



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA**

**CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**“ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO  
PREVENTIVO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD, PARA EL  
PROCESO DE FABRICACIÓN DE GRANALLA MINERAL  
ABRASIVA, DE LA EMPRESA VITECAL S.A. DE RIOBAMBA”**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**AUTOR:**

**JEAN CARLOS MONTESDEOCA SÁNCHEZ**

Riobamba - Ecuador

2022



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA**

**CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**“ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO  
PREVENTIVO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD, PARA EL  
PROCESO DE FABRICACIÓN DE GRANALLA MINERAL  
ABRASIVA, DE LA EMPRESA VITECAL S.A. DE RIOBAMBA”**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**AUTOR: JEAN CARLOS MONTESDEOCA SÁNCHEZ**

**DIRECTOR: ING. CÉSAR MARCELO GALLEGOS LONDOÑO**

Riobamba - Ecuador

2022

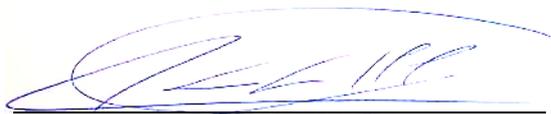
**©2022, Jean Carlos Montesdeoca Sánchez**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Jean Carlos Montesdeoca Sánchez, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y que los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Riobamba, 12 de diciembre de 2022



**Jean Carlos Montesdeoca Sánchez**  
**060483393-9**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD MECÁNICA**  
**CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular: Tipo: Proyecto Técnico, **“ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD, PARA EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE GRANALLA MINERAL ABRASIVA, DE LA EMPRESA VITECAL S.A. DE RIOBAMBA”**, realizado por el señor: **JEAN CARLOS MONTESDEOCA SÁNCHEZ**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Marco Antonio Ordoñez Viñan <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>	 _____	2022-12-12
Ing. César Marcelo Gallegos Londoño <b>DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>	 _____	2022-12-12
Ing. Félix Antonio García Mora <b>MIEMBRO DE TRIBUNAL</b>	 _____	2022-12-12

## **DEDICATORIA**

A mis padres y a mi hermano, por ser el pilar en este proceso académico y brindarme todo su apoyo incondicional, a mis maestros que formaron parte de mi vida estudiantil y que aportaron con sus conocimientos para poder cumplir una etapa de mi vida.

Jean Carlos

## **AGRADECIMIENTO**

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la carrera de Mantenimiento Industrial por darme la oportunidad de obtener una profesión única e incomparable como también, mis más sinceros agradecimientos a todos los maestros que tuve la oportunidad de conocer y contemplar su formación académica, compartiendo sus conocimientos y recomendaciones para formar un profesional con valores éticos y morales, agradezco a los tutores Ingeniero Cesar Gallegos y al Ingeniero Félix García, quienes con su experiencia y sabiduría me guiaron para culminar con éxito este trabajo de titulación.

A mi familia por su apoyo y comprensión.

Jean Carlos

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xiv
RESUMEN.....	xv
SUMMARY .....	xvi
INTRODUCCIÓN .....	1

### CAPÍTULO I

<b>1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>2</b>
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Formulación del problema.....	2
1.3. Justificación.....	3
1.4. Objetivos.....	3
1.4.1. <i>Objetivo General</i> .....	3
1.4.2. <i>Objetivos Específicos</i> .....	4

### CAPÍTULO II

<b>2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....</b>	<b>5</b>
2.1. Descripción de la granalla mineral abrasiva.....	5
2.2. Procedimiento de Inventario de equipos y codificación .....	5
2.3. Análisis de criticidad. ....	5
2.3.1. <i>Factor de frecuencia de fallos</i> .....	7
2.3.2. <i>Factores de consecuencias.</i> .....	7
2.4. Mantenimiento centrado en la confiabilidad.....	9
2.5. Inicio de la metodología RCM .....	9
2.5.1. <i>Contexto Operacional</i> .....	9
2.5.2. <i>Funciones y funcionamiento</i> .....	10
2.5.3. <i>Fallos funcionales</i> .....	10
2.6. Análisis de Modos de Falla, Efectos y Consecuencias .....	11
2.6.1. <i>Modos de fallos</i> .....	11
2.6.2. <i>Efectos de fallos</i> .....	11

2.6.3.	<i>Consecuencias de la falla</i> .....	12
2.6.4.	<i>Hoja de información</i> .....	12
2.6.5.	<i>Hoja y diagrama de decisión</i> .....	13
2.6.6.	<i>Tareas proactivas</i> .....	15
2.6.7.	<i>Acciones a falta de una adecuada tarea</i> .....	15
2.7.	<b>Frecuencia óptima de mantenimiento</b> .....	16
2.7.1.	<i>Distribución de Weibull</i> .....	16
2.7.2.	<i>Política de sustitución a intervalos constantes</i> .....	17
2.7.3.	<i>Política de sustitución basada en edad</i> .....	17
2.8.	<b>Documentación del mantenimiento</b> .....	18
2.9.	<b>Indicadores de mantenimiento</b> .....	19
2.10.	<b>Costos de mantenimiento</b> .....	19
2.10.1.	<i>Cálculo de la mano de obra de mantenimiento</i> .....	20
2.11.	<b>Gestión de materiales y repuestos en bodega</b> .....	21
2.11.1.	<i>Maestro de materiales</i> .....	21
2.11.2.	<i>Stock máximo</i> .....	21
2.11.3.	<i>Stock de seguridad</i> .....	21
2.11.4.	<i>Stock mínimo</i> .....	21

### CAPÍTULO III

3.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	22
3.1.	<b>Inventario y Codificación de equipos</b> .....	22
3.2.	<b>Análisis de criticidad</b> .....	23
3.3.	<b>Fichas técnicas y contextos operacionales por sistemas</b> .....	25
3.4.	<b>Elaboración de las hojas de información por sistemas</b> .....	29
3.5.	<b>Elaboración de las hojas de decisión</b> .....	43
3.6.	<b>Frecuencias de mantenimiento</b> .....	49
3.6.1.	<i>Cálculo de parámetros de Weibull</i> .....	49
3.6.2.	<i>Política de sustitución a intervalos constante</i> .....	49
3.6.3.	<i>Política de sustitución basada en la edad</i> .....	52
3.6.4.	<i>Comparación de modelos de sustitución</i> .....	54
3.7.	<b>Rutinas de mantenimiento</b> .....	54
3.8.	<b>Documentación propuesta para mantenimiento</b> .....	55
3.9.	<b>Documentación propuesta para bodega</b> .....	59
3.9.1.	<i>Flujo de documentación de mantenimiento</i> .....	61

<b>3.10.</b>	<b>Indicadores de mantenimiento .....</b>	<b>62</b>
<b>3.10.1.</b>	<b><i>Cálculo de Indicadores .....</i></b>	<b>63</b>
<b>3.10.2.</b>	<b><i>Gráficos de los indicadores, cálculos de límites y metas .....</i></b>	<b>64</b>

## **CAPÍTULO IV**

<b>4.</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>67</b>
<b>4.1.</b>	<b>Resultado de inventario y codificación .....</b>	<b>67</b>
<b>4.2.</b>	<b>Resultados del análisis de criticidad realizado.....</b>	<b>70</b>
<b>4.3.</b>	<b>Matriz de mantenimiento.....</b>	<b>70</b>
<b>4.4.</b>	<b>Presupuesto anual.....</b>	<b>72</b>
<b>4.4.1.</b>	<b><i>Costo de mano de obra de mantenimiento .....</i></b>	<b>72</b>
<b>4.4.2.</b>	<b><i>Resumen del presupuesto anual de mantenimiento .....</i></b>	<b>74</b>
<b>4.5.</b>	<b>Propuesta un sistema de gestión de repuestos para la empresa Vitocal.....</b>	<b>75</b>
<b>4.5.1.</b>	<b><i>Maestro de ítems .....</i></b>	<b>75</b>
<b>4.5.2.</b>	<b><i>Inventario de materiales y repuestos en bodega propuesto .....</i></b>	<b>76</b>
<b>4.5.3.</b>	<b><i>Cálculo de stock máximo y mínimo .....</i></b>	<b>77</b>
<b>4.6.</b>	<b>Elaboración de una herramienta informática para la gestión de mantenimiento</b>	<b>78</b>
<b>4.7.</b>	<b>Capacitación del programa de mantenimiento preventivo programado.....</b>	<b>79</b>
<b>4.7.1.</b>	<b><i>Comunicación de la capacitación del mantenimiento.....</i></b>	<b>79</b>
<b>4.7.2.</b>	<b><i>Capacitación al personal de la empresa Vitocal.....</i></b>	<b>80</b>
<b>4.8.</b>	<b>Conclusión de la capacitación.....</b>	<b>81</b>
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>82</b>
	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>83</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
	<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b>	Formato de codificación de la empresa Vitecal. ....	5
<b>Tabla 2-2:</b>	Métodos para el análisis de criticidad. ....	6
<b>Tabla 3-2:</b>	Factores de frecuencia de fallos .....	7
<b>Tabla 4-2:</b>	Factor operacional.....	7
<b>Tabla 5-2:</b>	Factor flexible operacional.....	7
<b>Tabla 6-2:</b>	Factor de costes por mantenimiento.....	8
<b>Tabla 7-2:</b>	Factores ambientales de higiene y seguridad. ....	8
<b>Tabla 8-2:</b>	Matriz de criticidad .....	8
<b>Tabla 9-2:</b>	Contexto operacional. ....	9
<b>Tabla 10-2:</b>	Clasificación de función.....	10
<b>Tabla 11-2:</b>	Consecuencias de fallo.....	12
<b>Tabla 12-2:</b>	Hoja de información del RCM.....	12
<b>Tabla 13-2:</b>	Hoja de decisión RCM.....	13
<b>Tabla 14-2:</b>	Información del RCM. ....	15
<b>Tabla 15-2:</b>	Acciones a falta de una adecuada tarea.....	15
<b>Tabla 16-2:</b>	Ecuaciones para la distribución de Weibull. ....	16
<b>Tabla 17-2:</b>	Nomenclatura de la política de sustitución a intervalos constantes. ....	17
<b>Tabla 18-2:</b>	Nomenclatura de la política de sustitución a intervalos constantes. ....	17
<b>Tabla 19-2:</b>	Responsables del flujo de una orden de trabajo. ....	19
<b>Tabla 20-2:</b>	Indicadores de mantenimiento. ....	19
<b>Tabla 1-3:</b>	Áreas de la empresa Vitecal.....	22
<b>Tabla 2-3:</b>	Ejemplo de codificación del sistema transportador de material 01.....	23
<b>Tabla 3-3:</b>	Análisis de criticidad por sistemas de la empresa Vitecal.....	24
<b>Tabla 4-3:</b>	Matriz de criticidad del sistema de molienda 01.....	25
<b>Tabla 5-3:</b>	Matriz de criticidad del sistema transportador de material 01. ....	25
<b>Tabla 6-3:</b>	Matriz de criticidad del sistema retroexcavador 01.....	25
<b>Tabla 7-3:</b>	Ficha técnica del sistema de molienda 02. ....	26
<b>Tabla 8-3:</b>	Ficha técnica del sistema.....	27
<b>Tabla 9-3:</b>	Contexto operacional sistema de molienda 02.....	28
<b>Tabla 10-3:</b>	Contexto operacional sistema transportador de material 01. ....	29
<b>Tabla 11-3:</b>	Hoja de información del sistema de molienda 02 hoja 1 de 7.....	30
<b>Tabla 12-3:</b>	Hoja de información del sistema de molienda 02 hoja 2 de 7.....	31
<b>Tabla 13-3:</b>	Hoja de información del sistema de molienda 02 hoja 3 de 7.....	32

<b>Tabla 14-3:</b>	Hoja de información del sistema de molienda 02 hoja 4 de 7.....	33
<b>Tabla 15-3:</b>	Hoja de información del sistema de molienda 02 hoja 5 de 7.....	34
<b>Tabla 16-3:</b>	Hoja de información del sistema de molienda 01 hoja 6 de 7.....	35
<b>Tabla 17-3:</b>	Hoja de información del sistema de molienda 01 hoja 7 de 7.....	36
<b>Tabla 18-3:</b>	Hoja de información del sistema de trasportador de material 01 hoja 1 de 6. ....	37
<b>Tabla 19-3:</b>	Hoja de información del sistema trasportador de material 01 hoja 2 de 6. ....	38
<b>Tabla 20-3:</b>	Hoja de información del sistema trasportador de material 01 hoja 3 de 6. ....	39
<b>Tabla 21-3:</b>	Hoja de información del sistema trasportador de material 01 hoja 4 de 6. ....	40
<b>Tabla 22-3:</b>	Hoja de información del sistema trasportador de material 01 hoja 5 de 6. ....	41
<b>Tabla 23-3:</b>	Hoja de información del sistema trasportador de material 01 hoja 6 de 6. ....	42
<b>Tabla 24-3:</b>	Hoja de decisión del sistema de molienda 02 hoja 1 de 3.....	43
<b>Tabla 25-3:</b>	Hoja de decisión del sistema de molienda 02 hoja 2 de 3.....	44
<b>Tabla 26-3:</b>	Hoja de decisión del sistema de molienda 02 hoja 3 de 3.....	45
<b>Tabla 27-3:</b>	Hoja de decisión del sistema de trasportador de material 01 hoja 1 de 2.....	46
<b>Tabla 28-3:</b>	Hoja de decisión del sistema de trasportador de material 01 hoja 2 de 2.....	47
<b>Tabla 29-3:</b>	Historial de mantenimiento del sistema de molienda 02.....	48
<b>Tabla 30-3:</b>	Distribución de probabilidad Weibull.....	49
<b>Tabla 31-3:</b>	Parámetros de Weibull.....	49
<b>Tabla 32-3:</b>	Costo del modo de falla 5-A-6 con mantenimiento correctivo.....	50
<b>Tabla 33-3:</b>	Costo del modo de falla 5-A-6 con mantenimiento preventivo.....	50
<b>Tabla 34-3:</b>	Costo esperado por semanas.....	51
<b>Tabla 35-3:</b>	Costo esperado por semanas.....	53
<b>Tabla 36-3:</b>	Rutinas de mantenimiento propuestas para el sistema de molienda 02.....	55
<b>Tabla 37-3:</b>	Orden de trabajo propuesta.....	56
<b>Tabla 38-3:</b>	Registro de historial de fallos propuesto.....	57
<b>Tabla 39-3:</b>	Registro de horas de trabajo semanales.....	58
<b>Tabla 40-3:</b>	Registro de solicitudes de trabajo propuesta.....	59
<b>Tabla 41-3:</b>	Registro de egresos de bodega propuesta.....	59
<b>Tabla 42-3:</b>	Registro de egresos de bodega propuesta.....	60
<b>Tabla 43-3:</b>	Registro de solicitud de compra propuesta.....	60
<b>Tabla 44-3:</b>	Historial de fallos del molino 02.....	62
<b>Tabla 45-3:</b>	Cálculo de indicadores.....	63
<b>Tabla 46-3:</b>	Cálculo de límites y metas de los indicadores básicos.....	64
<b>Tabla 1-4:</b>	Inventario y codificación de activos hoja 1 de 3.....	67
<b>Tabla 2-4:</b>	Inventario y codificación de activos hoja 2 de 3.....	68
<b>Tabla 3-4:</b>	Inventario y codificación de activos hoja 3 de 3.....	69

<b>Tabla 4-4:</b>	Sistemas críticos.....	70
<b>Tabla 5-4:</b>	Sistemas de media criticidad.....	70
<b>Tabla 6-4:</b>	Sistemas no críticos.....	70
<b>Tabla 7-4:</b>	Matriz de mantenimiento anual hoja 1 de 12.....	71
<b>Tabla 8-4:</b>	Salarios del personal de mantenimiento.....	72
<b>Tabla 9-4:</b>	Componentes salariales del personal de mantenimiento.....	72
<b>Tabla 10-4:</b>	Cálculo del presupuesto anual hoja 1 de 14.....	73
<b>Tabla 11-4:</b>	Presupuesto anual por sistema.....	74
<b>Tabla 12-4:</b>	Presupuesto anual para engrase.....	74
<b>Tabla 13-4:</b>	Listado de ítems.....	75
<b>Tabla 14-4:</b>	Listado de ítems.....	76
<b>Tabla 15-4:</b>	Repuestos de alta rotación.....	77
<b>Tabla 16-4:</b>	Memorándum de capacitación.....	79
<b>Tabla 17-4:</b>	Objetivos y alcance de la capacitación.....	80
<b>Tabla 18-4:</b>	Aspectos generales de la capacitación.....	80
<b>Tabla 19-4:</b>	Acta de reunión de cierre de capacitación.....	81

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-2:</b>	Elementos de una función. ....	10
<b>Gráfico 2-2:</b>	Descripción del modo de fallo. ....	11
<b>Gráfico 3-2:</b>	Diagrama de decisión.....	14
<b>Gráfico 4-2:</b>	Flujo de orden de trabajo.....	18
<b>Gráfico 1-3:</b>	Política de sustitución a intervalos constantes. ....	51
<b>Gráfico 2-3:</b>	Política de sustitución basada en la edad. ....	53
<b>Gráfico 3-3:</b>	Comparación de políticas de sustitución. ....	54
<b>Gráfico 4-3:</b>	Diagrama de flujo de documentación de mantenimiento. ....	61
<b>Gráfico 5-3:</b>	Tiempos de funcionamiento y no funcionamiento. ....	62
<b>Gráfico 6-3:</b>	Tiempos de mantenimiento correctivo. ....	63
<b>Gráfico 7-3:</b>	Indicador de TMEF del sistema de molienda 02.....	64
<b>Gráfico 8-3:</b>	Indicador de TMPR del sistema de molienda 02. ....	65
<b>Gráfico 9-3:</b>	Indicador de disponibilidad del sistema de molienda 02. ....	66
<b>Gráfico 1-4:</b>	Resultados del inventario técnico.....	69
<b>Gráfico 2-4:</b>	Resultados del análisis de criticidad.....	70
<b>Gráfico 3-4:</b>	Presupuesto anual por cada sistema. ....	74
<b>Gráfico 4-4:</b>	Herramienta informática para la gestión de mantenimiento. ....	78
<b>Gráfico 5-4:</b>	Herramienta informática de revisión de tareas de mantenimiento. ....	79

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** FICHAS TÉCNICAS POR SISTEMAS

**ANEXO B:** CONTEXTO OPERACIONAL

**ANEXO C:** HOJAS DE INFORMACIÓN

**ANEXO D:** HOJAS DE DECISIÓN

**ANEXO E:** MATRIZ DE MANTENIMIENTO.

**ANEXO F:** CALCULO DEL PRESUPUESTO ANUAL.

## RESUMEN

El objetivo principal del estudio técnico fue realizar un plan de mantenimiento preventivo basado en la metodología de mantenimiento centrado en la confiabilidad para la Empresa Vitecal, donde se observó de primera mano la baja disponibilidad de los equipos al no poseer una adecuada gestión de mantenimiento. Para lo cual se elaboró un inventario bajo una estructura jerarquizada según la norma ISO 14224, posteriormente se efectuó un análisis de criticidad semicualitativo definiendo los sistemas críticos, de los cuales se determinaron sus funciones y sus contextos operacionales para poder analizarlos en base a la metodología RCM, teniendo en consideración los lineamientos de la norma SAE JA 1012, con la finalidad de determinar las tareas proactivas necesarias. Definiendo las frecuencias de mantenimiento en base a la experiencia, manuales de mantenimiento y los criterios de fiabilidad mediante la utilización de los parámetros de la distribución de Weibull, para determinar políticas de sustitución preventivas adecuadas para el equipo más importante del proceso productivo, también se elaboró la documentación de mantenimiento necesaria para el eficaz registro de actividades, así como se calcularon indicadores de mantenimiento esenciales. Una vez delimitadas las tareas de mantenimiento se desarrolló la matriz de mantenimiento y además se calculó el presupuesto anual requerido, de igual forma se realizó una propuesta de bodega de materiales y repuestos mediante un inventario de ítems requeridos para realizar las tareas propuestas. En conclusión, se elaboró una herramienta informática utilizando el software Excel con la intención de facilitar la gestión de mantenimiento dentro de la Empresa Vitecal. Se recomienda el uso de horómetros y la capacitación continua del personal de mantenimiento dentro de la empresa.

**Palabras clave:** <MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM)> <ANÁLISIS DE MODOS DE FALLA, EFECTOS Y CRITICIDAD> <INDICADORES DE MANTENIMIENTO> <GESTIÓN DE BODEGA> <MANEJO DE INVENTARIOS>.

0266-DBRA-UPT-2023



## SUMMARY

The main objective of the technical study was to carry out a preventive maintenance plan based on the reliability-centered maintenance methodology for Vitecal Company, where the low availability of the equipment due to the lack of adequate maintenance management was observed first hand. For which an inventory was elaborated under a hierarchical structure according to the ISO 14224 standard, then a semi-qualitative criticality analysis was carried out defining the critical systems, of which their functions and operational contexts were determined in order to analyze them based on the RCM methodology, taking into consideration the guidelines of the SAE JA 1012 standard, with the purpose of determining the necessary proactive tasks. Defining maintenance frequencies based on experience, maintenance manuals and reliability criteria by using the parameters of the Weibull distribution, to determine appropriate preventive replacement policies for the most important equipment of the production process, the necessary maintenance documentation was also prepared for the effective registration of activities, as well as essential maintenance indicators were calculated. Once the maintenance tasks were defined, the maintenance matrix was developed and the required annual budget was calculated, as well as a proposal for a warehouse of materials and spare parts through an inventory of items required to perform the proposed tasks. In conclusion, a computer tool was developed using Excel software with the intention of facilitating maintenance management within the Vitecal Company. The use of horometers and the continuous training of maintenance personnel within the company are recommended.

**Keywords:** <RELIABILITY-CENTERED MAINTENANCE (RCM)> <FAILURE MODES, EFFECTS AND CRITICALITY ANALYSIS> <MAINTENANCE INDICATORS> <WAREHOUSE MANAGEMENT> <INVENTORY MANAGEMENT>.



Lic. Sandra Paulina Porras Pumalema

C.I. 0603357062

## **INTRODUCCIÓN**

Un ingeniero en mantenimiento industrial se enfoca en resolver distintos problemas que enfrenta la industria, aportando con actividades tanto técnicas como administrativas que contribuyen al desarrollo de las empresas ecuatorianas. Para el presente proyecto técnico se diseña un plan de mantenimiento preventivo basado en la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad dirigido a la empresa Vitecal de la ciudad de Riobamba.

La empresa Vitecal se dedica a procesos de metalurgia, minería e industria; cuenta con equipos especializados en la producción de granalla mineral utilizada en procesos de preparación superficial como el sandblasting, dichos equipos forman un sistema productivo que cumple una función requerida, por consiguiente, necesitan de cuidados específicos para mantener un buen estándar de calidad y disponibilidad, a un bajo costo.

Para lograr este criterio se ha elaborado un inventario técnico de forma jerárquica siguiendo los lineamientos de la norma ISO 14224 para posterior realizar un análisis de criticidad total por riesgo y así determinar los sistemas de alta criticidad a ser analizados conforme a la metodología RCM, definiendo tareas de mantenimiento proactivas necesarias así como sus frecuencias de intervención ; también se realiza documentación de mantenimiento que ayude a la empresa Vitecal a un buen registro y evaluación.

Con la finalidad de obtener una adecuada organización se diseña una matriz anual, la cual permite programar las tareas de mantenimiento y definir el número de intervenciones anuales de cada tarea y así realizar el cálculo del presupuesto anual necesario para llevarlo a cabo ; también se propone un sistema de gestión de materiales y repuestos con el objetivo de lograr una a pronta realización de las tareas requeridas para evitar retrasos logísticos, además se desarrolla una herramienta informática con ayuda del software Excel la cual reúne todo lo necesario para una buena gestión de mantenimiento dentro de la empresa, finalmente se capacita al personal de mantenimiento sobre el uso del plan de mantenimiento preventivo.

# CAPÍTULO I

## 1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

### 1.1. Antecedentes

El mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) es un proceso desarrollado durante los años 60's y 70's con la finalidad de reducir los accidentes de aviación para posterior revolucionar la administración de la gestión del mantenimiento y apoyar a las industrias a definir, planificar y evaluar las políticas de mantenimiento más adecuadas.

Vitecal es una empresa fundada en el año 2012 ubicada en la ciudad de Riobamba, en la actualidad se encuentra en pleno auge gracias a la aceptación a nivel nacional de su granalla mineral como materia prima para procesos de preparación superficial por granallado seco. En la actualidad cuenta con una producción de 400 a 500 sacos de 45 kg diarios en diferente granulometría. Es por ello que surge la necesidad de cuidar el estado de la maquinaria y garantizar su disponibilidad a través de tareas de mantenimiento preventivo acorde a su demanda de producción.

El artículo científico denominado “Programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), para optimizar la disponibilidad operacional de la máquina con mayor criticidad”; explica que en un diagnóstico situacional de las máquinas con un elevado índice de operación es recomendable realizar una matriz de criticidad con la finalidad de identificar la máquina con mayor índice de criticidad y determinar las actividades de mantenimiento de dichas actividades el 90 % son actividades de mantenimiento preventivo y el 10 % corresponde a las actividades de mantenimiento correctivo (Diestra et al., 2017).

### 1.2. Formulación del problema

La empresa Vitecal en los últimos 9 años evolucionó en los procesos de producción y ventas de granalla mineral, evidenciando un incremento de producción dejando de lado la planificación y programación de las tareas de mantenimiento lo que genera fallos imprevistos que ocasionan horas extras del personal para completar la demanda requerida aumentando los costos de producción, por tal motivo es indispensable la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo con la finalidad de disipar paros imprevisto en la producción y obtener una mayor utilidad.

### **1.3. Justificación**

El presente proyecto se basa en el desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos de fabricación de granalla mineral, de la empresa Vitecal ubicada dentro de la ciudad de Riobamba, mismo que se edificará por medio de la metodología basada en la confiabilidad (RCM), con la finalidad de mejorar la gestión del mantenimiento preventivo y aumentar la disponibilidad de los equipos de producción. En la actualidad, el área de mantenimiento cuenta con dos personas ocupando el cargo de técnico y ayudante respectivamente, los cuales no siguen una gestión de mantenimiento adecuada ocasionando que no se tenga un control de las frecuencias de las tareas de mantenimiento preventivo reduciendo la disponibilidad y la vida útil de los equipos

La mayoría de las tareas de mantenimiento que se realizan dentro de la empresa son correctivas, por ende, se realizan únicamente cuando el sistema productivo se detiene por alguna avería; omitiendo las tareas preventivas. De igual forma, el área de mantenimiento no cuenta con un stock de repuestos necesarios para el mantenimiento de los equipos, provocando que el sistema productivo de granalla mineral se paralice ocasionando pérdidas económicas de alrededor de 350 dólares por hora, debido a que la empresa trabaja con una línea de 3 toneladas / hora.

Con el desarrollo de esta investigación se obtendrá un plan de mantenimiento preventivo acorde a la metodología de mantenimiento centrado en la confiabilidad que abarca las necesidades imprescindibles para la empresa Vitecal, evidenciando un mejor control y organización de la gestión de mantenimiento de la empresa, tratando de evitar paradas de producción imprevistas y aumentando la disponibilidad del sistema productivo de granalla mineral. Además, se elabora una matriz de las tareas preventivas, el presupuesto anual necesario, el diseño de una herramienta informática, la propuesta de un sistema de gestión de materiales y repuestos y, por último, una capacitación dirigida al personal de las áreas de producción y mantenimiento.

### **1.4. Objetivos**

#### ***1.4.1. Objetivo General***

Elaborar de un plan de mantenimiento preventivo basado en la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad, para el proceso de fabricación de granalla mineral, de la empresa Vitecal de Riobamba.

#### ***1.4.2. Objetivos Específicos***

Elaborar el plan de mantenimiento aplicando la metodología de mantenimiento centrado en la confiabilidad.

Determinar la matriz de mantenimiento y el presupuesto anual para la implementación del plan de mantenimiento preventivo.

Desarrollar una herramienta informática para gestionar las actividades de mantenimiento preventivo en la empresa.

Proponer un sistema de gestión de repuestos.

Capacitar al personal de mantenimiento sobre el uso el plan de mantenimiento preventivo.

## CAPÍTULO II

### 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

#### 2.1. Descripción de la granalla mineral abrasiva

La empresa Vitecal produce granalla mineral, la cual es un abrasivo que se obtiene de la trituración de la taquilita la cual es una piedra volcánica de bajo contenido de sílice. En la actualidad la demanda de la granalla mineral ha aumentado, esto es debido a que se tiene una gran capacidad de limpieza, disponibilidad y su bajo costo. Además, es un excelente abrasivo, rinde entre 35 y 45% más que las arenas de sílice tradicionales, sus partículas duras y angulares le permite generar grandes velocidades y capacidad de corte muy grandes siendo muy útil en procesos tales como la preparación superficial por sandblasting, así como también se la puede reutilizar en rellenos sanitarios, junto a la mezcla de cemento permite parchar hornos generando mayores beneficios (Jaramillo 2013).

#### 2.2. Procedimiento de Inventario de equipos y codificación

El inventario técnico es un documento para el control de activos físicos importantes para una empresa la norma ISO 14224 utiliza un modelo ingenioso para la correcta gestión del mantenimiento. Esta norma indica una clasificación de acuerdo con los niveles jerárquicos de la empresa, de forma ordenada, estética y específica por cada nivel.(ISO 14224 2016).

En la tabla 1-2 se presenta la estructura de codificación considerando el nivel jerárquico para la empresa Vitecal.

**Tabla 1-2:** Formato de codificación de la empresa Vitecal.

Nivel I		Nivel II		Nivel III		Nivel IV	
Planta		Área		Sistema/máquina		Equipo	
2 dígitos	alfabéticos	2 dígitos	alfabéticos	4 dígitos	2 alfabéticos 2 numéricos	4 dígitos	2 alfabéticos 2 numéricos

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

#### 2.3. Análisis de criticidad.

El análisis de criticidad presenta tres tipos de metodologías para su interpretación y manejo adecuado, esto depende de la facilidad de recursos técnico-económicos que presenta una organización.

Los métodos de criticidad se clasifican en 3 como se presenta en la tabla 2-2:

**Tabla 2-2:** Métodos para el análisis de criticidad.

<b>Método Cualitativo</b>	Es un método que mantiene una aplicación sencilla y que se lo considera como básico debido a su aplicación y elaboración al momento de realizar un análisis crítico de los equipos. Se encuentra basado en la opinión de los especialistas a cargo del mantenimiento de los equipos
<b>Método semicuantitativo</b>	Es un método medible mediante la determinación de las frecuencias de fallos de los equipos y el impacto de producción causado por la falla.
<b>Método cuantitativo</b>	Es un método que utiliza un flujograma crítico para analizar las consecuencias de fallo de los equipos. Los recursos son elevados para su implementación

**Fuente:** (Yuseff Moreno et al. 2020).

**Realizado por:** Montesdeoca, J., 2022

Para la presente investigación se utilizó el modelo de criticidad total por riesgo (CTR) el cual es un análisis semicuantitativo que proporciona la jerarquización de los equipos mediante el estudio de la consecuencia multiplicada por la frecuencia de un fallo y por la severidad de este con la utilización de la siguiente ecuación:

$$CTR=FF \times C \quad (1)$$

**Donde:**

**CTR:** Criticidad total por riesgo.

**FF:** Frecuencia de fallos en un tiempo determinado (fallos/año).

**C:** Consecuencias de los eventos de fallos.

Las consecuencias de los eventos de fallo son calculadas con la siguiente expresión:

$$C=(IO \times FO) + CM + SHA \quad (2)$$

**Donde:**

**C:** Consecuencia.

**IO:** Factor de impacto operacional.

**FO:** Factor de flexibilidad operacional.

**CM:** Factor de costes de mantenimiento.

**SHA:** Factor de impacto de seguridad, higiene y ambiental.

### 2.3.1. Factor de frecuencia de fallos

La frecuencia de fallos se encuentra en una escala de 4 a 1 considerando los aspectos de la tabla 3-2:

**Tabla 3-2:** Factores de frecuencia de fallos

Frecuencia de Fallos (FF)		
Frecuente	3 fallos al año	4
Promedio	2 fallos al año	3
Bueno	1 fallo al año	2
Excelente	fallo menor a 1 suceso al año	1

Fuente: (Parra y Crespo 2019, p.12)

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

### 2.3.2. Factores de consecuencias.

En los factores de consecuencia se considera algunos aspectos mediante diferentes escalas para realizar el análisis de criticidad, el primer aspecto es el impacto operacional, es aquel que identifica los efectos hacia la producción de la empresa (Parra y Crespo 2019, p.12).

**Tabla 4-2:** Factor operacional

Impacto Operacional (IO)	
Pérdidas de producción menor a 10%	1
Pérdidas de producción entre 10% a 24%	3
Pérdidas de producción entre 25% a 49%	5
Pérdidas de producción entre 50% a 74%	7
Pérdidas de producción mayor a 75%	10

Fuente: (Parra y Crespo 2019, p.12)

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

El siguiente aspecto es acerca del impacto flexible de la operación el cual, identifica las unidades que son necesarias para evitar la pérdida de producción con escala de 4 a 1.

**Tabla 5-2:** Factor flexible operacional.

Impacto Flexible Operacional (FO)	
Existen unidades de reserva en línea con tiempo de reparación y logística pequeña.	1
Existen unidades de reserva que cubren de forma parcial el impacto el impacto de producción con tiempo de reparación y logística intermedia.	2
Existe unidades con reserva que cubre la producción con tiempo de reparación y logística mayor.	4

Fuente: (Parra y Crespo 2019, p.12)

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

El próximo aspecto considera el impacto generado hacia los costes de mantenimiento con la escala entre 1 a 2.

**Tabla 6-2:** Factor de costes por mantenimiento.

Impacto de Costes de Mantenimiento (CM)	
Presenta costes de reparación, materiales y mano de obra inferiores a 4000 dólares.	1
Presenta costes de reparación, materiales y mano de obra superiores a 4000 dólares.	2

**Fuente:** (Parra y Crespo 2019, p.12)

**Realizado por:** Montesdeoca, J., 2022

El último aspecto trata a la seguridad, higiene y ambiente con una escala de 1 a 8.

**Tabla 7-2:** Factores ambientales de higiene y seguridad.

Impacto en Seguridad, Higiene y Ambiente (SHA)	
No existe ningún riesgo de pérdida de vida, ni afección a la salud, ni daños ambientales.	1
Mínimo riesgo de pérdida de vida y afección a la salud con recuperación a corto plazo o incidencia menor al ambiente (controlable), presencia de derrames fáciles de contener y fugas repetitivas.	3
Riesgo medio de pérdida de vida, daños importantes a la salud o incidente ambiental de difícil restauración.	6
Riesgo alto de pérdida de vida, daños graves a la salud del personal o incidente ambiental mayor o catastrófico que exceden los límites permitidos.	8

**Fuente:** (Parra y Crespo 2019, pp.12-13)

**Realizado por:** Montesdeoca, J., 2022

La tabla 8-2 nos indica la matriz del método de análisis de criticidad total por riesgo que se utilizara para categorizar el nivel de criticidad del sistema.

**Tabla 8-2:** Matriz de criticidad

<b>FRECUENCIA</b>	<b>4</b>	MC	MC	C	C	C
	<b>3</b>	MC	MC	MC	C	C
	<b>2</b>	NC	NC	MC	C	C
	<b>1</b>	NC	NC	NC	MC	C
		<b>10</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>50</b>
	<b>CONSECUENCIA</b>					

**Fuente:** (CABRERA, et al., 2019 p. 8).

**Realizado por:** Montesdeoca, J., 2022

## 2.4. Mantenimiento centrado en la confiabilidad

El RCM fue desarrollado por la industria aval de los Estados Unidos enfocado principalmente en la seguridad y confiabilidad de todos los equipos. Fue delimitada por los empleados de la United Airlines Stanley Nowlan y Howard Heap en 1978, que fue elaborada y ejecutada para identificar diferentes estrategias de mantenimiento para todos los activos físicos en cada área de trabajo en los países industrializados del mundo. El objetivo principal de RCM es que todos los activos que se localizan dentro de la empresa continúen funcionando de manera adecuada; por tal motivo; esta metodología se encuentra estandarizada por las normas SAE-SA 1011 acerca de Criterios de evaluación del proceso de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) y la norma SAE-JA 1012 sobre Una guía para el mantenimiento centrado en la confiabilidad (Ardila et al. 2016).

## 2.5. Inicio de la metodología RCM

### 2.5.1. Contexto Operacional

El contexto operacional se puede definir como el conjunto de condiciones reales del proceso bajo las cuales opera el equipo, también incluye todos los criterios y parámetros de desempeño deseados por el usuario. Este contexto se puede definir a partir de los diagramas y descripciones del proceso en el que opera el equipo, así como de las entrevistas con el personal de producción, operación y mantenimiento. Es muy importante analizar el contexto operacional antes de iniciar el RCM (Campos et al. 2019, p.12).

En este caso se propone una tabla que evidencie todos los aspectos y criterios del contexto operacional como en la tabla 9-2.

**Tabla 9-2:** Contexto operacional.

NOMBRE DEL SISTEMA/EQUIPO	
CONTEXTO OPERACIONAL	DESCRIPCIÓN OPERACIONAL
Aspectos Climáticos	
Norma y Reglamento	
Proceso	
Redundancia	
Estándares de Calidad	
Estándares Medios Ambientales	
Riesgos a la Seguridad	

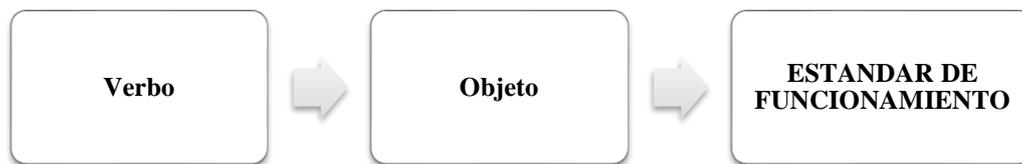
Fuente: (Moubray y Pérez 2004, p.29)

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

### 2.5.2. Funciones y funcionamiento

Según la norma NT-UNE-EN13306 (2018, p.1), es la combinación de funciones de un elemento que se consideran necesarias para satisfacer un requisito dado. El objetivo de definir las funciones del activo o sistema es desarrollar políticas que preserven las funciones del activo o sistema en consideración, a los estándares de desempeño que son aceptables para el dueño/usuario.

La definición de una función consiste en un verbo, un objeto y un estándar de funcionamiento deseado por el usuario como se observa en la gráfico 1-2 (SAE JA1012 2002).



**Gráfico 1-2:** Elementos de una función.

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

En la tabla 10-2 muestra cómo se dividen las funciones según su categoría.

**Tabla 10-2:** Clasificación de función.

Funciones primarias: (Motivo de compra del activo)	Funciones secundarias (Funciones adicionales)
Capacidad de carga	Control
Velocidad	Seguridad
Producción	Contención
Capacidad de carga	Protección
Capacidad de almacenar	Confort
Calidad de producto	Apariencia del activo
	Regulaciones medio ambientales

Fuente: (Campos et al. 2019)

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

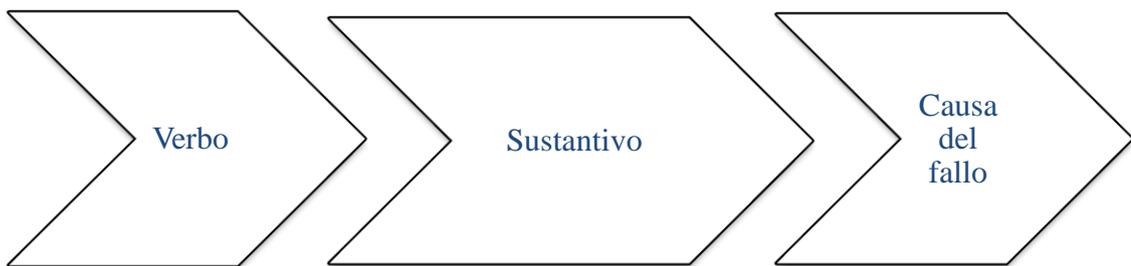
### 2.5.3. Fallos funcionales

Un fallo funcional es la manera en el cual un equipo deja de cumplir con sus funciones requeridas por el dueño o usuario, para seguir un buen proceso para el RCM se deben definir todos los estados de falla asociados con cada función” (SAE JA1012 2002, p.12).

## 2.6. Análisis de Modos de Falla, Efectos y Consecuencias

### 2.6.1. Modos de fallos

Se lo define como la manera en que se produce la inaptitud de un elemento para realizar una función requerida (UNE EN 60812, 2008 pág. 10). La descripción de un modo de falla debe contener al menos un pronombre y un verbo como se muestra en el gráfico 2-2 y la descripción debe ser suficientemente detallada de modo que posibilite la selección de una política de manejo de fallas adecuada, pero no tan detallada que tome demasiado tiempo realizar el proceso de análisis (SAE JA1012 2002, p.15).



**Gráfico 2-2:** Descripción del modo de fallo.

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Los modos de fallos comunes que se presentan en los activos o sistemas pueden ser por diseño, por desgaste por corrosión por falta de mantenimiento entre otros modos de fallo que se pueden presentar a lo largo de la de su vida útil.

### 2.6.2. Efectos de fallos

Los efectos de fallos analizan que es lo que ocurre con cada modo de falla y así definir sus consecuencias. Un proceso RCM que esté conforme a la norma SAE JA1011 debe preguntarse ¿Qué pasa cuando ocurre cada falla funcional? y relacionarlo con las siguientes categorías para analizar los efectos de fallos (SAE JA1012 2002, p.20).

- Evidencia del porque se producido la falla.
- Manera en que la falla es una amenaza tanto para la seguridad o el medio ambiente.
- Manera en que afecta a la producción o a la operación.
- Daños físicos que es causado por la falla.
- Estrategia para reparar la falla.

### 2.6.3. Consecuencias de la falla

Las consecuencias de las fallas son aquellas situaciones que pueden afectar de forma severa al ambiente, a la operación o a la seguridad tanto del personal operario o técnico, al equipo y a la producción, tomando en cuenta las fallas ocultas y las fallas evidentes (NTP 679 2004, pp.3-7). Las consecuencias las fallas se clasifican en dos como se observa en la tabla 11-2:

**Tabla 11-2:** Consecuencias de fallo.

<b>Consecuencias de fallo evidente</b>	
<b>Consecuencias para la seguridad y medio ambiente:</b>	Son aquellas que pueden lesionar a una persona o causar un accidente grave o la muerte en caso de medio ambiente, cuando no se siguen las normas aplicables para proteger el medio ambiente.
<b>Consecuencias operacionales</b>	Son aquellas que impiden el proceso productivo, así como la entrega satisfactoria de los productos, incluidas las pérdidas económicas derivadas del cese de las actividades productivas.
<b>Consecuencias no operacionales</b>	No afecta directamente la producción ni la seguridad del personal, pero requiere altos costos para reparar la propiedad.
<b>Consecuencias de fallo no evidente</b>	
<b>Consecuencias de fallas ocultas:</b>	No tiene un impacto directo en la producción, pero causa daños graves a la organización, por ejemplo, daños catastróficos relacionados con la seguridad.

**Fuente:** (Moubray y Pérez 2004, p.14)

**Realizado por:** Montesdeoca, J., 2022

### 2.6.4. Hoja de información

La hoja de información tiene como objetivo detallar las características de las máquinas, así como la parte funcional, el fallo funcional, efectos y consecuencias de los modos de falla con su respectivo código.

**Tabla 12-2:** Hoja de información del RCM.

<b>INFORMACIÓN DEL RCM</b>									
<b>logo de la empresa</b>				<b>Sistema</b>		<b>Nombre</b>	<b>Realizado por:</b>	<b>Nombre</b>	<b>fecha de análisis:</b>
				<b>Subsistema</b>		<b>Nombre</b>	<b>Aprobado por:</b>	<b>Nombre</b>	<b>hoja:</b>
<b>N°</b>	<b>Equipo</b>	<b>N°</b>	<b>Función</b>	<b>N°</b>	<b>Falla funcional</b>	<b>N°</b>	<b>Modos de fallo</b>	<b>Efectos de fallos</b>	<b>Consecuencias</b>
1		1		A		1			

**Fuente:** (Moubray y Pérez 2004, p.86)

**Realizado por:** Montesdeoca, J., 2022

**2.6.5. Hoja y diagrama de decisión**

Es una plantilla que detalla información obtenida luego de responder una de las preguntas que se establece en el diagrama de decisión del RCM como lo muestra el gráfico 3-2. En las primeras columnas se detalla el código de modo de falla, las siguientes detallan las consecuencias que ocasionan estos modos de falla.

Para determinar tareas basadas en la condición, tareas proactivas o tomar acciones a la falta de estas y permitir que las fallas ocurran, también será útil para determinar la frecuencia y el técnico encargado de realizar la tarea.

**Tabla 13-2:** Hoja de decisión RCM.

HOJA DE DECISIÓN DEL RCM														
LOGO DE LA EMPRESA			SISTEMA				NOMBRE			Realizado por:			NOMBRE	Fecha de Análisis:
			SUBSISTEMA				NOMBRE			Aprobado por:			NOMBRE	Hoja:
Referencia de Información			Evaluación de las Consecuencias				H 1	H 2	H 3	Tareas			Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial
							S1	S2	S3	"a falta de"				
							O 1	O 2	O 3					
F	FF	FM	H	S	E	O	N 1	N 2	N 3	H 4	H 5	S4		

Fuente: (Moubray y Pérez 2004, p.183)

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

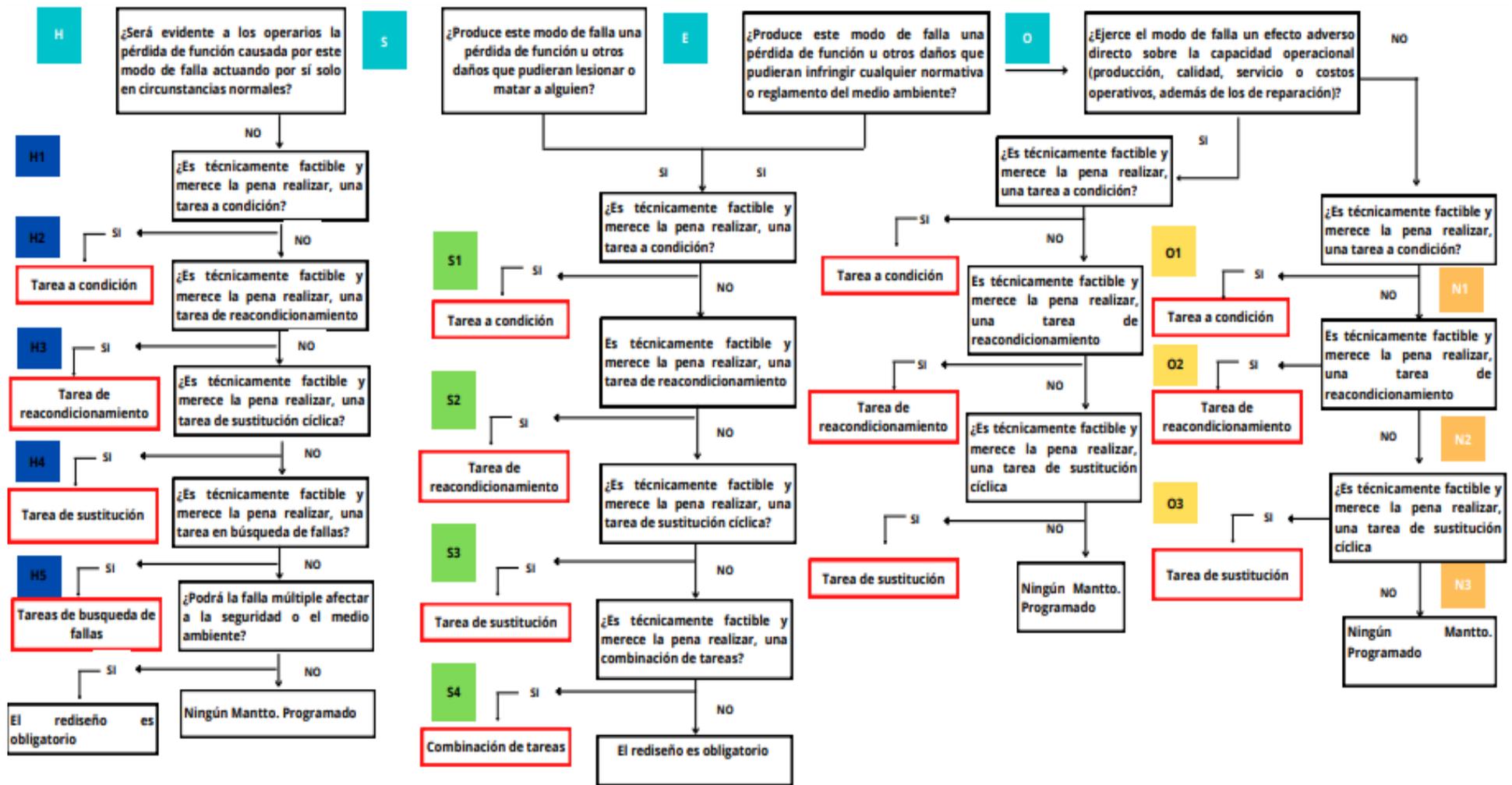


Gráfico 3-2: Diagrama de decisión

Fuente:(SAE JA1012 2002, p.53)

### 2.6.6. *Tareas proactivas*

Son las actividades factibles que permiten controlar, disminuir y eliminar en un futuro los modos de fallos existentes en los activos, considerando tres tipos de tareas como se observa en la tabla 14-2:

**Tabla 14-2:** Información del RCM.

<b>Tareas proactivas</b>	
<b>Tareas de reacondicionamiento y sustitución cíclicas</b>	Es un proceso que consiste en restaurar o reparar los componentes de los equipos antes de que alcancen un determinado límite de antigüedad de los activos y está asociado al mantenimiento preventivo.
<b>Tareas de sustitución cíclicas</b>	Es un proceso que permite la reparación de activos en función del tiempo que lleva el proceso de producción.
<b>Tareas a condición</b>	Este es un proceso que le permite identificar ciertos tipos de fallas funcionales antes de que ocurran.

Fuente: (Moubray y Pérez 2004, p.155)

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

### 2.6.7. *Acciones a falta de una adecuada tarea*

Se aplica en casos que no exista una tarea proactiva adecuada para solucionar los fallos funcionales, estas son definidas en el RCM como búsqueda de falla, rediseño y mantenimiento a rotura (Molina 2017, p.102)

**Tabla 15-2:** Acciones a falta de una adecuada tarea.

<b>Acciones a falta de una adecuada tarea</b>	
<b>Búsquedas de fallas.</b>	Se realiza una revisión periódicamente observando que las fallas ocultas no se repitan.
<b>Rediseño</b>	Cambios de las características propias de un componente, una sola vez.
<b>Mantenimiento a la rotura</b>	No se realiza acciones, sino que se deja que falle para repararla.

Fuente: (Moubray y Pérez 2004, p.158-173)

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

## 2.7. Frecuencia óptima de mantenimiento

### 2.7.1. Distribución de Weibull

La teoría de la confiabilidad se basa en varios aspectos de un producto se debe analizar su diseño, control del proceso y manufactura inclusive el uso apropiado y mantenimiento durante su fase de operación. Una de las distribuciones más utilizadas en teoría de la confiabilidad para componentes mecánicos es la distribución Weibull debido a su gran versatilidad, esta distribución es utilizada para modelar tiempos de falla que tienen una tasa de falla no constante la cual se define a partir de los parámetros  $\lambda$  que es parámetro de escala y  $\beta$  parámetro de forma (Vergara 2014).

Según el valor del parámetro  $\beta$  se podría presentar tasas de falla crecientes, decrecientes o constantes. Por ejemplo:

Cuando  $\beta = 1$ , se tiene el caso del modelo exponencial, que tiene una tasa de falla constante.

Cuando  $\beta > 1$ , se tiene una tasa de falla creciente.

Cuando  $\beta < 1$ , se tiene una tasa de falla decreciente.

La distribución de Weibull trata de estudiar cuál es la distribución de fallos de un componente clave de seguridad que pretendemos controlar a través de los registros de fallos que las empresas deben tener por cada máquina se puede observar la variación a lo largo del tiempo y dentro de lo que se considera tiempo normal de uso (Tamborero 2014).

**Tabla 16-2:** Ecuaciones para la distribución de Weibull.

Parámetro	Definición	Ecuación
Función de densidad de probabilidad de fallo	Es la probabilidad que tiene un componente de fallar en un instante t.	$f(t) = \frac{\beta(t)^{\beta-1}}{\alpha^\beta} e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta} \quad (3)$
Función de distribución acumulada de probabilidad de fallo	Representa la probabilidad acumulada de fallo hasta el tiempo t.	$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta} \quad (4)$
Función de fiabilidad	Es la probabilidad de que una unidad o componente realice la función para la cual fue diseñado, bajo ciertas condiciones de uso especificadas, por un periodo de tiempo determinado.	$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta} \quad (5)$
Tasa instantánea de fallos (Riesgo)	Es la frecuencia con la que se presentan los fallos en los componentes (fallos/hora).	$\lambda(t) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} \quad (6)$

Fuente: (Vergara 2014)

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

### 2.7.2. Política de sustitución a intervalos constantes

Cuando existe fallo o al agotarse un intervalo de tiempo de longitud constante de una situación preventiva es recomendable la sustitución y para resolver es necesario determinar el intervalo óptimo entre sustituciones preventivas con un costo total mínimo (Márquez, Moreu y Sanchez 2004).

Los modelos matemáticos utilizados son los siguientes:

**Tabla 17-2:** Nomenclatura de la política de sustitución a intervalos constantes.

$C_p$	Coste de sustitución preventiva
$C_c$	Coste de sustitución correctiva
$t_p$	Tiempo al que se realiza la Sp
$F(t)$	Función de distribución de la probabilidad de tiempo hasta el fallo
$f(t)$	Función de densidad de la probabilidad de tiempo hasta el fallo
$N(t_p)$	Numero de fallos esperados en el intervalo (0, $t_p$ )
CTE ( $t_p$ )	Coste total esperado por unidad de tiempo

Fuente:(Márquez, Moreu y Sanchez 2004)

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

$$CTE (N(t_p)) = \frac{\text{Coste total esperado } (0, t_p)}{\text{Longitud del intervalo } (0, t_p)} = \frac{C_p + C_c \cdot N(t_p)}{t_p} \quad (7)$$

$$N(t_p) = \int_0^{t_p} \lambda t_p 0 (t) dt \quad (8)$$

En esta política las sustituciones correctivas a intervalos de tiempo menores al  $t_p$  al producirse fallos intermedios, generan un consumo excesivo de recursos.

### 2.7.3. Política de sustitución basada en edad

La sustitución preventiva se realiza cuando el equipo alcanza una determinada edad  $t_p$ . Si el sistema falla, se realiza una sustitución correctiva y la próxima sustitución preventiva se ubica a  $t_p$  unidades de tiempo posterior. El problema consiste en calcular el  $t_p$  que minimice el CTE ( $t_p$ ) RE (Márquez, Moreu y Sanchez 2004). Los modelos matemáticos utilizados son los siguientes:

**Tabla 18-2:** Nomenclatura de la política de sustitución a intervalos constantes.

$C_p$	Coste de sustitución preventiva
$C_c$	Coste de sustitución correctiva
$t_p$	Tiempo al que se realiza la Sp
$F(t_p)$	Función de distribución de la probabilidad de tiempo hasta el fallo
$R(t_p)$	Función de fiabilidad
$M(t_p)$	Numero de fallos esperados en el intervalo (0, $t_p$ )
CTE ( $t_p$ )	Coste total esperado por unidad de tiempo

Fuente:(Márquez, Moreu y Sanchez 2004)

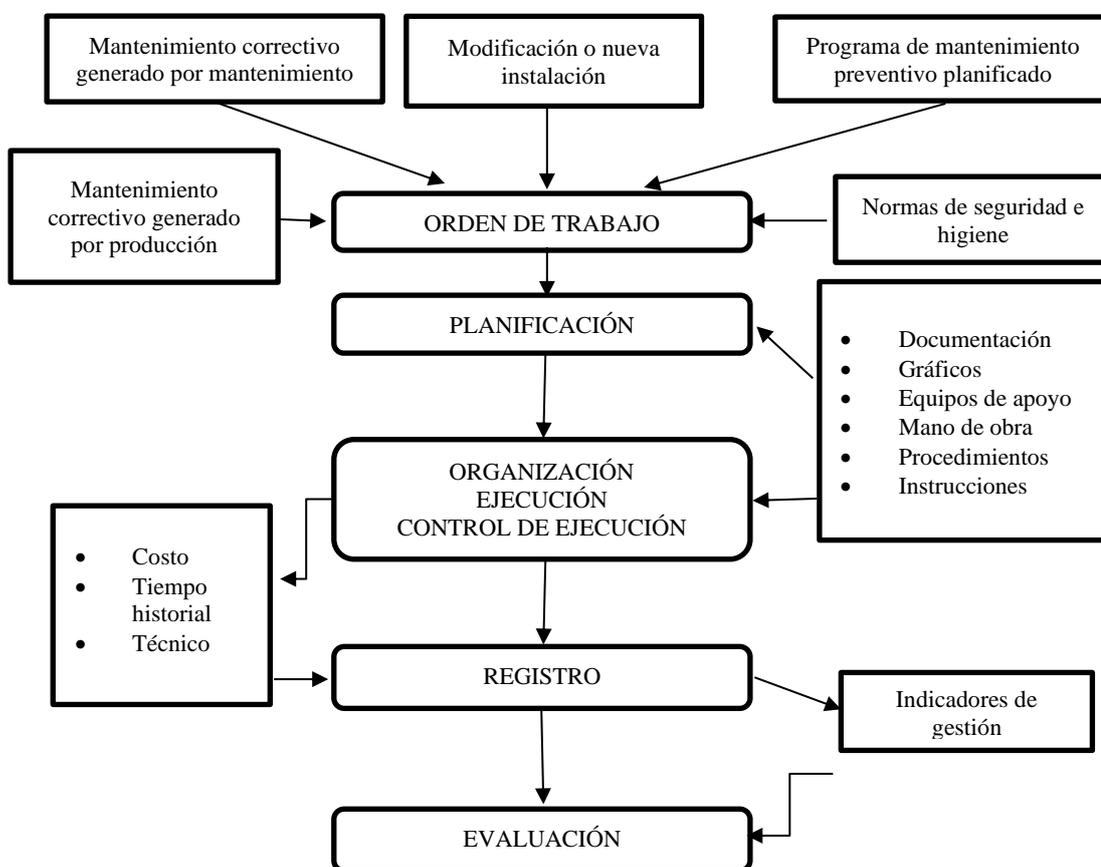
Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

$$CTE(t_p) = \frac{C_p R(t_p) + C_c F(t_p)}{t_p R(t_p) + M(t_p) F(t_p)} \quad (9)$$

$$M(t_p) = \int_0^{t_p} \frac{t f(t) dt}{F(t_p)} \quad (10)$$

## 2.8. Documentación del mantenimiento

La orden de trabajo se fundamenta en el esquema del flujo de trabajo para el mantenimiento como lo muestra el gráfico, de acuerdo con la norma UNE-EN 13460 la cual proporciona un procedimiento de documentación para llevar una organización enfocada a la mejora constante.



**Gráfico 4-2:** Flujo de orden de trabajo.

Fuente: (UNE-EN-13306 2018)

Una vez generada la orden de trabajo se planifica y designa responsables para cada etapa como lo muestra la tabla 19-2 y se debe ejecutar, para lo cual se debe contar con un buen formato de registro que recolecten la información requerida la cual detalle disponibilidad de medios humanos y materiales, disponibilidad de repuestos, procedimientos de trabajo, registros históricos de los cuales se obtiene información necesaria para generar o KPIs y evaluarlos.

**Tabla 19-2:** Responsables del flujo de una orden de trabajo.

Etapa	Responsables
Generación de la OT	Personal de mantenimiento o producción
Aprobación de la OT	Jefe de mantenimiento
Planificación de la OT	Encargado de mantenimiento
Preparación de la ejecución	Encargado de mantenimiento
Obtención de permiso de trabajo	Jefe de mantenimiento
Ejecución de la OT	Operarios
Entrega	Operarios
Supervisión e informe	Encargado / supervisor

Fuente: (UNE-EN 13306, 2018 p. 1).

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

## 2.9. Indicadores de mantenimiento

Los indicadores de mantenimiento o KPIs (Key Performance Indicators) son métricas que se determinan para medir el rendimiento de una acción determinada. Para una buena gestión de mantenimiento se deben llevar el control de más de un indicador de mantenimiento para una evaluación de rendimiento eficaz. Los indicadores más relevantes son: MTTR, MTBF y la disponibilidad intrínseca datos los cuales se puede calcular llevando un registro de paradas de activos a mantener los cuales se detallan en la tabla (Samaniego 2021).

**Tabla 20-2:** Indicadores de mantenimiento.

KPIs	Descripción	Formula	
MTTR	Tiempo medio entre reparación	$\frac{\sum_{i=1}^n TTR}{n} \quad (11)$	Donde: TRR= tiempos de reparación n= número de intervenciones realizadas
MTBF	Tiempo medio entre fallas	$\frac{\sum_{i=1}^m TBF}{m} \quad (12)$	Donde: TBF= horas de trabajo en buen estado m=número de averías para el mantenimiento correctivo
Disponibilidad intrínseca	No cuenta el mantenimiento preventivo (UT=BTF) (DT=TTR)	$A_1 = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \quad (13)$	Donde: MTBF=tiempo medio entre fallas MTTR=tiempo medio entre reparación

Fuente: (Samaniego 2021).

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

## 2.10. Costos de mantenimiento

Es la evaluación de todos los recursos que se utilizan para la obtención de datos económicos de un grupo establecido. En mantenimiento estos costos se encuentran asociados en 4 grupos:

- **Costos fijos:** en este caso se considera los costos de mano de obra y de los materiales necesarios para la realización del mantenimiento preventivo.
- **Costos variables:** son aquellos que considera los costos de producción, mano de obra y materiales para ejecutar un mantenimiento correctivo.
- **Costos administrativos:** son aquellos costos que consideran a los repuestos y a los equipos que se encuentran en stand by para no ocasionar pérdidas de producción.
- **Costos de fallas:** son aquellos que consideran al fallo del equipo, las averías y la reparación con el tiempo de parada que afecta a la producción (García 2006, p.42).

La suma de los 4 grupos anteriores permite estimar el total del costo de mantenimiento, como se muestra a continuación.

$$CT=CF+CV+CA+CFa \quad (14)$$

Donde:

**CF:** Costos fijos

**CV:** Costos variables

**CA:** Costos administrativos

**CFa:** Costos de fallas

### 2.10.1. *Cálculo de la mano de obra de mantenimiento*

Con el fin de contabilizar los costos de mantenimiento, es indispensable calcular el costo de la hora / hombre (Ch/h) cuando el personal interviene en actividades de mantenimiento dentro de la empresa Vitecal, y para el cual se deberá tomar en cuenta las especificaciones que contemplan los componentes salariales del código de trabajo de nuestro país, y para su cálculo se emplea la siguiente formula.

$$C \frac{h}{h} M \left( \frac{\text{costo hora}}{\text{hombre mto}} \right) = \frac{MO_{ma} \text{ (Mano de obra al año)}}{(50 \text{ sem} * 48h) * NTMt(\text{número de técnicos})} \quad (15)$$

## **2.11. Gestión de materiales y repuestos en bodega**

La importancia de una gestión de materiales y repuestos dentro de las empresas se presenta por tratar de evitar los retrasos logísticos que implica no tenerlos dentro de la organización. Por ello se propone un sistema de gestión que ayude a la empresa Vitecal a la creación de una bodega.

### **2.11.1. Maestro de materiales**

El maestro de materiales es un módulo logístico que permite gestionar los materiales, repuestos, ítems de cualquier empresa mediante el control de stock y el almacenamiento, de igual forma; permite realizar compras de nuevos productos de la empresa, evidenciando el mayor porcentaje en compras (CV Open Academy 2022).

### **2.11.2. Stock máximo**

El stock máximo en un inventario se refiere a la cantidad de existentes que se tienen en bodega y varia debido a la disponibilidad financiera de la empresa, tamaño y costo de almacén. Debido a la demanda y movimiento de existentes el stock máximo no es una cantidad fija varia en el tiempo por los cambios que se van produciendo al irse agotando (Vega 2016).

### **2.11.3. Stock de seguridad**

El stock de seguridad es el previsto cuando existe demandas inesperadas, funciona como protección de clientes o retrasos de proveedores, permite evitar roturas de stock ya que se puede cumplir tiempos de entrega y el suministro de materiales y repuestos, permitiendo satisfacer la demanda de previsión en un determinado tiempo (Vega 2016).

### **2.11.4. Stock mínimo**

El stock mínimo es el límite de existentes dentro de una organización, en fin, de seguir ofertando el servicio o producto a los clientes. Este stock permite atender la demanda existente en momentos de mayor movimiento, como también es el producto más pequeño que se localiza en bodega o es el ítem difícil de conseguir en caso de pérdida o por la limitación en su fabricación (Vega 2016).

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Inventario y Codificación de equipos

El inventario de activos que se definió una manera ordenada y sistematizada comenzado por definir las áreas que conforman el proceso productivo para la fabricación de granalla como lo muestra la tabla 1-3.

**Tabla 1-3:** Áreas de la empresa Vitecal.

Área	Código
Materia Prima	MP
Trituración inicial	TI
Clasificador	CL
Trituración final	TF
Taller de mantenimiento	TM
Parque Vehicular	PV

**Realizado por:** Montesdeoca, J., 2022

Para realizar el inventario se debe tener en cuenta que se está realizando nueva adquisición de equipos, y algunos de estos activos están ya comprados, pero aún no están instalados, y se proyecta que para el año 2023, entre esos nuevos equipos está una nueva línea de producción de carbonato de calcio, y un grupo electrógeno, mismos que deberán ser tomados dentro de la máscara de codificación creada en el capítulo anterior, y deben estar ubicados dentro de cada área adquiriendo el código como corresponda.

En la tabla 2-3 se presenta un ejemplo de la codificación utilizado para el inventario de activos de la empresa Vitecal.

**Tabla 2-3:** Ejemplo de codificación del sistema transportador de material 01.

Nivel 1		Nivel 2		Nivel 3		Nivel 4	
Planta		Área		Sistema		Equipo	
Cód.	Descripción	Cód.	Descripción	Cód.	Descripción	Cód.	Descripción.
VI	VITECAL	TI	Trituración inicial	ML01	Molienda 01	MT01	Motor 01
						ML01	Molino 01
						EM01	Embrague 01
						CC01	Caja de cambios 01
						TB01	Transmisión por banda 01
						CD01	Cardan 01
				TR02	Transportador de material 02	TE01	Tablero eléctrico 02
						ME01	Motor eléctrico 02
						TB01	Transmisión por banda 02
						TC01	Transmisión por cadena 02
						RC01	Reductor 02
						BT01	Banda transportadora 02
						BS01	Bastidor 02
						TA01	Tambor accionador 02

Realizado por: Montesdeoca Sánchez, Jean, 2022

### 3.2. Análisis de criticidad

Para el análisis de criticidad se ha considerado la matriz de criticidad total por riesgo la cual permite cuantificar y clasificar la criticidad de los sistemas en alta media y baja criticidad como lo muestra la tabla 3-3.

**Tabla 3-3: Análisis de criticidad por sistemas de la empresa Vitecal.**

ANÁLISIS DE CRITICIDAD MÉTODO DE CRITICIDAD TOTAL POR RIESGO (CTR)		FRECUENCIA				CONSECUENCIAS												FRECUENCIA (FF)	CONSECUENCIAS (C)	CRITICIDAD TOTAL POR RIESGO x		
		(FF)				(IO)				(FO)			(CM)		(SHA)							
		Frecuencia mayor a 5 fallos al año	Promedio 3 -4 fallos al año	Bueno: 1 a 2 fallos al año	Excelente: menos de 0,5 fallos al año	Perdidas de producción superiores al 20 %	Perdidas de producción entre el 15% - 19 %	Perdidas de producción entre el 10 al 14 %	Perdidas de producción entre el 3 % al 9 %	Perdidas de producción menores al 2 %	No se cuenta con unidades de reserva	Se cuenta con unidades de reserva que logran cubrir de forma parcial	Se cuenta con unidades de reserva en línea	Costos de reparación materiales y mano de obra superiores a \$40000	Costo de reparación materiales y mano de obra menores a \$4000	Riesgo medio de pérdida de vida y afección a la salud, y/o incidente ambiental menor (controlable), derrames factibles de contener o fuegos repentivos	Riesgo mínimo de pérdida de vida y afección a la salud (recuperable en el plazo corto) y/o incidente ambiental menor (controlable), derrames fáciles de contener y fuegos repentivos					No existe ningún riesgo de pérdida de vida, ni afección a la salud, ni daños ambientales
		4	3	2	1	10	7	5	3	1	5	3	1	3	1	6	4					2
PONDERACIONES		4	3	2	1	10	7	5	3	1	5	3	1	3	1	6	4	2	CTR	TIPO		
CÓD	DESCRIPCIÓN DE SISTEMAS																					
TM01	Trasportador de material 01	4				7				5			1		4		4	40	160	C		
ML01	Molienda 01	4				10				5			3		6		4	59	236	C		
TM02	Trasportador de material 02	4				7				5			1		4		4	40	160	C		
CR01	Criba 01	4				7				5			3		4		4	42	168	C		
ML02	Molienda 02	4				10				5			3		6		4	59	236	C		
TM03	Trasportador de material 03	4				7				5			1		4		4	40	160	C		
TM04	Trasportador de material 04	4				7				5			1		4		4	40	160	C		
FM01	Filtro de mangas 01		3				5				3			1		4		3	20	60	MC	
SP01	Soplador 01		3				5				3			1		4		3	20	60	MC	
RX01	Retroexcavador JBC	4				7				5			3		4		4	42	168	C		
SL01	Soldadoras 01				1				1			1					2	1	4	4	NC	
EQ01	Equipos 01				1				1			1					2	1	4	4	NC	

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Se ha realizado el análisis de criticidad tomando en consideración la frecuencia de fallos y sus consecuencias luego de ello se lo analiza en la matriz de criticidad propuesta y se determina el nivel de criticidad del sistema como lo muestran las siguientes tablas.

El sistema de molienda 01 tiene una frecuencia de fallos de 4 y su consecuencia es de 59 que nos da una criticidad de 236 por lo que se encuentra en un nivel crítico.

**Tabla 4-3:** Matriz de criticidad del sistema de molienda 01.

4	MC	MC	C	C	Sistema de molienda 01
3	NC	MC	MC	C	C
2	NC	NC	MC	C	C
1	NC	NC	MC	MC	C
	10	20	30	40	50

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

El sistema transportador del material 01 tiene una frecuencia de fallos de 4 y su consecuencia es de 55 lo que nos da una criticidad de 160 por lo tanto se encuentra en un nivel crítico.

**Tabla 5-3:** Matriz de criticidad del sistema transportador de material 01.

4	MC	MC	C	C	Transportador de material 01
3	NC	MC	MC	C	C
2	NC	NC	MC	C	C
1	NC	NC	MC	MC	C
	10	20	30	40	50

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

El sistema retroexcavador 01 tiene una frecuencia de fallos de 4 y su consecuencia es de 42 que nos da una criticidad de 168 por lo que se encuentra en un nivel de criticidad crítico.

**Tabla 6-3:** Matriz de criticidad del sistema retroexcavador 01.

4	MC	MC	C	Retroexcavador 01	C
3	NC	MC	MC	C	C
2	NC	NC	MC	C	C
1	NC	NC	MC	MC	C
	10	20	30	40	50

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

### 3.3. Fichas técnicas y contextos operacionales por sistemas

Las fichas técnicas y contextos operacionales restantes se encuentran en el ANEXO A.

**Tabla 7-3:** Ficha técnica del sistema de molienda 02.

		Ficha técnica 01			
		Área	Trituración final	Código	TF
		Sistema	Molienda 02	Código	ML02
<b>Descripción fotográfica</b>					
					
Cod	Equipo	Descripción			
MT02 Motor 02	Marca	Hino H07C	Potencia Max	180 Hp/2800rpm	
	Consumo	2 galones / hora	Cilindros	6	
	Tipo	6 cilindros en línea	Cilindraje	5600 c/c	
SE02 Sistema eléctrico	Batería	2 baterías 12 V	Motor de arranque	Hino H07C	
SC 02 Sistema de combustible	Inyectores	Nippondenso 4 orificios			
ML02 Molino 02	Granulometría inicial	90 mm	Granulometría final	10 mm	
	Capacidad	50 Tn/h	Boca de entrada	500 x 150 mm	
	Velocidad	1000 rpm	Potencia necesaria	100 CV	
	Rotor	2 brazos / horizontal	Tipo	Terciario	
	Lubricación	5 lb de grasa grado 4			
CD02 Cardan 02	Longitud	2 metros	Cruceta	TH-172	
	Lubricación	1 lb de grasa G-4			
TB02 Transmisión por banda 02	Polea conducida	410 mm	Tipo de bandas		
	Polea conductora	230 mm	Material de poleas	Hierro fundido	
	Lubricación	1 lb / grasa G-4			
CJ02 Caja de cambios 02	Lubricación	2 gal / 80 W 90			
EB02 Embrague 02	Disco	HND058U	Rodamiento	CT70B	
	Plato de presión	HNC517			

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

**Tabla 8-3:** Ficha técnica del sistema.

 <b>VITECAL</b>		Ficha técnica 02			
		Área: Materia prima		Código MP	
		Sistema Transportador de material 01		Código TM01	
Descripción fotográfica					
					
Cod	Equipos	Descripción			
TE01	Tablero eléctrico 01	<b>Contactador</b>	Tripolar MC-22B,230V	<b>Disyuntor</b>	32 A / 2 polos
		<b>Dimensiones</b>	70 x 60 cm	<b>Fusibles</b>	RT 18,32 A / 500V
		<b>Voltaje de salida</b>	220V	<b>Amperímetro</b>	100ACA
TV01	Tolva principal 01	<b>Capacidad</b>	4 toneladas		
ME01	Motor eléctrico 01	<b>Factor de potencia</b>	0.94	<b>Voltaje</b>	220/420 V
		<b>Amperaje</b>	43.2/ 21.6 A	<b>Frecuencia</b>	60 Hz
		<b>Potencia</b>	7.5kW – 10Hp	<b>Temperatura</b>	40°C
		<b>Rpm</b>	3525 rpm	<b>Peso</b>	75 kg
		<b>Marca</b>	WEG		
TB01	Transmisión por banda 01	<b>Polea conducida</b>	7in / 2 canales	<b>Banda</b>	B51
		<b>Polea conductora</b>	10 in / 2 canales	<b>Material</b>	Hierro fundido
TC01	Transmisión por cadena 01	<b>Piñón motriz</b>	50B20	<b>Cadena</b>	60 cm
		<b>Piñón conducido</b>	50B60		
RE01	Reductor 01	<b>Relación</b>	50 /1	<b>Tipo</b>	Sinfín- corona
		<b>Rango de potencia</b>	0.5 a 10 HP	<b>Tipo</b>	Acople por correa
		<b>Diámetro de eje</b>	40 mm		
BA01	Banda transportadora 01	<b>Largo</b>	6 metros	<b>Tipo</b>	Nervada
		<b>Ancho</b>	3 metros	<b>Lonas</b>	4 lonas
		<b>Numero de grapas</b>	7		
BS01	Bastidor 01	<b>Numero de rodillos</b>	36	<b>Alto</b>	3 M
		<b>Largo</b>	6 m	<b>Ancho</b>	80 Cm
TA01	Tambor accionador 01	<b>Diámetro</b>	60 cm	<b>Platinas</b>	3/8

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

**Tabla 9-3:** Contexto operacional sistema de molienda 02.

CONTEXTO OPERACIONAL	
ASPECTOS CLIMÁTICOS	El sistema de molienda 02 opera en un sistema aislado con abundancia de polvo generado por el proceso de trituración, opera a una temperatura ambiente de 30 °C ocasiona un ruido de 82 Db, se encuentra instalado a una altitud de 2723 m sobre el nivel del mar.
NORMAS Y REGLAMENTOS	El Decreto Ejecutivo 2393 "Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo", manifiesta en el Art. 55 literal c que el Ruido y Vibraciones, fija como límite máximo de presión sonora es de 85Dd para el caso de ruido continuo en 8 horas de jornada laboral de igual forma la norma Ecuatoria INEN 2207 establece que toda fuente móvil con motor de diésel no debe emitir al aire monóxido de carbono (CO) superior a 0,64 g/km, hidrocarburos (HC) superior a 0 g/km, óxidos de nitrógeno (NOx) superior a (0,5 g/km) y HC + NOx = 0,56 g/Km y partículas en cantidades superiores a (0,5 g/km). Los desechos de aceites o combustibles serán tratados de acuerdo con la normativa de la provincia o cantón en donde se encuentre instalado el motor diésel.
PROCESO	El sistema transportador de material 04 alimenta la tolva de ingreso de material del molino 02 para triturarlo y pasarlo al transportador de material 03 para posterior cribarlo. El sistema trabaja un tiempo parcial de 6 horas diarias 5 días a la semana. Una parada representa \$350,00 dólares la hora.
REDUNDANCIA	No tiene redundancia.
ESTÁNDARES DE CALIDAD	El Molino de martillos del sistema de trituración inicial debe tener una granulometría final de 0 a 3 mm con un material completamente seco para no tener inconvenientes en el proceso de cribado.
ESTÁNDARES MEDIO AMBIENTALES	El funcionamiento del sistema de trituración inicial al tener dos equipos principales como son un molino de martillos y un motor diésel genera una gran cantidad de polvo en el ambiente y gases quemados producto de la combustión lo cual causa contaminación al medio ambiente. Producto de las tareas de mantenimiento realizadas en el motor diésel, generan desechos tóxicos como el aceite, los cuales pueden causar daños al medio ambiente como contaminación de ríos o del suelo.
RIESGOS A LA SEGURIDAD	El CO2 generado por la combustión puede ocasionar enfermedades respiratorias, así como la generación de polvo, el ruido también genera un riesgo a la seguridad cuando es mayor a 85Dd., esta máquina debe ser utilizada por personal calificado. El activo no es peligroso, si está bien mantenido y se realizan las instrucciones necesarias de operación, en caso de ser necesario hacer las actividades de mantenimiento de partes eléctricas y mecánicas.

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

**Tabla 10-3:** Contexto operacional sistema transportador de material 01.

CONTEXTO OPERACIONAL	
ASPECTOS CLIMÁTICOS	El sistema transportador de material 02 opera en un sistema cerrado con abundancia de polvo generado por el proceso de trituración, opera a una temperatura ambiente de 25 °C ocasiona un ruido de 60 Db, se encuentra instalado a una altitud de 2723 m sobre el nivel del mar.
NORMAS Y REGLAMENTOS	La calidad de la resistencia al desgaste de una cinta transportadora es habitualmente el factor individual más importante que determinará su vida útil y consecuentemente su rentabilidad. Existen dos conjuntos de normas referentes a la abrasión reconocidos internacionalmente los cuales son: EN ISO 14890 (H, D y L) y DIN 22102 (Y, W y X). Indicadas principalmente para minería.
PROCESO	El sistema transportador de material 01 comienza en la tolva del área de materia prima transportando el material con una granulometría inicial de 90 mm ala tolva de alimentación del Molino 01. El sistema trabaja 6 horas diario 5 días a la semana. Una parada representa una pérdida de \$350 dólares la hora.
REDUNDANCIA	El sistema no posee redundancia.
ESTÁNDARES DE CALIDAD	Afecta directamente a la producción y no a la calidad.
ESTÁNDARES MEDIO AMBIENTALES	Toda la planta debe cumplir con los requisitos ambientales y de contaminación para los debidos permisos de funcionamiento. El sistema transportador de material genera una gran cantidad de polvo lo cual causa contaminación al medio ambiente.
RIESGOS A LA SEGURIDAD	Manipular por personal cualificado. Desconectar la línea de alimentación del tablero para actividades de mantenimiento. Utilizar EPP al momento de realizar operaciones de mantenimiento.

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

### 3.4. Elaboración de las hojas de información por sistemas

La elaboración de las hojas de información para cada uno de los activos críticos y de media criticidad se encuentran en el ANEXO B

**Tabla 11-3:** Hoja de información del sistema de molienda 02 hoja 1 de 7

Empresa: Vitecal			Área: Trituración final	Realizado por: Jean Montesdeoca	Revisado por: Ing. César Gallegos			Hoja 1	
			Sistema:	Molienda 02	Fecha:25/04/2022			De :7	
Parte	N°	Función	Falla funcional	Modo de falla/ (causa)		Efecto de la falla	Consecuencias		
Motor 02	1	Transferir 180 Hp de potencia en eje de entrada del molino 02	A	Transferir menos de 180 Hp y movimiento	1	Perdida de potencia por filtro de aire obstruido	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: Aparece humo negro en los gases de escape</li> <li>•No presenta amenazas a la seguridad, pero si al medio ambiente.</li> <li>•Afectaciones a la producción: La producción se detiene 30 minutos con una pérdida de \$175</li> <li>•Se requiere cambiar el filtro de aire P 182070 o P124046</li> </ul>	Operacional	1 vez año
					2	Perdida de potencia por inyectores sucios	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: El motor pierde potencia o fuerza</li> <li>•Afectaciones a la producción: La producción se para 3 horas generando una pérdida de \$1000</li> <li>•Se requiere hacer una limpieza de inyectores y toberas</li> </ul>	Operacional	1 vez /3 años
					3	Perdida de potencia por válvula pisada (no cierra la válvula)	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: Se produce ruidos y vibraciones anormales,</li> <li>•No presentan amenazas a la seguridad ni al medio ambiente.</li> <li>•Afectaciones a la producción: Se produce la disminución de potencia del motor parando la producción 2h con un costo de \$700</li> <li>•Se requiere. realizar una calibración de válvulas.</li> </ul>	Operacional	1 vez año
					4	Anillos de pistones deteriorados	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: Se produce humo negro en los gases de escape, falta de potencia con bajo rendimiento, presencia de aceite en el escape y aumento de consumo del aceite.</li> <li>•No presentan amenazas a la seguridad ni al medio ambiente.</li> <li>•Afectaciones a la producción: La producción se para 18 horas produciendo</li> <li>•Se requiere la reparación del motor</li> </ul>	Operacional	1 vez /3 años

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

**Tabla 12-3:** Hoja de información del sistema de molienda 02 hoja 2 de 7.

Empresa: Vitocal		Área: Trituración final	Realizado por: Jean Montesdeoca	Revisado por: Ing. César Gallegos			Hoja:2		
		Sistema:	Molienda 02	Fecha:25/04/2022			De:7		
Parte	N°	Función	Falla funcional	Modo de falla/ (causa)	Efecto de la falla	Consecuencias	Pro. de fallo		
Motor 02	2	Trabajar a una temperatura menor a 60°C	A	Trabajar a una temperatura mayor de 60°C	1	Desgaste prematuro del motor por niveles de lubricación bajos	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: Se produce humo negro en los gases de escape, y hay presencia de alta temperatura.</li> <li>•No presentan amenazas a la seguridad, pero si al medio ambiente.</li> <li>•Afectaciones a la producción: La producción se para 1 hora con una pérdida de producción de \$350.</li> <li>•Se requiere realizar el cambio o completar el lubricante 25W60 y el filtro de aceite A- 3786SP</li> </ul>	Operacional	2 veces al año
					2	Junta de culata deteriorada	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: El consume refrigerante en exceso mezclándose con el aceite provocando humo blanco y sobrecalentamiento del motor.</li> <li>•No presentan amenazas a la seguridad ni al medio ambiente.</li> <li>•Afectaciones a la producción: La producción se para 6 horas con una pérdida de \$2100</li> <li>•Se requiere la intervención de un mecánico externo para realizar el cambio de la junta de culata 11115-2420</li> </ul>	Operacional	1 vez / 2 años
					3	Fuga en el radiador (radiador trizado por excesivas vibraciones)	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: El nivel del refrigerante es peligrosamente bajo ocasionando el sobrecalentamiento del motor</li> <li>•No presentan amenazas a la seguridad ni al medio ambiente.</li> <li>•Afectaciones a la producción: La producción se para 2 horas generando una pérdida de \$ 700</li> <li>•Se requiere reparar, ajustar el radiador y poner un refrigerante nuevo,</li> </ul>	Operacional	2 veces al año
					4	Ventilador obstruido o en mal estado	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: El motor se sobrecalienta</li> <li>•No presentan amenazas a la seguridad ni al medio ambiente.</li> <li>•Afectaciones a la producción: La producción se para 1 hora generando una pérdida de \$350</li> <li>•Se requiere el cambio la reparación del ventilador</li> </ul>	Operacional	1 vez / 2 años

Realizado por: Montesdeoca, J, 2022

**Tabla 13-3:** Hoja de información del sistema de molienda 02 hoja 3 de 7.

Empresa: Vitecal			Área: Trituración final	Realizado por: Jean Montesdeoca	Revisado por: Ing. César Gallegos	Hoja:3			
			Sistema:	Molienda 02	Fecha:25/04/2022	De:7			
Parte	N°	Función	Falla funcional	Modo de falla/ (causa)	Efecto de la falla	Consecuencias	Pro. de fallo		
Sistema eléctrico	3	Proporcionar la energía a 24 V para el encendido	A	No hay energía (no arranca)	1	Baterías con bornes sulfatados por el esfuerzo y falta de ácido electrolito	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: El motor no arranca por falta de batería.</li> <li>No presentan amenazas a la seguridad ni al medio ambiente.</li> <li>Afectaciones a la producción: La producción se para por una hora hasta cambiar de batería, afecta con \$350 a la producción</li> <li>Se requiere cambiar la batería</li> </ul>	Operacional	4 veces al año
			B	No arranca	1	Escobillas del motor de arranque desgastadas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: El motor no arranca.</li> <li>No presentan amenazas a la seguridad ni al medio ambiente, afecta a la producción con \$1000 por tres horas de paro.</li> <li>Se requiere cambiar las escobillas del motor de arranque</li> </ul>	Operacional	1 vez /3 años
			C	Falta de presencia de energía para la combustión	1	Bujías carbonizadas por presencia de exceso de combustible	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: el motor no produce la potencia necesaria de funcionamiento, se ve lento.</li> <li>No se presentan amenazas a la seguridad, ni al medio ambiente.</li> <li>Afectaciones a la producción: Se produce una parada de 3 horas produciendo una pérdida de \$1000</li> <li>Se requiere el cambio de las bujías afectadas y calibrar las válvulas de los cilindros</li> </ul>	Operacional	1 vez /3 años
Sistema de combustible	4	Transferir combustible desde el tanque de combustible a una relación de 0.5 litros por minuto	A	Incapaz de transferir combustible	1	Bomba de combustible obstruida por corrosión interna por la presencia de agua.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: El motor no arranca por falta de combustible</li> <li>No se presentan amenazas a la seguridad ni al medio ambiente.</li> <li>Afectaciones a la producción: La producción se para 30horas generando una pérdida de \$10500</li> <li>Se requiere reparar la bomba de inyección y pulgar el filtro de combustible</li> </ul>	Operacional	1 vez al año
					2	Filtro de combustible bloqueado	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: no se ve presencia de movimiento del motor</li> <li>No se presentan amenazas a la seguridad, ni al medio ambiente.</li> <li>Afectaciones a la producción: Se produce una parada de 1 hora produciendo una pérdida de \$ 350.</li> <li>Se requiere el cambio de filtro de combustible P5500881</li> </ul>	Operacional	1 vez al año

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

**Tabla 14-3:** Hoja de información del sistema de molienda 02 hoja 4 de 7.

Empresa: Vitecal		Área: Trituración final	Realizado por: Jean Montesdeoca	Revisado por: Ing. César Gallegos			Hoja:4		
		Sistema:	Molienda 02	Fecha:25/04/2022			De:7		
Parte	N°	Función	Falla funcional	Modo de falla/ (causa)	Efecto de la falla	Consecuencias	Pro. de fallo		
Molino 02	5	Triturar 9 Tn/hora de materia prima a una granulometría de 0 a 6 mm	A	Incapaz de triturar 9 Tn/hora de materia prima a una granulometría de 0 a 6 mm	1	Barrotes parcialmente deteriorados	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: El material de los martillos se encuentra por debajo del rango establecido además presenta un desbalance en el rotor provocando vibraciones</li> <li>Presentan amenazas a la seguridad y al medio ambiente.</li> <li>Afectaciones a la producción: El desgaste de los martillos afecta notablemente la producción, debido a que se genera una parada de 12 horas perdiendo \$4200 en producción. Se requiere cambiar los martillos del molino y balancearlos</li> </ul>	Operacional	2 veces al año
					2	Placas de armadura deterioradas por abrasión	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: Se puede observar el desgaste abrasivo en las placas de la armadura a que estas van menorando su espesor</li> <li>No presentan amenazas a la seguridad ni al medio ambiente.</li> <li>Afectaciones a la producción: se debe parar la producción 2 horas perdiendo \$700 en producción</li> <li>Se requiere preparar y cambiar las placas de la armadura</li> </ul>	Operacional	3 veces al año
					3	Eje del rotor desbalanceado	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: Vibraciones y ruidos anormales</li> <li>Afectaciones a la producción: La producción debe parar 4 horas hasta balancear el rotor correctamente generando una pérdida económica de \$1400</li> <li>No presentan amenazas a la seguridad ni al medio ambiente.</li> <li>Se requiere balancear el molino con pesas de acero</li> </ul>	Operacional	6 veces al año
					4	Pernos y arandelas de sujeciones sueltas por vibraciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: El molino produce vibraciones y ruido anormal</li> <li>Afectaciones a la producción: La producción se para 30 minutos generando una pérdida de \$175</li> <li>No presentan amenazas a la seguridad ni al medio ambiente.</li> <li>Se requiere ajustar los pernos de anclaje a la base del molino</li> </ul>	Operacional	2 veces al año
					5	Base del molino agrietado por vibraciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: La base del molino presenta grietas visibles</li> <li>Afectaciones a la producción: La producción se para 30 minutos generando una pérdida de \$175</li> <li>Presentan amenazas a la seguridad.</li> <li>Se requiere soldar la grieta de la base del molino</li> </ul>	Operacional	1 vez al año

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

**Tabla 15-3:** Hoja de información del sistema de molienda 02 hoja 5 de 7.

Empresa: Vitecal			Área: Trituración final	Realizado por: Jean Montesdeoca	Revisado por: Ing. César Gallegos	Hoja:5			
			Sistema:	Molienda 02	Fecha:25/04/2022	De:7			
Parte	N°	Función	Falla funcional	Modo de falla/ (causa)	Efecto de la falla	Consecuencias	Pro. de fallo		
Molino 02	5	Triturar 9 Tn/hora de materia prima a una granulometría de 0 a 6 mm	A	Incapaz de triturar 9 Tn/hora de materia prima a una granulometría de 0 a 6 mm	6	Barros totalmente deteriorados.	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: El desgaste del rodamiento produce fuertes ruidos haciendo que el rotor del molino sea incapaz de generar movimiento</li> <li>•No presentan amenazas a la seguridad ni al medio ambiente.</li> <li>•Afectaciones a la producción: La producción se detiene por 8 horas con una pérdida de producción \$2800</li> <li>•Se requiere cambiar el barrote</li> </ul>	Operacional	1 vez / 3 años
					7	Desgaste prematuro de las chumaceras por mala lubricación	Evidencias del fallo: Se produce vibraciones y ruidos anormales lo que puede provocar la caída de las placas de la armadura del molino <ul style="list-style-type: none"> <li>•No presentan amenazas a la seguridad ni al medio ambiente.</li> <li>•Afectaciones a la producción: La producción se detiene por 30 minutos ocasionando una pérdida de \$175</li> <li>•Sé requiere revisar y engrasar las chumaceras principales</li> </ul>	Operacional	1 vez / 4 años
Embrague 02	6	Transmitir la potencia del motor a la caja de cambios	A	Incapaz de Transmitir la potencia del motor a la caja de cambios	1	Lengüetas del diafragma en el plato de embrague desgastadas por rodamiento agripado	Evidencias del fallo: Se observa las lengüetas del plato de embrague rotas y el cambio de marcha se lo realiza con dificultad <ul style="list-style-type: none"> <li>•No presentan amenazas a la seguridad ni al medio ambiente.</li> <li>•Afectaciones a la producción: La producción detiene por 2 horas ocasionando \$700 de perdida</li> <li>•Sé requiere cambiar el rodamiento y el plato de embrague</li> </ul>	Operacional	2 veces al año
					2	Disco de embrague parcialmente sobrecalentado por presencia de aceite o grasa	Evidencias del fallo: El cambio de marcha se lo realiza con dificultad y genera ruido en la caja de cambios <ul style="list-style-type: none"> <li>•No presentan amenazas a la seguridad ni al medio ambiente.</li> <li>•Afectaciones a la producción: La producción detiene por 2 horas ocasionando \$700 de perdida</li> <li>•Sé requiere cambiar el disco de embrague</li> </ul>	Operacional	1 vez al año

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

**Tabla 16-3:** Hoja de información del sistema de molienda 01 hoja 6 de 7.

Empresa: Vitecal			Área: Trituración final	Realizado por: Jean Montesdeoca	Revisado por: Ing. César Gallegos	Hoja:6		
			Sistema:	Molienda 02	Fecha:25/04/2022	De:7		
Parte	N°	Función	Falla funcional	Modo de falla/ (causa)	Efecto de la falla	Consecuencias	Pro. de fallo	
Caja de cambios 02	7	Aumentar el par de salida o cambiar la velocidad de un motor	A	Incapaz de Aumentar el par de salida o cambiar la velocidad de un motor	1	Engranajes con holgura por falta de lubricación  Evidencias del fallo: Produce que en la caja de cambios se evidencie ruidos excesivos provocado por el mal asiento de los engranes entre ellos por el uso prolongado •Afectaciones a la producción: La producción se para por 18 horas •No presentan amenazas a la seguridad ni al medio ambiente. •Se requiere cambiar por completo la caja de cambios	Operacional	1 vez al año
					2	Juntas en mal estado por deterioro  •Evidencias del fallo: Produce una pérdida de lubricante y posteriormente un desgaste de las piezas que constituye la caja de cambios •Afectaciones a la producción: La producción se para por 3 horas con una pérdida de \$1050 •No presentan amenazas a la seguridad ni al medio ambiente •Se requiere cambiar la junta	Operacional	1 vez / 2 años
Transmisión por banda 02	8	Transmitir movimiento a una velocidad de 1000 rpm desde el motor con una relación de transmisión de 2,5:1	A	Transmitir movimiento menor a 1000 rpm	1	Banda floja por falta de tensado  •Evidencias del fallo: fuerte chillido y altas vibraciones en el sistema •No Presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente. •Se producen un paro de la producción por 30 min que ocasiona pérdidas de \$175 •Se requiere hacer un tensado de la correa y limpieza de las poleas	Operacional	3 veces al año

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

**Tabla 17-3:** Hoja de información del sistema de molienda 01 hoja 7 de 7.

Empresa: Vitocal			Área: Trituración final		Realizado por: Jean Montesdeoca		Revisado por: Ing. César Gallegos		Hoja:7
			Sistema:		Molienda 02		Fecha:25/04/2022		De:7
Parte	N°	Función	Falla funcional		Modo de falla/ (causa)		Efecto de la falla	Consecuencias	Pro. de fallo
Transmisión por banda 02	8	Transmitir movimiento a una velocidad de 1000 rpm desde el motor con una relación de transmisión de 2,5:1	B	No transmitir movimiento	1	Chumacera deteriorada por falta de lubricación	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: Ruido y vibración anormal</li> <li>•No Presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>•Se producen el paro de la producción por 2 hora y tiene un costo de \$700.</li> <li>•Se requiere cambiar la chumacera de transmisión</li> </ul>	Operacional	1 vez /2 años
					2	Banda de transmisión rota por desgaste	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: El sistema se detiene completamente.</li> <li>•No Presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>•Se producen el paro de la producción por 2 horas con un costo de \$700.</li> <li>•Se requiere cambiar de banda de transmisión</li> </ul>	Operacional	2 veces al año
Cardan 02	9	Transmitir el movimiento de rotación desde un eje conductor a otro conducido a pesar de no ser colineales.	A	Incapaz de transmitir el movimiento de rotación	1	Crucetas desgastadas por falta de lubricación	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: El cardan comienza a ser ruido con vibraciones anormales</li> <li>•No Presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>•Se producen el paro de la producción por 1 hora con un costo de \$125.00</li> <li>•Se requiere cambiar la cruceta.</li> </ul>	Operacional	1 vez / 2 años

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

**Tabla 18-3:** Hoja de información del sistema de trasportador de material 01 hoja 1 de 6.

Empresa: Vitocal		Área: Materia prima	Realizado por: Jean Montesdeoca	Revisado por: Ing. César Gallegos	Hoja: 1		
		Sistema:	Trasportador de material 01	Fecha: 25/04/2022	De: 6		
Parte	N°	Función	Falla funcional	Modo de falla/ (causa)	Efecto de la falla	Consecuencias	Pro. de fallo
Tolva de materia prima	1	Almacenar materia prima en un rango de 1 tonelada	A Almacena menos de 1 tonelada de materia prima	1 Tolva parcialmente rota por abrasión	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: Se observa grietas o agujeros en la superficie de la tolva</li> <li>No Presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>Se produce un paro de la producción de 30 minutos ocasionando una pérdida de \$175</li> <li>Se requiere parchar la tolva con plancha de 6mm</li> </ul>	Operacional	1 vez año
		Canalizar materia prima hacia la banda trasportadora	B Incapaz de canalizar materia prima a la banda trasportadora 01	1 Cauchos de la boca de la tolva sueltos por altas vibraciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: Se visualiza que la materia prima no canaliza completamente en la banda trasportadora 01</li> <li>No presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>Se producen el paro de la producción por 30 min con un costo de \$175</li> <li>Se requiere cambiar o apretar los cauchos de la boca de la tolva</li> </ul>	Operacional	1 vez año
Motor eléctrico 01	2	Transformar la energía eléctrica en energía mecánica para tener en su eje de salida una velocidad angular de 1800 rpm, Voltaje de 220 V y Corriente de 11A.	A Incapaz de proveer velocidad angular de 1800 rpm,	1 Condensador de arranque dañado por sobrecarga	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: El motor no genera movimiento y se escucha un zumbido en su interior elevando la intensidad</li> <li>No Presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>Se produce un paro de la producción de 1 horas con un costo de \$350</li> <li>Se requiere cambiar en condensador de 50 uF</li> </ul>	Operacional	1 veces año
				2 Platinera de conexión no permiten el paso de corriente por presencia de herrumbre	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: El motor eléctrico no genera movimiento se evidencia la presencia de herrumbre en la superficie de la platinera, provocándose un mal contacto.</li> <li>No presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente</li> <li>Se produce un paro de la producción de 30 minutos con un coste de \$175</li> <li>Se debe cambiar la bornera</li> </ul>	Operacional	1 veces año

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

**Tabla 19-3:** Hoja de información del sistema trasportador de material 01 hoja 2 de 6.

Empresa: Vitecal		Área: Materia prima	Realizado por: Jean Montesdeoca	Revisado por: Ing. César Gallegos		Hoja:2		
		Sistema:	Trasportador de material 01	Fecha:25/04/2022		De:6		
Parte	N°	Función	Falla funcional	Modo de falla/ (causa)	Efecto de la falla	Consecuencias	Pro. de fallo	
Motor eléctrico 01	2	Transformar la energía eléctrica en energía mecánica para tener en su eje de salida una velocidad angular de 1800 rpm, Voltaje de 220 V y Corriente de 11A.	A	3	Cortocircuito en las conexiones del motor por sobre corriente	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: El breaker salta e impide el paso de corriente encendiendo la lampara roja del panel de control</li> <li>•No presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>•Se produce un paro de la producción de 30 minutos con un coste de \$175</li> <li>•Se debe revisar las conexiones del motor e identificar los conductores quemados y remplazarlos.</li> </ul>	Operacional	1 vez año
				4	Rodamientos desgastados por deterioro	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: Incremento de temperatura, ruido y vibraciones anormales.</li> <li>•No se presenta amenazas a la seguridad ni al medio ambiente.</li> <li>•Se produce un paro de la producción de 1 hora con un coste de \$350</li> <li>•Se debe cambiar los rodamientos</li> </ul>	Operacional	1 vez año
				5	Interruptor centrifugo defectuoso por deterioro	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: El motor arranca y saca chispas en su interior el interruptor centrifugo por efecto de la rotación tiende a despegarse y a conectarse intermitentemente</li> <li>•No se presenta amenazas a la seguridad ni al medio ambiente.</li> <li>•Se produce un paro de la producción de horas con un coste de \$700</li> <li>•Se debe cambiar el interruptor centrifugo</li> </ul>	Operacional	1 vez año
Reductor de velocidad 01	3	Reducir la velocidad provista por el eje del motor de 1800 RPM a 180 RPM	A	1	Rodamientos desgastados	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: El reductor de velocidad genera un ruido y vibraciones anormales en su funcionamiento</li> <li>•No se presenta amenazas a la seguridad ni al medio ambiente</li> <li>•Se produce un paro de la producción de 2 horas con un coste de \$700</li> <li>•Se debe hacer el cambio de rodamientos</li> </ul>	Operacional	1 vez año

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

**Tabla 20-3:** Hoja de información del sistema trasportador de material 01 hoja 3 de 6.

Empresa: Vitecal		Área: Materia prima	Realizado por: Jean Montesdeoca	Revisado por: Ing. César Gallegos		Hoja:3	
		Sistema:	Trasportador de material 01	Fecha:25/04/2022		De:6	
Parte funcional	N°	Función	Falla funcional	Modo de falla/ (causa)	Efecto de la falla	Consecuencias	Pro. de fallo
Reductor de velocidad 01	3	Reducir la velocidad provista por el eje del motor de 1800 RPM a 180 RPM	A Incapaz de reducir la velocidad del motor eléctrico.	2 Engranés desgastados por lubricación deficiente	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: Puede evidenciarse la presencia de ruido y vibraciones, e incluso en casos extremos se puede paralizar la máquina.</li> <li>•No se presentan amenazas a la seguridad ni al medio ambiente</li> <li>•Se produce un paro de la producción de 1 hora con un coste de \$350</li> <li>•Se debe cambiar el reductor de velocidad</li> </ul>	Operacional	1 vez año
Transmisión por banda 01	4	Transmitir movimiento a una velocidad de 1800 rpm desde el motor con una relación de transmisión de 2,5:1	A Transmitir movimiento menor a 1745 rpm	1 Banda floja por falta de tensado	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: fuerte chillido y altas vibraciones en el sistema</li> <li>•No Presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>•Se producen un paro de la producción por 30 min que ocasiona pérdidas de \$175</li> <li>•No existe daños físicos ocasionados por la falla</li> <li>•Se requiere hacer un tensado de la correa y limpieza de las poleas</li> </ul>	Operacional	1 vez año

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

**Tabla 21-3:** Hoja de información del sistema trasportador de material 01 hoja 4 de 6.

Empresa: Vitecal			Área: Materia prima	Realizado por: Jean Montesdeoca	Revisado por: Ing. César Gallegos		Hoja:4	
			Sistema:	Trasportador de material 01	Fecha:25/04/2022		De:6	
Parte	N°	Función	Falla funcional	Modo de falla/ (causa)		Efecto de la falla	Consecuencias	Pro. de fallo
Transmisión por banda 01	4	Transmitir movimiento a una velocidad de 1745 rpm desde el motor con una relación de transmisión de 2,5:1	A No transmitir movimiento	1	Polea rota por desgaste	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: Ruido y vibración anormal</li> <li>•No Presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>•Se producen el paro de la producción por 1 hora y tiene un costo de \$350</li> <li>•No existe daños físicos ocasionados por la falla</li> <li>•Se requiere cambiar la polea de transmisión</li> </ul>	Operacional	1vez año
				2	Banda de transmisión rota por fatiga	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: El sistema se detiene completamente.</li> <li>•No Presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>•Se producen el paro de la producción por 1 hora con un costo de \$350.00</li> <li>•Se requiere cambiar de banda de transmisión</li> </ul>	Operacional	1vez año
Banda trasportadora 01	5	Trasportar 2 toneladas / hora de materia prima hacia la tolva principal del molino de martillos del área de molienda 01	A Incapaz de trasportar 2 toneladas / hora de materia prima hacia la tolva principal del molino de martillos del área de molienda 01	1	Banda trasportadora elongada	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: La banda se sale del bastidor provocando la caída del material</li> <li>•No Presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>•Se producen un paro de la producción por 3 horas ocasionando una pérdida de \$1050</li> <li>•No existe daños físicos ocasionados por la falla</li> <li>•Se requiere cambiar las grapas de la banda trasportadora</li> </ul>	Operacional	1vez año
				2	Banda trasportadora rota	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: Es incapaz de trasportar el material, se puede observar roturas grandes en la banda trasportadora</li> <li>•No Presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>•Se producen el paro de la producción por 18 horas y tiene un costo de \$6300</li> <li>•Se requiere cambiar de banda trasportadora</li> </ul>	Operacional	1vez / 2 años

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

**Tabla 22-3:** Hoja de información del sistema trasportador de material 01 hoja 5 de 6.

Empresa: Vitecal		Área: Materia prima	Realizado por: Jean Montesdeoca	Revisado por: Ing. César Gallegos		Hoja 5			
Parte funcional		Nº	Función	Falla funcional	Modo de falla/ (causa)	Efecto de la falla	Consecuencias	Pro. de fallo	
Transmisión por cadena 01	6	Transmitir movimiento a una velocidad de desde el reductor por medio de una cadena y piñones hacia el cilindro accionador	A	No transmitir movimiento al cilindro accionador del sistema	1	Rotura de cadena por fatiga	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: La banda trasportadora se detiene completamente.</li> <li>•No presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>•Se producen el paro de la producción por 1 hora con un costo de \$125.00</li> <li>•Se requiere cambiar los eslabones de la cadena</li> </ul>	Operacional	1 vez año
					2	Desgaste de los piñones por fatiga	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: La banda trasportadora se detiene atasca provocando ruido y derrame del material.</li> <li>•No presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>•Se producen el paro de la producción por 1 hora con un costo de \$125.00</li> <li>•Se requiere cambiar el piñón</li> </ul>	Operacional	1 vez año
Tambor accionador 01	7	Desplazar la banda trasportadora de forma centrada	A	No desplazar la banda trasportadora de forma centrada	1	Desgaste de las platinas del tambor accionador	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: La banda trasportadora se detiene provocando ruido y derrame del material.</li> <li>•No presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>•Se producen el paro de la producción por 8 horas con un costo de \$2800</li> <li>•Se requiere cambiar las platinas ¼ de pulgada del tambor accionador</li> </ul>	Operacional	1 vez año

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

**Tabla 23-3:** Hoja de información del sistema trasportador de material 01 hoja 6 de 6.

Empresa: Vitocal		Área: Materia prima	Realizado por: Jean Montesdeoca	Revisado por: Ing. César Gallegos	Hoja:6			
		Sistema:	Trasportador de material 01	Fecha:25/04/2022	De:6			
Parte funcional	N°	Función	Falla funcional	Modo de falla/ (causa)	Efecto de la falla	Consecuencias	Pro. de fallo	
Bastidor 01	8	Soportar todos los elementos necesarios de accionamiento, soporte y mantenimiento de la cinta transportadora.	A Incapaz de soportar los elementos necesarios de accionamiento y mantenimiento de la cinta transportadora	1	Bastidor agrietado por altas vibraciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: se observan gritas en el bastidor producto de la vibración.</li> <li>•No presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>•Se pierde producción por 1 hora con un costo de \$350.00</li> <li>•Se requiere soldar el bastidor con 7018</li> </ul>	Operacional	1 vez año
				2	Rodillos del bastidor deteriorados por desgaste	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: La banda trasportadora se detiene atasca provocando ruido y derrame del material.</li> <li>•No presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>•Se producen el paro de la producción por 1 hora con un costo de \$350.00</li> <li>•Se requiere cambiar el rodillo con 40 cm de varilla de 12 un rodamiento y un tubo de ½"</li> </ul>	Operacional	1 vez año
Tablero eléctrico 01	9	Dar protección contra los cortocircuitos y sobre tensiones a los motores eléctricos del sistema	A Incapaz de proporcionar protección a los motores eléctricos del sistema	1	Sobre calentamiento por presencia de polvo provoca mala conexión	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: se observa el tablero eléctrico completamente lleno de polvo</li> <li>•No presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>•Se pierde producción por 30 min con un costo de \$175.00</li> <li>•Se requiere limpiar el tablero eléctrico</li> </ul>	Operacional	1 vez / 2 años
				2	Sobrecalentamiento en terminales de contactores eléctricos	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: Se observa una quemadura en el inicio del terminal del contactor</li> <li>•No presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>•Se pierde producción por 30 min con un costo de \$175.00</li> <li>•Se requiere cambiar o ajustar las terminales del contactor</li> </ul>	Operacional	1 vez / 2 años

Realizado por: Montesdeoca,2022

### 3.5. Elaboración de las hojas de decisión

**Tabla 24-3:** Hoja de decisión del sistema de molienda 02 hoja 1 de 3.

Hoja de trabajo de decisión RCM			Sistema: Molienda 02										Área: Trituración final			Realizado por: J. Montesdeoca	Fecha: 13/05/2022	Hoja:1
													Código del sistema:ML02			Revisado por: Ing. César Gallegos	Fecha: 13/05/2022	De:3
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	Tareas "a falta de"				Tareas propuestas	Frecuencia inicial	A realizar por:		
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4						
1	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambio del filtro de aire S1780-13450P.	1000 horas	Operador			
1	A	2	S	N	N	S	N	S					Limpieza de inyectores	1200 horas	Operador			
1	A	3	S	N	N	S	N	S					Calibración de válvulas	1200 horas	Técnico externo			
1	A	4	S	N	N	S	N	S	S				Se requiere reparar el motor	3000 horas	Técnico externo			
2	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de aceite, cuatro galones de 20w50 y filtro de aceite A – 3786SP	250 horas	Operador			
2	A	2	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de junta de culata 11115-2420	2000 horas	Técnico de mantenimiento			
2	A	3	S	N	N	S	N	S					Chequear el radiador que no tenga fugas	5 horas	Operador			
2	A	4	S	N	N	S	N	S					Chequear el estado del ventilador	5 horas	Operador			
3	A	1	S	N	N	S	N	S					Chequear los niveles de ácido de la batería y su voltaje	100 horas	Operador			

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

**Tabla 25-3:** Hoja de decisión del sistema de molienda 02 hoja 2 de 3.

Hoja de trabajo de decisión RCM			Sistema: Molienda 02							Área: Trituración final				Realizado por: J. Montesdeoca	Fecha: 13/05/2022	Hoja: 2
			Código del sistema:ML02										Revisado por: Ing. César Gallegos	Fecha: 13/05/2022	De:3	
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	Tareas "a falta de"				Tareas propuestas	Frecuencia inicial	A realizar por:
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4				
3	B	1	S	N	N	S	N	N	S				Se requiere el cambio de las escobillas del motor de arranque	1500 horas	Técnico de mantenimiento	
3	C	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de bujías	2000 horas	Técnico de mantenimiento	
4	A	1	S	N	N	S	N	N	N				Se requiere purgar el filtro racor.	10 horas	Operador	
4	A	2	S	N	N	S	N	N	S				Cambio del filtro de combustible P5500881	500 horas	Operador	
5	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de lado de barrotos del molino	275 horas	Técnico de mantenimiento	
5	A	2	S	N	N	S	N	S					Revisión del estado y espesor de las placas de la armadura del molino	10 horas	Operador	
5	A	3	S	N	N	S	N	S					Balanceo del rotor del molino con placas de acero de 5mm de espesor	100 horas	Técnico de mantenimiento	
5	A	4	S	N	N	S	N	S					Revisión del estado y apriete de los pernos de sujeción del molino al bastidor	50 horas	Operador	
5	A	5	S	N	N	S	N	S					Revisión del estado del bastidor que soporta el molino en cuanto a fisuras, deformaciones o golpes	5 horas	Técnico mecánico	

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

**Tabla 26-3:** Hoja de decisión del sistema de molienda 02 hoja 3 de 3.

Hoja de trabajo de decisión RCM			Sistema: Molienda 02							Área: Trituración final				Realizado por: J. Montesdeoca	Fecha: 13/05/2022	Hoja:3
			Código del sistema:ML02													Revisado por: Ing. César Gallegos
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	Tareas "a falta de"				Tareas propuestas	Frecuencia inicial	A realizar por:
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4				
5	A	6	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de barrotos del molino	550 horas	Técnico de mantenimiento	
5	A	7	S	N	N	S	N	S					Engrasar las chumaceras principales del molino	10 horas	Operador	
6	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de rodamiento de embrague	500 horas	Técnico de mantenimiento	
6	A	2	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de plato de embrague	500 horas	Operador	
7	A	1	S	N	N	S	N	S					Cambiar lubricante de la caja de cambios del sistema	1000	Operador	
7	A	2	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado	Trabajar al fallo		
8	A	1	S	N	N	S	N	S					Revisión del sistema de transmisión por banda en cuanto a estado y tensado	50 horas	Operador	
8	B	1	S	N	N	S	N	S					Engrasar las chumaceras del sistema de transmisión	10 horas	Operador	
8	B	2	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de bandas de transmisión	2500 horas	Operador	
9	A	1	S	N	N	S	N	S					Engrasar cruceta del cardan	10 horas	Operario	

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

**Tabla 27-3:** Hoja de decisión del sistema de trasportador de material 01 hoja 1 de 2.

Hoja de trabajo de decisión RCM			Sistema: Transportador de material 01							Área: Materia prima				Realizado por: J. Montesdeoca	Fecha: 13/05/2022	Hoja: 1
			Código del sistema:BT01											Revisado por: Ing. César Gallegos	Fecha: 13/05/2022	De:2
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	Tareas "a falta de"				Tareas propuestas	Frecuencia inicial	A realizar por:
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4				
1	A	1	S	N	N	S	N	S					Revisión del estado de la tolva en cuanto al desgaste abrasivo	50 horas	Operador	
1	B	1	S	N	N	S	N	S					Revisión del estado de la boca de la tolva	50 horas	Operador	
2	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar el condensador de 50 uf de arranque	2000 horas	Técnico de mantenimiento	
2	A	2	S	N	N	S	N	S					Limpiar el motor eléctrico de la presencia de polvo	50 horas	Operador 03	
2	A	3	S	N	N	S	N	S					Revisar el estado de los cables conductores del motor eléctrico	100 horas	Operador 02	
2	A	4	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de rodamiento SKF 02165498	2000 horas	Técnico de mantenimiento	
2	A	5	N	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado	Trabajar al fallo		
3	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de rodamientos SKF5525842	2000 horas	Operador	
3	A	2	S	N	N	S	N	N	N				Lubricar reductores de velocidad	1000 horas	Operador	

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

**Tabla 28-3:** Hoja de decisión del sistema de trasportador de material 01 hoja 2 de 2.

Hoja de trabajo de decisión RCM			Sistema: Transportador de material 01							Área: Materia prima				Realizado por: J. Montesdeoca	Fecha: 13/05/2022	Hoja: 2
			Código del sistema:BT01													Revisado por: Ing. César Gallegos
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	Tareas "a falta de"				Tareas propuestas	Frecuencia inicial	A realizar por:
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4				
4	A	1	S	N	N	S	N	S					Revisión del sistema de transmisión por banda en cuanto a estado y tensado	100 horas	Operador	
4	A	2	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar la polea	1500 horas	Operador	
4	A	3	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar la banda	1000 horas	Operador	
5	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Revisión del estado de la banda de transmisión en cuanto a elongación y estado de grapas de sujeción	50 horas	Operador	
5	A	2	S	N	N	S	N	N	S				Se requiere cambiar la banda transportadora	2000 horas	Técnico de mantenimiento	
6	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de cadena	1000 horas	Operador	
6	A	2	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de catalina	1000 horas	Operador	
7	A	1	S	N	N	S	N	N	N				Cambiar las platinas de ¼ de pulgada del tambor accionador	2000 horas	Técnico de mantenimiento	
8	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Inspección del bastidor si esta agrietado usar electrodo 7018 para soldarlo	50 horas	Técnico mecánico	
8	A	2	S	N	N	S	N	N	N				Se requiere cambiar de rodillos de tubo de ½	500 horas	Técnico mecánico	
9	A	1	S	N	N	S	N	S					Inspección de voltajes de tablero, y limpieza del tablero	50 horas	Operador	
9	A	2	S	N	N	S	N	S					Ajuste de contactos eléctricos	100 horas	Operador	

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

**Tabla 29-3:** Historial de mantenimiento del sistema de molienda 02.

<b>Equipo</b>	<b>Fecha de parada</b>	<b>Descripción de reporte de parada</b>	<b>Tiempo no operativo (horas)</b>	<b>Tiempo de funcionamiento (horas)</b>	<b>Mantenimiento correctivo / Mantenimiento preventivo</b>
Molino 02	08 / 11 / 2020	Cambio de lado de barrotos	6	350	Correctivo
Molino 02	20 / 02 / 2021	Cambio de lado de barrotos	7	710	Correctivo
Molino 02	27 / 07 / 2021	Cambio de barrotos	8	1250	Correctivo
Motor 02	20 / 09 / 2021	Cambio de aceite y filtros	4	1500	Correctivo
Molino 02	10/ 10 / 2021	Cambio de lado de barrotos	8	1600	Correctivo
Molino 02	15 / 10 / 2022	Cambio de placas de 21x50x5 superiores	8	1650	Correctivo
Molino 02	25/ 10 / 2021	Cambio de placas de 25x25x5	4	1700	Correctivo
Motor 02	25 / 01 / 2022	Cambio de filtro de aceite y filtros	2	1900	Preventivo
Molino 02	20/ 02 / 2022	Cambio de barrotos	60	2100	Correctivo
Caja de cambios 02	15 / 03 / 2022	Cambio de aceite lubricante	2	2500	Preventivo
Molino 02	18 / 03 / 2022	Cambio de placas de 25x25x5	3	2550	Correctivo
Molino 02	29/ 03 2022	Cambio de placa de 21 x 50 x 5	4	2600	Correctivo
Embrague 02	20 / 04 / 2022	Cambio de plato de embrague kit de embrague	6	2670	Correctivo
Molino 02	10 / 05 / 2022	Cambio de aceite y filtros	2	2700	Preventivo
Molino 02	16 / 05 / 2022	Cambio de lado de barrotos	5	2750	Correctivo
Motor 02	26/ 05 / 2022	Cambio de junta de culata	8	3050	Correctivo

Fuente: (VITECAL, 2022)

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022.

### 3.6. Frecuencias de mantenimiento

Para el análisis de sustitución óptima se considera el historial de fallos del sistema de molienda 02 que se muestra en la tabla 29-3 ya que es el más importante dentro del proceso de fabricación de granalla mineral.

#### 3.6.1. Cálculo de parámetros de Weibull

La distribución escogida aplicada a la resistencia de aceros es la distribución de Weibull, que hoy en día es útil también para determinar el tiempo mínimo probable hasta el fallo o reparación, en activos que trabajan con piezas y elementos de acero, como en el caso de los barrotos del molino 02 de la empresa Vitecal, a continuación, en la siguiente tabla se muestra el detalle.

**Tabla 30-3:** Distribución de probabilidad Weibull.

Falla No "i"	t	F(t)	R(t)	f(t)	$\lambda(t)$
1	350,000	0,262785612	0,73721439	0,00184211	0,00249874
2	360,000	0,281461842	0,71853816	0,00189248	0,0026338
3	540,000	0,652735233	0,34726477	0,00195111	0,00561851
4	350,000	0,262785612	0,73721439	0,00184211	0,00249874
5	500,000	0,571792167	0,42820783	0,00208363	0,00486593
6	650,000	0,834737263	0,16526274	0,00131296	0,00794469
Promedio				0,00204036	

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

**Tabla 31-3:** Parámetros de Weibull.

N	6
$\Upsilon$	0
Intercepto	-17,99173
$\beta$	2,8685688
$\alpha$	529,54816
R <sup>2</sup>	0,519704
MTBF	471,983055

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

#### 3.6.2. Política de sustitución a intervalos constante

Se necesita del análisis costo beneficio por tarea de mantenimiento, sea el caso correctivo y preventivo, para poder ejecutar los datos en la fórmula del modelo de sustitución.

**Tabla 32-3:** Costo del modo de falla 5-A-6 con mantenimiento correctivo.

<b>Cambio de martillos del molino 02</b>		
Pérdida de parada		2400
Tiempo de mantenimiento		8 h
Tiempo medio entre fallas		400 h
Costo de cambio de martillos		800
Imprevisto		350
<b>Mantenimiento correctivo</b>		
Indirectos	Pérdida de parada	4200
Directos	Costo de cambio de martillos	800
	Imprevisto	350
Total, C <sub>c</sub>		3550,00

Fuente: (VITECAL, 2022)

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

**Tabla 33-3:** Costo del modo de falla 5-A-6 con mantenimiento preventivo.

<b>Cambio de martillos del molino 02 (5A1)</b>		
Tiempo por tarea		12 horas
Numero de tareas recomendadas por año		4
Costo del mantenimiento preventivo (USD)		150
Costo de cambio de martillos (USD)		800
<b>Mantenimiento preventivo</b>		
Indirectos	Perdida de parada (USD)	0
Directos	Costo de martillos (USD)	1600
	Costo del mantenimiento preventivo (USD)	150
	Amortización (USD)	15
Total, C <sub>p</sub>		1765,00

Fuente: (VITECAL, 2022)

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Para el cálculo de la frecuencia se hace uso de los parámetros enlistados en tablas anteriores, y se realiza de la siguiente manera según el modelo de sustitución a intervalos constantes.

Resolución:

Datos:

$f(t) = 1/17$  semanas

$C_p = \$ 1765.00$

$C_c = \$ 3550.00$

$$f(t) = 0,0020 = \frac{2}{1000} = \frac{1}{500} = \frac{1}{500 \text{ horas} * \frac{1 \text{ semana}}{30 \text{ horas}}} = \frac{1}{16.66 \text{ semanas}}$$

$$N(t_p) = \int_0^{t_p} \lambda(t) dt = \int_0^{t_p} \frac{f(t)}{1-F(t)} dt$$

$$f(t) = \begin{cases} 1/17 & 1 \leq t \leq 17 \\ 0 & \text{caso contrario} \end{cases}$$

$$= \int_0^{t_p} \frac{f(t)}{1-f(t)} dt = \int_0^{t_p} \frac{1/17}{1-\frac{1}{17}t} dt = \int_0^{t_p} \frac{1}{17-t} dt$$

$$[\ln 17-t]_0^{t_p} = \ln \frac{17}{17-t_p}$$

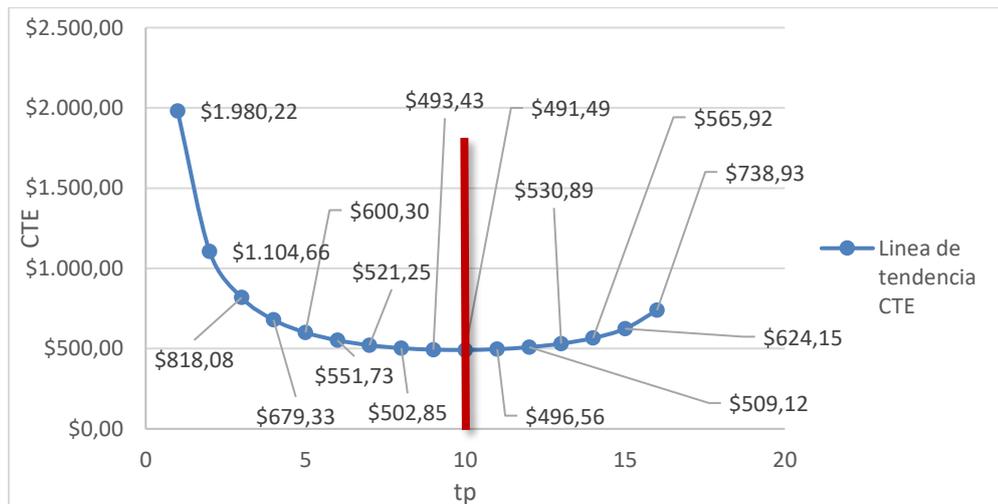
$$CTE(t_p) = \frac{C_p + C_c N(t_p)}{t_p} \quad CTE(t_p) = \frac{1765 + 3550 * \ln \frac{17}{17-t_p}}{t_p}$$

Gracias a la ayuda del Excel podemos calcular el costo esperado por cada tiempo obteniendo la siguiente tabla en el intervalo de 1 a 16 semanas.

**Tabla 34-3:** Costo esperado por semanas.

tp	CTE (USD)	tp	CTE (USD)
1	1.980,22	9	493,43
2	1.104,66	10	491,49
3	818,08	11	496,56
4	679,33	12	509,12
5	600,30	13	530,89
6	551,73	14	565,92
7	521,25	15	624,15
8	502,85	16	738,93

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022



**Gráfico 1-3:** Política de sustitución a intervalos constantes.

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Con la ayuda de Excel podemos calcular el costo estimado de la tarea de mantenimiento, en este caso el gráfico 1-3 muestra que el número de semana óptima para realizar la tarea activa de mantenimiento es la 10.

### 3.6.3. Política de sustitución basada en la edad

Para el cálculo de la frecuencia se hace uso de los parámetros enlistados en la tabla 50-3, y se realiza de la siguiente manera según el modelo de sustitución basado en la edad.

Resolución:

Datos:

$f(t) = 1/17$  semanas

$C_p = \$ 1765.00$

$C_c = \$ 3550.00$

$$M(t_p) = \int_{-\infty}^{t_p} \frac{tf(t)}{F(tp)} dt = \frac{\int_0^{t_p} tf(t) dt}{1-R(t)}$$

$$f(t) = \begin{cases} 1/17 & 1 \leq t \leq 17 \\ 0 & \text{caso contrario} \end{cases}$$

$$= \frac{\int_0^{t_p} tf(t) dt}{1-R(t)} = \frac{\int_0^{t_p} t \frac{1}{17} dt}{\frac{1}{17} t_p} = \frac{\frac{1}{17} \left[ \frac{t^2}{2} \right]}{\frac{1}{17} t_p}$$

$$= \frac{\frac{t_p^2}{34}}{\frac{t_p}{17}} = \frac{t_p^2 \cdot 17}{34 \cdot t_p} = \frac{t_p}{2}$$

$$CTE(t_p) = \frac{C_p R(tp) + C_c F(tp)}{t_p R(tp) + M(tp) F(tp)} \quad CTE(t_p) = \frac{1765 (1 - \frac{1}{17} t_p) + 3550 \frac{1}{17} t_p}{t_p (1 - \frac{1}{17} t_p) + \frac{t_p}{2} \frac{1}{17} t_p}$$

$$CTE(t_p) = \frac{1765 - \frac{1765}{17} t_p + \frac{3550}{17} t_p}{t_p - \frac{t_p^2}{17} + \frac{t_p^2}{34}}$$

$$CTE(t_p) = \frac{1765 + \frac{t_p}{17} (3550 - 1765)}{t_p + \left( \frac{-2t_p^2 + t_p^2}{34} \right)}$$

$$CTE(t_p) = \frac{1765 - \frac{tp}{17}(1785)}{tp + \left(-\frac{tp^2}{34}\right)}$$

$$CTE(t_p) = \frac{1765 + 105 tp}{tp - \left(\frac{1}{34}\right) tp^2}$$

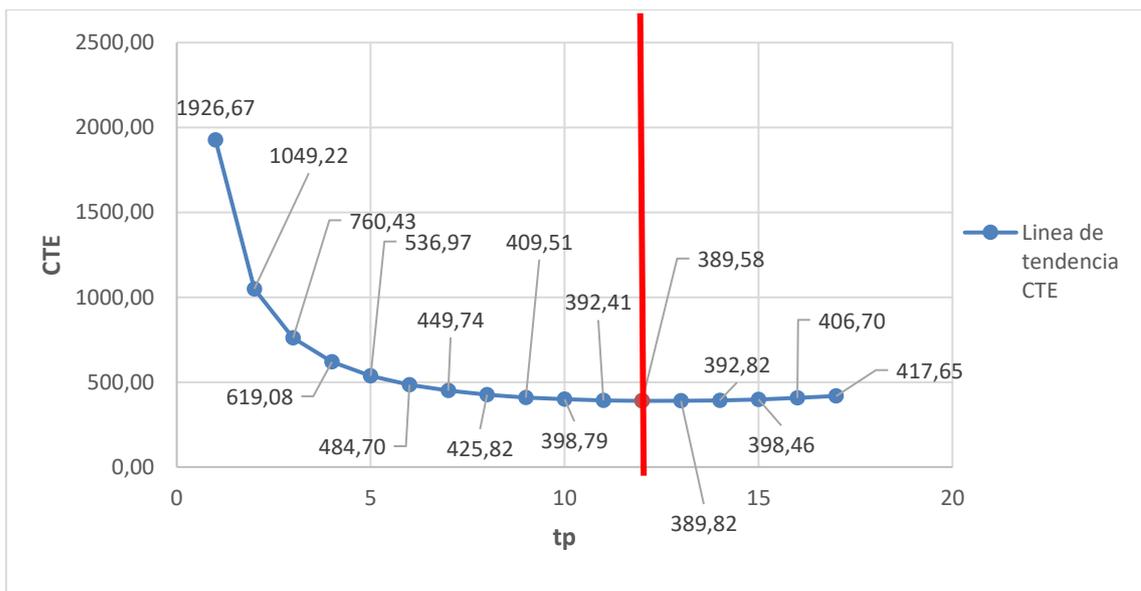
Gracias a la ayuda del Excel podemos calcular el costo esperado por cada tiempo obteniendo la tabla 35-3 en el intervalo de 1 a 16 semanas.

**Tabla 35-3:** Costo esperado por semanas.

tp	CTE (USD)	tp	CTE (USD)
1	1926,67	9	409,51
2	1049,22	10	398,79
3	760,43	11	392,41
4	619,08	12	389,58
5	536,97	13	389,82
6	484,70	14	392,82
7	449,74	15	398,46
8	425,82	16	406,70

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Con la ayuda de Excel podemos calcular el costo estimado de la tarea de mantenimiento, en este caso en el grafico 2-3 me muestra que el número de semana óptima para realizar la tarea activa de mantenimiento es la 10.

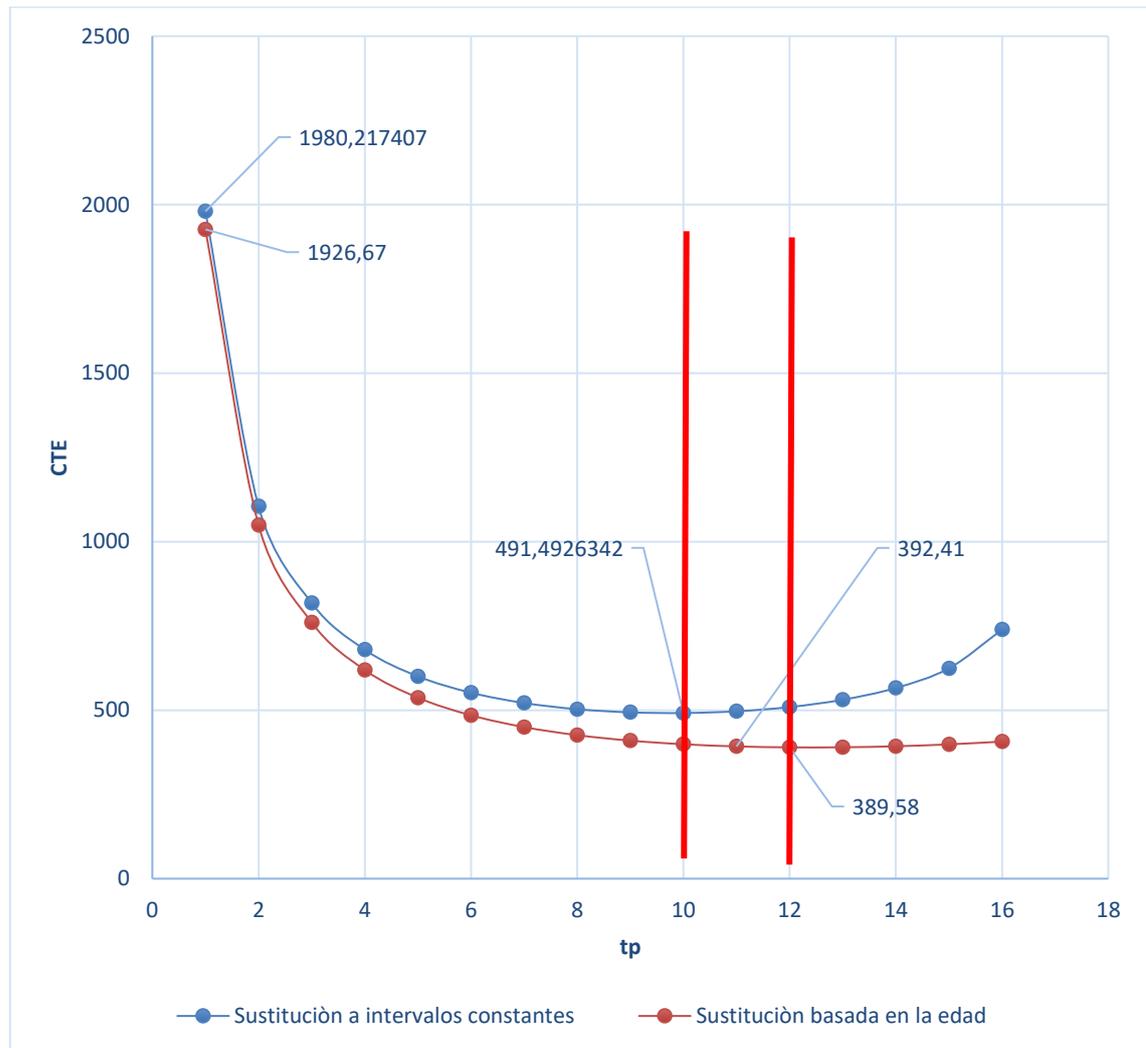


**Gráfico 2-3:** Política de sustitución basada en la edad.

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

### 3.6.4. Comparación de modelos de sustitución

Se realiza una comparación de las dos y podemos darnos cuenta de que las tareas óptimas para ejecutar la tarea del cambio de lado de los barrotos, es entre la semana 10 y la semana 12 ya que en tres estas semanas el costo para realizar la tarea será el estimado correcto como lo muestra el grafico 3-3.



**Gráfico 3-3:** Comparación de políticas de sustitución.

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

### 3.7. Rutinas de mantenimiento

Las tareas de mantenimiento a realizar que se proponen para el sistema de molienda 02 se deben realizar con las siguientes frecuencias que se presentan en la tabla tomando en cuenta conceptos de fiabilidad y experiencia de los técnicos de mantenimiento de la empresa, así como los manuales disponibles de los activos.

**Tabla 36-3: Rutinas de mantenimiento propuestas para el sistema de molienda 02.**

Frecuencia	Tarea de mantenimiento
Controles 5 horas de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control de niveles de aceite y refrigerante</li> <li>• Revisiones del sistema</li> </ul>
Controles cada 10 horas de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisión de estado de placas y barrotes</li> <li>• Engrase de chumaceras y crucetas del sistema</li> </ul>
Controles cada 50 horas de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspección de voltajes y corrientes del sistema</li> <li>• Inspección de estado de tolvas y bastidores</li> <li>• Inspección de apriete de tornillos de sujeción</li> <li>• Limpieza de motores eléctricos</li> </ul>
Controles cada 100 horas de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisiones del estado y tensado de los sistemas de transmisión</li> <li>• Balanceo del rotor del molino</li> <li>• Revisión de estado de baterías</li> <li>• Ajuste de contactos eléctricos</li> </ul>
Controles cada 250 horas de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambio de lubricantes y filtros de motores</li> </ul>
Controles cada 275 horas de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambio de lado de barrotes</li> </ul>
Controles cada 500 horas de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambio de filtro de combustible</li> <li>• Cambio de rodillos del bastidor</li> <li>• Cambio de kit de embrague</li> </ul>
Controles cada 1000 horas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambio de filtros de aire</li> <li>• Cambio de aceite lubricante de reductores y cajas</li> <li>• Cambio de bandas de transmisión</li> </ul>
Controles cada 2000 horas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambio de bandas de transmisión del molino</li> <li>• Cambio de rodamiento de motores y reductores</li> <li>• Cambio de banda transportadora</li> <li>• Cambio de bandas de transmisión del molino</li> <li>• Restauración de tambores accionadores</li> </ul>
Controles cada 3000 horas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reparación de motores</li> </ul>

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

### 3.8. Documentación propuesta para mantenimiento

Se ha desarrollado los principales formatos para la gestión del mantenimiento, teniendo en cuenta la orden de trabajo como documento principal de las tareas de mantenimiento como se muestra en las siguientes tablas.

**Tabla 37-3:** Orden de trabajo propuesta.

ORDEN DE TRABAJO		N°			
<b>VITECAL</b> 		<b>Descripción del trabajo:</b>		<b>Fecha inicio:</b>	
				<b>Fecha Entrega:</b>	
<b>Área:</b>		<b>Código:</b>		<b>Equipo:</b>	
<b>Importancia de la tarea:</b>		<b>Normal</b>	<b>Importante</b>	<b>Urgente</b>	
<b>Hora de inicio:</b>			<b>Hora de entrega:</b>		
MATERIALES Y REPUESTOS					
Código de bodega	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo de material	Costo de mantenimiento
PERSONAL					
Código de personal	Nombre	Cantidad	hh:mm	Costo de mantenimiento	
HERRAMIENTAS/EQUIPOS/MANUALES					
Código de bodega	Descripción	Cantidad	Tipo		
TRABAJO EJECUTADO					
FECHA DE LAS TAREAS EJECUTADAS					
<b>Ultimo fecha</b>					
<b>Fecha actual</b>					
<b>Horas trascurridas</b>					
DISPONIBILIDAD					
<b>Mantenimiento correctivo</b>			<b>Mantenimiento preventivo</b>		
<b>MDTC</b>			<b>MDTP</b>		
<b>MTBmc</b>			<b>MTBmp</b>		
<b>Revisado por</b>			<b>Técnico responsable</b>		
<b>Nombres y apellidos:</b>			<b>Nombres y apellidos:</b>		
<b>Cédula:</b>			<b>Cédula:</b>		

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

**Tabla 38-3:** Registro de historial de fallos propuesto.

<b>VITECAL</b> 			<b>Historial de fallos de la empresa</b>			<b>Riobamba – Ecuador</b>	
Fecha de fallo	N°. OT	Equipo	Descripción del Fallo	Acción correctiva / tarea preventiva	Responsable	Fecha de reparación	Horas de parada

57

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022



**Tabla 40-3:** Registro de solicitudes de trabajo propuesta.

	<b>SOLICITUD DE TRABAJO</b>		
	<b>“VITECAL”</b>		
Fecha de solicitud		Servicio externo	
Nombre del solicitante		Servicio interno	
Equipo		Código	
DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO SOLICITADO			
Firma solicitante		CI	
Firma encargada		CI	

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

### 3.9. Documentación propuesta para bodega

**Tabla 41-3:** Registro de egresos de bodega propuesta

	<b>EGRESO DE BODEGA”</b>	
Fecha de solicitud:		
Numero de solicitud:		
Solicitado por:		
Cantidad	Código de ítem	Descripción
Firma solicitante		CI
Firma encargada		CI

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

**Tabla 42-3: Registro de egresos de bodega propuesta**

 <b>INGRESO DE BODEGA</b>		
Fecha de ingreso		
Proveedor		
Numero de factura		
Cantidad	Código de ítem	Descripción
Recibido por:		CI:
Entregada por:		CI:

**Realizado por:** Montesdeoca, J., 2022

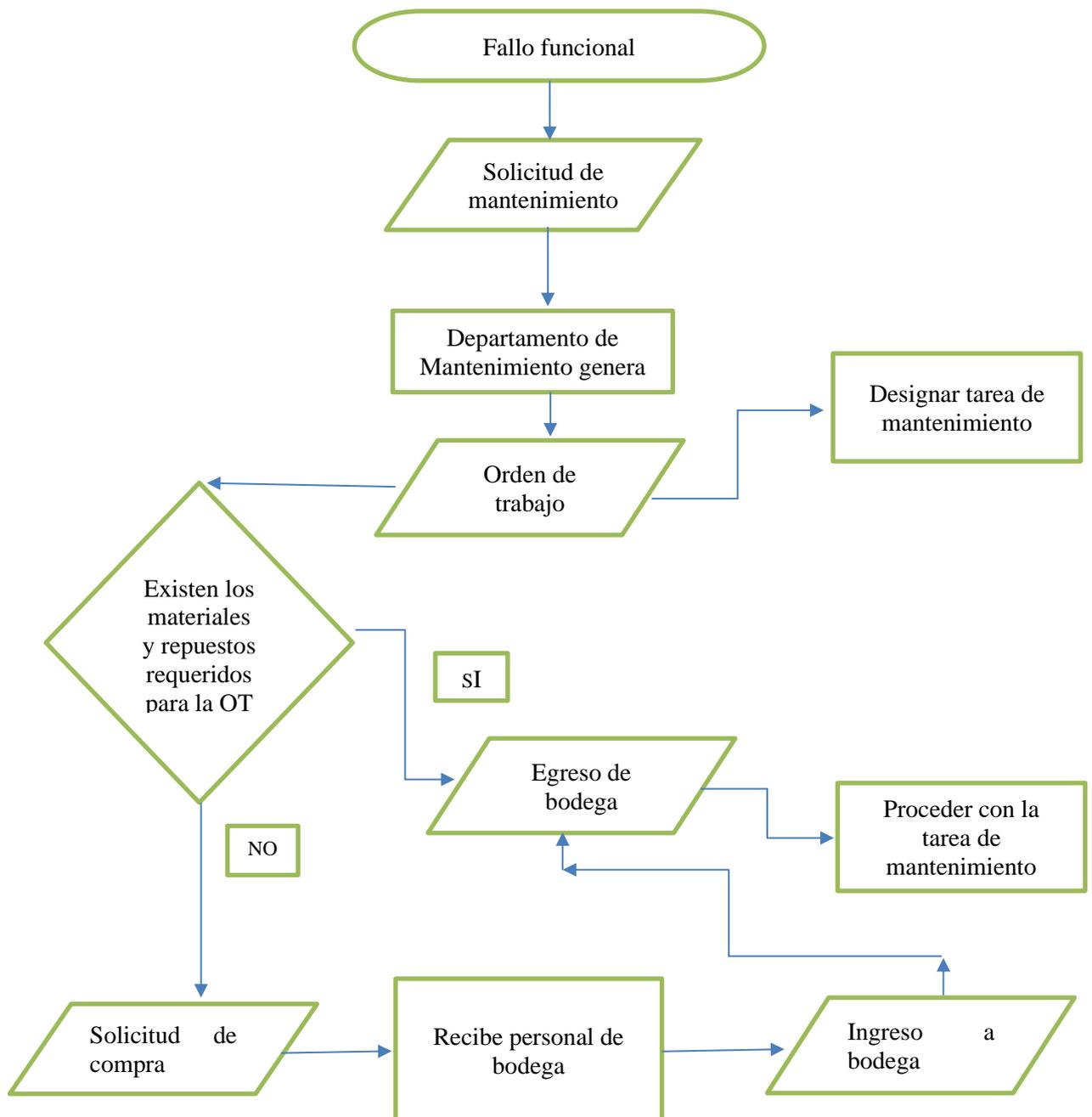
**Tabla 43-3: Registro de solicitud de compra propuesta**

 <b>SOLICITUD DE COMPRA</b>		
Fecha de Solicitud		
OT		
Numero de solicitud		
Cantidad	Código de ítem	Descripción

**Realizado por:** Montesdeoca, J., 2022

### 3.9.1. Flujo de documentación de mantenimiento

Para llevar a cabo el correcto registro de mantenimiento de la empresa Vitecal se propone el diagrama de flujo en el gráfico 4-3 el cual considera a la tarea de mantenimiento como inicio del flujo, tomando en cuenta los repuestos y materiales requeridos para la tarea de mantenimiento requerida, generada por el departamento de producción, mantenimiento, o por parte de la gerencia, como se mostró en el capítulo anterior.



**Gráfico 4-3:** Diagrama de flujo de documentación de mantenimiento.

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

### 3.10. Indicadores de mantenimiento

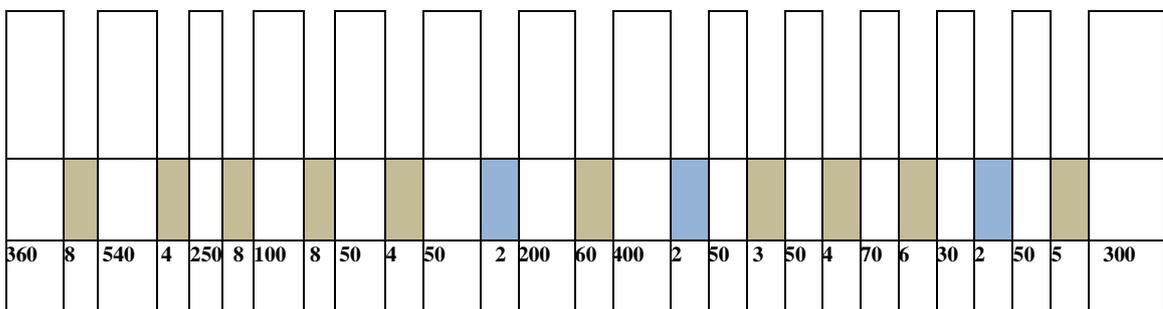
**Tabla 44-3:** Historial de fallos del molino 02.

Fecha de parada	Descripción de reporte de parada	Tiempo no operativo (horas)	Tiempo de funcionamiento (horas)	Mantenimiento correctivo / Mantenimiento preventivo
08 / 11 / 2020	Cambio de lado de barrotes	6	350	Correctivo
20 / 02 / 2021	Cambio de lado de barrotes	7	710	Correctivo
27 / 07 / 2021	Cambio de barrotes	8	1250	Correctivo
20 / 09 / 2021	Cambio de aceite y filtros	4	1500	Correctivo
10/ 10 / 2021	Cambio de lado de barrotes	8	1600	Correctivo
15 / 10 / 2022	Cambio de placas de 21x50x5 sup.	8	1650	Correctivo
25/ 10 / 2021	Cambio de placas de 25x25x5	4	1700	Correctivo
25 / 01 / 2022	Cambio de filtro de aceite y filtros	2	1900	Preventivo
20/ 02 / 2022	Cambio de barrotes	60	2100	Correctivo
15 / 03 / 2022	Cambio de aceite lubricante	2	2500	Preventivo
18 / 03 / 2022	Cambio de placas de 25x25x5	3	2550	Correctivo
29/ 03 2022	Cambio de placa de 21 x 50 x 5	4	2600	Correctivo
20 / 04 / 2022	Cambio de plato de embrague	6	2670	Correctivo
10 / 05 / 2022	Cambio de aceite y filtros	2	2700	Preventivo
16 / 05 / 2022	Cambio de lado de barrotes	5	2750	Correctivo
26/ 05 / 2022	Cambio de junta de culata	8	3050	Correctivo

Fuente: (VITECAL, 2022)

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

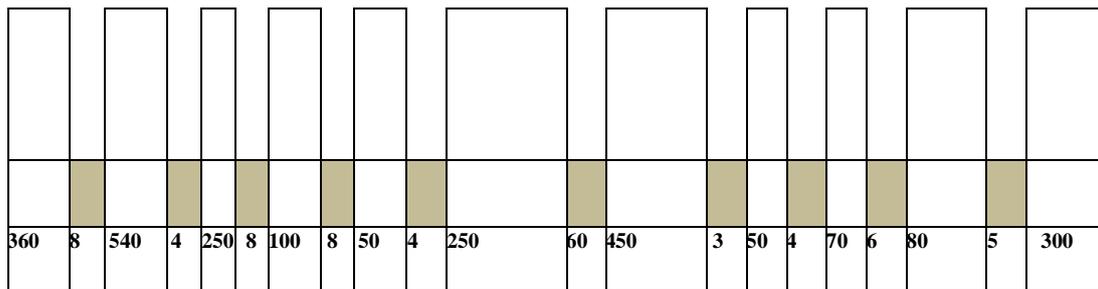
Se realizo el cálculo de indicadores básicos de mantenimiento:



**Gráfico 5-3:** Tiempos de funcionamiento y no funcionamiento.

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Se determino el cálculo de la disponibilidad inherente en la cual no se toma en cuenta los tiempos de mantenimiento preventivo, debido a que sus tiempos son muy cortos, y se obtiene la siguiente gráfica y se procede a calcular los KPI básicos.



**Gráfico 6-3:** Tiempos de mantenimiento correctivo.

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

### 3.10.1. Cálculo de Indicadores

**Tabla 45-3:** Cálculo de indicadores.

N. Parada	Fecha de parada	TMPR (horas)	TMEF (horas)	Disponibilidad D <sub>i</sub>
1	20/02/2021	7	360	0,981
2	27/07/2021	8	540	0,985
3	20/09/2021	4	250	0,984
4	10/10/2021	8	100	0,926
5	15/10/2022	8	50	0,862
6	25/10/2021	4	50	0,926
7	20/02/2022	60	400	0,870
8	18/03/2022	3	450	0,993
9	29/03/2022	4	50	0,926
10	20/04/2022	6	70	0,921
11	16/05/2022	5	80	0,941
12	26/05/2022	8	300	0,974
Total		10.41	225	0.956

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

$$TMEF = \frac{\sum_{i=1}^m TEF_i}{m} = \frac{360+540+250+100+50+50+400+450+50+70+80+300}{12} = 225 \text{ horas}$$

$$TMPR = \frac{\sum_{i=1}^n TPR_i}{n} = \frac{7+8+4+8+8+4+60+3+4+6+5+8}{12} = 10.41 \text{ horas}$$

$$\text{Disponibilidad Inherente} = A_I = \frac{TMEF}{TMEF + TMPR}$$

$$\text{Disponibilidad Inherente} = A_I = \frac{225 \text{ horas}}{225 \text{ horas} + 10.41 \text{ horas}}$$

$$\text{Disponibilidad Inherente} = A_I = 0,956 = 96\%$$

### 3.10.2. Gráficos de los indicadores, cálculos de límites y metas

Para el cálculo de límites y metas de los indicadores se utilizó la distribución normal, obteniendo como resultado la tabla 46-3.

**Tabla 46-3:** Cálculo de límites y metas de los indicadores básicos.

Metas y límites de los indicadores básicos de mantenimiento de HM02			
Descripción	TMEF	TMPR	DI
Media $\bar{x}$ .	225,00	10,42	0,96
Desviación estándar =S	180,28	15,73	0,04
P(x)=Probabilidad	0,85	0,95	0,70
Z=	1,04	1,64	0,52
Meta	411,85	15,45	0,9790
Límite	38,15	36,29	0,93

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

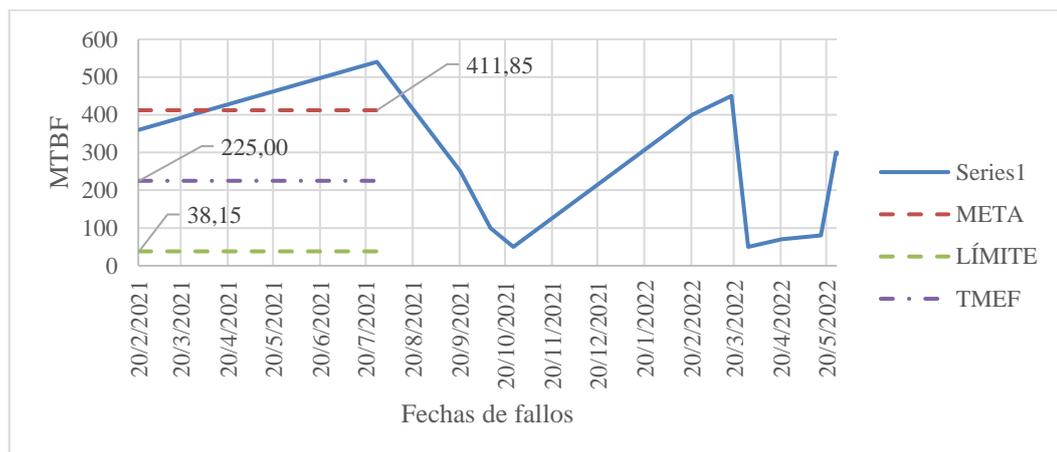
El tiempo medio entre fallas se calcula de la siguiente manera.

$$\text{Meta} = 225 + 1,04 \times 180,28$$

$$\text{Meta} = 411,85 \text{ horas}$$

$$\text{Límite} = 225 - 1,04 \times 180,28$$

$$\text{Límite} = 38,15 \text{ horas}$$



**Gráfico 7-3:** Indicador de TMEF del sistema de molienda 02.

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

El TMEF resultante es 225 horas y en el gráfico 11-3 se puede apreciar como el tiempo medio entre fallos varía en el tiempo con una meta de 411 horas y un límite de 38 horas.

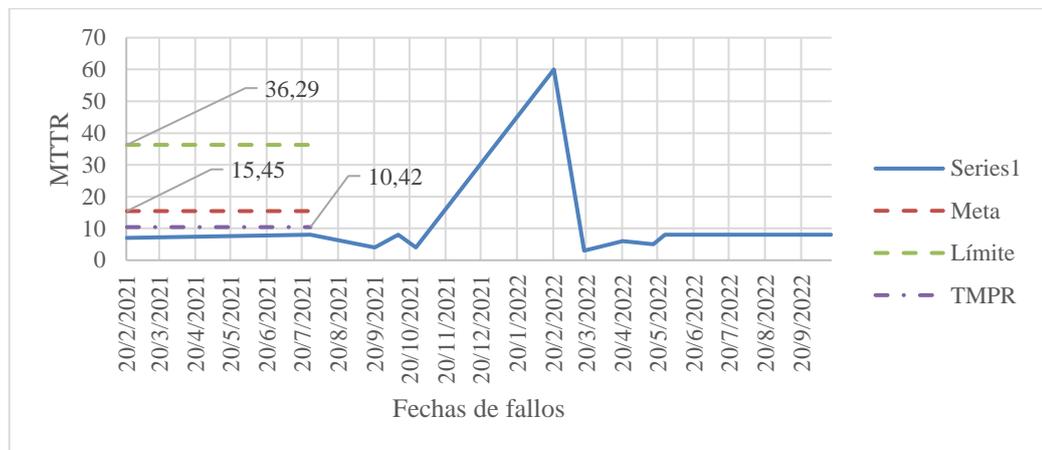
El tiempo medio para reparar se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Meta} = 10,42 - 1,64 \times 15,73$$

$$\text{Meta} = 15,45 \text{ horas}$$

$$\text{Límite} = 10,42 + 1,64 \times 15,73$$

$$\text{Límite} = 36,29 \text{ horas}$$



**Gráfico 8-3:** Indicador de TMPR del sistema de molienda 02.

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

El TMPR encontrado es de 10,42 horas, en el gráfico 12-3 se observa que la meta es de 15,45 horas y el límite es de 36,29 horas

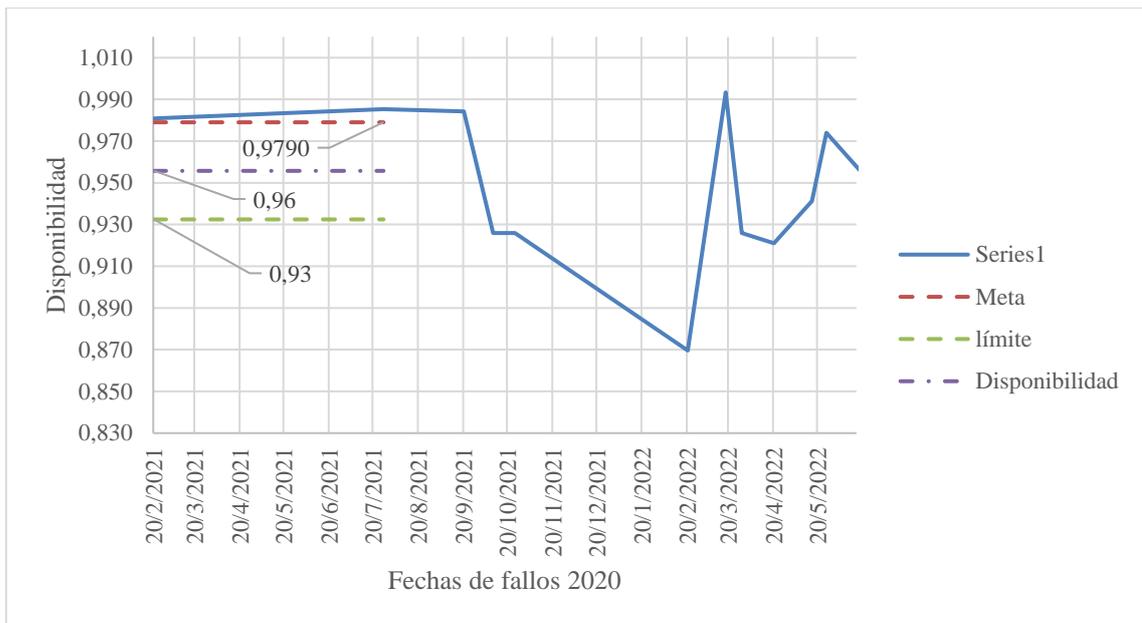
La disponibilidad se calcula de la siguiente manera.

$$\text{Meta} = 0,96 + 0,52 \times 0,04$$

$$\text{Meta} = 0,98$$

$$\text{Límite} = 0,96 - 0,52 \times 0,04$$

$$\text{Límite} = 0,93$$



**Gráfico 9-3:** Indicador de disponibilidad del sistema de molienda 02.

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

La disponibilidad es de 0,96, el límite es de 0,93 y la meta ideal es de 0,98.

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS

En el capítulo anterior se realizó el inventario de los activos con su respectiva codificación y se procedió a realizar un análisis de criticidad total por riesgo la cual permitió definir los sistemas críticos a ser analizados bajo la metodología RCM para definir tareas de mantenimiento que nos ayuden a mejorar la disponibilidad de los sistemas; para posterior realizar una matriz de mantenimiento anual con parámetros importantes como las frecuencias de mantenimiento que fueron analizadas bajo parámetros de fiabilidad , manuales de fabricante y experiencia, así como el número de intervenciones anuales de cada tarea la cual nos permite calcular el presupuesto anual para llevar a cabo el plan de mantenimiento preventivo. También se propone un sistema de gestión de bodega a la empresa Vitecal y se ha desarrollado una herramienta informática para la gestión de mantenimiento

#### 4.1. Resultado de inventario y codificación

**Tabla 1-4:** Inventario y codificación de activos hoja 1 de 3.

		<b>Inventario de activos de la empresa “VITECAL”</b>					
		Responsable: Jean Carlos Montesdeoca Sánchez					
Nivel 1		Nivel 2		Nivel 3		Nivel 4	
Planta		Área		Sistema		Equipo	
Código	Descripción	Código	Descripción	Código	Descripción	Código	Descripción.
VI	VITECAL	MP	Área de materia prima	TM01	Transportador de material 01	TV01	Tolva de materia prima 01
						ME01	Motor eléctrico 01
						RE01	Reductor 01
						TB01	Transmisión por banda 01
						TC01	Transmisión por cadena 01
						BT01	Banda trasportadora 01
						BA01	Bastidor 01
						TE01	Tablero eléctrico 01
		TA01	Tambor accionador 01				
		TI	Trituración inicial	ML01	Molienda 01	MO01	Molino 01
						MT01	Motor 01
						SE01	Sistema eléctrico 01
						SC01	Sistema de combustible 01
				TM02	Trasportador de material 02	TB01	Transmisión por banda 01
						CR01	Cardan 01
						CC01	Caja de cambios 01
						EB01	Embrague 01
		ME02	Motor eléctrico 02				
RE02	Reductor 02						
TB02	Transmisión por banda 02						

Fuente: (VITECAL, 2022)

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022.

**Tabla 2-4:** Inventario y codificación de activos hoja 2 de 3.

		Inventario de activos de la empresa "VITECAL"					
		Responsable: Jean Carlos Montesdeoca Sánchez					
Nivel 1		Nivel 2		Nivel 3		Nivel 4	
Planta		Área		Sistema		Equipo	
Código	Descripción	Código	Descripción	Código	Descripción	Código	Descripción.
VI	VITECAL	TI	Trituración inicial	TM02	Trasportador de material 02	TC02	Transmisión por cadena 02
						BT02	Banda trasportadora 02
						BA02	Bastidor 02
						TE02	Tablero eléctrico 02
						TA02	Tambor accionador 02
		ML02	Molienda 02	MO02	Molino 02		
				MT02	Motor 02		
				SE02	Sistema eléctrico 02		
				SC02	Sistema de combustible 02		
				TB02	Transmisión por banda 02		
				CR02	Cardan 02		
				CC02	Caja de cambios 02		
				EB02	Embrague 02		
				TM03	Trasportador de material 03	ME03	Motor eléctrico 03
						RE03	Reductor 03
		TB03	Transmisión por banda 03				
		TC03	Transmisión por cadena 03				
		BT03	Banda trasportadora 03				
		TM04	Trasportador de material 04	BA03	Bastidor 03		
				TE03	Tablero eléctrico 03		
TA03	Tambor accionador 03						
ME04	Motor eléctrico 04						
RE04	Reductor 04						
TB04	Transmisión por banda 04						
TC04	Transmisión por cadena 04						
CL	Clasificador	CR01	Criba 01	ME05	Motor eléctrico 05		
				BA05	Bastidor 05		
				MA01	Mallas 01		
				TE05	Tablero eléctrico 01		
				TB05	Trasmisión por banda 05		
SP	Supresor de polvo	FM01	Filtro de mangas 01	MO01	Mangas de filtración 01		
				MT01	Carcasa 01		
		SP01	Soplador 01	ME06	Motor eléctrico 06		
				VE02	Ventilador		
PV	Parque vehicular	ML01	Retroexcavador 01	TE02	Tablero eléctrico		
				MO01	Motor 01		
				SC01	Sistema de combustible 01		
				TP01	Transmisión de potencia 01		
				TF01	Transmisión frontal 01		
				HD01	Hidráulico 01		
EL01	Eléctrico 01						
				CB01	Carrocería y cabina 43		

Fuente: (VITECAL, 2022)

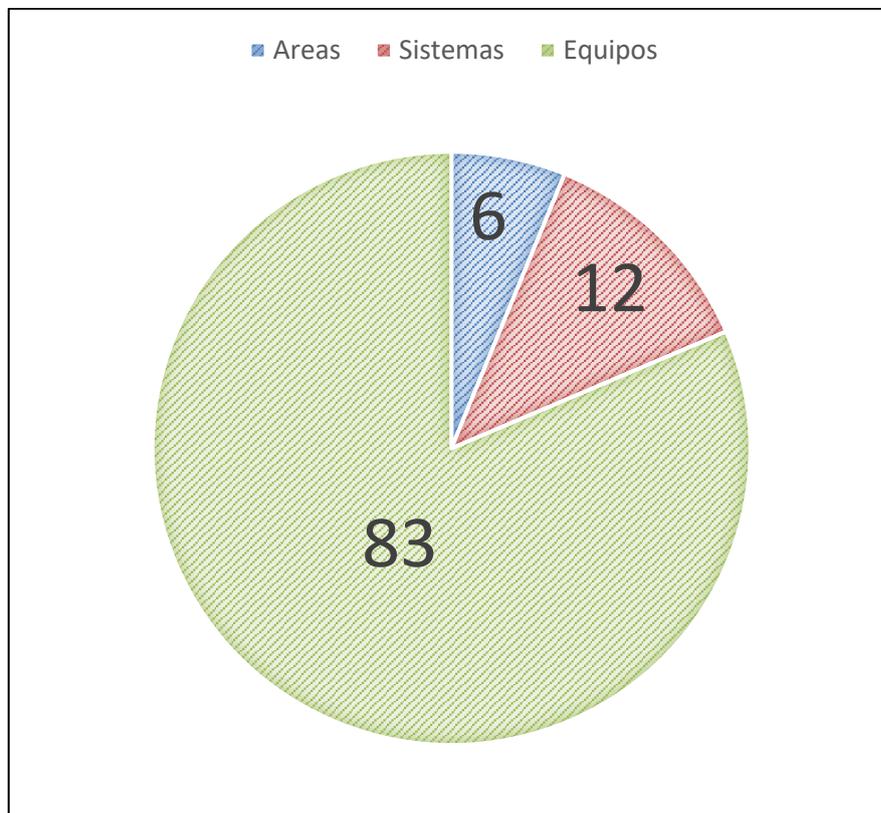
Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

**Tabla 3-4:** Inventario y codificación de activos hoja 3 de 3.

		Inventario de activos de la empresa "VITECAL"					
		Responsable: Jean Carlos Montesdeoca Sánchez					
Nivel 1		Nivel 2		Nivel 3		Nivel 4	
Planta		Área		Sistema		Equipo	
Código	Descripción	Código	Descripción	Código	Descripción	Código	Descripción.
VI	VITECAL	TM	Taller de mantenimiento	EQ01	Equipos	CM01	Compresor 10 hp
						CM02	Compresor 5 hp
						TM01	Taladro de mesa 01
						TR01	Taladro de mano 01
						TR02	Taladro de mano 02
						AM01	Amoladora grande 01
						AM02	Amoladora grande 02
						AP01	Amoladora pequeña 01
						CB01	Cargador de baterías 01
						EM01	Esmeril 01
						BZ01	Balanza 01
						BZ02	Balanza 02
						HL01	Hidro lavador 01
						CS01	Cosedora 01
				CS02	Cosedora 02		
		SL01	Soldadoras	SL01	Soldadora 200 A		
				SL02	Soldadora 300 A		

Fuente: (VITECAL, 2022)

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

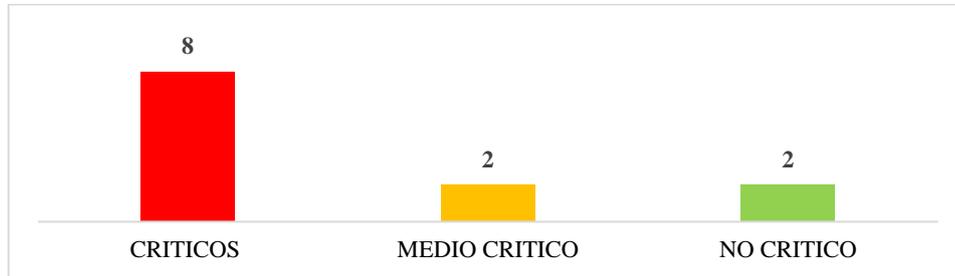


**Gráfico 1-4:** Resultados del inventario técnico.

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

#### 4.2. Resultados del análisis de criticidad realizado

Se determinaron que en la empresa Vitecal existen 7 sistemas críticos, a los cuales se aplicó por prioridad un plan de mantenimiento.



**Gráfico 2-4:** Resultados del análisis de criticidad.

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

**Tabla 4-4:** Sistemas críticos.

Cod	Sistema
ML02	Molienda 02
TM01	Trasportador de material 01
TM02	Trasportador de material 02
TM03	Trasportador de material 03
TM04	Trasportador de material 04
CR01	Criba 01
RX01	Retroexcavador 01

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

**Tabla 5-4:** Sistemas de media criticidad.

Cod	Sistema
SP01	Soplador 01
FM01	Filtro de mangas 01

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

**Tabla 6-4:** Sistemas no críticos.

Cod	Sistema
EQ01	Equipos 01
SL01	Soldadoras 01

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

#### 4.3. Matriz de mantenimiento

En base al análisis RCM se ha determinado las tareas de mantenimiento adecuadas para el buen mantenimiento de los activos de la empresa Vitecal de las cuales se elaboró una matriz de mantenimiento la cual facilite la ejecución de estas.

**Tabla 7-4:** Matriz de mantenimiento anual hoja 1 de 12.

Sistema	Mod F	Tarea de mantenimiento	Horas trabajadas	Días	Semanas	Frecuencia (horas)	1 intervención	2 intervención	3 intervención	Intervenciones anuales
ML02	1 A 1	Cambio de filtro de aire S1780-13450P	25	280	40	1000	3/1/2022	10/10/2022	17/7/2023	2
	1 A 2	Limpieza de inyectores	25	336	48	1200	9/7/2022	10/6/2023	11/5/2024	1
	1 A 3	Calibración de válvulas	25	336	48	1200	22/6/2022	24/5/2023	24/4/2024	1
	1 A 4	Reparación de motor	25	840	120	3000	11/9/2020	30/12/2022	18/4/2025	1
	2 A 1	Cambio de 4 galones de aceite 25 W 60 y filtro de aceite aceite A- 3786SP	25	70	10	250	3/1/2022	14/3/2022	23/5/2022	6
	2 A 2	Cambio de junta de culata	25	560	80	2000	22/10/2020	5/5/2022	16/11/2023	1
	2 A 3	Revisión del estado del radiador y nivel de agua	25	1	0	5	3/1/2022	4/1/2022	5/1/2022	260
	2 A 4	Revisión del estado del ventilador	25	1	0	5	3/1/2022	4/1/2022	5/1/2022	260
	3 A 1	Chequear los niveles de ácido de la batería y su voltaje	25	28	4	100	3/1/2022	31/1/2022	28/2/2022	13
	3 B 1	Cambio de escobillas del motor de arranque	25	420	60	1500	15/4/2021	9/6/2022	3/8/2023	1
	3 C 1	Cambio de bujías	25	560	80	2000	1/3/2022	12/9/2023	25/3/2025	1
	4 A 1	Se requiere purgar el filtro racor de la bomba de inyección	25	2	0	10	3/1/2022	5/1/2022	8/1/2022	104
	4 A 2	Cambio del filtro de combustible P5500881	25	140	20	500	3/1/2022	23/5/2022	10/10/2022	3
	5 A 1	Cambio de lado de barrotos del molino	25	77	11	275	20/2/2022	8/5/2022	24/7/2022	5
5 A 2	Revisión del estado y espesor de las placas de la armadura del molino	25	2	0	10	6/1/2022	8/1/2022	11/1/2022	104	

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

#### 4.4. Presupuesto anual

El cálculo del presupuesto anual para el mantenimiento preventivo se ha realizado conforme a cada una de las tareas de los modos falla definidas al momento de realizar las hojas de información de cada uno de los sistemas críticos de los cuales se ha tomado en cuenta el costo mano de la mano de obra de mantenimiento por hora y los costos diferentes costos que influyen al momento de realizar cada tarea como se observa en las siguientes tablas, por último, se realizó un resumen del análisis.

##### 4.4.1. Costo de mano de obra de mantenimiento

Para el cálculo de la mano de obra se determina que los salarios del personal que pertenece al área de mantenimiento de la empresa Vitecal.

**Tabla 8-4:** Salarios del personal de mantenimiento.

Personal	Descripción	Sueldo básico	Bonos por cumplimiento
1	Operario 1	450	0
2	Operario 2	450	0
3	Operario 3	450	0
4	Técnico soldador	500	0
5	Técnico mecánico	500	0

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Con el salario del personal de mantenimiento se procede a calcular el costo de la mano de obra de mantenimiento por hora

**Tabla 9-4:** Componentes salariales del personal de mantenimiento.

Componente salarial	Valor anual (USD)
Sueldos básicos	28200
Horas extras / jornada nocturna	0
Bonos por cumplimiento	0
Ingresos	28200
Décimo cuarto (SBU * número de técnicos)	3200
Décimo tercero (ingresos / 12)	2350
Aporte patronal (ingresos*0.1215)	3426.3
Fondos de reserva (ingresos / 12)	2350
Vacaciones (Ingresos / 24)	1175
Total ( $MO_{MA}$ )	40701,3
$Ch/h_M$	5,05

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

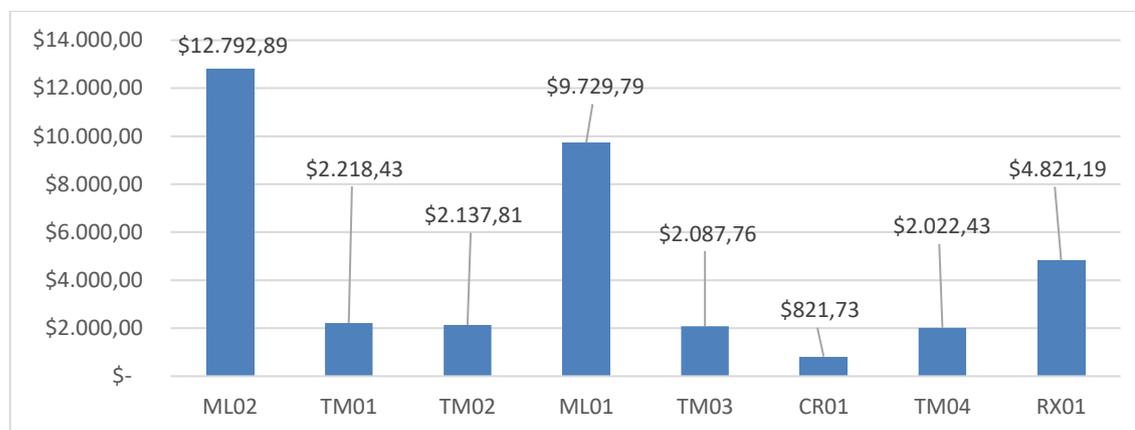
**Tabla 10-4:** Cálculo del presupuesto anual hoja 1 de 14.

Sistema	Mod F	Tarea de mantenimiento	Intervenciones anuales	Repuesto (USD)	Material	Nro. de técnicos	Tiempo de actividad(horas)	Mano de obra	Técnico externo	Preventivo (USD)
ML02	1 A 1	Cambio de filtro de aire S1780-13450P	2	60		1	0,5	2,53		125,05
	1 A 2	Limpieza de inyectores							100	100
	1 A 3	Calibración de válvulas	1						100	100
	1 A 4	Reparación de motor	1	900	50				400	1350
	2 A 1	Cambio de aceite 4 galones de aceite 25 w 60 y Filtro A-3786SP	6	160		1	1	5,05		990,30
	2 A 2	Cambio de junta de culata	1	200	50	2			100	350
	2 A 3	Revisión del estado del radiador y nivel de agua	260			1	0,2	1,01		262,60
	2 A 4	Revisión del estado del ventilador	260			1	0,2	1,01		262,60
	3 A 1	Chequear los niveles de ácido de la batería y su voltaje	13	10		1	0,5	2,53		162,83
	3 B 1	Cambio de escobillas del motor de arranque	1	30		1	1	5,05		35,05
	3 C 1	Cambio de bujías	1	200		1	8	40,40		240,40
	4 A 1	Se requiere purgar el filtro racor de la bomba de inyección	104			1	0,2	1,01		105,04
	4 A 2	Cambio del filtro de combustible P5500881	3	40		1	0,5	2,53		127,58

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

#### 4.4.2. Resumen del presupuesto anual de mantenimiento

Se resumió el análisis del presupuesto de mantenimiento en base al costo de manutención de cada uno de sistema los sistemas como lo presenta el grafico 3-4.



**Gráfico 3-4:** Presupuesto anual por cada sistema.

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

**Tabla 11-4:** Presupuesto anual por sistema.

Código	Sistema	USD
ML02	Molienda 02	12.792,89
TM01	Transportador de material 01	2.218,43
TM02	Trasportador de material 02	2.137,81
ML01	Molienda 02	9.729,79
TM03	Trasportador de material 03	2.087,76
CR01	Criba 01	821,73
TM04	Trasportador de material 02	2.022,43
RX01	Retroexcavador 01	4.821,19
Total		36.632,00

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Se propone que los sistemas de la empresa Vitecal se engrasen como mínimo cada 10 horas de producción lo que implica tener el control constante de la tarea de mantenimiento a realizar en el año principalmente para los sistemas que se presentan en la tabla 12-4.

**Tabla 12-4:** Presupuesto anual para engrase.

Código	Sistema	(USD)
ML02	Molienda 02	835,12
ML01	Molienda 01	835,12
CR01	Criba 01	209,04
RX01	Retroexcavador 01	418,08
TOTAL		2.297,00

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

#### 4.5. Propuesta un sistema de gestión de repuestos para la empresa Vitocal

Para la propuesta de gestión de repuestos se realizó un maestro de ítems necesarios para la implementación del plan de mantenimiento preventivo para lo cual se elaboró un maestro de ítems y posteriormente un inventario de bodega.

##### 4.5.1. Maestro de ítems

El maestro e ítems propuesto se presenta en la tabla 13-4.

**Tabla 13-4:** Listado de ítems.

Código	Descripción	Unidad de despacho
FAM01	Filtro de aire S1780-13450P	Unidad
FTM01	Filtro de aceite A-3786SP	Unidad
ACM01	Aceite 25 w 60	Galón
AGD01	Agua destilada para batería	Galón
FCM01	Filtro de combustible P5500881	Unidad
BML01	Barrotes de molinos	Unidad
GRS01	Grasa NLGI complejo de litio consistencia N2	Kilogramo
BAN05	Banda B-51	Unidad
PIÑ60	Piñón 50 B 60	Unidad
PIÑ20	Piñón 50 B 20	Unidad
ACJ01	Aceite para cajas de cambios 75 W 90	Galón
ACR01	Aceite para reductores de velocidad ISO 460	Litro
ELC02	Electrodos 7018	Libra
ELC01	Electrodos 6011	Libra
TUB01	Tubo de 1/2 pulgada	Unidad
BAN01	Banda B- 42	Unidad
BAN02	Banda B- 54	Unidad
BAN03	Banda B -32	Unidad
BAN04	Banda B-51	Unidad
FTR01	Filtro de aceite P554407	Unidad
FCR01	Filtro de combustible 4816636	Unidad
FAR01	Filtro de aire C 15 300	Unidad
AHR01	Aceite para el sistema hidráulico ISO VG32	Unidad
AMR01	Aceite para motor 15 W 40	Galón
EDR01	Electrodo UTP DUR 600	Galón
RDE01	Rodamiento de embrague	Galón
PLE01	Plato de embrague	Galón
ROM01	Rodamientos 5525842	Libra
ROM02	Rodamiento 02165498	Unidad
PFR01	Prefiltros del sistema hidráulico	Unidad
FHR01	Filtro de retorno del sistema hidráulico	Unidad
PML01	Placa molino 25x 25 x 5	Unidad
PML02	Placa molino 25 x 50 x 5	Galón

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

#### 4.5.2. Inventario de materiales y repuestos en bodega propuesto

**Tabla 14-4:** Listado de ítems.

Código	Cantidad	Precio unitario USD	Precio total USD	Descripción	Unidad de despacho
FAM01	2	60	120	Filtro de aire S1780-13450P	Unidad
FTM01	6	40	240	Filtro de aceite A-3786SP	Unidad
ACM01	5	30	150	Aceite 25 w 60	Galón
AGD01	3	5	15	Agua destilada para batería	Galón
FCM01	2	40	80	Filtro de combustible P5500881	Unidad
BML01	2	800	1600	Barrotes de molinos	Unidad
GRS01	30	5,6	168	Grasa NLGI complejo de litio consistencia N2	Caneca
BAN05	2	30	60	Banda B-51	Unidad
PIÑ60	1	40	40	Piñón 50 B 60	Unidad
PIÑ20	1	30	30	Piñón 50 B 20	Unidad
ACJ01	2	25	50	Aceite para cajas de cambios 75 W 90	Galón
ACR01	1	20	20	Aceite para reductores de velocidad ISO 460	Litro
ELC02	20	3	60	Electrodos 7018	Libra
ELC01	20	3	60	Electrodos 6011	Libra
TUB01	1	20	20	Tubo de 1/2 pulgada	Unidad
BAN01	1	30	30	Banda B- 42	Unidad
BAN02	1	30	30	Banda B- 54	Unidad
BAN03	1	30	30	Banda B -32	Unidad
BAN04	1	30	30	Banda B-51	Unidad
FTR01	3	40	120	Filtro de aceite P554407	Unidad
FCR01	2	40	80	Filtro de combustible 4816636	Unidad
FAR01	1	80	80	Filtro de aire C 15 300	Unidad
AHR01	5	25	125	Aceite para el sistema hidráulico ISO VG32	Unidad
AMR01	5	30	150	Aceite para motor 15 W 40	Galón
EDR01	20	5	100	Electrodo UTP DUR 600	Galón
RDE01	1	20	20	Rodamiento de embrague	Galón
PLE01	1	50	50	Plato de embrague	Galón
ROM01	2	5	10	Rodamientos 5525842	Libra
ROM02	2	5	10	Rodamiento 02165498	Unidad
PFR01	1	75	75	Prefiltros del sistema hidráulico	Unidad
FHR01	1	75	75	Filtro de retorno del sistema hidráulico	Unidad
PML01	5	55	275	Placa molino 25x 25 x 5	Unidad
PML02	4	60	220	Placa molino 25 x 50 x 5	Galón
TOTAL (USD)			4498		

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Para la propuesta de gestión de repuestos y su mejor control se identificó los repuestos de alta rotación como lo presenta en la tabla 15-4.

**Tabla 15-4:** Repuestos de alta rotación.

Código	Descripción	Unidad de despacho
FAM01	Filtro de aire S1780-13450P	Unidades
FTM01	Filtro de aceite A-3786SP	Unidad
ACM01	Aceite SAE 25 w 60 para motores diésel	Galón
AGD01	Agua destilada para batería	Galón
FCM01	Filtro de combustible P5500881	Unidad
BML01	Barrotes de molinos	Unidad
GRS01	Grasa NLGI complejo de litio consistencia N2	Kilogramo
ELC02	Electrodos 7018	Libra
ELC01	Electrodos 6011	Libra
FTR01	Filtro de aceite P554407	Unidad
FCR01	Filtro de combustible 4816636	Unidad
FAR01	Filtro de aire C 15 300	Unidad
ATR01	Aceite de transmisión SAE 30	Galón
APR01	Aceite de puentes, incluidos cubos SAE 75W80	Galón
AHR01	Aceite para el sistema hidráulico ISO VG32	Galón
AMR01	Aceite SAE 15 w 40 para motores diésel	Galón
PMS01	Placa molino 25x 25 x 5	Unidad
PML01	Placa molino 25 x 50 x 5	Unidad
PML02	Placa de molino 12x 25 x 5	Unidad

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

#### 4.5.3. *Cálculo de stock máximo y mínimo*

Dentro del proceso de la gestión de materiales el cálculo de stock máximo y mínimo es necesario para identificar la cantidad de ítems dentro de bodega de una organización, esto permite realizar una adecuada gestión y organización de los productos, materiales y repuestos existentes en almacenamiento. Por tal motivo, las fórmulas para realizar el cálculo se encuentran en las siguientes formulas:

$$Emn = Cmn \times Tr \quad (17)$$

$$Pp = (Cp \times Tr) + Emn \quad (18)$$

$$Emx = (Cmx \times Tr) + Emn \quad (19)$$

$$Cp = Emx - E \quad (20)$$

**Donde:**

**Emn:** Existencia mínima o inventario de seguridad

**Pp:** Punto de pedido o punto de reorden

**Emx:** Existencia máxima

**Cp:** Cantidad de pedido

**Cmn:** Consumo mínimo diario

**Tr:** Tiempo de reposición de inventario en días

**Cp:** Consumo medio diario

**Cmx:** Consumo máximo diario

**E:** Existencia actual

#### 4.6. Elaboración de una herramienta informática para la gestión de mantenimiento

Con ayuda de la herramienta informática Excel se ha reunido todos los resultados obtenidos para la elaboración del plan de mantenimiento preventivo y se ha incluido los departamentos de bodega y producción con su documentación respectiva. Que ayudara a la gestión de mantenimiento de la empresa Vitecal.



**Gráfico 4-4:** Herramienta informática para la gestión de mantenimiento.

**Realizado por:** Montesdeoca, J., 2022

También se ha desarrollado un sistema control de tareas de mantenimiento que toma como variables de control las horas de trabajo de los activos las compara y genera el indicativo de la próxima intervención a realizar, conforme a colores los cuales indican la proximidad de la intervención.



## EMPRESA " VITECAL "

MATRIZ DE REVISION DE MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS "VITECAL"				PLAN DE
	ULTIMA FECHA REGISTRO	ULTIMO VALOR REGISTRO	VARIABLE DE CONTROL	MANTENIMIENTO
MOLIENDA 01		200	HORAS	ML-01
MOLIENDA 02		0	0	ML-02
TRANSPORTADOR DE MATERIAL 01		0	0	TM-01
TRANSPORTADOR DE MATERIAL 02		0	0	TM-02
TRANSPORTADOR DE MATERIAL 03		0	0	TM-03
TRANSPORTADOR DE MATERIAL 04		0	0	TM-04
CRIBA 01		0	0	CR-01
RETROEXCAVADOR 01		0	0	RX-01
GENERADOR 01		0	0	GN01
MICRONIZADOR 01		0	0	MZ-01

VARIABLE CONTROL	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	FECHA INTERVENCIÓN	FECHA INTERVENCIÓN	FECHA INTERVENCIÓN	ULTIMA INTERVENCIÓN	PROXIMA INTERVENCIÓN
0	Cambio de filtro de aire S1780-13430P	1000	9/1/2022	9/1/2022	9/1/2022		1000
0	Limpieza de inyectores	1200	22/5/2021	22/5/2021	22/5/2021		1200
0	Calibración de válvulas	1200	22/5/2021	22/5/2021	22/5/2021		1.200
0	Reparación de motor	3000	11/7/2020	11/7/2020	11/7/2020		3.000
0	Cambio de aceite y filtro	250	3/1/2022	3/1/2022	3/1/2022		250
0	Cambio de junta de culata	2000	20/11/2020	20/11/2020	20/11/2020		2.000
0	Revisión del estado del radiador y nivel de agua	5	3/1/2022	3/1/2022	3/1/2022		5
0	Revisión del estado del ventilador	5	3/1/2022	3/1/2022	3/1/2022		5
0	Chequear los niveles de ácido de la batería y su voltaje	100	3/1/2022	3/1/2022	3/1/2022		100
0	Cambio de escobillas del motor de arranque	1500	15/4/2021	15/4/2021	15/4/2021		1.500
0	Cambio de bujías	2000	1/3/2022	1/3/2022	1/3/2022		2.000
0	Se requiere purgar el filtro racor de la bomba de inyección	10	3/1/2022	3/1/2022	3/1/2022		10

**Gráfico 5-4:** Herramienta informática de revisión de tareas de mantenimiento.  
Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

### 4.7. Capacitación del programa de mantenimiento preventivo programado.

La capacitación tendrá por objetivo impartir conocimientos hacia los encargados del taller mecánico y operadores de las máquinas.

#### 4.7.1. Comunicación de la capacitación del mantenimiento

En primera instancia se realizó un comunicado para realizar la capacitación a la empresa Vitecal, dirigida al gerente de la empresa mediante un memorándum como lo muestra la tabla 16-4.

**Tabla 16-4:** Memorándum de capacitación.

MEMORÁNDUM DE CAPACITACIÓN
<p>Para: Empresa "Vitecal" De: Capacitador encargado Asunto: Comunicado del proceso de capacitación Fecha: 1 de julio del 2022</p> <p>De acuerdo con las obligaciones que debe ejercer el poniente encargado de la actividad, me dirijo a usted para informarle que se realizará un proceso de capacitación con el personal encargado de mantenimiento, los operadores de las máquinas en el área de producción, sobre el plan de mantenimiento realizado a los sistemas críticos, uso de los documentos de mantenimiento, su flujo, y como usar la matriz de mantenimiento para programar las tareas de mantenimiento.</p> <p>Agradezco la atención prestada Sr. Jean Carlos Montesdeoca</p>

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

#### 4.7.2. Capacitación al personal de la empresa Vitecal

En la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo, el día 1 de julio del 2022 a las 8 horas se dio la iniciación de la capacitación con el personal involucrado del mantenimiento. Para tratar lo siguiente:

**Tabla 17-4:** Objetivos y alcance de la capacitación.

<b>Objetivo de la capacitación</b>	Capacitar sobre la importancia de la gestión del mantenimiento, utilización de registros y funcionamiento del programa informático propuesto.
<b>Alcance de la capacitación</b>	<b>Área:</b> Producción y mantenimiento <b>Actividad:</b> Que el personal llene los diferentes documentos de mantenimiento, y que el encargado conozca como recolectar datos de mantenibilidad y control de horas operadas.

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

**Tabla 18-4:** Aspectos generales de la capacitación.

Nº	Actividad planificada	Recursos	Personal involucrado	Tiempo Min
1	Reunión de iniciación <ul style="list-style-type: none"> <li>Revisión de documentos a utilizar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Laptop</li> <li>Proyector</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Capacitador</li> </ul>	20
2	Capacitación <ul style="list-style-type: none"> <li>Conceptos básicos de mantenimiento</li> <li>Inventario y análisis de criticidad</li> <li>Metodología del mantenimiento basada en confiabilidad</li> <li>Frecuencias de mantenimiento</li> <li>Frecuencia optima de mantenimiento</li> <li>Indicadores de mantenimiento</li> <li>Documentación de mantenimiento y bodega</li> <li>Flujo de utilización de documentos de mantenimiento y bodega</li> <li>Funcionamiento de herramienta informática</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Laptop</li> <li>Proyector</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Encargado de producción</li> <li>Operadores</li> <li>Técnicos</li> <li>Capacitador</li> </ul>	240
3	Reunión de cierre <ul style="list-style-type: none"> <li>Revisar la conformidad con los objetivos y alcance.</li> <li>Presentar conclusiones y recomendaciones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Laptop</li> <li>Proyector</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Encargado de producción</li> <li>Capacitado</li> </ul>	30
4	Entrega de documentos <ul style="list-style-type: none"> <li>Entrega de anillado físico (inventario, análisis de criticidad, RCM, tareas, repuestos, documentos, matriz de mantenimiento y presupuesto anual</li> <li>Entrega de material digital</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Encargado de producción</li> <li>Anillados</li> <li>USB</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Encargado de producción</li> <li>Gerente</li> <li>Capacitador</li> </ul>	20

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

#### 4.8. Conclusión de la capacitación

La capacitación benefició para aumentar la capacidad y conocimiento del personal de mantenimiento, y operadores de las máquinas, con el fin de manejar una correcta gestión del mantenimiento de forma sencilla, se explicó como ha sido el proceso para levantar información de la empresa láctea, que fue útil para la elaboración del plan de mantenimiento, se explicó las diferentes metodologías que se utilizó para el logro de cada objetivo propuesto, se capacitó como usar la matriz de mantenimiento elaborada para programar tareas de mantenimiento.

**Tabla 19-4:** Acta de reunión de cierre de capacitación.

<b>Acta de Reunión de cierre de capacitación</b>	Fecha	01 de julio de 2022
	Elaborado por	Jean Carlos Montesdeoca
En la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo, El día 06 de abril del 2021 a las 13:30 horas se dio el cierre de la capacitación informando que la actividad se ha realizado sin novedades, con una excelente comunicación con las personas involucradas:		
Reunión de iniciación	Realizado	
Capacitación	Realizado	
Reunión de cierre	Realizado	
Entrega de documentos	Realizado	
Conclusión de la capacitación: -		
Se ha cumplido con todas las presentaciones, de forma presencial, los asistentes han hecho preguntas, y todas han sido respondidas de forma profesional.		
Se explico sobre la correcta gestión del mantenimiento con el uso de indicadores y la importancia del buen registro de activades de mantenimiento realizadas		
Se explicó el flujo de orden de los diferentes documentos para mantenimiento y bodega a las personas involucradas. Entre estas se encuentran personas que operan las máquinas de producción, y el personal de mantenimiento		
Al encargado de producción y mantenimiento se le explicó el uso de la herramienta informática propuesta.		
Sr. Jean Carlos Montesdeoca Sánchez (Capacitador)		
Ing. Carlos Patricio Viteri Limaico (Propietario)		
Revisado por: Ing. César Gallegos		

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

## **CONCLUSIONES**

Se elaboró un inventario y codificación de los activos de la empresa Vitecal, obteniendo un total de 7 áreas, 12 sistemas y 83 equipos, a los mismos se les empleo un análisis de criticidad total por riesgo, obteniendo un resultado de 8 sistemas críticos a los cuales se aplicó un estudio RCM determinando 165 tareas requeridas para la mantención del proceso productivo, determinando la frecuencia óptima de sustitución preventiva para el modo de falla 5 A 1 en la semana 12 con una frecuencia de 300 horas de funcionamiento.

Se desarrollo la matriz de mantenimiento y el presupuesto anual necesario para llevar a cabo las tareas de mantenimiento preventivo requeridas determinando un presupuesto de \$ 36.632,00.

Se desarrollo una herramienta informática que ayudará a la empresa Vitecal a mejorar la planificación y programación de las tareas de mantenimiento requeridas, así como a la gestión de mantenimiento dentro de la empresa.

Se propuso un sistema de gestión de materiales y repuestos requeridos para cumplir con las tareas de mantenimiento con un costo total de \$ 4498.

Se dictó una capacitación dirigida a todo el personal que se encuentra involucrado de forma directa e indirecta al mantenimiento sobre la gestión de mantenimiento y el manejo de la herramienta informática desarrollada.

## **RECOMENDACIONES**

Instalar horómetros que ayuden al control de las tareas de mantenimiento a tiempo y recolección de historiales de fallo los cuales ayudan a tomar decisiones en base a los análisis de fiabilidad propuestos en este proyecto.

Hacer uso de todos los documentos elaborados siguiendo el diagrama de flujo propuesto para el manejo de la información del mantenimiento de empresa Vitecal y utilizar la matriz elaborada para una nueva gestión del mantenimiento.

Realizar capacitaciones constantes al personal de mantenimiento sobre conceptos básicos, metodologías de mantenimiento, uso de herramientas digitales, entre otros, con la finalidad de equiparar los conocimientos técnicos y prácticos del personal para el desarrollo de la empresa Vitecal.

## BIBLIOGRAFÍA

**ARDILA, J., ARDILA, M., RODRÍGUEZ, D. & HINCAPIÉ, D.** LA GERENCIA DEL MANTENIMIENTO: UNA REVISIÓN. *Scielo*. 2016.

**CAMPOS, O., TOLENTINO, G., TOLEDO, M. & TOLENTINO, R.** Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad ( RCM ) considerando taxonomía de equipos , base de datos y criticidad de efectos. *Científica* [en línea], 2019, vol. 23, no. 1, pp. 51-59. Disponible en: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/614/61458265006/html/index.html>.

**CV OPEN ACADEMY.** Mestro de Materiales. [en línea]. 2022. Disponible en: <https://www.cvosoft.com/glosario-sap/sap/maestro-de-materiales-1022.html>.

**DIESTRA, J., ESQUIVIEL, L. & GUEVARA, R.** Programa De Mantenimiento Centrado En La Confiabilidad (Rcm), Para Optimizar La Disponibilidad Operacional De La Máquina Con Mayor Criticidad Maintenance Program Focused on Reliability (Rcm), To Optimize the Operational Availability of the Machine With Gr. 2017 , vol. 4, no. 1, pp. 2313-1926.

**GARCÍA, O.** El Mantenimiento General. *Universidad Pedagógica Y Tecnología De Colombia* [en línea], 2006, vol. I, pp. 86. Disponible en: [http://virtual.uptc.edu.co/drupal/files/133\\_mantenimiento.pdf](http://virtual.uptc.edu.co/drupal/files/133_mantenimiento.pdf).

**ISO 14224.** *ISO 14224 Petroleum and natural gas industries-Collection and exchange of reliability and maintenance data for*. 2016. S.l.: s.n. ISBN 8259585863.

**JARAMILLO, S.** *Diseño y construccion de un prototipo de una estacion de limpieza mecanica mediante el proceso de Sansblasting utilizando granalla mineral en ciclo continuo para una unidad de mantenimiento y transporte* [en línea]. 2013. S.l.: s.n. Disponible en: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/7440/1/T-ESPE-047513.pdf>.

**MÁRQUEZ, A., MOREU, P. & SANCHEZ, A.** *Ingenieria de mantenimiento Tecnicas y métodos de apliacion a la fase operativa de los equipos*. 2004. S.l.: s.n.

**MOLINA, L.** *APROXIMACIÓN CONCEPTUAL APLICADA DE PROGRAMA INFORMÁTICO RCM* [en línea]. 2017. S.l.: s.n. Disponible en: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/186602/PPAU0156-D.pdf?sequence=->

1&isAllowed=y%0Ahttp://journal.stainkudus.ac.id/index.php/equilibrium/article/view/1268/11  
27%0Ahttp://www.scielo.br/pdf/rae/v45n1/v45n1a08%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.

**MOUBRAY, J. & PÉREZ, C.** MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM ). [en línea]. 2004. North Carolina USA: Disponible en: file:///D:/Downloads/Introduccion\_a\_RCM.pdf.

**NT-UNE-EN13306.** *Terminología de mantenimiento*. 2018. Madrid: AENOR.: s.n.

**NTP 679.** Análisis modal de fallos y efectos . AMFE. *Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales España*. 2004, pp. 10.

**PARRA, C. & CRESPO, A.,** (2019). Métodos de Análisis de Criticidad y Jerarquización de Activos. 2019, pp. 27. DOI 10.13140/RG.2.2.21197.87524.

**SAE JA1012.** Una Guía para la Norma de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC). 2002. *SAE International*, vol. 1, pp. 62.

**SAMANIEGO, J.** *Diseño de Indicadores de Rendimiento (KPI), para la mejora de los procesos del área de mantenimiento de Equipo Caminero en la empresa Progecon S. A.* 202. S.l.: s.n.

**TAMBORERO, J.** Fiabilidad: La distribución de Weibull. *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo- España* [en línea], 2014. pp. 10. Disponible en: [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp\\_331.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp_331.pdf).

**UNE-EN-13306.** Terminología del mantenimiento. En terminología del mantenimiento. *AeUNE*. (2018). *Terminología del mantenimiento*. *Aenor*, 31. <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0026303nor> [en línea], 2018, pp. 30. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0026303>.

**VEGA, E.** “Gestión de Stock en Makro Supermayorista S.A., sede Villa El Salvador – Lima, 2015 - 2016”. [en línea], 2016, pp. 68. Disponible en: <https://bit.ly/3BXwq5b>.

**VERGARA, R.** *La Estadística en el Mantenimiento y Reemplazo Óptimo en el Control de Calidad* [en línea]. 2014. S.l.: s.n. Disponible en:

[http://mat.izt.uam.mx/mcmai/documentos/tesis/Gen.11O/RAQUEL\\_VERGARA\\_LAZCANO.pdf](http://mat.izt.uam.mx/mcmai/documentos/tesis/Gen.11O/RAQUEL_VERGARA_LAZCANO.pdf).

**YUSEFF MORENO, N.D., ALVARADO QUINTERO, E.J., GARCIA OVALLE, H.A.,  
CARDONA MELO, J.J., LÓPEZ ASTUDILLO, A. & GARZÓN OSORIO, J.C.** *Gestión de inventarios, gestión del conocimiento, gestión del mantenimiento.* 2020. S.l.: s.n.

**ANEXOS**

ANEXO A: FICHAS TÉCNICAS POR SISTEMAS

<b>VITECAL</b> 		Ficha técnica 03			
		Área	Trituración inicial	Código	TI
		Sistema	Molienda 01	Código	ML01
<b>Descripción fotográfica</b>					
					
Cód	Equipo	Descripción			
MT01	Motor 01	Marca	Hino	Capacidad	6 galones
		Consumo	2 galones / hora	Cilindros	4
		Lubricación	4 gal / 25 W 60	Cilindraje	2500 c/c
ML01	Molino 01	Granulometría inicial	90 mm	Granulometría final	10 mm
		Capacidad	50 Tn/h	Boca de entrada	500 x 150 mm
		Velocidad	1000 rpm	Potencia necesaria	100 CV
		Rotor	2 brazos / horizontal	Tipo	Terciario
		Lubricación	5 lb de grasa grado 4		
CR01	Cardan 01	Longitud	2 metros	Cruceta	TH-172
		Lubricación	1 lb de grasa G-4		
TB01	Transmisión por banda 01	Polea conducida	<b>410 mm</b>	Tipo de bandas	
		Polea conductora	230 mm	Material de poleas	Hierro fundido
		Lubricación			1 lb / grasa G-4
CC01	Caja de cambios 01	Lubricación	2 gal / 80 W 90		
EB01	Embrague 01	Disco	HND058U	Rodamiento	CT70B
		Plato de presión	HNC517		

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

<b>VITECAL</b> 		<b>Ficha técnica 04</b>			
		Área: Trituración inicial		Código TI	
		Sistema Transportador de material 02		Código TM02	
<b>Descripción fotográfica</b>					
					
<b>Cod</b>	<b>Equipos</b>	<b>Descripcion</b>			
TE02	Tablero eléctrico 02	<b>Contactor</b>	<b>Tripolar MC-22B,230V</b>	<b>Disyuntor</b>	32 A / 2 polos
		<b>Dimensiones</b>	70 x 60 cm	<b>Fusibles</b>	RT 18,32 A / 500V
		<b>Voltaje de salida</b>	220V	<b>Amperímetro</b>	D29 100ACA
ME02	Motor eléctrico 02	<b>Factor de potencia</b>	0.94	<b>Voltaje</b>	220/420 V
		<b>Amperaje</b>	43.2/ 21.6 A	<b>Frecuencia</b>	60 Hz
		<b>Potencia</b>	7.5kW – 10Hp	<b>Temperatura</b>	40°C
		<b>Rpm</b>	3525 rpm	<b>Peso</b>	75 Kg
		<b>Marca</b>	Weg		
TB02	Transmisión por banda 02	<b>Polea conducida</b>	7in / 2 canales	<b>Banda</b>	B42
		<b>Polea conductora</b>	10 in / 2 canales	<b>Material</b>	Hierro fundido
TC02	Transmisión por cadena 02	<b>Piñón motriz</b>	50B20	<b>Cadena</b>	60 cm
		<b>Piñón conducido</b>	50B60	<b>Lubricación</b>	
RE02	Reductor 02	<b>Relación</b>	50 /1	<b>Tipo</b>	Sinfín- corona
		<b>Rango de potencia</b>	0.5 a 10 HP	<b>Tipo</b>	Acople por correa
		<b>Diámetro de eje</b>	40 mm	<b>Marca</b>	N/A
BA02	Banda transportadora 02	<b>Largo</b>	6 metros	<b>Tipo</b>	Nervada
		<b>Ancho</b>	3 metros	<b>Lonas</b>	4 lonas
		<b>Numero de grapas</b>	7		
BS02	Bastidor 02	<b>Numero de rodillos</b>	30	<b>Alto</b>	6 m
		<b>Largo</b>	3 m	<b>Ancho</b>	70 cm
TA01	Tambor accionador 02	<b>Diámetro</b>	70 cm	<b>Platinas</b>	3/8
		<b>Ancho</b>	50 cm		

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

<b>VITECAL</b> 		<b>Ficha técnica 05</b>			
		<b>Área:</b> Trituración final		<b>Código TF</b>	
		<b>Sistema</b> Transportador de material 03		<b>Código TM03</b>	
<b>Descripción fotográfica</b>					
					
<b>Cod</b>	<b>Equipos</b>	<b>Descripcion</b>			
TE03	<b>Tablero eléctrico 03</b>	<b>Contactor</b>	Tripolar MC-22B,230V	<b>Disyuntor</b>	32 A / 2 polos
		<b>Dimensiones</b>	70 x 60 cm	<b>Fusibles</b>	RT 18,32 A / 500V
		<b>Voltaje de salida</b>	220V	<b>Amperímetro</b>	D29 100ACA
ME03	<b>Motor eléctrico 03</b>	<b>Factor de potencia</b>	0,94	<b>Voltaje</b>	220/420 V
		<b>Amperaje</b>	43.2/ 21.6 A	<b>Frecuencia</b>	60 Hz
		<b>Potencia</b>	7.5kW – 10Hp	<b>Temperatura</b>	40°C
		<b>Rpm</b>	3525 rpm	<b>Peso</b>	75 Kg
		<b>Marca</b>	Weg		
TB03	<b>Transmisión por banda 03</b>	<b>Polea conducida</b>	<b>7in / 2 canales</b>	<b>Banda</b>	B51
		<b>Polea conductora</b>	10 in / 2 canales	<b>Material</b>	Hierro fundido
TC03	<b>Transmisión por cadena 03</b>	<b>Piñón motriz</b>	50B20	<b>Cadena</b>	60 cm
		<b>Piñón conducido</b>	50B60	<b>Lubricación</b>	
RE03	<b>Reductor 03</b>	<b>Relación</b>	50 /1	<b>Tipo</b>	Sinfín- corona
		<b>Rango de potencia</b>	0.5 a 10 HP	<b>Tipo</b>	Acople por correa
		<b>Diámetro de eje</b>	40 mm	<b>Marca</b>	
BA03	<b>Banda transportadora 03</b>	<b>Largo</b>	6 metros	<b>Tipo</b>	Nervada
		<b>Ancho</b>	3 metros	<b>Lonas</b>	4 lonas
		<b>Numero de grapas</b>	7		
BS03	<b>Bastidor 03</b>	<b>Numero de rodillos</b>	30	<b>Alto</b>	3m
		<b>Largo</b>	1 m	<b>Ancho</b>	80cm
TA03	<b>Tambor accionador 03</b>	<b>Diámetro</b>	80cm	<b>Platinas</b>	3/8
		<b>Ancho</b>	50 cm		

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

<b>VITECAL</b> 		Ficha técnica 06			
		Área: Clasificación		Código CL	
		Sistema Criba01		Código CR01	
Descripción fotográfica					
					
Cod	Equipos	Descripción			
TE05	Tablero eléctrico 05	Contactor	Tripolar MC-22B,230V	Disyuntor	32 A / 2 polos
		Dimensiones	70 x 60 cm	Fusibles	RT 18,32 A / 500V
		Voltaje de salida	220V	Amperímetro	D29
		100ACA			
ME05	Motor eléctrico 02	Factor de potencia	0.94	Voltaje	220/420 V
		Amperaje	43.2/ 21.6 A	Frecuencia	60 Hz
		Potencia	7.5kW – 10Hp	Temperatura	40°C
		Rpm	3525 rpm	Peso	75 Kg
		Marca	Weg	Eje	
TB05	Transmisión por banda 02	Polea conducida	<b>7in / 2 canales</b>	Banda	B51
		Polea conductora	10 in / 2 canales	Material	Hierro fundido
		Diámetro de eje	40 mm	Marca	N/A
BT01	Mallas 01	Material	Acero inoxidable		
BS01	Bastidor 01	Alto	6 m		

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

<b>VITECAL</b> 		<b>Ficha técnica 07</b>			
		Área: Trituración final		Código TF	
		Sistema Transportador de material 04		Código TM04	
<b>Descripción fotográfica</b>					
					
<b>TE04</b>	<b>Tablero eléctrico 01</b>	<b>Contactor</b>	Tripolar MC-22B,230V	<b>Disyuntor</b>	32 A / 2 polos
		<b>Dimensiones</b>	70 x 60 cm	<b>Fusibles</b>	RT 18,32 A / 500V
		<b>Voltaje de salida</b>	220V	<b>Amperímetro</b>	D29
		100ACA			
<b>ME04</b>	<b>Motor eléctrico 01</b>	<b>Factor de potencia</b>	0.94	<b>Voltaje</b>	220/420 V
		<b>Amperaje</b>	43.2/ 21.6 A	<b>Frecuencia</b>	60 Hz
		<b>Potencia</b>	7.5kW – 10Hp	<b>Temperatura</b>	40°C
		<b>Rpm</b>	3525 rpm	<b>Peso</b>	75 Kg
		<b>Marca</b>	Weg		
<b>TB04</b>	<b>Transmisión por banda 04</b>	<b>Polea conducida</b>	<b>7in / 2 canales</b>	<b>Banda</b>	B32
		<b>Polea conductora</b>	10 in / 2 canales	<b>Material</b>	Hierro fundido
<b>TC04</b>	<b>Transmisión por cadena 04</b>	<b>Piñón motriz</b>	50B20	<b>Cadena</b>	60 cm
		<b>Piñón conducido</b>	50B60	<b>Lubricación</b>	
<b>RE04</b>	<b>Reductor 04</b>	<b>Relación</b>	50 / 1	<b>Tipo</b>	Sinfín- corona
		<b>Rango de potencia</b>	0.5 a 10 HP	<b>Tipo</b>	Acople por correa
		<b>Diámetro de eje</b>	40 mm	<b>Marca</b>	
<b>BA04</b>	<b>Banda transportadora 04</b>	<b>Largo</b>	6 metros	<b>Tipo</b>	Nervada
		<b>Ancho</b>	3 metros	<b>Lonas</b>	4 lonas
		<b>Numero de grapas</b>	7		
<b>BS04</b>	<b>Bastidor 04</b>	<b>Numero de rodillos</b>	40	<b>Alto</b>	4
		<b>Largo</b>	3 m	<b>Ancho</b>	80 cm
<b>TA04</b>	<b>Tambor accionador 04</b>	<b>Diámetro</b>	60 cm	<b>Platinas</b>	3/8
		<b>Ancho</b>	80cm		

<b>VITECAL</b> 	<b>Ficha técnica 06</b>		
	<b>Área:</b>	Parque vehicular	
	<b>Sistema</b>	<b>Retroexcavador01</b>	
		<b>Descripción fotográfica</b>	
<b>Código</b>	RX01		
<b>Área</b>	Producción de granalla mineral		
<b>Descripción</b>	Retroexcavadora		
<b>Código de activo</b>	RX01		
<b>Centro de costos</b>	45000		
<b>Marca</b>	JBC		
<b>Modelo</b>	4CX		
<b>Matricula/N. serie</b>	133042590		
<b>Valor de adquisición</b>	45000		
<b>Año de construcción</b>	2016		
<b>Distribuido por:</b>	JBC		
<b>Fabricado por:</b>	JBC		
<b>Potencia total</b>	74,6 kW		
<b>Cilindrada</b>	4,41		
<b>Potencia en RPM</b>	2200		
<b>Momento de fuerza</b>	417 Nm		
<b>Longitud total</b>		m	5,91
<b>Altura total</b>		m	3,54
<b>Altura hasta el techo de la cabina</b>		m	2,84
<b>Distancia entre ejes</b>		m	2,22
<b>Altura estabilizadora</b>		m	0,34
<b>Altura montaje</b>		m	0,50
<b>Anchura de la pala</b>		m	2,33
<b>Anchura del bastidor trasero</b>		m	2,36
<b>Presiones de reventón de mangueras</b>		bar	70-400
<b>Relación del ventilador</b>		adimensional	0.85:1
<b>Presión neumáticos</b>		bar	2,7
<b>Potencia motora</b>		hp	100
<b>Profundidad de excavación</b>		m	4,45
<b>Capacidad Max de carga</b>		m <sup>3</sup>	1,2
<b>Velocidad máxima</b>		Km/h	40
<b>Numero de marchas</b>		N	4
<b>Bomba Hidráulica</b>			
Sistema con centro abierto con bombas dobles y regulador hidráulica de consumo			
<b>Capacidad de la bomba hidráulica</b>			
81 l/min			
<b>Presión de válvulas de regulación</b>			
25165,8 kPa			
<b>Manuales</b>		<b>Planos</b>	
Si posee en oficina		Si posee en oficina	
<b>Partes funcionales</b>			
Motor	Sistema hidráulico	Sistema eléctrico	
Transmisión, puentes y dirección		Frenos	Carrocería y cabina

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

## ANEXO B: CONTEXTO OPERACIONAL

CONTEXTO OPERACIONAL	
ASPECTOS CLIMÁTICOS	El sistema de molienda 01 opera en un sistema aislado con abundancia de polvo generado por el proceso de trituración, opera a una temperatura ambiente de 30 °C ocasiona un ruido de 82 Db, se encuentra instalado a una altitud de 2723 m sobre el nivel del mar.
NORMAS Y REGLAMENTOS	El Decreto Ejecutivo 2393 "Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo", manifiesta en el Art. 55 literal c que el Ruido y Vibraciones, fija como límite máximo de presión sonora es de 85Dd para el caso de ruido continuo en 8 horas de jornada laboral de igual forma la norma Ecuatoria INEN 2207 establece que toda fuente móvil con motor de diésel no debe emitir al aire monóxido de carbono (CO) superior a 0,64 g/km, hidrocarburos (HC) superior a 0 g/km , óxidos de nitrógeno (NOx) superior a (0.5 g/km) y HC + NOx = 0,56 g/Km y partículas en cantidades superiores a (0,5 g/km). Los desechos de aceites o combustibles serán tratados de acuerdo con la normativa de la provincia o cantón en donde se encuentre instalado el motor diésel.
PROCESO	El sistema de molienda 01 es alimentado con una granulometría inicial de 100 mm que es transportada por la banda transportadora 01 ala tolva de alimentación del molino 01. El sistema trabaja un tiempo parcial de 6 horas diarias 5 días a la semana. Una parada representa 350 dólares la hora.
REDUNDANCIA	No tiene redundancia.
ESTÁNDARES DE CALIDAD	El Molino de martillos del sistema de trituración inicial debe tener una granulometría final de 0 a 3 mm con un material completamente seco para no tener inconvenientes en el proceso de cribado.
ESTÁNDARES MEDIO AMBIENTALES	Producto de las tareas de mantenimiento realizadas en el motor diésel, generan desechos tóxicos como el aceite, los cuales pueden causar daños al medio ambiente como contaminación de ríos o del suelo.
RIESGOS A LA SEGURIDAD	El CO2 generado por la combustión puede ocasionar enfermedades respiratorias, así como la generación de polvo, el ruido también genera un riesgo a la seguridad cuando es mayor a 85Dd., esta máquina debe ser utilizada por personal calificado. El activo no es peligroso, si está bien mantenido y se realizan las instrucciones necesarias de operación, en caso de ser necesario hacer las actividades de mantenimiento de partes eléctricas y mecánicas.

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

CONTEXTO OPERACIONAL	
ASPECTOS CLIMÁTICOS	El sistema transportador de material 02 opera en un sistema cerrado con abundancia de polvo generado por el proceso de trituración, opera a una temperatura ambiente de 25 °C ocasiona un ruido de 60 Db, se encuentra instalado a una altitud de 2723 m sobre el nivel del mar.
NORMAS Y REGLAMENTOS	La calidad de la resistencia al desgaste de una cinta transportadora es habitualmente el factor individual más importante que determinará su vida útil y consecuentemente su rentabilidad. Existen dos conjuntos de normas referentes a la abrasión reconocidos internacionalmente los cuales son: EN ISO 14890 (H, D y L) y DIN 22102 (Y, W y X). Indicadas principalmente para minería.
PROCESO	Ese sistema transporta la materia prima hacia el molino 01 El sistema trabaja 6 horas diario 5 días a la semana. Una parada representa una pérdida de 350 dólares la hora.
REDUNDANCIA	El sistema no posee redundancia.
ESTÁNDARES DE CALIDAD	Afecta directamente a la producción y no a la calidad.
ESTÁNDARES MEDIO AMBIENTALES	Toda la planta debe cumplir con los requisitos ambientales y de contaminación para los debidos permisos de funcionamiento. El sistema transportador de material genera una gran cantidad de polvo lo cual causa contaminación al medio ambiente.
RIESGOS A LA SEGURIDAD	Manipular por personal cualificado. Desconectar la línea de alimentación del tablero para actividades de mantenimiento. Utilizar EPP al momento de realizar operaciones de mantenimiento.

CONTEXTO OPERACIONAL	
ASPECTOS CLIMÁTICOS	El sistema transportador de material 03 opera en un sistema cerrado con abundancia de polvo generado por el proceso de trituración, opera a una temperatura ambiente de 25 °C ocasiona un ruido de 60 Db, se encuentra instalado a una altitud de 2723 m sobre el nivel del mar.
NORMAS Y REGLAMENTOS	La calidad de la resistencia al desgaste de una cinta transportadora es habitualmente el factor individual más importante que determinará su vida útil y consecuentemente su rentabilidad. Existen dos conjuntos de normas referentes a la abrasión reconocidos internacionalmente los cuales son: EN ISO 14890 (H, D y L) y DIN 22102 (Y, W y X) . Indicadas principalmente para minería.
PROCESO	El sistema trasportador de material 03 comienza en la tolva de descarga del molino 02. Este material se desplaza hacia la criba para clasificarlo El sistema trabaja 6 horas diario 5 días a la semana. Una parada representa una pérdida de 200 dólares la hora.
REDUNDANCIA	El sistema no posee redundancia.
ESTÁNDARES DE CALIDAD	Afecta directamente a la producción y no a la calidad.
ESTÁNDARES MEDIO AMBIENTALES	Toda la planta debe cumplir con los requisitos ambientales y de contaminación para los debidos permisos de funcionamiento.
RIESGOS A LA SEGURIDAD	Manipular por personal cualificado. Desconectar la línea de alimentación del tablero para actividades de mantenimiento. Utilizar EPP al momento de realizar operaciones de mantenimiento.

Realizado por: Montesdeoca,2022.

CONTEXTO OPERACIONAL	
ASPECTOS CLIMÁTICOS	El sistema transportador de material 02 opera en un sistema cerrado con abundancia de polvo generado por el proceso de trituración, opera a una temperatura ambiente de 25 °C ocasiona un ruido de 60 Db, se encuentra instalado a una altitud de 2723 m sobre el nivel del mar.
NORMAS Y REGLAMENTOS	La calidad de la resistencia al desgaste de una cinta transportadora es habitualmente el factor individual más importante que determinará su vida útil y consecuentemente su rentabilidad. Existen dos conjuntos de normas referentes a la abrasión reconocidos internacionalmente los cuales son: EN ISO 14890 (H, D y L) y DIN 22102 (Y, W y X) . Indicadas principalmente para minería.
PROCESO	El material no clasificado se lo trasporta al molino 02 para triturarlo y dirigirlo a la banda trasportadora 03 El sistema trabaja 6 horas diario 5 días a la semana. Una parada representa una pérdida de 200 dólares la hora.
REDUNDANCIA	El sistema no posee redundancia.
ESTÁNDARES DE CALIDAD	Afecta directamente a la producción y no a la calidad.
ESTÁNDARES MEDIO AMBIENTALES	Toda la planta debe cumplir con los requisitos ambientales y de contaminación para los debidos permisos de funcionamiento. El sistema transportador de material genera una gran cantidad de polvo lo cual causa contaminación al medio ambiente.
RIESGOS A LA SEGURIDAD	Manipular por personal cualificado. Desconectar la línea de alimentación del tablero para actividades de mantenimiento. Utilizar EPP al momento de realizar operaciones de mantenimiento.

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

CONTEXTO OPERACIONAL	
ASPECTOS CLIMÁTICOS	El sistema transportador de material 02 opera en un sistema cerrado con abundancia de polvo generado por el proceso de trituración, opera a una temperatura ambiente de 25 °C ocasiona un ruido de 60 Db, se encuentra instalado a una altitud de 2723 m sobre el nivel del mar.
NORMAS Y REGLAMENTOS	La máquina no debe trabajar fisurada o con un voltaje superior a los nominales.
PROCESO	El sistema clasifica el material haciéndolo pasar por 4 mallas con distintos MESH para posteriormente ensacarlos y almacenarlo El sistema trabaja 6 horas diario 5 días a la semana. Una parada representa una pérdida de 200 dólares la hora.
REDUNDANCIA	El sistema no posee redundancia.
ESTÁNDARES DE CALIDAD	Afecta directamente a la producción y no a la calidad.
ESTÁNDARES MEDIO AMBIENTALES	Toda la planta debe cumplir con los requisitos ambientales y de contaminación para los debidos permisos de funcionamiento.
RIESGOS A LA SEGURIDAD	Manipular por personal cualificado. Desconectar la línea de alimentación del tablero para actividades de mantenimiento. Utilizar EPP al momento de realizar operaciones de mantenimiento.

Realizado por: Montesdeoca,2022

**ANEXO C: HOJAS DE INFORMACIÓN.**

Empresa: Vitecal			Área: Trituración final	Realizado por: Jean Montesdeoca	Revisado por: Ing. César Gallegos	Hoja 1		
			Sistema:	Molienda 01	Fecha:25/04/2022	De :7		
Parte	Nº	Función	Falla funcional	Modo de falla/ (causa)	Efecto de la falla	Consecuencias		
Motor 01	1	Transferir 180 Hp de potencia en eje de entrada del molino 02	A Transferir menos de 180 Hp	1	Perdida de potencia por filtro de aire obstruido	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: Aparece humo negro en los gases de escape</li> <li>•No presenta amenazas a la seguridad, pero si al medio ambiente.</li> <li>•Afectaciones a la producción: La producción se detiene 30 minutos con una pérdida de \$175</li> <li>•Se requiere cambiar el filtro de aire P 182070 o P124046</li> </ul>	Operacional	1 vez año
				2	Perdida de potencia por inyectores sucios	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: El motor pierde potencia o fuerza</li> <li>•Afectaciones a la producción: La producción se para 3 horas generando una pérdida de \$1000</li> <li>•Se requiere hacer una limpieza de inyectores y toberas</li> </ul>	Operacional	1 vez /3 años
				3	Perdida de potencia por válvula pisada (no cierra la válvula)	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: Se produce ruidos y vibraciones anormales,</li> <li>•No presentan amenazas a la seguridad ni al medio ambiente.</li> <li>•Afectaciones a la producción: Se produce la disminución de potencia del motor parando la producción 2h con un costo de \$700</li> <li>•Se requiere. realizar una calibración de válvulas.</li> </ul>	Operacional	1 vez año
				4	Anillos de pistones deteriorados	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: Se produce humo negro en los gases de escape, falta de potencia con bajo rendimiento, presencia de aceite en el escape y aumento de consumo del aceite.</li> <li>•No presentan amenazas a la seguridad ni al medio ambiente.</li> <li>•Afectaciones a la producción: La producción se para 18 horas produciendo una pérdida de \$ 6300</li> <li>• Se requiere la reparación del motor</li> </ul>	Operacional	1 vez /3 años

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Empresa: Vitecal			Área: Trituración final	Realizado por: Jean Montesdeoca	Revisado por: Ing. César Gallegos	Hoja:2			
			Sistema:	Molienda 01	Fecha:25/04/2022	De:7			
Parte	Nº	Función	Falla funcional	Modo de falla/ (causa)	Efecto de la falla	Consecuencias	Pro. de fallo		
Motor 01	2	Trabajar a una temperatura menor a 90°C y	A	Trabajar a una temperatura mayor de 90°C	1	Desgaste prematuro del motor por niveles de lubricación bajos	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: Se produce humo negro en los gases de escape, y hay presencia de alta temperatura.</li> <li>•No presentan amenazas a la seguridad, pero si al medio ambiente.</li> <li>•Afectaciones a la producción: La producción se para 1 hora con una pérdida de producción de \$350.</li> <li>•Se requiere realizar el cambio o completar el lubricante 20w50 y el filtro de aceite A- 3786SP</li> </ul>	Operacional	2 veces al año
					2	Junta de culata deteriorada	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: El consume refrigerante en exceso mezclándose con el aceite provocando humo blanco y sobrecalentamiento del motor.</li> <li>•No presentan amenazas a la seguridad, pero si al medio ambiente.</li> <li>•Afectaciones a la producción: La producción se para 6 horas con una pérdida de \$2100</li> <li>•Se requiere la intervención de un mecánico externo para realizar el cambio de la juta de culata 11115-2420</li> </ul>	Medio ambiente	1 vez / 2 años
					3	Fuga en el radiador (radiador trizado por excesivas vibraciones)	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: El nivel del refrigerante es peligrosamente bajo ocasionando el sobrecalentamiento del motor</li> <li>•No presentan amenazas a la seguridad ni al medio ambiente.</li> <li>•Afectaciones a la producción: La producción se para 2 horas generando una pérdida de \$ 700</li> <li>•Se requiere reparar, ajustar el radiador y poner un refrigerante nuevo,</li> </ul>	Operacional	2 veces al año
					4	Ventilador obstruido o en mal estado	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: El motor se sobrecalienta</li> <li>•No presentan amenazas a la seguridad ni al medio ambiente.</li> <li>•Afectaciones a la producción: La producción se para 1 hora generando una pérdida de \$350</li> <li>•Se requiere el cambio la reparación del ventilador</li> </ul>	Operacional	1 vez / 2 años

Realizado por: Montesdeoca, J, 2022

Empresa: Vitecal			Área: Trituración final	Realizado por: Jean Montesdeoca	Revisado por: Ing. César Gallegos			Hoja:3	
			Sistema:	Molienda 01	Fecha:25/04/2022			De:7	
Parte	N°	Función	Falla funcional		Modo de falla/ (causa)		Efecto de la falla	Consecuencias	Pro. de fallo
Sistema eléctrico 01	3	Proporcionar la energía a 24 V para el encendido	A	No hay energía (no arranca)	1	Baterías con bornes sulfatados por el esfuerzo y falta de ácido electrolito	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: El motor no arranca por falta de batería.</li> <li>No presentan amenazas a la seguridad ni al medio ambiente.</li> <li>Afectaciones a la producción: La producción se para por una hora hasta cambiar de batería, afecta con \$350 a la producción</li> <li>Se requiere cambiar la batería</li> </ul>	Operacional	4 veces al año
			B	No arranca	1	Escobillas del motor de arranque desgastadas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: El motor no arranca.</li> <li>No presentan amenazas a la seguridad ni al medio ambiente, afecta a la producción con \$1000 por tres horas de paro.</li> <li>Se requiere cambiar las escobillas del motor de arranque</li> </ul>	Operacional	1 vez /3 años
			C	Falta de presencia de energía para la combustión	1	Bujías carbonizadas por presencia de exceso de combustible	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: el motor no produce la potencia necesaria de funcionamiento, se ve lento.</li> <li>No se presentan amenazas a la seguridad, ni al medio ambiente.</li> <li>Afectaciones a la producción: Se produce una parada de 3 horas produciendo una pérdida de \$1000</li> <li>Se requiere el cambio de las bujías afectadas y calibrar las válvulas de los cilindros</li> </ul>	Operacional	1 vez /3 años
Alimentación de combustible al motor 01	4	Transferir combustible desde el tanque de combustible a una relación de 0.5 litros por minuto	A	Incapaz de transferir combustible	1	Bomba de combustible obstruida por corrosión interna por la presencia de agua.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: El motor no arranca por falta de combustible</li> <li>No presentan amenazas a la seguridad ni al medio ambiente.</li> <li>Afectaciones a la producción: La producción se para 30horas generando una pérdida de \$10500</li> <li>Se requiere reparar la bomba de inyección y pulgar el filtro de combustible</li> </ul>	Operacional	1 vez al año
					2	Filtro de combustible bloqueado	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: no se ve presencia de movimiento del motor</li> <li>No se presentan amenazas a la seguridad, ni al medio ambiente.</li> <li>Afectaciones a la producción: Se produce una parada de 1 hora produciendo una pérdida de \$ 350.</li> <li>Se requiere el cambio de filtro de combustible P5500881</li> </ul>	Operacional	1 vez al año

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Empresa: Vitecal			Área: Trituración final	Realizado por: Jean Montesdeoca	Revisado por: Ing. César Gallegos	Hoja:4			
			Sistema:	Molienda 01	Fecha:25/04/2022	De:7			
Parte	N°	Función	Falla funcional	Modo de falla/ (causa)	Efecto de la falla	Consecuencias	Pro. de fallo		
Molino 01	5	Triturar 9 Tn/hora de materia prima a una granulometría de 0 a 6 mm	A	Incapaz de triturar 9 Tn/hora de materia prima a una granulometría de 0 a 6 mm	1	Barrotes parcialmente deteriorados	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: El material de los martillos se encuentra por debajo del rango establecido además presenta un desbalance en el rotor provocando vibraciones</li> <li>Presentan amenazas a la seguridad y al medio ambiente.</li> <li>Afectaciones a la producción: El desgaste de los martillos afecta notablemente la producción, debido a que se genera una parada de 12 horas perdiendo \$4200 en producción. Se requiere cambiar los martillos del molino y balancearlos</li> </ul>	Operacional	2 veces al año
					2	Placas de armadura deterioradas por abrasión	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: Se puede observar el desgaste abrasivo en las placas de la armadura a que estas van menoreando su espesor</li> <li>No presentan amenazas a la seguridad ni al medio ambiente.</li> <li>Afectaciones a la producción: se debe parar la producción 2 horas perdiendo \$700 en producción</li> <li>Se requiere preparar y cambiar las placas de la armadura</li> </ul>	Operacional	3 veces al año
					3	Eje del rotor desbalanceado	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: Vibraciones y ruidos anormales</li> <li>Afectaciones a la producción: La producción debe parar 4 horas hasta balancear el rotor correctamente generando una pérdida económica de \$1400</li> <li>No presentan amenazas a la seguridad ni al medio ambiente.</li> <li>Se requiere balancear el molino con pesas de acero</li> </ul>	Operacional	6 veces al año
					4	Pernos y arandelas de sujeciones sueltas por vibraciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: El molino produce vibraciones y ruido anormal</li> <li>Afectaciones a la producción: La producción se para 30 minutos generando una pérdida de \$175</li> <li>No presentan amenazas a la seguridad ni al medio ambiente.</li> <li>Se requiere ajustar los pernos de anclaje a la base del molino</li> </ul>	Operacional	2 veces al año
					5	Base del molino agrietado por vibraciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: La base del molino presenta grietas visibles</li> <li>Afectaciones a la producción: La producción se para 30 minutos generando una pérdida de \$175</li> <li>Presentan amenazas a la seguridad.</li> <li>Se requiere soldar la grieta de la base del molino</li> </ul>	Operacional	1 vez al año

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Empresa: Vitecal			Área: Trituración final	Realizado por: Jean Montesdeoca	Revisado por: Ing. César Gallegos	Hoja:5			
			Sistema:	Molienda 01	Fecha:25/04/2022	De:7			
Parte	N°	Función	Falla funcional	Modo de falla/ (causa)	Efecto de la falla	Consecuencias	Pro. de fallo		
Molino 01	5	Triturar 9 Tn/hora de materia prima a una granulometría de 0 a 6 mm	A	Incapaz de triturar 9 Tn/hora de materia prima a una granulometría de 0 a 6 mm	6	Barrotes totalmente deteriorados	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: El desgaste del rodamiento produce fuertes ruidos haciendo que el rotor del molino sea incapaz de generar movimiento.</li> <li>No presentan amenazas a la seguridad ni al medio ambiente.</li> <li>Afectaciones a la producción: La producción se detiene por 8 horas con una pérdida de producción \$2800.</li> <li>Se requiere cambiar los barrotes del molino.</li> </ul>	Operacional	1 vez / 3 años
					7	Desgaste prematuro de las chumaceras por mala lubricación	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: Se produce vibraciones y ruidos anormales lo que puede provocar la caída de las placas de la armadura del molino.</li> <li>No presentan amenazas a la seguridad ni al medio ambiente.</li> <li>Afectaciones a la producción: La producción se detiene por 30 minutos ocasionando una pérdida de \$175.</li> <li>Se requiere revisar y engrasar las chumaceras principales ajustar.</li> </ul>	Operacional	1 vez / 4 años
Embrague 01	6	Transmitir la potencia del motor a la caja de cambios	A	Incapaz de Transmitir la potencia del motor a la caja de cambios	1	Lengüetas del diafragma en el plato de embrague desgastadas por rodamiento agripado	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: Se observa las lengüetas del plato de embrague rotas y el cambio de marcha se lo realiza con dificultad.</li> <li>No presentan amenazas a la seguridad ni al medio ambiente.</li> <li>Afectaciones a la producción: La producción detiene por 2 horas ocasionando \$700 de pérdida.</li> <li>Se requiere cambiar el rodamiento y el plato de embrague.</li> </ul>	Operacional	2 veces al año
					2	Disco de embrague parcialmente sobrecalentado por presencia de aceite o grasa	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: El cambio de marcha se lo realiza con dificultad y genera ruido en la caja de cambios.</li> <li>No presentan amenazas a la seguridad ni al medio ambiente.</li> <li>Afectaciones a la producción: La producción detiene por 2 horas ocasionando \$700 de pérdida.</li> <li>Se requiere cambiar el disco de embrague.</li> </ul>	Operacional	1 vez al año

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Empresa: Vitecal			Área: Trituración final	Realizado por: Jean Montesdeoca	Revisado por: Ing. César Gallegos	Hoja:6			
			Sistema:	Molienda 01	Fecha:25/04/2022	De:7			
Parte	N°	Función	Falla funcional	Modo de falla/ (causa)	Efecto de la falla	Consecuencias	Pro. de fallo		
Caja de cambios 01	7	Aumentar el par de salida o cambiar la velocidad de un motor	A	Incapaz de Aumentar el par de salida o cambiar la velocidad de un motor	1	Engranajes con holgura por falta de lubricación	Evidencias del fallo: Produce que en la caja de cambios se evidencie ruidos excesivos provocado por el mal asiento de los engranes entre ellos por el uso prolongado. •Afectaciones a la producción: La producción se para por 18 horas. •No presentan amenazas a la seguridad ni al medio ambiente. •Se requiere cambiar por completo la caja de cambios en un costo de \$500.	Operacional	1 vez al año
					2	Juntas en mal estado por deterioro	•Evidencias del fallo: Produce una pérdida de lubricante y posteriormente un desgaste de las piezas que constituye la caja de cambios. •Afectaciones a la producción: La producción se para por 3 horas con una pérdida de \$1050. •No presentan amenazas a la seguridad ni al medio ambiente. •Se requiere cambiar la junta con un costo de \$50.	Operacional	1 vez / 2 años
Transmisión por banda 01	8	Transmitir movimiento a una velocidad de 1000 rpm desde el motor con una relación de transmisión de 2,5:1	A	Transmitir movimiento menor a 1000 rpm	1	Banda floja por falta de tensado	•Evidencias del fallo: fuerte chillido y altas vibraciones en el sistema •No Presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente. •Se producen un paro de la producción por 30 min que ocasiona pérdidas de \$175. •Se requiere hacer un tensado de la correa y limpieza de las poleas.	Operacional	3 veces al año

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Empresa: Vitecal		Área: Trituración final	Realizado por: Jean Montesdeoca	Revisado por: Ing. César Gallegos				Hoja:7	
		Sistema:	Molienda 01	Fecha:25/04/2022				De:7	
Parte	N°	Función	Falla funcional	Modo de falla/ (causa)		Efecto de la falla	Consecuencias	Pro. de fallo	
Transmisión por banda 01	8	Transmitir movimiento a una velocidad de 1000 rpm desde el motor con una relación de transmisión de 2,5:1	B	No transmitir movimiento	1	Chumacera deteriorada por falta de lubricación	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: Ruido y vibración anormal.</li> <li>•No Presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>•Se producen el paro de la producción por 2 hora y tiene un costo de \$700.</li> <li>•Se requiere cambiar la chumacera de transmisión tomando un tiempo de 1 hora con un costo de \$300.</li> </ul>	Operacional	1 vez /2 años
					2	Banda de transmisión rota por desgaste	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: El sistema se detiene completamente.</li> <li>•No Presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>•Se producen el paro de la producción por 2 horas con un costo de \$700.</li> <li>•Se requiere cambiar de banda de transmisión en un tiempo de 1 hora con un costo de \$300.</li> </ul>	Operacional	2 veces al año
Cardan 01	9	Transmitir el movimiento de rotación desde un eje conductor a otro conducido a pesar de no ser colineales.	A	Incapaz de transmitir el movimiento de rotación	1	Crucetas desgastadas por falta de lubricación	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: El cardan comienza a ser ruido con vibraciones anormales</li> <li>•No Presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>•Se producen e6l paro de la producción por 1 hora con un costo de \$125.00</li> <li>•Se requiere cambiar la cruceta con un costo de \$70.</li> </ul>	Operacional	1 vez / 2 años

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Empresa: Vitecal			Área: Trituración inicial	Realizado por: Jean Montesdeoca	Revisado por: Ing. César Gallegos			Hoja:1
			Sistema:	Transportador de material 02	Fecha:25/04/2022			De:6
Parte	N°	Función	Falla funcional	Modo de falla/ (causa)		Efecto de la falla	Consecuencias	Pro. de fallo
Motor eléctrico 01	1	Transformar la energía eléctrica en energía mecánica para tener en su eje de salida una velocidad angular de 1800 rpm, Voltaje de 220 V y Corriente de 11A.	A Incapaz de proveer velocidad angular de 1800 rpm, Voltaje de 220 V y Corriente de 11A.	1	Condensador de arranque dañado por sobrecarga	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: El motor no genera movimiento y se escucha un zumbido en su interior elevando la intensidad.</li> <li>No Presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>Se produce un paro de la producción de 1 horas con un costo de \$350.</li> <li>Se requiere cambiar en condensador de 50 uF.</li> </ul>	Operacional	1 veces año
				2	Platinera de conexión no permiten el paso de corriente por presencia de herrumbre	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: El motor eléctrico no genera movimiento se evidencia la presencia de herrumbre en la superficie del platinero, provocándose un mal contacto.</li> <li>No presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>Se produce un paro de la producción de 30 minutos con un coste de \$175.</li> <li>Se debe cambiar la bornera.</li> </ul>	Operacional	1 vez en el año
				3	Cortocircuito en las conexiones del motor por sobre corriente	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: El breaker salta e impide el paso de corriente encendiendo la lampara roja del panel de control.</li> <li>No presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>Se produce un paro de la producción de 30 minutos con un coste de \$175.</li> <li>Se debe revisar las conexiones del motor e identificar los conductores quemados y remplazarlos.</li> </ul>	Operacional	1 vez en el año
				4	Rodamientos desgastados por deterioro	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: Incremento de temperatura, ruido y vibraciones anormales.</li> <li>No se presenta amenazas a la seguridad ni al medio ambiente.</li> <li>Se produce un paro de la producción de 1 hora con un coste de \$350</li> <li>Se debe cambiar los rodamientos.</li> </ul>	Operacional	1 vez cada 2 años

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Empresa: Vitecal			Área: Trituración inicial	Realizado por: Jean Montesdeoca	Revisado por: Ing. César Gallegos	Hoja:2	
			Sistema:	Trasportador de material 02	Fecha:25/04/2022	De:6	
Parte	N°	Función	Falla funcional	Modo de falla/ (causa)	Efecto de la falla	Consecuencias	Pro. de fallo
Motor eléctrico 01	1	Transformar la energía eléctrica en energía mecánica para tener en su eje de salida una velocidad angular de 1800 rpm, Voltaje de 220 V y Corriente de 11A.	A Incapaz de proveer velocidad angular de 1800 rpm, Voltaje de 220 V y Corriente de 11A.	5 Interruptor centrifugo defectuoso por deterioro	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: El motor arranca y saca chispas en su interior el interruptor centrifugo por efecto de la rotación tiende a despegarse y a conectarse intermitentemente</li> <li>No se presenta amenazas a la seguridad ni al medio ambiente.</li> <li>Se produce un paro de la producción de horas con un coste de \$700</li> <li>Se debe limpiar el interruptor centrifugo o hacer el cambio</li> </ul>	Operacional	1 vez año
Reductor de velocidad 01	2	Reducir la velocidad provista por el eje del motor de 1800 RPM a 180 RPM	A Incapaz de reducir la velocidad del motor eléctrico	1 Rodamientos desgastados	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: El reductor de velocidad genera un ruido y vibraciones anormales en su funcionamiento.</li> <li>No se presenta amenazas a la seguridad ni al medio ambiente.</li> <li>Se produce un paro de la producción de 2 horas con un coste de \$700.</li> <li>Se debe hacer el cambio de rodamientos.</li> </ul>	Operacional	1 vez año
				2 Engranajes desgastados por lubricación deficiente	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: Puede evidenciarse la presencia de ruido y vibraciones, e incluso en casos extremos se puede paralizar la máquina.</li> <li>No se presentan amenazas a la seguridad ni al medio ambiente.</li> <li>Se produce un paro de la producción de 1 hora con un coste de \$350.</li> <li>Se debe cambiar el reductor de velocidad.</li> </ul>	Operacional	1 vez año

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Empresa: Vitecal			Área: Trituración inicial		Realizado por: Jean Montesdeoca		Revisado por: Ing. César Gallegos		Hoja:3	
			Sistema:		Trasportador de material 02		Fecha:25/04/2022		De:6	
Parte funcional	N°	Función	Falla funcional		Modo de falla/ (causa)		Efecto de la falla		Consecuencias	Pro. de fallo
Reductor de velocidad 01	2	Reducir la velocidad provista por el eje del motor de 1800 RPM a 180 RPM	A	Incapaz de reducir la velocidad del motor eléctrico.	3	Falta de lubricante por retenedores desgastados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evidencias del fallo: Se observa el aceite desparramado por el cuerpo del reductor.</li> <li>• No se presentan amenazas a la seguridad ni al medio ambiente.</li> <li>• Se produce un paro de la producción de 1 hora con un coste de \$350.</li> <li>• Se debe cambiar los retenedores del reductor.</li> </ul>		Operacional	1 vez año
Transmisión por banda 01	3	Transmitir movimiento a una velocidad de 1800 rpm desde el motor con una relación de transmisión de 2,5:1	A	Transmitir movimiento menor a 1745 rpm	1	Banda floja por falta de tensado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evidencias del fallo: fuerte chillido y altas vibraciones en el sistema</li> <li>• No Presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>• Se producen un paro de la producción por 30 min que ocasiona pérdidas de \$175.</li> <li>• No existe daños físicos ocasionados por la falla.</li> <li>• Se requiere hacer un tensado de la correa y limpieza de las poleas.</li> </ul>		Operacional	1 vez año

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Empresa: Vitecal			Área: Trituración inicial	Realizado por: Jean Montesdeoca	Revisado por: Ing. César Gallegos		Hoja:4	
			Sistema:	Trasportador de material 02	Fecha:25/04/2022		De:6	
Parte	N°	Función	Falla funcional	Modo de falla/ (causa)		Efecto de la falla	Consecuencias	Pro. de fallo
Transmisión por banda 01	3	Transmitir movimiento a una velocidad de 1745 rpm desde el motor con una relación de transmisión de 2.5:1	B No transmitir movimiento	1	Polea rota por desgaste	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: Ruido y vibración anormal.</li> <li>•No Presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>•Se producen el paro de la producción por 1 hora y tiene un costo de \$350.</li> <li>•No existe daños físicos ocasionados por la falla</li> <li>•Se requiere cambiar la polea de transmisión.</li> </ul>	Operacional	1 vez año
				2	Banda de transmisión rota por fatiga	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: El sistema se detiene completamente.</li> <li>•No Presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>•Se producen el paro de la producción por 1 hora con un costo de \$350.00.</li> <li>•Se requiere cambiar de banda de transmisión.</li> </ul>	Operacional	1 vez año
Banda trasportadora 01	4	Trasportar 2 toneladas / hora de materia prima hacia la tolva principal del molino de martillos del área de molienda 01	A Incapaz de trasportar 2 toneladas / hora de materia prima hacia la tolva principal del molino de martillos del área de molienda 01	1	Banda trasportadora elongada	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: La banda se sale del bastidor provocando la caída del material.</li> <li>•No Presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>•Se producen un paro de la producción por 3 horas ocasionando una pérdida de \$1050.</li> <li>•No existe daños físicos ocasionados por la falla.</li> <li>•Se requiere cambiar las grapas de la banda.</li> </ul>	Operacional	1 vez año
				2	Banda trasportadora rota	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: Es incapaz de trasportar el material, se puede observar roturas grandes en la banda trasportadora.</li> <li>•No Presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>•Se producen el paro de la producción por 18 horas y tiene un costo de \$6300.</li> <li>•Se requiere cambiar de banda trasportadora.</li> </ul>	Operacional	1 vez / 2 años

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Empresa: Vitocal			Área: Trituración inicial		Realizado por: Jean Montesdeoca		Revisado por: Ing. César Gallegos		Hoja 5	
			Sistema:		Transportador de material 02		Fecha:25/04/2022		De:6	
Parte funcional	N°	Función	Falla funcional		Modo de falla/ (causa)		Efecto de la falla		Consecuencias	Pro. de fallo
Transmisión por cadena 01	5	Transmitir movimiento a una velocidad de desde el reductor por medio de una cadena y piñones hacia el cilindro accionador	A	No transmitir movimiento al cilindro accionador del sistema	1	Rotura de cadena por fatiga	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evidencias del fallo: La banda transportadora se detiene completamente.</li> <li>• No presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>• Se producen el paro de la producción por 1 hora con un costo de \$125.00.</li> <li>• Se requiere cambiar los eslabones de la cadena en un tiempo de 1 hora con un costo de \$32.00.</li> </ul>		Operacional	1 vez año
					2	Desgaste de los piñones por fatiga	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evidencias del fallo: La banda transportadora se detiene atasca provocando ruido y derrame del material.</li> <li>• No presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>• Se producen el paro de la producción por 1 hora con un costo de \$125.00.</li> <li>• Se requiere cambiar el piñón.</li> </ul>		Operacional	1 vez año
Tambor accionador 01	6	Desplazar la banda transportadora de forma centrada	A	No desplazar la banda transportadora de forma centrada	1	Desgaste de las platinas del tambor accionador	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evidencias del fallo: La banda transportadora se detiene provocando ruido y derrame del material.</li> <li>• No presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>• Se producen el paro de la producción por 8 horas con un costo de \$2800.</li> <li>• Se requiere cambiar las platinas ¼ de pulgada del tambor accionador.</li> </ul>		Operacional	1 vez año

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Empresa: Vitocal		Área: Trituración inicial		Realizado por: Jean Montesdeoca		Revisado por: Ing. César Gallegos		Hoja:6	
		Sistema:		Transportador de material 02		Fecha:25/04/2022		De:6	
Parte funcional	Nº	Función	Falla funcional	Modo de falla/ (causa)		Efecto de la falla	Consecuencias	Pro. de fallo	
Bastidor 01	7	Soportar todos los elementos necesarios de accionamiento , soporte y mantenimiento de la cinta transportadora .	A	Incapaz de soportar los elementos necesarios de accionamiento y mantenimiento de la cinta transportadora	1	Bastidor agrietado por altas vibraciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: se observan gritas en el bastidor producto de la vibración.</li> <li>•No presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>•Se pierde producción por 1 hora con un costo de \$350.00.</li> <li>•Se requiere soldar el bastidor con 7018.</li> </ul>	Operacional	1vez año
					2	Rodillos del bastidor deteriorados por desgaste	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: La banda transportadora se detiene atasca provocando ruido y derrame del material.</li> <li>•No presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>•Se producen el paro de la producción por 1 hora con un costo de \$350.00.</li> <li>•Se requiere cambiar el rodillo con 40 cm de varilla de 12 un rodamiento y un tubo de ½”.</li> </ul>		
Tablero eléctrico 01	8	Dar protección contra los cortocircuitos y sobre tensiones a los motores eléctricos del sistema	A	Incapaz de proporcionar protección a los motores eléctricos del sistema	1	Sobre calentamiento por presencia de polvo provoca mala conexión	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: se observa el tablero eléctrico completamente lleno de polvo.</li> <li>•No presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>•Se pierde producción por 30 min con un costo de \$175.00.</li> <li>•Se requiere limpiar el tablero eléctrico.</li> </ul>	Operacional	1vez / 2 años
					2	Sobrecalentamiento en terminales de contactores eléctricos	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: Se observa una quemadura en el inicio del terminal del contactor.</li> <li>•No presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>•Se pierde producción por 30 min con un costo de \$175.00.</li> <li>•Se requiere cambiar o ajustar las terminales del contactor.</li> </ul>		

Realizado por: Montesdeoca,2022

Empresa: Vitecal		Área: Trituración final	Realizado por: Jean Montesdeoca	Revisado por: Ing. César Gallegos			Hoja: 1		
		Sistema:	Trasportador de material 03	Fecha: 25/04/2022			De: 6		
Parte	N°	Función	Falla funcional	Modo de falla/ (causa)		Efecto de la falla	Consecuencias	Pro. de fallo	
Motor eléctrico 01	1	Transformar la energía eléctrica en energía mecánica para tener en su eje de salida una velocidad angular de 1800 rpm, Voltaje de 220 V y Corriente de 11A.	A	Incapaz de proveer velocidad angular de 1800 rpm, Voltaje de 220 V y Corriente de 11A.	1	Condensador de arranque dañado por sobrecarga	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: El motor no genera movimiento y se escucha un zumbido en su interior elevando la intensidad.</li> <li>No Presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>Se produce un paro de la producción de 1 horas con un costo de \$350.</li> <li>Se requiere cambiar en condensador de 50 uF.</li> </ul>	Operacional	1 veces año
					2	Platinera de conexión no permiten el paso de corriente por presencia de herrumbre	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: El motor eléctrico no genera movimiento se evidencia la presencia de herrumbre en la superficie de la platinera, provocándose un mal contacto.</li> <li>No presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>Se produce un paro de la producción de 30 minutos con un coste de \$175.</li> <li>Se debe cambiar la bornera.</li> </ul>	Operacional	1 vez en el año
					3	Cortocircuito en las conexiones del motor por sobre corriente	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: El breaker salta e impide el paso de corriente encendiendo la lampara roja del panel de control</li> <li>No presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>Se produce un paro de la producción de 30 minutos con un coste de \$175.</li> <li>Se debe revisar las conexiones del motor e identificar los conductores quemados y remplazarlos.</li> </ul>	Operacional	1 vez en el año
					4	Rodamientos desgastados por deterioro	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: Incremento de temperatura, ruido y vibraciones anormales.</li> <li>No se presenta amenazas a la seguridad ni al medio ambiente.</li> <li>Se produce un paro de la producción de 1 hora con un coste de \$350</li> <li>Se debe cambiar los rodamientos.</li> </ul>	Operacional	1 vez cada 2 años

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Empresa: Vitocal			Área: Trituración final		Realizado por: Jean Montesdeoca		Revisado por: Ing. César Gallegos		Hoja:2		
			Sistema:		Transportador de material 03		Fecha:25/04/2022		De:6		
Parte	N°	Función	Falla funcional		Modo de falla/ (causa)		Efecto de la falla		Consecuencias		Pro. de fallo
Motor eléctrico 01	1	Transformar la energía eléctrica en energía mecánica para tener en su eje de salida una velocidad angular de 1800 rpm, Voltaje de 220 V y Corriente de 11A.	A	Incapaz de proveer velocidad angular de 1800 rpm, Voltaje de 220 V y Corriente de 11A.	5	Interruptor centrifugo defectuoso por deterioro	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: El motor arranca y saca chispas en su interior el interruptor centrifugo por efecto de la rotación tiende a despegarse y a conectarse intermitentemente</li> <li>No se presenta amenazas a la seguridad ni al medio ambiente.</li> <li>Se produce un paro de la producción de horas con un coste de \$700</li> <li>Se debe limpiar el interruptor centrifugo o cambiarlo.</li> </ul>		Operacional		1 vez año
Reductor de velocidad 01	2	Reducir la velocidad provista por el eje del motor de 1800 RPM a 180 RPM	A	Incapaz de reducir la velocidad del motor eléctrico	1	Rodamientos desgastados	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: El reductor de velocidad genera un ruido y vibraciones anormales en su funcionamiento.</li> <li>No se presenta amenazas a la seguridad ni al medio ambiente.</li> <li>Se produce un paro de la producción de 2 horas con un coste de \$700•Se debe hacer el cambio de rodamientos.</li> </ul>		Operacional		1 vez año
					2	Engranajes desgastados por lubricación deficiente	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: Puede evidenciarse la presencia de ruido y vibraciones, e incluso en casos extremos se puede paralizar la máquina.</li> <li>No se presentan amenazas a la seguridad ni al medio ambiente.</li> <li>Se produce un paro de la producción de 1 hora con un coste de \$350.</li> <li>Se debe cambiar el reductor de velocidad.</li> </ul>		Operacional		1 vez año

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Empresa: Vitecal			Área: Trituración final	Realizado por: Jean Montesdeoca	Revisado por: Ing. César Gallegos	Hoja:3	
			Sistema:	Transportador de material 03	Fecha:25/04/2022	De:6	
Parte funcional	Nº	Función	Falla funcional	Modo de falla/ (causa)	Efecto de la falla	Consecuencias	Pro. de fallo
Reductor de velocidad 01	2	Reducir la velocidad provista por el eje del motor de 1800 RPM a 180 RPM	A Incapaz de reducir la velocidad del motor eléctrico.	3 Falta de lubricante por retenedores desgastados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evidencias del fallo: Se observa el aceite desparado por el cuerpo del reductor.</li> <li>• No se presentan amenazas a la seguridad ni al medio ambiente.</li> <li>• Se produce un paro de la producción de 1 hora con un coste de \$350.</li> <li>• Se debe cambiar los retenedores del reductor.</li> </ul>	Operacional	1 vez año
Transmisión por banda 01	3	Transmitir movimiento a una velocidad de 1800 rpm desde el motor con una relación de transmisión de 2,5:1	A Transmitir movimiento menor a 1745 rpm	1 Banda floja por falta de tensado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evidencias del fallo: fuerte chillido y altas vibraciones en el sistema.</li> <li>• No Presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>• Se producen un paro de la producción por 30 min que ocasiona pérdidas de \$175.</li> <li>• No existe daños físicos ocasionados por la falla</li> <li>• Se requiere hacer un tensado de la correa y limpieza de las poleas.</li> </ul>	Operacional	1 vez año

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022.

Empresa: Vitecal			Área: Trituración final	Realizado por: Jean Montesdeoca	Revisado por: Ing. César Gallegos	Hoja:4		
			Sistema:	Trasportador de material 03	Fecha:25/04/2022	De:6		
Parte	N°	Función	Falla funcional	Modo de falla/ (causa)	Efecto de la falla	Consecuencias	Pro. de fallo	
Transmisión por banda 01	3	Transmitir movimiento a una velocidad de 1745 rpm desde el motor con una relación de transmisión de 2,5:1	B No transmitir movimiento	1	Polea rota por desgaste	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: Ruido y vibración anormal.</li> <li>•No Presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>•Se producen el paro de la producción por 1 hora y tiene un costo de \$350.</li> <li>•No existe daños físicos ocasionados por la falla.</li> <li>•Se requiere cambiar la polea de transmisión.</li> </ul>	Operacional	1 vez año
				2	Banda de transmisión rota por fatiga	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: El sistema se detiene completamente.</li> <li>•No Presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>•Se producen el paro de la producción por 1 hora con un costo de \$350.00.</li> <li>•Se requiere cambiar de banda de transmisión.</li> </ul>	Operacional	1 vez año
Banda trasportadora 01	4	Trasportar 2 toneladas / hora de materia prima hacia la tolva principal del molino de martillos del área de molienda 01	A Incapaz de trasportar 2 toneladas / hora de materia prima hacia la tolva principal del molino de martillos del área de molienda 01	1	Banda trasportadora elongada	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: La banda se sale del bastidor provocando la caída del material.</li> <li>•No Presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>•Se producen un paro de la producción por 3 horas ocasionando una pérdida de \$1050.</li> <li>•No existe daños físicos ocasionados por la falla</li> <li>•Se requiere cambiar las grapas de la banda.</li> </ul>	Operacional	1 vez año
				2	Banda trasportadora rota	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: Es incapaz de trasportar el material, se puede observar roturas grandes en la banda trasportadora.</li> <li>•No Presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>•Se producen el paro de la producción por 18 horas y tiene un costo de \$6300.</li> <li>•Se requiere cambiar de banda trasportadora.</li> </ul>	Operacional	1 vez / 2 años

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Empresa: Vitocal		Área: Trituración final		Realizado por: Jean Montesdeoca		Revisado por: Ing. César Gallegos		Hoja 5	
Parte funcional		N°	Función	Falla funcional	Modo de falla/ (causa)	Efecto de la falla	Consecuencias	Pro. de fallo	
Transmisión por cadena 01	5	Transmitir movimiento a una velocidad de desde el reductor por medio de una cadena y piñones hacia el cilindro accionador	A	No transmitir movimiento al cilindro accionador del sistema	1	Rotura de cadena por fatiga	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: La banda transportadora se detiene completamente.</li> <li>No presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>Se producen el paro de la producción por 1 hora con un costo de \$125.00.</li> <li>Se requiere cambiar los eslabones de la cadena.</li> </ul>	Operacional	1 vez año
					2	Desgaste de los piñones por fatiga	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: La banda transportadora se detiene atascando provocando ruido y derrame del material.</li> <li>No presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>Se producen el paro de la producción por 1 hora con un costo de \$125.00.</li> <li>Se requiere cambiar el piñón en un tiempo de 1 hora.</li> </ul>		
Tambor accionador 01	6	Desplazar la banda transportadora de forma centrada	A	No desplazar la banda transportadora de forma centrada	1	Desgaste de las platinas del tambor accionador	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: La banda transportadora se detiene provocando ruido y derrame del material.</li> <li>No presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>Se producen el paro de la producción por 8 horas con un costo de \$2800.</li> <li>Se requiere cambiar las platinas ¼ de pulgada del tambor accionador.</li> </ul>	Operacional	1 vez año

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Empresa: Vitocal			Área: Trituración final		Realizado por: Jean Montesdeoca		Revisado por: Ing. César Gallegos		Hoja:6	
			Sistema:		Trasportador de material 03		Fecha:25/04/2022		De:6	
Parte funcional	Nº	Función	Falla funcional		Modo de falla/ (causa)		Efecto de la falla		Consecuencias	Pro. de fallo
Bastidor 01	7	Soportar todos los elementos necesarios de accionamiento , soporte y mantenimiento de la cinta transportadora .	A	Incapaz de soportar los elementos necesarios de accionamiento y mantenimiento de la cinta transportadora	1	Bastidor agrietado por altas vibraciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: se observan gritas en el bastidor producto de la vibración.</li> <li>•No presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>•Se pierde producción por 1 hora con un costo de \$350.00.</li> <li>•Se requiere soldar el bastidor con 7018.</li> </ul>		Operacional	1vez año
					2	Rodillos del bastidor deteriorados por desgaste	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: La banda trasportadora se detiene atasca provocando ruido y derrame del material.</li> <li>•No presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>•Se producen el paro de la producción por 1 hora con un costo de \$350.00</li> <li>•Se requiere cambiar el rodillo con 40 cm de varilla de 12 un rodamiento y un tubo de ½”.</li> </ul>		Operacional	1vez año
Tablero eléctrico 01	8	Dar protección contra los cortocircuitos y sobre tensiones a los motores eléctricos del sistema	A	Incapaz de proporcionar protección a los motores eléctricos del sistema	1	Sobre calentamiento por presencia de polvo provoca mala conexión	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: se observa el tablero eléctrico completamente lleno de polvo.</li> <li>•No presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>•Se pierde producción por 30 min con un costo de \$175.00.</li> <li>•Se requiere limpiar el tablero eléctrico.</li> </ul>		Operacional	1vez / 2 años
					2	Sobrecalentamiento en terminales de contactores eléctricos	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: Se observa una quemadura en el inicio del terminal del contactor.</li> <li>•No presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>•Se pierde producción por 30 min con un costo de \$175.00.</li> <li>•Se requiere cambiar o ajustar las terminales del contactor.</li> </ul>		Operacional	1vez / 2 años

Realizado por: Montesdeoca,2022

Empresa: Vitecal			Área: Clasificación 01	Realizado por: Jean Montesdeoca	Revisado por: Ing. César Gallegos	Hoja: 1			
			Sistema:	Sistema: Criba01	Fecha: 25/04/2022	De: 3			
Parte	N°	Función	Falla funcional	Modo de falla/ (causa)	Efecto de la falla	Consecuencias	fallo		
Motor eléctrico 05	1	Transformar la energía eléctrica en energía mecánica para tener en su eje de salida una velocidad angular de 1800 rpm, Voltaje de 220 V y Corriente de 2A.	A	Incapaz de proveer velocidad angular de 1800 rpm, Voltaje de 120 V y Corriente de 2A.	1	Condensador de arranque dañado por sobrecarga	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: El motor no genera movimiento y se escucha un zumbido en su interior elevando la intensidad.</li> <li>No Presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>Se produce un paro de la producción de 1 horas con un costo de \$350.</li> </ul>	Operacional	1 veces año
					2	Bornera desgastada	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: El motor eléctrico no genera movimiento se evidencia la presencia de herrumbre en la superficie de la bornera, provocándose un mal contacto.</li> <li>No presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>Se produce un paro de la producción de 30 minutos con un coste de \$175.</li> <li>Se debe cambiar la bornera.</li> </ul>	Operacional	1 veces año
					3	Cortocircuito en las conexiones del motor por sobre corriente	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: El breaker salta e impide el paso de corriente encendiendo la lampara roja del panel de control.</li> <li>No presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>Se produce un paro de la producción de 30 minutos con un coste de \$175. Se debe revisar las conexiones del motor e identificar los conductores quemados y remplazarlos.</li> </ul>	Operacional	1 v
					4	Rodamientos desgastados	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: Incremento de temperatura, ruido y vibraciones anormales.</li> <li>No se presenta amenazas a la seguridad ni al medio ambiente.</li> <li>Se produce un paro de la producción de 1 hora con un coste de \$350</li> <li>Se debe cambiar los rodamientos.</li> </ul>	Operacional	1 vez / 2 años
					5	Interruptor centrifugo defectuoso	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: El motor arranca y saca chispas en su interior el interruptor centrifugo por efecto de la rotación tiende a despegarse y a conectarse intermitentemente.</li> <li>Se produce un paro de la producción de horas con un coste de \$700.</li> <li>Se debe limpiar el interruptor centrifugo o cambiarlo.</li> </ul>	Operacional	1 vez / 2 años

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Empresa: Vitecal			Área: Clasificación 01		Realizado por: Jean Montesdeoca		Revisado por: Ing. César Gallegos		Hoja:2	
			Sistema:		Criba 01		Fecha:25/04/2022		De:3	
Parte funcional	N°	Función	Falla funcional		Modo de falla/ (causa)		Efecto de la falla		Consecuencias	Pro. de fallo
Transmisión por banda 05	2	Transmitir movimiento a una velocidad de 1745 rpm desde el motor con una relación de transmisión de 2,5:1	A	Transmitir movimiento menor a 1745 rpm	1	Banda floja por falta de tensado	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: fuerte chillido y altas vibraciones en el sistema.</li> <li>•No Presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>•Se producen un paro de la producción por 30 min que ocasiona pérdidas de \$175.</li> <li>•No existe daños físicos ocasionados por la falla.</li> <li>•Se requiere hacer un tensado de la correa y limpieza de las poleas.</li> </ul>		Operacional	4 veces al año
			B	No transmitir movimiento	1	Polea rota por desgaste	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: Ruido y vibración anormal.</li> <li>•No Presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>•Se producen el paro de la producción por 1 hora y tiene un costo de \$350.</li> <li>•No existe daños físicos ocasionados por la falla.</li> <li>•Se requiere cambiar la polea de transmisión.</li> </ul>		Operacional	1 vez al año
					2	Banda de transmisión rota por fatiga	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: El sistema se detiene completamente.</li> <li>•No Presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>•Se producen el paro de la producción por 1 hora con un costo de \$350.00.</li> <li>•Se requiere cambiar de banda de transmisión.</li> </ul>		Operacional	3 vez al año

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Parte funcional		N°	Función	Falla funcional	Modo de falla/ (causa)	Efecto de la falla	Consecuencias	Pro. de fallo
Bastidor		3	Soportar todos los elementos necesarios de accionamiento, soporte y mantenimiento de la cinta transportadora.	A Incapaz de soportar los elementos necesarios de accionamiento y mantenimiento de la cinta transportadora	1 Bastidor agrietado por fatiga	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: se observan gritas en el bastidor producto de la vibración.</li> <li>•No presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>•Se pierde producción por 1 hora con un costo de \$350.00.</li> <li>•Se requiere soldar el bastidor con 7018 \$5,00.</li> </ul>	Operacional	3 veces al año
Mallas		4	Clasificar el material triturado en las diferentes granulometrías	A Incapaz de clasificar el material triturado en las diferentes granulometrías	1 Mallas rotas por desgaste	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: Las mallas se observan fisuradas lo que mezcla los materiales y no se clasifica correctamente en el proceso de ensacado.</li> <li>•No presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>•Se producen el paro de la producción por 1 hora con un costo de \$350.00.</li> <li>•El operario debe reparar parcial mente el estado de la malla o cambiarla con un costo de \$80.</li> </ul>	Operacional	3 veces al año

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Empresa: Vitecal			Área: Trituración final	Realizado por: Jean Montesdeoca	Revisado por: Ing. César Gallegos			Hoja:1
			Sistema:	Transportador de material 04	Fecha:25/04/2022			De:6
Parte	N°	Función	Falla funcional	Modo de falla/ (causa)		Efecto de la falla	Consecuencias	Pro. de fallo
Motor eléctrico 01	1	Transformar la energía eléctrica en energía mecánica para tener en su eje de salida una velocidad angular de 1800 rpm, Voltaje de 220 V y Corriente de 11A.	A Incapaz de proveer velocidad angular de 1800 rpm,	1	Condensador de arranque dañado por sobrecarga	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: El motor no genera movimiento y se escucha un zumbido en su interior elevando la intensidad.</li> <li>•No Presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>• Se produce un paro de la producción de 1 horas con un costo de \$350.</li> <li>• Se requiere cambiar en condensador de 50 uF.</li> </ul>	Operacional	1 veces año
				2	Platinera de conexión no permiten el paso de corriente por presencia de herrumbre	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: El motor eléctrico no genera movimiento se evidencia la presencia de herrumbre en la superficie de la platinera, provocándose un mal contacto.</li> <li>• No presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>• Se produce un paro de la producción de 30 minutos con un coste de \$175.</li> <li>•Se debe cambiar la bornera.</li> </ul>	Operacional	1 veces año

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Empresa: Vitecal			Área: Trituración final	Realizado por: Jean Montesdeoca	Revisado por: Ing. César Gallegos	Hoja:2		
			Sistema:	Trasportador de material 04	Fecha:25/04/2022	De:6		
Parte	N°	Función	Falla funcional	Modo de falla/ (causa)	Efecto de la falla	Consecuencias	Pro. de fallo	
Motor eléctrico 01	1	Transformar la energía eléctrica en energía mecánica para tener en su eje de salida una velocidad angular de 1800 rpm, Voltaje de 220 V y Corriente de 11A.	A	3	Cortocircuito en las conexiones del motor por sobre corriente	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: El breaker salta e impide el paso de corriente encendiendo la lampara roja del panel de control.</li> <li>No presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>Se produce un paro de la producción de 30 minutos con un coste de \$175.</li> <li>Se debe revisar las conexiones del motor e identificar los conductores quemados y remplazarlos.</li> </ul>	Operacional	1 vez año
				4	Rodamientos desgastados por deterioro	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: Incremento de temperatura, ruido y vibraciones anormales.</li> <li>No se presenta amenazas a la seguridad ni al medio ambiente.</li> <li>Se produce un paro de la producción de 1 hora con un coste de \$350.</li> <li>Se debe cambiar los rodamientos.</li> </ul>	Operacional	1 vez año
				5	Interruptor centrifugo defectuoso por deterioro	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: El motor arranca y saca chispas en su interior el interruptor centrifugo por efecto de la rotación tiende a despegarse y a conectarse intermitentemente.</li> <li>No se presenta amenazas a la seguridad ni al medio ambiente.</li> <li>Se produce un paro de la producción de horas con un coste de \$700</li> <li>Se debe limpiar el interruptor centrifugo o hacer el cambio.</li> </ul>	Operacional	1 vez año
Reductor de velocidad 01	2	Reducir la velocidad provista por el eje del motor de 1800 RPM a 180 RPM	A	1	Rodamientos desgastados	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: El reductor de velocidad genera un ruido y vibraciones anormales en su funcionamiento.</li> <li>No se presenta amenazas a la seguridad ni al medio ambiente.</li> <li>Se produce un paro de la producción de 2 horas con un coste de \$700•Se debe hacer el cambio de rodamientos.</li> </ul>	Operacional	1 vez año

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Empresa: Vitecal			Área: Trituración final	Realizado por: Jean Montesdeoca	Revisado por: Ing. César Gallegos	Hoja:3			
			Sistema:	Trasportador de material 04	Fecha:25/04/2022	De:6			
Parte funcional	N°	Función	Falla funcional	Modo de falla/ (causa)	Efecto de la falla	Consecuencias	Pro. de fallo		
Reductor de velocidad 01	2	Reducir la velocidad provista por el eje del motor de 1800 RPM a 180 RPM	A	Incapaz de reducir la velocidad del motor eléctrico.	2	Engranajes desgastados por lubricación deficiente	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: Puede evidenciarse la presencia de ruido y vibraciones, e incluso en casos extremos se puede paralizar la máquina.</li> <li>•No se presentan amenazas a la seguridad ni al medio ambiente.</li> <li>•Se produce un paro de la producción de 1 hora con un coste de \$350.</li> <li>•Se debe cambiar el reductor de velocidad a un coste de \$200.</li> </ul>	Operacional	1 vez año
					3	Falta de lubricante por retenedores desgastados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evidencias del fallo: Se observa el aceite desparramado por el cuerpo del reductor.</li> <li>•No se presentan amenazas a la seguridad ni al medio ambiente.</li> <li>•Se produce un paro de la producción de 1 hora con un coste de \$350.</li> <li>•Se debe cambiar los retenedores del reductor.</li> </ul>	Operacional	1 vez año
Transmisión por banda 01	3	Transmitir movimiento a una velocidad de 1800 rpm desde el motor con una relación de transmisión de 2,5:1	A	Transmitir movimiento menor a 1745 rpm	1	Banda floja por falta de tensado	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: fuerte chillido y altas vibraciones en el sistema.</li> <li>•No Presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>•Se producen un paro de la producción por 30 min que ocasiona pérdidas de \$175.</li> <li>•No existe daños físicos ocasionados por la falla.</li> <li>•Se requiere hacer un tensado de la correa y limpieza de las poleas.</li> </ul>	Operacional	1 vez año

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022.

Empresa: Vitocal			Área: Trituración final	Realizado por: Jean Montesdeoca	Revisado por: Ing. César Gallegos		Hoja:4	
			Sistema:	Trasportador de material 04	Fecha:25/04/2022		De:6	
Parte	Nº	Función	Falla funcional	Modo de falla/ (causa)		Efecto de la falla	Consecuencias	Pro. de fallo
Transmisión por banda 01	3	Transmitir movimiento a una velocidad de 1745 rpm desde el motor con una relación de transmisión de 2,5:1	A No transmitir movimiento	1	Polea rota por desgaste	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: Ruido y vibración anormal.</li> <li>•No Presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>•Se producen el paro de la producción por 1 hora y tiene un costo de \$350.</li> <li>•No existe daños físicos ocasionados por la falla.</li> <li>•Se requiere cambiar la polea de transmisión tomando un tiempo de 1 hora con un costo de \$32.00.</li> </ul>	Operacional	1 vez año
				2	Banda de transmisión rota por fatiga	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: El sistema se detiene completamente.</li> <li>•No Presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>•Se producen el paro de la producción por 1 hora con un costo de \$350.00.</li> <li>•Se requiere cambiar de banda de transmisión en un tiempo de 1 hora con un costo de \$32.00.</li> </ul>	Operacional	1 vez año
Banda trasportadora 01	4	Trasportar 2 toneladas / hora de materia prima hacia la tolva principal del molino de martillos del área de molienda 01	A Incapaz de trasportar 2 toneladas / hora de materia prima hacia la tolva principal del molino de martillos del área de molienda 01	1	Banda trasportadora elongada	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: La banda se sale del bastidor provocando la caída del material.</li> <li>•No Presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>•Se producen un paro de la producción por 3 horas ocasionando una pérdida de \$1050.</li> <li>•No existe daños físicos ocasionados por la falla.</li> <li>•Se requiere cambiar las grapas de la banda con un costo de \$40 por grapa.</li> </ul>	Operacional	1 vez año
				2	Banda trasportadora rota	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: Es incapaz de trasportar el material, se puede observar roturas grandes en la banda trasportadora.</li> <li>•No Presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>•Se producen el paro de la producción por 18 horas y tiene un costo de \$6300.</li> <li>•Se requiere cambiar de banda trasportadora con un costo de \$1200.</li> </ul>	Operacional	1 vez / 2 años

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Empresa: Vitocal		Área: Trituración final		Realizado por: Jean Montesdeoca		Revisado por: Ing. César Gallegos		Hoja 5	
		Sistema:		Trasportador de material 04		Fecha:25/04/2022		De:6	
Parte funcional	N°	Función	Falla funcional	Modo de falla/ (causa)		Efecto de la falla	Consecuencias	Pro. de fallo	
Transmisión por cadena 01	5	Transmitir movimiento a una velocidad de desde el reductor por medio de una cadena y piñones hacia el cilindro accionador	B	No transmitir movimiento al cilindro accionador del sistema	1	Rotura de cadena por fatiga	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: La banda trasportadora se detiene completamente.</li> <li>No presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>Se producen el paro de la producción por 1 hora con un costo de \$125.00.</li> <li>Se requiere cambiar los eslabones de la cadena.</li> </ul>	Operacional	1 vez año
					2	Desgaste de los piñones por fatiga	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: La banda trasportadora se detiene atascando provocando ruido y derrame del material.</li> <li>No presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>Se producen el paro de la producción por 1 hora con un costo de \$125.00.</li> <li>Se requiere cambiar el piñón.</li> </ul>		
Tambor accionador 01	6	Desplazar la banda trasportadora de forma centrada	A	No desplazar la banda trasportadora de forma centrada	1	Desgaste de las platinas del tambor accionador	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: La banda trasportadora se detiene provocando ruido y derrame del material.</li> <li>No presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>Se producen el paro de la producción por 8 horas con un costo de \$2800.</li> <li>Se requiere cambiar las platinas ¼ de pulgada del tambor accionador.</li> </ul>	Operacional	1 vez año

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022}

Empresa: Vitocal			Área: Trituración final		Realizado por: Jean Montesdeoca		Revisado por: Ing. César Gallegos		Hoja:6	
			Sistema:		Trasportador de material 04		Fecha:25/04/2022		De:6	
Parte funcional	N°	Función	Falla funcional		Modo de falla/ (causa)		Efecto de la falla		Consecuencias	
Bastidor 01	7	Soportar todos los elementos necesarios de accionamiento, soporte y mantenimiento de la cinta transportadora.	A	Incapaz de soportar los elementos necesarios de accionamiento y mantenimiento de la cinta transportadora	1	Bastidor agrietado por altas vibraciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: se observan grietas en el bastidor producto de la vibración.</li> <li>No presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>Se pierde producción por 1 hora con un costo de \$350.00.</li> <li>Se requiere soldar el bastidor con 7018.</li> </ul>		Operacional	1 vez año
					2	Rodillos del bastidor deteriorados por desgaste	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: La banda transportadora se detiene atascando provocando ruido y derrame del material.</li> <li>No presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>Se producen el paro de la producción por 1 hora con un costo de \$350.00.</li> <li>Se requiere cambiar el rodillo con 40 cm de varilla de 12 un rodamiento y un tubo de ½”.</li> </ul>		Operacional	1 vez año
Tablero eléctrico 01	8	Dar protección contra los cortocircuitos y sobre tensiones a los motores eléctricos del sistema	A	Incapaz de proporcionar protección a los motores eléctricos del sistema	1	Sobre calentamiento por presencia de polvo provoca mala conexión	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: se observa el tablero eléctrico completamente lleno de polvo.</li> <li>No presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>Se pierde producción por 30 min con un costo de \$175.00.</li> <li>Se requiere limpiar el tablero eléctrico.</li> </ul>		Operacional	1 vez / 2 años
					2	Sobrecalentamiento en terminales de contactores eléctricos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: Se observa una quemadura en el inicio del terminal del contactor.</li> <li>No presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>Se pierde producción por 30 min con un costo de \$175.00.</li> <li>Se requiere cambiar o ajustar las terminales del contactor.</li> </ul>		Operacional	1 vez / 2 años

Realizado por: Montesdeoca,2022

Empresa: Vitecal			Área:	Realizado por: Jean Montesdeoca	Revisado por: Ing. César Gallegos	Hoja:1			
			Sistema: RX01	Retroexcavadora	Fecha:25/04/2022	De:6			
Parte funcional	N°	Función	Falla funcional	Modo de falla/ (causa)	Efecto de la falla	Consecuencias	Pro. de fallo		
Motor	1	Transferir 400kW de potencia en hasta 1500rpm	A	Inhabilidad para transmitir potencia.	1	Motor no arranca por relé del solenoide de arranque quemado por sobreintensidad de arranque	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: se escucha el salto del relé R5, y no arranca el motor, no hay presencia de energía para el arranque.</li> <li>•No Presenta amenazas a la seguridad y medio ambiente.</li> <li>•Afecta a la producción con una pérdida de \$150 por media hora de paro.</li> <li>•Se requiere cambiar el relé R5, en un tiempo de 30 min.</li> </ul>	Operacional	1 vez año
			B	Transferir menos de 400kW de potencia que no permite llegar más de 1500rpm	1	Pérdida de potencia por obstrucción en el filtro de aire.	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: existe un desequilibrio en el aire que ingresa al motor y no hay la potencia necesaria para el movimiento requerido.</li> <li>•No Presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>•Genera una pérdida de producción de \$ 75 por 15 min de paro del equipo.</li> <li>•No existe daños físicos ocasionados por la falla.</li> <li>•Se requiere cambiar el filtro de aire en la admisión.</li> </ul>	Operacional	1 veces año
					2	Perdida de potencia por inyector mal calibrado.	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: no hay presión en el indicador de presión. Y arroja un error en la computadora P015.</li> <li>•No Presenta amenazas a la seguridad y medio ambiente.</li> <li>•Afectaciones a la producción, por 2 horas de paro de \$600.</li> <li>•No existe daños físicos ocasionados por la falla.</li> <li>•Se requiere calibrar el inyector por medio de scanner y computadora.</li> </ul>	Operacional	1 vez año
					3	Perdida de potencia por filtro de aceite obstruido	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: ruido muy fuerte y baja presión de aceite. Puede desbielarse el motor.</li> <li>•Presenta amenazas a la seguridad y medio ambiente, puede salir volando sus partes móviles.</li> <li>•Afecta a la producción y por dos horas de paro ocasionan pérdidas hasta de \$600.</li> <li>•Puede romper el motor y sus partes móviles.</li> <li>•Se requiere cambiar aceite y filtro.</li> </ul>	Operacional	2 veces año

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Empresa: Vitecal			Área:		Realizado por: Jean Montesdeoca		Revisado por: Ing. César Gallegos		Hoja:2	
			Sistema: RX01		Retroexcavadora		Fecha:25/04/2022		De:6	
Parte funcional	Nº	Función	Falla funcional		Modo de falla/ (causa)		Efecto de la falla		Consecuencias	Pro. de fallo
Motor	1	Trabajar a una temperatura no mayor a 45°C	B	Trabaja a temperaturas mayores de 45°C	4	Sobre calentamiento por perdida de características de refrigerante	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: se observa en el tablero que sube la temperatura</li> <li>•No Presenta amenazas a la seguridad y medio ambiente.</li> <li>•Afecta a la producción con una pérdida de \$600 por dos horas de paro.</li> <li>• Se requiere cambiar el refrigerante 17,5 litros de ASTM D6210.</li> </ul>		Operacional	1 vez año
Sistema de combustible	2	Transferir combustible desde el tanque de combustible por medio de la bomba a una relación de 1 litro por minuto	A	No hay transferencia de combustible	1	Rotura de cañerías por desgaste	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: se ahoga la retroexcavadora, y se ve una fuga de combustible, por cañería rota.</li> <li>•No Presenta amenazas a la seguridad, puede contaminar el medio ambiente en menor proporción.</li> <li>•Afecta a la producción con una pérdida de \$300 por una hora de paro</li> <li>•Se requiere cambiar la cañería.</li> </ul>		Operacional	1 vez año
			B	La bomba de combustible no inyecta Diesel	1	No hay presencia de combustible por obstrucción en el filtro de combustible	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: la retroexcavadora se ahoga, hay una alarma por sobrepresión, y no hay fuga de combustible.</li> <li>•No Presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>•Genera una pérdida de producción de \$ 300 por una hora de paro.</li> <li>•No existe daños físicos ocasionados por la falla.</li> <li>•Se requiere cambiar el filtro de combustible.</li> </ul>		Operacional	1 veces año
					2	Bomba de combustible obstruida por corrosión interna por la presencia de agua en el combustible	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: aparece una alarma por falta de combustible, y no arranca el motor, por falta de presión de combustible.</li> <li>•No Presenta amenazas a la seguridad y medio ambiente.</li> <li>•Afectaciones a la producción, por 5 horas de paro de \$1500.</li> <li>•No existe daños físicos ocasionados por la falla.</li> <li>• Se requiere reparar la bomba de combustible.</li> </ul>		Operacional	1 vez por año

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Empresa: Vitecal		Área:	Realizado por: Jean Montesdeoca	Revisado por: Ing. César Gallegos	Hoja:3				
Parte funcional	N°	Función	Falla funcional	Modo de falla/ (causa)	Efecto de la falla	Consecuencias	Pro. de fallo		
Sistema de transmisión de potencia	3	Transmitir movimiento de la maquinaria hasta 40km/h	A	Transmite movimiento menor a 40 km/h	1	Filtro de aceite bloqueado por aceite con partículas de suciedad	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: la retroexcavadora no se mueve a la velocidad recomendada.</li> <li>No Presenta amenazas a la seguridad y medio ambiente.</li> <li>Afecta a la producción con una pérdida de \$300 por una hora de paro.</li> <li>se requiere cambiar el aceite y filtro de la transmisión.</li> </ul>	Operacional	1 vez año
			B	El diferencial en los puentes se ha limitado para moverse	1	Aceite de diferencial con presencia de partículas de suciedad	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: el diferencial se limita a moverse.</li> <li>No Presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>Genera una pérdida de producción de \$ 350 por una hora de paro.</li> <li>No existe daños físicos ocasionados por la falla.</li> <li>Se requiere cambiar el aceite 15,5 litros 10W, EL4117 del puente.</li> </ul>	Operacional	1 vez año
Sistema de transmisión frontal	4	Transmitir movimiento hacia el alternador	A	No transmitir movimiento	1	Tensión de la banda de transmisión excesivo lo que hace que la polea no mueva	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: no hay movimiento del sistema, ruido extraño.</li> <li>No Presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>Genera una pérdida de producción de \$ 150 por 30 min de paro del equipo.</li> <li>No existe daños físicos ocasionados por la falla.</li> <li>Se requiere verificar la alineación de las caras de la polea y el tensado de la banda y aflojar para que pueda existir movimiento.</li> </ul>	Operacional	1 vez año
					2	Rotura de banda por desgaste	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias del fallo: no hay energía, no se alimenta el alternador y no hay movimiento.</li> <li>No Presenta amenazas a la seguridad y medio ambiente.</li> <li>Afecta a la producción y por una hora de paro ocasionan perdidas hasta de \$300.</li> <li>No afecta otros componentes.</li> <li>Se requiere cambiar de banda de transmisión.</li> </ul>	Operacional	1 vez año

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Empresa: Vitecal			Área:	Realizado por: Jean Montesdeoca	Revisado por: Ing. César Gallegos	Hoja:4			
			Sistema: RX01	Retroexcavadora	Fecha:25/04/2022	De:6			
Parte funcional	N°	Función	Falla funcional	Modo de falla/ (causa)	Efecto de la falla	Consecuencias	Pro. de fallo		
Sistema hidráulico	5	Generar una presión de 200 a 250 bar (operación normal)	A	Generar una presión menor a 200 bar (operación lenta)	1	Aceite lubricante degradado, con pérdida de aditivos y contaminación de este	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: se chequea el aceite y se observa que ha perdido su viscosidad y consistencia.</li> <li>•No Presenta amenazas a la seguridad y medio ambiente.</li> <li>•Afecta a la producción con una pérdida de \$300 por una hora de paro.</li> <li>•Se requiere cambiar 130 litros de aceite ISO VG32, y filtro en un costo de \$150.</li> </ul>	Operacional	1 vez año
					2	Fuga externa de aceite en cilindros por retenedores cristalizados por la alta temperatura de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: la maquinaria se limita a moverse y se observa fugas en los cilindros y acoples.</li> <li>•No Presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>•Genera una pérdida de producción de \$ 600 por dos horas de paro</li> <li>•No existe daños físicos ocasionados por la falla.</li> <li>•Se requiere cambiar de retenedores de los cilindros y juntas de las mangueras.</li> </ul>	Operacional	1 vez año
					3	Ruido por aireación, por formación de burbujas de aire en el sistema hidráulico, al comprimirse se calienta e las mangueras y acoples implosionan	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: no hay movimiento del sistema, ruido extraño</li> <li>•No Presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>•Genera una pérdida de producción de \$ 150 por 30 min de paro del equipo.</li> <li>•No existe daños físicos ocasionados por la falla</li> <li>•Se requiere hacer un cambio de mangueras acople y junta, y se recomienda purgar el aire cada día.</li> </ul>	Operacional	1 vez año
					4	Ruido de metal contra metal, por cavitación, hay formación de lodo y barniz por oxidación en juntas debido al aceite degradado. (daños en la bomba)	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: se escucha ruido de metal contra metal, se ve formación de lodo en los conductos hidráulicos.</li> <li>•No Presenta amenazas a la seguridad y medio ambiente.</li> <li>•Afecta a la producción y por una hora de paro ocasionan pérdidas hasta de \$300 por hora de paro.</li> <li>•No afecta otros componentes.</li> <li>•Se requiere realizar una reparación de los retenedores de la bomba hidráulica.</li> </ul>	Operacional	1 vez año

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Empresa: Vitecal			Área:	Realizado por: Jean Montesdeoca	Revisado por: Ing. César Gallegos	Hoja:5			
			Sistema: RX01	Retroexcavadora	Fecha:25/04/2022	De:6			
Parte funcional	N°	Función	Falla funcional	Modo de falla/ (causa)	Efecto de la falla	Consecuencias	Pro. de fallo		
Sistema Eléctrico	6	Permitir el paso de electricidad para el buen uso de la retroexcavadora	A	No hay electricidad en el switch de arranque R1	1	Relé pasmado por presencia de agua	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: la retroexcavadora no arranca, y existe un sonido debajo de la tapa A.</li> <li>•No Presenta amenazas a la seguridad y medio ambiente.</li> <li>•Afecta a la producción con una pérdida de \$300 por una hora de paro.</li> <li>•Se requiere cambiar el relé R1 de ignición 1.</li> </ul>	Operacional	1 vez año
			B	No se prenden las luces de trabajo	1	Relé de luces quemados por cables pelados en contacto con el chasis.	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: no se enciende ninguna luz.</li> <li>•No Presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>•Genera una pérdida de producción de \$ 300 por una hora de paro.</li> <li>•No existe daños físicos ocasionados por la falla.</li> <li>•Se requiere cambiar el relé de las diferentes luces.</li> </ul>	Operacional	1 vez año
			C	No hay presencia de energía eléctrica	1	Batería en mal estado de carga por falta de electrolito	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: no hay presencia de energía eléctrica al momento del arranque, y ruido extraño.</li> <li>•No Presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>•Genera una pérdida de producción de \$ 150 por 30 min de paro del equipo.</li> <li>•No existe daños físicos ocasionados por la falla.</li> <li>•Se requiere comprobar el nivel de líquido electrolito, y completar hasta medio litro, en caso de que no funcione cambiar de batería.</li> </ul>	Operacional	1 vez año
					2	Batería sulfatada en los terminales, y mal apriete	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: no hay presencia de energía eléctrica al momento del arranque, y ruido extraño.</li> <li>•No Presenta amenazas a la seguridad ni medio ambiente.</li> <li>•Genera una pérdida de producción de \$ 150 por 30 min de paro del equipo.</li> <li>•No existe daños físicos ocasionados por la falla.</li> <li>•Se requiere limpiar los bornes de la batería, con aditivos que quiten el sulfato.</li> </ul>	Operacional	1 vez año

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Empresa: Vitecal		Área:	Realizado por: Jean Montesdeoca	Revisado por: Ing. César Gallegos			Hoja:6		
		Sistema: RX01	Retroexcavadora	Fecha:25/04/2022			De:6		
Parte funcional	N°	Función	Falla funcional	Modo de falla/ (causa)		Efecto de la falla	Consecuencias	Pro. de fallo	
Carrocería y cabina	7	Tener todos sus componentes con el movimiento adecuado, rápido y sin ruido.	A	Pala no se mueve con facilidad	1	Pala lenta por falta de engrase en el pasador	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: la retroexcavadora no mueve la pala con facilidad en su pasador.</li> <li>•No Presenta amenazas a la seguridad y medio ambiente.</li> <li>•Afecta a la producción con una pérdida de \$75 por quince min de paro</li> <li>•Se requiere realizar el engrase del pasador de la pala.</li> </ul>	Operacional	1 vez año
			B	Enganche de la cargadora lenta	1	El uso de la cargadora lenta por pasador reseco por falta de grasa	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: la retroexcavadora no levanta la carga con facilidad es muy lenta y hay un ruido molesto.</li> <li>•No Presenta amenazas a la seguridad y medio ambiente.</li> <li>•Afecta a la producción con una pérdida de \$75 por quince min de paro.</li> <li>•Se requiere realizar el engrase del pasador del enganche.</li> </ul>	Operacional	1 vez año
			C	El movimiento de la maquina es lento y ruidoso	1	Pasadores y bujes atrofiados y secos	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: existe fricción en los bujes se ven rescos y movimiento lento.</li> <li>•No Presenta amenazas a la seguridad y medio ambiente.</li> <li>•Afecta a la producción con una pérdida de \$300 por una hora de paro</li> <li>•Se requiere realizar el engrase todos los bujes y pasadores de la retroexcavadora.</li> </ul>	Operacional	1 vez año
			D	Balancines atrofiados inmóviles	1	Balancín reseco por falta de engrase	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evidencias del fallo: existe fricción en el balancín se ven rescos y movimiento lento.</li> <li>•No Presenta amenazas a la seguridad y medio ambiente.</li> <li>•Afecta a la producción con una pérdida de \$300 por una hora de paro.</li> <li>•Se requiere realizar el engrase de todos balancines, de la retroexcavadora.</li> </ul>	Operacional	1 vez año

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

**ANEXO D: HOJAS DE DECISIÓN.**

Hoja de trabajo de decisión RCM			Sistema: Molienda 01							Área: Trituración inicial				Realizado por: J. Montesdeoca	Fecha: 13/05/2022	Hoja: 1
										Código del sistema: ML01				Revisado por: Ing. César Gallegos	Fecha: 13/05/2022	De: 3
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	Tareas "a falta de"			Tareas propuestas	Frecuencia inicial	A realizar por:	
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4				
1	A	1	S	N	S		N	N	S				Cambio del filtro de aire S1780-13450P.	1000 horas	Operador	
1	A	2	S	N	N	S	N	S					Se requiere realizar una limpieza de inyectores y toberas.	1200 horas	Técnico externo	
1	A	3	S	N	N	S	N	S					Calibración de válvulas.	1200 horas	Técnico externo	
1	A	4	S	N	S		N	S	S				Se requiere reparar el motor.	3000 horas	Técnico externo	
2	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de aceite, cuatro galones de 20w50 y filtro de aceite A – 3786SP.	250 horas	Operador	
2	A	2	S	N	S		N	N	S				Cambio de junta de culata 11115-2420.	2000 horas	Técnico mecánico	
2	A	3	S	N	N	S	N	S					Chequear el radiador que no tenga fugas.	5 horas	Operador	
2	A	4	S	N	N	S	N	S					Chequear el estado del ventilador.	5 horas	Operador	
3	A	1	S	N	N	S	N	S					Chequear los niveles de ácido de la batería y su voltaje.	100 horas	Operador	

**Realizado por:** Montesdeoca, J., 2022

Hoja de trabajo de decisión RCM			Sistema: Molienda 01							Área: Trituración inicial				Realizado por: J. Montesdeoca	Fecha: 13/05/2022	Hoja:2
			Código del sistema:ML01										Revisado por: Ing. César Gallegos	Fecha: 13/05/2022	De:3	
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	Tareas "a falta de"			Tareas propuestas	Frecuencia inicial	A realizar por:	
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4				
3	B	1	S	N	N	S	N	N	S				Se requiere el cambio de las escobillas del motor.	1500 horas	Técnico externo	
3	C	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de bujías	2000 horas	Técnico mecánico	
4	A	1	S	N	N	S	N	S					Se requiere purgar el filtro racor, y reparar la bomba.	10 horas	Técnico mecánico	
4	A	2	S	N	N	S	N	N	S				Cambio del filtro de combustible P5500881.	500 horas	Técnico mecánico	
5	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de lado de barrotes.	1000 horas	Técnico mecánico	
5	A	2	S	N	N	S	N	S					Revisión del estado y espesor de las placas de la armadura del molino 02.	10 horas	Técnico mecánico	
5	A	3	S	N	N	S	N	S					Balanceo del rotor del molino con placas de acero de 5mm de espesor.	100 horas	Operador	
5	A	4	S	N	N	S	N	S					Revisión del estado y apriete de los pernos de sujeción del molino al bastidor.	50 horas	Operador	
5	A	5	S	N	N	S	N	S					Revisión del estado del bastidor que soporta el molino en cuanto a fisuras, deformaciones o golpes.	5 horas	Operador	

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Hoja de trabajo de decisión RCM			Sistema: Molienda 01							Área: Trituración inicial				Realizado por: J. Montesdeoca	Fecha: 13/05/2022	Hoja:3
			Código del sistema:ML01													Revisado por: Ing. César Gallegos
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	Tareas "a falta de"				Tareas propuestas	Frecuencia inicial	A realizar por:
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4				
5	A	6	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de barrotos del molino.	2000 horas	Técnico mecánico	
5	A	7	S	N	N	S	N	S					Engrasar las chumaceras principales del molino 02.	10 horas	Operador	
6	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de rodamiento de embrague.	500 horas	Técnico mecánico	
6	A	2	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de plato de embrague.	500 horas	Técnico mecánico	
7	A	1	S	N	N	S	N	S					Cambiar lubricante de la caja de cambios del sistema.	1000 horas	Técnico mecánico	
7	A	2	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado.	Trabajar al fallo		
8	A	1	S	N	N	S	N	S					Revisión del sistema de transmisión por banda en cuanto a estado y tensado.	50 horas	Operador	
8	B	1	S	N	N	S	N	S					Engrasar las chumaceras del sistema de transmisión.	10 horas	Operador	
8	B	2	S	N	N	S	N	S	S				Cambio de bandas de transmisión.	2500 horas	Técnico mecánico	
9	A	1	S	N	N	S	N	S					Engrasar cruceta del cardan 02.	10 horas	Operador	

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Hoja de trabajo de decisión RCM			Sistema: Transportador de material 02							Área: Trituración final					Realizado por: J. Montesdeoca	Fecha: 13/05/2022	Hoja:1
			Código del sistema:TM02													Revisado por: Ing. César Gallegos	Fecha: 13/05/2022
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	Tareas "a falta de"			Tareas propuestas			Frecuencia inicial	A realizar por:
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4					
1	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar el condensador de 50 uf de arranque.			2000 horas	Técnico mecánico
1	A	2	S	N	N	S	N	S					Limpiar el motor eléctrico de la presencia de polvo.			50 horas	Técnico mecánico
1	A	3	S	N	N	S	N	S					Revisar el estado de los cables conductores del motor eléctrico.			100 horas	Técnico mecánico
1	A	4	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de rodamiento SKF 02165498.			2000 horas	Técnico mecánico
1	A	5	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado			Trabajo al fallo	
2	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de rodamientos SKF5525842.			2000 horas	Técnico mecánico
2	A	2	S	N	N	S	N	S					Lubricar reductores de velocidad.			1000 horas	Técnico mecánico
2	A	3	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado.			Trabajo al fallo	

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Hoja de trabajo de decisión RCM			Sistema: Transportador de material 02						Área: Trituración inicial						Realizado por: J. Montesdeoca		Fecha: 13/05/2022		Hoja:2	
			Código del sistema:TM02												Revisado por: Ing. César Gallegos		Fecha: 13/05/2022		De:2	
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	Tareas "a falta de"				Tareas propuestas			Frecuencia inicial		A realizar por:	
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4								
3	A	1	S	N	N	S	N	S					Revisión del sistema de transmisión por banda en cuanto a estado y tensado.			100 horas		Operario		
3	A	2	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar la polea.			1000 horas		Técnico mecánico		
3	A	3	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar la banda.			1000 horas		Técnico mecánico		
4	A	1	S	N	N	S	N	S					Revisión del estado de la banda de transmisión en cuanto a elongación y estado de grapas de sujeción.			50 horas		Operario		
4	A	2	S	N	N	S	N	N	S				Se requiere cambiar la banda transportadora.			2000 horas		Técnico mecánico		
5	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de cadena de transmisión.			1000 horas		Técnico mecánico		
5	A	2	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de catalinas.			1000 horas		Técnico mecánico		
6	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar las platinas de ¼ de pulgada del tambor accionador.			2500 horas		Operario		
7	A	1	S	N	N	S	N	S					Inspección del bastidor si esta agrietado usar electrodo 7018 para soldarlo.			50 horas		Operario		
7	A	2	S	N	N	S	N	N	S				Se requiere cambiar de rodillos de tubo de ½.			500 horas		Técnico mecánico		
8	A	1	S	N	N	S	N	S					Inspección de voltajes de tablero, y limpieza del tablero.			50 horas		Técnico mecánico		
8	A	2	N	N	N	S	N	S					Ajuste de contactos eléctricos.			100 horas		Técnico mecánico		

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Hoja de trabajo de decisión RCM			Sistema: Transportador de material 03							Área: Trituración final					Realizado por: J. Montesdeoca	Fecha: 13/05/2022	Hoja:1
			Código del sistema:TM03										Revisado por: Ing. César Gallegos	Fecha: 13/05/2022	De:2		
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	Tareas "a falta de"			Tareas propuestas			Frecuencia inicial	A realizar por:
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4					
1	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar el condensador de 50 uf de arranque.			2000 horas	Técnico mecánico
1	A	2	S	N	N	S	N	S					Limpiar el motor eléctrico de la presencia de polvo.			50 horas	Técnico mecánico
1	A	3	S	N	N	S	N	S					Revisar el estado de los cables conductores del motor eléctrico.			100 horas	Técnico mecánico
1	A	4	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de rodamiento SKF 02165498.			2000 horas	Técnico mecánico
1	A	5	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado.			Trabajo al fallo	Técnico mecánico
2	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de rodamientos SKF5525842.			2000 horas	Técnico mecánico
2	A	2	S	N	N	S	N	S					Lubricar reductores de velocidad con 1 litro de CLP – 47.			1000 horas	Técnico mecánico
2	A	3	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado.			Trabajo al fallo	Técnico mecánico

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Hoja de trabajo de decisión RCM			Sistema: Transportador de material 03						Área: Materia prima						Realizado por: J. Montesdeoca		Fecha: 13/05/2022		Hoja:2				
			Código del sistema:TM03												Revisado por: Ing. César Gallegos		Fecha: 13/05/2022		De:2				
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	Tareas "a falta de"				Tareas propuestas						Frecuencia inicial		A realizar por:	
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4											
3	A	1	S	N	N	S	N	S					Revisión del sistema de transmisión por banda en cuanto a estado y tensado.						100 horas		Operario		
3	A	2	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar la polea.						1500 horas		Técnico mecánico		
3	A	3	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar la banda.						1000 horas		Técnico mecánico		
4	A	1	S	N	N	S	N	S					Revisión del estado de la banda de transmisión en cuanto a elongación y estado de grapas de sujeción.						50 horas		Operario		
4	A	2	S	N	N	S	N	N	S				Se requiere cambiar la banda transportadora.						2000 horas		Técnico mecánico		
5	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de cadena.						1000 horas		Técnico mecánico		
5	A	2	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de catalina.						1000 horas		Técnico mecánico		
6	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar las platinas de ¼ de pulgada del tambor accionador.						2500 horas		Operario		
7	A	1	S	N	N	S	N	S					Inspección del bastidor si esta agrietado usar electrodo 7018 para soldarlo.						50 horas		Operario		
7	A	2	S	N	N	S	N	N	S				Se requiere cambiar de rodillos de tubo de ½.						500 horas		Técnico mecánico		
8	A	1	S	N	N	S	N	S					Inspección de voltajes de tablero, y limpieza del tablero.						50 horas		Técnico mecánico		
8	A	2	S	N	N	S	N	S					Ajuste de contactos eléctricos.						100 horas		Técnico mecánico		

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Hoja de trabajo de decisión RCM			Sistema: Criba 01										Área: clasificación			Realizado por: J. Montesdeoca	Fecha: 13/05/2022	Hoja:1
													Código del sistema:CR01			Revisado por: Ing. César Gallegos	Fecha: 13/05/2022	De:1
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	Tareas "a falta de"			Tareas propuestas			Frecuencia inicial	A realizar por:	
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4						
1	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar el condensador de 50 uf de arranque.			2000 horas	Técnico mecánico	
1	A	2	S	N	N	S	N	S					Limpiar el motor eléctrico de la presencia de polvo.			50 horas	Operador	
1	A	3	S	N	N	S	N	S					Revisar el estado de los cables conductores del motor eléctrico.			100 horas	Operador	
1	A	4	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de rodamiento SKF 02165498.			2000 horas	Técnico mecánico	
1	A	5	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado.			Trabajo al fallo	Técnico mecánico	
2	A	1	S	N	N	S	N	S					Engrasar chumaceras del sistema.			10 horas	Operador	
2	B	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar la polea.			1500 al fallo	Operador	
2	B	2	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar la banda.			1000 horas	Técnico mecánico	
3	A	1	S	N	N	S	N	S					Inspección del bastidor si esta agrietado usar electrodo 7018 para soldarlo.			50 horas	Operario	
4	A	1	S	N	N	S	N	S					Inspección de estado de mallas.			10 horas	Operario	

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Hoja de trabajo de decisión RCM			Sistema: Transportador de material 04						Área: Trituración final						Realizado por: J. Montesdeoca		Fecha: 13/05/2022		Hoja:1	
			Código del sistema:TM04												Revisado por: Ing. César Gallegos		Fecha: 13/05/2022		De:2	
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	Tareas "a falta de"				Tareas propuestas			Frecuencia inicial		A realizar por:	
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4								
1	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar el condensador de 50 uf de arranque.			2000 horas		Técnico mecánico		
1	A	2	S	N	N	S	N	S					Limpiar el motor eléctrico de la presencia de polvo.			50 horas		Técnico mecánico		
1	A	3	S	N	N	S	N	S					Revisar el estado de los cables conductores del motor eléctrico.			100 horas		Técnico mecánico		
1	A	4	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de rodamiento SKF 02165498.			2000 horas		Técnico mecánico		
1	A	5	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado.			Trabajo al fallo		Técnico mecánico		
2	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de rodamientos SKF5525842.			2000 horas		Técnico mecánico		
2	A	2	S	N	N	S	N	S					Lubricar reductores de velocidad.			1000 horas		Técnico mecánico		
2	A	3	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado.			Trabajo al fallo		Técnico mecánico		

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Hoja de trabajo de decisión RCM			Sistema: Transportador de material 04						Área: Trituración final						Realizado por: J. Montesdeoca		Fecha: 13/05/2022		Hoja:2	
			Código del sistema:TM04												Revisado por: Ing. César Gallegos		Fecha: 13/05/2022		De:2	
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	Tareas "a falta de"				Tareas propuestas			Frecuencia inicial		A realizar por:	
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4								
3	A	1	S	N	N	S	N	S					Revisión del sistema de transmisión por banda en cuanto a estado y tensado.			100 horas		Operario		
3	A	2	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar la polea.			1000 horas		Técnico mecánico		
3	A	3	S	N	N	S	N	N	S				Cambiar la banda.			1000 horas		Técnico mecánico		
4	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Revisión del estado de la banda transportadora en cuanto a elongación y estado de grapas de sujeción.			50 horas		Operario		
4	A	2	S	N	N	S	N	N	S				Se requiere cambiar la banda transportadora.			2000 horas		Técnico mecánico		
5	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de cadena.			1000 horas		Técnico mecánico		
5	A	2	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de catalina.			1000 horas		Técnico mecánico		
6	A	1	S	N	N	S	N	N	N				Cambiar las platinas de ¼ de pulgada del tambor accionador.			2500 horas		Operario		
7	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Inspección del bastidor si esta agrietado usar electrodo 7018 para soldarlo.			50 horas		Operario		
7	A	2	S	N	N	S	N	N	N				Se requiere cambiar de rodillos de tubo de ½.			500 horas		Técnico mecánico		
8	A	1	S	N	N	S	N	S					Inspección de voltajes de tablero, y limpieza del tablero.			50 horas		Técnico mecánico		
8	A	2	S	N	N	S	N	S					Ajuste de contactos eléctricos.			100 horas		Técnico mecánico		

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Hoja de trabajo de decisión RCM			Sistema: retroexcavadora JBC 4CX							Área: Producción de granalla mineral					Realizado por: J. Montesdeoca	Fecha: 13/05/2022	Hoja:1
			Subsistema:							Código del sistema:					Revisado por: Ing. César Gallegos	Fecha: 13/05/2022	De:3
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	Tareas "a falta de"				Tareas propuestas	Frecuencia inicial	A realizar por:	
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4					
1	A	1	S	N	N	S	N	N-	S-				Cambiar el relé número 5 del solenoide del motor de arranque, se requiere buscar en el cuadro eléctrico el relé N5.	1000 horas	Técnico mecánico		
1	B	1	S	N	N	S	N	N	S				Cambio de filtro de aire, destapar el depurador y realizar el, además se debe sopletear todo el contorno.	1000 horas	Técnico mecánico		
1	B	2	S	N	N	S	N	S					Comprobar ajuste de los soportes del motor.	50 horas	Técnico mecánico		
1	B	3	S	N	N	S	N	N	S				Se requiere realizar un cambio de aceite de 4 galones de SAE 10W40, ACEA E2/B2/A2, API CF-4/SJ.	250 horas	Técnico mecánico		
1	B	4	S	N	N	S	N	S					Revisión de niveles de refrigerante.	5 horas	Técnico mecánico		
2	A	1	S	N	N	S	N	S					Se requiere revisar los conductos del combustible, se debe verificar las fugas.	50 horas	Técnico mecánico		
2	B	1	S	N	N	S	N	N	S				Se requiere realizar un cambio del filtro de combustible JBC - 11525, y cambio de filtro de agua.	500 horas	Técnico mecánico		
2	B	2	S	N	N	S	N	S					Se requiere purgar el aire y agua antes de usar el equipo.	10 horas	Técnico mecánico		

Realizado por: J Montesdeoca, 2022

Hoja de trabajo de decisión RCM			Sistema: retroexcavadora JBC 4CX							Área: Producción de granalla mineral					Realizado por: J. Montesdeoca	Fecha: 13/05/2022	Hoja:2
			Subsistema:							Código del sistema:					Revisado por: Ing. César Gallegos	Fecha: 13/05/2022	De:3
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	Tareas "a falta de"				Tareas propuestas	Frecuencia inicial	A realizar por:	
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4					
3	A	1	S	N	N	S	N	N-	S-				Se requiere cambiar el aceite y filtro de la transmisión 16 litros de 10W, EL4117 SAE30, EL4118.	1000 horas	Técnico mecánico		
3	B	1	S	N	N	S	N	N	S				Se requiere cambiar el aceite de los puentes que es 18 litros de JCB HD90 GEAR OIL API-GL-4 / SAE 75W80.	1000 horas	Técnico mecánico		
4	A	1	S	N	N	S	N	S					Se requiere comprobar el ajuste de la banda que no sea 10% más que su elongación.	5 horas	Técnico mecánico		
4	A	2	S	N	N	S	N	N	S.				Se requiere cambiar la banda de accesorios.	1000 horas	Técnico mecánico		
5	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Se requiere cambiar 130 litros de aceite ISO VG32 y filtro del aceite del circuito hidráulico.	1500 horas	Técnico mecánico		
5	A	2	S	N	N	S	N	N	S				Se requiere cambiar los retenedores de los cilindros.	1500 horas	Técnico mecánico		
5	A	3	S	N	N	S	N	S					Revisar los niveles de aceite hidráulico.	10 horas	Técnico mecánico		
5	A	4	S	N	N	S	N	S					Se requiere comprobar el buen estado de las mangueras juntas y retenedores.	10 horas	Técnico mecánico		

Realizado por: J Montesdeoca, 2022

Hoja de trabajo de decisión RCM			Sistema: retroexcavadora JBC 4CX							Área: Producción de granalla mineral					Realizado por: J. Montesdeoca	Fecha: 13/05/2022	Hoja:3
			Subsistema:							Código del sistema:					Revisado por: Ing. César Gallegos	Fecha: 13/05/2022	De:3
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	Tareas "a falta de"				Tareas propuestas	Frecuencia inicial	A realizar por:	
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4					
6	A	1	S	N	N	S	N	N-	S-				Se requiere cambiar el relé en un tiempo de 15 min el R1.	1000 horas	Técnico mecánico		
6	B	1	S	N	N	S	N	S					Se requiere realizar una inspección de relés y fusibles de luces y otros accionamientos.	500 horas	Técnico mecánico		
6	C	1	S	N	N	S	N	S					Se requiere completar el líquido electrolito en la batería, y medir su voltaje.	100 horas	Técnico mecánico		
6	C	2	S	N	N	S	N	S					Se requiere comprobar el estado de la batería, limpiar sus bornes.	100 horas	Técnico mecánico		
7	A	1	S	N	N	S	N	S					Se requiere engrasar el pasador de la pala con 10 gramos en cada punto de grasa NLGI complejo de litio consistencia N2, con aditivos para presiones extremas.	5 horas	Técnico mecánico		
7	B	1	S	N	N	S	N	S					Se requiere engrasar el pasador de la pala con 10 gramos en cada punto de grasa NLGI complejo de litio consistencia N2, con aditivos para presiones extremas.	10 horas	Técnico mecánico		
7	C	1	S	N	N	S	N	S	-				Se requiere engrasar todos los bujes y pasadores con 10 gramos en cada punto de grasa NLGI complejo de litio consistencia N2, con aditivos para presiones extremas.	10 horas	Técnico mecánico		
7	D	1	S	N	N	S	N	S					Se requiere engrasar los balancines con 10 gramos en cada punto de grasa NLGI complejo de litio consistencia N2, con aditivos para presiones extremas.	10 horas	Técnico mecánico		

Realizado por: J Montesdeoca, 2022

**ANEXO E: MATRIZ DE MANTENIMIENTO.**

Sistema	Mod F	Tarea de mantenimiento	Horas trabajadas	Días	Semanas	Frecuencia	1 intervención	2 intervención	3 intervención	Intervenciones anuales
<b>ML02</b>	<b>5 A 3</b>	Balaceo de rotor del molino	25	28	4	100	4/1/2022	1/2/2022	1/3/2022	13
	<b>5 A 4</b>	Revisión del estado y apriete de los pernos de sujeción del molino al bastidor	25	14	2	50	4/1/2022	18/1/2022	1/2/2022	13
	<b>5 A 5</b>	Revisión del estado del bastidor	25	1	0	5	3/1/2022	4/1/2022	5/1/2022	260
	<b>5 A 6</b>	Cambio de barrotos del molino	25	154	22	550	20/2/2022	24/7/2022	25/12/2022	3
	<b>5 A 7</b>	Engrasar las chumaceras principales del molino con 100 gramos en cada punto de grasa NLGI complejo de litio consistencia N2	25	2	0	10	3/1/2022	5/1/2022	8/1/2022	104
	<b>6 A 1</b>	Cambio de rodamiento de embrague	25	140	20	500	10/3/2022	28/7/2022	15/12/2022	3
	<b>6 A 2</b>	Cambio de plato de embrague	25	140	20	500	10/3/2022	28/7/2022	15/12/2022	3
	<b>7 A 1</b>	Cambiar 2 galones de lubricante 75 W 90 de la caja de cambios del sistema	25	280	40	1000	3/1/2022	10/10/2022	17/7/2023	2
	<b>8 A 1</b>	Revisión del sistema de transmisión por banda en cuanto a estado y tensado	25	14	2	50	3/1/2022	17/1/2022	31/1/2022	26
	<b>8 B 1</b>	Engrasar las chumaceras del sistema de transmisión con 100 gramos en cada punto de grasa NLGI complejo de litio consistencia N2	25	2	0	10	3/1/2022	5/1/2022	8/1/2022	104
	<b>8 B 2</b>	Cambio de bandas de transmisión	25	700	100	2500	3/12/2020	3/11/2022	3/10/2024	1
	<b>9 A 1</b>	Engrasar cruceta del cardan con 10 gramos en cada punto de grasa NLGI complejo de litio consistencia N2	25	2	0	10	3/1/2022	5/1/2022	8/1/2022	104
<b>BT01</b>	<b>1 A 1</b>	Revisión del estado de la tolva en cuanto al desgaste abrasivo	25	14	2	50	3/1/2022	17/1/2022	31/1/2022	26
	<b>1 B 1</b>	Revisión del estado de la boca de la tolva	25	14	2	50	3/1/2022	17/1/2022	31/1/2022	26

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Sistema	Mod F	Tarea de mantenimiento	Horas trabajadas	Días	Semana	Frecuencia	1 intervención	2 intervención	3 intervención	Intervenciones anuales
TM01	2 A 1	Cambiar el condensador de 50 uf de arranque	25	560	80	2000	20/7/2020	31/1/2022	14/8/2023	1
	2 A 2	Limpiar el motor eléctrico de la presencia de polvo	25	14	2	50	12/1/2022	26/1/2022	9/2/2022	26
	2 A 3	Revisar el estado de los cables conductores del motor eléctrico	25	28	4	100	12/1/2022	9/2/2022	9/3/2022	13
	2 A 4	Cambio de rodamiento SKF 02165498	25	560	80	2000	21/10/2020	4/5/2022	15/11/2023	1
	3 A 1	Cambio de rodamientos SKF5525842	25	560	80	2000	5/4/2021	17/10/2022	29/4/2024	1
	3 A 2	Lubricar reductores de velocidad con 1 litro de aceite ISO 460	25	280	40	1000	3/1/2022	10/10/2022	17/7/2023	1
	4 A 1	Tensado del sistema de transmisión por banda	25	28	4	100	10/1/2022	7/2/2022	7/3/2022	13
	4 A 2	Cambiar la polea del sistema de transmisión por banda	25	420	60	1500	3/2/2022	30/03/2023	23/5/2024	1
	4 A 3	Cambiar la banda de transmisión	25	280	40	1000	4/3/2022	9/12/2022	15/9/2023	2
	5 A 1	Revisión del estado de la banda transportadora en cuanto a elongación y estado de grapas de sujeción	25	14	2	50	3/1/2022	17/1/2022	31/1/2022	26
	5 A 2	Se requiere cambiar la banda transportadora	25	560	80	2000	6/2/2022	20/8/2023	2/3/2025	1
	6 A 1	Cambio de cadena de transmisión	25	280	40	1000	3/2/2022	10/11/2022	17/8/2023	2
6 A 2	Cambio de catalina	25	280	40	1000	3/2/2022	10/11/2022	17/8/2023	2	

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Sistema	Mod F	Tarea de mantenimiento	Horas trabajadas	Días	Semana	Frecuencia	1 intervención	2 intervención	3 intervención	Intervenciones anuales
TM01	7 A 1	Cambiar las platinas de ¼ de pulgada del tambor accionador	25	560	80	2000	3/1/2022	17/7/2023	27/1/2025	1
	8 A 1	Inspección del bastidor si esta agrietado usar electrodo 7018 para soldarlo	25	14	2	50	5/1/2022	19/1/2022	2/2/2022	26
	8 A 2	Se requiere cambiar de rodillos de tubo de ½ pulgada	25	140	20	500	20/12/2021	9/5/2022	26/9/2022	3
	9 A 1	Inspección de voltajes de tablero, y limpieza del tablero	25	14	2	50	5/1/2022	19/1/2022	2/2/2022	26
	9 A 2	Ajuste de contactos eléctricos	25	28	4	100	10/1/2022	7/2/2022	7/3/2022	13
ML01	1 A 1	Cambio de filtro de aire S1780-13450P	25	280	40	1000	9/1/2022	16/10/2022	12/11/2023	2
	1 A 2	Limpieza de inyectores	25	336	48	1200	22/5/2021	23/4/2022	25/3/2023	1
	1 A 3	Calibración de válvulas	25	336	48	1200	22/5/2021	23/4/2022	25/3/2023	1
	1 A 4	Reparación de motor	25	840	120	3000	11/7/2020	29/10/2022	15/2/2025	1
	2 A 1	Cambio de 4 galones de aceite 25 W 60 y filtro de aceite A- 3786SP	25	70	10	250	3/1/2022	14/3/2022	23/5/2022	6
	2 A 2	Cambio de junta de culata	25	560	80	2000	20/11/2020	3/6/2022	15/12/2023	1
	2 A 3	Revisión del estado del radiador y nivel de agua	25	1	0	5	3/1/2022	4/1/2022	5/1/2022	260
	2 A 4	Revisión del estado del ventilador	25	1	0	5	3/1/2022	4/1/2022	5/1/2022	260
	3 A 1	Chequear los niveles de ácido de la batería y su voltaje	25	28	4	100	3/1/2022	31/1/2022	28/2/2022	13

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Sistema	Mod F	Tarea de mantenimiento	Horas trabajadas	Días	Semana	Frecuencia	1 intervención	2 intervención	3 intervención	Intervenciones anuales
ML01	3 B 1	Cambio de escobillas del motor de arranque	25	420	60	1500	15/4/2021	9/6/2022	3/8/2023	1
	3 C 1	Cambio de bujías	25	560	80	2000	1/3/2022	12/9/2023	25/3/2025	1
	4 A 1	Se requiere purgar el filtro racor de la bomba de inyección	25	2	0	10	3/1/2022	5/1/2022	8/1/2022	104
	4 A 2	Cambio del filtro de combustible P5500881	25	140	20	500	3/1/2022	23/5/2022	10/10/2022	3
	5 A 1	Cambio de barrotos del molino	25	280	40	1000	1/1/2022	8/10/2022	15/7/2023	2
	5 A 2	Revisión del estado y espesor de las placas de la armadura del molino	25	2,8	0	10	11/1/1900	13/1/1900	16/1/1900	104
	5 A 3	Balanceo del rotor del molino	25	28	4	100	20/1/2022	17/2/2022	17/3/2022	13
	5 A 4	Revisión del estado y apriete de los pernos de sujeción del molino al bastidor	25	14	2	50	4/1/2022	18/1/2022	1/2/2022	13
	5 A 5	Revisión del estado del bastidor	25	1,4	0	5	3/1/2022	4/1/2022	5/1/2022	260
	5 A 6	Cambio de rodamiento principal del molino	25	560	80	2000	18/6/2021	30/12/2022	12/7/2024	1
	5 A 7	Engrasar las chumaceras principales del molino con 100 gramos en cada punto de grasa NLGI complejo de litio consistencia N2	25	2	0	10	3/1/2022	5/1/2022	8/1/2022	104
	6 A 1	Cambio de rodamiento de embrague	25	140	20	500	10/4/2022	28/8/2022	15/1/2023	2
	6 A 2	Cambio de plato de embrague	25	140	20	500	24/4/2022	11/9/2022	29/1/2023	2
7 A 1	Cambiar lubricante de la caja de cambios del sistema	25	280	40	1000	3/1/2022	10/10/2022	17/7/2023	2	

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Sistema	Mod F	Tarea de mantenimiento	Horas trabajadas	Días	Semana	Frecuencia	1 intervención	2 intervención	3 intervención	Intervenciones anuales
<b>ML01</b>	<b>8 A 1</b>	Revisión del sistema de transmisión por banda en cuanto a estado y tensado	25	14	2	50	3/1/2022	17/1/2022	31/1/2022	26
	<b>8 B 1</b>	Engrasar las chumaceras del sistema de transmisión con 100 gramos en cada punto de grasa NLGI complejo de litio consistencia N2	25	2	0	10	3/1/2022	5/1/2022	8/1/2022	104
	<b>8 B 2</b>	Cambio de bandas de transmisión	25	700	100	2500	3/12/2020	3/11/2022	3/10/2024	1
	<b>9 A 1</b>	Engrasar cruceta del cardan con 10 gramos de grasa NLGI complejo de litio consistencia N2	25	2	0	10	3/1/2022	5/1/2022	8/1/2022	104
<b>TM02</b>	<b>1 A 1</b>	Cambiar el condensador de 50 uf de arranque	25	560	80	2000	20/9/2020	3/4/2022	15/10/2023	1
	<b>1 A 2</b>	Limpiar el motor eléctrico de la presencia de polvo	25	14	2	50	12/1/2022	26/1/2022	9/2/2022	26
	<b>1 A 3</b>	Revisar el estado de los cables conductores del motor eléctrico	25	28	4	100	12/1/2022	9/2/2022	9/3/2022	13
	<b>1 A 4</b>	Cambio de rodamiento SKF 02165498	25	560	80	2000	21/5/2020	2/12/2021	15/6/2023	1
	<b>2 A 1</b>	Cambio de rodamientos SKF5525842	25	560	80	2000	5/11/2020	19/5/2022	30/11/2023	1
	<b>2 A 2</b>	Lubricar reductores de velocidad con 1 litro de CLP – 47	25	280	40	1000	3/1/2022	10/10/2022	17/7/2023	2
	<b>3 A 1</b>	Tensado del sistema de transmisión por banda	25	28	4	100	10/1/2022	7/2/2022	7/3/2022	13
	<b>3 B 1</b>	Cambiar la polea del sistema de transmisión por banda	25	280	40	1000	3/11/2021	10/8/2022	17/5/2023	1

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Sistema	Mod F	Tarea de mantenimiento	Horas trabajadas	Días	Semana	Frecuencia	1 intervención	2 intervención	3 intervención	Intervenciones anuales
TM02	3 B 2	Cambiar la banda de transmisión	25	280	40	1000	4/10/2021	11/7/2022	17/4/2023	1
	4 A 1	Revisión del estado de la banda de transmisión en cuanto a elongación y estado de grapas de sujeción	25	14	2	50	3/1/2022	17/1/2022	31/1/2022	26
	4 A 2	Se requiere cambiar la banda transportadora	25	560	80	2000	6/6/2021	18/12/2022	30/6/2024	1
	5 A 1	Cambio de cadena de transmisión	25	280	40	1000	3/3/2022	8/12/2022	14/9/2023	2
	5 A 2	Cambio de catalina	25	280	40	1000	3/11/2021	10/8/2022	17/5/2023	2
	6 A 1	Cambiar las platinas de ¼ de pulgada del tambor accionador	25	700	100	2500	4/1/2021	5/12/2022	4/11/2024	1
	7 A 1	Inspección del bastidor si esta agrietado usar electrodo 7018 para soldarlo	25	14	2	50	5/1/2022	19/2/2022	2/2/2022	26
	7 A 2	Se requiere cambiar de rodillos de tubo de ½	25	140	20	500	20/9/2021	7/2/2022	27/6/2022	3
	8 A 1	Inspección de voltajes de tablero, y limpieza del tablero	25	14	2	50	5/1/2022	19/1/2022	2/2/2022	26
8 A 2	Ajuste de contactos eléctricos	25	28	4	100	15/1/2022	12/2/2022	12/3/2022	13	
TM03	1 A 1	Cambiar el condensador de 50 uf de arranque	25	560	80	2000	20/10/2020	3/5/2022	14/11/2023	1
	1 A 2	Limpiar el motor eléctrico de la presencia de polvo	25	14	2	50	12/1/2022	26/1/2022	9/2/2022	26
	2 A 3	Revisar el estado de los cables conductores del motor eléctrico	25	28	4	100	20/1/2022	17/2/2022	17/3/2022	13

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Sistema	Mod F	Tarea de mantenimiento	Horas trabajadas	Días	Semana	Frecuencia	1 intervención	2 intervención	3 intervención	Intervenciones anuales
TM03	2 A 4	Cambio de rodamiento SKF 02165498	25	560	80	2000	21/2/2020	3/9/2021	17/3/2023	1
	2 A 1	Cambio de rodamientos SKF5525842	25	560	80	2000	5/11/2020	19/5/2022	30/11/2023	1
	2 A 2	Lubricar reductores de velocidad con 1 litro de aceite ISO 460	25	280	40	1000	3/1/2022	10/10/2022	17/7/2023	2
	3 A 1	Tensado del sistema de transmisión por banda	25	28	4	100	20/1/2022	17/02/2022	17/3/2022	13
	3 B 1	Cambiar la polea del sistema de transmisión por banda	25	280	40	1500	3/7/2021	27/8/2022	14/1/2023	1
	3 B 2	Cambiar la banda de transmisión	25	280	40	1000	4/10/2021	11/7/2022	17/4/2023	1
	4 A 1	Revisión del estado de la banda transportadora en cuanto a elongación y estado de grapas de sujeción	25	14	2	50	3/1/2022	17/1/2022	31/1/2022	26
	4 A 2	Se requiere cambiar la banda transportadora	25	560	80	2000	6/3/2021	17/9/2022	30/3/2024	1
	5 A 1	Cambio de cadena de transmisión	25	280	40	1000	3/5/2021	7/2/2022	14/11/2022	3
	5 A 2	Cambio de piñones de transmisión	25	280	40	1000	3/7/2021	9/4/2022	14/1/2023	2
	6 A 1	Cambiar las patinas de ¼ de pulgada del tambor accionador	25	700	100	2500	5/1/2021	6/12/2022	5/11/2024	1
	7 A 1	Inspección del bastidor si esta agrietado usar electrodo 7018 para soldarlo	25	14	2	50	5/1/2022	19/1/2022	2/2/2022	26

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Sistema	Mod F	Tarea de mantenimiento	Horas trabajadas	Días	Semana	Frecuencia	1 intervención	2 intervención	3 intervención	Intervenciones anuales
<b>TM03</b>	<b>7 A 2</b>	Se requiere cambiar de rodillos de tubo de ½	25	140	20	500	20/11/2021	9/4/2022	27/8/2022	2
	<b>8 A 1</b>	Inspección de voltajes de tablero, y limpieza del tablero	25	14	2	50	5/1/2022	19/1/2022	2/2/2022	26
	<b>8 A 2</b>	Ajuste de contactos eléctricos	25	28	4	100	15/1/2022	12/2/2022	12/3/2022	13
<b>CR01</b>	<b>1 A 1</b>	Cambiar el condensador de 50 uf de arranque	25	560	80	2000	20/11/2020	3/6/2022	15/12/2023	1
	<b>1 A 2</b>	Limpiar el motor eléctrico de la presencia de polvo	25	14	2	50	12/1/2022	26/1/2022	9/2/2022	26
	<b>1 A 3</b>	Revisar el estado de los cables conductores del motor eléctrico	25	28	4	100	4/2/2022	4/3/2022	1/4/2022	12
	<b>1 A 4</b>	Cambio de rodamiento SKF 02165498	25	560	80	2000	20/8/2020	3/3/2022	14/9/2023	1
	<b>2 A 1</b>	Engrasar chumaceras con 50 gramos en cada punto de grasa NLGI complejo de litio consistencia N2	25	2,8	0	10	3/1/2022	5/1/2022	8/1/2022	104
	<b>2 B 1</b>	Cambiar la polea del sistema de transmisión por banda	25	420	60	1500	3/12/2020	27/1/2022	23/3/2023	1
	<b>2 B 2</b>	Cambiar la banda de transmisión	25	280	40	1000	3/1/2022	10/10/2022	17/7/2023	2
	<b>3 A 1</b>	Inspección del bastidor si esta agrietado usar electrodo 7018 para soldarlo	25	14	2	50	10/1/2022	24/1/2022	7/2/2022	26
	<b>4 A 1</b>	Inspección de estado de estado de mallas	25	2,8	0	10	3/1/2022	5/1/2022	8/1/2022	104

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Sistema	Mod F	Tarea de mantenimiento	Horas trabajadas	Días	Semana	Frecuencia	1 intervención	2 intervención	3 intervención	Intervenciones anuales
TM04	1 A 1	Cambiar el condensador de 50 uf de arranque	25	560	80	2000	20/7/2020	31/1/2022	14/8/2023	1
	1 A 2	Limpiar el motor eléctrico de la presencia de polvo	25	14	2	50	12/1/2022	26/1/2022	9/2/2022	26
	1 A 3	Revisar el estado de los cables conductores del motor eléctrico	25	28	4	100	20/1/2022	17/2/2022	17/3/2022	13
	1 A 4	Cambio de rodamiento SKF 02165498	25	560	80	2000	5/11/2020	19/5/2022	30/11/2023	1
	2 A 1	Cambio de rodamientos SKF5525842	25	560	80	2000	5/11/2020	19/5/2022	30/11/2023	1
	2 A 2	Lubricar reductores de velocidad con 1 litro de CLP – 47	25	280	40	1000	3/1/2022	10/10/2022	17/7/2023	2
	3 A 1	Tensado del sistema de transmisión por banda	25	28	4	100	21/1/2022	18/2/2022	18/3/2022	13
	3 B 1	Cambiar la polea del sistema de transmisión por banda	25	280	40	1000	3/7/2021	9/4/2022	14/1/2023	1
	3 B 2	Cambiar la banda de transmisión	25	280	40	1000	4/10/2021	11/7/2022	17/4/2023	1
	4 A 1	Revisión del estado de la banda transportadora en cuanto a elongación y estado de grapas de sujeción	25	14	2	50	3/1/2022	17/1/2022	31/1/2022	26
	4 A 2	Se requiere cambiar la banda transportadora	25	560	80	2000	6/3/2021	17/9/2022	30/3/2024	1
5 A 1	Cambio de cadena de transmisión	25	280	40	1000	3/5/2021	7/2/2022	14/11/2022	2	

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Sistema	Mod F	Tarea de mantenimiento	Horas trabajadas	Días	Semana	Frecuencia	1 intervención	2 intervención	3 intervención	Intervenciones anuales
<b>TM04</b>	<b>5 A 2</b>	Cambio de catalina	25	280	40	1000	3/7/2021	9/4/2022	14/1/2023	1
	<b>6 A 1</b>	Cambiar las platinas de ¼ de pulgada del tambor accionador	25	700	100	2500	5/1/2021	6/12/2022	5/11/2024	1
	<b>7 A 1</b>	Inspección del bastidor si esta agrietado usar electrodo 7018 para soldarlo	25	14	2	50	5/1/2022	19/1/2022	2/2/2022	26
	<b>7 A 2</b>	Se requiere cambiar de rodillos de tubo de ½	25	140	20	500	20/11/2021	9/04/2022	27/8/2022	2
	<b>8 A 1</b>	Inspección de voltajes de tablero, y limpieza del tablero	25	14	2	50	5/1/2022	19/01/2022	2/2/2022	26
	<b>8 A 2</b>	Ajuste de contactos eléctricos	25	28	4	100	15/1/2022	12/2/2022	12/3/2022	13
<b>RX01</b>	<b>1 A 1</b>	Cambiar el relé número 5 del solenoide del motor de arranque	20	350	50	1000	5/10/2021	20/9/2022	5/9/2023	1
	<b>1 B 1</b>	Cambio de filtro de aire C15 300	20	350	50	1000	4/1/2022	20/12/2022	5/12/2023	2
	<b>1 B 2</b>	Comprobar ajuste de tornillos de soporte del motor	20	18	3	50	2/1/2022	19/1/2022	6/2/2022	260
	<b>1 B 3</b>	Cambio de aceite de 4 galones de SAE 15W40, y filtro P554407	20	88	13	250	19/4/2022	15/7/2022	11/10/2022	3
	<b>1 B 4</b>	Revisión de niveles de refrigerante	20	1	0	5	3/1/2022	4/1/2022	5/1/2022	260
	<b>2 A 1</b>	Revisar los conductos del combustible	20	18	3	50	3/1/2022	20/1/2022	7/2/2022	26
	<b>2 B 1</b>	Se requiere realizar un cambio del filtro de combustible 4816636	20	88	13	500	5/1/2022	29/6/2022	21/12/2022	5
	<b>2 B 2</b>	Purgar el aire y agua antes de usar el equipo.	20	4	1	10	4-1/202	7/1/2022	11/1/2022	104

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Sistema	Mod F	Tarea de mantenimiento	Horas trabajadas	Días	Semana	Frecuencia	1 intervención	2 intervención	3 intervención	Intervenciones anuales
RX01	3 A 1	Cambio de aceite y filtro de la transmisión 5 galones de SAE30	20	350	50	1000	15/9/2021	31/8/2022	16/8/2023	1
	3 B 1	Cambio de aceite de los puentes 6 galones de SAE 75W80.	20	350	50	1000	7/4/2021	23/3/2022	8/3/2023	1
	4 A 1	Comprobar el ajuste de la banda de accesorios	20	2	0	5	10/1/2022	11/1/2022	13/1/2022	260
	4 A 2	Se requiere cambiar la banda de accesorios	20	350	50	1000	20/2/2021	5/2/2022	21/1/2023	1
	5 A 1	Cambio de 10 galones de aceite ISO VG32 y filtros de aceite del circuito hidráulico.	20	525	75	1500	7/1/2021	16/6/2022	23/11/2023	1
	5 A 2	Cambiar los retenedores de los cilindros	20	525	75	1500	10/2/2021	20/7/2022	27/12/2023	1
	5 A 3	Limpieza del radiador del sistema hidráulico	20	4	1	10	3/1/2022	6/1/2022	10/1/2022	104
	5 A 4	Comprobar el buen estado de las mangueras juntas y retenedores	20	4	1	10	3/1/2022	6/1/2022	10/1/2022	104
	6 A 1	Cambiar el relé en un tiempo de 15 min el R1	20	350	50	1000	5/10/2022	20/9/2022	5/9/2022	1
	6 B 1	Inspección de relés y fusibles de luces y otros accionamientos	20	175	25	500	10/1/2022	4/7/2022	26/12/2022	3
6 C 1	Se requiere completar el líquido electrolito en la batería, y medir su voltaje	20	35	5	100	11/1/2022	15/2/2022	22/03/22	13	

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Sistema	Mod F	Tarea de mantenimiento	Horas trabajadas	Días	Semana	Frecuencia	1 intervención	2 intervención	3 intervención	Intervenciones anuales
<b>RX01</b>	<b>6 C 2</b>	Comprobar el estado de la batería, limpiar sus bornes	20	4	1	10	12/1/2022	15/1/2022	18/1/2022	104
	<b>7 A 1</b>	Engrasar el pasador de la pala con 10 gramos en cada punto de grasa NLGI complejo de litio consistencia N2	20	3	0	10	3/1/2022	6/1/2022	9/1/2022	52
	<b>7 B 1</b>	Engrasar el pasador de la pala con 10 gramos en cada punto de grasa NLGI complejo de litio consistencia N2	20	3	0	10	3/1/2022	10/1/2022	9/1/2022	52
	<b>7 C 1</b>	Se requiere engrasar todos los bujes y pasadores con 10 gramos en cada punto de grasa NLGI complejo de litio consistencia N2	20	3	0	10	3/1/2022	10/1/2022	9/1/2022	52
	<b>7 D 1</b>	Engrasar los balancines con 10 gramos en cada punto de grasa NLGI complejo de litio consistencia N2	20	3	0	10	3/1/2022	10/1/2022	9/1/2022	52

**Realizado por:** Montesdeoca, J., 2022

**ANEXO F: CÁLCULO DEL PRESUPUESTO ANUAL.**

Sistema	Mod F	Tarea de mantenimiento	Intervenciones anuales	Repuesto (USD)	Material	Nro. de técnicos	Tiempo de actividad(horas)	Mano de obra	Técnico externo	Preventivo (USD)
ML02	5 A 1	Cambio de lado de barrotes del molino	5		30	3	6	60,60		453,00
	5 A 2	Revisión del estado y espesor de las placas de la armadura del molino	104			1	0,5	2,53		262,60
	5 A 3	Balanceo de rotor del molino	13		25,	2	3	30,30		718,90
	5 A 4	Revisión del estado y apriete de los pernos de sujeción del molino al bastidor	13			1	0,5	2,53		32,83
	5 A 5	Revisión del estado del bastidor	260			1	0,2	1,10		262,60
	5 A 6	Cambio de barrotes del molino	3	1600	40	2	6	60,60		5101,80
	5 A 7	Engrasar las chumaceras principales del molino con 100 gramos en cada punto de grasa NLGI complejo de litio consistencia N2	104		2	1	0,2	1,01		313,04
	6 A 1	Cambio de rodamiento de embrague	3	30		2	2	20,20		150,60
	6 A 2	Cambio de plato de embrague	3	50		2	2	20,20		210,60
	7 A 1	Cambiar lubricante 75 W 85 de la caja de cambios del sistema	2	60		1	1	5,05		130,10
	8 A 1	Revisión del sistema de transmisión por banda en cuanto a estado y tensado	26		0,10	1	0,5	2,53		68,25

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Sistema	Mod F	Tarea de mantenimiento	Intervenciones anuales	Repuesto (USD)	Material	Nro. de técnicos	Tiempo de actividad(horas)	Mano de obra	Técnico externo	Preventivo (USD)
ML02	8 B 1	Engrasar las chumaceras del sistema de transmisión con 100 gramos en cada de grasa de litio consistencia N2	104		2	1	0,2	1,01		313,04
	8 B 2	Cambio de bandas de transmisión	1	350		1	1	5,05		355,05
	9 A 1	Engrasar cruceta del cardan con 10 gramos de grasa NLGI complejo de litio consistencia N2	104		1	1	0,2	1,01		209,04
TM01	1 A 1	Revisión del estado de la tolva en cuanto al desgaste abrasivo	26			1	0,2	1,01		26,26
	1 B 1	Revisión del estado de la boca de la tolva	26			1	0,2	1,01		26,26
	2 A 1	Cambiar el condensador de 50 uf de arranque	1	40		1	1	5,05		45,05
	2 A 2	Limpiar el motor eléctrico de la presencia de polvo	26			1	0,2	1,01		26,26
	2 A 3	Revisar el estado de los cables conductores del motor eléctrico	13			1	0,5	2,53		32,83
	2 A 4	Cambio de rodamiento SKF 02165498	1	15,00		1	2	10,10		25,10
	3 A 1	Cambio de rodamientos SKF 5525842	1	20,00		1	2	10,10		30,10

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Sistema	Mod F	Tarea de mantenimiento	Intervenciones anuales	Repuesto (USD)	Material	Nro. de técnicos	Tiempo de actividad(horas)	Mano de obra	Técnico externo	Preventivo (USD)
TM01	3 A 2	Lubricar reductores de velocidad con 1 litro de ISO 46	1	30		1	0,5	2,53		32,53
	4 A 1	Tensado del sistema de transmisión por banda	13			1	0,5	2,53		32,83
	4 A 2	Cambiar la polea del sistema de transmisión por banda	1	25		1	1	5,05		30,05
	4 A 3	Cambiar la banda de transmisión	2	30		1	1	5,05		130,10
	5 A 1	Revisión del estado de la banda transportadora en cuanto a elongación y estado de grapas de sujeción	26			1	0,2	1,01		26,26
	5 A 2	Se requiere cambiar la banda transportadora	1	900	40	2	6	60,60		1.000,60
	6 A 1	Cambio de cadena de transmisión	2	30		1	1	5,05		70,10
	6 A 2	Cambio de piñones de transmisión	2	40		2	1	10,10		100,20
	7 A 1	Cambiar las platinas de ¼ de pulgada del tambor accionador	1	80	50	2	2	20,20		150,20
	8 A 1	Inspección del bastidor si esta agrietado usar electrodo 7018 para soldarlo	26		5	1	0,5	2,53		195,65
	8 A 2	Se requiere cambiar de rodillos de tubo de ½	3	25	10	1	1	5,05		120,15
	9 A 1	Inspección de voltajes de tablero, y limpieza del tablero	26		1	1	0,2	1,01		52,26
9 A 2	Ajuste de contactos eléctricos	13			1	1	5,05		65,65	

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Sistema	Mod F	Tarea de mantenimiento	Intervenciones anuales	Repuesto (USD)	Material	Nro. de técnicos	Tiempo de actividad(horas)	Mano de obra	Técnico externo	Preventivo (USD)
ML01	1 A 1	Cambio de filtro de aire S1780-13450P	2	60		1	0,5	2,53		125,05
	1 A 2	Limpieza de inyectores							100	100
	1 A 3	Calibración de válvulas	1						100	100
	1 A 4	Reparación de motor	1	900	50				400	1350
	2 A 1	Cambio de aceite 4 galones de aceite 25 W 60 y Filtro A-3786SP	6	160		1	1	5,05		990,30
	2 A 2	Cambio de junta de culata	1	200	50				100	350
	2 A 3	Revisión del estado del radiador y nivel de agua	260			1	0,2	1,01		262,60
	2 A 4	Revisión del estado del ventilador	260			1	0,2	1,01		262,60
	3 A 1	Chequear los niveles de ácido de la batería y su voltaje	13		5	1	0,5	2,53		97,83
	3 B 1	Cambio de escobillas del motor de arranque	1	30		1	1	5,05		35,05
	3 C 1	Cambio de bujías	1	200		1	8	40,40		240,40
	4 A 1	Se requiere purgar el filtro racor de la bomba de inyección	104			1	0,2	1,01		105,04
	4 A 2	Cambio del filtro de combustible P5500881	3	60		1	0,5	2,53		187,58
	5 A 1	Cambio de lado de barros del molino	4		50	2	6	60,60		442,40
5 A 2	Revisión del estado y espesor de las placas de la armadura del molino	104			1	0,5	2,53		262,60	

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Sistema	Mod F	Tarea de mantenimiento	Intervenciones anuales	Repuesto (USD)	Material	Nro. de técnicos	Tiempo de actividad(horas)	Mano de obra	Técnico externo	Preventivo (USD)
ML01	5 A 3	Balanceo del rotor del molino	13		25	2	3	30,30		718,90
	5 A 4	Revisión del estado y apriete de los pernos de sujeción del molino al bastidor	13			1	0,5	2,53		32,83
	5 A 5	Revisión del estado del bastidor	260			1	0,5	2,53		656,50
	5 A 6	Cambio de barrotos del molino	2	800	50	2	4	40,40		1780,80
	5 A 7	Engrasar las chumaceras principales del molino con 100 gramos en cada punto de grasa NLGI complejo de litio consistencia N2	104		2	1	0,2	1,01		313,04
	6 A 1	Cambio de rodamiento de embrague	2	30		2	2	20,20		100,40
	6 A 2	Cambio de plato de embrague	2	50		2	2	20,20		140,40
	7 A 1	Cambiar 2 galones de lubricante 75 W 90 para caja de cambios	2	60		1	1	5,05		130,10
	8 A 1	Revisión del sistema de transmisión por banda en cuanto a estado y tensado	26		0,10	1	0,5	2,53		68,25
	8 B 1	Engrasar las chumaceras del sistema de transmisión con 100 gramos en cada punto de grasa NLGI complejo de litio consistencia N2	104		2	1	0,2	1,01		313,04
	8 B 2	Cambio de bandas de transmisión	1	350		1	1	5,05		355,05
9 A 1	Engrasar cruceta del cardan con 10 gramos en cada punto de grasa NLGI complejo de litio consistencia N2	104		1	1	0,2	1,01		209,04	

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Sistema	Mod F	Tarea de mantenimiento	Intervenciones anuales	Repuesto (USD)	Material	Nro. de técnicos	Tiempo de actividad(horas)	Mano de obra	Técnico externo	Preventivo (USD)
TM02	1 A 1	Cambiar el condensador de 50 uf de arranque	1	40		1	1	5,05		45,05
	1 A 2	Limpiar el motor eléctrico de la presencia de polvo	26			1	0,2	1,01		26,26
	1 A 3	Revisar el estado de los cables conductores del motor eléctrico	13			1	0,5	2,53		32,83
	1 A 4	Cambio de rodamiento SKF 02165498	1	15		1	2	10,10		25,10
	2 A 1	Cambio de rodamientos SKF 5525842	1	20		1	2	10,10		30,10
	2 A 2	Lubricar reductores de velocidad con 1 litro de ISO 46	2	30		1	0,5	2,53		65,05
	3 A 1	Tensado del sistema de transmisión por banda	13			1	0,5	2,53		32,83
	3 A 2	Cambiar la polea del sistema de transmisión por banda	1	25		1	1	5,05		30,05
	3 A 3	Cambiar la banda de transmisión	1	60		1	1	5,05		65,05
	4 A 1	Revisión del estado de la banda de transportadora en cuanto a elongación y estado de grapas de sujeción	26		0,1	1	0,2	1,01		28,86
	4 A 2	Se requiere cambiar la banda transportadora	1	900	40	2	6	60,60		1.000,60

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Sistema	Mod F	Tarea de mantenimiento	Intervenciones anuales	Repuesto (USD)	Material	Nro. de técnicos	Tiempo de actividad(horas)	Mano de obra	Técnico externo	Preventivo (USD)
TM02	5 A 1	Cambio de cadena de transmisión	2	30		1	1	5,05		70,10
	5 A 2	Cambio de catalina	2	40		2	1	10,10		100,20
	6 A 1	Cambiar las platinas de ¼ de pulgada del tambor accionador	1	80	50	2	2	20,20		150,20
	7 A 1	Inspección del bastidor si esta agrietado usar electrodo 7018 para soldarlo	26		5	1	0,5	2,53		195,65
	7 A 2	Se requiere cambiar de rodillos de tubo de ½	3	25	10	1	1	5,05		120,15
	8 A 1	Inspección de voltajes de tablero, y limpieza del tablero	26		0,10	1	0,2	1,01		28,86
	8 A 2	Ajuste de contactos eléctricos	13			1	0,5	2,53		45,83
TM03	1 A 1	Cambiar el condensador de 50 uf de arranque	1	40		1	1	5,05		45,05
	1 A 2	Limpia el motor eléctrico de la presencia de polvo	26			1	0,2	1,01		26,26
	1 A 3	Revisar el estado de los cables conductores del motor eléctrico	13			1	0,5	2,53		32,83
	1 A 4	Cambio de rodamiento SKF 02165498	1	15		1	2	10,10		25,10
	2 A 2	Cambio de rodamientos SKF5525842	1	20		1	2	10,10		30,10
	2 A 3	Lubricar reductores de velocidad con 1 litro ISO 46	2	30		1	0,5	2,53		65,05
	3 A 1	Tensado del sistema de transmisión por banda	13			1	0,5	2,53		32,83
	3 B 1	Cambiar la polea del sistema de transmisión por banda	1	25		1	1	5,05		30,05

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Sistema	Mod F	Tarea de mantenimiento	Intervenciones anuales	Repuesto (USD)	Material	Nro. de técnicos	Tiempo de actividad(horas)	Mano de obra	Técnico externo	Preventivo (USD)
TM03	3 B 2	Cambiar la banda de transmisión	1	60		1	1	5,05		65,05
	4 A 1	Revisión del estado de la banda transportadora en cuanto a elongación y estado de grapas de sujeción	26		0,1	1	0,2	1,01		28,86
	4 A 2	Se requiere cambiar la banda transportadora	1	900	40	2	6	60,60		1.000,60
	5 A 1	Cambio de cadena de transmisión	3	30		1	1	5,05		105,15
	5 A 2	Cambio de catalina	2	40		2	1	10,10		100,20
	6 A 1	Cambiar las platinas de ¼ de pulgada del tambor accionador	1	80	50	2	2	20,20		150,20
	7 A 1	Inspección del bastidor si esta agrietado usar electrodo 7018 para soldarlo	26		5	1	0,5	2,53		195,65
	7 A 2	Se requiere cambiar de rodillos de tubo de ½	2	25	10	1	1	5,05		80,10
	8 A 1	Inspección de voltajes de tablero, y limpieza del tablero	26		0,10	1	0,2	1,01		28,86
8 A 2	Ajuste de contactos eléctricos	13		1	1	1	2,53		45,83	
CR01	1 A 1	Cambiar el condensador de 50 uf de arranque	1	40		1	1	5,05		45,05
	1 A 2	Limpiar el motor eléctrico de la presencia de polvo	26			1	0,5	2,53		65,65
	1 A 3	Revisar el estado de los cables conductores del motor eléctrico	13			1	1	5,05		65,65

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Sistema	Mod F	Tarea de mantenimiento	Intervenciones anuales	Repuesto (USD)	Material	Nro. de técnicos	Tiempo de actividad(horas)	Mano de obra	Técnico externo	Preventivo (USD)
CR01	1 A 4	Cambio de rodamiento SKF 02165498	1	20		1	2	10,10		30,10
	2 A 1	Engrasar chumaceras con 50 gramos grasa NLGI complejo de litio consistencia N2	104		1	1	0,2	1,01		209,04
	2 B 1	Cambiar la polea del sistema de transmisión por banda	1	30		2	1	10,10		40,10
	2 B 2	Cambiar la banda de transmisión	2	25		1	0,5	2,53		55,05
	3 A 1	Inspección del bastidor si esta agrietado usar electrodo 7018 para soldarlo	26		5	1	0,5	2,53		195,65
	4 A 1	Inspección de estado de estado de mallas	104		0,10	1	0,2	1,01		115,44
TM04	1 A 1	Cambiar el condensador de 50 uf de arranque	1	40		1	1	5,05		45,05
	1 A 2	Limpiar el motor eléctrico de la presencia de polvo	26			1	0,2	1,01		26,26
	1 A 3	Revisar el estado de los cables conductores del motor eléctrico	13			1	0,5	2,53		32,83
	1 A 4	Cambio de rodamiento SKF 02165498	1	15		1	2	10,10		25,10
	2 A 1	Cambio de rodamientos SKF5525842	1	20		1	2	10,10		30,10

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Sistema	Mod F	Tarea de mantenimiento	Intervenciones anuales	Repuesto (USD)	Material	Nro. de técnicos	Tiempo de actividad(horas)	Mano de obra	Técnico externo	Preventivo (USD)
TM04	2 A 2	Lubricar reductores de velocidad con 1 litro de ISO 46	2	30		1	0,5	2,53		65,05
	3 A 1	Tensado del sistema de transmisión por banda	13			1	0,5	2,53		32,83
	3 B 1	Cambiar la polea del sistema de transmisión por banda	1	25		1	1	5,05		30,05
	3 B 2	Cambiar la banda de transmisión	1	60		1	1	5,05		65,05
	4 A 1	Revisión del estado de la banda transportadora en cuanto a elongación y estado de grapas de sujeción	26		0,1	1	0,2	1,01		28,86
	4 A 2	Se requiere cambiar la banda transportadora	1	900	40	2	6	60,60		1.000,60
	5 A 1	Cambio de cadena de transmisión	2	30		1	1	5,05		70,10
	5 A 2	Cambio de catalina	1	40		2	1	10,10		50,10
	6 A 1	Cambiar las platinas de ¼ de pulgada del tambor accionador	1	80	50	2	2	20,20		150,20
	7 A 1	Inspección del bastidor si esta agrietado usar electrodo 7018 para soldarlo	26		5	1	0,5	2,53		195,65
	7 A 2	Se requiere cambiar de rodillos de tubo de ½	2	25	10	1	1	5,05		80,10
	8 A 1	Inspección de voltajes de tablero, y limpieza del tablero	26		0,10	1	0,2	1,01		28,86

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Sistema	Mod F	Tarea de mantenimiento	Intervenciones anuales	Repuesto (USD)	Material	Nro. de técnicos	Tiempo de actividad(horas)	Mano de obra	Técnico externo	Preventivo (USD)
TM04	8 A 2	Ajuste de contactos eléctricos	13			1	1	5,05		65,65
RX01	1 A 1	Cambiar el relé número 5 del solenoide del motor de arranque	1	10	3	1	0,5	2,53		15,53
	1 B 1	Cambio de filtro de aire C15 300	2	80		1	0,5	2,53		165,05
	1 B 2	Comprobar ajuste de tornillos de soporte del motor	104			1	0,5	2,53		263,12
	1 B 3	Cambio de aceite de 4 galones de SAE 15W40, y filtro P554407	3	120		1	0,5	2,53		367,58
	1 B 4	Revisión de niveles de refrigerante	260			1	0,5	2,53		656,50
	2 A 1	Revisar los conductos del combustible	26			1	0,2	1,01		26,26
	2 B 1	Se requiere realizar un cambio del filtro de combustible 4816636	5	40		1	1	5,05		225,25
	2 B 2	Purgar el aire y agua antes de usar el equipo.	104			1	1	5,05		525,20
	3 A 1	Cambio de aceite y filtro de la transmisión 5 galones de SAE30	1	200		1	1	5,05		165,05

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Sistema	Mod F	Tarea de mantenimiento	Intervenciones anuales	Repuesto (USD)	Material	Nro. de técnicos	Tiempo de actividad(horas)	Mano de obra	Técnico externo	Preventivo (USD)
RX01	3 B 1	Cambio de aceite de los puentes 6 galones de SAE 75W80.	1	200		1	1	5,05		205,05
	4 A 1	Comprobar el ajuste de la banda de accesorios	260		0,1	1	0,2	1,01		262,60
	4 A 2	Se requiere cambiar la banda de accesorios	1	60		1	1	5,05		65,05
	5 A 1	Cambio de 10 galones de aceite ISO VG32 y filtros de aceite del circuito hidráulico.	1	400		1	1	5,05		405,05
	5 A 2	Cambiar los retenedores de los cilindros	1	30		1	1	5,05		35,05
	5 A 3	Limpieza del radiador del sistema hidráulico	13			1	3	15,1		196,95
	5 A 4	Comprobar el buen estado de las mangueras juntas y retenedores	104		0,1	1	0,5	2,53		262,60
	6 A 1	Cambiar el relé en un tiempo de 15 min el r1	1	20		1	0,5	2,53		22,53
	6 B 1	Inspección de relés y fusibles de luces y otros accionamientos	3		0,1	1	1	5,05		15,45
6 C 1	Se requiere completar el líquido electrolito en la batería, y medir su voltaje	13	15		1	1	5,05		260,65	

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022

Sistema	Mod F	Tarea de mantenimiento	Intervenciones anuales	Repuesto (USD)	Material	Nro. de técnicos	Tiempo de actividad(horas)	Mano de obra	Técnico externo	Preventivo (USD)
<b>RX01</b>	<b>6 C 2</b>	Comprobar el estado de la batería, limpiar sus bornes	104			1	0,5	2,525		262,60
	<b>7 A 1</b>	Engrasar el pasador de la pala con 10 gramos en cada punto de grasa NLGI complejo de litio consistencia N2	52		1	1	0,2	1,01		104,52
	<b>7 B 1</b>	Engrasar el pasador de la pala con 10 gramos en cada punto de grasa NLGI complejo de litio consistencia N2	52		1	1	0,2	1,01		104,52
	<b>7 C 1</b>	Se requiere engrasar todos los bujes y pasadores con 10 gramos en cada punto de grasa NLGI complejo de litio consistencia N2	52		1	1	0,2	1,01		104,52
	<b>7 D 2</b>	Engrasar los balancines con 10 gramos en cada punto de grasa NLGI complejo de litio consistencia N2	52		1	1	0,2	1,01		104,52

Realizado por: Montesdeoca, J., 2022