and A. Cruz Hernández, “MANTENIMIENTO INDUSTRIAL EN MÁQUINAS HERRAMIENTAS POR MEDIO DE AMFE,” *Revista Ingenieria Industrial*, vol. 17, no. 3, 2019, doi: 10.22320/s07179103/2018.12.
- [13] R. M. Torres-Rodríguez, J. N. Pérez-Guerrero, and N. A. González-López, “El mantenimiento productivo total como estrategia en la gestión del mantenimiento industrial,” *MQRInvestigar*, vol. 8, no. 1, 2024, doi: 10.56048/mqr20225.8.1.2024.1229-1240.

- [14] “Mantenimiento Productivo Total (TPM) F O R M A C I Ó N E - L E A R N I N G BARCELONA-BILBAO-MADRID-SEVILLA-VALENCIA-ZARAGOZA.” [Online]. Available: www.iniciativasempresariales.com
- [15] J. M. Artículo, “Estrategias para el ciclo de vida MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD.”
- [16] Montilla Montaña Carlos Alberto, “288157713,” no. Mantenimiento Industrial y su Administración, pp. 1–489, 1971.
- [17] R. Angélica, R. Naranjo, V. Marcela López Auquilla, Á. Marcelo, and T. Córdor, “Evaluación del estado técnico de los equipos de procesamiento minero con mantenimiento preventivo planificado en la cantera San Joaquín 2 de la empresa Mapeagre cía. Itda,” *Ciencias de la Ingeniería y aplicadas*, vol. 1, no. 2, 2017.
- [18] U. De Cantabria, C. Sierra Fernández, and E. A. Calvo, “Técnicas de mantenimiento en instalaciones mineras ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE MINAS Y ENERGÍA Capítulo 8: Técnicas de Mantenimiento Predictivo.”
- [19] “Entender el mantenimiento PPM: Estrategias clave para una gestión eficaz.” Accessed: Jul. 26, 2025. [Online]. Available: <https://singu.com/es/mantenimiento-ppm-elegir-la-estrategia-adecuada-para-el-mantenimiento-preventivo-planificado/>
- [20] Pinzón Christian, “TIPOS DE MANTENIMIENTO.”
- [21] “FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA, XALAPA UNIVERSIDAD VERACRUZANA Manual de Mantenimiento Contenido.”
- [22] “Esperanza Velazquez Pérez”.
- [23] E. Y. Redes De Información Sigifredo Patricio Camacho Castillo, “ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA DESARROLLO DE UNA PLATAFORMA WEB PARA EL SISTEMA DE GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN DE PROYECTOS DE FISCALIZACIÓN REALIZADOS POR LA EMPRESA TECNIE, ACCESIBLE LOCAL Y REMOTAMENTE PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN.”
- [24] L. Cantera San Joaquín, D. LA Empresa Mapeagre Cía Ltda, R. Naranjo Rosa Angélica López Auquilla Viviana Marcela, and I. Tello Córdor Ángel Marcelo Latacunga -Ecuador, ““IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ALTERNO DE MANTENIMIENTO PARA LOS EQUIPOS DE PROCESAMIENTO MINERO EN,” 2017.
- [25] “Análisis de Criticidad Integral de Activos - Predictiva21.” Accessed: Jul. 26, 2025. [Online]. Available: https://predictiva21.com/analisis-criticidad-integral-activos?utm_source=chatgpt.com
- [26] B. Ferrer Jiménez, “Mantenimiento preventivo en reductor de velocidad de grúas indias de extracción de mineral,” 2015.

Anexos

9 Anexos

Anexo 1

INFORME DE ANÁLISIS DE MANTENIMIENTO A NIVEL DE ELEMENTO

Fecha del Informe: 29/07/2025 22:11

Empresa/Instalación: Cantera San Joaquín 2

ÁREA	TAi	TPmáx	INGM (%)	EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN
Administración del mantenimiento	12,00	81	14,81%	Deficiente
Servicio a terceros	5,00	42	11,90%	Deficiente
Personal de mantenimiento	17,00	51	33,33%	Deficiente
Gestión de piezas de repuesto	11,00	69	15,94%	Deficiente
Evaluación y control	3,00	60	5,00%	Deficiente
Infraestructura	24,00	63	38,10%	Deficiente
Seguridad	33,00	45	73,33%	Aceptable
Medio ambiente	23,00	27	85,19%	Bien
Aseguramiento de la calidad	0,00	45	0,00%	Deficiente
TOTAL	128,00	483	26,50%	Deficiente

Máquina: Tolva dosificadora con greasley

Elemento: Motor

1. Evaluación de Criticidad

Suma de Criterios: 25

Nivel de Criticidad: Criticidad Baja

Detalle de Criterios de Criticidad:

- Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta)
- Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población)
- Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones)
- Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil)
- Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil)
- Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)

2. Análisis de Mantenimiento

Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=1, C3=1, C4=1, C5=1, C6=0, C7=1, C8=0

Coefficiente Predictivo: 0,50

Fallas: 1,00

Pérdidas: 1,00

Correctivo/Predictivo: 0,40

Recomendación de Mantenimiento: Preventivo según índices de fiabilidad

Máquina: Tolva dosificadora con greasley



Elemento: Sist. Eléctrico (Relé, contactores, cables)

1. Evaluación de Criticidad

Suma de Criterios: 25

Nivel de Criticidad: Criticidad Baja

Detalle de Criterios de Criticidad:

- Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta)
- Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población)
- Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones)
- Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil)
- Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil)
- Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)

2. Análisis de Mantenimiento

Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=1, C3=1, C4=1, C5=0, C6=0, C7=1, C8=1

Coefficiente Predictivo: 0,50

Fallas: 2,00

Pérdidas: 1,00

Correctivo/Predictivo: 0,60

Recomendación de Mantenimiento: Preventivo según índices de fiabilidad

Máquina: Tolva dosificadora con greasley

Elemento: Correa

1. Evaluación de Criticidad

Suma de Criterios: 25

Nivel de Criticidad: Criticidad Baja

Detalle de Criterios de Criticidad:

- Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta)
- Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población)
- Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones)
- Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil)
- Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil)
- Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)

2. Análisis de Mantenimiento

Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=0, C3=0, C4=1, C5=0, C6=0, C7=0, C8=0

Coefficiente Predictivo: 0,00

Fallas: 0,00

Pérdidas: 0,00

Correctivo/Predictivo: 0,00

Recomendación de Mantenimiento: Se Recomienda mantenimiento correctivo

Máquina: Tolva dosificadora con greasley

Elemento: Polea

1. valuación de Criticidad

Suma de Criterios: 25

Nivel de Criticidad: Criticidad Baja

Detalle de Criterios de Criticidad:

- Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta)
- Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población)
- Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones)
- Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil)
- Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil)
- Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)

2. Análisis de Mantenimiento

Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=0, C3=0, C4=1, C5=0, C6=0, C7=0, C8=0

Coefficiente Predictivo: 0,00

Fallas: 0,00

Pérdidas: 0,00

Correctivo/Predictivo: 0,00

Recomendación de Mantenimiento: Se Recomienda mantenimiento correctivo

Máquina: Tolva dosificadora con greasley

Elemento: Caja de piñones reductores de revoluciones

1. Evaluación de Criticidad

Suma de Criterios: 25

Nivel de Criticidad: Criticidad Baja

Detalle de Criterios de Criticidad:

- Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta)
- Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población)
- Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones)
- Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil)
- Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil)
- Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)

2. Análisis de Mantenimiento

Valores C1-C8 (0 o 1): C1=1, C2=1, C3=0, C4=0, C5=1, C6=1, C7=1, C8=1

Coefficiente Predictivo: 0,75

Fallas: 2,00

Pérdidas: 3,00

Correctivo/Predictivo: 1,00

Recomendación de Mantenimiento: Preventivo con medición de parámetros y síntomas

Máquina: Tolva dosificadora con greasley

Elemento: Cardán con crucetas

1. Evaluación de Criticidad

Suma de Criterios: 25

Nivel de Criticidad: Criticidad Baja

Detalle de Criterios de Criticidad:

- Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta)
- Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población)
- Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones)
- Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil)
- Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil)
- Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)

2. Análisis de Mantenimiento

Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=1, C3=0, C4=1, C5=1, C6=0, C7=1, C8=0

Coefficiente Predictivo: 0,25

Fallas: 1,00

Pérdidas: 1,00

Correctivo/Predictivo: 0,40

Recomendación de Mantenimiento: Preventivo según índices de fiabilidad

Máquina: Tolva dosificadora con greasley

Elemento: Pesas

1. Evaluación de Criticidad

Suma de Criterios: 25

Nivel de Criticidad: Criticidad Baja

Detalle de Criterios de Criticidad:

- Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta)
- Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población)
- Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones)
- Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil)
- Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil)
- Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)

2. Análisis de Mantenimiento

Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=0, C3=0, C4=1, C5=0, C6=0, C7=0, C8=0

Coefficiente Predictivo: 0,00

Fallas: 0,00

Pérdidas: 0,00

Correctivo/Predictivo: 0,00

Recomendación de Mantenimiento: Se Recomienda mantenimiento correctivo

Máquina: Tolva dosificadora con greasley

Elemento: Resortes

1. Evaluación de Criticidad

Suma de Criterios: 25

Nivel de Criticidad: Criticidad Baja

Detalle de Criterios de Criticidad:

- Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta)
- Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población)
- Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones)
- Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil)
- Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil)
- Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)

2. Análisis de Mantenimiento

Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=0, C3=0, C4=1, C5=0, C6=0, C7=0, C8=0

Coefficiente Predictivo: 0,00

Fallas: 0,00

Pérdidas: 0,00

Correctivo/Predictivo: 0,00

Recomendación de Mantenimiento: Se Recomienda mantenimiento correctivo

Máquina: Tolva dosificadora con greasley

Elemento: Plancha de 1/2 "

1. Evaluación de Criticidad

Suma de Criterios: 25

Nivel de Criticidad: Criticidad Baja

Detalle de Criterios de Criticidad:

- Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta)
- Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población)
- Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones)
- Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil)
- Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil)
- Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)

2. Análisis de Mantenimiento

Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=0, C3=0, C4=1, C5=0, C6=0, C7=0, C8=0

Coefficiente Predictivo: 0,00

Fallas: 0,00

Pérdidas: 0,00

Correctivo/Predictivo: 0,00

Recomendación de Mantenimiento: Se Recomienda mantenimiento correctivo

Máquina: Tolva dosificadora con greasley

Elemento: Estructura metálica

1. Evaluación de Criticidad

Suma de Criterios: 25

Nivel de Criticidad: Criticidad Baja

Detalle de Criterios de Criticidad:

- Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta)
- Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población)
- Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones)
- Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil)
- Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil)
- Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)

2. Análisis de Mantenimiento

Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=0, C3=0, C4=1, C5=0, C6=0, C7=0, C8=0

Coefficiente Predictivo: 0,00

Fallas: 0,00

Pérdidas: 0,00

Correctivo/Predictivo: 0,00

Recomendación de Mantenimiento: Se Recomienda mantenimiento correctivo

10 Máquina: Tolva dosificadora con greasley

10.1 Elemento: Pernos de seguridad

1. Evaluación de Criticidad

Suma de Criterios: 25

Nivel de Criticidad: Criticidad Baja

Detalle de Criterios de Criticidad:

- Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta)
- Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población)
- Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones)
- Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil)
- Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil)
- Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)

2. Análisis de Mantenimiento

Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=0, C3=0, C4=1, C5=0, C6=0, C7=0, C8=0

Coefficiente Predictivo: 0,00

Fallas: 0,00

Pérdidas: 0,00

Correctivo/Predictivo: 0,00

Recomendación de Mantenimiento: Se Recomienda mantenimiento correctivo

Anexo 2

INFORME DE ANÁLISIS DE MANTENIMIENTO A NIVEL DE ELEMENTO

Fecha del Informe: 29/07/2025 22:32

Empresa/Instalación: Cantera San Joaquín 2

ÁREA	TAi	TPmáx	INGM (%)	EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN
Administración del mantenimiento	12,00	81	14,81%	Deficiente
Servicio a terceros	5,00	42	11,90%	Deficiente
Personal de mantenimiento	17,00	51	33,33%	Deficiente
Gestión de piezas de repuesto	11,00	69	15,94%	Deficiente
Evaluación y control	3,00	60	5,00%	Deficiente
Infraestructura	24,00	63	38,10%	Deficiente
Seguridad	33,00	45	73,33%	Aceptable
Medio ambiente	23,00	27	85,19%	Bien
Aseguramiento de la calidad	0,00	45	0,00%	Deficiente
TOTAL	128,00	483	26,50%	Deficiente

11 Máquina: Tolva dosificadora sin greasley



Elemento: Motor

1. Evaluación de Criticidad

Suma de Criterios: 25

Nivel de Criticidad: Criticidad Baja

Detalle de Criterios de Criticidad:

- Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta)
- Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población)
- Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones)
- Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil)
- Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil)

- Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)

2. Análisis de Mantenimiento

Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=1, C3=1, C4=1, C5=1, C6=0, C7=1, C8=0

Coefficiente Predictivo: 0,50

Fallas: 1,00

Pérdidas: 1,00

Correctivo/Predictivo: 0,40

Recomendación de Mantenimiento: Preventivo según índices de fiabilidad

Máquina: Tolva dosificadora sin greasley

Elemento: Sist. Eléctrico (Relé, contactores, cables)

1. Evaluación de Criticidad

Suma de Criterios: 25

Nivel de Criticidad: Criticidad Baja

Detalle de Criterios de Criticidad:

- Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta)
- Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población)
- Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones)
- Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil)
- Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil)
- Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)

2. Análisis de Mantenimiento

Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=1, C3=1, C4=1, C5=0, C6=0, C7=1, C8=0

Coefficiente Predictivo: 0,50

Fallas: 1,00

Pérdidas: 1,00

Correctivo/Predictivo: 0,40

Recomendación de Mantenimiento: Preventivo según índices de fiabilidad

Máquina: Tolva dosificadora sin greasley

Elemento: Correa

1. Evaluación de Criticidad

Suma de Criterios: 25

Nivel de Criticidad: Criticidad Baja

Detalle de Criterios de Criticidad:

- Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta)
- Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población)
- Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones)
- Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil)
- Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil)
- Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)

2. Análisis de Mantenimiento

Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=0, C3=0, C4=1, C5=0, C6=0, C7=0, C8=0

Coefficiente Predictivo: 0,00

Fallas: 0,00

Pérdidas: 0,00

Correctivo/Predictivo: 0,00

Recomendación de Mantenimiento: Se Recomienda mantenimiento correctivo

Máquina: Tolva dosificadora sin greasley

Elemento: Polea

1. Evaluación de Criticidad

Suma de Criterios: 25

Nivel de Criticidad: Criticidad Baja

Detalle de Criterios de Criticidad:

- Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta)
- Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población)
- Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones)
- Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil)
- Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil)
- Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)

2. Análisis de Mantenimiento

Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=0, C3=0, C4=1, C5=0, C6=0, C7=0, C8=0

Coefficiente Predictivo: 0,00

Fallas: 0,00

Pérdidas: 0,00

Correctivo/Predictivo: 0,00

Recomendación de Mantenimiento: Se Recomienda mantenimiento correctivo

Máquina: Tolva dosificadora sin greasley

Elemento: Caja de piñones reductores de revoluciones

1. Evaluación de Criticidad

Suma de Criterios: 25

Nivel de Criticidad: Criticidad Baja

Detalle de Criterios de Criticidad:

- Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta)
- Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población)
- Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones)
- Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil)
- Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil)
- Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)

2. Análisis de Mantenimiento

Valores C1-C8 (0 o 1): C1=1, C2=1, C3=0, C4=0, C5=1, C6=1, C7=1, C8=1

Coefficiente Predictivo: 0,75

Fallas: 2,00

Pérdidas: 3,00

Correctivo/Predictivo: 1,00

Recomendación de Mantenimiento: Preventivo con medición de parámetros y síntomas

Máquina: Tolva dosificadora sin greasley

Elemento: Cardán con crucetas

1. Evaluación de Criticidad

Suma de Criterios: 25

Nivel de Criticidad: Criticidad Baja

Detalle de Criterios de Criticidad:

- Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta)
- Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población)
- Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones)
- Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil)
- Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil)
- Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)

2. Análisis de Mantenimiento

Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=1, C3=0, C4=1, C5=1, C6=0, C7=1, C8=0

Coefficiente Predictivo: 0,25

Fallas: 1,00

Pérdidas: 1,00

Correctivo/Predictivo: 0,40

Recomendación de Mantenimiento: Preventivo según índices de fiabilidad

Máquina: Tolva dosificadora sin greasley

Elemento: Pesas

1. Evaluación de Criticidad

Suma de Criterios: 25

Nivel de Criticidad: Criticidad Baja

Detalle de Criterios de Criticidad:

- Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta)
- Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población)
- Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones)
- Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil)
- Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil)
- Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)

2. Análisis de Mantenimiento

Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=0, C3=0, C4=1, C5=0, C6=0, C7=0, C8=0

Coefficiente Predictivo: 0,00

Fallas: 0,00

Pérdidas: 0,00

Correctivo/Predictivo: 0,00

Recomendación de Mantenimiento: Se Recomienda mantenimiento correctivo

Máquina: Tolva dosificadora sin greasley

Elemento: Resortes

1. Evaluación de Criticidad

Suma de Criterios: 25

Nivel de Criticidad: Criticidad Baja

Detalle de Criterios de Criticidad:

- Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta)
- Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población)
- Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones)
- Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil)
- Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil)
- Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)

2. Análisis de Mantenimiento

Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=0, C3=0, C4=1, C5=0, C6=0, C7=0, C8=0

Coefficiente Predictivo: 0,00

Fallas: 0,00

Pérdidas: 0,00

Correctivo/Predictivo: 0,00

Recomendación de Mantenimiento: Se Recomienda mantenimiento correctivo

Máquina: Tolva dosificadora sin greasley

Elemento: Plancha de 1/2 "

1. Evaluación de Criticidad

Suma de Criterios: 25

Nivel de Criticidad: Criticidad Baja

Detalle de Criterios de Criticidad:

- Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta)

- Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población)
- Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones)
- Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil)
- Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil)
- Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)

2. Análisis de Mantenimiento

Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=0, C3=0, C4=1, C5=0, C6=0, C7=0, C8=0

Coefficiente Predictivo: 0,00

Fallas: 0,00

Pérdidas: 0,00

Correctivo/Predictivo: 0,00

Recomendación de Mantenimiento: Se Recomienda mantenimiento correctivo

Máquina: Tolva dosificadora sin greasley

Elemento: Estructura metálica

1. Evaluación de Criticidad

Suma de Criterios: 25

Nivel de Criticidad: Criticidad Baja

Detalle de Criterios de Criticidad:

- Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta)
- Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población)
- Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones)
- Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil)
- Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil)
- Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)

2. Análisis de Mantenimiento

Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=0, C3=0, C4=1, C5=0, C6=0, C7=0, C8=0

Coefficiente Predictivo: 0,00

Fallas: 0,00

Pérdidas: 0,00

Correctivo/Predictivo: 0,00

Recomendación de Mantenimiento: Se Recomienda mantenimiento correctivo

INFORME DE ANÁLISIS DE MANTENIMIENTO A NIVEL DE ELEMENTO

Fecha del Informe: 29/07/2025 22:45

Empresa/Instalación: Cantera San Joaquín 2

ÁREA	TAi	TPmáx	INGM (%)	EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN
Administración del mantenimiento	12,00	81	14,81%	Deficiente
Servicio a terceros	5,00	42	11,90%	Deficiente
Personal de mantenimiento	17,00	51	33,33%	Deficiente
Gestión de piezas de repuesto	11,00	69	15,94%	Deficiente
Evaluación y control	3,00	60	5,00%	Deficiente
Infraestructura	24,00	63	38,10%	Deficiente
Seguridad	33,00	45	73,33%	Aceptable
Medio ambiente	23,00	27	85,19%	Bien
Aseguramiento de la calidad	0,00	45	0,00%	Deficiente
TOTAL	128,00	483	26,50%	Deficiente

Máquina: Transportador de banda



Elemento: Motor

1. Evaluación de Criticidad

Suma de Criterios: 25

Nivel de Criticidad: Criticidad Baja

Detalle de Criterios de Criticidad:

- Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta)
- Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población)
- Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones)

- Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil)
- Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil)
- Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)

2. Análisis de Mantenimiento

Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=1, C3=1, C4=1, C5=1, C6=0, C7=1, C8=0

Coefficiente Predictivo: 0,50

Fallas: 1,00

Pérdidas: 1,00

Correctivo/Predictivo: 0,40

Recomendación de Mantenimiento: Preventivo según índices de fiabilidad

Máquina: Transportador de banda

Elemento: Correa

1. Evaluación de Criticidad

Suma de Criterios: 25

Nivel de Criticidad: Criticidad Baja

Detalle de Criterios de Criticidad:

- Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta)
- Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población)
- Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones)
- Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil)
- Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil)
- Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)

2. Análisis de Mantenimiento

Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=0, C3=0, C4=1, C5=0, C6=0, C7=0, C8=0

Coefficiente Predictivo: 0,00

Fallas: 0,00

Pérdidas: 0,00

Correctivo/Predictivo: 0,00

Recomendación de Mantenimiento: Se Recomienda mantenimiento correctivo

Máquina: Transportador de banda

Elemento: Reductor

1. Evaluación de Criticidad

Suma de Criterios: 25

Nivel de Criticidad: Criticidad Baja

Detalle de Criterios de Criticidad:

- Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta)
- Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población)
- Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones)
- Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil)
- Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil)
- Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)

2. Análisis de Mantenimiento

Valores C1-C8 (0 o 1): C1=1, C2=1, C3=0, C4=0, C5=1, C6=1, C7=1, C8=1

Coefficiente Predictivo: 0,75

Fallas: 2,00

Pérdidas: 3,00

Correctivo/Predictivo: 1,00

Recomendación de Mantenimiento: Preventivo con medición de parámetros y síntomas

Máquina: Transportador de banda

Elemento: Tambor motriz

1. Evaluación de Criticidad

Suma de Criterios: 25

Nivel de Criticidad: Criticidad Baja

Detalle de Criterios de Criticidad:

- Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta)
- Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población)
- Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones)
- Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil)
- Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil)
- Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)

2. Análisis de Mantenimiento

Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=0, C3=0, C4=1, C5=0, C6=0, C7=0, C8=0

Coefficiente Predictivo: 0,00

Fallas: 0,00

Pérdidas: 0,00

Correctivo/Predictivo: 0,00

Recomendación de Mantenimiento: Se Recomienda mantenimiento correctivo

Máquina: Transportador de banda

Elemento: Banda

1. Evaluación de Criticidad

Suma de Criterios: 25

Nivel de Criticidad: Criticidad Baja

Detalle de Criterios de Criticidad:

- Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta)
- Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población)
- Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones)
- Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil)
- Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil)
- Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)

2. Análisis de Mantenimiento

Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=0, C3=0, C4=1, C5=0, C6=0, C7=0, C8=0

Coefficiente Predictivo: 0,00

Fallas: 0,00

Pérdidas: 0,00

Correctivo/Predictivo: 0,00

Recomendación de Mantenimiento: Se Recomienda mantenimiento correctivo

Máquina: Transportador de banda

Elemento: Eje (chumaceras)

1. Evaluación de Criticidad

Suma de Criterios: 25

Nivel de Criticidad: Criticidad Baja

Detalle de Criterios de Criticidad:

- Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta)
- Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población)
- Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones)
- Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil)
- Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil)
- Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)

2. Análisis de Mantenimiento

Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=1, C3=0, C4=1, C5=1, C6=0, C7=1, C8=0

Coefficiente Predictivo: 0,25

Fallas: 1,00

Pérdidas: 1,00

Correctivo/Predictivo: 0,40

Recomendación de Mantenimiento: Preventivo según índices de fiabilidad

Máquina: Transportador de banda

Elemento: Estructura metálica

1. Evaluación de Criticidad

Suma de Criterios: 25

Nivel de Criticidad: Criticidad Baja

Detalle de Criterios de Criticidad:

- Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta)
- Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población)
- Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones)
- Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil)
- Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil)
- Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)

2. Análisis de Mantenimiento

Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=0, C3=0, C4=1, C5=0, C6=0, C7=0, C8=0

Coeficiente Predictivo: 0,00

Fallas: 0,00

Pérdidas: 0,00

Correctivo/Predictivo: 0,00

Recomendación de Mantenimiento: Se Recomienda mantenimiento correctivo

Máquina: Transportador de banda

Elemento: Rodillos

1. Evaluación de Criticidad

Suma de Criterios: 25

Nivel de Criticidad: Criticidad Baja

Detalle de Criterios de Criticidad:

- Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta)
- Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población)
- Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones)
- Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil)
- Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil)
- Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)

2. Análisis de Mantenimiento

Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=1, C3=0, C4=1, C5=1, C6=0, C7=1, C8=0

Coeficiente Predictivo: 0,25

Fallas: 1,00

Pérdidas: 1,00

Correctivo/Predictivo: 0,40

Recomendación de Mantenimiento: Preventivo según índices de fiabilidad

Máquina: Transportador de banda

Elemento: Tambor cola de pato

1. Evaluación de Criticidad

Suma de Criterios: 25

Nivel de Criticidad: Criticidad Baja

Detalle de Criterios de Criticidad:

- Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta)
- Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población)
- Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones)
- Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil)
- Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil)
- Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)

2. Análisis de Mantenimiento

Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=1, C3=0, C4=1, C5=1, C6=0, C7=1, C8=0

Coefficiente Predictivo: 0,25

Fallas: 1,00

Pérdidas: 1,00

Correctivo/Predictivo: 0,40

Recomendación de Mantenimiento: Preventivo según índice

Anexo 4

INFORME DE ANÁLISIS DE MANTENIMIENTO A NIVEL DE ELEMENTO

Fecha del Informe: 29/07/2025 22:57

Empresa/Instalación: Cantera San Joaquín 2

ÁREA	TAi	TPmáx	INGM (%)	EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN
Administración del mantenimiento	12,00	81	14,81%	Deficiente
Servicio a terceros	5,00	42	11,90%	Deficiente
Personal de mantenimiento	17,00	51	33,33%	Deficiente
Gestión de piezas de repuesto	11,00	69	15,94%	Deficiente
Evaluación y control	3,00	60	5,00%	Deficiente
Infraestructura	24,00	63	38,10%	Deficiente
Seguridad	33,00	45	73,33%	Aceptable
Medio ambiente	23,00	27	85,19%	Bien
Aseguramiento de la calidad	0,00	45	0,00%	Deficiente
TOTAL	128,00	483	26,50%	Deficiente

12 Máquina: Zaranda vibratoria



12.1 Elemento: Motor

1. Evaluación de Criticidad

Suma de Criterios: 25

Nivel de Criticidad: Criticidad Baja

Detalle de Criterios de Criticidad:

- Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta)
- Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población)

- Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones)
- Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil)
- Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil)
- Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)

2. Análisis de Mantenimiento

Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=1, C3=1, C4=1, C5=1, C6=0, C7=1, C8=0

Coefficiente Predictivo: 0,50

Fallas: 1,00

Pérdidas: 1,00

Correctivo/Predictivo: 0,40

Recomendación de Mantenimiento: Preventivo según índices de fiabilidad

13 Máquina: Zaranda vibratoria

13.1 Elemento: Sist. Eléctrico (Relé, contactores, cables)

1. Evaluación de Criticidad

Suma de Criterios: 25

Nivel de Criticidad: Criticidad Baja

Detalle de Criterios de Criticidad:

- Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta)
- Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población)
- Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones)
- Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil)
- Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil)
- Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)

2. Análisis de Mantenimiento

Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=1, C3=0, C4=1, C5=1, C6=0, C7=1, C8=0

Coefficiente Predictivo: 0,25

Fallas: 1,00

Pérdidas: 1,00

Correctivo/Predictivo: 0,40

Recomendación de Mantenimiento: Preventivo según índices de fiabilidad

14 Máquina: Zaranda vibratoria

14.1 Elemento: Correa

1. Evaluación de Criticidad

Suma de Criterios: 25

Nivel de Criticidad: Criticidad Baja

Detalle de Criterios de Criticidad:

- Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta)
- Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población)
- Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones)
- Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil)
- Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil)
- Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)

2. Análisis de Mantenimiento

Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=0, C3=0, C4=1, C5=0, C6=0, C7=0, C8=0

Coefficiente Predictivo: 0,00

Fallas: 0,00

Pérdidas: 0,00

Correctivo/Predictivo: 0,00

Recomendación de Mantenimiento: Se Recomienda mantenimiento correctivo

15 Máquina: Zaranda vibratoria

15.1 Elemento: Mallas

1. Evaluación de Criticidad

Suma de Criterios: 25

Nivel de Criticidad: Criticidad Baja

Detalle de Criterios de Criticidad:

- Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta)
- Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población)
- Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones)
- Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil)
- Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil)
- Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)

2. Análisis de Mantenimiento

Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=0, C3=0, C4=1, C5=0, C6=0, C7=0, C8=0

Coefficiente Predictivo: 0,00

Fallas: 0,00

Pérdidas: 0,00

Correctivo/Predictivo: 0,00

Recomendación de Mantenimiento: Se Recomienda mantenimiento correctivo

Máquina: Zaranda vibratoria

Elemento: Cono embudo

1. Evaluación de Criticidad

Suma de Criterios: 25

Nivel de Criticidad: Criticidad Baja

Detalle de Criterios de Criticidad:

- Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta)
- Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población)
- Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones)
- Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil)
- Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil)
- Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)

2. Análisis de Mantenimiento

Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=0, C3=0, C4=1, C5=0, C6=0, C7=0, C8=0

Coefficiente Predictivo: 0,00

Fallas: 0,00

Pérdidas: 0,00

Correctivo/Predictivo: 0,00

Recomendación de Mantenimiento: Se Recomienda mantenimiento correctivo

Máquina: Zaranda vibratoria

Elemento: Resortes

1. Evaluación de Criticidad

Suma de Criterios: 25

Nivel de Criticidad: Criticidad Baja

Detalle de Criterios de Criticidad:

- Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta)
- Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población)
- Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones)
- Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil)
- Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil)
- Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)

2. Análisis de Mantenimiento

Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=0, C3=0, C4=1, C5=0, C6=0, C7=0, C8=0

Coefficiente Predictivo: 0,00

Fallas: 0,00

Pérdidas: 0,00

Correctivo/Predictivo: 0,00

Recomendación de Mantenimiento: Se Recomienda mantenimiento correctivo

Máquina: Zaranda vibratoria

Elemento: Pesas

1. Evaluación de Criticidad

Suma de Criterios: 25

Nivel de Criticidad: Criticidad Baja

Detalle de Criterios de Criticidad:

- Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta)
- Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población)
- Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones)
- Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil)
- Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil)
- Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)

2. Análisis de Mantenimiento

Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=0, C3=0, C4=1, C5=0, C6=0, C7=0, C8=0

Coefficiente Predictivo: 0,00

Fallas: 0,00

Pérdidas: 0,00

Correctivo/Predictivo: 0,00

Recomendación de Mantenimiento: Se Recomienda mantenimiento correctivo

Máquina: Zaranda vibratoria

Elemento: Estructura metálica

1. Evaluación de Criticidad

Suma de Criterios: 25

Nivel de Criticidad: Criticidad Baja

Detalle de Criterios de Criticidad:

- Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta)
- Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población)
- Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones)
- Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil)
- Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil)
- Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)

2. Análisis de Mantenimiento

Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=0, C3=0, C4=1, C5=0, C6=0, C7=0, C8=0

Coefficiente Predictivo: 0,00

Fallas: 0,00

Pérdidas: 0,00

Correctivo/Predictivo: 0,00

Recomendación de Mantenimiento: Se Recomienda mantenimiento correctivo

Anexo 5

INFORME DE ANÁLISIS DE MANTENIMIENTO A NIVEL DE ELEMENTO

Fecha del Informe: 29/07/2025 23:06

Empresa/Instalación: Cantera San Joaquín 2

ÁREA	TAi	TPmáx	INGM (%)	EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN
Administración del mantenimiento	12,00	81	14,81%	Deficiente
Servicio a terceros	5,00	42	11,90%	Deficiente
Personal de mantenimiento	17,00	51	33,33%	Deficiente
Gestión de piezas de repuesto	11,00	69	15,94%	Deficiente
Evaluación y control	3,00	60	5,00%	Deficiente
Infraestructura	24,00	63	38,10%	Deficiente
Seguridad	33,00	45	73,33%	Aceptable
Medio ambiente	23,00	27	85,19%	Bien
Aseguramiento de la calidad	0,00	45	0,00%	Deficiente
TOTAL	128,00	483	26,50%	Deficiente

Máquina: Trituradora 9026 con Doble Mandíbula



Elemento: Motor

1. Evaluación de Criticidad

Suma de Criterios: 25

Nivel de Criticidad: Criticidad Baja

Detalle de Criterios de Criticidad:

- Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta)
- Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población)

- Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones)
- Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil)
- Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil)
- Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)

2. Análisis de Mantenimiento

Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=1, C3=1, C4=1, C5=1, C6=0, C7=1, C8=0

Coefficiente Predictivo: 0,50

Fallas: 1,00

Pérdidas: 1,00

Correctivo/Predictivo: 0,40

Recomendación de Mantenimiento: Preventivo según índices de fiabilidad

Máquina: Trituradora 9026 con Doble Mandíbula

Elemento: Sist. Eléctrico (Relé, contactores, cables)

1. Evaluación de Criticidad

Suma de Criterios: 25

Nivel de Criticidad: Criticidad Baja

Detalle de Criterios de Criticidad:

- Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta)
- Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población)
- Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones)
- Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil)
- Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil)
- Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)

2. Análisis de Mantenimiento

Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=1, C3=0, C4=1, C5=1, C6=0, C7=1, C8=0

Coefficiente Predictivo: 0,25

Fallas: 1,00

Pérdidas: 1,00

Correctivo/Predictivo: 0,40

Recomendación de Mantenimiento: Preventivo según índices de fiabilidad

Máquina: Trituradora 9026 con Doble Mandíbula

Elemento: Eje

1. Evaluación de Criticidad

Suma de Criterios: 25

Nivel de Criticidad: Criticidad Baja

Detalle de Criterios de Criticidad:

- Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta)
- Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población)
- Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones)
- Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil)
- Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil)
- Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)

2. Análisis de Mantenimiento

Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=0, C3=0, C4=1, C5=0, C6=0, C7=0, C8=0

Coefficiente Predictivo: 0,00

Fallas: 0,00

Pérdidas: 0,00

Correctivo/Predictivo: 0,00

Recomendación de Mantenimiento: Se Recomienda mantenimiento correctivo

Máquina: Trituradora 9026 con Doble Mandíbula

Elemento: Fusible

1. Evaluación de Criticidad

Suma de Criterios: 25

Nivel de Criticidad: Criticidad Baja

Detalle de Criterios de Criticidad:

- Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta)
- Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población)
- Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones)
- Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil)
- Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil)
- Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)

2. Análisis de Mantenimiento

Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=0, C3=0, C4=1, C5=0, C6=0, C7=0, C8=0

Coefficiente Predictivo: 0,00

Fallas: 0,00

Pérdidas: 0,00

Correctivo/Predictivo: 0,00

Recomendación de Mantenimiento: Se Recomienda mantenimiento correctivo

Máquina: Trituradora 9026 con Doble Mandíbula

Elemento: Mandíbula Fija

1. Evaluación de Criticidad

Suma de Criterios: 25

Nivel de Criticidad: Criticidad Baja

Detalle de Criterios de Criticidad:

- Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta)
- Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población)
- Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones)
- Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil)
- Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil)
- Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)

2. Análisis de Mantenimiento

Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=0, C3=0, C4=1, C5=0, C6=0, C7=0, C8=0

Coefficiente Predictivo: 0,00

Fallas: 0,00

Pérdidas: 0,00

Correctivo/Predictivo: 0,00

Recomendación de Mantenimiento: Se Recomienda mantenimiento correctivo

Máquina: Trituradora 9026 con Doble Mandíbula

Elemento: Mandíbula Movil

1. Evaluación de Criticidad

Suma de Criterios: 25

Nivel de Criticidad: Criticidad Baja

Detalle de Criterios de Criticidad:

- Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta)
- Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población)
- Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones)
- Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil)
- Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil)
- Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)

2. Análisis de Mantenimiento

Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=0, C3=0, C4=1, C5=0, C6=0, C7=0, C8=0

Coefficiente Predictivo: 0,00

Fallas: 0,00

Pérdidas: 0,00

Correctivo/Predictivo: 0,00

Recomendación de Mantenimiento: Se Recomienda mantenimiento correctivo

Máquina: Trituradora 9026 con Doble Mandíbula

Elemento: Cuñas

1. Evaluación de Criticidad

Suma de Criterios: 25

Nivel de Criticidad: Criticidad Baja

Detalle de Criterios de Criticidad:

- Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta)
- Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población)
- Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones)
- Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil)
- Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil)
- Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)

2. Análisis de Mantenimiento

Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=0, C3=0, C4=1, C5=0, C6=0, C7=0, C8=0

Coefficiente Predictivo: 0,00

Fallas: 0,00

Pérdidas: 0,00

Correctivo/Predictivo: 0,00

Recomendación de Mantenimiento: Se Recomienda mantenimiento correctivo

Máquina: Trituradora 9026 con Doble Mandíbula

Elemento: Estructura metálica

1. Evaluación de Criticidad

Suma de Criterios: 25

Nivel de Criticidad: Criticidad Baja

Detalle de Criterios de Criticidad:

- Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta)
- Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población)
- Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones)
- Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil)
- Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil)
- Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)

2. Análisis de Mantenimiento

Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=0, C3=0, C4=1, C5=0, C6=0, C7=0, C8=0

Coefficiente Predictivo: 0,00

Fallas: 0,00

Pérdidas: 0,00

Correctivo/Predictivo: 0,00

Recomendación de Mantenimiento: Se Recomienda mantenimiento correctivo

Anexo 5

INFORME DE ANÁLISIS DE MANTENIMIENTO A NIVEL DE ELEMENTO

Fecha del Informe: 29/07/2025 23:12

Empresa/Instalación: Cantera San Joaquín 2

ÁREA	TAi	TPmáx	INGM (%)	EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN
Administración del mantenimiento	12,00	81	14,81%	Deficiente
Servicio a terceros	5,00	42	11,90%	Deficiente
Personal de mantenimiento	17,00	51	33,33%	Deficiente
Gestión de piezas de repuesto	11,00	69	15,94%	Deficiente
Evaluación y control	3,00	60	5,00%	Deficiente
Infraestructura	24,00	63	38,10%	Deficiente
Seguridad	33,00	45	73,33%	Aceptable
Medio ambiente	23,00	27	85,19%	Bien
Aseguramiento de la calidad	0,00	45	0,00%	Deficiente
TOTAL	128,00	483	26,50%	Deficiente

Máquina: Generador



Elemento: Sist. De control

1. Evaluación de Criticidad

Suma de Criterios: 25

Nivel de Criticidad: Criticidad Baja

Detalle de Criterios de Criticidad:

- Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta)
- Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población)

- Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones)
- Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil)
- Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil)
- Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)

2. Análisis de Mantenimiento

Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=1, C3=1, C4=1, C5=1, C6=0, C7=1, C8=0

Coefficiente Predictivo: 0,50

Fallas: 1,00

Pérdidas: 1,00

Correctivo/Predictivo: 0,40

Recomendación de Mantenimiento: Preventivo según índices de fiabilidad

Máquina: Generador

Elemento: Sist. De lubricación

1. Evaluación de Criticidad

Suma de Criterios: 25

Nivel de Criticidad: Criticidad Baja

Detalle de Criterios de Criticidad:

- Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta)
- Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población)
- Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones)
- Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil)
- Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil)
- Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)

2. Análisis de Mantenimiento

Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=1, C3=0, C4=1, C5=1, C6=0, C7=1, C8=0

Coefficiente Predictivo: 0,25

Fallas: 1,00

Pérdidas: 1,00

Correctivo/Predictivo: 0,40

Recomendación de Mantenimiento: Preventivo según índices de fiabilidad

Máquina: Generador

Elemento: Sist. De combustible

1. Evaluación de Criticidad

Suma de Criterios: 25

Nivel de Criticidad: Criticidad Baja

Detalle de Criterios de Criticidad:

- Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta)
- Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población)
- Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones)
- Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil)
- Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil)
- Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)

2. Análisis de Mantenimiento

Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=0, C3=0, C4=1, C5=0, C6=0, C7=0, C8=0

Coefficiente Predictivo: 0,00

Fallas: 0,00

Pérdidas: 0,00

Correctivo/Predictivo: 0,00

Recomendación de Mantenimiento: Se Recomienda mantenimiento correctivo

Máquina: Generador

Elemento: Sist. De enfriamiento

1. Evaluación de Criticidad

Suma de Criterios: 25

Nivel de Criticidad: Criticidad Baja

Detalle de Criterios de Criticidad:

- Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta)
- Efecto en la población: 1 (Sin efectos en la población)
- Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones)
- Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil)
- Daños en la instalación: 1 (Hasta 10 mil)
- Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)

2. Análisis de Mantenimiento

Valores C1-C8 (0 o 1): C1=0, C2=0, C3=0, C4=1, C5=0, C6=0, C7=0, C8=0

Coefficiente Predictivo: 0,00

Fallas: 0,00

Pérdidas: 0,00

Correctivo/Predictivo: 0,00

Recomendación de Mantenimiento: Se Recomienda mantenimiento correctivo

Anexo 6

INFORME DE ANÁLISIS DE MANTENIMIENTO A NIVEL DE MÁQUINA

Empresa/Instalación: Cantera San Joaquín 2

Fecha del Informe: 29/07/2025 21:30

ÁREA	TAi	TPmáx	INGM (%)	EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN
Administración del mantenimiento	12,00	81	14,81%	Deficiente
Servicio a terceros	5,00	42	11,90%	Deficiente
Personal de mantenimiento	17,00	51	33,33%	Deficiente
Gestión de piezas de repuesto	11,00	69	15,94%	Deficiente
Evaluación y control	3,00	60	5,00%	Deficiente
Infraestructura	24,00	63	38,10%	Deficiente
Seguridad	33,00	45	73,33%	Aceptable
Medio ambiente	23,00	27	85,19%	Bien
Aseguramiento de la calidad	0,00	45	0,00%	Deficiente
TOTAL	128,00	483	26,50%	Deficiente

Tolva dosificadora con greasley



1. Evaluación de Criticidad

Suma de Criterios: 25

Nivel de Criticidad: Criticidad Baja

Detalle de Criterios de Criticidad:

- Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta)
- Efecto de la población: 1 (Sin efectos en la población)
- Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones)

- Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil)
- Daños a la instalación: 1 (Hasta 10 mil)
- Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)

2. Análisis de Mantenimiento

Valores C1-C8 (0 o 1): C1=1, C2=1, C3=1, C4=0, C5=1, C6=1, C7=0, C8=0

Coefficiente Predictivo: 1,00

Fallas: 0,00

Pérdidas: 3,00

Correctivo/Predictivo: 0,60

Recomendación de Mantenimiento: Preventivo con medición de parámetros y síntomas

Tolva dosificadora sin greasley



1. Evaluación de Criticidad

Suma de Criterios: 25

Nivel de Criticidad: Criticidad Baja

Detalle de Criterios de Criticidad:

- Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta)
- Efecto de la población: 1 (Sin efectos en la población)
- Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones)
- Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil)
- Daños a la instalación: 1 (Hasta 10 mil)
- Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)

2. Análisis de Mantenimiento

Valores C1-C8 (0 o 1): C1=1, C2=1, C3=1, C4=0, C5=1, C6=1, C7=0, C8=0

Coefficiente Predictivo: 1,00

Fallas: 0,00

Pérdidas: 3,00

Correctivo/Predictivo: 0,60

Recomendación de Mantenimiento: Preventivo con medición de parámetros y síntomas

Transportador de banda



1. Evaluación de Criticidad

Suma de Criterios: 25

Nivel de Criticidad: Criticidad Baja

Detalle de Criterios de Criticidad:

- Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta)
- Efecto de la población: 1 (Sin efectos en la población)
- Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones)
- Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil)
- Daños a la instalación: 1 (Hasta 10 mil)
- Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)

2. Análisis de Mantenimiento

Valores C1-C8 (0 o 1): C1=1, C2=1, C3=1, C4=0, C5=1, C6=1, C7=0, C8=0

Coefficiente Predictivo: 1,00

Fallas: 0,00

Pérdidas: 3,00

Correctivo/Predictivo: 0,60

Recomendación de Mantenimiento: Preventivo con medición de parámetros y síntomas

Zaranda vibratoria



1. Evaluación de Criticidad

Suma de Criterios: 25

Nivel de Criticidad: Criticidad Baja

Detalle de Criterios de Criticidad:

- Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta)
- Efecto de la población: 1 (Sin efectos en la población)
- Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones)
- Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil)
- Daños a la instalación: 1 (Hasta 10 mil)
- Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)

2. Análisis de Mantenimiento

Valores C1-C8 (0 o 1): C1=1, C2=1, C3=0, C4=0, C5=1, C6=1, C7=1, C8=1

Coefficiente Predictivo: 0,75

Fallas: 2,00

Pérdidas: 3,00

Correctivo/Predictivo: 1,00

Recomendación de Mantenimiento: Preventivo con medición de parámetros y síntomas

Trituradora 9026 con Doble Mandíbula



1. Evaluación de Criticidad

Suma de Criterios: 25

Nivel de Criticidad: Criticidad Baja

Detalle de Criterios de Criticidad:

- Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta)
- Efecto de la población: 1 (Sin efectos en la población)
- Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones)
- Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil)
- Daños a la instalación: 1 (Hasta 10 mil)
- Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)

2. Análisis de Mantenimiento

Valores C1-C8 (0 o 1): C1=1, C2=1, C3=0, C4=0, C5=1, C6=1, C7=1, C8=1

Coefficiente Predictivo: 0,75

Fallas: 2,00

Pérdidas: 3,00

Recomendación de Mantenimiento: Preventivo con medición de parámetros y síntomas

Generador



1. Evaluación de Criticidad

Suma de Criterios: 25

Nivel de Criticidad: Criticidad Baja

Detalle de Criterios de Criticidad:

- Daños al personal: 1 (Sin impacto en el personal de la planta)
- Efecto de la población: 1 (Sin efectos en la población)
- Impacto ambiental: 1 (Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones)
- Pérdida de producción: 1 (Hasta 10 mil)
- Daños a la instalación: 1 (Hasta 10 mil)
- Tiempo promedio entre fallas : 5 (Es probable que ocurran varias fallas en un año.)

2. Análisis de Mantenimiento

Valores C1-C8 (0 o 1): C1=1, C2=1, C3=0, C4=0, C5=1, C6=1, C7=1, C8=1

Coefficiente Predictivo: 0,75

Fallas: 2,00

Pérdidas: 3,00

Correctivo/Predictivo: 1,00

Recomendación de Mantenimiento: Preventivo con medición de parámetros y síntomas

Anexos 7

Tipo de mantenimiento prevista por la tesis de estudio

Tolva dosificadora con greasley													Tipo de mantenimiento a aplicar
Mantenimiento a nivel de máquina	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_{PRED}	$C_{CORR/PREV}$	$C_{PÉRDIDA}$	C_{FALLAS}	
	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0,6	3	0	Preventivo con medición de parámetros y síntomas
Tolva dosificadora sin greasley													Tipo de mantenimiento a aplicar
Mantenimiento a nivel de máquina	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_{PRED}	$C_{CORR/PREV}$	$C_{PÉRDIDA}$	C_{FALLAS}	
	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0,6	3	0	Preventivo con medición de parámetros y síntomas
Transportador de banda													Tipo de mantenimiento a aplicar
Mantenimiento a nivel de máquina	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_{PRED}	$C_{CORR/PREV}$	$C_{PÉRDIDA}$	C_{FALLAS}	
	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0,6	3	0	Preventivo con medición de parámetros y síntomas
Zaranda vibratoria													Tipo de mantenimiento a aplicar
Mantenimiento a nivel de máquina	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_{PRED}	$C_{CORR/PREV}$	$C_{PÉRDIDA}$	C_{FALLAS}	
	1	1	0	0	1	1	1	1	0,75	1	3	2	Preventivo con medición de parámetros y síntomas
Trituradora 9026													Tipo de mantenimiento a aplicar
Mantenimiento a nivel de máquina	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_{PRED}	$C_{CORR/PREV}$	$C_{PÉRDIDA}$	C_{FALLAS}	
	1	1	0	0	1	1	1	1	0,75	1	3	2	Preventivo con medición de parámetros y síntomas
Generador													Tipo de mantenimiento a aplicar
Mantenimiento a nivel	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_{PRED}	$C_{CORR/PREV}$	$C_{PÉRDIDA}$	C_{FALLAS}	

de máquina	1	1	0	0	1	1	1	1	0,75	1	3	2	Preventivo con medición de parámetros y síntomas
-------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	------	---	---	---	--

Fuente [24], [22]

Anexo 8

Tolva dosificadora con greasley													Tipo de mantenimiento a aplicar
Mantenimiento a nivel	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_{PRED}	$C_{CORR/PREV}$	$C_{PÉRDIDA}$	C_{FALLAS}	
de máquina	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0,6	3	0	Preventivo con medición de parámetros y síntomas

Elaborado por: Los autores.

Tabla 3. Mantenimiento a nivel de elementos.

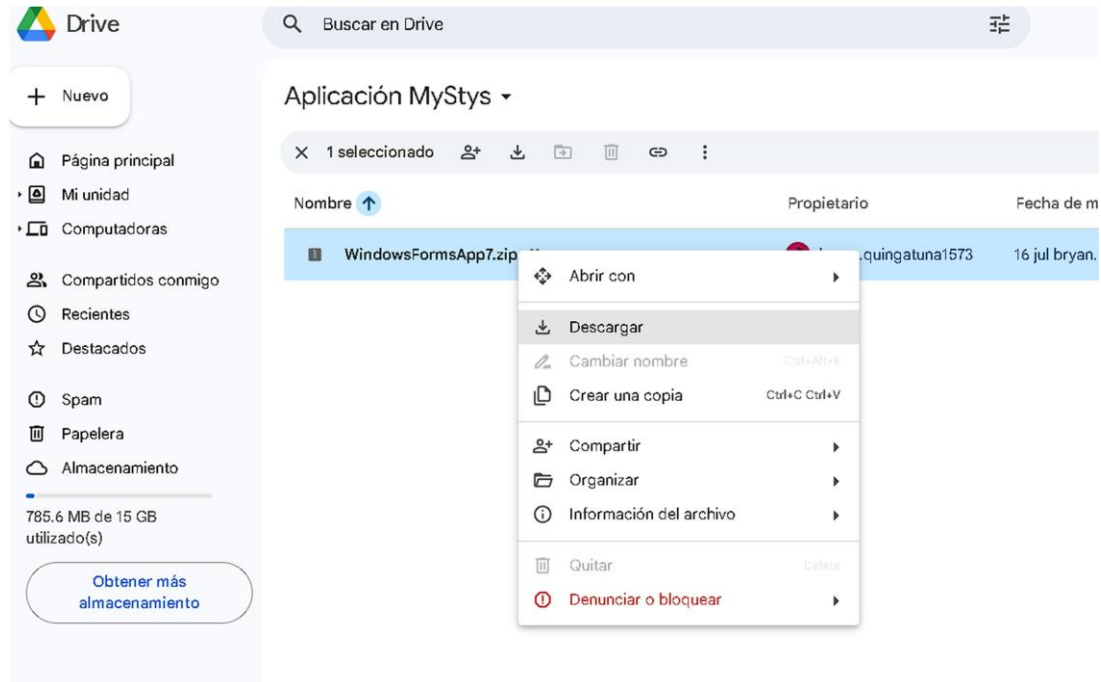
Tolva dosificadora con greasley														Tipo de mantenimiento a aplicar
Sistema	Elementos	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_{PRED}	$C_{CORR/PRE}$	$C_{PÉRDIDA}$	C_{FALLAS}	
Sist. Eléctrico y accionamiento	Motor	0	1	1	1	1	0	1	0	0,5	0,4	1	1	Predictivo
	Sist. Eléctrico (Relé, contactores, cables)	0	1	1	1	0	0	1	0	0,5	0,4	1	1	Predictivo
Sist. Mecánico de transmisión de fuerza	Correa	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	Correctivo
	Polea	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	Correctivo
	Caja de piñones reductores de revoluciones	1	1	0	0	1	1	1	1	0,75	1	3	2	Preventivo con medición de parámetros y síntomas
	Cardán con crucetas	0	1	0	1	1	0	1	0	0,25	0,4	1	1	Preventivo según índices de fiabilidad
Sistema Vibratorio	Pesas	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	Correctivo
	Resortes	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	Correctivo
	Plancha de 1/2 "	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	Correctivo
Sistema de soporte	Estructura metálica	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	Correctivo
Greasley	Pernos de seguridad	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	Correctivo

Fuente [24], [22]

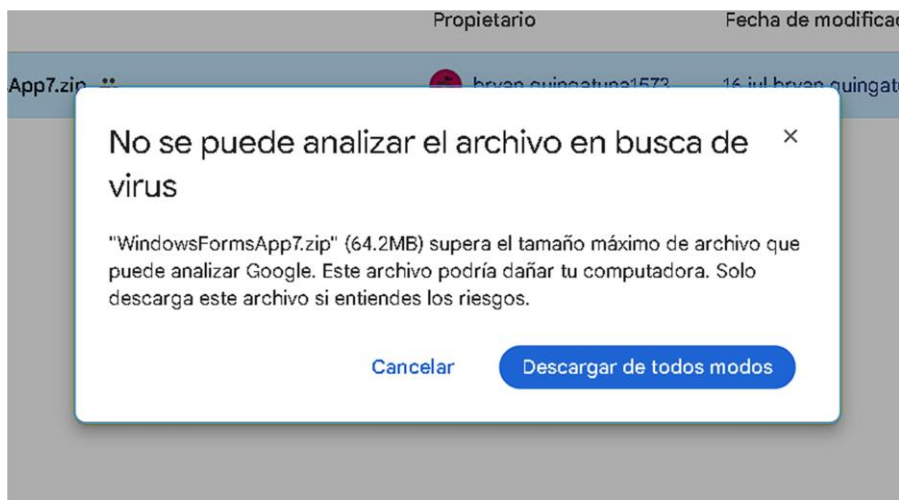
GUIA DE USO ManTSys

Aplicación para la determinación del tipo de mantenimiento

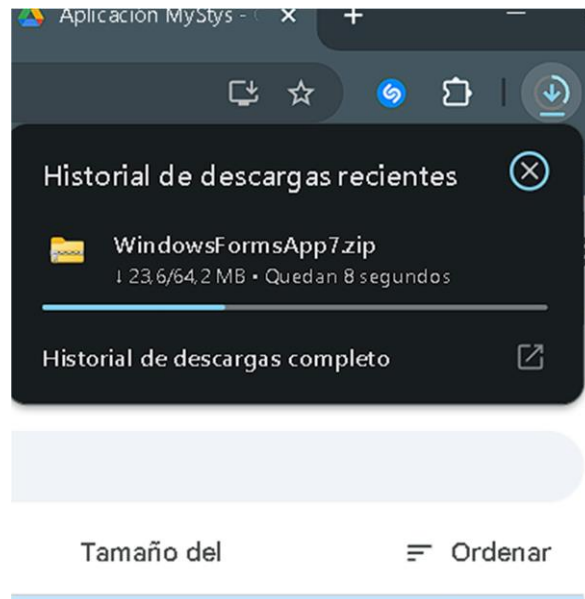
- Después de ingresar al link vamos a descargar el archivo que se muestra a continuación



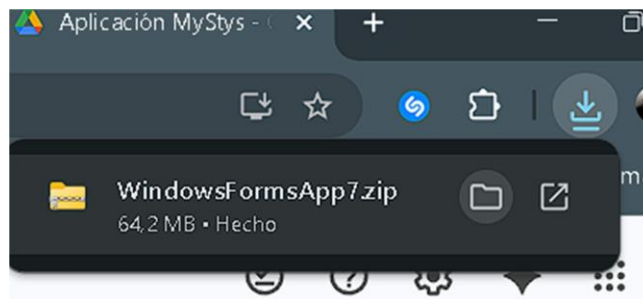
- Al aparecer esta ventana le damos click en descargar de todos modos



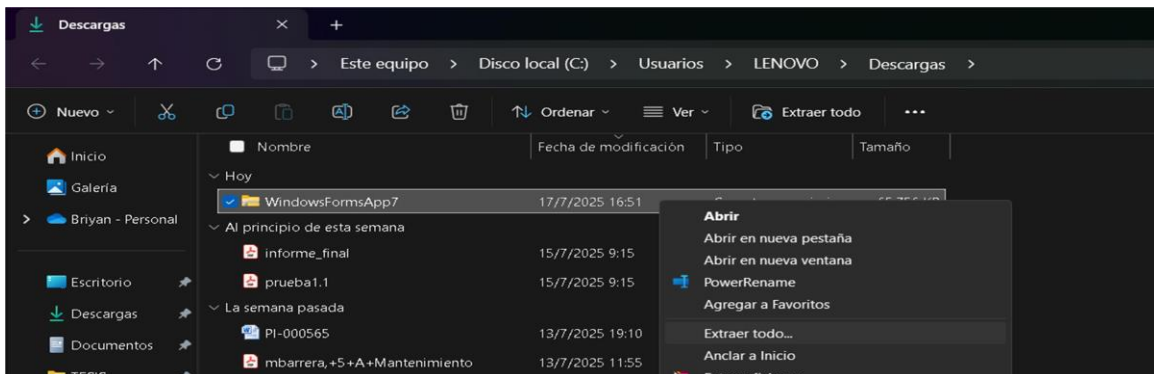
- Esperamos a que se descargue el archivo



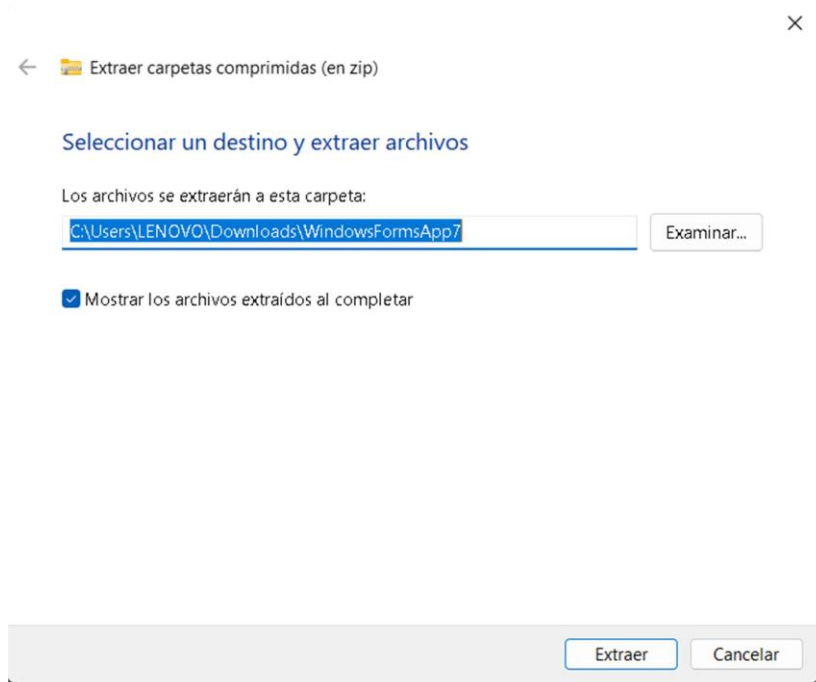
- Después que se finalice la descarga damos clic en el botón de abrir ubicación del archivo



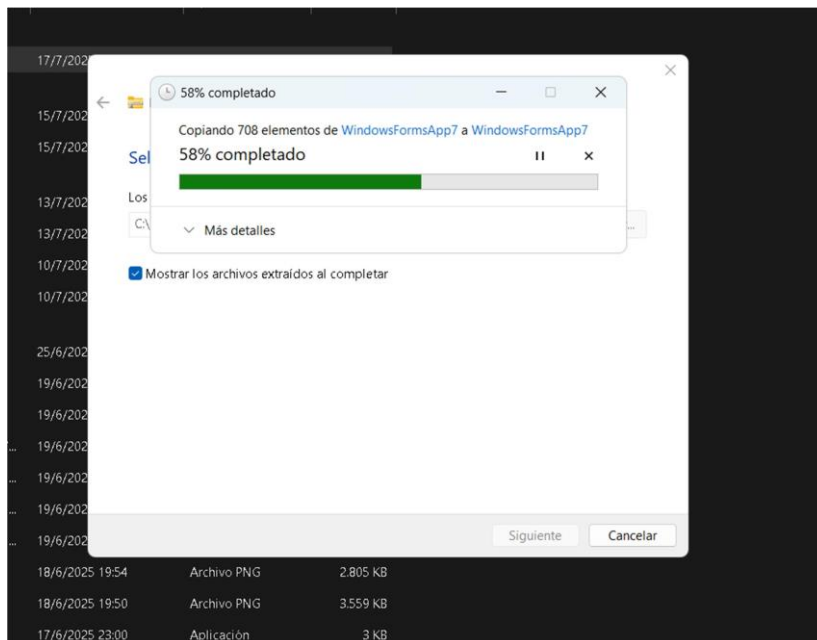
- Damos click derecho y ponemos extraer todo



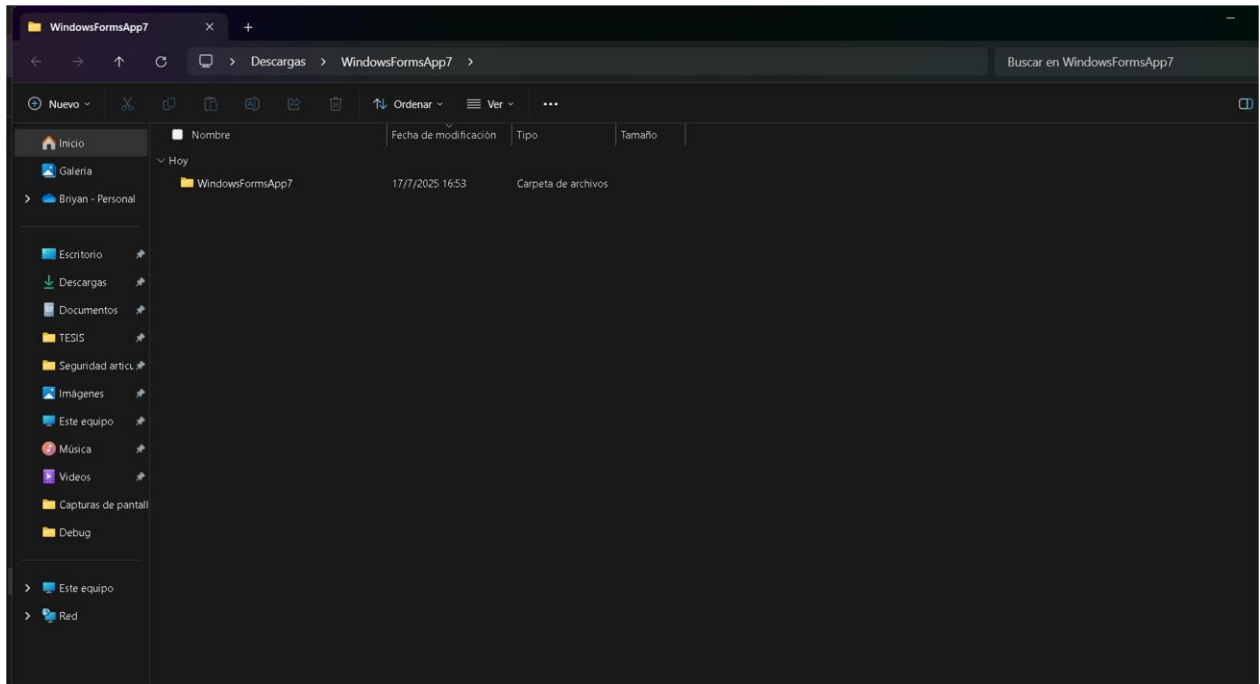
- En esta ventana podemos seleccionar en dónde queremos que se traiga el archivo vamos a ponerle extraer



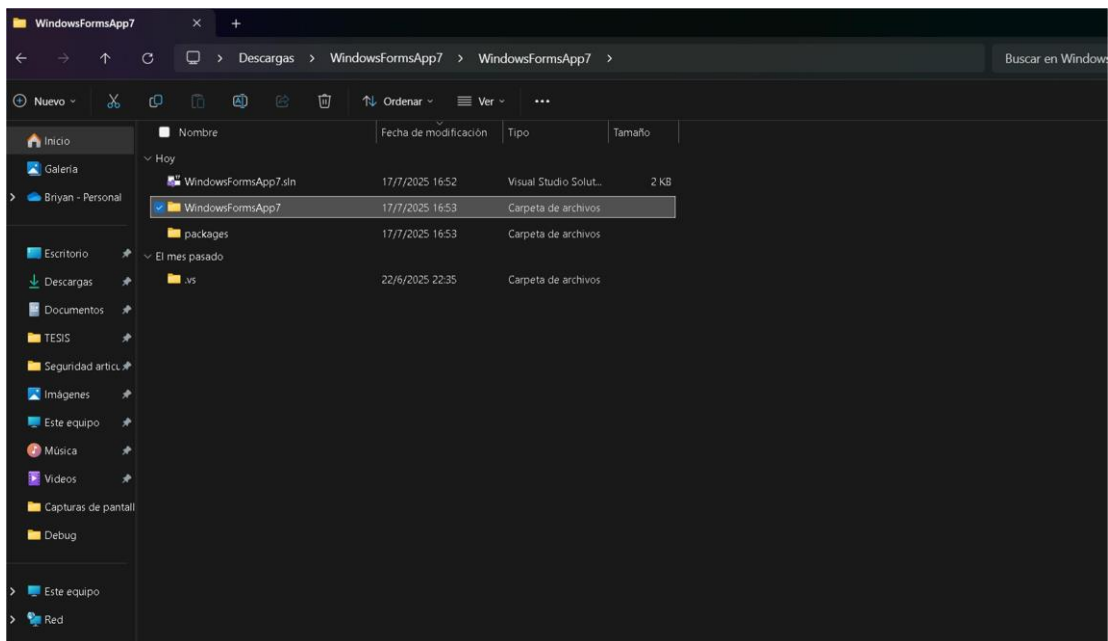
- Esperamos a que se terminen de traer los archivos



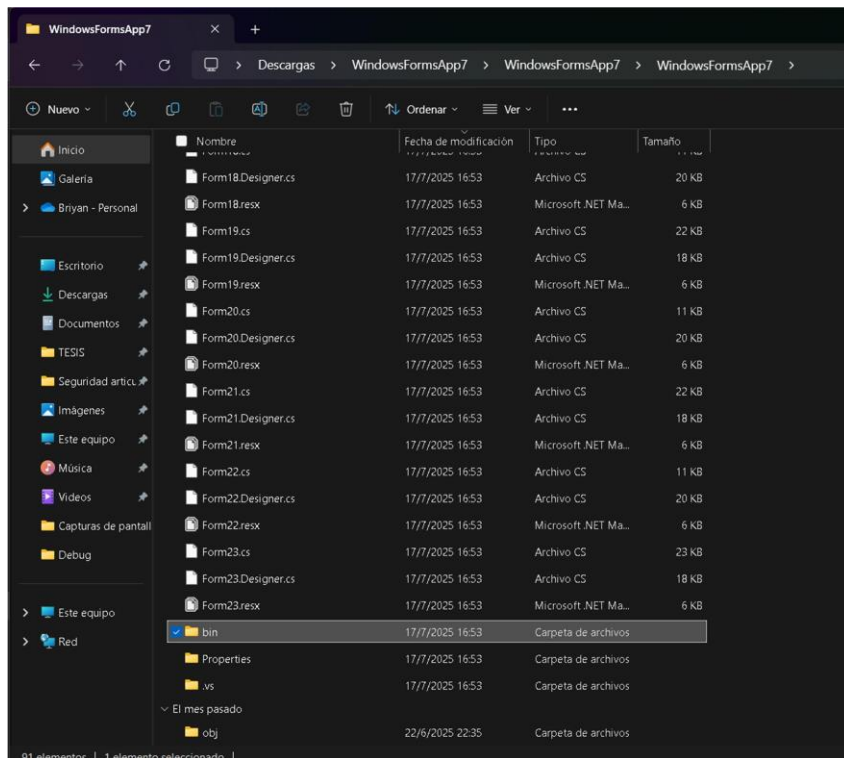
- Al finalizar abrimos la carpeta WindowsFormApp7



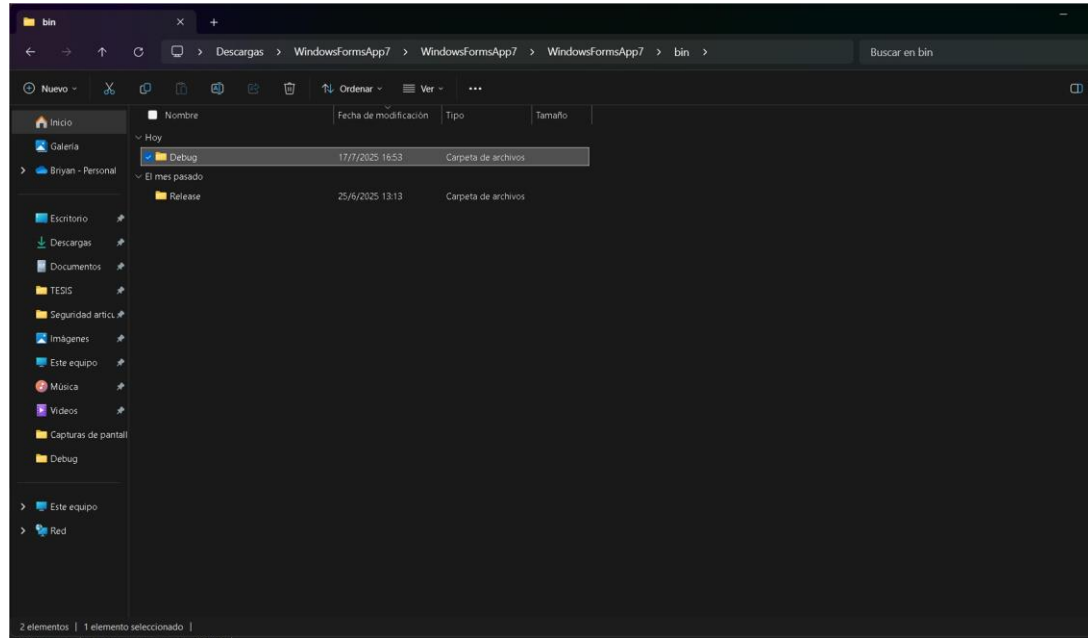
- Abrimos otra vez la carpeta WindowsFormApp7



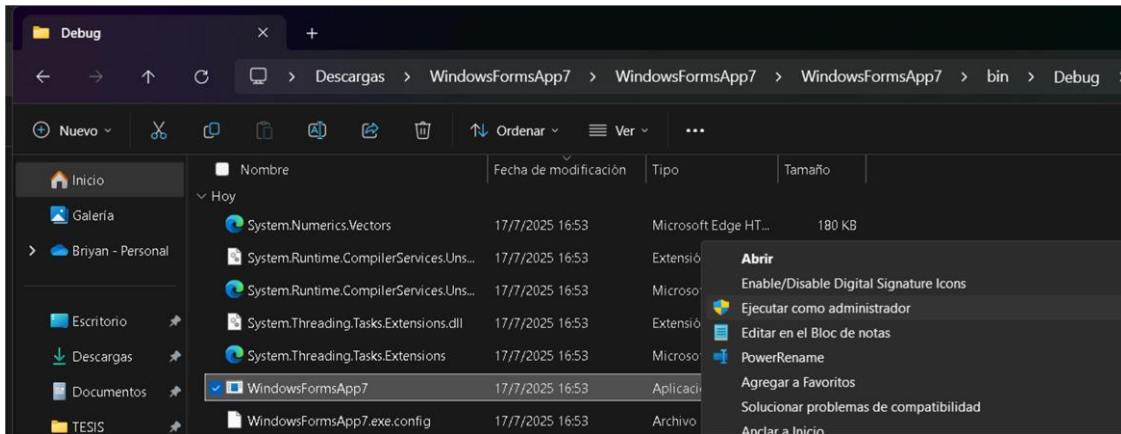
- Nos desplazamos hasta encontrar la carpeta que dice bin y la abriremos



- Al abrirla encontraremos dos carpetas, ingresaremos en la que dice Debug

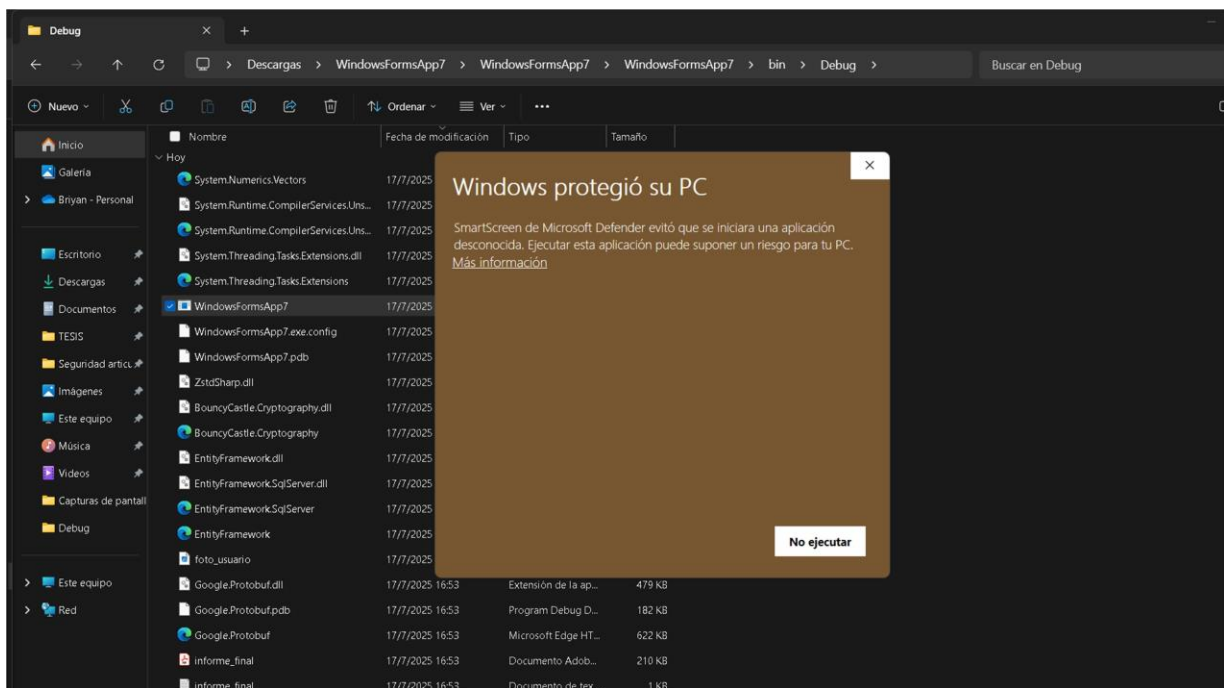


- Allí encontraremos una lista de archivos en la cual daremos clic derecho en la Windows Phone APP 7 en el tipo aplicación y la ejecutaremos como

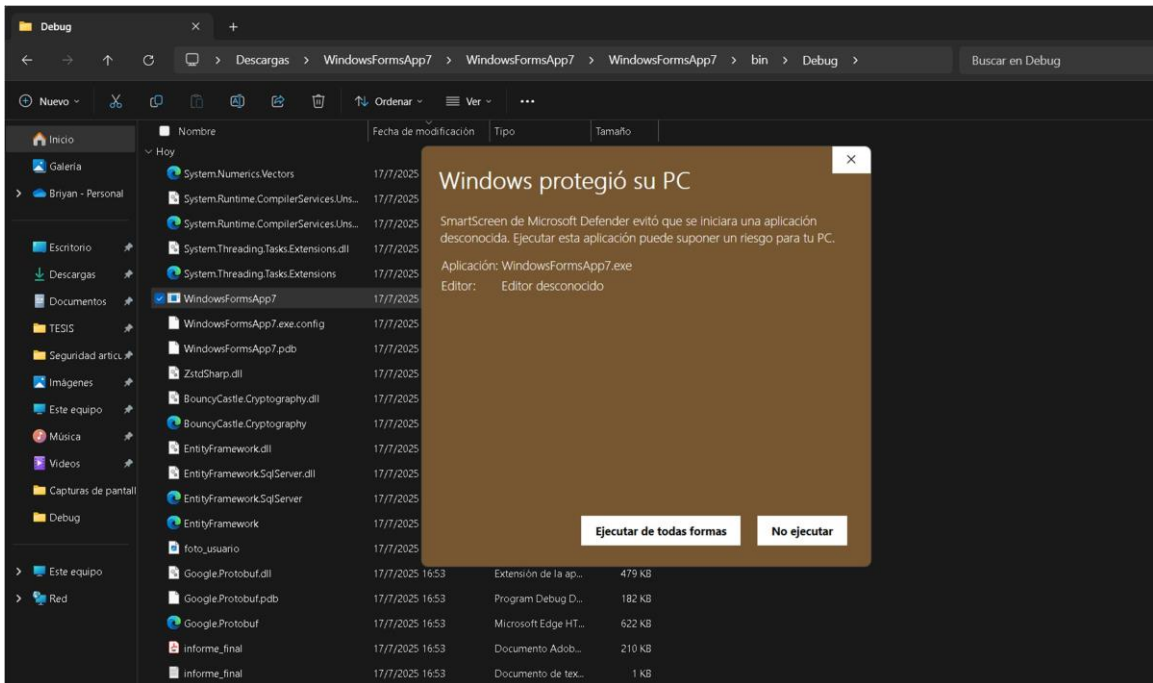


administrador

- Si nos aparece la siguiente pestaña damos clic en más información



- Daremos clic en ejecutar de todas formas



- Se nos abrirá la aplicación



- Si damos clic en el botón empezar se nos desplegará la ventana para realizar el INGM

Form4
Administración del mantenimiento

!Seleccione valores de 0 a 3 siendo 0 desfavorable y 3 Favorable!

¿Sabe con exactitud cuál es el costo de pérdida de producción/servicio por falla?
[Dropdown menu]

¿La documentación económica se encuentra correctamente ordenada y es accesible para la toma de decisiones, (para la confección de los planes de mantenimiento, costos de mantenimiento, consumo de materiales, piezas de repuesto y acciones de mantenimiento)?
[Dropdown menu]

¿Posee en cada área los catálogos e información técnica de todos los equipos (marca, modelo, país de procedencia, ciclos de mantenimiento, piezas importantes del equipo y su costo, función del equipo, puesta en marcha)?
[Dropdown menu]

¿Posee registros históricos, de los mantenimientos, para cada equipo, tipo de operación, frecuencia, duración, y causas de las averías, intervalos de mantenimiento y duración, recursos materiales y humanos empleados?
[Dropdown menu]

¿La información capturada en terreno es legible, útil y oportuna?
[Dropdown menu]

¿Tiene información precisa para llevar índices de control de eficiencia y eficacia?
[Dropdown menu]

¿Sabe exactamente el número de trabajos pendientes por período?
[Dropdown menu]

¿Existe un software que arroje información suficiente y efectiva para la toma de decisiones en el área de mantenimiento?
[Dropdown menu]

¿El sistema aporta información fiable?
[Dropdown menu]

¿Se implementa un Plan de Mantenimiento Programado?
[Dropdown menu]

- Rellenamos todos los campos y damos en next

Form12

¿La administración toma las medidas necesarias cuando se violan los parámetros de las normas de inspección?
En gran medida [Dropdown menu]

¿Existe el código de prácticas de higiene?
Mejorable [Dropdown menu]

¿Se conoce el código de prácticas de higiene y se practica por los operarios?
Más o menos [Dropdown menu]

¿Se capacita al personal técnico y obrero para el cumplimiento?
Más o menos [Dropdown menu]

¿Se conocen las reglas de manipulación de los procesos para lograr su inocuidad?
Más o menos [Dropdown menu]

¿La estructura interna y el equipamiento responden a las exigencias del proceso y son fáciles de limpiar?
En alguna medida [Dropdown menu]

¿Se capacita al personal en materia de limpieza y desinfección?
No [Dropdown menu]

NEXT

UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

- Se desplegará una nueva ventana en la que podremos seleccionar el tipo de mantenimiento que necesitamos dar si es a nivel de máquina o elemento



- Hacemos clic en nivel de máquina se nos abrirá una ventana donde tenemos que completar todos los campos, al pasar el mouse sobre el icono mostrado en la parte final del enunciado se nos desplegaron la ventana con más información para así tener una mejor selección de los datos

- Al ser la primera vez que iniciamos la aplicación tenemos que guardar máquinas ya que si damos directamente a generar PDF nos saldrá un error Ya que no tendremos ninguna máquina guardada para generar un PDF

- Asimismo si es que no rellenamos ningún campo nos saltaron el mensaje que no nos dejara continuar mostrándonos que debemos completar todos los campos correspondientes al momento de rellenar nos pedirá El nombre de la empresa nombre de la máquina y también adicionalmente podremos subir una imagen

- Igualmente se nos abrirá una ventana donde tenemos que completar todos los campos y también tendremos más información sobre cómo completar los campos al llegar a ese punto ponemos en el apartado que dice siguiente.

Form2

Escriba 1 si se cumple la condicion o 0 si no se cumple la condicion

Elevado costo de adquisición de la máquina. 0

Alto costo por concepto de pérdidas de prod. 1

No existencia de duplicado de la máquina. 1

Possibilidad de efectuar un diagnóstico de la máquina con la instrumentación disponible. 0

Possibilidad de efectuar mediciones de control de parámetros globales tales como: niveles totales de vibración, temperatura, flujo. 0

Elevado costo de mantenimiento de la máquina. Aquí se incluyen los gastos de materiales y de recursos humanos en un determinado período de tiempo. 0

Elevadas pérdidas de vida útil debido al desarme. Se refiere a máquinas que por sus características técnicas constructivas sufren deterioro de su estado técnico con el desarme. 0

Graves consecuencias económicas de una rotura para la máquina. Considera que el deterioro de una de sus partes debido a un fallo haría muy costosa su reparación. 1

NEXT

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

- Se nos abrió otra ventana como en los apartados anteriores en esa en pantalla podremos o agregar una nueva máquina o darle ya a generar PDF ya que ya tenemos una máquina registrada entonces ya nos dirá que podemos generar un PDF.

Form3

• Tiempo promedio entre fallas, en años.

• Daños al personal.

• Efecto en la población.

• Impacto ambiental.

• Pérdida de producción al año.

• Daños a la instalación al año.

Subir Imagen

Máquina Guardada

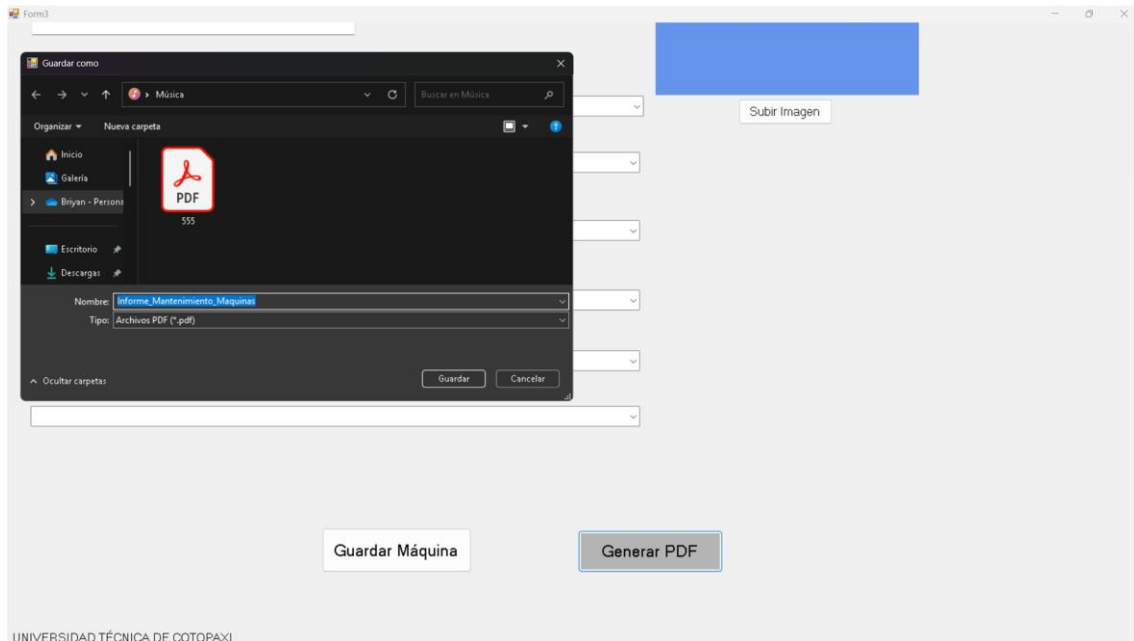
¡ Datos de Máquina 1 guardados, ¡éxito para la siguiente!

Aceptar

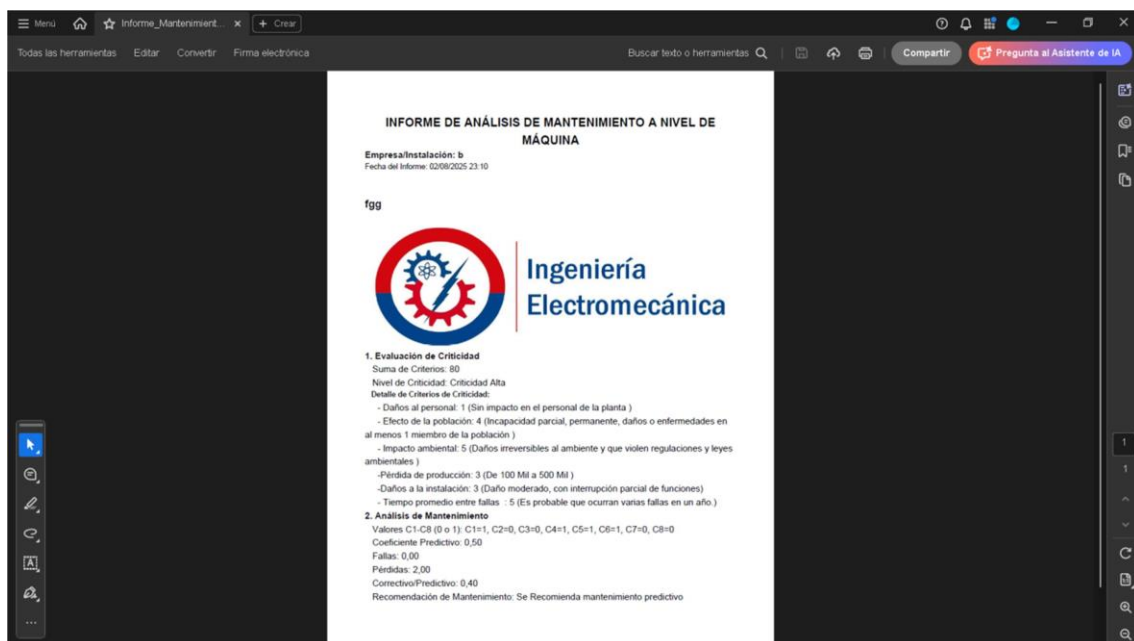
Guardar Máquina **Generar PDF**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

- Al dar clic en generar PDF se nos abrirá una ventana de podremos cambiar el nombre y la ubicación de donde queremos guardar el dicho PDF



- Se nos generaron PDF con el informe según los datos que hayamos ingresado



- Nosotros mensaje de que si queremos reiniciar las maquinas o seguir poniendo nuevas máquinas si le damos a reiniciar las máquinas nos dará un PDF por cada máquina que hagamos si le ponemos en continuar y no reiniciar entonces no saldrá un PDF con todas las máquinas que llegamos escrito que las máquinas pueden ser infinitas.

The screenshot shows a web form titled "Form3" with the following fields:

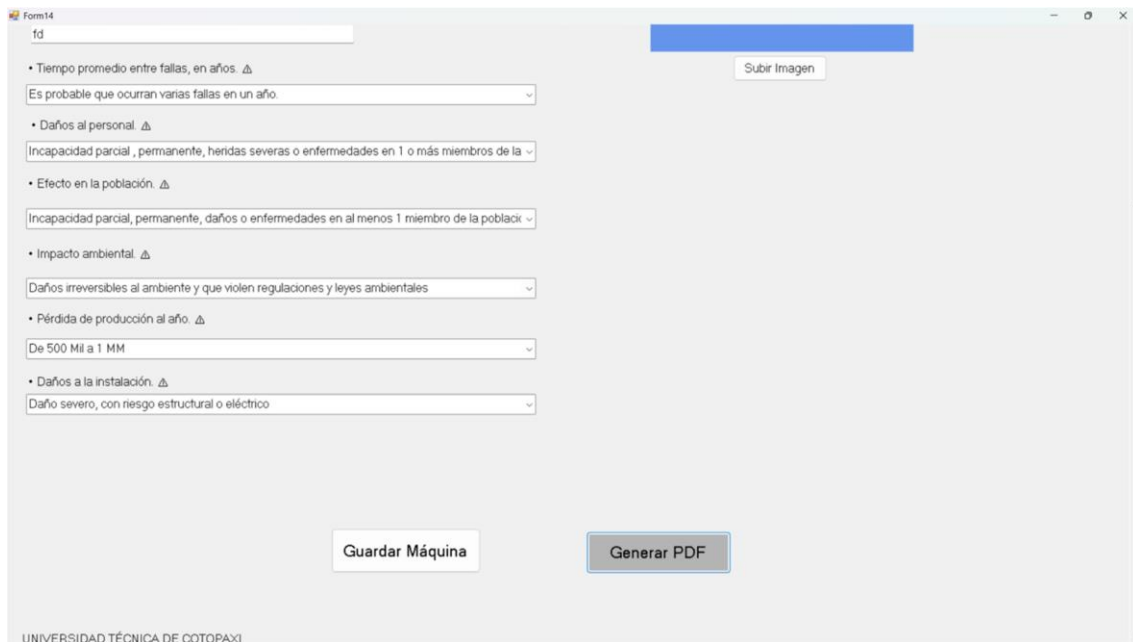
- Tiempo promedio entre fallas, en años. Δ
- Daños al personal. Δ
- Efecto en la población. Δ
- Impacto ambiental. Δ
- Pérdida de producción al año. Δ
- Daños a la instalación al año. Δ

There is a "Subir Imagen" button and a "Reiniciar" modal dialog with the question: "¿Desea reiniciar el formulario para ingresar un nuevo conjunto de máquinas?". At the bottom, there are "Guardar Máquina" and "Generar PDF" buttons. The footer reads "UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI".

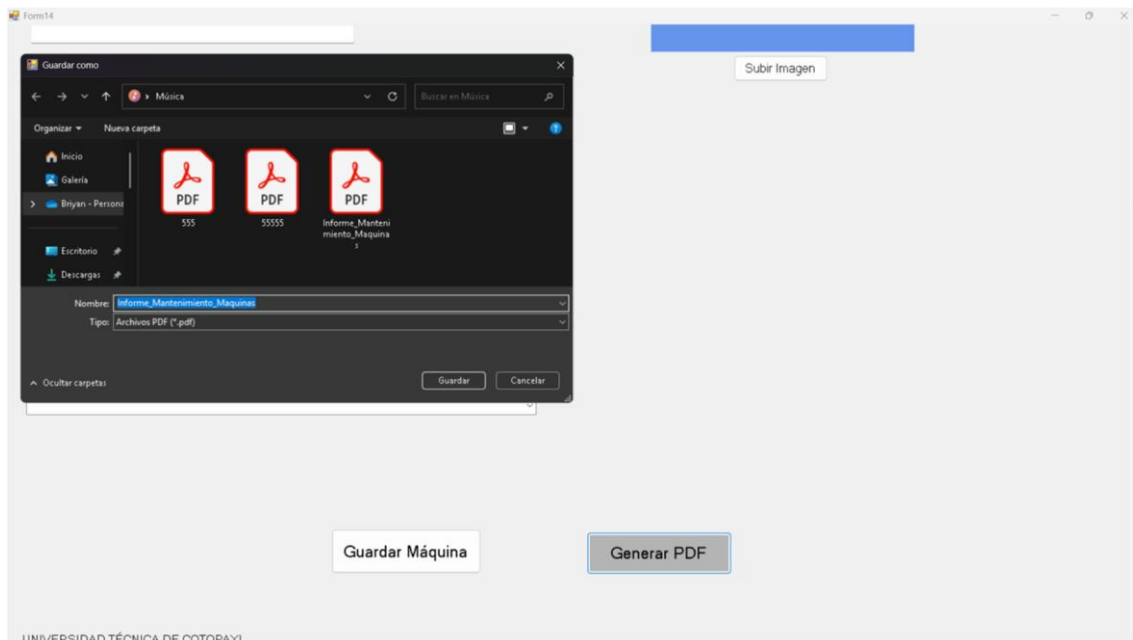
- Si ya no necesitamos realizar el INGM daremos clic en el botón saltar de ahí seleccionaremos a nivel de máquina o nivel de elemento según se requiera. En este caso daremos clic a nivel de elemento



- Rellenamos todos los campos y subimos imágenes si se desea



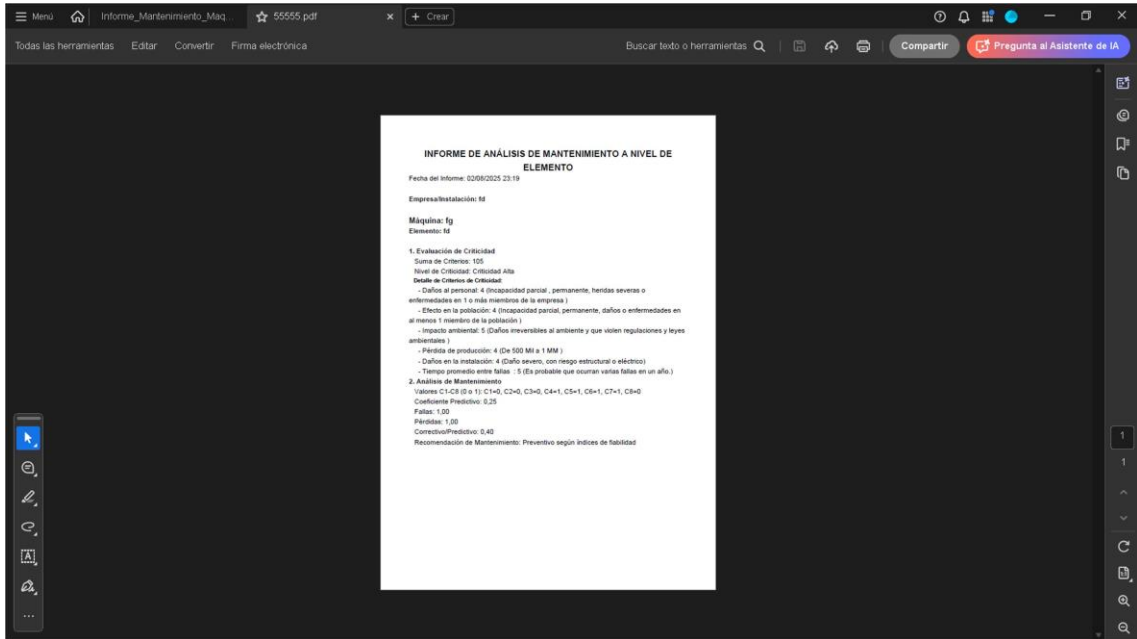
- Así mismo como en anteriores veces no podremos continuar en generar PDF si es que no damos primero a guardar máquina al dar guardar máquinas nos pegará otra vez otra ventana donde tenemos que presionar seleccionar todo damos en siguiente y al momento de dar el siguiente ya podremos generar un PDF.



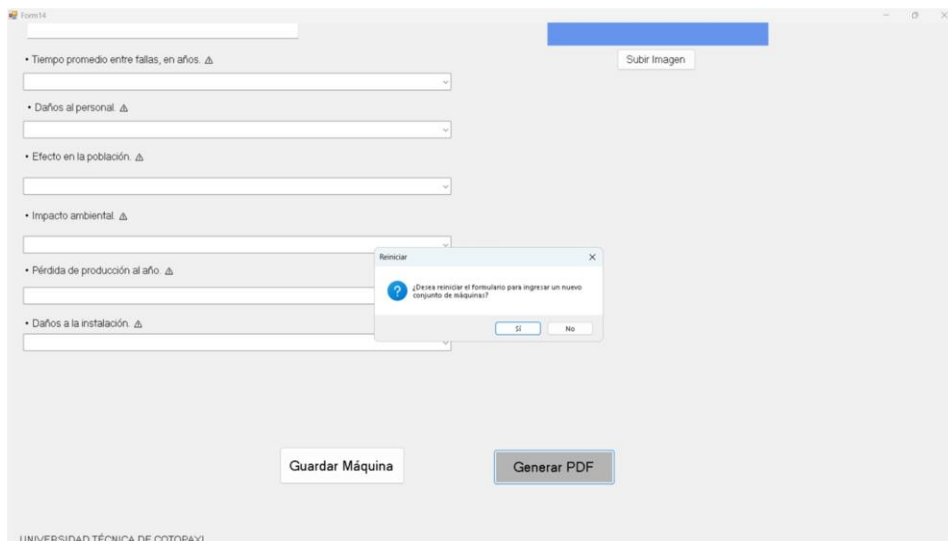
NOTA: Es importante tener en cuenta que al momento de subir una imagen para la máquina ya no podremos subir más imágenes ya que el momento de subir otra imagen nos dará un error ya no nos saldrá la máquina al principio del PDF sino

no saldrá a la mitad donde digamos seleccionado y no podremos guardar múltiples imágenes para diferentes elementos sólo es una imagen para la máquina

- No se dieron cuadros de diálogo que de ir a PDF generado correctamente Si damos aceptar se nos abrirá el PDF

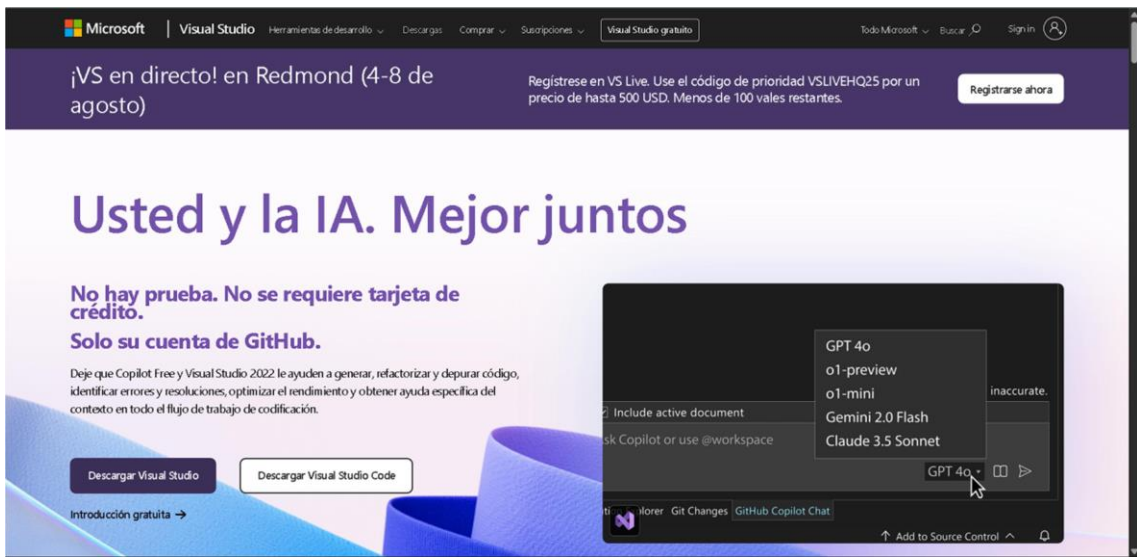


- Asimismo nos pedirá si queremos reiniciar los elementos para poder ingresar de otra máquina y realizar todo de nuevo o si podemos continuar entonces realizaremos de la misma máquina más elementos

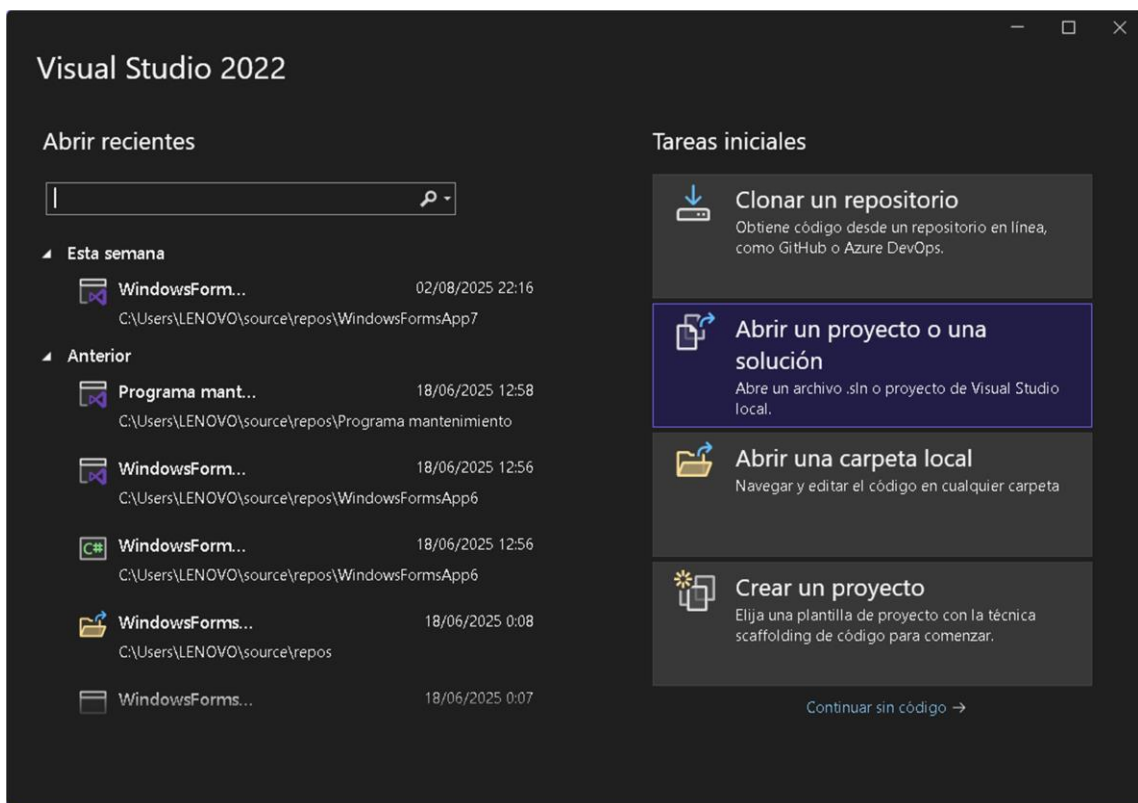


NOTA: En caso de que se requiera ver la programación del programa seguir los siguientes pasos.

- Descargar visual studio desde su pagina oficial



- Al abrir la aplicación dar click en abrir un proyecto o solución



- Al abrir la carpeta seleccionamos el archivo .sin el cual nos permitira ver la programación de la aplicación y tambien modificarla

