REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales

Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica-Eléctrica y Mecatrónica

OPTIMIZACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE ZARANDAS HAVER-BOECKER 12FT X 24FT EN UNA UNIDAD MINERA UBICADA EN EL CENTRO-SUR DEL PERÚ

Tesis presentada por el Bachiller:

Callo Zegarra, Juan Washington

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Mecánico Electricista

Asesor(a):

Dr. Valencia Salas, Mario José

Arequipa – Perú

2023

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INGENIERIA MECANICA, MECANICA-ELECTRICA Y MECATRONICA

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 27 de Septiembre del 2023

Dictamen: 009694-C-EPIMMEM-2023

Visto el borrador del expediente 009694, presentado por:

2014242401 - CALLO ZEGARRA JUAN WASHINGTON

Titulado:

OPTIMIZACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE ZARANDAS HAVER-BOECKER 12FT X 24FT EN UNA UNIDAD MINERA UBICADA EN EL CENTRO-SUR DEL PERÚ

Nuestro dictamen es:

APROBADO

29685318 - CASTRO VALDIVIA JORGE LUIS
DICTAMINADOR

29529560 - CACERES NUÑEZ AUGUSTO EMILIO CARLOS
DICTAMINADOR

43209234 - ALMIRON BACA JONATHAN JOSEPH
DICTAMINADOR

OPTIMIZACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE ZARANDAS HAVERBOECKER 12FT X 24FT EN UNA UNIDAD MINERA UBICADA EN EL CENTRO-SUR DEL PERÚ

INFORME DE ORIGINALIDAD

14%	13%	0%	4%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	vsip.info Fuente de Internet	9%
2	idoc.pub Fuente de Internet	3%
3	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	1%
4	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	1%

Excluir citas	Apagado	Excluir coincidencias	< 1%
Excluir bibliografía	Apagado		

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a mis padres, Flora Paula y Serafín Washington, quienes me brindaron todo su apoyo y cariño durante su vida.

A mis hermanas Wendy, Pamela, Milagros y Paola quienes me dieron consejos y su apoyo para ser más perseverante.

A la señora Rosa Betty Zapana Churata quien me brindo su apoyo incondicional, después de la partida de mis padres y al Ing. Joseph Martin Giraldez Llerena quien me brindo su apoyo y confianza desde el primer momento.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

AGRADECIMIENTO

En una tesis universitaria o trabajo de investigación, los agradecimientos constituyen un apartado en que el alumno da crédito y demuestra su aprecio y gratitud a los que contribuyeron de alguna manera a la elaboración del trabajo.

Se suele agradecer a personas, organizaciones, instituciones, etc. Por ejemplo, se puede agradecer al asesor Dr. Mario José Valencia salas por su guía y consejos. A algún o algunos docentes por su labor académica. Al director o decano por su soporte administrativo. A la Escuela o la Universidad por las herramientas brindadas, o haber financiado de alguna forma el trabajo. A la familia por la contención emocional. Entre otros. Hay que ser específico, colocar nombre

Cada agradecimiento específico se coloca en un párrafo. Se pueden colocar varios agradecimientos relacionados en un párrafo.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

RESUMEN

El mantenimiento de equipos en minería es una de las tareas con mayor repercusión en el proceso de trabajo de minerales, esto debido a que contribuye directamente a la seguridad de los trabajadores, la eficiencia operativa y la rentabilidad económica del negocio minero. El mantenimiento de las zarandas son equipos esenciales en el proceso de separación y clasificación de los materiales que se extraen de las minas. Si las zarandas no reciben un mantenimiento adecuado, pueden presentar problemas que afecten su eficiencia y rendimiento, lo que puede ocasionar un impacto negativo en la productividad de la unidad minera. La presente investigación se realizó la optimización del procedimiento de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de zarandas HAVER-BOECKER 12FT X 24FT en una unidad minera ubicada en el centro-sur del Perú, para la cual, se emplearon las herramientas del ACR en la búsqueda de los modos de falla de las zarandas para poder obtener un nuevo PETS el cual permitió la mejora de mantenimiento Overhaul y mantenimiento preventivo de zarandas de la unidad minera de referencia dando nuevas disponibilidades. Esta investigación se llevó a cabo en el periodo del año 2022. Su objetivo general fue optimizar el procedimiento de mantenimiento con el fin de mejorar la disponibilidad de las zarandas en una unidad minera ubicada al centro-sur del Perú. En conclusión, se logró alcanzar una notable mejora en la disponibilidad de los equipos, partiendo de un nivel inicial del 89% y llegando a un nivel final del 93%. Esto fue posible gracias a la implementación de un nuevo Procedimiento de Ejecución Técnica Especializada (PETS) para el mantenimiento y revisión completa de las zarandas. Esta medida ha permitido establecer como resultado, un procedimiento adecuado y efectivo para las intervenciones futuras en estos equipos. Por último, en perspectiva se propone que este mismo enfoque sea aplicado para otros equipos de la unidad minera.

Palabras clave: Disponibilidad, análisis causa raíz, zaranda.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ABSTRACT

The maintenance of mining equipment is one of the tasks with the greatest impact on the mineral work process, this is because it directly contributes to the safety of workers, operational efficiency and the economic profitability of the mining business. The maintenance of the screens is essential equipment in the process of separation and classification of the materials extracted from the mines. If the screens are not properly maintained, they may present problems that affect their efficiency and performance, which can have a negative impact on the productivity of the mining unit. The present investigation was carried out to optimize the maintenance procedure to improve the availability of HAVER-BOECKER 12FT X 24FT screens in a mining unit located in south-central Peru, for which ACR tools were used in the search for failure modes of the screens to obtain a new PETS which allowed the improvement of Overhaul maintenance and preventive maintenance of screens of the reference mining unit giving new availabilities. This research was carried out in the period of 2022. Its general objective was to optimize the maintenance procedure in order to improve the availability of the screens in a mining unit located in south-central Peru. In conclusion, a notable improvement in equipment availability was achieved, starting from an initial level of 89% and reaching a final level of 93%. This was possible thanks to the implementation of a new Specialized Technical Execution Procedure (PETS) for the maintenance and complete review of the screens. This measure has allowed us to establish, as a result, an adequate and effective procedure for future interventions in these teams. Finally, in perspective, it is proposed that this same approach be applied to other equipment in the mining unit.

Keywords: Availability, root cause analysis, sieve.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA ..... **ii**

AGRADECIMIENTO ..... **iii**

RESUMEN ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

ÍNDICE DE CONTENIDO ..... **vi**

ÍNDICE DE TABLAS ..... **x**

ÍNDICE DE FIGURAS ..... **xi**

INTRODUCCIÓN **14**

CAPÍTULO I **16**

1. PLANTEAMIENTO TEÓRICO **16**

1.1. Problema de investigación 16

1.1.1. Realidad Problemática 16

1.1.2. Identificación del problema 17

1.2. Justificación de la investigación 18

1.2.1. Académica 18

1.2.2. Económico 18

1.2.3. Social 19

1.2.4. Problema principal 19

1.2.5. Problemas específicos 19

1.3. Objetivos de la investigación 19

1.3.1. Objetivo principal 19

1.3.2. Objetivos específicos 20

1.4. Variables 20

1.5. Metodología de la investigación 20

1.5.1. Tipo 20

1.5.2. Diseño 20

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

1.5.3. Nivel 21

CAPÍTULO II 22

2. MARCO TEÓRICO 22

2.1. Marco Referencial 22

2.1.1. Nivel Nacional 22

2.1.2. Nivel Internacional 23

2.1.3. Nivel Local 24

2.2. Marco Conceptual 25

2.2.1. Definición de mantenimiento 25

2.2.2. Tipos de mantenimiento 25

2.2.3. Normas SAE 26

2.2.4. Herramientas en el mantenimiento industrial 27

2.2.5. Mantenimiento Overhaul 29

2.2.6. Mantenimiento de equipos en minería 29

2.2.7. Proceso de tamizado industrial 32

2.2.8. Tipos de tamizado 33

2.2.9. Mecanismos de reducción de tamaño 35

2.2.10. Chute 37

2.2.11. Zaranda vibratoria 39

2.3. Glosario de Términos 58

CAPÍTULO III 59

3. PROPUESTA DE MEJORA 59

3.1. Diagnostico situacional 59

3.1.1. Información general de la empresa 59

3.1.2. Resultado recopilación de datos 61

3.1.3. Análisis y discusión de resultados 62

3.2. Método 62

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.3. Definición de las etapas del método 64
3.3.1. Recolección y levantamiento de información 64
3.3.2. Diagnóstico del estado del mantenimiento 64
3.3.3. Aplicación del ACR 64
3.3.4. Análisis de modos y efectos de fallas (AMEF) 68
3.3.5. Propuesta y comprobación de los modos de falla y ACR 69
3.3.6. Elaboración de los procedimientos para el Overhaul de zarandas 69
CAPITULO IV 70
4. ANÁLISIS DE PROPUESTA 70
4.1. Recolección y levantamiento de información 70
4.1.1. Proceso de habilitación de Zarandas 70
4.1.2. Cronograma de actividades de habilitación de zarandas 72
4.1.3. Actividades previas 74
4.1.4. Conclusiones 79
4.2. Documentos y estándares de seguridad Industrial 79
4.3. Mapeo de secuencia de mantenimiento en zarandas 80
4.4. Diagnóstico del estado del mantenimiento 83
4.5. Frecuencias de paradas de zarandas vibratorias 84
4.6. Confiabilidad de los equipos de zarandas 85
4.7. Diagrama de Pareto 86
4.8. Análisis de criticidad de equipos 87
4.9. Análisis de la causa raíz de reducción de disponibilidad de zarandas 90
4.10. Análisis de modos y efectos de fallas 93
4.11. Examinación y evaluación de los modos de falla y causas encontradas 96
4.11.1. Reportes de monitoreo de condición zaranda vibratoria. 97
4.12. Orden mantenimiento 99
4.13. Antecedentes de reportes de mantenimientos realizados 101

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.13.2. Evidencia fotográfica de limpieza de zarandas 105

4.13.3. Evidencia fotografía de armado de zaranda 106

4.13.4. Evidencia fotográfica de desgaste y corrosión de componentes de zaranda 108

4.13.5. Evidencia fotográfica de obstrucción en los pasos del material 109

4.13.6. Evidencia fotográfica de alineación de zarandas 110

4.13.7. Evidencia falla de resortes de zarandas 111

4.14. Plan de mantenimiento de zarandas vibratorias 111

4.15. Costos de mantenimiento 116

4.16. Disponibilidad de equipos 117

CONCLUSIONES 122

RECOMENDACIONES 124

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS 125

ANEXOS 127

Anexo 1. Registro fotografico 129

Anexo 2. Reporte de alineación de zarandas 133

Anexo 3. Nuevo procedimiento de mantenimiento Overhaul 136

Anexo 4. Diseño de punto de anclaje 181

Anexo 5. Nuevo procedimiento de cambio de zarandas 203

Anexo 6. Protocolo de cambio de excitadores 220

Anexo 7. Protocolo de mantenimiento de zarandas Haver - Boecker 224

Anexo 8. Plan de mantenimiento anual 232

Anexo 9. Reportes de monitoreo a condicion de zarandas 234

Anexo 10. Formato de encuesta de mantenimiento 248

Anexo 11. Procedimiento de evaluación de fallas en mantenimiento 255

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Variables e indicadores 20

Tabla 2.1 Ficha técnica de Zaranda HAVER-BOECKER 12FT X 24FT 41

Tabla 2.2 Partes de zaranda RM-D HAVER-BOECKER 12FT X 24FT 44

Tabla 2.3 Componentización de zaranda 45

Tabla 2.4 Configuración de insertos - rotación máxima y momento estático 55

Tabla 3.1 Tiempo de operación de zarandas 61

Tabla 3.2 Modelo de cuadro AMEF 69

Tabla 4.1 Actividades para la habilitación de Zaranda 74

Tabla 4.2 Secuencia de servicios de mantenimiento 80

Tabla 4.3 Costo de mantenimiento 81

Tabla 4.4 Tiempos, número de fallas e indicadores de mantenimiento 84

Tabla 4.5 Tiempos de falla acumulados 86

Tabla 4.6 Criterios para evaluar la ocurrencia de los equipos 87

Tabla 4.7 Criterios para evaluar la detección de los equipos 88

Tabla 4.8 Análisis de criticidad 89

Tabla 4.9 AMEF de zarandas vibratorias – Sistema de clasificación de zarandas 93

Tabla 4.10 Evaluación de modos de falla y su respectiva solución 96

Tabla 4.11 Plan de mantenimiento de componentes críticos 113

Tabla 4.12 Disponibilidades del servicio mantenimiento 118

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Algoritmo de la metodología de desarrollo 21

Figura 2.1. Método ISHIKAWA..... 28

Figura 2.2. Modelo de AMEF..... 29

Figura 2.3. Factores que afectan las estrategias de mantención..... 30

Figura 2.4. Zaranda con tamizado vibratorio..... 35

Figura 2.5. Tipos de fuerzas responsables de la reducción mecánica del tamaño de partículas..... 35

Figura 2.6. Equipos para control de tamaño en la clasificación del mineral 36

Figura 2.7. Chute de descarga de material..... 39

Figura 2.1. Zaranda vibratorio 40

Figura 2.2. Ficha técnica de zaranda RM-D HAVER-BOECKER 12FT X 24FT 43

Figura 2.3. Estructura principal de zaranda vibratoria HAVER-BOECKER 12FT X 24FT..... 44

Figura 2.4. Taxonomía de Zaranda vibratoria..... 46

Figura 2.5. Motorización directa..... 47

Figura 2.6. Motorización por poleas y correas..... 47

Figura 2.7. Accionamiento por excitadores 47

Figura 2.8. Suspensión por resorte..... 48

Figura 2.9. Características técnicas de Sistema de cribado de zaranda 48

Figura 2.10. Alambreras..... 49

Figura 2.11. Configuración de mallas..... 49

Figura 2.12. Paneles de poliuretano..... 50

Figura 2.13. Zaranda de placas 50

Figura 2.14. Hojas..... 51

Figura 2.15. Zaranda con sistema de lavado..... 51

Figura 2.16. Trolley 52

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 2.17. Transmisión del movimiento generado por el motor a los excitadores 53

Figura 2.18. Excitador de zaranda 53

Figura 2.19. Material aplicado para insertos 54

Figura 2.20. Excitadores Haver - componentes externos 55

Figura 2.21. Movimiento de contrapesos (1/2) 56

Figura 2.22. Movimiento de contrapesos (2/2) 56

Figura 2.23. Monitoreo de la aceleración 57

Figura 3.1. Organigrama de la empresa de referencia 60

Figura 3.2. Metodología de análisis del mantenimiento 63

Figura 3.3. Diagrama causa efecto de Ishikawa 65

Figura 4.1 Flujograma del proceso de habilitación de zarandas 70

Figura 4.2 Proceso de habilitación de zarandas 71

Figura 4.3 Diagrama Gantt de habilitación de zarandas (1/2) 72

Figura 4.4 Diagrama Gantt de habilitación de zarandas (2/2) 73

Figura 4.5 Costos de mantenimiento de zaranda vibratoria 82

Figura 4.1. Grafica de distribución de Weibull 85

Figura 4.6 Grafica de la confiabilidad de zarandas 86

Figura 4.7 Pareto de sistemas de zaranda 87

Figura 4.2. Cuadro de nivel de criticidad 88

Figura 4.8 Diagrama Ishikawa de la reducción de la disponibilidad de zarandas 90

Figura 4.9 Diagrama Ishikawa de las deficiencias por desalineación de ejes 91

Figura 4.10 Diagrama Ishikawa de las deficiencias por sobrecarga en producción 92

Figura 4.11 Orden de mantenimiento 99

Figura 4.12 Aislamiento y bloqueo de zaranda 100

Figura 4.13 Reporte fotográfico – Desmontaje de excitadores y mallas 101

Figura 4.14 Reporte fotográfico – Corte de remaches y desmontaje de tubo y puente de accionamiento 102

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 4.15 Reporte fotográfico – Ángulos de placas, liner de impacto y desgaste de zona de alimentación 103

Figura 4.16 Reporte de recepción y montaje de vigas transversas 104

Figura 4.17 Reporte de recepción y montaje de vigas transversas 104

Figura 4.18 Limpieza mecánica de vigas transversales y cross member, desmontaje 105

Figura 4.19 Retiro de mallas y traslado de pernos y arandelas 105

Figura 4.20 Limpieza de CROSS MEMBERS 105

Figura 4.21 Armado de zaranda 106

Figura 4.22 Vigas cross-member 106

Figura 4.23 Montaje de longitudinales 107

Figura 4.24 Bandeja intermedia 107

Figura 4.25 Corrosión de tuberías 108

Figura 4.26 Obstrucción de material en tuberías 109

Figura 4.27 Alineación e izaje de zaranda 110

Figura 4.28 Alineación de contrapesos 110

Figura 4.29 Cambio de resortes de zarandas 111

Figura 4.30 Comparativa de costos de mantenimientos 116

Figura 4.31 Disponibilidad alcanzada 120

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

INTRODUCCIÓN

La presente investigación pretende dar una mejora para el procedimiento de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de zarandas HAVER-BOECKER 12FT X 24FT en una unidad minera ubicada en el centro-sur del Perú. Dicho procedimiento considerara las actividades necesarias para la mejora del mantenimiento Overhaul y preventivo de la unidad minera, considerando nuevas actividades de análisis que estarán exclusivamente destinadas a corregir mejoras de disponibilidad y el tiempo de realización del mantenimiento. Con estos, se pretende evitar la sobrecarga de producción, la mala operación de los equipos por la falta de capacitación. Entre las diferentes actividades, se contemplarán el izaje de zarandas con puente grúa, corrección de estructuras por humedad, centrado de zarandas.

En el capítulo 1, se presenta el planteamiento teórico, considerando el problema de la investigación, la justificación del problema, los objetivos trazados para este trabajo, los alcances, hipótesis y las variables de estudio. En esta parte también se detallará la metodología de la investigación, que para esta investigación será de tipo aplicada, diseño experimental, y alcance explicativo.

Para el capítulo 2, se desarrollará el marco teórico de la investigación, en el cual se detallará mediante el método del embudo, que consiste en detallar de los temas más generales que influirán en la tesis, a lo más específico. Para esta investigación, se comenzará detallando todo lo relativo a los mantenimientos, sus tipos, el proceso de tamizado en una unidad minera, hasta llegar al equipo mismo, las zarandas, sus partes y mantenimientos que se llevan a cabo.

En el capítulo 3, se dará el diagnostico situacional de la empresa, de la unidad minera de referencia, el cual contendrá la recopilación de datos, que nos dará el panorama actual que está viviendo la unidad minera para la realización de los mantenimientos, mediante la obtención de los resultados en entrevistas, cuestionarios y guías de observación de campo. Además, se dará a conocer la estrategia o propuesta de mejora para la optimización del plan de mantenimiento que, básicamente se centrará en encontrar con la herramienta del ACR, las causas raíces de los problemas en los tiempos de manteamiento de zarandas.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

En el capítulo 4, se ejecutará la metodología vista en el capítulo anterior, detallando cada una de las herramientas a utilizar (ACR, indicadores de disponibilidad, procedimientos en mantenimiento, taxonomía del equipo para su estudio) para la obtención de modos de falla y desarrollar los nuevos procedimientos en un nuevo PETS.

En última instancia, se presentarán los resultados alcanzados, los cuales estarán vinculados a la concepción de nuevos Procedimientos Escritos de Trabajo Seguro (PETS) y a la optimización de la disponibilidad, superando la meta previamente fijada del 89% para dichos equipos.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO TEÓRICO

1.1. Problema de investigación

1.1.1. Realidad Problemática

La minería es uno de los sectores más importantes de la economía peruana, contribuyendo significativamente a la generación de empleo y al crecimiento económico del país. Según el Ministerio de Energía y Minas del Perú, en 2021 la minería representó el 10% del PIB peruano y el 60% de las exportaciones totales del país (Minem, 2021). Además, la minería ha sido uno de los motores de la inversión extranjera directa en el Perú, atrayendo importantes inversiones de empresas extranjeras en la exploración y explotación de recursos minerales (Banco Central de Reserva del Perú, 2021).Según un informe del Ministerio de Energía y Minas (2021), la minería en el Perú ha experimentado un crecimiento sostenido en los últimos años, gracias a la inversión en proyectos mineros de gran envergadura y a la diversificación de la producción minera. Este crecimiento ha generado importantes ingresos fiscales para el Estado, los cuales han sido destinados a financiar programas sociales y proyectos de infraestructura en las regiones mineras.

El proceso de extracción de material y procesamiento de mineral consta de varias etapas. En primer lugar, se realiza la exploración y prospección del yacimiento para determinar su viabilidad y potencial. Luego, se procede a la extracción del material mediante la perforación, voladura y carguío de los fragmentos de roca en camiones. Posteriormente, el material es llevado a la planta de procesamiento donde se inicia el proceso de chancado, que consiste en la trituración del material a través de equipos como chancadoras y molinos. Luego, se procede al cribado del material mediante el uso de zarandas para separar el material de acuerdo a su tamaño para ser llevados a flotación, que consiste en la separación de los minerales valiosos del resto del material a través de la adición de reactivos químicos. Finalmente, se realiza la filtración y secado del concentrado obtenido para su posterior venta.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

El proceso de chancado en la minería es fundamental para reducir el tamaño del material extraído de la mina y permitir su posterior tratamiento. Este proceso se lleva a cabo en diferentes etapas y con diferentes equipos, siendo uno de los pasos importantes el cribado con zarandas, el cual permite separar los materiales según su tamaño y descartar aquellos que no cumplen con los requerimientos de tamaño para el siguiente proceso.

De acuerdo con Aldazabal, Villanueva y Flores (2019), el proceso de chancado y cribado consiste en la reducción de tamaño del mineral mediante chancadoras y zarandas, respectivamente, con el fin de separar el mineral según su tamaño y obtener un producto con un tamaño adecuado para su posterior tratamiento. El proceso de cribado con zarandas se realiza en diferentes etapas, dependiendo del tamaño de partícula deseado para el producto final, y puede incluir el uso de diferentes tipos de zarandas, como zarandas vibratorias o zarandas de alta frecuencia, para lograr una separación efectiva del material. Por otro lado, Las zarandas pueden presentar una serie de problemas como desgaste de las mallas, rotura de las mismas, problemas en el eje de transmisión, desalineación de componentes, acumulación de material en las mallas, entre otros. Lo que puede afectar la eficiencia del proceso de cribado y, por lo tanto, disminuir la producción. Es por ello que se requiere de un mantenimiento preventivo y correctivo adecuado para garantizar la operación óptima de las zarandas (Reyes, 2016).

1.1.2. Identificación del problema

En la unidad minera de referencia se cuenta con dos líneas de producción con 01 zaranda por línea y el mantenimiento de las zarandas se divide en dos procesos: limpieza y habilitación. En el primero, se retiran las guardas del cardan, las mallas y las tuberías de aspersión, se inspecciona el eje de transmisión y se cambian las falderas de descarga, se corrigen desalineamientos en las correas y se limpian las zonas soldadas de las cartelas del drive beam. Mientras que el segundo implica desmontar y desarmar completamente el equipo para inspeccionar y reemplazar todas las piezas que han llegado al final de su vida útil, así como también para reparar y/o mejorar el sistema en su conjunto. Usualmente, para reemplazar las zarandas se utiliza un conjunto de izaje que retira todo el conjunto que se encuentra sobre el sistema de suspensión, y de la misma manera se instala la nueva zaranda que debería funcionar correctamente durante los siguientes 90 días. Sin embargo, durante el periodo comprendido entre el 2021 y 2022 fue necesario sustituir los componentes antes de que cumplieran ese tiempo de operatividad. En consecuencia, las zarandas funcionaron durante un máximo de 83 días y un mínimo de 67 días, lo que equivale a 1992 y 1608 horas máquina, respectivamente, además considerando que por hora se genera 90.000 dólares lo que se traduce en una pérdida de

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

15.120.000 dólares por línea como mínimo registrado del proceso de zarandeo y una perdida máxima 49.680.000 dólares como máximo.

Se cree que este problema se produce debido a la manera en que se llevan a cabo las prácticas de mantenimiento preventivo, lo que resulta en importantes desalineaciones cuando se instala una nueva zaranda sobre los amortiguadores empleando el conjunto de izaje con el puente grúa. Estos desalineamientos pueden generar una serie de problemas, relacionadas con vibraciones excesivas que pueden afectar la eficiencia del proceso de separación de materiales, asimismo puede ser el causante de un desgaste prematuro en las piezas y componentes de las zarandas, lo que resulta en una mayor frecuencia de mantenimiento y reparación, y en un mayor costo de operación; por otro lado, los desalineamientos pueden afectar la calidad del material separado y comprometer la seguridad del personal que trabaja en las zarandas durante el mantenimiento cuando estas son retiradas . En casos extremos, los desalineamientos pueden incluso ocasionar daños irreparables en la estructura de las zarandas, lo que podría requerir la sustitución completa de la máquina de manera no planificada.

1.2. Justificación de la investigación

1.2.1. Académica

La investigación resulta significativa ya que realiza un aporte al conocimiento sobre la optimización del procedimiento de mantenimiento de un equipo en particular, cuya literatura es escasa e imprecisa, lo que se ve reflejado en la baja disponibilidad y los altos tiempos improductivos en las líneas de chancado de la planta minera en cuestión. Asimismo, el desarrollo del trabajo propuesto servirá como base empírica para desarrollar futuras investigaciones en la misma línea del conocimiento, logrando un eficiente funcionamiento de la maquinaria.

1.2.2. Económico

Al ser una investigación de tipo aplicativa, sugiere importantes ahorros económicos en cuanto a la mejora del procedimiento de mantenimiento pretendiendo mitigar la pérdida de 15.120.000 dólares por línea como mínimo registrado del proceso de zarandeo y una perdida máxima 49.680.000 dólares como máximo. Disminuyendo a su vez el tiempo de servicio destinado a la ejecución de actividades preventivas pudiendo reducir los recursos empleados para los mantenimientos.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

1.2.3. Social

La investigación beneficiará de manera directa al personal de trabajo de la unidad minera, ya que nos dará una acción de mejora en los desenvolvimientos laborales tanto por la parte de seguridad, rendimiento operativo, medio ambiente, sin tener paradas debidas a mantenimiento de zarandas. Por la parte del cliente, supondrá una mejor entrega del producto final respetando los tiempos programados de entrega, evitando contratiempos ocasionados por la falta de la disponibilidad de los equipos

1.2.4. Problema principal

¿De qué manera se puede optimizar el procedimiento de mantenimiento a fin de mejorar la disponibilidad de zarandas HAVER-BOECKER 12FT X 24FT en una unidad minera ubicada al centro-sur del Perú?

1.2.5. Problemas específicos

- ¿Cuál será la información necesaria, con qué herramientas y como se debe registrar sobre el mantenimiento que se aplica a las zarandas vibratorias?
- ¿Cuáles son los factores críticos del procedimiento de mantenimiento de las zarandas?
- ¿Cómo se pueden corregir y mejorar los factores críticos identificados en el procedimiento de mantenimiento que se aplica a las zarandas?
- ¿En qué medida la implementación de un procedimiento optimizado puede mejorar la disponibilidad de las zarandas?
- ¿En qué medida la propuesta planteada puede mejorar el coste beneficio de los recursos empelados en el mantenimiento que se aplica a las zarandas?
- ¿Cuáles son las tareas preventivas que se realizaran para corregir los modos de falla del equipo?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo principal

Optimizar el procedimiento de mantenimiento con el fin de mejorar la disponibilidad de las zarandas HAVER-BOECKER 12FT X 24FT en una unidad minera ubicada al centro-sur del Perú.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

1.3.2. Objetivos específicos

- Levantar información referente al procedimiento de mantenimiento de zarandas.
- Identificar los factores críticos del procedimiento de mantenimiento de zarandas.
- Desarrollar y proponer la optimización del procedimiento de mantenimiento en base a tiempos, recursos, y técnicas aplicadas
- Implementar la propuesta optimizada del procedimiento de mantenimiento respecto a tiempos, recursos, y técnicas aplicadas
- Evaluar la factibilidad técnico económica de la propuesta optimizada
- Obtener un plan de mantenimiento preventivo

1.4. Variables

Tabla 1.1 Variables e indicadores

Variables	Dimensiones	Indicadores
Variable Independiente Disponibilidad de zarandas Eficiencia del proceso	Indicadores de mantenimiento	% (Relación entre MTTR Y MTBF) Disponibilidades
Variable Dependiente Procedimiento de mantenimiento optimizado	Mantenimiento mecánico	Horas de mantenimiento (h) Recursos empleados Coste de inversión (S/.)

Nota: Elaboración propia

1.5. Metodología de la investigación

1.5.1. Tipo

Según Salinas (2012)

La investigación propuesta es de tipo aplicada, ya que su enfoque se centra en resolver un problema específico y práctico en un contexto concreto. En concreto, el objetivo es proporcionar soluciones y mejoras al procedimiento de mantenimiento de las zarandas HAVER-BOECKER 12FT X 24FT en una unidad minera situada en el centro-sur del Perú. A través de la investigación, se pretende identificar los factores críticos del procedimiento de mantenimiento actual, desarrollar y proponer una optimización del procedimiento utilizando técnicas y recursos apropiados, y evaluar la viabilidad técnico-económica de la propuesta optimizada.

1.5.2. Diseño

Según Sampieri (2018)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

La investigación es de diseño experimental, ya que se desarrollará una propuesta de optimización del procedimiento de mantenimiento de zarandas HAVER-BOECKER 12FT X 24FT en una unidad minera ubicada al centro-sur del Perú. La propuesta se basará en la modificación de ciertas variables independientes relacionadas con el procedimiento de mantenimiento, tales como el método de izaje utilizado para la instalación de las nuevas zarandas, la frecuencia y tipo de mantenimiento preventivo realizado en las mismas. Estas modificaciones se implementarán en la práctica y se medirán los resultados, lo que implica la evaluación de las variables dependientes, como la disponibilidad de las zarandas y la eficiencia del proceso de separación de materiales.

1.5.3. Nivel

Según Sampieri (2018)

El enfoque de la investigación es explicativo, ya que tiene como objetivo identificar los factores críticos del procedimiento de mantenimiento actual de las zarandas HAVER-BOECKER 12FT X 24FT en una unidad minera ubicada en el centro-sur del Perú. A través de la identificación y explicación de estos factores críticos, se buscará desarrollar y proponer una optimización del procedimiento que permita mejorar la disponibilidad de las zarandas y reducir los costos de operación. En definitiva, se trata de una investigación explicativa que busca explicar cómo la optimización propuesta puede mejorar la eficiencia del procedimiento de mantenimiento de las zarandas en el contexto específico de la unidad minera en cuestión.



Figura 1.1. Algoritmo de la metodología de desarrollo

Nota: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Marco Referencial

Para la realización de la presente investigación se ha tomado en consideración los siguientes antecedentes.

2.1.1. Nivel Nacional

Rojas (2019), "Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para optimizar la disponibilidad de los equipos en la planta de chancado de una unidad minera en la Libertad, 2019". Universidad Privada del Norte.

El estudio planteó como propósito proponer un plan de mantenimiento para optimizar la disponibilidad de los equipos en la planta de chancado. Siguiendo un marco metodológico de diseño preexperimental, considerando como unidad muestral al área de chancado de una unidad minera; conjuntamente se contempló como técnicas de estudios la encuesta, observación y la entrevista. Logrando como resultados que con la implementación del plan de mantenimiento la disponibilidad manifestó un incremento del 13.54% lo que en promedio refleja el 97.81% del periodo enero- octubre 2019; asimismo, se evidenció que con el plan las ventas perdidas ascendieron a $674, 939.18 logrando en su conjunto una disponibilidad de 97.81% generando en promedio un ahorro anual de $135508; de igual forma, con la implementación del plan de mantenimiento los tiempos de reparación disminuyeron a comparación del periodo anterior al estudio pasando de 21.1 horas a 4.16 horas que en términos generales se representa en 199. 8 horas. Concluyendo que, con la implementación del plan de mantenimiento se optimizará la disponibilidad y se disminuirán las fallas imprevistas ocasionado por los costos de mantenimiento y de parte de la vida útil de los elementos de los equipos.

Quiroz y Revilla (2021), "Mantenimiento preventivo para acrecentar la disponibilidad mecánica de los equipos en la planta de chancado de una empresa minera de Cajamarca". Universidad Privada del Norte.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

El propósito del estudio fue plantear un plan de preventivo para optimizar la disponibilidad de los equipos en la planta de chancado de una empresa minera. Bajo un marco metodológico de tipo aplicada, de carácter cuantitativo y de diseño no experimental, considerando como unidad muestra la planta de chancado. Logrando como resultados que a través de la jerarquización de equipos en dicha planta se halló 16 equipos críticos para el mantenimiento preventivo tanto de las cintas transportadoras como de las zarandas, donde cinco equipos semicríticos demandaron un mantenimiento preventivo – correctivo y un equipo de baja criticidad; de igual forma, el problema que predominó en la minera fue la disponibilidad de equipos, pero con la implementación se logró un incremento de 84.72% a comparación del 13.57% del periodo anterior en lo que se refiere disponibilidad. Concluyendo que, la implementación del plan de mantenimiento es viable en términos económicos dado que se manifestó un incremento de la disponibilidad de la planta en la minera estudiada.

2.1.2. Nivel Internacional

Vargas y Verjan (2017) "Propuesta de plan de mantenimiento para la planta móvil de trituración de piedra de una empresa Minera, en la municipalidad de Tocancipa, Cundinamarca". Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

El estudio planteó como fin diseñar una propuesta de plan de mantenimiento en la planta móvil de trituración de una empresa de agregados, aplicando la ficha técnica de equipos. Siguiendo una metodología de tipo básica, de alcance descriptivo y diseño no experimental. Logrando como resultados que, el desarrollo de un proceso de codificación de maquinaria en los equipos empleados como parte del proceso de trituración; asimismo, el equipo al no encontrarse en el punto crítico ello afecta el proceso en general por ello torna relevantes inspecciones continuas a los equipos para que le proceso de trituración puede desempeñarse de manera más óptima; de tal manera, es importante realizar el formato de solicitud servicio para los equipos. Concluyendo que, el plan de mantenimiento resulta efectivo para optimizar el proceso de trituración de piedra en la empresa.

Ortiz y Pilatuña (2019), "Diseño de una planta virtual de trituración de piedra Caliza, propuesta de un plan de mantenimiento preventivo". Universidad Politécnica del Chimborazo.

El objetivo del estudio fue diseñar una planta virtual de trituración de piedra caliza de la mano de un plan de mantenimiento preventivo. La metodología se basó en tres etapas en

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

principio estaba la analítica, seguidamente la creativa y finalmente estaba la ejecución. Obteniendo como resultados que en principio se ejecutó la recolección de data para el diseño, seleccionando el software mecánico denominado Autodesk Inventor; seguidamente, se procedió con el esbozo de los sistemas de planta virtual para la ejecución del plan de mantenimiento preventivo y en la etapa final se plasmó la planta virtual por medio de un sitio web el cual explicaba el proceso de trituración de la piedra caliza generando el incremento del conocimiento de los educandos de la especialidad de mecánica. Concluyendo que, el diseño de una planta virtual de trituración en conjunto a su plan de mantenimiento preventivo se torna una herramienta didáctica.

2.1.3. Nivel Local

Gómez (2017), "Propuesta de mejora a la gestión de mantenimiento aplicando el sistema SAP para los equipos de chancado, molienda en la planta de beneficio, caso Empresa Minera Ares". Universidad Nacional de San Agustín. El objetivo del estudio fue mejorar la gestión de mantenimiento aplicando el sistema SAP para los equipos de chancado, molienda de una empresa minera. Siguiendo un marco metodológico de campo, de nivel descriptivo, de diseño no experimental y corte transeccional, aplicando el método descriptivo; considerando como unidad de estudio los equipos de chancado, molienda de la empresa minera para ejecutar la propuesta; respecto a los instrumentos aplicados se consideró el cuestionario para evaluar la gestión de mantenimiento y la aplicación del SAP y conjunto a ello se empleó la ficha de recolección de datos. Entre los principales resultados se mostraron deficiencias en la gestión de mantenimiento lo cual se vio reflejado en el incumplimiento del presupuesto anual de mantenimiento de planta en los periodos 2014, 2015 y 2016 mostrando un sobrecosto de 3.27%, 4.88% y 0.46% equitativamente; del mismo modo, las falencias se plasmaron en los indicadores de disponibilidad MTBF y MTTR durante el periodo 2014 y 2015 afectando al área de planta de beneficio; sin embargo, para el periodo 2016 dichos indicadores se optimizaron a pesar de la paralización de la planta por la poca producción de mineral. Concluyendo que, con la propuesta de mejora se pretende lograr en promedio un costo de mantenimiento de 3.75 US$/ton, el cual es inferior al costo logrado en los últimos periodos; asimismo, con la propuesta se proyecta lograr un 97.97% de disponibilidad del área de molienda y chancado.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.2. Marco Conceptual

2.2.1. Definición de mantenimiento

Según Carlos Borras P., (2013), el mantenimiento es una actividad científica que busca asegurar la máxima disponibilidad y calidad de los activos, manteniéndolos productivos y competitivos. El mantenimiento eficiente puede retrasar la necesidad de adquirir nuevos bienes, al prolongar la vida útil de los activos actuales, y puede utilizar tecnologías más eficaces y rentables. Se trata de un conjunto de acciones, operaciones y actitudes enfocadas en mantener o restaurar un activo a un estado específico de desempeño productivo, para garantizar un servicio de calidad. El mantenimiento de calidad implica la utilización inteligente de la planificación, programación y control, lo que mejora la efectividad y productividad, reduce las interrupciones y minimiza los costos de mantenimiento, obteniendo así la rentabilidad óptima de la función del mantenimiento.

Mantener bien es: ejercer un estricto control sobre los siguientes factores:

- Las reparaciones de emergencia se deben minimizarlas.
- El tiempo muerto en producción imputable a mantenimiento: se deben minimizar.
- Las reparaciones y modificaciones de equipo: se deben optimizar.
- Los desperdicios de materiales de producción imputable a mantenimiento: se deben minimizar.
- Los materiales empleados en las reparaciones y modificaciones: se deben optimizar.
- La mano de obra de mantenimiento, conforme al volumen de mantenimiento se deben optimizar.
- La depreciación del equipo y edificios: se deben retardar, incrementando su vida.

Mantener es obtener utilidades, porque es la única forma de conservar los equipos y las plantas en el más alto grado de productividad y competencia. Retarda la compra de bienes nuevos, prolongando la vida útil de los actuales, sin descartar la utilización de tecnologías más eficaces y rentables.

2.2.2. Tipos de mantenimiento

El mantenimiento tiene como propósito asegurar el funcionamiento de un equipo, sistema o infraestructura, optimizando así determinados criterios en una organización. Según Sánchez et al. (2006), existen primordialmente tres tipos de mantenimiento:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.2.2.1. Mantenimiento predictivo

Se basa en la medición de parámetros que servirán como indicadores del estado óptimo o deficiente de una máquina o alguno de sus componentes, para corregir o detectar fallos a tiempo, evitando paradas de emergencias.

2.2.2.2. Mantenimiento preventivo

Con la noción de prevención de fallos de los activos, se debe a la programación y planificación de acciones a intervalos preestablecidos para mantener el funcionamiento de los activos.

2.2.2.3. Mantenimiento correctivo

Consiste en reparar, buscar, corregir y diagnosticar el fallo y la causa que lo provocó. Este tipo de mantenimiento solo es aplicable cuando se tiene suficiente disponibilidad de equipos.

2.2.3. Normas SAE

2.2.3.1. SAE – JA1011

La norma SAE JA1011 es un estándar de la Sociedad de Ingenieros de Automoción (SAE) que proporciona pautas para el manejo de fallas en sistemas y activos ya definidos. La norma establece prácticas recomendadas para el manejo de fallas, incluyendo la identificación y análisis de fallas, la evaluación de riesgos, la selección de estrategias de mantenimiento y la implementación de políticas de manejo de fallas efectivas. Es importante tener en cuenta que la norma SAE JA1011 no proporciona criterios específicos para los procesos de selección y definición de activos o sistemas. En cambio, se centra en la adecuada selección de políticas de manejo de fallas en sistemas y activos ya definidos. La norma es utilizada por diversas industrias, incluyendo la aeronáutica, automotriz y de energía, para mejorar la confiabilidad y disponibilidad de los sistemas y equipos.

2.2.3.2. SAE – JA1012

La norma SAE JA1012 es una guía diseñada para proporcionar un marco detallado y práctico para la implementación del Análisis del Modo y Efecto de Fallas (RCM) en la gestión de activos y el mantenimiento de equipos. Esta norma se enfoca en proporcionar orientación detallada sobre cómo llevar a cabo el proceso de RCM de manera efectiva, lo que incluye la selección adecuada de activos y sistemas, la identificación de los modos de falla y sus efectos, la determinación de la política de mantenimiento adecuada y la

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

implementación efectiva de la política seleccionada. La norma SAE JA1012 se basa en la norma SAE JA1011, que establece los principios generales del proceso de RCM. Sin embargo, mientras que la norma JA1011 se enfoca en la selección y aplicación de políticas de manejo de fallas, la norma JA1012 proporciona detalles más específicos sobre cómo llevar a cabo el proceso de RCM en sí mismo. Además, la norma JA1012 proporciona detalles sobre cómo integrar el RCM en la gestión de activos y la planificación de mantenimiento, lo que permite una implementación más efectiva y sostenible del proceso de RCM. En general, la norma SAE JA1012 es una herramienta útil para las organizaciones que buscan mejorar su capacidad de gestionar activos y llevar a cabo el mantenimiento de manera efectiva y eficiente mediante la aplicación del proceso de RCM.

2.2.4. Herramientas en el mantenimiento industrial

Las diferentes estrategias del mantenimiento como: RCM, TPM, Mantenimiento proactivo, mantenimiento de clase mundial, entre otras, emplean diferentes técnicas según el enfoque, por ejemplo, el mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM), tiene como principal herramienta el análisis de modos y efectos de fallo (AMEF), el mantenimiento proactivo según su enfoque de eliminar la causa raíz de los fallos emplea principalmente en análisis de causa raíz (ACR).

2.2.4.1. Análisis de causa raíz (ACR)

ACR, Análisis de Causa Raíz (figura 2.1), es una metodología rigurosa de tres niveles que se utiliza para identificar de manera deductiva e inductiva las causas subyacentes y desconocidas que provocan fallos humanos, errores de componentes o incidentes recurrentes. Al utilizar esta metodología, se pueden implementar medidas correctivas efectivas que reducen los costos del ciclo de vida del proceso, mejoran la seguridad y confiabilidad del negocio y cumplen con los estándares de gestión de activos, como la norma ISO 55000 / PAS-55.(Predictiva21 ,2019)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

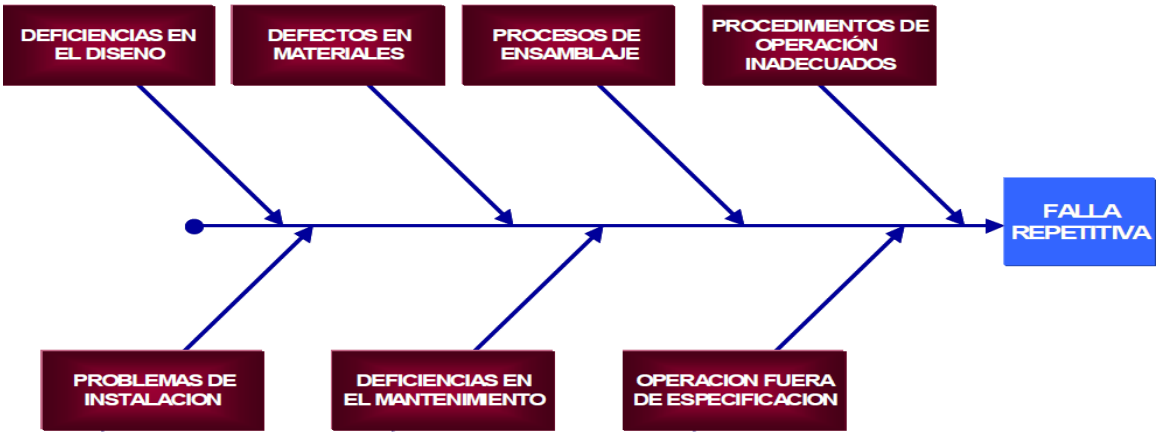


Figura 2.1. Método ISHIKAWA

Nota: Método sistémico agrupando factores para identificar las causas últimas que originan las fallas de RCA. Gómez (2006)

2.2.4.2. AMEF

AMEF (Análisis de Modo y Efectos de Fallas) es una técnica de análisis sistemático utilizada para identificar y prevenir fallas potenciales en sistemas o procesos antes de que ocurran. La técnica fue desarrollada por el ingeniero de confiabilidad británico John Moubray y se describe en detalle en su libro "Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad" (Maintenance, Engineering and Management Press, 1997). El objetivo del AMEF es identificar los modos de falla potenciales de un sistema o proceso, así como sus efectos y las causas subyacentes de la falla. A través de este análisis, se pueden implementar medidas preventivas o correctivas para minimizar el riesgo de fallas y mejorar la confiabilidad del sistema o proceso en cuestión. El AMEF se realiza típicamente en equipo (figura 2.2), y el proceso implica la identificación sistemática de todos los posibles modos de falla, la evaluación de la gravedad y la probabilidad de que ocurran, y la identificación de las medidas preventivas o correctivas necesarias para reducir el riesgo. Una vez que se han identificado las medidas necesarias, se pueden implementar y monitorear para garantizar la efectividad de las mismas.(Moubray, 2001)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Sistema		Función de la operación	M modelo : KONDIA y KONDOR Serie: FALLA POTENCIAL			Controles Actuales	EVALUACION				Preventivo P Correctivo C
			Modo de falla: como se manifiesta la falla	Efecto de la falla	Causa de falla		OCURRENCIA	SEVERIDAD	DETECCION	RIESGO	
CABEZAL	Motor Eléctrico	Es un dispositivo que convierte la energía eléctrica en energía mecánica por medio de la acción de los campos magnéticos generados en sus bobinas.	Perdida de velocidad, ruido.	Parada de la maquina	Daño en rodamientos, por demasiada tensión en las correas, cumplimiento de la vida útil.	Inspecciones, visuales funcionamiento sin carga y carga del equipo para determinar condiciones	9	7	7	441	(P) Inspecciones programadas: verificación de variables de funcionamiento: Temperatura - vibración. (C) Cambio de rodamientos
			Sobrecalentamiento en Motor	Quemadura motor	Sobre tensión de correas		7	9	9	567	
			Vibración continua	Detención del equipo	Daño en rodamientos, por desbalanceo dinámico causando erosión en los rodamientos.		4	7	9	252	
	Sistema de Transmisión Polea - Correa	Transmitir fuerzas y velocidades angulares entre árboles paralelos que se encuentran a cierta distancia.	Vibración continua	Sobrecalentamiento de correa	Holgura entre eje y agujero de la Polea	Verificar Alineación entre poleas	7	8	5	280	(P) Inspecciones programadas: verificación de variables de funcionamiento: Temperatura - vibración- Tensión. (C) Cambio de correas y poleas
			Deslizamiento	Velocidad Angular y Fuerza variante	Mal tensionado de correa, Polea desajustada	Verificar con tensiómetro de correas	4	9	9	324	
			Desalineación	Daño en paredes laterales de correa	Soltura de polea sobre eje transmisor	Verificar con alineador laser	9	8	8	576	
			Olor a quemado	Ruptura de la correa	Sobrecarga en maquina o roce de correa con guarda correas	Inspección visual diaria	2	8	4	64	
	Sistema de Transmisión de Potencia por Engranajes	Los engranajes están formados por dos ruedas dentadas, de las cuales la mayor se denomina corona y el menor piñón. Un engranaje sirve para transmitir movimiento circular mediante el contacto de ruedas dentadas.	Ruido	Contaminación auditiva	Falta de lubricación	Semanalmente. inspección visual. Observar mirillas de lubricación	5	8	7	280	(P) Inspecciones programadas: verificación de variables de funcionamiento: Temperatura - vibración- alineación (C) Cambio de engranajes
					Lubricante incorrecto o deteriorado		4	7	7	196	
					Dientes deteriorados		8	9	8	576	
					Cojinetes averiados		8	8	8	512	
					Contaminación por partículas		4	7	7	196	
			Vibración	Desajuste de componentes	Desgaste Adhesivo Dientes	Inspección visual Diaria con carga y en vacio.	8	9	8	576	
					Desgate Abrasivo Dientes		8	9	8	576	
					Indentación de dientes		7	6	8	336	
					Fatiga Mecánica		9	6	8	432	

Figura 2.2. Modelo de AMEF

Nota: Martínez Morales (2019)

2.2.5. Mantenimiento Overhaul

El mantenimiento Overhaul en zarandas es un proceso de mantenimiento profundo que implica el desmontaje, revisión, reparación o reemplazo de componentes y ensamblaje del equipo en cuestión. Según (Melgar - Gustavo, 2010) el mantenimiento Overhaul es un conjunto de actividades que tiene como objetivo realizar una inspección completa y programada de los equipos antes de que se presente cualquier falla, o cuando la confiabilidad del equipo se ha reducido significativamente y se vuelve arriesgado prever su capacidad productiva. Durante este proceso, se lleva a cabo una revisión exhaustiva de los equipos para restablecer su estado original de funcionamiento, como si recién hubieran salido de fábrica. Se reemplazan las piezas que se han desgastado por el rozamiento constante y las variaciones de temperatura inherentes al proceso.

2.2.6. Mantenimiento de equipos en minería

De acuerdo a (Watson, 1968), existen una serie de factores que afectan a las estrategias de mantenimiento en minería, las cuales se pueden apreciar en la Figura 2.3. Si la interacción de estos factores puede ser manejada de manera eficiente, entonces inevitablemente existirá una reducción del costo operacional por términos de mantención.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA



Figura 2.3. Factores que afectan las estrategias de mantención

Nota: (Watson, 1968)

Para Hartman y Mutmansky (2002), el mantenimiento en minería puede ser definido como "el conjunto de actividades técnicas y administrativas destinadas a conservar los equipos mineros en buen estado de operación, repararlos cuando fallan y renovarlos cuando se vuelven obsoletos, a fin de garantizar la disponibilidad de los equipos y la continuidad del proceso productivo" (Hartman, Mutmansky - Ramani, 2013, p. 629). En otras palabras, el mantenimiento en minería involucra una serie de medidas para garantizar el correcto funcionamiento de la maquinaria y equipo utilizado en las operaciones mineras, con el objetivo de minimizar los tiempos de inactividad y optimizar la productividad.

Amendola (2016) sostiene que las estrategias de gestión de activos se centran en maximizar la rentabilidad financiera y el retorno de la inversión para cada activo de una empresa. El mantenimiento Overhaul es una estrategia que tiene un gran impacto en la reducción de fallas en los activos. Para establecer un plan de Overhaul, es necesario evaluar las necesidades del equipo, identificar riesgos, definir retos y oportunidades, y tomar decisiones basadas en un conjunto de valores compartidos. Un equipo de trabajo conformado por personal de diversos departamentos, como operaciones, mantenimiento, finanzas, logística, seguridad industrial y proyectos de ingeniería, puede focalizar y organizar mejor los esfuerzos para obtener los mejores resultados en el Overhaul. El equipo encargado del Overhaul debe equilibrar el alcance de la revisión con los requerimientos y prioridades de la empresa, con el objetivo de reducir el tiempo del Overhaul y prolongar la operación de la planta, sin comprometer la integridad mecánica de los equipos o maquinaria, así como la confiabilidad operacional y humana.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.2.6.1. Pebbles

A. Manejo de pebbles generados

Los pebbles recolectados de la descarga de sobre tamaño de los zarandas de molienda SAG, que representan el 25% de la alimentación fresca, es decir, 1,585 toneladas por hora de pebbles (793 toneladas por hora por línea de molienda), en comparación con 6,341 toneladas por hora de mineral nominal, son transportados mediante dos correas transportadoras en serie de 151 y 89 metros de longitud respectivamente, hacia un acopio abierto de almacenamiento de pebbles con una capacidad viva de 1,750 toneladas. Este sistema cuenta con dos pesómetros, tres electroimanes y un regulador de velocidad, todos ubicados en la primera correa, para controlar el flujo y proteger la operación de alimentación del acopio.

En caso de que una de las correas colectoras se detenga, los pebbles se dirigen hacia el foso de derrames del área de molienda, donde se utiliza un acopio auxiliar de baja capacidad para apilar el mineral durante aproximadamente 45 minutos. Durante este tiempo se movilizan cargadores frontales y camiones para transportar los pebbles hacia el acopio de mineral grueso.

La descarga desde el acopio de pebbles hacia los chancadores se realiza mediante tres correas en paralelo, utilizando tres chutes tipo sombrero "mexicano". A su vez, las correas descargan en tres chutes de alimentación que van hacia los tres chancadores de pebbles. Cada chute cuenta con un desvío hacia la correa de descarga de los chancadores. Además, cada correa de alimentación está equipada con un sistema detector de metales que se encuentra enclavado con las compuertas de los chutes de alimentación de los chancadores. Cuando se detecta un elemento metálico en la correa, la carga es desviada hacia la correa de descarga de los pebbles chancados para proteger el funcionamiento de los chancadores.

La operación de chancado de pebbles se lleva a cabo en tres chancadores de tipo cono cabeza corta, cada uno con una potencia de 750 kW y una capacidad de diseño de 645 toneladas por hora. El objetivo es obtener un producto con una distribución de tamaño de partícula con un P80 de 13 mm, al 85% de su capacidad.

B. Manejo de pebbles chancados

El producto obtenido de los tres chancadores de pebbles se recoge en una única correa de 169 metros de longitud, que cuenta con un pesómetros para controlar la operación. Esta correa descarga en un chute de traspaso de tres vías. Para controlar la generación de polvo,

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

se ha incluido un sistema de supresión de polvo mediante neblina de agua atomizada tanto en la descarga de los chancadores como en el traspaso entre la correa y el chute.

El chute tiene dos vías operativas que permiten el retorno de los pebbles a la molienda SAG, y una vía tapada con un flange ciego que, en el futuro, se utilizará para enviar los pebbles a los molinos de bolas. El chute descarga sobre dos correas paralelas de 29 y 77 metros de longitud, las cuales están equipadas con un pesómetro y un variador de velocidad. Estas correas retornan los pebbles chancados a las correas de alimentación de cada línea del circuito SAG.

Aunque el funcionamiento normal del circuito implica la recirculación de los pebbles chancados hacia los molinos SAG, el diseño de la planta permite el retorno de pebbles sin chancar. Esta operación puede ser necesaria durante tareas de mantenimiento o si el detector de metales desvía alguno de estos chancadores.

2.2.7. Proceso de tamizado industrial

Es un método mecánico para clasificar materiales de formas y dimensiones variadas, colocándolos sobre superficies con perforaciones que permiten el paso de los granos más pequeños, mientras que los granos más grandes son retenidos y evacuados por separado. (Quispe Valeriano, 2018).

El tamizado es un procedimiento físico que se utiliza para separar mezclas de partículas de diferentes tamaños, a través de la utilización de un tamiz, colador o cualquier otro equipo de filtración disponible. Las partículas más pequeñas logran atravesar los poros del tamiz mientras que las partículas más grandes quedan retenidas. Un ejemplo común del tamizado es al espolvorear tierra sobre un tamiz, donde las partículas más finas caen a través de los poros mientras que las piedras y partículas grandes quedan retenidas. En la industria, los sólidos se colocan sobre la superficie del tamiz, permitiendo que las partículas más pequeñas pasen a través del tamiz mientras que las partículas más grandes no lo hacen. Un solo tamiz puede separar una mezcla en dos fracciones. Sin embargo, estas fracciones no están completamente dimensionadas, ya que solo se conocen los límites superior e inferior de tamaño de las partículas de cada fracción. Si se hace pasar el material a través de una serie de tamices de diferentes tamaños, se pueden separar las partículas en fracciones clasificadas por tamaño, donde se conocen tanto el tamaño mínimo como el máximo de las partículas en cada fracción. Aunque el tamizado se puede realizar en húmedo en algunas ocasiones, la mayoría de las veces se realiza en seco. (Carrasco Huamán, 2017)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.2.8. Tipos de tamizado

Se pueden encontrar muchos tipos de procesos de tamizado que se utilizan para diferentes fines, aunque en este caso solo se considerarán los más representativos. En la mayoría de las máquinas de tamizado, las partículas se separan por gravedad a través de las aberturas del tamiz. Sin embargo, en algunos casos, las partículas se forzan a través del tamiz utilizando un cepillo o la fuerza centrífuga. Algunas partículas pueden pasar fácilmente a través de aberturas grandes en una superficie estacionaria, pero otras requieren algún tipo de agitación, como sacudidas, giros o vibración mecánica o eléctrica. (Carrasco Huamán, 2017)

Se puede diferenciar diferentes tipos de tamizados según principio físico:

- Tamizado manual
- Tamizado giratorio
- Tamizado centrífugo
- Tamizado vibratorio

2.2.8.1. Tamizado manual

El tamizado manual, en su modalidad operativa, involucra la ejecución de un movimiento oscilante en el tamiz, con la intención de asegurar que la totalidad de la muestra sea distribuida de manera uniforme sobre toda la extensión de la superficie de tamizado. Este movimiento se acompaña de golpes secos intermitentes con la finalidad de propiciar el paso, a través de la malla, de aquellas partículas cuyo tamaño, en ausencia de dichos golpes, habría resultado en su retención en el tamiz.

2.2.8.2. Tamizado giratorio

El tamizado giratorio, en su configuración, se compone de un marco cilíndrico que se halla envuelto por una malla de alambre o una placa perforada, con aberturas en ambos extremos y una leve inclinación. Las cribas sometidas a este proceso exhiben un movimiento rotatorio a velocidades comparativamente reducidas, oscilando en el rango de 15 a 20 revoluciones por minuto. La capacidad de tamizado que ofrecen estas cribas no alcanza magnitudes de gran envergadura, y su eficacia se caracteriza por una relativa moderación en términos de rendimiento.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.2.8.3. Tamizado centrifugo

El tamizado centrífugo es un proceso de separación de partículas sólidas o materiales granulares que se basa en la aplicación de fuerza centrífuga para separar partículas de diferentes tamaños. Este proceso se utiliza comúnmente en industrias como la química, la alimentaria y la farmacéutica para purificar y clasificar materiales en función de su tamaño de partícula. Preparación del material: El material que se va a tamizar se coloca en un tambor o una caja especial diseñada para este propósito. Este material puede ser una suspensión de partículas sólidas en un líquido, polvos o gránulos. El tambor que contiene el material se coloca en una centrífuga, que es una máquina diseñada para girar a alta velocidad. Cuando se enciende la centrífuga, el tambor comienza a girar rápidamente. La fuerza centrífuga generada por la rotación del tambor empuja las partículas sólidas hacia las paredes del tambor, creando una capa de partículas a lo largo de las paredes internas del tambor. A medida que el tambor sigue girando, las partículas más grandes o pesadas tienden a moverse hacia la parte exterior del tambor debido a la fuerza centrífuga más intensa en ese punto. Por otro lado, las partículas más pequeñas o ligeras tienden a permanecer más cerca del centro del tambor. Para recoger las partículas separadas, se utiliza una serie de recolectores ubicados en diferentes puntos a lo largo del tambor. Estos recolectores pueden ser cuchillas, paletas o cribas, dependiendo de la aplicación y el diseño específico del equipo. Las partículas más grandes que se han desplazado hacia la pared del tambor se recogen y se separan de las partículas más pequeñas que permanecen en el centro.

2.2.8.4. Tamizado vibratorio

Los tamices vibratorios (figura 2.4) son máquinas que se utilizan para separar materiales sólidos en diferentes tamaños de partícula. La vibración se utiliza para ayudar a pasar el material a través de la malla o criba del tamiz. La vibración puede ser generada mecánica o eléctricamente, y se puede ajustar la frecuencia y amplitud de la vibración para optimizar la eficiencia del proceso de tamizado. La vibración mecánica en los tamices vibratorios se genera mediante el uso de un motor vibratorio que impulsa la criba o malla del tamiz. La vibración se transmite a través de la carcasa de la máquina y a los tamices inclinados, lo que ayuda a liberar el material que se encuentra en la superficie del tamiz y facilita su paso a través de la malla. Por otro lado, la vibración eléctrica se genera mediante el uso de grandes solenoides que transmiten la vibración directamente a la carcasa o a los tamices. La vibración eléctrica es más precisa y controlable que la vibración mecánica, lo que permite un mejor ajuste de la frecuencia y amplitud de la vibración. Los tamices vibratorios son menos

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

propensos a obstruirse que los tamices rotativos debido a su alta velocidad y pequeña amplitud de vibración. La vibración en estas máquinas puede ser generada mecánicamente o eléctricamente. En el caso de la generación mecánica, se transmiten las vibraciones desde excéntricas de alta velocidad hasta la carcasa de la unidad y desde ésta a los tamices inclinados. Por otro lado, en el caso de las vibraciones eléctricas, se generan mediante grandes solenoides y se transmiten directamente a la carcasa o a los tamices. (Salazar González (2014)



Figura 2.4. Zaranda con tamizado vibratorio

*Nota: (*Consejos de mantenimiento para mantener su criba vibratoria eficiente*, 2022)*

2.2.9. Mecanismos de reducción de tamaño

Reducción de tamaño, se refiere a cualquier forma de dividir un producto en trozos o partículas más pequeños, incluyendo el corte, la trituración, el aplastamiento y el picado. El tipo, la fuerza y el tiempo de las fuerzas aplicadas afectan al grado de reducción de tamaño, a la energía necesaria y al calor producido (Castelló Gómez et al., 2017).

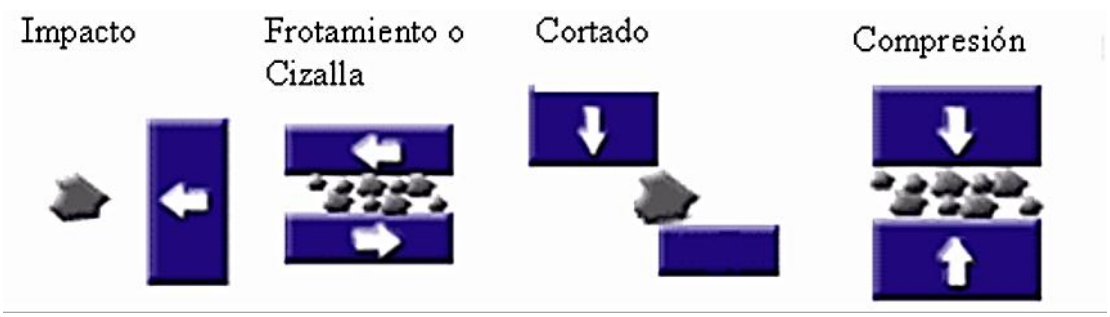


Figura 2.5. Tipos de fuerzas responsables de la reducción mecánica del tamaño de partículas

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Nota: (Castelló Gómez et al., 2017)

– **Abrasión:**

Cuando la energía es insuficiente para provocar la rotura de la partícula, se produce una fractura limitada.

– **Compresión**

Ocurre cuando la energía se aplica lentamente y es suficiente para hacer que la partícula se fracture, rompiéndose.

– **Impacto**

Las partículas se rompen en numerosos fragmentos con una gran variedad de tamaños cuando las energías aplicadas son mayores y más rápidas que las energías necesarias para romper las partículas.

2.2.9.1. Control del tamaño

Dentro de las etapas productivas de una mina está el control de tamaño, la cual se considera como una herramienta para clasificar en tamaños diferentes el material extraído y previamente chancado, para un post procesamiento. Para el procesado de mineral grueso, son usadas las zarandas como se puede observar en la figura 2.6.

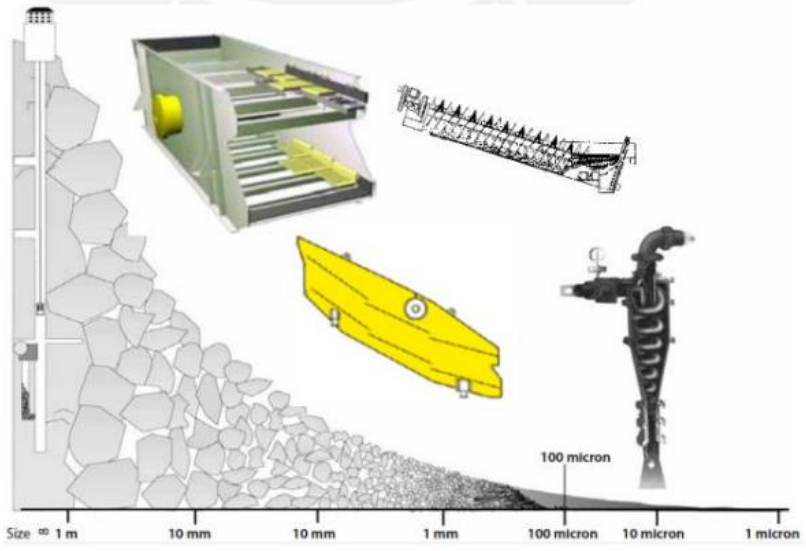


Figura 2.6. Equipos para control de tamaño en la clasificación del mineral

Nota: (Castelló Gómez et al., 2017)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

C. Métodos de clasificación

La velocidad de descenso de los granos a través de un medio fluido se utiliza para clasificar las combinaciones de minerales en dos o más productos. Este medio es frecuentemente el agua en el procesamiento de minerales, y la clasificación por vía húmeda suele ser el método más exitoso para las partículas minerales que son demasiado finas. Los conceptos de clasificación son importantes en la separación de minerales mediante técnicas gravimétricas, ya que la velocidad de las partículas en un medio fluido se ve afectada no sólo por su tamaño, sino también por su gravedad específica y su forma (Quispe Valeriano, 2018).

D. Tipos de clasificadores

En la actualidad se han creado muchos tipos diferentes de clasificadores. Sin embargo, basándose en la dirección del movimiento del fluido, pueden dividirse en dos categorías (Quispe Valeriano, 2018):

- Clasificadores de corriente vertical (clasificadores hidráulicos). Se distinguen por el retraso en la sedimentación porque las partículas se separan según su tamaño en una corriente vertical de agua. Las partículas pequeñas son arrastradas, dejando que las más grandes se asienten.
- Clasificadores de corriente horizontal (clasificadores mecánicos). Para la sedimentación libre. Se distinguen por la separación de las partículas en una corriente horizontal, que arrastra las partículas minúsculas mientras permite que las partículas gruesas se asienten. También disponen de un dispositivo mecánico para eliminar las partículas gruesas.
- Clasificación de materiales según el tamaño de partícula. La clasificación de materiales según el tamaño de partículas es un proceso común en la industria minera, que implica la separación de los materiales según su tamaño para su posterior procesamiento. Se utiliza tamices o cribas con diferentes tamaños de aberturas para separar los materiales según el tamaño de sus partículas. Esto ayuda a procesar los materiales de manera más eficiente, reducir el desgaste en los equipos y extraer los minerales de mayor valor. (AAGGP, 2010, p. 95).

2.2.10. Chute

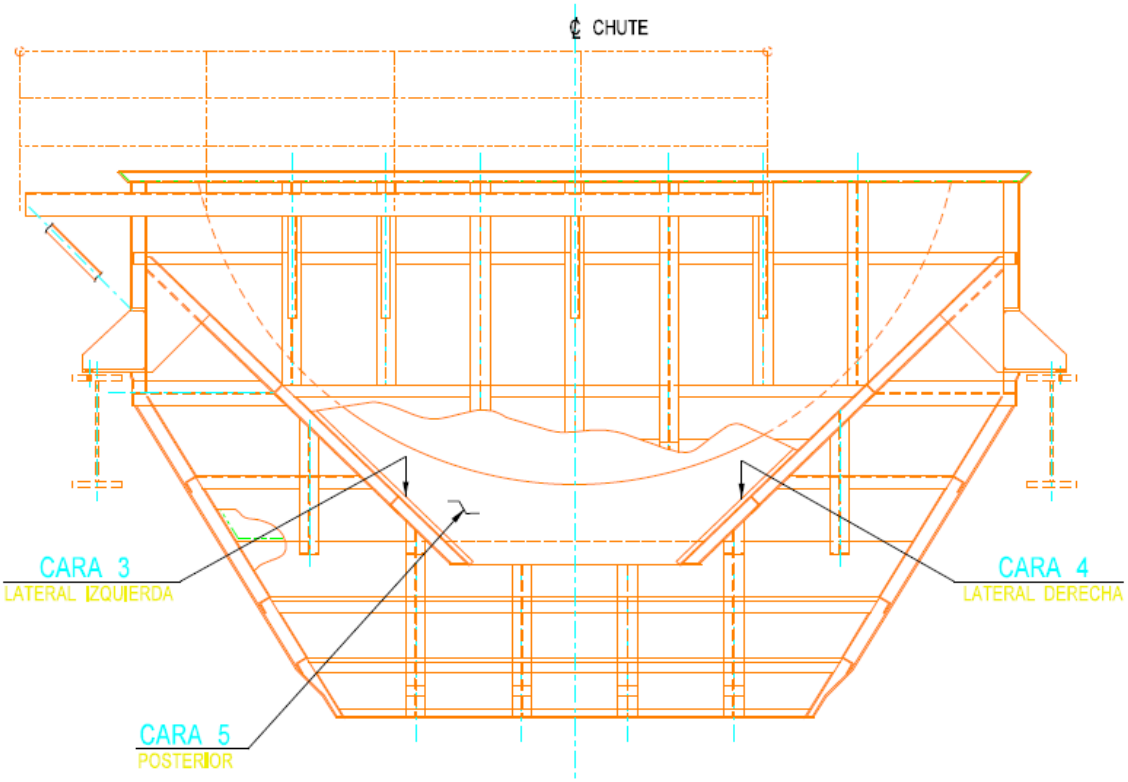
Un chute de descarga mostrada en la figura 2.7, es un equipo de almacenamiento de mineral ya sea grueso o fino, la cual se compone de dos partes: Una sección convergente situada en su parte inferior a la que se conoce como boquilla, la cual puede ser de forma

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

cónica o en forma de cuña, y una sección vertical superior que es la tolva propiamente dicha, la cual proporciona la mayor parte del volumen de almacenamiento de mineral. Permite el pase del molino a la zaranda.



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

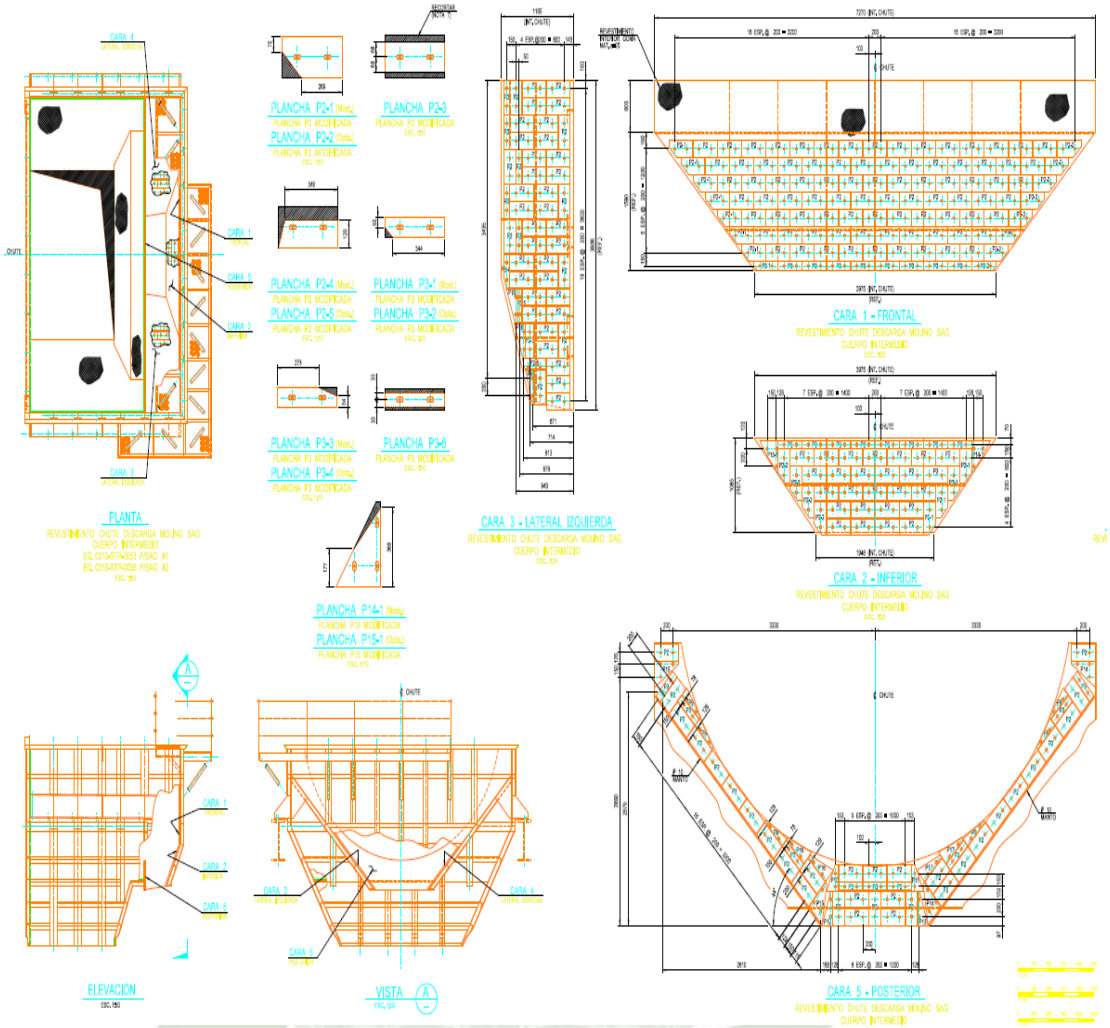


Figura 2.7. Chute de descarga de material

Fuente: Planos de unidad minera de referencia

2.2.11. Zaranda vibratoria

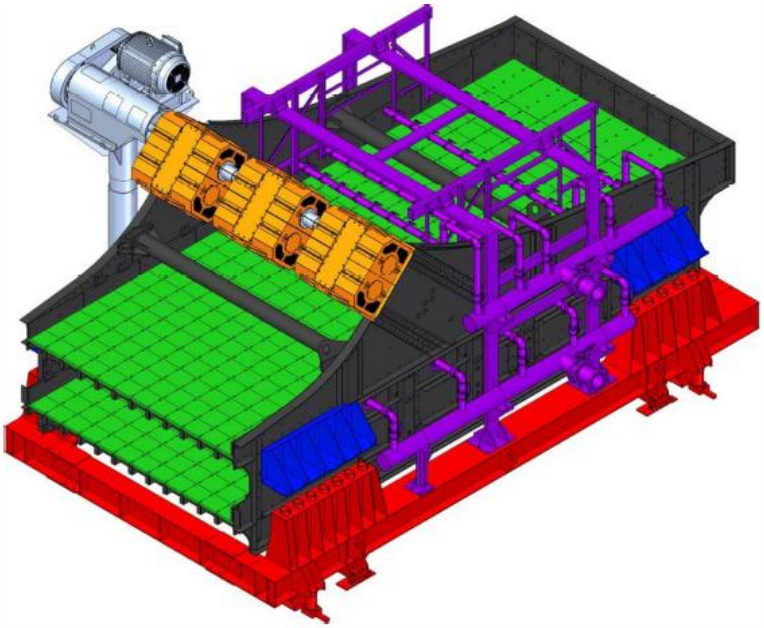
Las zarandas vibratorias (figura 2.1) son equipos para la clasificación de materiales, y funcionan estratificando el material entrante con la ayuda de un excitador que le proporciona movilidad. El material cae en una malla, separando los que pueden entrar de los que no, y como el movimiento sólo debe afectar al material y no a la estructura base, se utilizan aisladores de vibración activos para evitar daños en la estructura o en otros equipos. Una zaranda vibratoria lineal son los más utilizados en el ámbito minero.

Tras la trituración, los materiales se tamizan con una zaranda vibratoria. Puede cribar una amplia gama de materiales gracias a sus varias capas de diferentes tamaños. Se utiliza con frecuencia en la minería, la construcción, el transporte, la energía, la química y otras industrias para clasificar y cribar materiales (Aguilar Chavez et al., 2021).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA



Color	Parte de la máquina
	Motorización
	Accionamiento
	Suspensión
	Superficie de cribado
	Estructura (caja del harnero)
	Sistema de lavado
	Trolley

Figura 2.1. Zaranda vibratorio

Nota: Manual de RM-D HAVER-BOECKER 12FT X 24FT (2014)

Existen diferentes tipos de zarandas vibratorias, entre las cuales se encuentran (Jaramillo Mora, 2005):

- Zarandas vibratorias inclinadas de dos o tres camas: son utilizadas para clasificar materiales de tamaño medio y fino, y se componen de dos o tres camas con mallas de diferentes aberturas.
- Zarandas vibratorias circulares: son utilizadas para clasificar materiales en seco o en húmedo, y su movimiento circular permite una alta eficiencia en la separación.
- Zarandas vibratorias lineales: son utilizadas para clasificar materiales de tamaño fino y mediano, y su movimiento lineal permite una alta capacidad de producción.
- Zarandas vibratorias de alta frecuencia: son utilizadas para clasificar materiales finos, y su alta frecuencia de vibración permite una separación más eficiente.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 2.1 Ficha técnica de Zaranda HAVER-BOECKER 12FT X 24FT

Datos Técnicos	
Tag	0310-SCR-0001
Fabricante	HAVER - BOECKER / TYCAN
Modelo	RM-D 3,660 x 7,320 mm
Tipo	Doble deck
Tamaño	3,660 x 7,320 mm (12 x 24 pie)
Capacidad de diseño	1,619 ton/h
Capacidad nominal	1,408 ton/h
Potencia	75 kW
Abertura de deck superior	35 mm
Abertura de deck inferior	13 mm
Velocidad del motor	800 RPM
Material de mallas	Poliuretano
Alimentación pantalla (por pantalla)	EQUILIBRADO
Alimento sólido (ton / hr)	1,466
Alimentación de la suspensión (m^3 / h)	1,081
Sólidos de la suspensión (%)	70
Agua de lavado (m^3 / h)	300
Alimento sólido recomendado (ton / hr)	1,408
Vibration frequency (hz)	13.3
Horizontal stroke (mm)	8.9
Vertical stroke (mm)	8.9
Total acceleration (m/s^2)	4.5
Vibration strokes	
Medidas y pesos	
Longitud total	8,801 mm
Ancho total	6,165 mm
Altura total	3,846 mm
Peso total	43,000 kg

Nota: Manual de RM-D HAVER-BOECKER 12FT X 24FT

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

2.2.11.1. Características técnicas RM-D HAVER-BOECKER 12FT X 24FT

ZARANDA			
EQUIPO	HARNERO VIBRATORIO	TAG	0310 - SCR - 0001 @0003
TYPE	R - MD 3660 X 7320 mm	FABRICANTE	HAVER
PESO	38550 Kg.	AÑO DE FABRICACION	2012
PROPIEDADES DEL MATERIAL		DISPONIBILIDAD	
P/ FINES DE PESO - P/ FINESDE VOLUMEN	1.8 TON / 1.6 M3	HORAS / DÍA	24
ÁNGULO DE REPOSO (POR VOLUMEN / DE ÁREA)	40 / 37 °	DÍAS / AÑO	365
TEMPERATURA DE MATERIAL	30 ° C	UTILIZACIÓN%	92%
		NÚMERO DE EQUIPOS (OP / STBY)	3 (2 / 1)
		TEMPERATURA DEL SITIO (MIN / MAX)	- 9 to 22 °C
ALIMENTACIÓN PANTALLA. (POR PANTALLA)	EQUILIBRADO	DISEÑO	
ALIMENTO SÓLIDO (T / HR)	1 466	1 754	
ALIMENTACIÓN DE LA SUSPENSIÓN (M³ / H)	1 081	1 293	
SÓLIDOS DE LA SUSPENSIÓN (%)	70	70.0	
AGUA DE LAVADO (M³ / H)	300	820	
ALIMENTO SOLIDO RECOMENDADO (T / HR)	1408	1619	
VIBRATION FREQUENCY (HZ)	13.3	RPM	800
VIBRATION STROKES		MEDIDAS	
HORIZONTAL STROKE (mm)	8.9	Longitud total	8,801 mm
VERTICAL STROKE (mm)	8.9	Ancho total	6,165 mm
TOTAL ACCELERATION (m/s²)	4.5	Altura total	3,846 mm

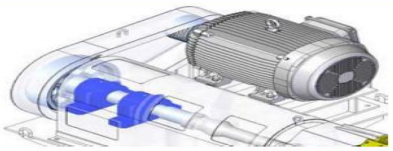
MOTOR ELECTRICO			
MARCA	WEG	DESCANSO LADO ACOPLE	6319-C3
POTENCIA HP (KW)	100 (75)	DESCANSO LADO ACOPLE	6316-C3
V	460	CANTIDAD DE GRASA DESCANSO LADO ACOPLE	45 gr.
A	117	CANTIDAD DE GRASA LADO TRASERO	34 gr.
RPM	1780	TIPO DE GRASA	MOBIL POLYREX EM 103 (ESSO)
NEMA NOM EFF	94.5	FRECUENCIA DE LUBRICACION	8000 HM
ENCL	TEFC IP55	VIBRACION DESCANSOS (ALARMA)	4.5 mm/s RMS
FRAME	444/51	VIBRACION DESCANSO (DESCONEXION)	6.5 mm/s RMS
FRECUENCIA	60 HZ	FRECUENCIA DE INSPECCION DE NIVELES DE RUIDO EN CARCASA DE COJINETES	1 A 4 MESES
COS ϕ	0.85	T. MAX	60 ° C
N° DE POLOS	4	T. AMBIENTE MAX.	40 °C
		PUNTO DE MEDICION	ANILLO EXTERNO DEL RODAMIENTO

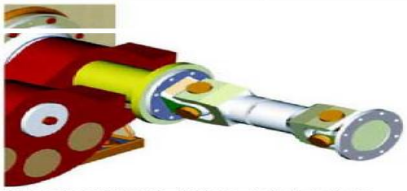
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

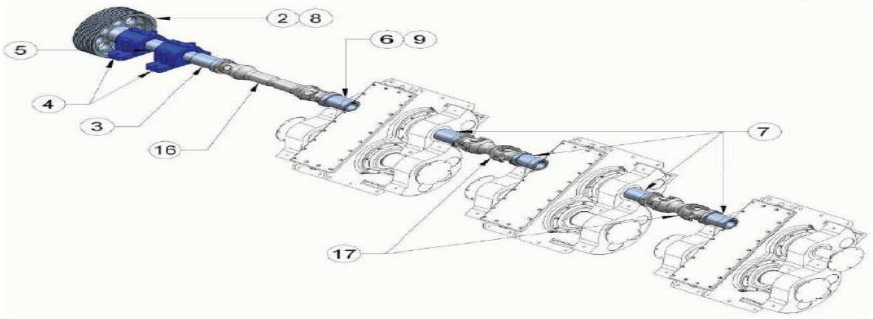
SISTEMA DE TRANSMISION	
RPM DRIVER PULLEY	1780
RPM DRIVEN PULLEY	800
DRIVER PULLEY P.D. (mm)	240
DRIVEN PULLEY P.D (mm)	530
NUMERO DE CANALES	8
NUMERO DE CORREAS	8
BELTH OF TYPE	5 "V" X 1060





ACCIONAMIENTO DIRECTO CON ACCIONAMIENTO DE JUNTA UNIVERSAL

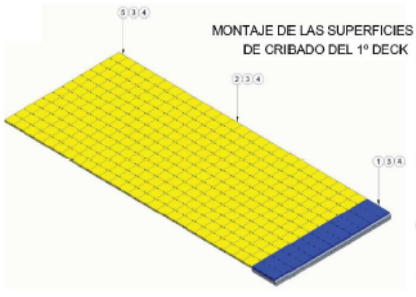
TIPO	ACCIONAMIENTO DE JUNTA UNIVERSAL - EJE CARDAN
UNIDADES DE ACOPLAMIENTO Y VIBRATORIAS	CARDAN SHAFT MU400 EXCITER
FRECUENCIA LUBRICACION	ENGRASE CADA 6 MESES
AMBIENTES CON DEMASIADO POLVO Y PRESENCIA DE ALTAS TEMPERATURAS	REDUCIR FRECUENCIA DE ENGRASE
TIPO DE GRASA	MOBILUX EP-2
CANTIDAD	150 gr. X BOQUILLA
NUMERO DE ACOPLES	3
N° DE BOQUILLAS DE ENGRASE	9

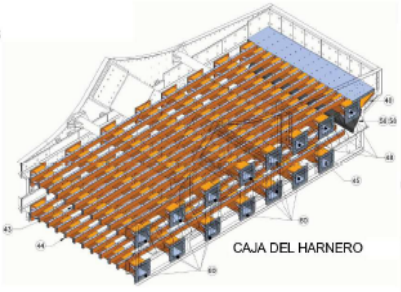


SISTEMA DE ACCIONAMIENTO			
FABRICANTE	VIMEC (MACCHINE VIBRANTI E IMPIANTI)	TEMPERATURA DE AMBIENTE	- 10 HASTA 40 °C
TYPE	MU 400 / 05	TEMPERATURA DE AMBIENTE MAX	70 ° C
AÑO DE FABRICACION	2013	CANTIDAD	3
TIPO DE LUBRICACION	ACEITE	EN CASO DE USO REDUCIDO O LARGOS PERIODOS DE PARADA, SE DEBE SIEMPRE CAMBIAR DESPUES DE 6 MESES EN EL MAXIMO.	
TIPO DE ACEITE	SHELL OMALA 150		
FRECUENCIA	1000 HM		
RPM	800	SISTEMA AUTOMÁTICO DE LUBRICACIÓN	BAÑO EN ACEITE

SUPERFICIE DE CRIBADO			
DECKS QUANTITY	2	MALLAS DE POLIURETANO DEL 1° DECK	312 UND.
ABERTURA CUBIERTASUPERIOR	35 mm	MALLAS SIN ABERTURA DEL 1° DECK	6 UND.
ABERTURA DE LA CUBIERTA INFERIOR	13 mm	MALLAS DE POLIURETANO DEL 2° DECK	300 UND.
TAMAÑO DE LA PANTALLA, ANCHURA X LONGITUD	3.7 x 7.3 m / (12 x 24) ft	MALLAS SIN ABERTURA DEL 2° DECK	12 UND.
ELEMENTOS DE FIJACION 1° DECK	728 pernos y 728 casquillos	ELEMENTOS DE FIJACION 2° DECK	676 pernos y 676 casquillos

Screening Surface	Top deck	Second Deck
Screen panel size "width/length" (B)	304.8/609.6 mm	304.8/609.6 mm
Material of construction	polyurethane	polyurethane
Screen panel thickness	aprox. 50 mm	aprox. 40 mm
Opening size	35 x 57 mm	13 mm
Opening shape	Rectangular	Rectangular
Open area	aprox. 43%	aprox. 28%
Available surface area	26.76 m²	26.76 m²





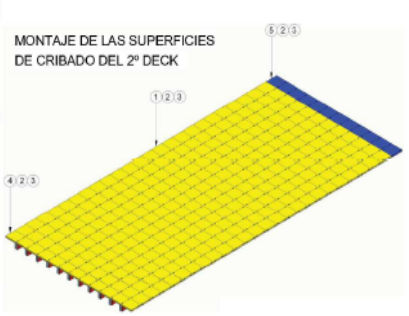


Figura 2.2. Ficha técnica de zaranda RM-D HAVER-BOECKER 12FT X 24FT

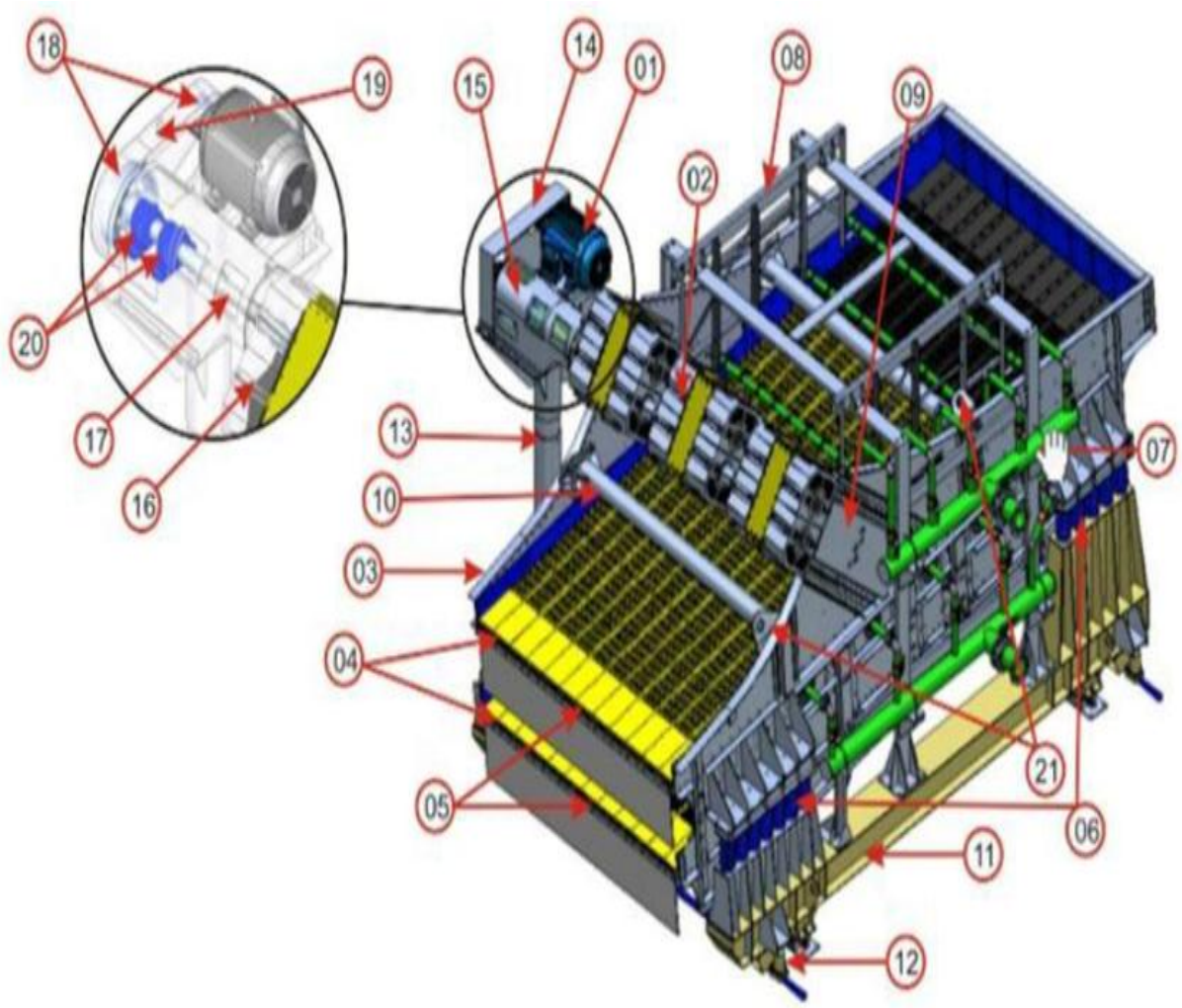
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.2.11.2. Partes de la zaranda vibratoria RM-D HAVER-BOECKER 12FT X 24FT

Tabla 2.2 Partes de zaranda RM-D HAVER-BOECKER 12FT X 24FT



1. Motor Eléctrico
2. Excitador (3 unidades)
3. Caja de Zaranda
4. Paneles de Poliuretano
5. Vigas o Rieles
6. Resortes
7. Sistema de Lavado
8. Soporte de Sistema de Lavado
9. Viga de Soporte de Exitadores
10. Soporte de Placas Laterales
11. Trolley
12. Cilindro Hidráulico (4 unidades)
13. Base de Motor Eléctrico
14. Protección de Accionamiento
15. Protección de Eje Cardan
16. Protección de Excitador
17. Eje Cardan
18. Polea (2 unidades)
19. Correa
20. Chumaceras Horizontales
21. Oreja de Izaje (4 unidades)

Figura 2.3. Estructura principal de zaranda vibratoria HAVER-BOECKER 12FT X 24FT

Nota: (Leon Paro, 2019)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.2.11.3. Taxonomía de Zaranda vibratoria

Tabla 2.3 Componentización de zaranda

N°	SISTEMAS	COMPONENTES
1	Accesorios de lavado	Sistema de Lavado
2		Trolley
3	Accionamiento	Chumaceras Horizontales
4		Cilindro Hidráulico (4 unidades)
5		Correa
6		Eje Cardan
7		Viga de soporte de excitadores
8	Motorización	Excitador (3 unidades)
9		Base de Motor Eléctrico
10		Motor Eléctrico
11		Paneles de Poliuretano
12		Polea (2 unidades)
13	Seguridad	Protección de accionamiento
14		Protección de eje Cardan
15		Protección de excitador
16	Superficie de Cribado	Cribas
17		Caja de Zaranda
18		Orejas de izaje (4 unidades)
19		Resortes
20		Soporte de placas laterales
21		Soporte de sistema de lavado
22		Vigas o Rieles

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

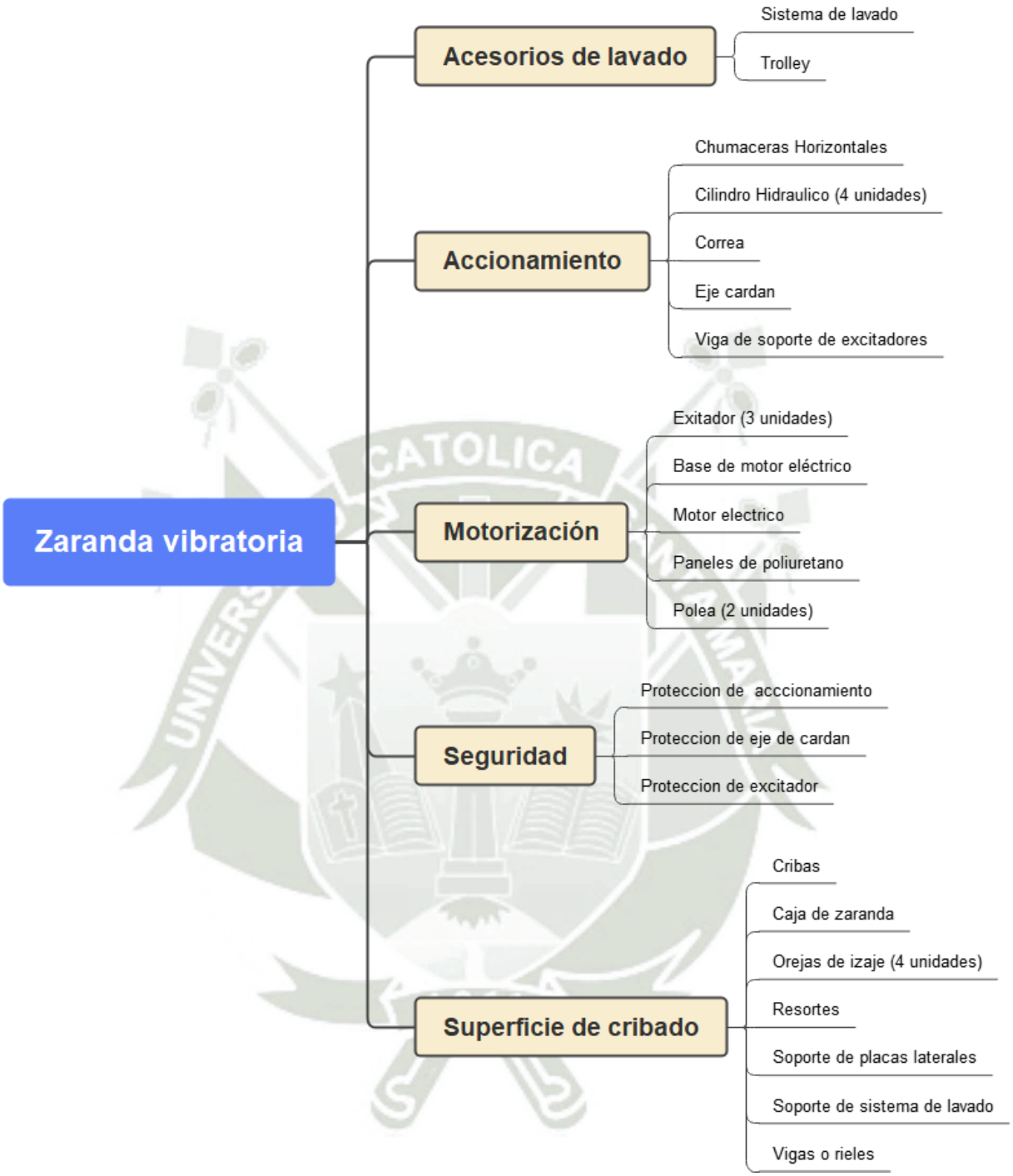


Figura 2.4. Taxonomía de Zaranda vibratoria

Fuente: Elaboración propia

A. Motorización

– **Directa**

Está hecha acoplándose el motor directamente al eje de los excitadores.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

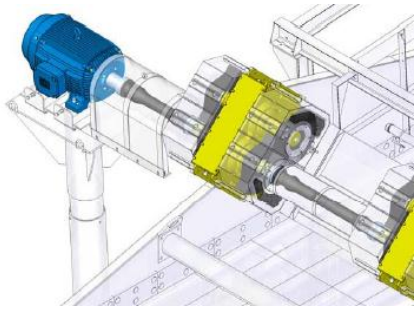


Figura 2.5. Motorización directa

Nota: Manual de RM-D HAVER-BOECKER 12FT X 24FT (2014)

– **Poleas y correas**

Como se puede observar en la figura 2.6, consiste en fijar una polea en el motor y otra en la línea del eje de los excitadores y la interconexión a través de una correa.

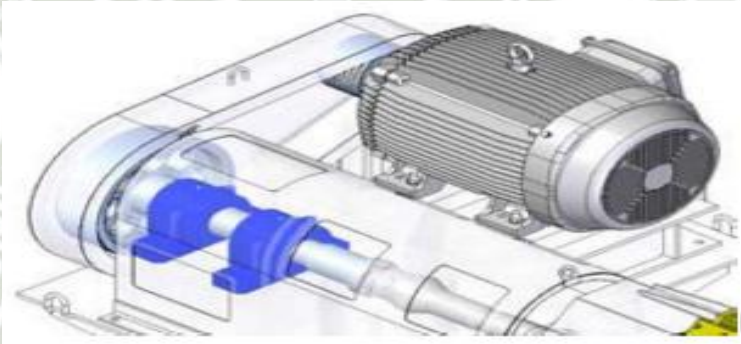


Figura 2.6. Motorización por poleas y correas

Nota: Manual de RM-D HAVER-BOECKER 12FT X 24FT (2014)

B. Accionamiento

La activación de las zarandas del R-MD se hace por uno, dos o hasta 3 excitadores, cuando se hacer por más de excitador, se montan los ejes cardanes entre los excitadores.

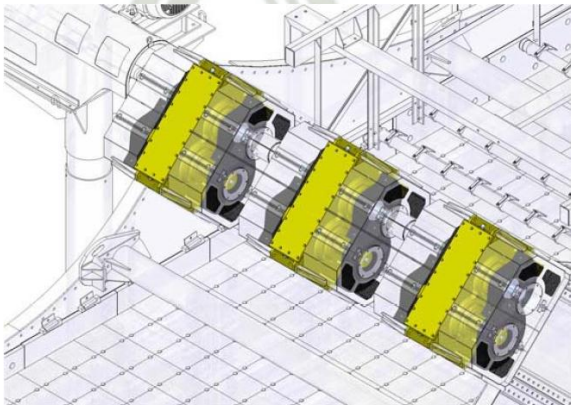


Figura 2.7. Accionamiento por excitadores

Nota: Manual de RM-D HAVER-BOECKER 12FT X 24FT (2014)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

C. Suspensión

La suspensión de realiza de 3 maneras:

1. Por resortes
2. Por elementos de rosta
3. Por resortes o elementos de rosta con cuadro de aislamiento y amortiguadores

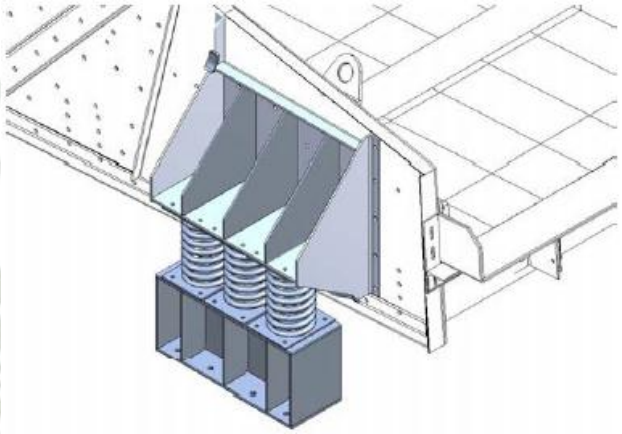


Figura 2.8. Suspensión por resorte

Nota: Manual de RM-D HAVER-BOECKER 12FT X 24FT (2014)

D. Superficie de cribado

Las superficies de cribado que puedes presentar estos tipos de zarandas son:



Figura 2.9. Características técnicas de Sistema de cribado de zaranda

– **Alambreras o mallas**

También conocidas como mallas por estar hechas de alambre de telares (figuras 2.10 y 2.11), son aplicadas para el cribado de materiales secos y no el uso de agua en su selección, pueden trabajar a temperaturas más altas que los paneles de caucho o poliuretano. Se montan con sus garras que le permiten estirar.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

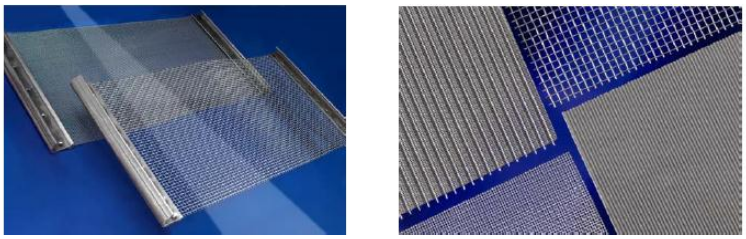
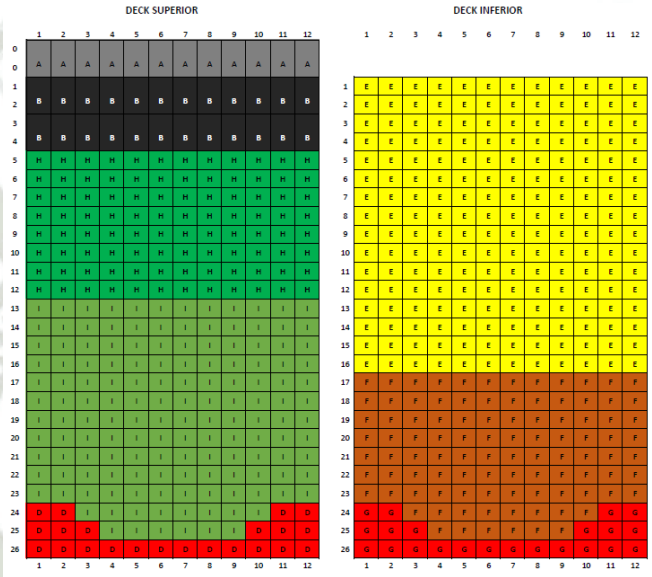


Figura 2.10. Alambreras

Nota: Manual de RM-D HAVER-BOECKER 12FT X 24FT (2014)



DECK SUPERIOR

CODIGO SAP	PLANO	UBIC.	DESCRIPCION	CANT. INST.	STOCK 27/1/2021
10313770		A	MALLA CIEGA LATERAL 609.6x722 mm H=65mm	2	22
10313771		A	MALLA CIEGA CENTRAL 609.6x722 mm H=65mm	4	8
10313772		A	LIFTER 55x720 H=60mm	5	10
10292110		B	MALLA 2x1 H=65mm SLOT 34x55 CON RESALTES	24	181
10380178		H	MALLA 1x1 H=65mm SLOT 34x55mm Bycapa	96	220
10199126		I	MALLA 1x1 H=50mm SLOT 34x55mm BYCAPA	146	267
10292111		D	MALLA CIEGA 1x1 H=50mm	10	34
10292112		D	MALLA CIEGA 304.8x271 H=50mm	12	59
10301115			CONJUNTO PIN-CAMISA PARA MALLAS H=65mm	280	735
10198597			CAMISA PARA MALLAS H=50mm	340	590
10200522			PIN,1ST DECK,POLYURETH,SIOM2014-P077-008	340	630

DECK INFERIOR

CODIGO SAP	PLANO	UBIC.	DESCRIPCION	CANT. INST.	STOCK 27/1/2021
10394896	I2014-P077-0	E	MALLA 1x1 SLOT 16x16 H=40mm BIDUREZA	192	291
10199127		F	MALLA SLOT 13x13mm H=40mm BIDUREZA	98	342
10198600		G	MALLA 1x1 CIEGA H=40mm	10	20
10200524		G	MALLA CIEGA 304.8x271mm H=40mm	12	24
10200523			CONJUNTO CAMISA	624	1248
10198599			PIN,POLYURETH,2ND DECK,SIOM2014-P077-008	624	1248

Figura 2.11. Configuración de mallas

Nota: Manual de RM-D HAVER-BOECKER 12FT X 24FT (2014)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

– **Paneles**

Están hechos de poliuretano o de goma, siendo el primero aplicable a materiales secos o con poca humedad. El segundo es el más adecuado para el cribado de materiales con alta humedad, pulpa de mineral o cribado con agua añadida. Estos dos tipos de paneles no soportan el calor debido a la baja resistencia al sobrecalentamiento de los componentes. Ambos sistemas de ajuste pueden ser de los tipos:

1. Snap deck (cubierta de seguridad)
2. Pasadores

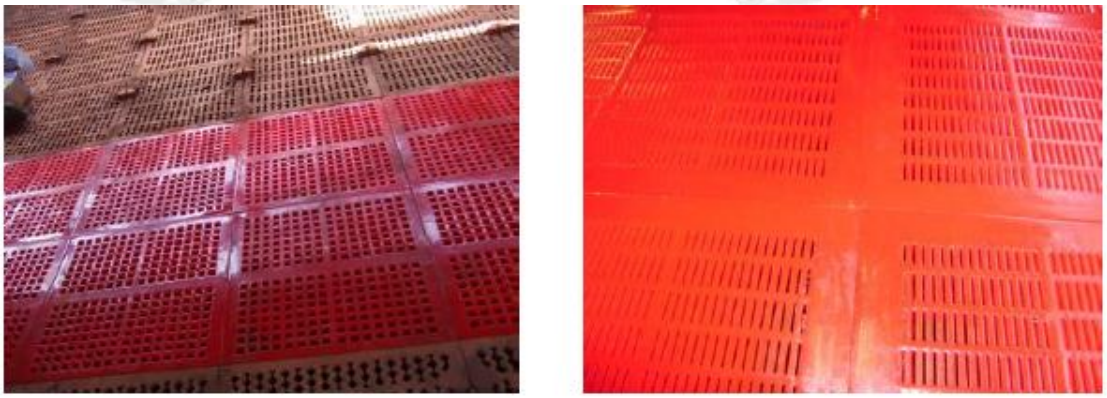


Figura 2.12. Paneles de poliuretano

Nota: Manual de RM-D HAVER-BOECKER 12FT X 24FT (2014)

– **Placas**

Están hechas acero o de aleación dura fundido con espesores superiores a 2”. Son muy resistentes al impacto, siendo aplicadas a cribados más gruesos, con poca humedad y que no utilicen agua en el proceso. Su ajuste es atornillado.



Figura 2.13. Zaranda de placas

Nota: Manual de RM-D HAVER-BOECKER 12FT X 24FT (2014)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

– **Hojas**

Están hechas de acero con espesores menores que las placas y tienen en su parte superior un electrodo en el CPD, que da a la propiedad y la superficie de trabajar bajo temperaturas y materiales muy abrasivos. Su ajuste se hace por un sistema de regla al lado, lo que le permite un fácil cambio de las hojas.



Figura 2.14. Hojas

Nota: Manual de RM-D HAVER-BOECKER 12FT X 24FT (2014)

E. Accesorios de lavado

– **Sistema de lavado**

El sistema de lavado consiste solamente de tubos y conexiones controlados por válvulas de bola y válvulas de mariposa, y su función es lavar el material que se tamizará. Las válvulas de bola están distribuidas en todas las líneas transversales de lavado, lo que permite controlar la posición de lavado en cada piso. En cuanto a las válvulas de mariposa, permiten abrir o cerrar el suministro general de agua para el primer y el segundo piso.

El sistema de lavado se suministra normalmente con una estructura metálica que sostiene los tubos de soporte de carga de agua.

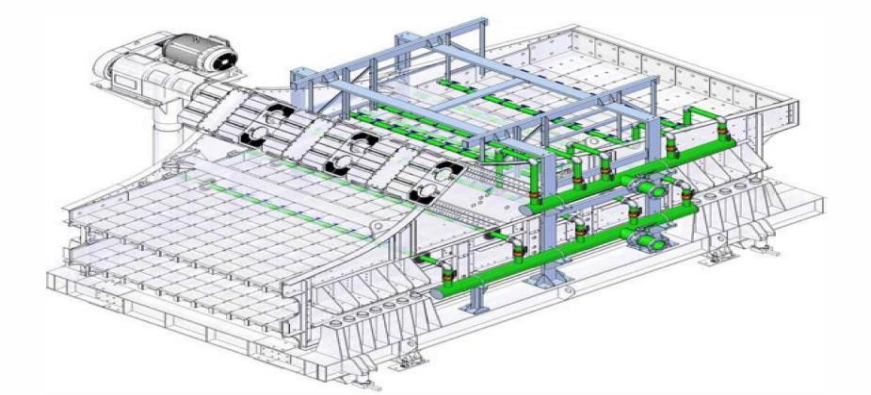


Figura 2.15. Zaranda con sistema de lavado

Nota: Manual de RM-D HAVER-BOECKER 12FT X 24FT (2014)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

– **Trolley**

El trolley ha sido concebido con el propósito de conferirle una articulación a la zaranda, otorgándole la capacidad de modificar su posición espacial de manera versátil. El propósito es llevar a cabo el proceso de cribado con dos zarandas control, uno en funcionamiento y otro en "stand by". La zaranda que está en "stand by" será sometido a mantenimiento y estará listo para la operación mientras el otro requiera mantenimiento.

El trolley está compuesto de cuatro ruedas y argollas que permiten el movimiento de la zaranda. Por lo tanto, ese movimiento se produce en una sola dirección y sólo en los rieles.

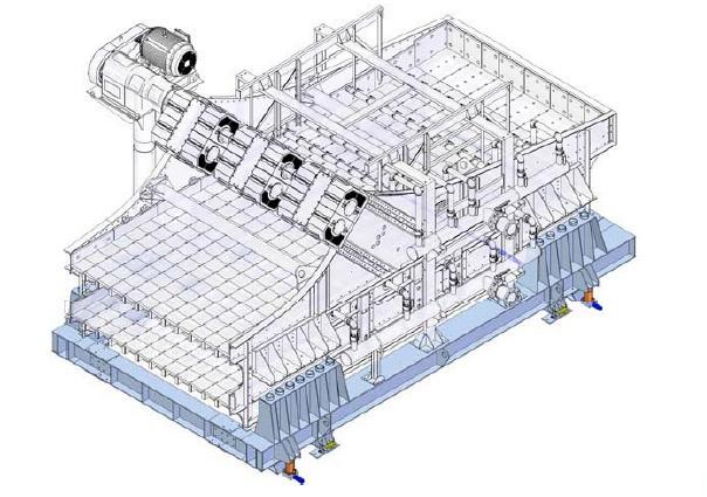


Figura 2.16. Trolley

Nota: Manual de RM-D HAVER-BOECKER 12FT X 24FT (2014)

2.2.11.4. Funcionamiento de Zaranda RM-D HAVER-BOECKER 12FT X 24FT

La criba vibratoria opera mediante la acción de un motor eléctrico con transmisión indirecta a través de poleas y correas de transmisión, que produce vibración mediante un eje y tres excitadores. La resistencia del peso muerto de la estructura y la fuerza centrífuga se soportan mediante amortiguadores estacionarios o soportes exteriores adheridos a la estructura de soporte, tales como resortes helicoidales de alta resistencia. El mineral se separa según sus dimensiones al pasar a través de las aberturas de los paneles de la criba. Las partículas más finas forman el flujo de undersize, mientras que las partículas gruesas continúan sobre los paneles formando el flujo de oversize. En particular, las cribas vibratorias R-MD tienen dos pisos que permiten la clasificación del mineral en tres flujos: el oversize del primer y segundo piso se dirige al chute de descarga para ser transportado mediante correas a la planta de chancado de pebbles, mientras que el undersize del segundo piso se deposita en la canaleta de descarga (cajón SUL) para ser posteriormente enviado al

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

circuito de molienda secundaria. (Manual de RM-D HAVER-BOECKER 12FT X 24FT (2014))

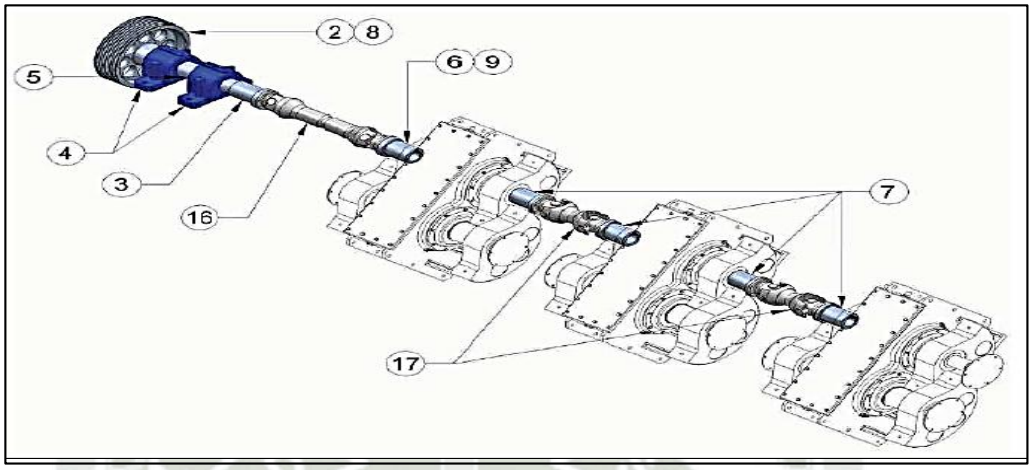


Figura 2.17. Transmisión del movimiento generado por el motor a los excitadores

Nota: Manual de RM-D HAVER-BOECKER 12FT X 24FT (2014)

Con el fin de agilizar la separación, la zaranda opera mediante pequeños movimientos circulares que se logran a través de tres excitadores. Estos excitadores se componen de un eje largo que se apoya sobre rodamientos de rodillos y en cuyos extremos se montan las masas excéntricas. De esta manera, la vibración es generada para que la zaranda realice su función de separación.



Figura 2.18. Excitador de zaranda

Nota: (Alex Buheso - Pachas Lovon, 2019)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

A. Etapas de inspección y montaje de excitadores Haver

Verificar la posición y el tipo de material de los insertos instalados en los excitadores en operación.

Bajo ninguna circunstancia, los excitadores deben tener configuración diferente de insertos; ya sea en posición, cantidad y tipo de material.

Es importante la verificación de la configuración de insertos en los contrapesos instalados del equipo en operación, a fin de garantizar la misma masa en todos los contrapesos y evitar roturas, fallas inesperadas en el equipo.

– **Identificación de material aplicado en los insertos**

Los insertos son instalados en los contrapesos de los excitadores para el incremento de la amplitud y consecuentemente la aceleración. Por eso es de suma importancia que no sean instalados los insertos de material (masa/peso) diferentes, para evitar daños severos en el conjunto vibrante. Generalmente los insertos utilizados son de acero y / o plomo, estos presentan características distintas entre ellos.



Figura 2.19. Material aplicado para insertos

Nota: Elaboración propia

El inserto de plomo es muy blando y altamente maleable, para una fácil identificación, podemos rayarlo con un rayador industrial, la cual se arcará con facilidad, a diferencia del inserto de acero.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

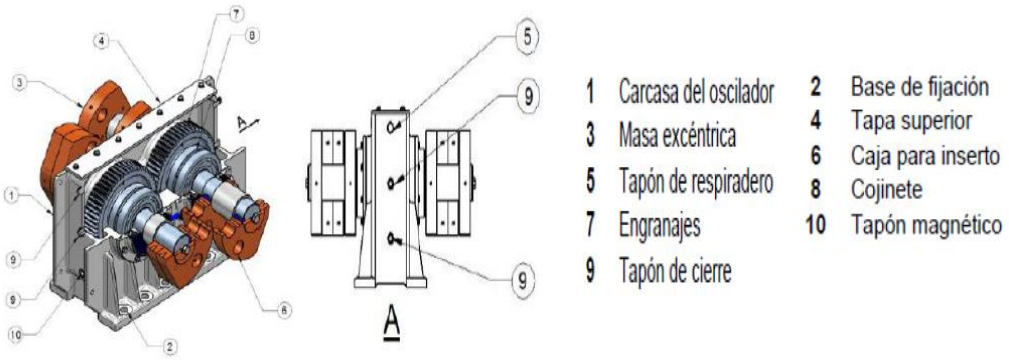


Figura 2.20. Excitadores Haver - componentes externos

Nota: Manual de RM-D HAVER-BOECKER 12FT X 24FT (2014)

Tabla 2.4 Configuración de insertos - rotación máxima y momento estático

MODELO OSCILADOR		HB 25		HB 55		HB 85		HB 115		HB 115 LT	
		kgmm	RPM	kgmm	RPM	kgmm	RPM	kgmm	RPM	kgmm	RPM
	ACERO	10.719	1500	25.519	1.200	36.253	1.050	45.894	1.150	45.927	1.150
	PLOMO	10.719		25.519		36.253		45.894			
	ACERO	12.593	1300	29.731	1.050	42.918	1.050	55.177	1.000	58.397	1.000
	PLOMO	13.431		31.608		45.881		59.317			
	ACERO	13.601	1300	31.674	1.050	46.496	1.000	60.909	950	66.105	950
	PLOMO	14.886		34.423		51.062		67.611			
	ACERO	15.411	1200	35.604	950	52.933	900	70.195	900	78.575	900
	PLOMO	17.503		40.102		60.369		81.028			
	ACERO	15.481	1200	35.884	950	53.172	900	70.196	900	78.575	900
	PLOMO	17.603		40.504		60.721		81.025			
	ACERO	17.291	1100	39.809	900	59.612	850	79.479	850	91.046	850
	PLOMO	20.221		46.188		70.026		94.452			
	ACERO	18.300	1100	41.759	850	63.186	850	85.219	800	98.753	800
	PLOMO	21.677		48.994		75.196		102.740			
	ACERO	20.173	1000	45.969	750	69.857	750	94.495	750	111.224	750
	PLOMO	24.392		55.087		84.843		116.170			
○ PESO ADICIONAL NO MONTADO						● PESO ADICIONAL MONTADO					

Nota: Manual de RM-D HAVER-BOECKER 12FT X 24FT (2014)

Cada uno de los mecanismos que accionan la zaranda vibradora están compuestos por ejes que giran en sentido opuesto a la misma velocidad. De esta forma, la fuerza centrífuga producida por los contrapesos, F1 y F2, se suman para crear una fuerza de excitación en línea recta (Fr), mientras que las componentes perpendiculares se cancelan entre sí. La masa excéntrica del mecanismo vibratorio se logra a través de la suma de la masa de los contrapesos multiplicada por la distancia entre el centro de gravedad y el punto de giro del eje. La fuerza de excitación generada por el mecanismo vibratorio puede ajustarse gradualmente mediante el cambio en el desfase angular entre el contrapeso móvil y el fijo,

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

lo que afecta la masa excéntrica y, por lo tanto, la fuerza de excitación. (Alex Buheso - Pachas Lovon, 2019)

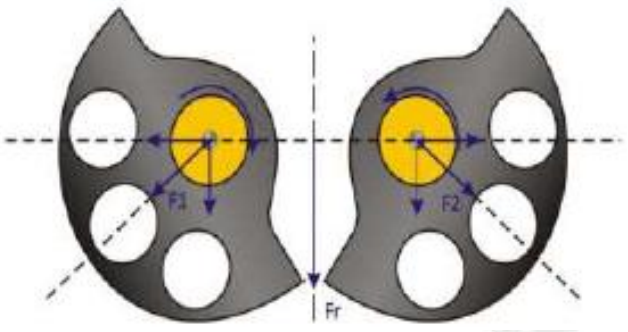


Figura 2.21. Movimiento de contrapesos (1/2)

Nota: (Alex Buheso - Pachas Lovon, 2019)

El desfase angular es inversamente proporcional al momento excéntrico, lo que a su vez afecta la amplitud de la vibración. Una amplitud reducida retiene las partículas en las aberturas de la malla, mientras que una amplitud elevada provoca una mayor producción y evita la obstrucción de los paneles mediante el salto de las partículas. Por lo general, se usa una amplitud alta con partículas gruesas cuando la carga en los paneles es elevada y una amplitud baja para partículas finas.

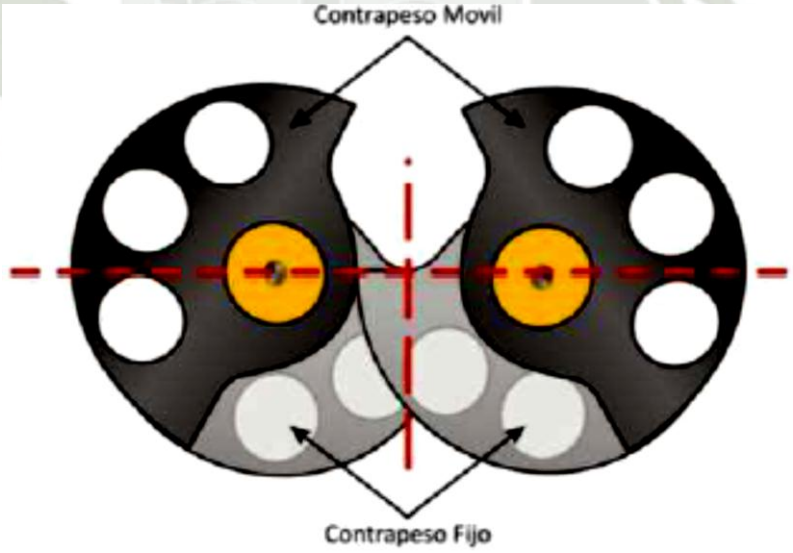


Figura 2.22. Movimiento de contrapesos (2/2)

Nota: (Alex Buheso - Pachas Lovon, 2019)

Se recomienda que la zaranda vibratoria no supere una aceleración máxima de 4,5 g y es importante tener en cuenta que la rotación del equipo afecta este valor. Para garantizar que la zaranda opere dentro de los límites de aceleración recomendados, se pueden utilizar acelerómetros para monitorear los parámetros y registrar los datos de aceleración, vigilar la

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

respuesta y alertar en caso de fallos en la zaranda. Es necesario tener en cuenta algunos datos operacionales, ya que las zarandas R-MD no pueden operar si se presentan situaciones como holguras en los ejes cardanes, quiebre del cardán intermedio o desequilibrio en los contrapesos de los excitadores. (Alex Buheso - Pachas Lovon, 2019)

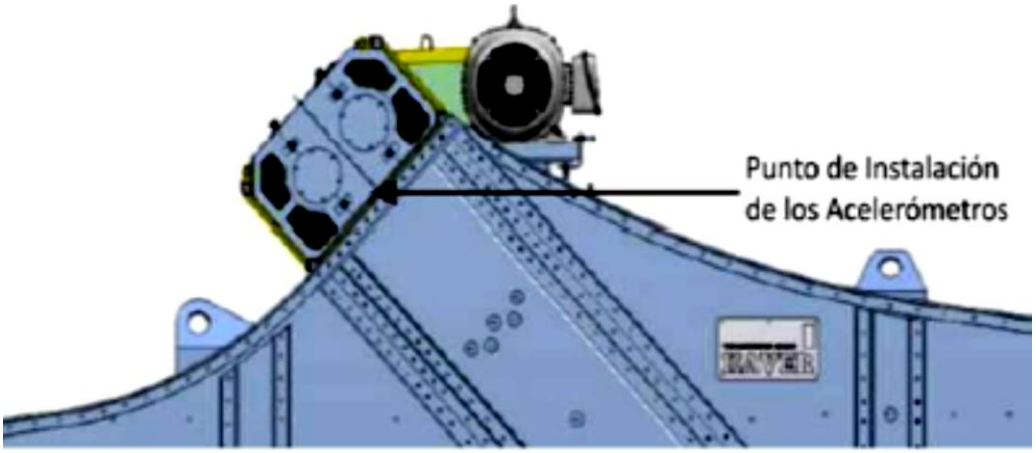


Figura 2.23. Monitoreo de la aceleración

Nota: (Alex Buheso - Pachas Lovon, 2019)

2.2.11.5. Mantenimiento de Zaranda RM-D HAVER-BOECKER 12FT X 24FT

Según P. Bloch y F. K. Geitner (2006), el mantenimiento overhaul en zarandas es un tipo de mantenimiento correctivo que se realiza periódicamente y que incluye la verificación de los componentes mecánicos y eléctricos, la sustitución de aquellos que han superado su vida útil y la revisión del sistema de alimentación y descarga de los materiales para garantizar su correcto funcionamiento (Bloch - Geitner, 2006).

El fabricante Haver - Boecker recomienda seguir las siguientes indicaciones (Anexo 8):

- Inspeccionar y limpiar la zaranda regularmente para evitar la acumulación de material en las aberturas de la malla.
- Revisar el estado de las mallas y paneles de la zaranda y reemplazarlos si están dañados o desgastados.
- Lubricar los componentes mecánicos de la zaranda, como los ejes y los rodamientos, según lo recomendado por el fabricante.
- Inspeccionar y ajustar los motores y los accionamientos para garantizar un funcionamiento suave y eficiente.
- Realizar un mantenimiento preventivo regular, incluyendo inspecciones periódicas y mantenimiento programado.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Esencialmente se realizan dos tipos de mantenimiento a las zarandas:

- El mantenimiento preventivo en zarandas es una estrategia de mantenimiento que busca prevenir fallas y alargar la vida útil de las zarandas mediante inspecciones regulares, limpieza y lubricación de componentes, y ajustes necesarios. Según R. Keith Mobley (2002), el mantenimiento preventivo en zarandas implica la revisión periódica de las condiciones de operación, la identificación temprana de problemas y la implementación de medidas para prevenir fallas y reducir el tiempo de inactividad no planificado (Mobley, 2002).

2.3. Glosario de Términos

- Optimización: Proceso de mejorar la eficiencia y efectividad de un procedimiento o sistema.
- Procedimiento de mantenimiento: Conjunto de actividades planificadas y ejecutadas para preservar el buen funcionamiento de una máquina o equipo.
- Disponibilidad: Medida de la capacidad de un equipo para estar operativo en un momento determinado.
- Haver - Boecker: Empresa líder en la fabricación de equipos de separación y clasificación de materiales.
- Unidad minera: Área de extracción de minerales y materiales relacionados.
- Eficiencia: Medida de la relación entre la producción obtenida y los recursos utilizados.
- Efectividad: Medida de la capacidad de un procedimiento o sistema para alcanzar los objetivos establecidos.
- Equipo minero: Conjunto de maquinarias y equipos utilizados en la extracción de minerales.
- Plan de mantenimiento: Documento que establece las acciones necesarias para mantener en buen estado los equipos y máquinas.
- Costo de mantenimiento: Gastos en los que se incurre para llevar a cabo las acciones de mantenimiento.
- Fiabilidad: Capacidad de un equipo para cumplir su función sin presentar fallas o interrupciones.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO III

3. PROPUESTA DE MEJORA

3.1. Diagnostico situacional

3.1.1. Información general de la empresa

La empresa se dedica a la ejecución de proyectos mecánicos y eléctricos, y proporciona servicios de mantenimiento para plantas industriales y plantas concentradoras. Además, ofrecen alquiler de camiones grúa de distintas capacidades. Con más de 10 años de experiencia en el sector minero, han trabajado en diversas áreas del sur y centro del país, incluyendo Arasi - Puno, Antapaccay - Cusco, Challhuahuacho - Cusco, Churin - Norte de Lima, Arequipa y Matarani - Ilo.

La Empresa de Servicios de Mantenimiento brinda los siguientes servicios:

1. Alquiler de camiones grúa, y cuenta con más de 10 años de experiencia en este rubro. Han trabajado en diversas zonas del sur del país. La empresa cuenta con un equipo de profesionales altamente capacitados y certificados, lo que garantiza la calidad del trabajo realizado.
2. Desarrollo de obras mecánicas y eléctricas, así como al mantenimiento de plantas concentradoras e industriales. Con más de 10 años de experiencia en el sector minero, cuentan con la infraestructura necesaria para llevar a cabo proyectos de alta demanda en su totalidad, y mantienen una comunicación continua con el cliente con el objetivo de ofrecer un producto final que supere sus expectativas.
3. Se especializa en el cambio de revestimiento de molinos, y se esfuerza por garantizar la satisfacción total de sus clientes ofreciendo los más altos niveles de calidad en sus servicios.

3.1.1.1. Misión

La misión de la empresa es proporcionar a sus clientes un servicio de alta calidad que combine eficiencia tecnológica y profesionalismo, utilizando normas nacionales e internacionales de calidad y seguridad para ofrecer productos altamente competitivos.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.1.1.2. Visión

La visión de la empresa es convertirse en la mejor compañía en la ejecución de proyectos y servicios en el sector minero, utilizando la tecnología más avanzada y contando con un equipo altamente capacitado. La empresa se esforzará por garantizar la seguridad, la calidad, el cumplimiento y la protección del medio ambiente en todas sus operaciones, y aspira a ser reconocida por ello.

3.1.1.3. Organigrama de la empresa

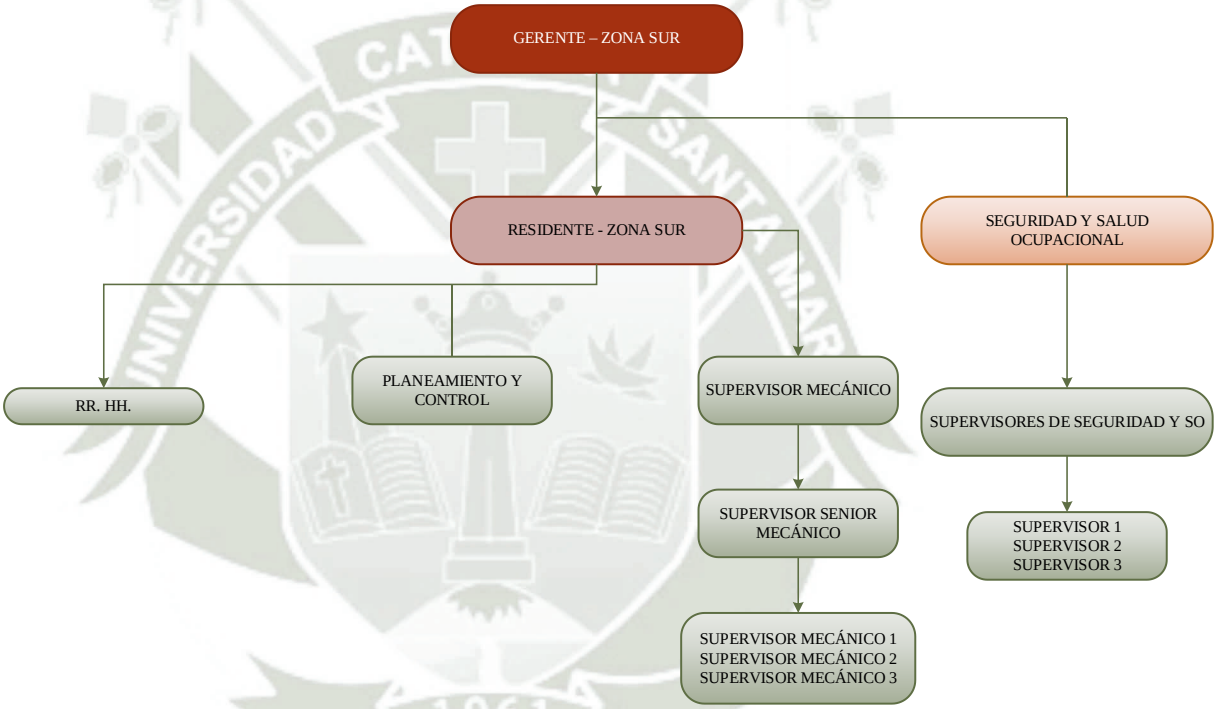


Figura 3.1. Organigrama de la empresa de referencia

Nota: Elaboración propia

3.1.1.4. Equipo de trabajo

El personal está capacitado para realizar las actividades de mantenimiento. Está conformado por:

- Gerente
- Jefe de operaciones
- Residente
- Líder de seguridad

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Supervisor de Seguridad
- Supervisor de Campo
- Soldador
- Mecánico Líder
- Operario Mecánico 1, 2, 3
- Rigger
- Vigía

3.1.2. Resultado recopilación de datos

3.1.2.1. Resultado de análisis documental

Analizando los servicios realizados por la empresa, la presente investigación se enfoca en la problemática con el mantenimiento Overhaul de las zarandas, tienen la frecuencia promedio de 90 días para realizar el siguiente Overhaul, como se puede apreciar en la tabla siguiente:

Tabla 3.1 Tiempo de operación de zarandas

Zaranda	Tiempo de operación (Días aprox.)	Estado
ZARANDA #01 0310-SCR-0001	82	
ZARANDA #04 0310-SCR-0004	79	
ZARANDA #05 0310-SCR-0004	83	
ZARANDA #06 0310-SCR-0006	67	
ZARANDA #01 0310-SCR-0001	80	En Operación
ZARANDA #04 0310-SCR-0004	74	En Operación
ZARANDA #05 0310-SCR-0005	En Stand By	

Nota: Datos de la unidad minera de referencia

3.1.2.2. Resultado de la guía observación de campo

1. Exceso de carga en la producción
2. Operación deficiente de los equipos debido a la falta de capacitación del personal o a procedimientos poco exhaustivos

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3. Desalineación ocasionada por el levantamiento inadecuado de las zarandas
4. Corrosión de las estructuras debido a la presencia de humedad
5. Agotamiento de los componentes de la zaranda debido al uso prolongado.

3.1.3. Análisis y discusión de resultados

A través de los resultados obtenidos, se pueden identificar diversos problemas y fallas asociados al mantenimiento de zarandas, los cuales requieren una mejora para garantizar un funcionamiento óptimo. Uno de los desafíos que se destaca es la sobrecarga en la producción, la cual implica una constante demanda de cumplir con las extracciones diarias. Esto genera una alta tasa de rendimiento esperada por parte de las zarandas, que deben operar de manera constante para satisfacer esta exigencia.

Otro problema identificado es la mala manipulación de los equipos, resultado de una falta de capacitación básica en la operación y alineado de las zarandas. Para abordar esta situación, se propone la modificación de los procedimientos de mantenimiento, centrándose específicamente en el Overhaul de los equipos. Entre las actividades críticas que requieren atención se encuentra el alineamiento de estos dispositivos para asegurar su correcto funcionamiento durante las labores.

El desgaste de los resortes también constituye un problema relevante que contribuye a la desalineación de las zarandas. Un adecuado centrado de los equipos es esencial para evitar fatigas en las mallas, ya que la descarga del material grueso en la zaranda puede provocar un desequilibrio en su funcionamiento.

En forma general, los resultados obtenidos destacan la necesidad de abordar los problemas identificados en el mantenimiento de las zarandas. Para ello, se propone modificar los procedimientos de mantenimiento, centrándose en el Overhaul de los equipos, así como brindar una capacitación adecuada para garantizar una manipulación correcta y un alineado preciso de las zarandas. Además, se debe prestar especial atención al desgaste de los resortes y asegurar un centrado adecuado de los equipos, con el fin de evitar desequilibrios y fatigas en las mallas durante su funcionamiento.

3.2. Método

La optimización del procedimiento de mantenimiento para la disponibilidad de zarandas Haver - Boecker de 12ft x 24ft para una unidad minera ubicada en el centro sur del Perú implica en primer lugar la recolección y levantamiento de información técnica de la fase actual del mantenimiento de tal forma permita evidenciar el estado actual de las zarandas de

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

este tipo además por parte de los mantenimientos que se llevan a cabo, en este caso el mantenimiento de Overhaul, para luego realizar un análisis de causa raíz de alineamientos de los mismos, que identifique los factores que impliquen por qué se puede mejorar el mantenimiento en zarandas, seguidamente se realiza el análisis de modo y efecto de fallas de cada uno de estos factores, que confiere un procedimiento minucioso a cada uno dando como resultado los factores determinantes o causas que se requieren optimizar los tiempos, y finalmente concluir con la elaboración del nuevo procedimiento escrito de trabajo seguro.

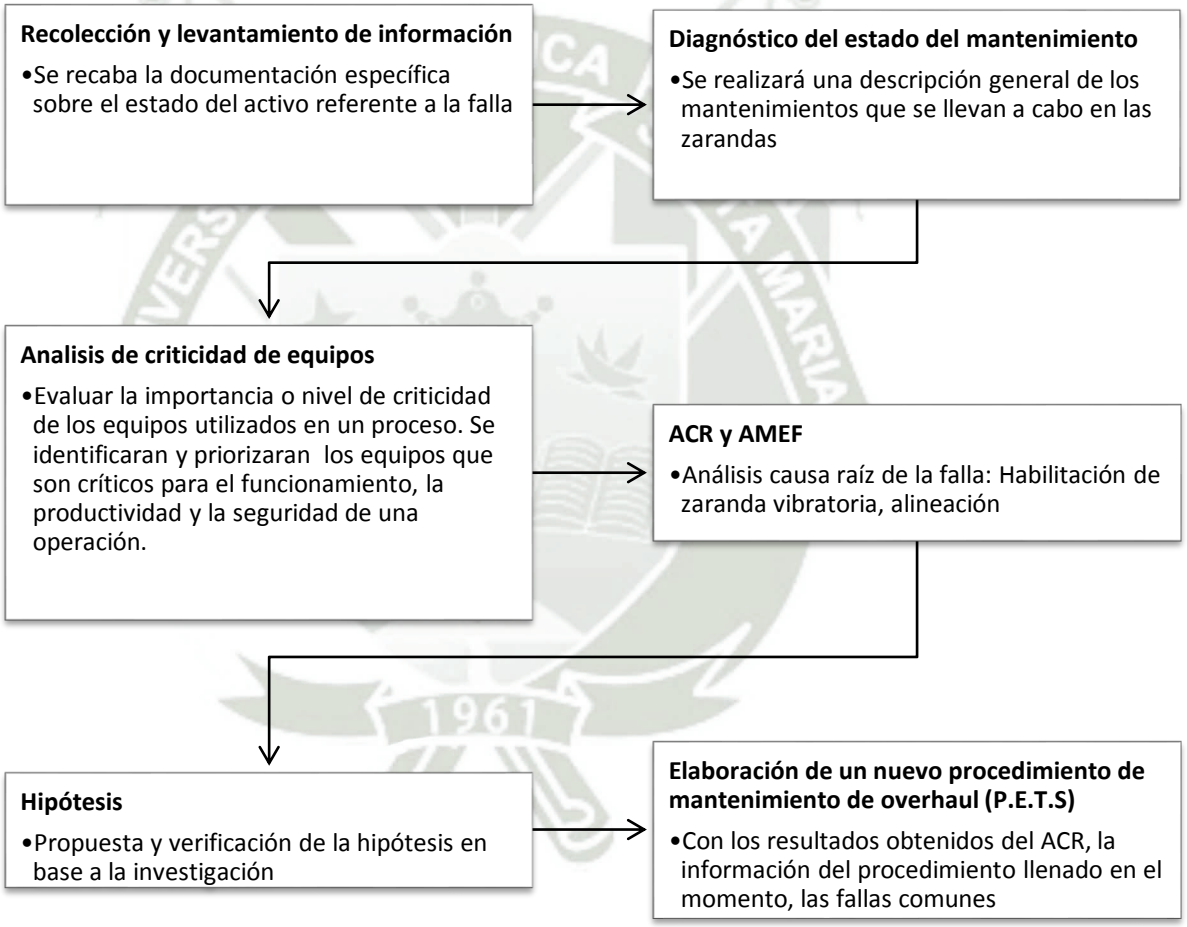


Figura 3.2. Metodología de análisis del mantenimiento

Nota: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.3. Definición de las etapas del método

3.3.1. Recolección y levantamiento de información

Esta etapa se basa en la recolección y levantamiento de la información debidamente clasificada de los mantenimientos que se desarrollan en las zarandas, además se detalla los resultados obtenidos por cada uno de los procedimientos tanto del Overhaul, y preventivo. Nos centraremos más en el mantenimiento Overhaul por ser de mayor magnitud en comparación de preventivo de zarandas. Para esta investigación, se requiere optimizar los procedimientos de alineación de zarandas y obtener la recolección de datos con un analizador de vibraciones. Se verificarán las frecuencias con las dan los mantenimientos además de todas las actividades que se desarrollan en este.

3.3.2. Diagnóstico del estado del mantenimiento

Para obtener un diagnóstico del problema que se encuentra en el mantenimiento de Overhaul de zarandas, se utilizaran las siguientes herramientas:

3.3.2.1. Disponibilidad de equipos

Para determinar la disponibilidad de los equipos, nos basaremos en los tiempos de cambio suscitados durante los mantenimientos correctivos de las zarandas.

3.3.3. Aplicación del ACR

El análisis de criticidad de equipos es un proceso que tiene como objetivo evaluar la importancia de los equipos en función de su impacto en la producción y la seguridad de la planta. Según (Al-Najjar - Al-Ghamdi, 2020), el análisis de criticidad de equipos es un proceso de evaluación sistemática que involucra la identificación de los equipos críticos, la evaluación de su importancia relativa y la asignación de recursos para el mantenimiento preventivo y correctivo de dichos equipos.

Este análisis implica la identificación de los posibles modos de falla del equipo o sistema de las zarandas Haver - Boecker de 12ft x 24ft, así como la evaluación de la probabilidad y la gravedad de cada uno de ellos. Una vez que se han evaluado todos los modos de falla, se asigna una clasificación de criticidad a cada uno de ellos, en función de su impacto potencial en la producción o en la seguridad de la planta.

El análisis de criticidad de equipos se realiza mediante el uso de herramientas de análisis de fallas se utilizan para identificar los posibles modos de falla y su impacto potencial en la

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

producción y la seguridad de la planta. De esta manera, se pueden establecer prioridades para la realización de tareas de mantenimiento y mejorar la eficiencia de la producción.

El objetivo del análisis de criticidad de equipos en mantenimiento es proporcionar una guía para la gestión de los recursos de mantenimiento. Al conocer la criticidad de cada equipo o sistema, se pueden establecer prioridades para la realización de tareas de mantenimiento Overhaul y correctivo según sea el caso. Esto permite que los recursos se asignen de manera más efectiva y se maximice la disponibilidad del equipo, reduciendo el tiempo de inactividad no programado y mejorando la eficiencia de la actividad de las zarandas.

3.3.3.1. Herramientas para el análisis del ACR para la identificación modos de falla

Para mejorar la eficiencia y rentabilidad, necesitamos observar más allá de la superficie de la raíz del problema o situación, observando el efecto (el cual solamente es el síntoma) de un problema, y deduciendo qué lo ha causado. Se pueden crear soluciones preventivas que deberían poner fin al problema, a fin de entender la fuente del problema, por lo tanto, se tendría que desarrollar un análisis de causa raíz.

A. Ishikawa

Una técnica útil para llevar a cabo un análisis detallado y complejo de la causa raíz de un problema es el diagrama de Causa-Efecto (figura 3.3), que también se conoce como diagrama de espina de pescado. Este tipo de diagrama es capaz de identificar todos los posibles factores que contribuyen a la aparición de un problema en un proceso determinado.

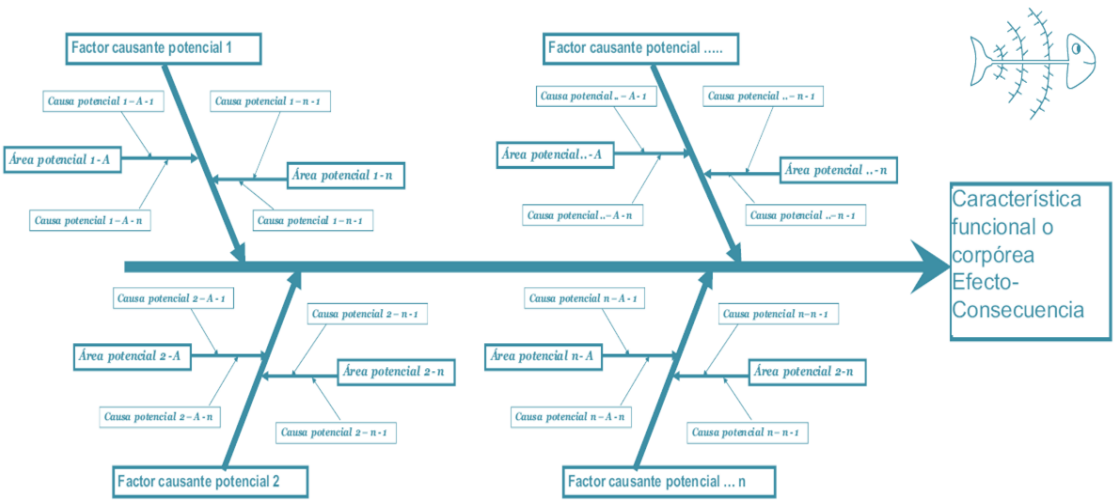


Figura 3.3. Diagrama causa efecto de Ishikawa

Nota: Mora Gutiérrez, (2009)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

B. Método de 6M o análisis de dispersión

Se trata del enfoque más frecuente, el cual implica agrupar las posibles causas en seis categorías principales: métodos de trabajo, mano de obra, materiales, maquinaria, medición y medio ambiente. Estos seis elementos abarcan todas las facetas de un proceso de manera integral, y cada uno contribuye a la variabilidad (y calidad) del producto o servicio. Por lo tanto, es razonable suponer que la causa de un problema está relacionada con alguno de estos seis aspectos.

Mano de obra o gente:

- Conocimiento: ¿Los empleados tienen conocimiento de su trabajo?
- Entrenamiento: ¿Los operadores han recibido capacitación adecuada?
- Habilidad: ¿Los operadores han demostrado habilidad en su trabajo?
- Capacidad: ¿Se espera que los trabajadores sean capaces de realizar eficientemente sus tareas?

Métodos:

- Estandarización: ¿Los procedimientos de trabajo y responsabilidades están claramente definidos?
- Excepciones: ¿Existen procedimientos alternativos definidos cuando no se sigue el procedimiento estándar?
- Definición de operaciones: ¿Cómo se determina si una operación se ha realizado correctamente?

Máquinas o equipo:

- Capacidad: ¿Las máquinas han demostrado ser capaces de cumplir con su función?
- Diferencias: ¿Existen diferencias notables entre máquinas, líneas de producción, estaciones, instalaciones, etc.?
- Herramientas: ¿Se realizan cambios de herramientas periódicamente y son adecuados?
- Ajustes: ¿Los criterios para ajustar las máquinas están claros?
- Mantenimiento: ¿Se siguen programas de mantenimiento preventivo y son adecuados?

Material:

- Variabilidad: ¿Se conoce la variabilidad de las características importantes de los materiales?

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Cambios: ¿Ha habido cambios en los materiales utilizados?
- Proveedores: ¿Cómo influyen los diferentes proveedores y tipos de materiales?

Mediciones o inspección:

- Disponibilidad: ¿Se tienen disponibles las mediciones necesarias?
- Definiciones: ¿Están definidas claramente las características que deben medirse?
- Tamaño de la muestra: ¿Se han medido suficientes piezas?
- Capacidad de repetición: ¿Las mediciones se pueden repetir fácilmente?
- Sesgo: ¿Existe algún sesgo en las mediciones?

Medio ambiente:

- Ciclos: ¿Existen patrones o ciclos en los procesos que dependen de las condiciones del medio ambiente?
- Temperatura: ¿La temperatura ambiental influye en las operaciones realizadas?

C. Entrevistas técnicas

Las entrevistas técnicas desempeñan un papel crucial en el mantenimiento de equipos. Estas entrevistas permiten a los técnicos obtener información valiosa sobre el historial y el estado de los equipos, lo que les ayuda a identificar y solucionar problemas de manera más eficiente. Algunos aspectos importantes de las entrevistas técnicas en relación con el mantenimiento de equipos son:

- Recopilación de información: Durante una entrevista técnica, el técnico puede hacer preguntas específicas sobre el equipo y su funcionamiento. Esto ayuda a recopilar información detallada sobre el historial de mantenimiento, reparaciones anteriores, problemas recurrentes y cualquier otro detalle relevante. Esta información es invaluable para comprender mejor el estado actual del equipo y determinar las acciones necesarias.
- Identificación de problemas: Las entrevistas técnicas permiten a los técnicos obtener información de primera mano sobre cualquier problema o mal funcionamiento que pueda tener el equipo. Los propietarios o usuarios del equipo pueden describir los síntomas, ruidos inusuales o comportamientos anormales que han observado. Estos detalles pueden ayudar al técnico a diagnosticar y solucionar el problema de manera más eficiente.
- Planificación y programación del mantenimiento: Las entrevistas técnicas también permiten a los técnicos obtener una idea clara de las tareas de mantenimiento que se han realizado en el pasado y las que se deben realizar en el

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

futuro. Esto ayuda en la planificación y programación del mantenimiento preventivo, asegurando que se realicen las inspecciones y el mantenimiento necesario en los momentos adecuados.

- Mejora de la comunicación: Las entrevistas técnicas fomentan la comunicación directa entre los técnicos y los usuarios o propietarios del equipo. Esto facilita la comprensión mutua de las necesidades y expectativas, lo que puede contribuir a una mejor colaboración y un enfoque más efectivo para el mantenimiento del equipo.
- Retroalimentación y sugerencias de mejora: Durante las entrevistas técnicas, los usuarios o propietarios del equipo pueden proporcionar retroalimentación sobre su experiencia y cualquier problema recurrente que hayan enfrentado. Esta retroalimentación puede ayudar a los técnicos a identificar patrones, tendencias y posibles áreas de mejora en los procedimientos de mantenimiento y en el diseño de los equipos.

D. Evidencia fotográfica

La evidencia dará soporte a los procedimientos llevados en el mantenimiento Overhaul y preventivos. Además, nos darán una idea más clara de cómo se lleva el procedimiento de mantenimiento de esto equipos.

3.3.4. Análisis de modos y efectos de fallas (AMEF)

En esta investigación, la zaranda vibratoria es un equipo industrial perteneciente a la etapa de procesos, que tiene el propósito de separar materiales sólidos en diferentes tamaños de partícula. La vibración se utiliza para ayudar a pasar el material a través de la malla o criba del tamiz. Se puede ajustar la frecuencia y amplitud de la vibración para optimizar la eficiencia del proceso de tamizado, por lo que el AMEF (tabla 3.2) es del tipo de procesos que aplica a procesos de manufactura y/o ensamble, el cual se compone de dos apartados.

En este apartado se define la función que cumple la zaranda vibratoria y las partes que la componen, la cual corresponde a la separación de materiales en diferentes tamaños de partículas. Seguido se describe la falla funcional de la zaranda vibratoria cuya causa de fatiga del equipo por descarga de material grueso en la zaranda ocasiona que se desbalance.

En este último apartado se busca identificar todos los posibles modos de fallas de cada falla funcional presentadas, en este caso la menor eficiencia de las zarandas.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 3.2 Modelo de cuadro AMEF

Actividad	Modos de fallo	Efecto	S	Causa	O	Controles	D	NPR	Acciones	S	O	D	NPR
Programar información del libro en máquina litográfica	La información que llega al trabajador es incorrecta	El libro queda con páginas incompletas Aumenta el tiempo de espera del cliente El número de páginas es incorrecto	6	El asesor comercial se equivoca al ingresar los requerimientos del cliente	4	Confirmar los datos ingresados	3	72	Enviar correo electrónico automático al cliente con su orden de pedido	6	4	2	48
	Error en la digitación	El libro puede quedar con páginas incompletas El número de páginas o tipo de libro puede ser incorrecto	3	Los campos del formulario en el software cambian por numeración; El trabajador no tiene suficiente destreza con	5	No existen	10	150	Agregar reglas de validación al software	3	2	10	60
Insertar papel e imprimir en máquina litográfica	Atascamiento del papel	Pérdida de tiempo mientras se retira el papel atascado Sobrecostos por papel desechado	3	La máquina no se encuentra aceitada	4	Realización de mantenimiento preventivo de acuerdo al programa de mantenimiento establecido	5	60	Realizar auditorías al cumplimiento del programa de mantenimiento	3	2	5	30
Colocar papel impreso del libro en máquina generadora de hojas	Atrapamiento de extremidades del trabajador	Daño o pérdida de las extremidades	10	Descuido del trabajador; No uso de elementos de protección personal	1	Señalética de prevención en el área de trabajo; Control de ingreso con EPP al área de trabajo	2	20	Implementar ,mecanismo de parado automático	10	1	2	20
	Atascamiento del papel	Pérdida de tiempo mientras se retira el papel atascado Sobrecostos por papel desechado	5	La máquina no se encuentra aceitada	4	Realización de mantenimiento preventivo de acuerdo al programa de mantenimiento establecido	5	100	Realizar auditorías al cumplimiento del programa de mantenimiento	5	2	5	50
Colocar papel impreso del libro en máquina articuladora y accionar	Atrapamiento de extremidades del trabajador	Daño o pérdida de las extremidades	10	Descuido del trabajador; No uso de elementos de protección personal	1	Señalética de prevención en el área de trabajo; Control de ingreso con EPP al área de trabajo	2	20	Implementar ,mecanismo de parado automático	5	1	2	10
Programar información del folleto en máquina litográfica	La información que llega al trabajador es incorrecta	El folleto queda con páginas incompletas Aumenta el tiempo de espera del cliente	6	El asesor comercial se equivoca al ingresar los requerimientos del cliente	4	Confirmar los datos ingresados	3	72	Enviar correo electrónico automático al cliente con su orden de pedido	6	4	2	48
	Error en la digitación	El folleto puede quedar con páginas incompletas	3	Los campos del formulario en el software cambian por numeración; El trabajador no tiene suficiente destreza con el teclado	5	No existen	10	150	Agregar reglas de validación al software	3	2	10	60
Insertar papel de folletos e imprimir en máquina litográfica	Atascamiento del papel	Pérdida de tiempo mientras se retira el folleto atascado Sobrecostos por papel desechado	3	La máquina no se encuentra aceitada	3	Realización de mantenimiento preventivo de acuerdo al programa de mantenimiento establecido	5	45	Realizar auditorías al cumplimiento del programa de mantenimiento	3	2	5	30
Colocar folletos impresos al interior del libro	Olvidar la colocación de los folletos al interior del libro	Envío al cliente del material incompleto	6	Descuido del trabajador	3	Inspección visual por parte de empacador	3	54	Implementar lista de comprobación antes de enviar a empaque	6	2	3	36
Grabar CD según temática del libro	La información que llega al trabajador es incorrecta	El material del CD grabado no pertenece al libro solicitado por el cliente	5	El asesor comercial se equivoca al ingresar los requerimientos del cliente	3	Confirmar los datos ingresados	3	45	Enviar correo electrónico automático al cliente con su orden de pedido	5	3	2	30
Colocar CD al interior del libro	Olvidar la colocación del CD al interior del libro	Envío al cliente del material incompleto	6	Descuido del trabajador	3	Inspección visual por parte de empacador	3	54	Implementar lista de comprobación antes de enviar a empaque	6	2	3	36

Fuente: Diego Fernando (2020)

3.3.5. Propuesta y comprobación de los modos de falla y ACR

En base al análisis de causa raíz, los procedimientos de mantenimiento, la obtención de los modos de falla específicos para el desalineamiento de zarandas y su proceso de habilitación para la actividad en mina.

3.3.6. Elaboración de los procedimientos para el Overhaul de zarandas

Para esta última etapa en base a la investigación realizada se genera un nuevo procedimiento considerando la comprobación de las hipótesis y la investigación de campo.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPITULO IV

4. ANÁLISIS DE PROPUESTA

4.1. Recolección y levantamiento de información

Se dio inicio al levantamiento de información de reportes donde se registre tareas del procedimiento no óptimas que generan una baja disponibilidad de los equipos.

Antes de comenzar el proceso de trabajo seguro (PETS), es importante describir el cambio de zaranda siguiendo el procedimiento. Esto se realiza con el propósito de establecer un procedimiento previo a la habilitación de zarandas. A continuación, se presenta una descripción detallada de este proceso.

4.1.1. Proceso de habilitación de Zarandas

En el proceso de habilitación de zarandas en la empresa minera mostrado en el diagrama de flujo de la figura 4.1, se siguen procedimientos esenciales que involucran el desmontaje y reemplazo de componentes como la tubería de lavado, falderas de caucho, pines, mallas, acoples y excitadores del eje de transmisión. Se presta especial atención a parámetros críticos para garantizar calidad, seguridad laboral y cumplimiento de plazos programados.



Figura 4.1 Flujograma del proceso de habilitación de zarandas

Nota: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

El documento que se va a presentar proporciona una descripción detallada del proceso fundamental de habilitación de zaranda. Este proceso está estructurado como un procedimiento de trabajo seguro, conocido como PETS, y su contenido se resume a continuación.



Figura 4.2 Proceso de habilitación de zarandas

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

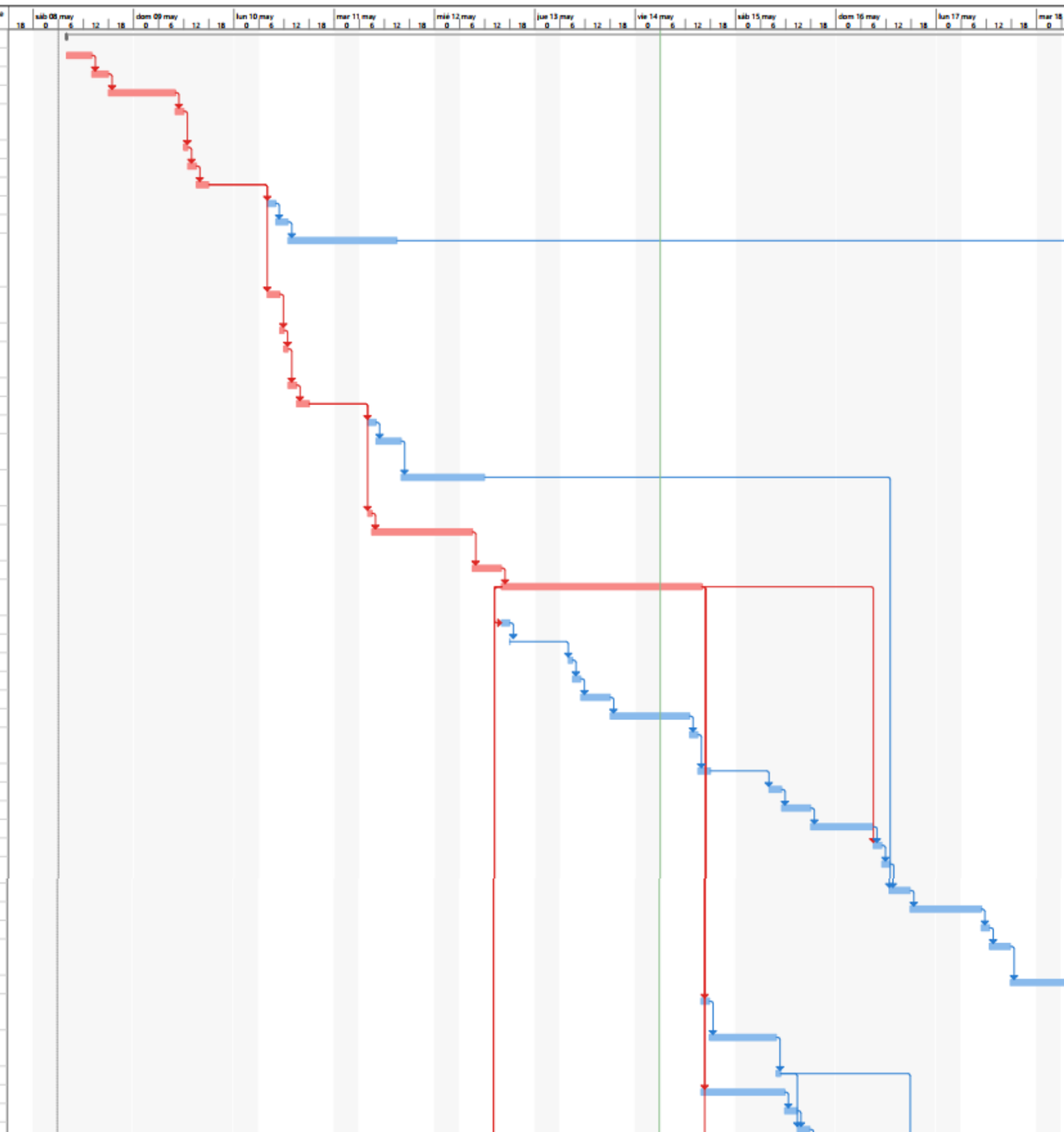
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

4.1.2. Cronograma de actividades de habilitación de zarandas

SERVICIO DE HABILITACIÓN DE ZARANDA

Id	Descripción	Duración	Comienzo	Fin	Predeceso	Responsable
0	**Gantt Habilitación de zaranda**	**160 horas**	**sáb 08/05/21 8:00**	**dom 23/05/21 18:00**		
1	Traslado e inspección de herramientas	6 horas	sáb 08/05/21 8:00	sáb 08/05/21 14:00		
2	Inspección de limpieza de zaranda	3 horas	sáb 08/05/21 14:00	sáb 08/05/21 17:00	1	
3	Conexión de tomas eléctricas y pistolas neumáticas	3 horas	sáb 08/05/21 17:00	dom 09/05/21 10:00	2	
4	Desajuste y retiro de pernos de sujección de eje cardan y acople	2 horas	dom 09/05/21 10:00	dom 09/05/21 12:00	3	
5	Instalación de aparejos de izaje	1 hora	dom 09/05/21 12:00	dom 09/05/21 13:00	4	
6	Retiro de zaranda con puente grúa de 115 TN	2 horas	dom 09/05/21 13:00	dom 09/05/21 15:00	5	
7	Posicionamiento de zaranda en plataforma de molinos	3 horas	dom 09/05/21 15:00	dom 09/05/21 18:00	6	
8	Desacople de polea de eje de transmisión	2 horas	lun 10/05/21 8:00	lun 10/05/21 10:00	7	
9	Limpieza de chumaceras para inspección	3 horas	lun 10/05/21 10:00	lun 10/05/21 13:00	8	
10	Inspección de chumaceras eje de transmisión,rodamientos (Tolerancia juego radial interno min 0.07 mm) y radio interno de la polea	12 horas	lun 10/05/21 13:00	mar 11/05/21 15:00	9	
11	Retiro de marco de agua a nivel de plataforma de molinos	3 horas	lun 10/05/21 8:00	lun 10/05/21 11:00	7	
12	Delimitación de la zona de izaje	1 hora	lun 10/05/21 11:00	lun 10/05/21 12:00	11	
13	Armado de andamios en la zona de descarga de la zaranda	1 hora	lun 10/05/21 12:00	lun 10/05/21 13:00	12	
14	Retiro de los pines de sujección de las mallas	2 horas	lun 10/05/21 13:00	lun 10/05/21 15:00	13	
15	Retiro de mallas desgastadas	3 horas	lun 10/05/21 15:00	lun 10/05/21 18:00	14	
16	Limpieza de base o bastidor	2 horas	mar 11/05/21 8:00	mar 11/05/21 10:00	15	
17	Cambio de zocalos grandes medianos y pequeños del primer deck	6 horas	mar 11/05/21 10:00	mar 11/05/21 16:00	16	
18	Cambio de zocalos grandes medianos y pequeños del segundo deck	6 horas	mar 11/05/21 16:00	mié 12/05/21 12:00	17	
19	Armado de andamios en laterales de la zaranda	1 hora	mar 11/05/21 8:00	mar 11/05/21 9:00	15	
20	Retiro de recubrimiento de linetex y wearing compound con cincel neumatico en cross member	10 horas	mar 11/05/21 9:00	mié 12/05/21 9:00	19	
21	Limpieza mecánica en terminaciones de crossmember	7 horas	mié 12/05/21 9:00	mié 12/05/21 16:00	20	
22	Ensayos NDT en partes soldadas del crossmember,drive beam, tubos de izaje y tapa de alimentación	20 horas	mié 12/05/21 16:00	vie 14/05/21 16:00	21	
23	Corte de pernos huck de tapa de alimentación	1 hora	mié 12/05/21 16:00	mié 12/05/21 17:00	22CC	
24	Maniobra para desplazamiento de tapa	1 hora	mié 12/05/21 17:00	mié 12/05/21 18:00	23	
25	Retiro de tapa de alimentación	1 hora	jue 13/05/21 8:00	jue 13/05/21 9:00	24	
26	Retiro de mallas ciegas (6 mallas y 5 lifter)	2 horas	jue 13/05/21 9:00	jue 13/05/21 11:00	25	
27	Corte de pernos huck de la mesa de alimentación	6 horas	jue 13/05/21 11:00	jue 13/05/21 17:00	26	
28	Retiro de linner de impacto de las paredes	6 horas	jue 13/05/21 17:00	vie 14/05/21 13:00	27	
29	Instalación de aparejos para la maniobra de retiro de la mesa de alimentación	2 horas	vie 14/05/21 13:00	vie 14/05/21 15:00	28	
30	Izaje de la mesa de alimentación	3 horas	vie 14/05/21 15:00	vie 14/05/21 18:00	29	
31	Instalación de la mesa de alimentación	3 horas	sáb 15/05/21 8:00	sáb 15/05/21 11:00	30	
32	Instalación de pernos huck de mesa de alimentación	6 horas	sáb 15/05/21 11:00	sáb 15/05/21 17:00	31	
33	Montaje de mallas ciegas (6 mallas y 5 lifter)	2 horas	sáb 15/05/21 17:00	dom 16/05/21 9:00	32	
34	Montaje de tapa de alimentación	2 horas	dom 16/05/21 9:00	dom 16/05/21 11:00	33,22	
35	Instalación y torqueo de pernos de tapa de alimentación	2 horas	dom 16/05/21 11:00	dom 16/05/21 13:00	34	
36	Instalación de mallas del deck inferior y lifter guiadores	4 horas	dom 16/05/21 13:00	dom 16/05/21 17:00	18,35	
37	Instalación de pin de sujección	4 horas	dom 16/05/21 17:00	lun 17/05/21 11:00	36	
38	Reforzamiento de juntas de mallas ciegas con wearing	2 horas	lun 17/05/21 11:00	lun 17/05/21 13:00	37	
39	Instalación de mallas del deck superior y lifter guiadores	4 horas	lun 17/05/21 13:00	lun 17/05/21 17:00	38	
40	Instalación de pin de sujección	4 horas	lun 17/05/21 17:00	mar 18/05/21 11:00	39	
41	Retiro de wearing con cincel o percutor neumático de los largueros	1 hora	vie 14/05/21 16:00	vie 14/05/21 17:00	22	
42	Corte de pernos huck 1/2" y retiro de soldadura en largueros	3 horas	vie 14/05/21 17:00	sáb 15/05/21 10:00	41	
43	Ariostre y retiro de largueros de 1er y 2do deck	1 hora	sáb 15/05/21 10:00	sáb 15/05/21 11:00	42	
44	Retiro de pernos del cross member	6 horas	vie 14/05/21 16:00	sáb 15/05/21 12:00	22	
45	Arriostre de cross member	3 horas	sáb 15/05/21 12:00	sáb 15/05/21 15:00	44	
46	Retiro de crossmember el 1er y 2do deck a nivel de piso	2 horas	sáb 15/05/21 15:00	sáb 15/05/21 17:00	43,45	

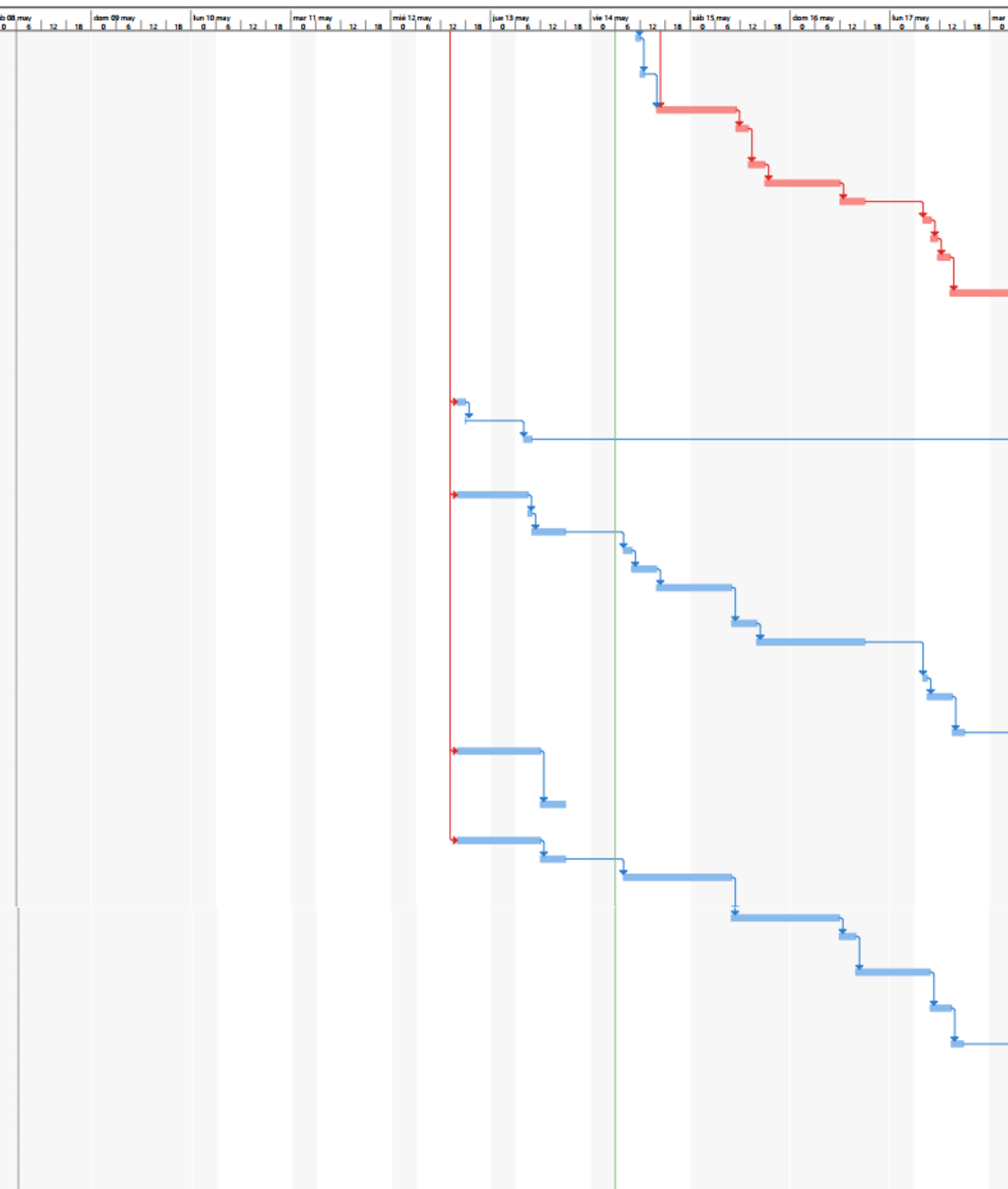


REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

SERVICIO DE HABILITACIÓNDE ZARANDA # 6

Id	Descripción	Duración	Comienzo	Fin	Predeceso	Responsable
58	Limpieza de la zona donde asienta los excitadores en el drive beam	1 hora	vie 14/05/21 11:00	vie 14/05/21 12:00	57	
59	Inspección con liquidos penerantes de la zona donde asientan los excitadores	1 hora	vie 14/05/21 12:00	vie 14/05/21 13:00	58	
60	Retiro de pernos huck bolt del drive beam	5 horas	vie 14/05/21 16:00	sáb 15/05/21 11:00	22,59	
61	Instalación de aparejos para maniobra de retiro de drive beam	3 horas	sáb 15/05/21 11:00	sáb 15/05/21 14:00	60	
62	Maniobra de retiro del drive beam	3 horas	sáb 15/05/21 14:00	sáb 15/05/21 17:00	61	
63	Instalación de drive beam	5 horas	sáb 15/05/21 17:00	dom 16/05/21 12:00	62	
64	Instalación de pernos huck bolt del drive beam	6 horas	dom 16/05/21 12:00	dom 16/05/21 18:00	63	
65	Traslado de excitadores al drive beam	2 horas	lun 17/05/21 8:00	lun 17/05/21 10:00	64	
66	Colocación de guiadores de 20.8 mm	1.5 horas	lun 17/05/21 10:00	lun 17/05/21 11:30	65	
67	Levantamiento de contrapesos de cada excitador para ajuste de tuercas	3 horas	lun 17/05/21 11:30	lun 17/05/21 14:30	66	
68	Instalación y toqueo de pernos M30 con Stealth S en 2 tiempos (1er tiempo al 60% y 2do al 100%) hasta 1420 Nm	6 horas	lun 17/05/21 14:30	mar 18/05/21 10:30	67	
69	Drenado de aceite del excitador	2 horas	mar 18/05/21 10:30	mar 18/05/21 12:30	68	
70	Almacenamiento del aceite en desuso	1.5 horas	mar 18/05/21 12:30	mar 18/05/21 14:00	69	
71	Aplicación de aceite S4GXV220 (9L xexcitador)	3 horas	mar 18/05/21 14:00	mar 18/05/21 17:00	70	
72	Desajuste de pernos de sujeción de faldones	1 hora	mié 12/05/21 16:00	mié 12/05/21 17:00	22CC	
73	Retiro de faldones de jebe de la descarga de la zaranda	1 hora	mié 12/05/21 17:00	mié 12/05/21 18:00	72	
74	Trazo y corte de falderas a cambiar	2 horas	jue 13/05/21 8:00	jue 13/05/21 10:00	73	
75	Montaje de faldones	2 horas	mar 18/05/21 17:00	mié 19/05/21 9:00	74,71	
76	Ajuste de pernos de sujeción de faldones de jebe	1 hora	mié 19/05/21 9:00	mié 19/05/21 10:00	75	
77	Medición y nivelación de resortes	3 horas	mié 12/05/21 16:00	jue 13/05/21 9:00	22CC	
78	Retiro de resortes con ayuda de barretilla	1 hora	jue 13/05/21 9:00	jue 13/05/21 10:00	77	
79	Pulido de zona superior de bases de resortes	8 horas	jue 13/05/21 10:00	jue 13/05/21 18:00	78	
80	Aplicación de anti-corosivo a superficies pulidas	2 horas	vie 14/05/21 8:00	vie 14/05/21 10:00	79	
81	Trazo de medidas y alineamiento de trolley	6 horas	vie 14/05/21 10:00	vie 14/05/21 16:00	80	
82	Posicionamiento de luvas y marcado de perforaciones en base de resortes	4 horas	vie 14/05/21 16:00	sáb 15/05/21 10:00	81	
83	Perforar bases de resorte con broca de 22mm	6 horas	sáb 15/05/21 10:00	sáb 15/05/21 16:00	82	
84	Montaje de luvas con pernos M20 y torqueo de los mismos a 402 Nm	12 horas	sáb 15/05/21 16:00	dom 16/05/21 18:00	83	
85	Posicionamiento de resortes nuevos	1 hora	lun 17/05/21 8:00	lun 17/05/21 9:00	84	
86	Alineamiento del trolley con topografía (Tolerancia de 2mm)	6 horas	lun 17/05/21 9:00	lun 17/05/21 15:00	85	
87	Cambio de falderas del trolley (2 falderas 8mx1.96m)	3 horas	lun 17/05/21 15:00	lun 17/05/21 18:00	86	
88	Desajuste y retiro de boquillas de pulverización (aspersores)en mal estado para su reemplazo del deck inferior	6 horas	mié 12/05/21 16:00	jue 13/05/21 12:00	22CC	
89	Instalación de nuevas boquillas de pulverización de 13 mm del deck inferior	6 horas	jue 13/05/21 12:00	jue 13/05/21 18:00	88	
90	Desacople de tuberías del sistema de lavado	6 horas	mié 12/05/21 16:00	jue 13/05/21 12:00	22CC	
91	Desmontaje del sistema de lavado	6 horas	jue 13/05/21 12:00	jue 13/05/21 18:00	90	
92	Limpieza mecánica de tubería de ingreso de agua zaranda manifold	12 horas	vie 14/05/21 8:00	sáb 15/05/21 10:00	91	
93	Instalación de niplería y codos de 2"	12 horas	sáb 15/05/21 10:00	dom 16/05/21 12:00	92	
94	Instalación de abrazaderas con cola de pata en tuberias del deck inferior	4 horas	dom 16/05/21 12:00	dom 16/05/21 16:00	93	
95	Instalación de abrazaderas con cola de pata en tuberias del deck superior	4 horas	dom 16/05/21 16:00	lun 17/05/21 10:00	94	
96	Instalación de capuchones y discoflex en tubería de lavado	5 horas	lun 17/05/21 10:00	lun 17/05/21 15:00	95	
97	Instalación de quenas del deck inferior y superior	2 horas	lun 17/05/21 15:00	lun 17/05/21 17:00	96	
98	Desarmado de andamios	1 hora	mié 19/05/21 10:00	mié 19/05/21 11:00	97,40,53 ,7	
99	Instalación de aparejos de la zaranda	2 horas	mié 19/05/21 11:00	mié 19/05/21 13:00	98	
100	Izaje de zaranda a plataforma de zaranda	3 horas	mié 19/05/21 13:00	mié 19/05/21 16:00	99	
101	Armado de andamios	1 hora	mié 19/05/21 16:00	mié 19/05/21 17:00	100	
102	Engrase de tren motriz	2.5 horas	mié 19/05/21 17:00	jue 20/05/21 9:30	10,101	
103	Cambio de acoples del tren motriz de accionamiento	3 horas	jue 20/05/21 9:30	jue 20/05/21 12:30	102	
104	Apoyo en alineamiento del eje motor con eje del tren motriz	4 horas	jue 20/05/21 12:30	jue 20/05/21 16:30	103	



REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.1.3. Actividades previas

4.1.3.1. Revisión de los procedimientos de trabajo y Gantt del trabajo a ejecutar

Luego de revisar los procedimientos de trabajo con todo el personal perteneciente a la empresa de mantenimiento se procedió a analizar el Gantt de trabajo proporcionado a la minera de referencia, de tal manera que el personal se mentalice en hacer un trabajo seguro dentro de los tiempos estimados, y distribución correcta de los técnicos por punto de trabajo.

Tabla 4.1 Actividades para la habilitación de Zaranda

N	Actividades para la habilitación de Zaranda	Duración
0	Gantt Habilitación de zaranda	160 horas
1	Traslado e inspección de herramientas	6 horas
2	Inspección de limpieza de zaranda	3 horas
3	Conexión de tomas eléctricas y pistolas neumáticas	3 horas
4	Desajuste y retiro de pernos de sujeción de eje cardan y acople	2 horas
5	Instalación de aparejos de izaje	1 hora
6	Retiro de zaranda con puente grúa de 115 TN	2 horas
7	Posicionamiento de zaranda en plataforma de molinos	3 horas
8	Desacople de polea de eje de transmisión	2 horas
9	Limpieza de chumaceras para inspección	3 horas
10	Inspección de chumaceras eje de transmisión, rodamientos (Tolerancia juego radial interno min 0.07 mm) y radio interno de la polea	12 horas
11	Retiro de marco de agua a nivel de plataforma de molinos	3 horas
12	Delimitación de la zona de izaje	1 hora
13	Armado de andamios en la zona de descarga de la zaranda	1 hora
14	Retiro de los pines de sujeción de las mallas	2 horas
15	Retiro de mallas desgastadas	2 horas
16	Limpieza de base o bastidor	2 horas

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

17	Cambio de zócalos grandes medianos y pequeños del primer deck	6 horas
18	Cambio de zócalos grandes medianos y pequeños del segundo deck	6 horas
19	Armado de andamios en laterales de la zaranda	1 hora
20	Retiro de recubrimiento de linetex y wearing compound con cincel neumático en cross member	10 horas
21	Limpieza mecánica en terminaciones de crossmember	7 horas
22	Ensayos NDT en partes soldadas del crossmember, drive beam, tubos de izaje y tapa de alimentación	20 horas
23	Corte de pernos huck de tapa de alimentación	1 hora
24	Maniobra para desplazamiento de tapa	1 hora
25	Retiro de tapa de alimentación	1 hora
26	Retiro de mallas ciegas (6 mallas y 5 lifter)	2 horas
27	Corte de pernos huck de la mesa de alimentación	6 horas
28	Retiro de linner de impacto de las paredes	6 horas
29	Instalación de aparejos para la maniobra de retiro de la mesa de alimentación	2 horas
30	Izaje de la mesa de alimentación	3 horas
31	Instalación de la mesa de alimentación	3 horas
32	Instalación de pernos huck de mesa de alimentación	6 horas
33	Montaje de mallas ciegas (6 mallas y 5 lifter)	2 horas
34	Montaje de tapa de alimentación	2 horas
35	Instalación y torqueo de pernos de tapa de alimentación	4 horas
36	Instalación de mallas del deck inferior y lifter guiadores	4 horas
37	Instalación de pin de sujeción	4 horas
38	Reforzamiento de juntas de mallas ciegas con wearing	1 horas
39	Instalación de mallas del deck superior y lifter guiadores	2 horas
40	Instalación de pin de sujeción	2 horas
41	Retiro de wearing con cincel o percutor neumático de los largueros	0.5 hora

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

42	Corte de pernos huck 1/2" y retiro de soldadura en largueros	1.5 horas
43	Arriostre y retiro de largueros de 1er y 2do deck	0.5 hora
44	Retiro de pernos del cross member	3 horas
45	Arriostre de cross member	1.5 horas
46	Retiro de crossmember el 1er y 2do deck a nivel de piso	1 horas
47	Montaje de crossmember	1.5 horas
48	Instalación y alineación de pernos huck de 3/4" del 1er y 2do deck del crossmember	3 horas
49	Habilitación de linetex para recubrimiento de crossmember	0.5 hora
50	Habilitación de linetex para partes de soldadura del crossmember	6 horas
51	Recubrimiento de cross member con caucho y wearing o flexane	0.5 hora
52	Montaje de largueros	0.5 hora
53	Instalación y alineamiento de pernos huck de 1/2" de 1er y 2do deck de los largueros	2 horas
54	Retiro de guardas de excitadores	2 horas
55	Instalación de maniobra de izaje en cada excitador	2 horas
56	Desajuste y retiro de pernos de excitadores	3 horas
57	Retiro de los excitadores	0.5 hora
58	Limpieza de la zona donde asienta los excitadores en el drive beam	0.5 hora
59	Inspección con líquidos penetrantes de la zona donde asientan los excitadores	0.5 hora
60	Retiro de pernos huck bolt del drive beam	2.5 horas
61	Instalación de aparejos para maniobra de retiro de drive beam	1.5 horas
62	Maniobra de retiro del drive beam	1.5 horas
63	Instalación de drive beam	2.5 horas
64	Instalación de pernos huck bolt del drive beam	3 horas

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

65	Traslado de excitadores al drive beam	1 horas
66	Colocación de guiadores de 20.8 mm	0.75 horas
67	Levantamiento de contrapesos de cada excitador para ajuste de tuercas	1.5 horas
68	Instalación y toqueo de pernos M30 con Stealth 5 en 2 tiempos (1er tiempo al 60% y 2do al 100%) hasta 1420 Nm	3 horas
69	Drenado de aceite del excitador	2 horas
70	Almacenamiento del aceite en desuso	0.75 horas
71	Aplicación de aceite S4GXV220 (9L xexcitador)	1.5 horas
72	Desajuste de pernos de sujeción de faldones	0.5 hora
73	Retiro de faldones de jebe de la descarga de la zaranda	0.5 hora
74	Trazo y corte de falderas a cambiar	1 horas
75	Montaje de faldones	1 horas
76	Ajuste de pernos de sujeción de faldones de jebe	0.5 hora
77	Medición y nivelación de resortes	1.5 horas
78	Retiro de resortes con ayuda de barretilla	0.5 hora
79	Pulido de zona superior de bases de resortes	4 horas
80	Aplicación de anti-corosivo a superficies pulidas	1 horas
81	Trazo de medidas y alineamiento de trolley	3 horas
82	Posicionamiento de luvas y marcado de perforaciones en base de resortes	2 horas
83	Perforar bases de resorte con broca de 22mm	3 horas
84	Montaje de luvas con pernos M20 y torqueo de los mismos a 402 Nm	6 horas
85	Posicionamiento de resortes nuevos	0.5 hora
86	Alineamiento del trolley con topografía (Tolerancia de 2mm)	3 horas
87	Cambio de falderas del trolley (2 falderas 8mx1.96m)	1.5 horas
88	Desajuste y retiro de boquillas de pulverización (aspersores)en mal estado para su reemplazo del deck inferior	3 horas

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

89	Instalación de nuevas boquillas de pulverización de 13 mm del deck inferior	3 horas
90	Desacople de tuberías del sistema de lavado	3 horas
91	Desmontaje del sistema de lavado	3 horas
92	Limpieza mecánica de tubería de ingreso de agua zaranda manifold	6 horas
93	Instalación de niplería y codos de 2"	6 horas
94	Instalación de abrazaderas con cola de pata en tuberías del deck inferior	2 horas
95	Instalación de abrazaderas con cola de pata en tuberías del deck inferior	2 horas
96	Instalación de capuchones y discoflex en tubería de lavado	2.5 horas
97	Instalación de quenas del deck inferior y superior	1 horas
98	Desarmado de andamios	0.5 hora
99	Instalación de aparejos de la zaranda	1 horas
100	Izaje de zaranda a plataforma de zaranda	1.5 horas
101	Armado de andamios	0.5 hora
102	Engrase de tren motriz	1.25 horas
103	Cambio de acoples del tren motriz de accionamiento	1.5 horas
104	Apoyo en alineamiento del eje motor con eje del tren motriz	2 horas
105	Montaje de tren motriz	1.5 horas
106	Instalación de correas de accionamiento	0.75 horas
107	Apoyo en alineamiento de correas	3 horas
108	Ajuste de pernería de base del motor	1.5 horas
109	Instalación de manifold del deck inferior	1 horas
110	Instalación de manifold del deck superior	1 horas
111	Acoplamiento de manifold con quenas	2 horas
112	Instalación de guardas del excitador, sistema de accionamiento e instalación de U-Bolt en los manifold	2.5 horas
113	Orden y limpieza del punto de trabajo	0.5 hora

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

114	Desarmado de andamios	0.5 hora
115	Soporte durante pruebas de funcionamiento	1.5 horas

Nota: Datos de la empresa de la unidad minera de referencia

4.1.3.2. Requerimiento de herramientas y equipos

Se coordinan para poder proporcionar todas las herramientas y equipos necesarios para la ejecución del servicio debiendo de cumplir con los altos estándares solicitados. Todos los equipos proporcionados cuentan con certificaciones vigentes.

4.1.3.3. Traslado de herramientas, adecuación de las zonas de trabajo

Luego del correcto llenado de permisos y elaboración del APT (Autorización para trabajar) se procedió con la habilitación de las zonas de almacenamiento de herramientas, esto con coordinación con la minera. Todo el personal realizo nuevamente la inspección pre operacional de las herramientas y equipos.

4.1.4. Conclusiones

- Se realizó orden y limpieza en el área de trabajo, posteriormente se clasifico los recursos sobrantes en cada uno de los contenedores correspondientes.
- Se realizó la habilitación de la zaranda 01 al 100%
- Se realizó la limpieza y desmontaje de componentes de la zaranda 02 hasta que confiabilidad detecto fisura grave en un lateral de la zaranda, siendo descartado el servicio por supervisión de la minera de referencia.
- Los pernos de la tapa superior de la chumacera M20X100 se torquearon a 200 Nm.
- Los pernos de fijación de la chumacera a la base estructural se torquearon a 662 Nm.
- El eje conducido fue alineado con el eje del excitador en posición horizontal, y en sentido vertical el eje del excitador 26 mm por encima del eje de la chumacera.
- Se midieron la compresión de los resortes.
- Se verificó la medida del nivel de aceite con una varilla estandarizada, medida en 280 mm.
- Se lubricó los componentes con aceite tipo Shell OMALA S4 GXV 220.

4.2. Documentos y estándares de seguridad Industrial

- SGIst-0001 Estándar de seguridad para inspección de herramientas.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- SSOst0002 Estándar para Trabajos en Caliente.
- SSOst-0003 Estándar de seguridad para trabajos en altura.
- SSOst0005 Estándar de seguridad Andamios y escaleras.
- SSOst0007 Estándar para Uso de Herramientas Manuales a distinto Nivel.
- SSOst0010 Estándar de Seguridad Señalización y Demarcación de áreas.
- SSOst-0031 Estándar de seguridad para Grúas e Izajes críticos.
- SSOst-0015 Estándar de Ergonomía.
- SSOst-0018 Estándar de Seguridad para Selección, distribución y Uso de EPPs.
- SSOst0024 estándar de seguridad para Acción en caso de tormenta eléctrica.
- D.S. 024-2016 EM Reglamento de Seguridad Salud Ocupacional en Minería.

4.3. Mapeo de secuencia de mantenimiento en zarandas

Tabla 4.2 Secuencia de servicios de mantenimiento

MES DE EJECUCIÓN	ZARANDA	SERVICIO
JULIO / AGOSTO	ZARANDA #01 0310-SCR-0001	Habilitación de Zaranda #01 y Limpieza de la Zaranda #02
SEPTIEMBRE	ZARANDA #04 0310-SCR-0004	Habilitación de Zaranda #04
SEPTIEMBRE / OCTUBRE	ZARANDA #05 0310-SCR-0004	Limpieza y Habilitación de Zaranda #05
OCTUBRE / NOVIEMBRE	ZARANDA #06 0310-SCR-0006	Limpieza y Habilitación de Zaranda #06
DICIEMBRE / ENERO	ZARANDA #01 0310-SCR-0001	Limpieza y Habilitación de Zaranda #01
FEBRERO / MARZO	ZARANDA #04 0310-SCR-0004	Limpieza y Habilitación de Zaranda #04
FEBRERO / MARZO	ZARANDA #05 0310-SCR-0005	Limpieza y Habilitación de Zaranda #05

Nota: Datos de la empresa de referencia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 4.3 Costo de mantenimiento

CAMBIOS Y TIEMPOS DE OPERACIÓN						
PARADA DE PLANTA	**LINEA**	**INICIO DE OPERACIÓN**	**TIEMPO DE OPERACIÓN (DÍAS APROX)**	**TIEMPO DE OPERACIÓN (HM APROX)**	**PO ($)**	**VAL ($)**
Cambio de zaranda realizado en: **PP SEPTIEMBRE**	**LINEA 02**	**3-Set-20**	**82 días**	1968 HM	58,725.00	52,852.50
Cambio de zaranda realizado en: **PP NOVIEMBRE**	**LINEA 01**	**25-Nov-20**	**79 días**	1896 HM	50,694.96	45,625.46
Cambio de zaranda realizado en: **PP NOVIEMBRE**	**LINEA 02**	**24-Nov-20**	**83 días**	1992 HM	9,519.93 50,343.40	9,519.93 50,343.40
Cambio de zaranda realizado en: **PP FEBRERO**	**LINEA 01**	**12-Feb-21**	**67 días**	1608 HM	6,567.21 53,808.90 17,330.39 28,852.96	6,567.21 53,808.90 17,330.39 25,967.66
Cambio de zaranda realizado en: **PP FEBRERO**	**LINEA 02**	**15-Feb-21**	**En Operación** 80 días a la fecha	20568 a la fecha	9,759.02 59,160.13 26,203.34	9,759.02 59,160.13 26,203.34
Cambio de zaranda realizado en: **PP ABRIL**	**LÍNEA 01**	**20-Abr-21**	**En Operación** 74 días a la fecha	19032 a la fecha	9,469.62 60,772.86 7,454.66	9,469.62 60,772.86 7,454.66
Cambio de zaranda realizado en: **PP MAYO**	**LÍNEA 02**	**PENDIENTE PARA 15-MAY**	**En Stand By**	En Stand By	9,469.62 58,544.13	9,469.62 58,544.13

Nota: Datos de la empresa de referencia
PO (Costos operativos)
VAL (Costos totales)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

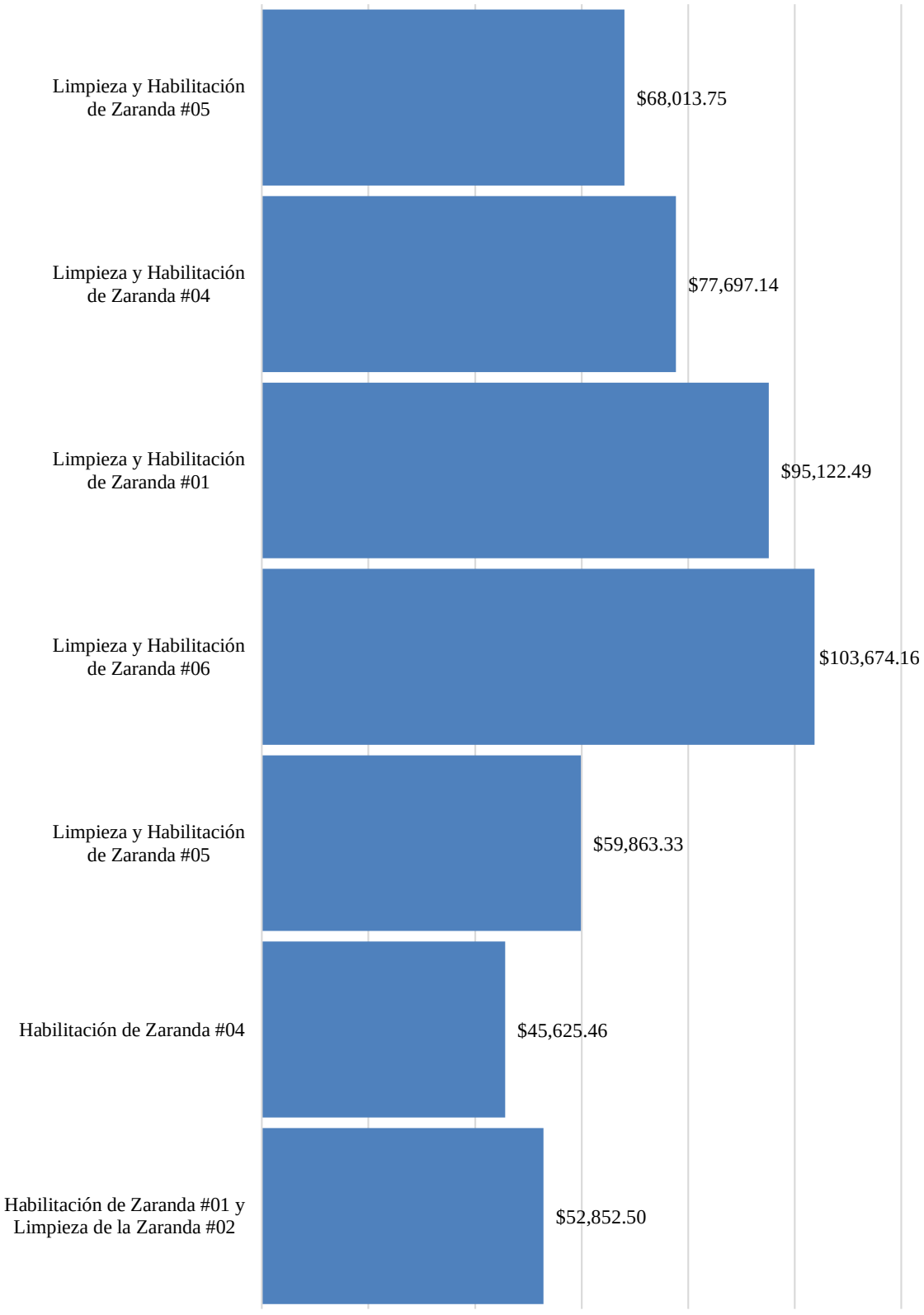


Figura 4.5 Costos de mantenimiento de zaranda vibratoria

Nota: datos de la empresa de referencia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.4. Diagnóstico del estado del mantenimiento

En la instalación minera de referencia, se constata la existencia de dos líneas de producción, cada una equipada con una zaranda. El mantenimiento de dichas zarandas se encuentra dividido en dos fases distintas: limpieza y habilitación. En el proceso de limpieza, se procede a la remoción de las protecciones que cubren el mecanismo cardan, las mallas utilizadas y las tuberías de aspersión. Asimismo, en colaboración con la parte de técnica operativa se lleva a cabo una inspección exhaustiva del eje de transmisión, se sustituyen las falderas de descarga y se corrigen cualquier desalineación presente en las correas. Además, se realiza la limpieza de las áreas soldadas que forman parte de las cartelas del haz de transmisión. Por otra parte, la segunda fase implica el desmontaje completo del equipo, con el propósito de inspeccionar, reemplazar, reparar y mejorar las piezas que han alcanzado su vida útil.

Normalmente, el proceso de reemplazo de las zarandas se lleva a cabo mediante el empleo de un conjunto de izaje, el cual permite retirar el conjunto suspendido y proceder a la instalación de una nueva zaranda que debería operar de manera eficiente durante un período aproximado de 90 días.

El problema identificado radica en la forma en que se ejecuta el mantenimiento preventivo, lo cual da lugar a desalineaciones de magnitud considerable cuando se realiza la instalación de una nueva zaranda sobre los amortiguadores, utilizando el conjunto de izaje con el puente grúa. Estas desalineaciones tienen el potencial de generar una serie de inconvenientes, tales como vibraciones excesivas que afectan negativamente la eficiencia del proceso de separación de materiales. Adicionalmente, pueden ocasionar un deterioro prematuro de las piezas y componentes de las zarandas, incrementando así la frecuencia requerida para su mantenimiento y reparación, y generando mayores costos operativos. Por otro lado, las desalineaciones pueden incidir negativamente en la calidad del material separado, y poner en riesgo la seguridad del personal encargado de las labores de mantenimiento durante la remoción de las zarandas. En situaciones extremas, las desalineaciones pueden inclusive ocasionar daños irreparables en la estructura de las zarandas, lo cual conllevaría a la necesidad de sustituir la máquina en su totalidad, de manera imprevista y no planificada. Alrededor de un año, se tienen 5 paradas programadas para el procedimiento de mantenimiento, dentro de las cuales se tiene el mantenimiento de cero horas. La disponibilidad manejada es del 89% para las zarandas, esperándose alcanzar con la optimización una disponibilidad mayor.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.5. Frecuencias de paradas de zarandas vibratorias

Para determinar las frecuencias de fallo de las zarandas vibratorias, es fundamental recurrir a un análisis exhaustivo del historial de mantenimientos correctivos y preventivos realizados durante el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2022 y el 30 de junio del mismo año. A partir de este registro detallado de fallas de mantenimiento mostrado en la tabla 4.4, se obtendrán indicadores clave como el Tiempo Medio entre Fallas (MTBF), el Tiempo Medio de Reparación (MTTR) y la disponibilidad del equipo. En base a los datos recopilados, es evidente que el sistema de clasificación de las zarandas posee una disponibilidad del 89%, lo cual indica un rendimiento deficiente. Esta baja disponibilidad es atribuible a un número significativamente elevado de fallas que han ocurrido a lo largo del proceso.

En promedio, se ha registrado un tiempo de 21.24 horas entre cada falla, lo que implica prácticamente una falla por día, aproximadamente. Además, el tiempo de reparación promedio ha sido de 2.54 horas, lo que, en comparación con el MTBF, sugiere que el sistema ha estado operativo menos del 90% del tiempo total.

Tabla 4.4 Tiempos, número de fallas e indicadores de mantenimiento

Sistema	N° Fallas	Tiempo falla (H)	MTBF (H)	MTTR (H)	Disponibilidad	Hora de operación
Chute	195	428.95	38.42	2.20	94.58%	7376.64
Motorización	66	45.10	119.32	0.68	99.43%	7875.12
Accesorios de lavado	57	95.52	137.27	1.68	98.79%	7824.39
Accionamiento	148	625.15	49.29	4.22	92.11%	7294.82
Clasificación	333	847.23	21.24	2.54	89.30%	7072.92
Superficie de cribado	104	640.97	69.99	6.16	91.91%	7278.96
Eléctrico	245	72.10	32.03	0.29	99.09%	7847.35
Protección y seguridad	14	10.65	564.95	0.76	99.87%	7909.3
Zaranda PM	373	530.97	19.81	1.42	93.30%	7389.13
Soporte y fijación	5	4.40	1583.12	0.88	99.94%	6965.73

Fuente: Datos de la empresa de referencia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Estos resultados enfatizan la necesidad de mejorar el plan de mantenimiento más efectivo y proactivo que permita mejorar la confiabilidad y disponibilidad del equipo. Es esencial abordar las causas fundamentales de las fallas recurrentes y establecer un programa de mantenimiento preventivo adecuado, con el objetivo de reducir los tiempos de inactividad y maximizar la productividad del sistema de zarandas vibratorias. Al implementar estrategias más sólidas de mantenimiento, se espera optimizar el rendimiento general del sistema y garantizar su correcto funcionamiento a lo largo del tiempo. En lo referente al mantenimiento overhaul, se ha previsto implementar nuevos procedimientos más sistemáticos y precisos con el propósito primordial de aumentar la confiabilidad y vida útil del equipo. Estos procedimientos estarán cuidadosamente diseñados para abordar de manera integral el proceso de revisión, reparación y/o reemplazo de los componentes desgastados o dañados.

4.6. Confiabilidad de los equipos de zarandas

Para determinar la confiabilidad de los equipos de la línea de trabajo, primero se deben de contemplar los intervalos de tiempo hasta cuando ocurrió una falla en la zaranda, para luego dar paso analizar por medio de la distribución de Weibull que se puede observar en la figura 4.1, los parámetros de forma y escala para determinar la curva de la confiabilidad de los equipos en un tiempo específico t sustituyendo los valores de θ, β y γ en la ecuación de la R(t). Se obtendrá el valor de R(t) mostrado en la curva de la figura 4.6, que representa la probabilidad de que el equipo esté en funcionamiento sin fallas hasta el tiempo determinado (t).

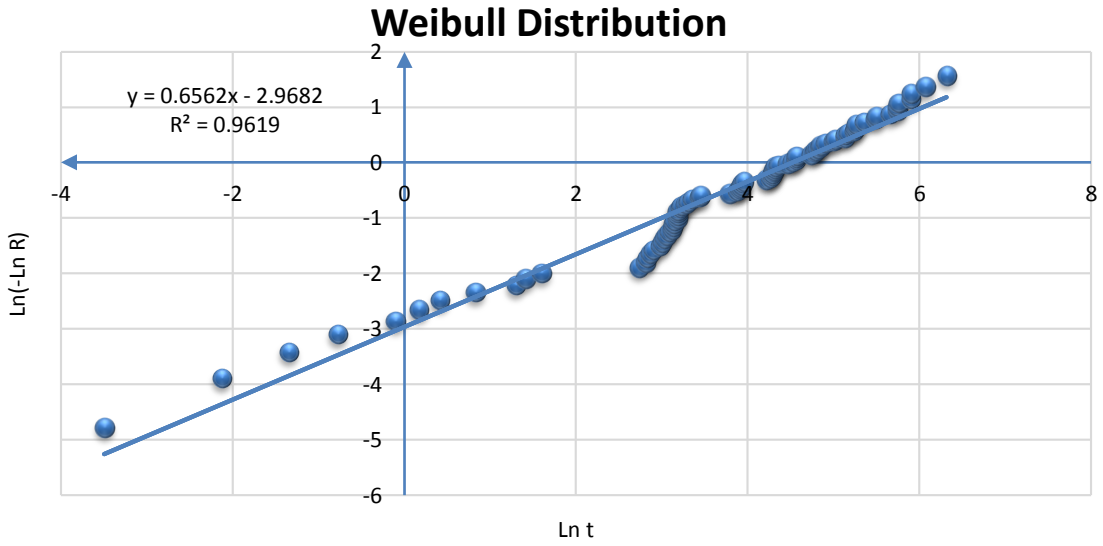


Figura 4.1. Grafica de distribución de Weibull

Fuente: Datos de la empresa de referencia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

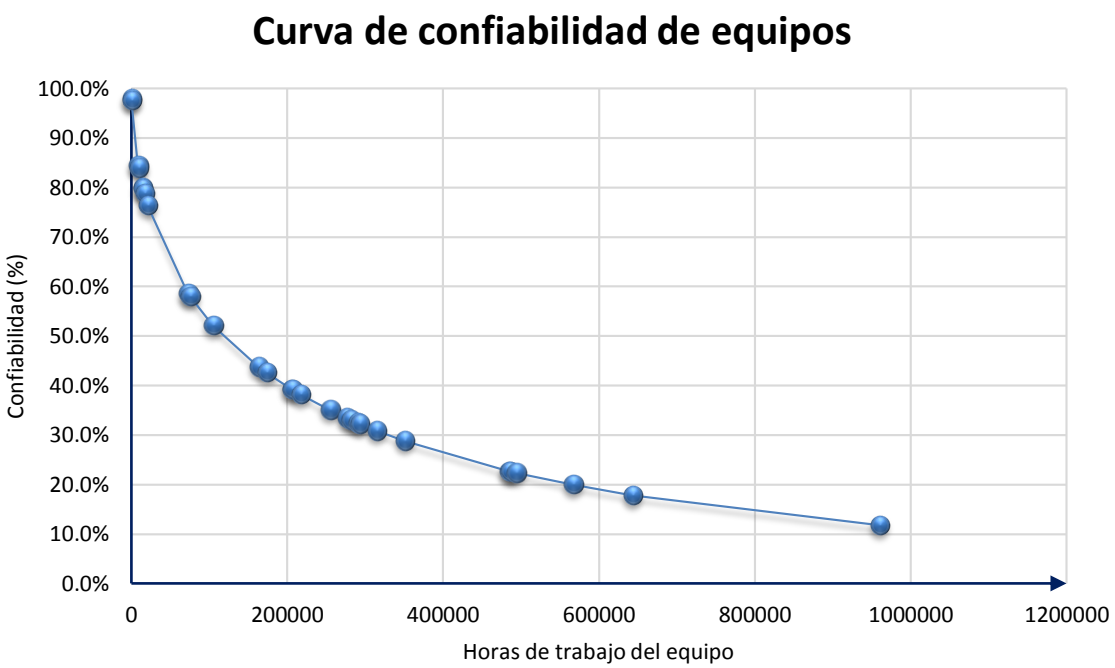


Figura 4.6 Grafica de la confiabilidad de zarandas

Fuente: Datos de la empresa de referencia

4.7. Diagrama de Pareto

Para el desarrollo del Pareto de sistemas (figura 4.7) se determinarán las fallas más frecuentes que corresponden al 80% de las paradas ocurridas en planta debido a la incidencia del 20% de los equipos.

Tabla 4.5 Tiempos de falla acumulados

Sistema	Tiempo Falla (hr)	Acumulado (hr)	Tiempo de falla (%)	Acumulado (%)
Chute	428.95	428.95	12.99%	12.994%
Motorización	45.10	474.05	1.37%	14.361%
Accesorios de lavado	95.52	569.57	2.89%	17.254%
Accionamiento	625.15	1194.72	18.94%	36.192%
Clasificación	847.23	2041.95	25.67%	61.858%
Superficie de cribado	640.97	2682.92	19.42%	81.275%
Eléctrico	72.10	2755.02	2.18%	83.459%
Protección y seguridad	10.65	2765.67	0.32%	83.782%
Zaranda PM	530.97	3296.63	16.08%	99.867%
Soporte y fijación	4.40	3301.03	0.13%	100.000%
	3301.03		**100.00%**	

Fuente: Datos de la empresa de referencia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

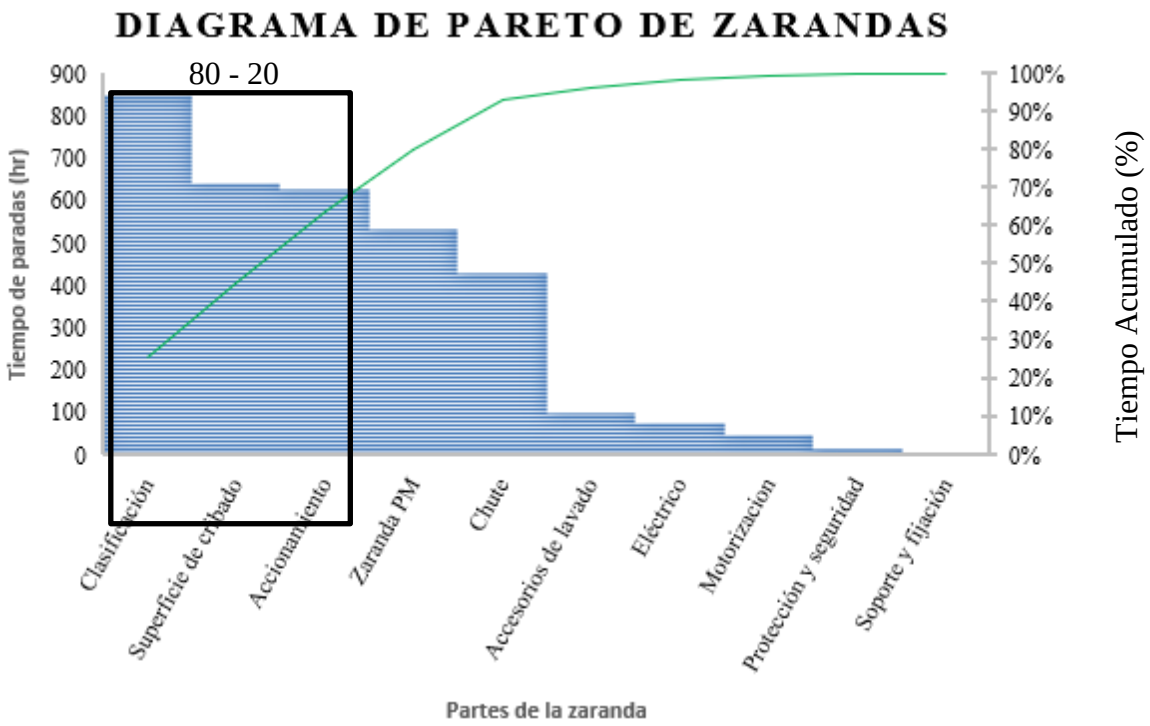


Figura 4.7 Pareto de sistemas de zaranda

Fuente: Datos de la empresa de referencia

4.8. Análisis de criticidad de equipos

Algunos de los criterios necesarios para poder determinar la criticidad de los sistemas de las zarandas son los siguientes mostrados en la tabla 4.6:

Tabla 4.6 Criterios para evaluar la ocurrencia de los equipos

Ocurrencia	Criterio	Ponderado
Siempre	MTBF < 3 (H)	5
Frecuentemente	MTBF < 3 - 7 (H)	4
Medianamente	MTBF < 7 - 25 (H)	3
Casi nunca	MTBF < 25 - 30 (H)	2
Nunca	MTBF > 30 (H)	1

Fuente: Adaptado de la Norma SAE JA1011

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 4.7 Criterios para evaluar la detección de los equipos

Detección	Criterio	Ponderado
Oculta	Falla oculta no se detectará o bien no existe un programa de verificación que permita detectarla	5
Poco probable de detectar	Usando un programa de verificación es improbable que detecte el problema	4
Medianamente probable de detectar	Se puede detectar la falla mediante un programa de verificación	3
Probable de detectar	Existe la probabilidad de detección	2
Evidente	El problema es evidente	1

Fuente: Adaptado de la Norma SAE JA1011

Utilizaremos la matriz de frecuencia y consecuencia de fallas (figura 4.2), aplicando ponderaciones, para evaluar cuan críticos son los equipos y sistemas. El estudio de la criticidad se realizará por tipo de activo (tabla 4.8), utilizando los criterios establecidos (consecuencia) y el historial de fallas (frecuencia).

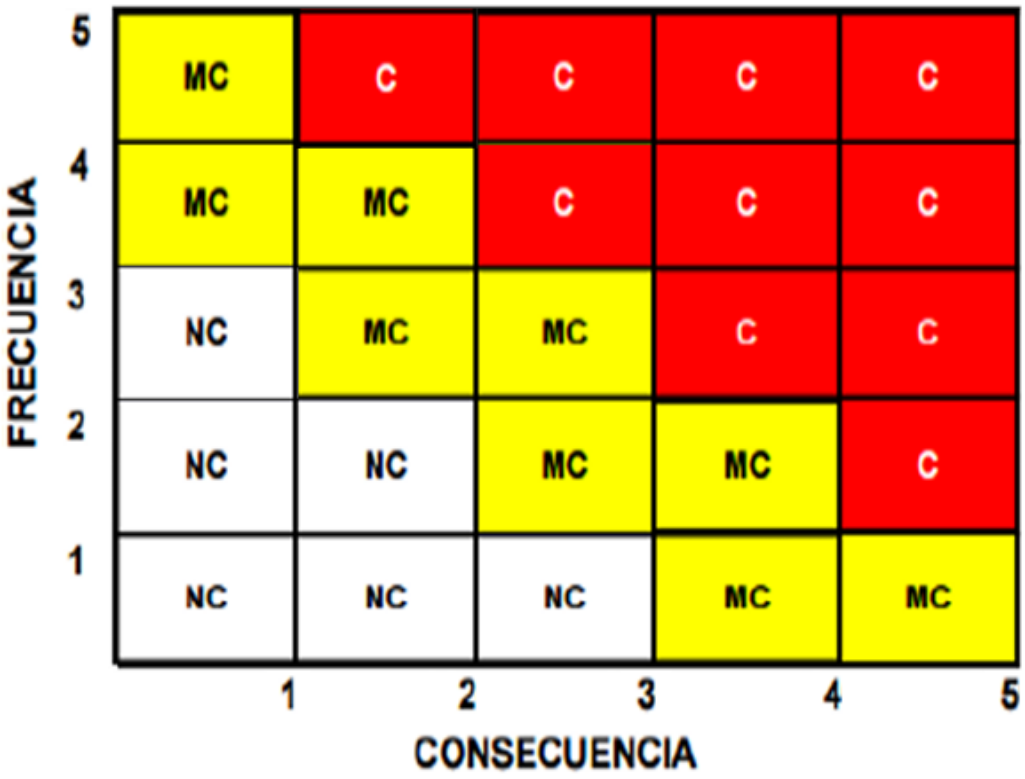


Figura 4.2. Cuadro de nivel de criticidad

Fuente: Parra - Crespo Marquez, (2015)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 4.8 Análisis de criticidad

SISTEMAS	MTBF	OCURRENCIA	Seguridad y salud	Medio ambiente	Costos en mantenimiento	Producción	Calidad	MTTR	Factor Operacional	CONSECUENCIA	CRITICIDAD
Chute	38.42	4	1	3	1	3	4	1	1	14	56
Motorizacion	119.32	2	1	1	3	2	1	2	5	15	30
Accesorios de lavado	137.27	2	3	1	1	5	2	3	4	19	38
Accionamiento	49.29	3	1	2	5	3	1	1	4	17	51
Clasificación	21.24	5	5	2	3	5	1	5	3	24	120
Superficie de cribado	69.99	3	5	3	4	5	5	3	3	28	84
Eléctrico	32.03	4	4	3	2	1	4	1	4	19	76
Protección y seguridad	564.95	1	1	1	3	5	5	2	3	20	20
Zaranda PM	19.81	5	5	5	5	5	5	1	3	29	145
Soporte y fijación	1583.12	1	4	4	1	1	2	2	3	17	17

Fuente: Datos de la empresa de referencia

Se realizo el análisis a nivel de sistemas para profundizar aún más en hallar los modos de falla, y tener una información clave para el desarrollo de tareas proactivas en el mantenimiento de los equipos.

A nivel de sistemas de puede observar que el sistema de clasificación es el más crítico a nivel de todas las zarandas mencionadas. De esta manera el análisis causa raíz estará más dedicado a encontrar las causas del porque se tienen más fallas este sistema.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

4.9. Análisis de la causa raíz de reducción de disponibilidad de zarandas

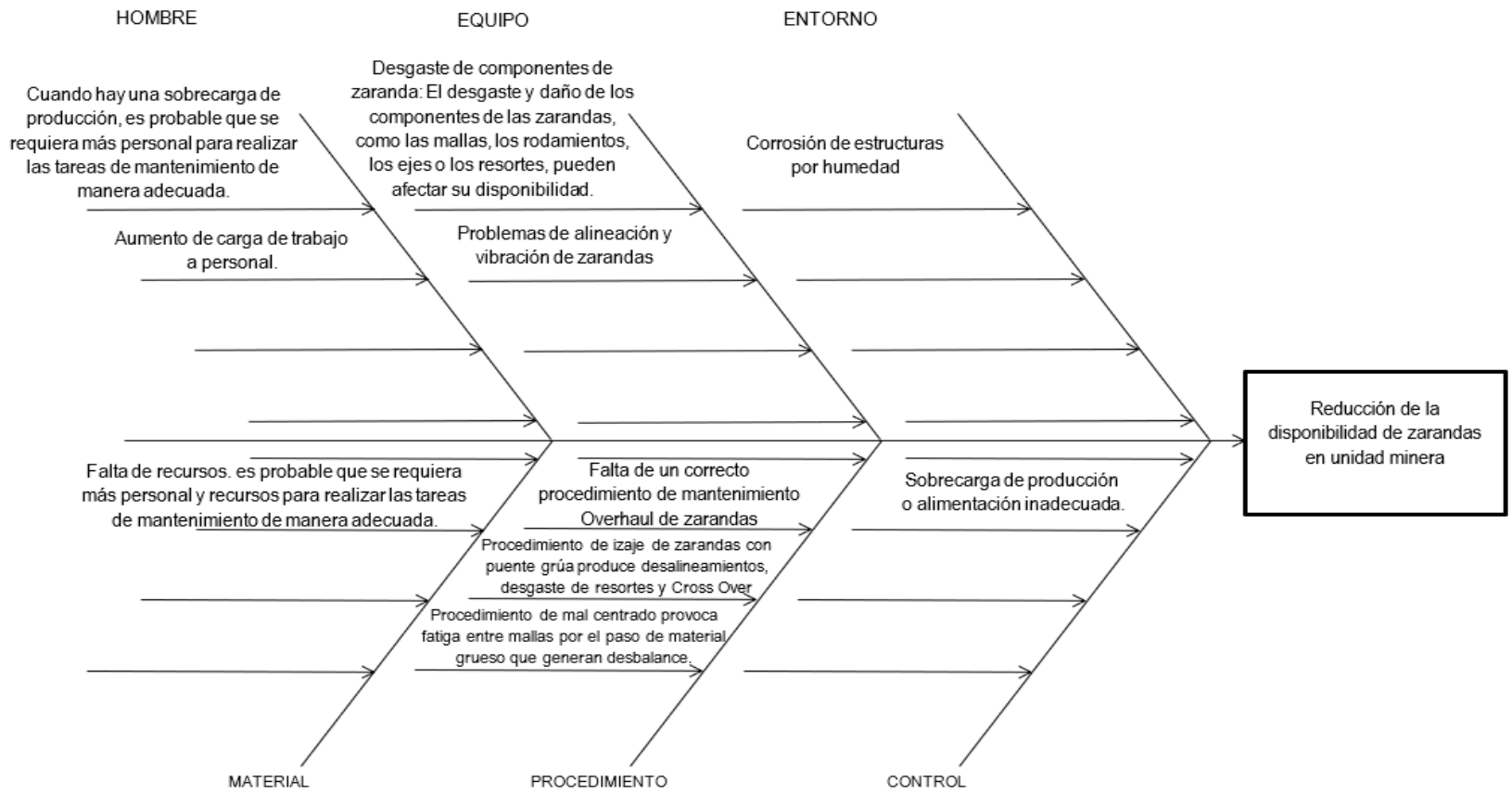


Figura 4.8 Diagrama Ishikawa de la reducción de la disponibilidad de zarandas

Nota: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

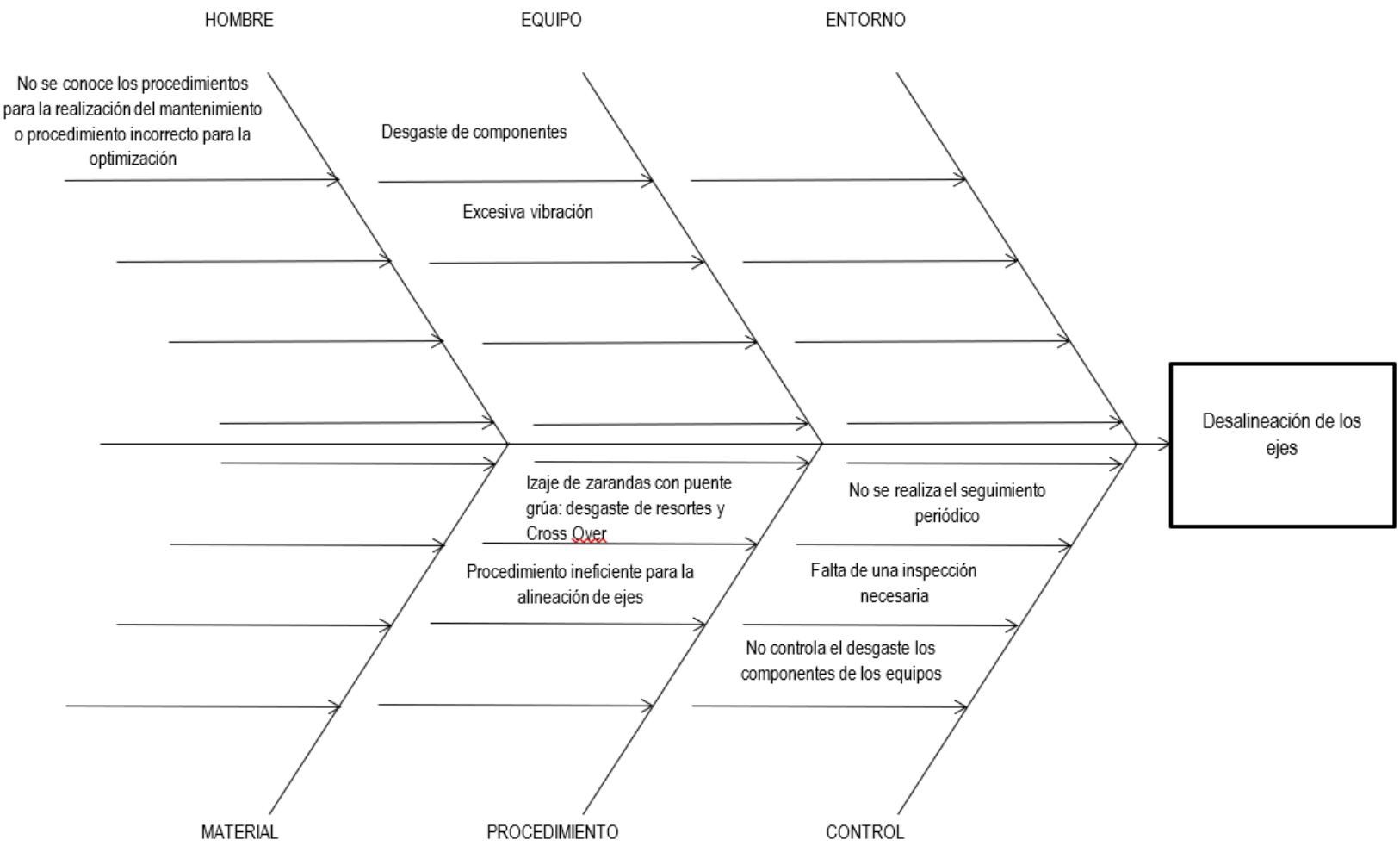


Figura 4.9 Diagrama Ishikawa de las deficiencias por desalineación de ejes

Nota: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

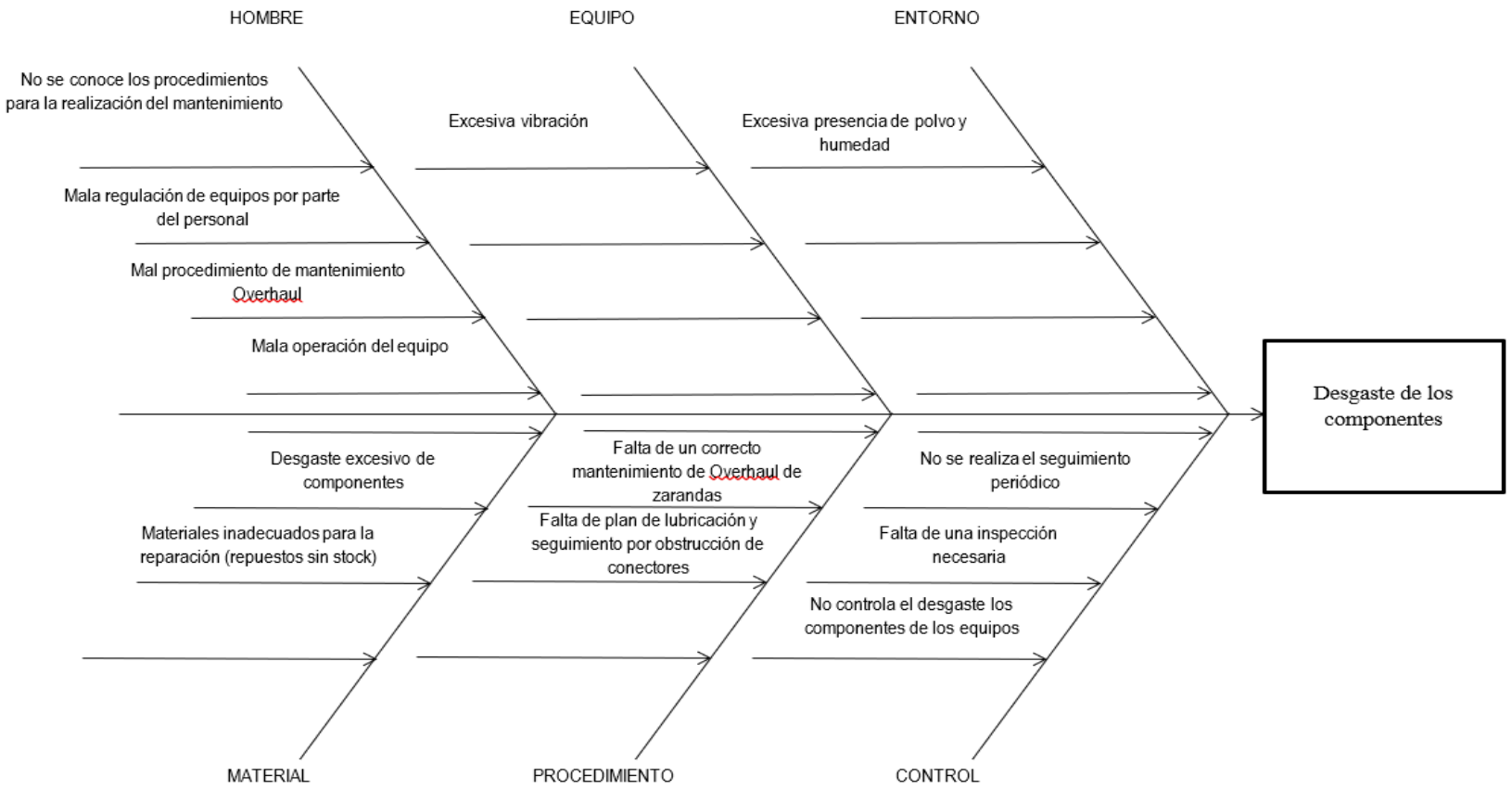


Figura 4.10 Diagrama Ishikawa de las deficiencias por sobrecarga en producción

Nota: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.10. Análisis de modos y efectos de fallas

Tabla 4.9 AMEF de zarandas vibratorias – Sistema de clasificación de zarandas

SISTEMA / COMPONENTE		FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA	CONSECUENCIAS	COSTOS	SOLUCION DE FALLA
Motorización (Excitadores)	1	Generar el movimiento vibratorio de la zaranda	A	Operación insegura, parada de sistema motriz de zaranda	1	Falla de componentes internos	Aparece un aumento del ruido o de la temperatura, lo que puede llevar a una rápida falla que podría provocar el amarre de los rodamientos del excitador, resultando en la detención del equipo o incluso causando un amago de incendio en el excitador.	$ 90 000	Ver protocolo Anexo 6
					2	Rotura de pernos de anclaje de excitador	El sistema motriz se detiene debido a una alarma de sobre corriente (sobre torque), lo que podría hacer que el excitador se desprenda de su posición, dañando estructuralmente el sideplate o el drivebeam, y en algunos casos, sería necesario reemplazar la zaranda.		Ver protocolo Anexo 6
Chute (descarga)	1	Transferir el mineral desde la clasificación undersize hasta la	A	Operación ineficiente, fuga de mineral o se distribuye irregularmente en el lecho de la zaranda	1	Agujero en chute de descarga	Existe una fuga de carga debido a la descarga, lo que requeriría el reemplazo de los liners dañados.	$ 50 000	Inspección visual
Superficie de Cribado (Paneles)	1	Clasificar el mineral en oversize y underzise	A	Operación ineficiente. El mineral no se	1	Panel desgastado/roto	Se produce una disminución en la eficiencia de clasificación, lo que puede ocasionar el desprendimiento del panel.	$ 70 000	Ver protocolo Anexo 7

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

SISTEMA / COMPONENTE		FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA	CONSECUENCIAS	COSTOS	SOLUCION DE FALLA
				clasifica en los dos subproductos.	**2**	Panel caído	La eficiencia de clasificación también disminuye, lo que activa el sensor de chute oversize atorado, provocando la detención del equipo. En caso de que el panel no se active, quedaría atorado en el chute undersize.		Ver protocolo Anexo 7
Superficie de cribado (Crossmembers)	**1**	Brindar soporte estructural a las placas laterales de la zaranda	**A**	Los crossmembers dejan de soportar la estructura lateral de la zaranda	**1**	Crossmember roto	Se detecta ruido excesivo y altas vibraciones en el sideplate. Sería necesario reemplazar la zaranda en lugar de reparar el crossmember, ya que esta falla puede afectar estructuralmente otros componentes de la zaranda, como el sideplate, el drivebeam y los crossmembers de zonas cercanas.	$60 000	Análisis de vibraciones cada 20 días en sideplate por cada punto de anclaje de crossmembers. Inspección por oportunidad ante condición relevante.
					2	Crossmember fisurado	Se observa un aumento del ruido, lo que podría indicar una fisura en la viga principal que, de no ser reparada a tiempo, resultaría en la necesidad de reemplazar la zaranda.		Análisis de vibraciones cada 20 días en sideplate por cada punto de anclaje de crossmembers. Inspección por oportunidad ante condición relevante.
Superficie de cribado (Drivebeam)	**1**	Soportar los excitadores	**A**	Las vigas principales pierden capacidad de soportar la carga dinámica del movimiento vibratorio de los excitadores	**1**	Drivebeam roto	Se detecta un aumento del ruido y vibraciones. En este caso, sería necesario reemplazar el drivebeam o la zaranda.	$ 120 000	Inspección en parada de planta por líquidos penetrantes. Análisis de vibraciones cada 20 días en sideplate para los puntos de anclaje de drivebeam. Inspección por oportunidad ante condición relevante.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

SISTEMA / COMPONENTE		FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA	CONSECUENCIAS	COSTOS	SOLUCION DE FALLA
Chute (acondicionador)	1	Transferir el mineral desde la tolva de almacenamiento hasta el feedbox	A	Operación ineficiente, fuga de mineral o se distribuye irregularmente en el lecho de la zaranda	1	Liners desgastados en chute acondicionador	Existe el riesgo de fractura o desprendimiento del liner debido a una fuga de carga por la alimentación, por lo que es necesario reemplazar los liners dañados.	$ 30 000	Inspección visual
					2	Agujero en chute acondicionador	Se registra otra fuga de carga por la alimentación, lo que implica también la necesidad de reemplazar los liners dañados.		Inspección visual

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Para identificar las causas fundamentales y los modos de falla asociados, es necesario llevar a cabo un análisis exhaustivo que permita determinar las soluciones adecuadas para cada uno de ellos. Esta aproximación garantiza que solo se consideren las circunstancias posibles que puedan originar problemas relacionados con los procedimientos, facilitando así una resolución inmediata. A continuación, se detallarán los puntos relevantes en relación a dichos problemas, los cuales pueden tener un impacto negativo en la disponibilidad de nuestros equipos.

4.11. Examinación y evaluación de los modos de falla y causas encontradas

Tabla 4.10 Evaluación de modos de falla y su respectiva solución

Modo de falla	Tarea propuesta
Desgaste excesivo de mallas	Plan de mantenimiento preventivo y protocolos (Anexo 7)
Desalineamientos por izaje de zarandas	Diseño de puntos de anclaje para extracción de zarandas (Anexos 4)
Desgaste de los componentes	Reportes de monitoreo a condición
Desalineación de los ejes	Diseño de puntos de anclaje para extracción de zarandas (Anexos 4)
Obstrucciones en los pasos del material	Procedimiento de mantenimiento cero horas (Anexo 3)
Desgaste de los componentes	Procedimiento de mantenimiento cero horas (Anexo 3)
Falla en los resortes	Diseño de puntos de anclaje para extracción de zarandas (Anexo 4)
Fallas de rodamientos	Monitoreo a condición
Corrosión y deterioro de componentes	Monitoreo a condición
Desalineación de poleas y correas	Diseño de puntos de anclaje para extracción de zarandas (Anexos 4)
Desgaste o daño en los amortiguadores de vibración	Monitoreo a condición
Rotura de ejes o componentes estructurales	Diseño de puntos de anclaje para extracción de zarandas (Anexo 2)
Bloqueo u obstrucción de los pasos de material	Procedimiento de mantenimiento cero horas (Anexos 3)
Operación insegura, parada de sistema motriz de zaranda (excitadores)	Protocolo de mantenimiento de excitadores de Zaranda (Anexo 6)

Nota: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

De acuerdo a los modos de falla encontrados en la tabla 4.10, se procederá a hacer un análisis de cada uno de ellos que podrá determinar la mejor tarea proactiva que podrá corregir las observaciones encontradas.

4.11.1. Reportes de monitoreo de condición zaranda vibratoria.

Los reportes de monitoreo de condición en zarandas (Anexo 9) son de gran importancia debido a varias razones. En primer lugar, permiten realizar mantenimiento preventivo al proporcionar información sobre el estado actual de las zarandas. Esto ayuda a identificar problemas o desgastes antes de que se conviertan en fallas graves, evitando interrupciones no planificadas en la producción.

Además, estos reportes son clave para optimizar el rendimiento de las zarandas. A través del monitoreo, se obtienen datos sobre la eficiencia de separación, capacidad de procesamiento y uniformidad de la separación, lo que permite evaluar su desempeño y tomar acciones correctivas o implementar mejoras para maximizar su eficiencia y productividad.

Otro aspecto importante es la reducción de costos. Al realizar un monitoreo regular, se pueden detectar problemas a tiempo y tomar medidas preventivas, evitando costosos tiempos de inactividad no planificados, reparaciones de emergencia y pérdida de producción. Además, al optimizar el rendimiento de las zarandas, se logran ahorros en energía, consumibles y mantenimiento.

La seguridad operativa también se ve beneficiada, ya que el monitoreo de condición ayuda a identificar condiciones inseguras, como vibraciones excesivas, desgastes en componentes estructurales o temperaturas elevadas en el motor. Esto permite tomar medidas para garantizar un entorno de trabajo seguro y minimizar el riesgo de accidentes.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Se realizó monitoreo de vibración en strokes y motor de zaranda, análisis termográfico infrarrojo, las desplazamientos axiales y torsión, del cual se puede percibir la siguiente información obtenida:

- Tonelaje: Vacío
- Máxima vibración axial en motor eléctrico: 4.97 mm/s, (Permisible 15 mm/s).
- Máxima temperatura en motor eléctrico: 71.40°C, (Permisible 65.0°C).
- Máxima vibración axial en chumacera: 6.67 mm/s, (Permisible 15 mm/s).
- Máxima temperatura en chumaceras: 29.20°C, (Permisible 65.0°C).
- Máxima temperatura en el cardán: 16.9° (Permisible 40.0°C).
- Temperatura máxima en excitadores: A = 68.3°C - B = 72.1°C - C = 70.0°C (Permisible 85.0°C).
- Porcentaje de torsión: vertical =4%, horizontal = 9%, (Permisible: 5.0%.)
- Promedio Fuerza G: 3.50 (Permisible 4-5).
- Desfase entre ángulos:2.11°, (Permisible 20.0°).
- Desplazamientos axiales: RF: 0.14 RD: 0.39 - LF: 0.14 - LD: 0.51 (Permisible 0.5 mm).
- Niveles de vibración sensores permanentes: Lado izquierdo: - g - lado derecho: - g (Permisible 8.0 g), diferencia: - % (Permisible 30%).

A partir de esto podemos deducir que, la condición dinámica de la zaranda se encuentra dentro del rango tolerable. Se observó un cambio en la frecuencia de trabajo, pero se corrigió al revisar y ajustar el variador de velocidad. Se registró una temperatura elevada en el motor y las chumaceras. Se realizó la lubricación, sin embargo, el motor sigue presentando temperatura elevada, por lo que se recomienda su reemplazo. También se detectó una alta vibración en el parante del lado izquierdo, se sugiere agregar cartelas para mejorar la estabilidad del soporte. Se continuará con el monitoreo de la zaranda.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.12. Orden mantenimiento

SOLICITUD DE SERVICIOS

Control de Contratos Procesos

SERVICIO SOLICITADO (Descripción corta del trabajo a ejecutar)

PM ZARANDA SECA - INCLUYE ARMADO Y DESARMADO DE ANDAMIOS

DATOS GENERALES

Gerencia solicitante	Proyectos	Super Intendencia solicitante	Gerencia Plantas - Plan Optimizado
Fecha de elaboración alcance		Fecha de inicio servicio	
Tipo de servicio		Modalidad	Acuartelado
Requiere Visita Tecnica		Persona de Contacto	
		Telefono	
Area de ejecución del servicio	Molienda		

Plazo de ejecucion del servicio (días)	Previos (días)	Ejecución Servicio (días)	Post ejecución (días)
24	4	16	4

ACREDITACIONES (Son las acreditaciones que la EECC deberá gestionar para atender el servicio en la propiedad en la empresa)

- [x] 1. LOTOTO
- [x] 2. Trabajos en espacios confinados
- [x] 3. Aplicacion de procedimiento de ""open hole""
- [x] 4. Trabajos de izaje o cargas suspendidas
- [x] 5. Trabajos en altura y desnivel
- [ ] 6. Aplicación del procedimiento de "blue stake"
- [x] 7. Trabajos en caliente
- [x] 8. Operación de equipo pesado/Liviano/Movil
- [ ] 9. Trabajos en circuitos energizados
- [ ] 10. Trabajos con/cerca de energias o partes moviles
- [x] 11. Trabajos con/cerca de sustancias quimica (h2s, cloro)
- [ ] 12. Trabajos con explosivos
- [ ] 13. Trabajos con tuberias de hdpe
- [x] 14. Ingreso a áreas restringidas sin autorización

ASIGNACION DE COSTOS (Se debe ingresar las OT, CC o WBS y distribucion porcentual a donde deben cargarse los costos de los servicios)

OM/Centro de costo/WBS	OM	CC / WBS	DESCRIPCION
	400007822472		Mantenimiento de área de Molienda / Mantenimiento de zaranda

DESCRIPCION DE SERVICIOS (Detallar los servicios a contratar)

"*PREVIO A LA EJECUCIÓN DEL SERVICIO. *
1.- Publicar nombre y número del Administrador de contrato en turno A
2.- Publicar nombre y número de los supervisores de campo y de seguridad en turno A que realizarán el trabajo.
3.- Publicar difusión de Plan de Bloqueo (revisando LOTOTO de mordazas si aplica).
4.- Publicar PETS indicando LOTOTO específico para el trabajo.
5.- Publicar ALCANCE del SERVICIO.
6.- Publicar GANTT por horas *para hacer seguimiento*, indicando recursos (andamios, grúas, etc)
*No se firmarán documentos para inicio de trabajo si no se cumple estas indicaciones. *
*DURANTE LA EJECUCIÓN DEL SERVICIO. *
7.- Supervisor de contratista tiene que enviar un WhatsApp confirmando que se verificó los puntos de bloqueo en el IPERC, en PETS, y tarjeta de auditoría de caja grupal.
8.- Si se requiere préstamo de herramientas y equipos de propiedad de la empresa, solicitar el préstamo por WhatApp al administrador de Contrato, sólo se procederá con su visto bueno.
9.- Enviar fotografías de las Medidas de Control de Seguridad *ANTES* de ejecutar la tarea.
10.- Enviar *CADA HORA* el avance del trabajo, incluyendo fotografías.
Antes de realizar las maniobras, calibraciones, mediciones, ajustes e izajes se publicará en el Whatsapp.

Figura 4.11 Orden de mantenimiento

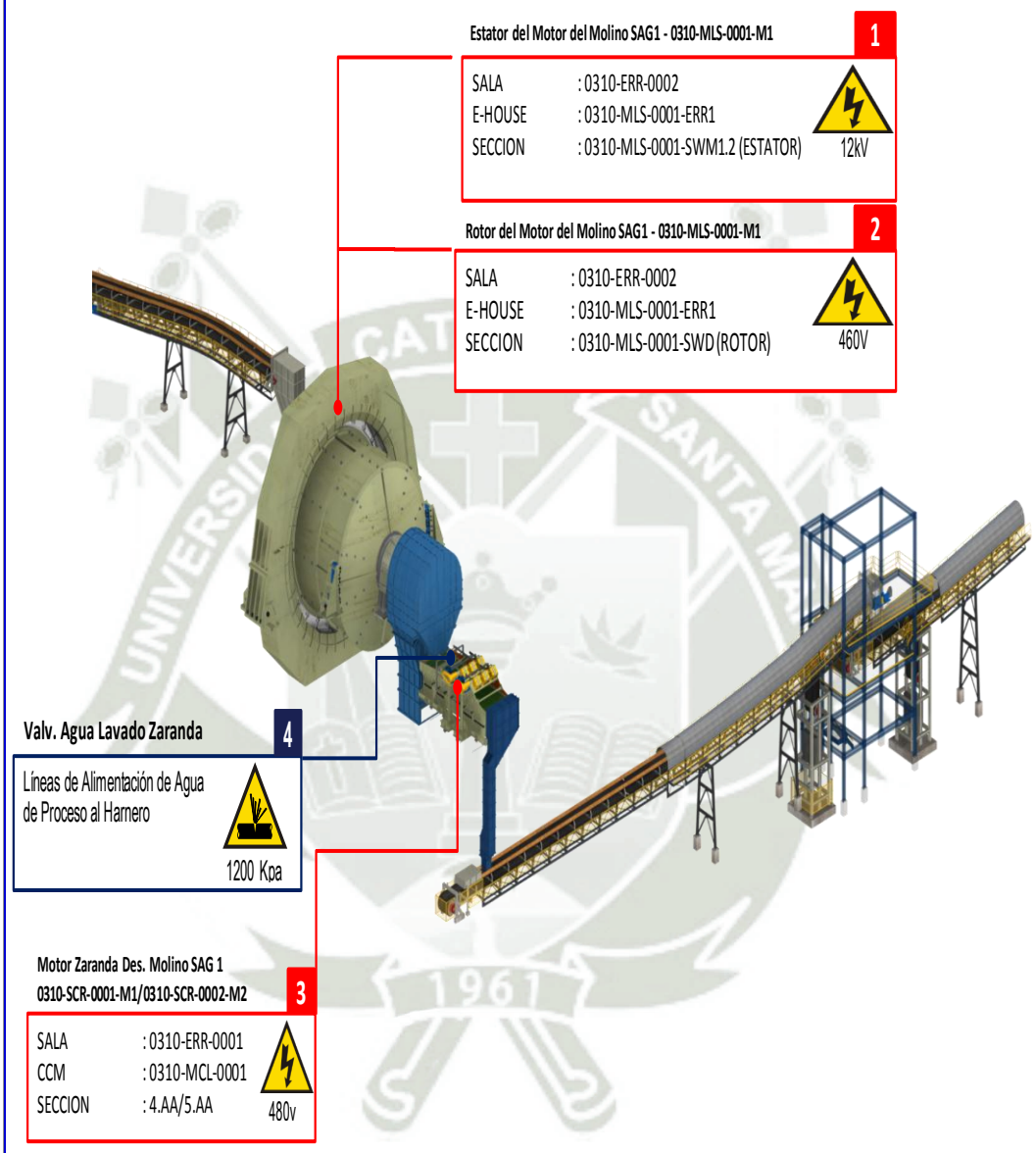
Nota: Requerimientos de servicio de unidad minera

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

	CARTILLA DE AISLAMIENTO Y BLOQUEO				CÓDIGO:	-
	AREA:	PROCESO:	EQUIPO/SISTEMA:	TAG:	VERSIÓN:	B
	MOLIENDA	MOLIENDA	ZARANDA DE DESCARGA DEL MOLINO SAG Nº1	0310-SCR-0001	FECHA:	6/08/2020
					HOJA:	1 de 2



Caja Multibloqueo:	Caja Grupal	Símbolos:	ELEC Eléctrico	Notas:
Dueño del Área:	Operador de Molienda		MECA Mecánico	
Planos P&ID:	25635-220-M6-0310-00021_R0		OPER Operador	

Figura 4.12 Aislamiento y bloqueo de zaranda

Nota: Requerimientos de servicio de unidad minera

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.13. Antecedentes de reportes de mantenimientos realizados

4.13.1.1. Informes técnicos de proceso de mantenimiento anterior por traslado de equipo



Figura 4.13 Reporte fotográfico – Desmontaje de excitadores y mallas

Durante el traslado del equipo para el mantenimiento de la zaranda, se inicia con el desmontaje de excitadores y mallas (figura 4.13), esta parte es esencial para el traslado de todo el equipo.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.13.1.2. Informe de inspección de inspección y verificación de zaranda húmeda

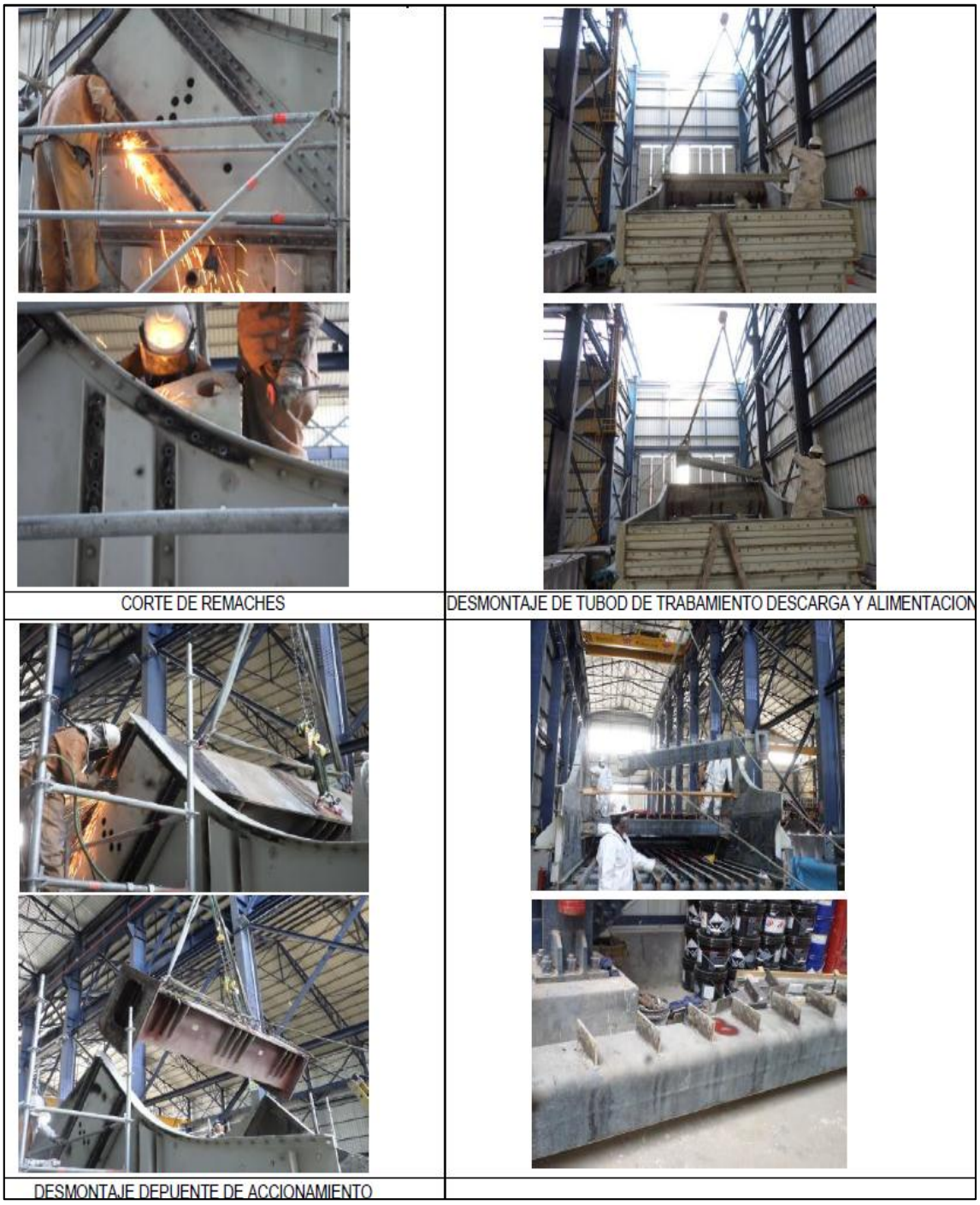


Figura 4.14 Reporte fotográfico – Corte de remaches y desmontaje de tubo y puente de accionamiento

Como se detalla en las imágenes, se hizo una inspección visual a estos componentes para ver si se descartan o no estos mismos. Con el inicio de los desmontajes (figura 4.14), se procede a revisar las placas laterales.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Figura 4.15 Reporte fotográfico – Ángulos de placas, liner de impacto y desgaste de zona de alimentación

Se visualiza según el reporte de la figura 4.15, varios desgastes y fisuras provocadas por la falta de un procedimiento de mantenimiento más completo. Se deben cambiar los largueros del deck inferior como superior con desgaste como se muestra en las fotos. Además, se tiene que realizar el cambio total de reglas lateral en ambos lados del deck por mal estado.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.13.1.3. Reparación y mantenimiento de zaranda húmeda



Figura 4.16 Reporte de recepción y montaje de vigas transversas

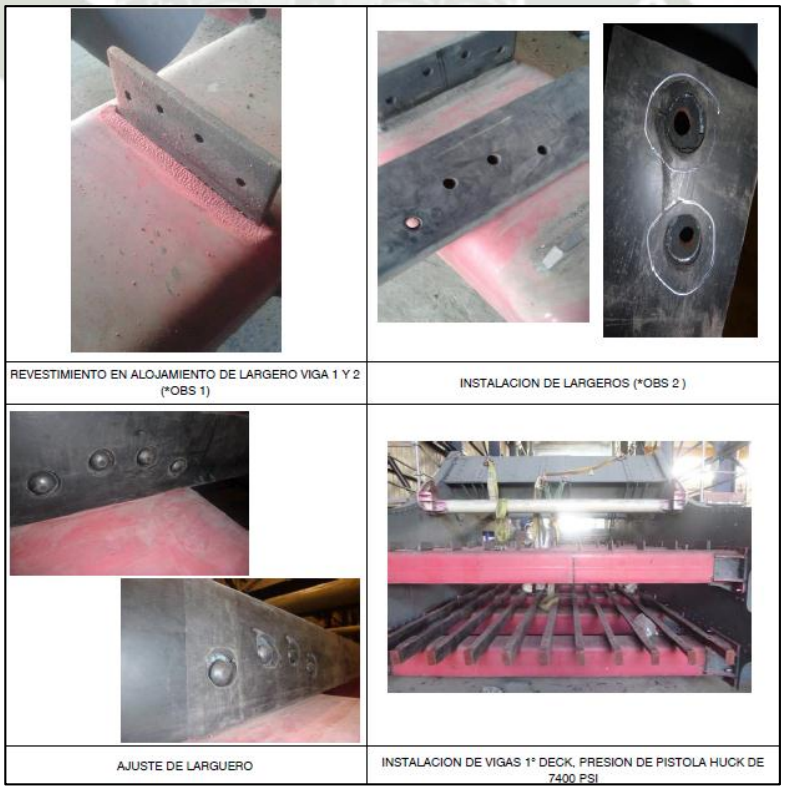


Figura 4.17 Reporte de recepción y montaje de vigas transversas

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.13.2. Evidencia fotográfica de limpieza de zarandas

4.13.2.1. Inspección fotográfica de limpieza



Figura 4.18 Limpieza mecánica de vigas transversales y cross member, desmontaje



Figura 4.19 Retiro de mallas y traslado de pernos y arandelas

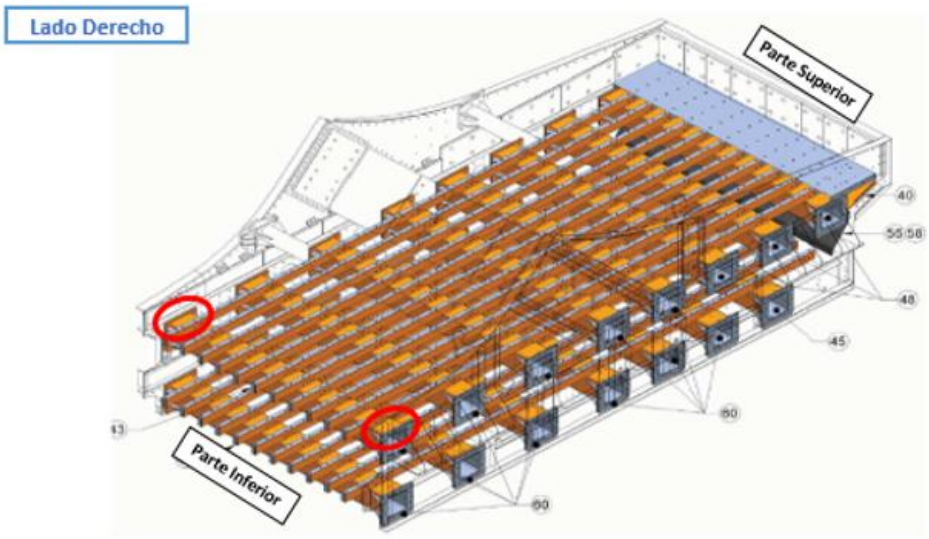


Figura 4.20 Limpieza de CROSS MEMBERS

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.13.3. Evidencia fotografía de armado de zaranda

4.13.3.1. Armado de zarandas



Figura 4.21 Armado de zaranda

Las actividades que se pueden ver durante el armado de zaranda son las siguientes:

4.13.3.2. Retiro de partes y componentes

1. Bandeja inferior
2. Ángulos laterales 1er y 2do deck
3. Longitudinales sobre vigas cross member
4. 2 vigas cross member, N°2 y 3 de 1er deck

4.13.3.3. Cambio y montaje de vigas cross member

1. 2da y 3ra de 1er deck
2. Bandeja inferior



Figura 4.22 Vigas cross-member

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

4.13.3.4. Montaje de longitudinales

Una vez retiradas las longitudinales, se procedió al montaje de longitudinales nuevas, pero estas estaban mal fabricadas y se tuvo que realizar:

1. Análisis de estado
2. Definición de uso
3. Posicionar según en zona de alimentación de mejor a peor estado



Figura 4.23 Montaje de longitudinales

4.13.3.5. Reparación de bandeja intermedia

Debido a no haber stock en bodega con patrón de perforaciones para ser montada en zaranda, se procedió a realizar reparación de perforaciones laterales en ambos lados, debido a que durante montaje no existía correcto calce.

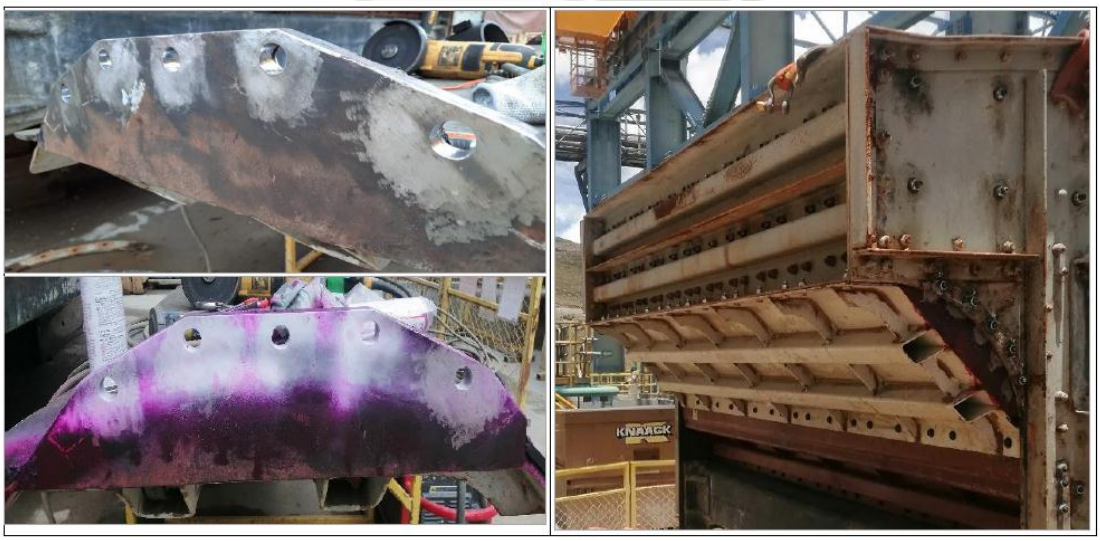


Figura 4.24 Bandeja intermedia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

4.13.4. Evidencia fotográfica de desgaste y corrosión de componentes de zaranda



Figura 4.25 Corrosión de tuberías

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

4.13.5. Evidencia fotográfica de obstrucción en los pasos del material



Figura 4.26 Obstrucción de material en tuberías

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

4.13.6. Evidencia fotográfica de alineación de zarandas

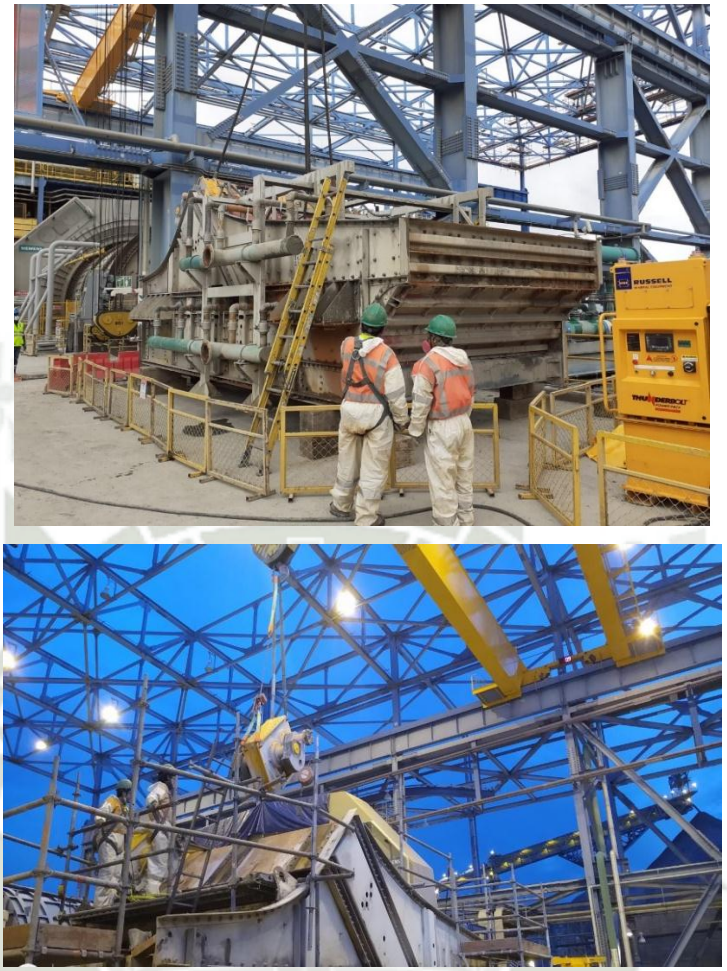


Figura 4.27 Alineación e izaje de zaranda



Figura 4.28 Alineación de contrapesos

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.13.7. Evidencia falla de resortes de zarandas



Figura 4.29 Cambio de resortes de zarandas

4.14. Plan de mantenimiento de zarandas vibratorias

Para desarrollar el plan de mantenimiento de las zarandas vibratorias y sus subsistemas críticos, se llevó a cabo un proceso estructurado que incluyó la elaboración de una hoja de información detallada. En esta hoja se describieron los modos de falla funcionales para los diferentes grupos de componentes en la tabla 5.4. Para cada modo de falla, se analizaron las consecuencias potenciales que podrían surgir y se determinaron las acciones correctivas necesarias para abordar el problema.

La evaluación de las consecuencias se realizó utilizando un diagrama de decisión que se muestra en la tabla 4.11. Este diagrama clasifica las consecuencias en diferentes categorías importantes, como fallo oculto, seguridad, medio ambiente y consecuencias operacionales. El objetivo de esta evaluación fue establecer el tipo de tarea de mantenimiento que se llevará a cabo para cada modo de falla identificado.

Las opciones de tareas de mantenimiento consideradas son las siguientes:

- Tarea a condición: Significa que se llevará a cabo el mantenimiento cuando se alcance un cierto umbral o condición predeterminada que indique que el componente o subsistema está aproximándose a una falla. Esta estrategia se basa en la monitorización y el seguimiento regular de los equipos.
- Sustitución cíclica: Implica reemplazar los componentes o subsistemas en intervalos predefinidos, independientemente de su estado aparente. Esta táctica busca prevenir fallas mediante la actualización periódica de los elementos.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

- Reacondicionamiento cíclico: Consiste en llevar a cabo tareas de mantenimiento para restaurar o mejorar las condiciones de los componentes o subsistemas en intervalos planificados. Esto incluye reparaciones, ajustes y reacondicionamientos periódicos.
- Búsqueda de fallos: Cuando se identifica una falla, se realizan tareas de mantenimiento para identificar la causa raíz y corregirla. Esta estrategia se enfoca en la corrección puntual de problemas existentes.

La elección de la tarea de mantenimiento adecuada para cada modo de falla se basó en la evaluación de las consecuencias según las categorías mencionadas anteriormente. Además, la frecuencia para cada tarea de mantenimiento propuesta se determinó a partir de los tiempos medios estimados, los cuales ofrecen una base para establecer el intervalo adecuado entre las actividades de mantenimiento.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 4.11 Plan de mantenimiento de componentes críticos

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE ZARANDAS							
Sistema	**Componente**	**Tarea planteada**	**Tipo de mantenimiento**	**Área**	**Detalles**	**Frecuencia**	**Especificación**
PM1							
Clasificación	Chutes	Cambio de liners desgastados en PM	Sustitución cíclica	Mantenimiento	Se procede al reemplazo de los liners que, de acuerdo con la evaluación realizada, muestran un desgaste significativo.	3 meses	Técnico mecánico
Clasificación	Chutes	Cambio de liners desgastados/rotos o reposición de liners desprendidos	Sustitución cíclica	Mantenimiento	Mediante una evaluación oportuna, se identifican aquellos liners que han experimentado un desgaste prematuro o se han desprendido de su posición de trabajo, pudiendo haber quedado atrapados en la descarga.	3 meses	Técnico mecánico
Clasificación	Chutes	Reparación de fugas de carga con wearing	Reacondicionamiento cíclico	Mantenimiento	En caso de que el desgaste haya dañado al liner, se lleva a cabo la reparación de la fuga ocasionada por el contacto del chute con el mineral, mediante la aplicación de material resistente en los puntos afectados.	3 meses	Técnico mecánico
Clasificación	Chutes	Cambio de rejilla de contención en chute de descarga en PM por condición	Sustitución cíclica	Mantenimiento	Si la rejilla de contención muestra un deterioro considerable según la evaluación de su condición, se procede a su reemplazo.	3 meses	Técnico mecánico
PM2							
Clasificación	Drivebeam	Inspección por líquidos	Monitoreo a condición	Mantenimiento Predictivo	Se realiza la inspección a detalle de la estructura para evaluar daños en la soldadura o fisuras en las vigas	Mensual	Técnico mecánico

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE ZARANDAS							
		penetrantes cada 70 días					
Clasificación	Paneles	Cambio de paneles desgastados en PM	Sustitución cíclica	Operaciones	En el mantenimiento preventivo de la zaranda, se procede a sustituir los paneles desgastados. Según la evaluación, es posible invertir o reubicar los paneles de acuerdo con el grado de desgaste, con el propósito de reducir la frecuencia de reemplazo.	Mensual	Técnico mecánico
Clasificación	Paneles	Cambio de paneles desgastados/rotos reposición de paneles desprendidos	Sustitución cíclica / Reacondicionamiento cíclico	Operaciones	Cuando la descarga undersize presenta minerales oversize, se lleva a cabo una inspección exhaustiva y se procede al cambio de aquellos paneles que presenten deterioro (roturas, desgaste prematuro o acumulación de carga que afecte su capacidad de clasificación). Además, en caso de que se hayan desprendido paneles, se procede a reemplazarlos.	Mensual	Técnico mecánico
Clasificación	Crossmembers	Cambio de pernos corroídos	Sustitución cíclica	Mantenimiento	Se realiza el cambio de los pernos de anclaje del crossmember ante una condición de corrosión encontrada.	Mensual	Técnico mecánico
Clasificación	Crossmembers	Instalación de refuerzo a crossmember fisurado	Reacondicionamiento cíclico	Mantenimiento	Ante una eventual condición de falla por fisura se realiza la instalación de un refuerzo estructural lo que permite extender el tiempo de vida útil del crossmember y por tanto evita tener que cambiar la zaranda en el corto plazo	Mensual	Técnico mecánico
PM4							
Clasificación	Excitadores	Monitoreo de temperatura continuo en caja reductora	Monitoreo a condición	Control de Procesos	Se realiza la toma de temperatura de las cajas reductoras de manera continua con el sistema online con el fin de determinar variaciones que sean indicio de una falla potencial	20 días	Técnico eléctrico
Clasificación	Excitadores	Monitoreo de vibraciones en	Monitoreo a condición	Mantenimiento Predictivo	Se realiza monitoreo de vibraciones en cada par de rodamientos de la caja reductora para	15 días	Técnico eléctrico

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE ZARANDAS							
		caja reductora cada 15 días			identificar fallas potenciales en los engranes o rodajes.		
Clasificación	Excitadores	Inspección de respiradero	Monitoreo a condición	Mantenimiento	Se inspecciona condición de respiradero ante un incremento de temperatura ya que la no liberación de los gases producto de la falla de este componente causa esta indicación	20 días	Técnico eléctrico
Clasificación	Excitadores	Inspección visual de fisuras en carcasa de caja reductora en PM	Monitoreo a condición	Mantenimiento	Se inspecciona condición de la carcasa ya que ante una fisura el aceite puede fugar causando la falla acelerada de los elementos internos de la caja reductora	20 días	Lubricación
Clasificación	Excitadores	Muestreo de aceites y tapones magnéticos cada 20 días	Monitoreo a condición	Mantenimiento Predictivo	Se realiza un control de los elementos de desgaste, así como la salud del aceite y la condición de sus aditivos esto con la finalidad de evaluar problemas potenciales que puedan dañar el excitador a futuro.	20 días	Lubricación
Clasificación	Crossmembers	Monitoreo de vibraciones en punto de anclaje a sideplate cada 20 días	Monitoreo a condición	Mantenimiento Predictivo	Se realiza monitore de vibraciones en los puntos de anclaje con la finalidad de encontrar observaciones de soltura mecánica o altas amplitudes que indiquen una posible falla estructural	20 días	Técnico eléctrico
Clasificación	Crossmembers	Inspección anual por líquidos penetrantes en crossmembers críticos	Monitoreo a condición	Mantenimiento Predictivo	Se sugiere la inspección de la viga en los crossmembers para aquellos que son críticos según el modelo de la zaranda.	20 días	Técnico mecánico
Clasificación	Drivebeam	Inspección visual de Drivebeam	Monitoreo a condición	Mantenimiento Predictivo	Se realiza la inspección de la estructura del drivebeam para encontrar posibles daños o fisuras.	20 días	Técnico mecánico

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

El siguiente plan de mantenimiento mostrado presenta las tareas y las frecuencias que se desarrollaran para los mantenimientos preventivos que se suscitasen durante el trabajo de las zarandas. Cabe destacar que, cada tarea tiene una especificación técnica mecánica o eléctrica. Las tareas están agrupadas por PM dependiendo de la frecuencia de realización.

4.15. Costos de mantenimiento

En relación a los costos asociados al mantenimiento de las zarandas, se evidencia, mediante la comparación con los informes diagnósticos, que los gastos destinados a estas actividades presentan una mayor cuantía en relación a la situación actual como se muestra en la figura 4.30. Dichos informes describen detalladamente los procedimientos de mantenimiento llevados a cabo por un servicio externo, el cual se encarga de abordar los componentes de las zarandas. Esta circunstancia implica una carga económica excesiva, ya que conlleva costos adicionales relacionados con el transporte de los equipos.

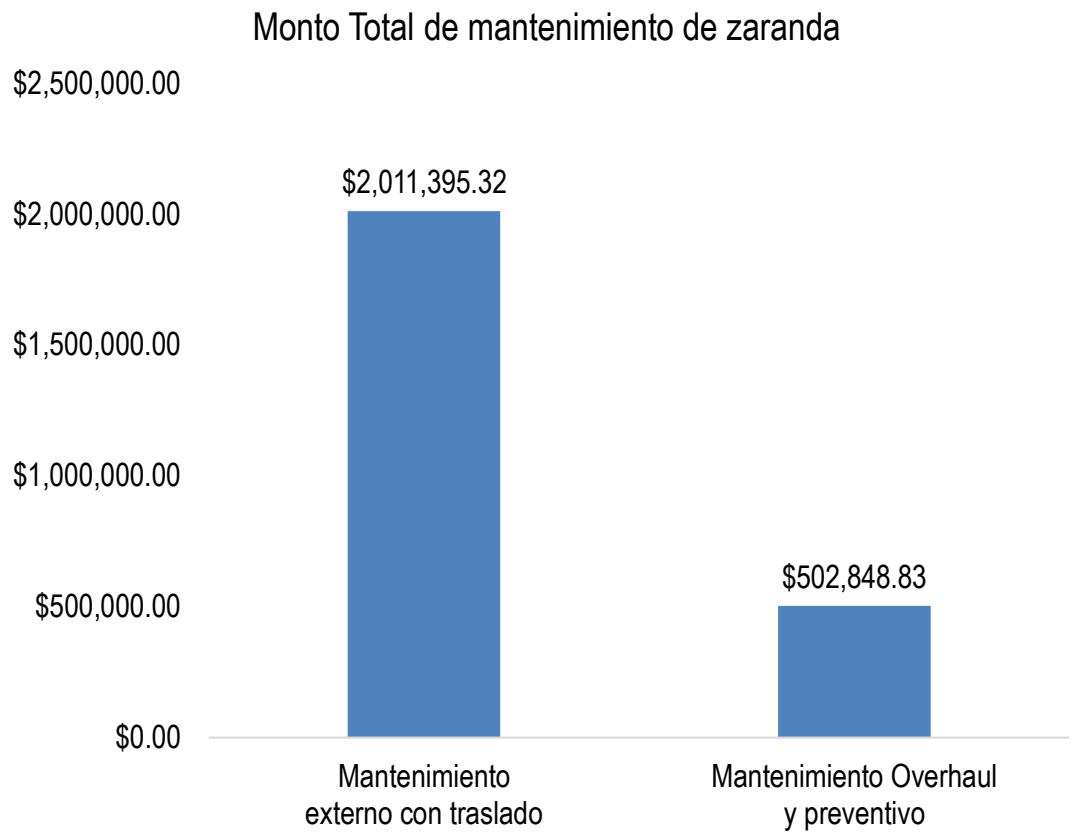


Figura 4.30 Comparativa de costos de mantenimientos

Nota: Datos de la empresa

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Además de los gastos asociados al mantenimiento con traslado, es necesario considerar los costos derivados del flete de transporte, que ascienden a una suma de 30 000 soles. Cabe resaltar que estos costos aumentan aún más en caso de que surjan interrupciones externas durante el proceso de traslado y retorno del equipo.

4.16. Disponibilidad de equipos

Con base en los mantenimientos previos realizados antes de la nueva propuesta, se observó una disponibilidad de aproximadamente el 89% en el proceso de habilitación y limpieza de las zarandas en línea. Además, se registraban tiempos de 160 horas para llevar a cabo el proceso de cambio y revisión exhaustiva de las zarandas. Como resultado de la implementación de dicha propuesta, se lograron reducir significativamente los tiempos de trabajo, obteniendo un total de 80 horas, distribuidas en turnos de 12 horas durante un periodo de 6.6 días, lo que equivaldría a un total de 168 horas inactivas. Esto representa un incremento en la disponibilidad del 93%. La siguiente tabla muestra de manera clara este comportamiento.

Como se puede observar en la siguiente tabla mostrada a continuación, se evidencia un aumento en la disponibilidad, alcanzando un nivel del 93%. Al mismo tiempo, se registra un incremento en el tiempo promedio entre fallas, es decir, en las horas de funcionamiento, lo que contribuye a mejorar la confiabilidad operativa de las zarandas. Durante las labores de sustitución de la zaranda y el proceso de revisión general, podemos observar que el tiempo total asignado para llevarlos a cabo es de 80 horas (60 horas destinadas al cambio de zaranda y 20 horas para el Overhaul).

$$Disponibilidad = \frac{Tiempo\ total\ programado - Tiempo\ paradas\ totales}{Tiempo\ total\ programado}$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 4.12 Disponibilidades del servicio mantenimiento

MES DE EJECUCIÓN	ZARANDA	SERVICIO	SERVICIO	PARADA DE PLANTA	LINEA	TIEMPO DE OPERACIÓN (DÍAS APROX)	TIEMPO DE OPERACIÓN (HM APROX)	Disponibilidad %
JULIO / AGOSTO	ZARANDA #01 0310-SCR-0001	Habilitación de Zaranda #01 y Limpieza de la Zaranda #02	Habilitación de Zaranda #01 y Limpieza de la Zaranda #02	Cambio de zaranda realizado en: PP SEPTIEMBRE	LINEA 02	83.33	2000	92%
SEPTIEMBRE	ZARANDA #04 0310-SCR-0004	Habilitación de Zaranda #04	Habilitación de Zaranda #04	Cambio de zaranda realizado en: PP NOVIEMBRE	LINEA 01	79.17	1900	91%
SEPTIEMBRE / OCTUBRE	ZARANDA #05 0310-SCR-0004	Limpieza y Habilitación de Zaranda #05	Limpieza de Zaranda #05 Habilitación de Zaranda #05 Habilitación de Zaranda #05	Cambio de zaranda realizado en: PP NOVIEMBRE	LINEA 02	95.83	2300	93%
OCTUBRE / NOVIEMBRE	ZARANDA #06 0310-SCR-0006	Limpieza y Habilitación de Zaranda #06	Limpieza de Zaranda #06 Habilitación de Zaranda #06 Habilitación de Zaranda #06 - "Adicional" Cambio de Sistema de Transmisión de Excitadores en Zaranda Haver #06	Cambio de zaranda realizado en: PP FEBRERO	LINEA 01	87.50	2100	92%
DICIEMBRE / ENERO	ZARANDA #01 0310-SCR-0001	Limpieza y Habilitación de Zaranda #01	Limpieza de Zaranda #01 Habilitación de Zaranda #01 Habilitación de Zaranda #01 Adicional Zaranda #01	Cambio de zaranda realizado en: PP FEBRERO	LINEA 02	95.83	2300	93%

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

FEBRERO / MARZO	ZARANDA #04 0310-SCR-0004	Limpieza y Habilitación de Zaranda #04	Limpieza de Zaranda #04 Habilitación de Zaranda #04 Habilitación de Zaranda #4 Adicional Zaranda #04	Cambio de zaranda realizado en: PP ABRIL	LÍNEA 01	100.00	2400	93%
FEBRERO / MARZO	ZARANDA #05 0310-SCR-0005	Limpieza y Habilitación de Zaranda #05	Limpieza de Zaranda #05 Habilitación de Zaranda #05 Habilitación de Zaranda #05	Cambio de zaranda realizado en: PP MAYO	LÍNEA 02	91.67	2200	92%

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Estas 80 horas se dan en turnos de 12 horas (6.6 días y total de 168 horas muertas), por un total de horas totales para obtener una disponibilidad del 93 %, en el siguiente cuadro, se puede observar este comportamiento. Con la recabada en la empresa minera, respecto a años anteriores, podemos observar que la disponibilidad promedio antes del estudio fue del 89% anualmente.

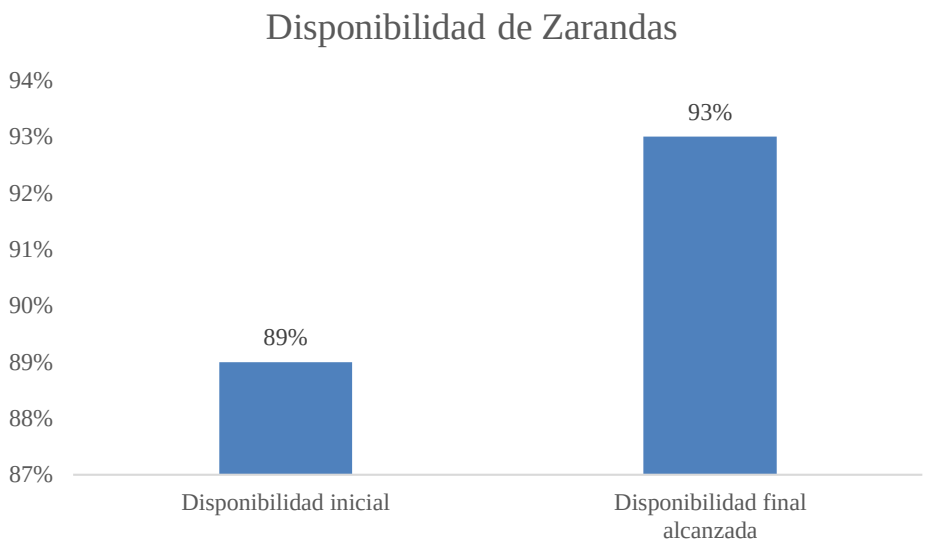


Figura 4.31 Disponibilidad alcanzada

Nota: Datos de la empresa

Como últimas recomendaciones llevadas en la investigación, se detalla una manera de poder preservar la causa raíz para la gestión de problemas de mantenimiento:

En primer lugar, es fundamental identificar la causa raíz del problema antes de implementar cualquier medida preventiva o correctiva. Esto requiere llevar a cabo una investigación detallada para identificar todos los factores que contribuyeron al problema. Al comprender la causa raíz, se puede abordar de manera efectiva y evitar que vuelva a ocurrir en el futuro.

Una vez que se ha identificado la causa raíz, es importante establecer medidas preventivas para evitar la recurrencia del problema. Esto implica revisar y mejorar los procedimientos de mantenimiento existentes, capacitar al personal para evitar errores comunes, identificar áreas que requieren atención adicional en los planes de mantenimiento y utilizar equipos de monitoreo y control para garantizar un funcionamiento óptimo. Además de las medidas preventivas, es esencial implementar medidas correctivas para abordar cualquier daño o problema existente. Esto puede incluir reparaciones y reemplazos de equipos y componentes

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

defectuosos, limpieza y mantenimiento de instalaciones y equipos, así como la implementación de soluciones temporales para minimizar el impacto del problema mientras se desarrollan soluciones a largo plazo. Una vez que se han implementado las medidas preventivas y correctivas, es crucial establecer un programa de monitoreo y seguimiento para garantizar su efectividad a largo plazo. Esto implica revisar regularmente los planes de mantenimiento, realizar un seguimiento de las condiciones y el rendimiento de los equipos, y llevar a cabo inspecciones periódicas para identificar cualquier problema o necesidad de ajuste adicional. Por último, es importante evaluar y ajustar continuamente los procedimientos de mantenimiento para asegurarse de que siga siendo efectivo en el control de la causa raíz de los problemas. Esto implica revisar las medidas preventivas y correctivas, realizar evaluaciones de riesgos de manera regular y aprovechar nuevas tecnologías y técnicas de mantenimiento que estén disponibles para mejorar aún más el proceso.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CONCLUSIONES

1. Se ha alcanzado una optimización de gran relevancia en el procedimiento de mantenimiento de las zarandas, lograda a través de la mejora sustancial del enfoque de mantenimiento Overhaul, la implementación de un plan de mantenimiento meticulosamente diseñado y su posterior evaluación técnico-económica. Estas mejoras se tradujeron en la reducción significativa de los períodos de inoperatividad de los equipos y una mejora sustancial en su disponibilidad en las instalaciones mineras, abordando de manera efectiva las causas subyacentes relacionadas con la sobreproducción. Como resultado de estas medidas, se alcanzó una tasa de disponibilidad del 93%.
2. Se llevó a cabo el proceso de recopilación de información en relación al procedimiento de mantenimiento de zarandas. Este proceso consistió en la descripción exhaustiva de todos los procedimientos y actividades de mantenimiento realizados para preservar adecuadamente las zarandas. Este análisis abarcó desde el proceso de habilitación de las zarandas, detallando las acciones y pasos involucrados en dicho proceso, hasta el procedimiento de limpieza y el proceso de armado de las zarandas.
3. Se han identificado los factores críticos asociados al procedimiento de mantenimiento de zarandas, los cuales se enumeran a continuación: sobrecarga en la producción, deficiente operación del equipo debido a la falta de capacitación, desalineamientos y desgaste de resortes y travesaños debido al empleo del puente grúa para el izaje de las zarandas, corrosión de las estructuras ocasionada por la humedad, y fatiga provocada por la descarga de material grueso en la zaranda, lo que genera un desequilibrio en su funcionamiento. Estos factores han sido identificados mediante la aplicación de técnicas de análisis de causa raíz y análisis de modos y efectos de fallas.
4. Se desarrollo y propuso la optimización del procedimiento de mantenimiento Overhaul y cambio de zaranda en base a tiempos, recursos, y técnicas aplicadas en cada uno de los PET elaborados.
5. Se procedió a la evaluación de la factibilidad técnico-económica de la propuesta optimizada, destacando la distinción en los procesos de mantenimiento realizados antes y después de la implementación de los procedimientos propuestos, lo que se tradujo en una reducción a un monto total de 502,588 dólares.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

6. Se ha elaborado un programa de mantenimiento preventivo específico para las zarandas, el cual se anticipa a las posibles fallas que puedan surgir durante la operación de estos equipos, con el propósito de minimizar su impacto en la eficiencia operativa.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

RECOMENDACIONES

1. Se debe llevar a cabo una evaluación en colaboración con las áreas de monitoreo y las labores mantenimiento con el objetivo de evaluar la viabilidad de aplicar un enfoque proactivo de mantenimiento. Si se obtienen resultados positivos, se debería considerar la posibilidad de aplicar este enfoque otras de áreas de la unidad minera.
2. Cada año se debe realizar un análisis del estado de los equipos para contar con una base de datos precisa y funcional que permita tomar decisiones informadas sobre el mantenimiento interno y externo, así como la gestión de repuestos.
3. Se debe establecer para el manejo de información de disponibilidades, tanto para el área de mantenimiento como operaciones, las disponibilidades por equipo y por líneas antiguas y nuevas, ya que ello podrá establecer un análisis de monitoreo más detallado por equipo.
4. Se debe establecer un sólido sistema de gestión de la información relativa al indicador de disponibilidad de los equipos, tanto para el área de mantenimiento como para operaciones. Esta gestión de la información debe contemplar indicadores específicos para cada equipo, así como para las flotas tanto antiguas como nuevas. Esta medida permitirá llevar a cabo un análisis de monitoreo más exhaustivo y detallado a nivel individual de cada equipo.
5. Resulta imprescindible realizar un estudio exhaustivo de los modos de fallo y sus efectos en relación con los demás equipos presentes en el entorno minero. Este estudio se lleva a cabo con el propósito de complementar la evaluación de la criticidad asociada a los distintos modos de falla, con el objetivo final de desarrollar un procedimiento de mantenimiento que se acerque lo máximo posible al control de las causas raíz de los fallos en la línea de trabajo.
6. El procedimiento de mantenimiento Overhaul establecido para todas las zarandas abordadas tiene la capacidad de ser reproducido en diferentes equipos presentes en la mina. Este proceso implica el desmontaje completo del equipo, seguido de una inspección exhaustiva de cada uno de sus componentes. Durante este análisis minucioso, se reemplazan las piezas que han sufrido desgaste o presentan defectos, además de llevar a cabo todas las reparaciones necesarias. Es importante destacar que la implementación de este procedimiento Overhaul permite garantizar la integridad y el funcionamiento óptimo de los equipos en cuestión, lo cual contribuye a la prolongación de la vida útil del equipo y asegura su rendimiento adecuado en el largo plazo.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Alex Buheso, P., - Pachas Lovon, V. M. (2019). Implementacion de una estrategia de mantenimiento mediante RCM II al área de molienda de una planta concentradora de 140k TMD. *Universidad Católica de Santa María*. https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/9699

Amendola, L. J. (2016). *Estrategias y Tácticas de Overhaul: Maintenance - Asset Management*.

Carrasco Huamán, N. P. (2017). *Calculos y diseño para la fabricacion de una hidro-zaranda para la recuperación de finos en la mineria*. http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/4620

Consejos de mantenimiento para mantener su criba vibratoria eficiente. (2022, marzo 3). Construcción LatinoAmericana. https://www.construccionlatinoamericana.com/news/consejos-de-mantenimiento-para-mantener-su-criba-vibratoria-eficiente/8018685.article

Diego, F. (2020, julio 27). *AMEF paso a paso*. https://www.ingenioempresa.com/analisis-modo-efecto-fallas-amef/

Gómez, D. F. (2006). *El análisis causa raíz, estrategia de confiabilidad operacional*. https://repositorio.uptc.edu.co//handle/001/1275

Hartman, H. L., - Mutmansky, J. M. (2002). *Introductory Mining Engineering*. John Wiley - Sons.

Jaramillo Mora, R. C. (2005). *Diseño de una zaranda clasificadora de material pétreo para el Municipio de Catamayo.* [BachelorThesis]. https://dspace.unl.edu.ec//handle/123456789/16573

Leon Paro, L. I. (2019). *Diseño de un módulo educativo a escala de una zaranda vibratoria*. https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/15412

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Martínez Morales, O. F. (2019). *Propuesta para la implementación de un modelo de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) para máquinas y equipos de mecanizado en el área de mantenimiento del SENA –Centro Metalmecánico*. https://repositorio.uptc.edu.co//handle/001/8532

Melgar, C. N., - Gustavo, C. (2010). Optimización de la eficiencia en línea de una inyecto sopladora de botellas PET mediante mantenimiento general Overhaul. *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*. https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/15418

Parra, C., - Crespo Marquez, A. (2015). *Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicada en la Gestión de Activos. Segunda Edición, 2015. Edita: INGEMAN, España. Capítulos 1 y 2*. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.29363.66083

Predictiva21. (2019, marzo 7). *Análisis Causa Raíz como Herramienta de Mejora Continua*. Predictiva21. https://predictiva21.com/analisis-causa-raiz-activo-fisico/

Salazar González, L. O. (2014). *Implementación de una tamizadora vibratoria para arenas de moldeo en el taller de fundición de la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.* [BachelorThesis]. http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/3664

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXOS

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Anexo N° 1
Registro fotográfico

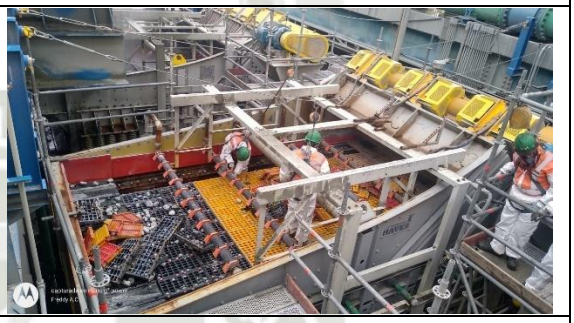
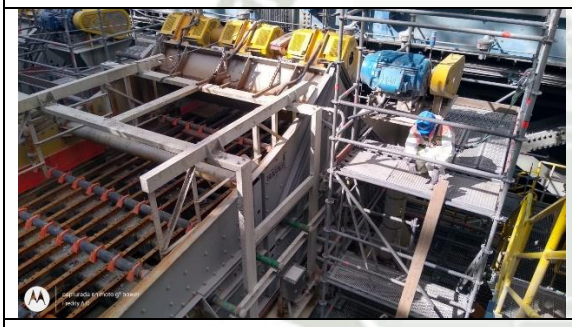
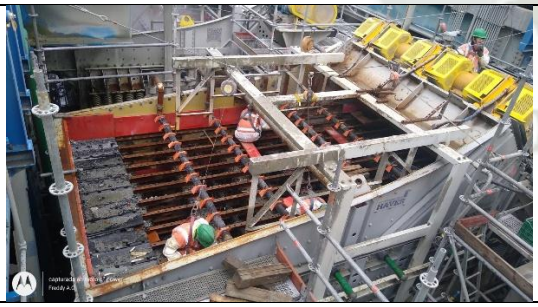
	
A	B
	
C	D
	
E	F
	
G	H

Fig. Tareas de instalación e inspección de mallas



I



J



K



L



M



N



O



P

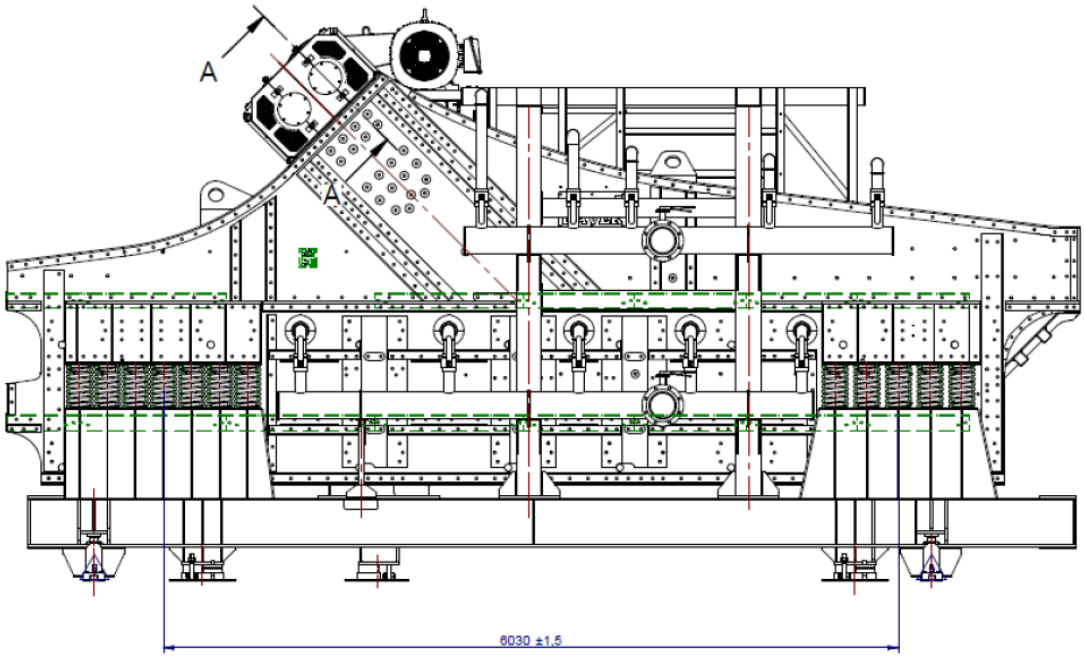


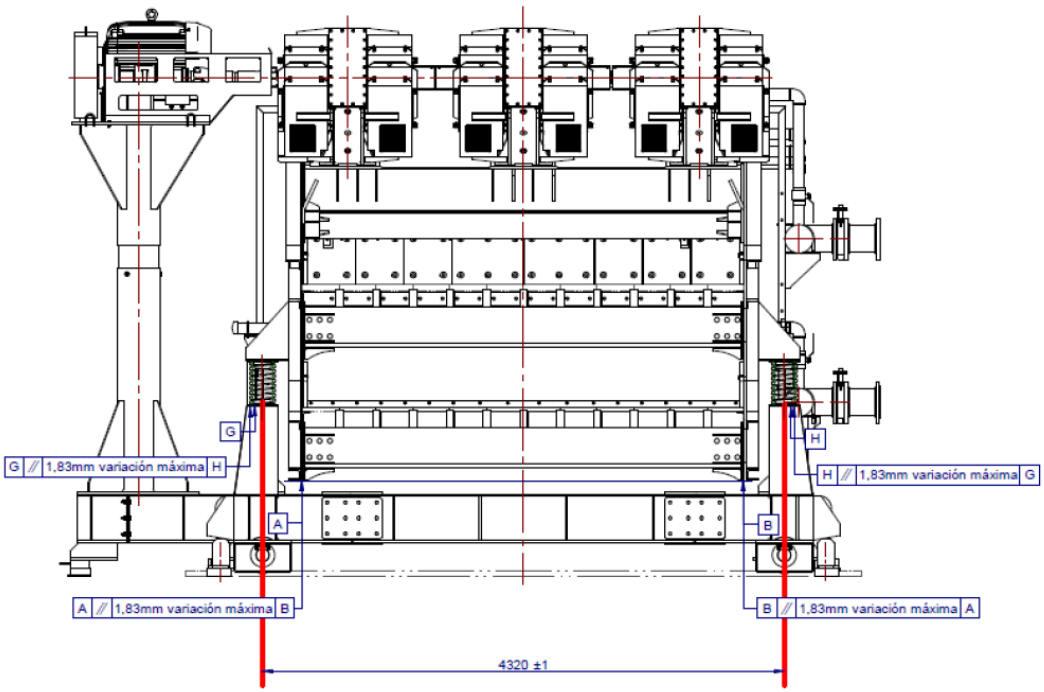
Fig. Corrosión de tuberías, vigas laterales, crossmembers

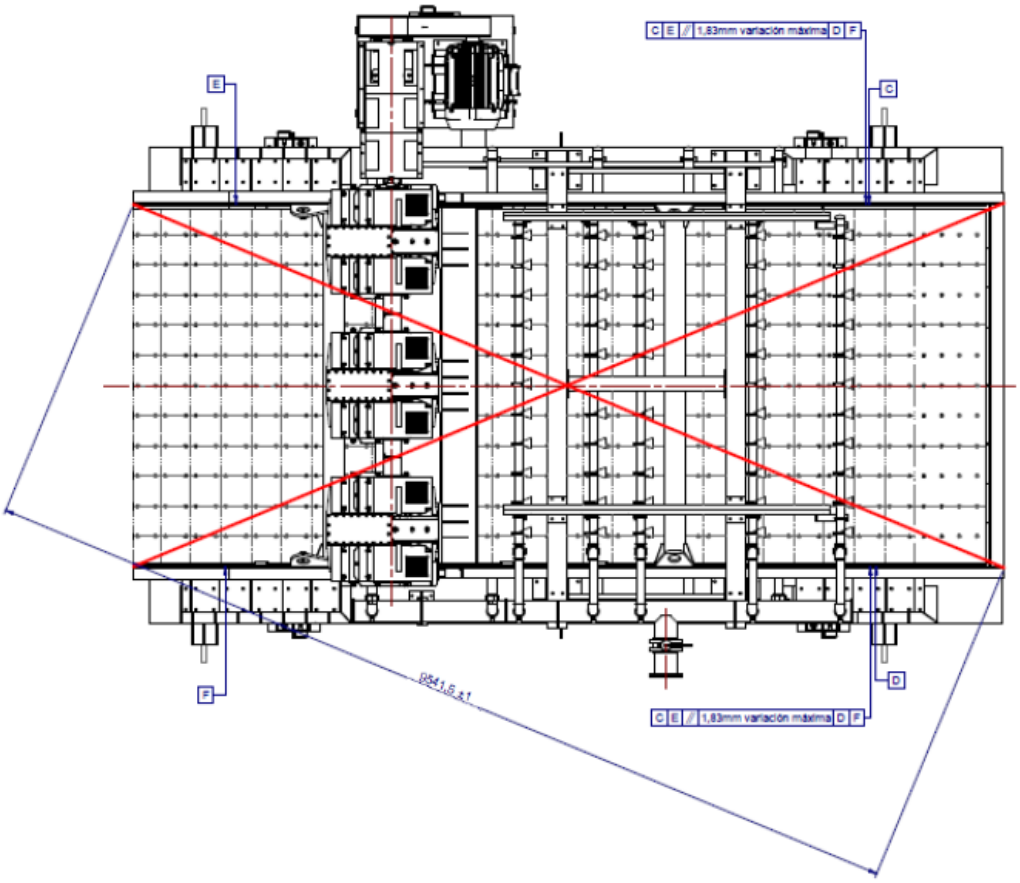
Q	R
	
S	T
	
U	V
	
W	X

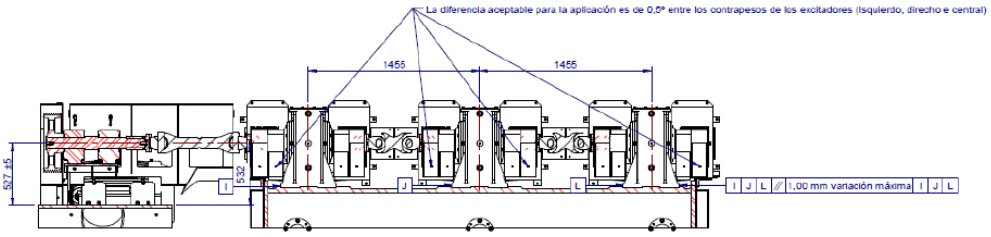
Fig. Inspección de zócalos de 1er y 2do deck

Anexo N° 2
Reporte de alineación de zarandas


A
A
6030 ±1,5


G
H
G // 1,83mm variación máxima H
H // 1,83mm variación máxima G
A
B
A // 1,83mm variación máxima B
B // 1,83mm variación máxima A
4320 ±1


C E // 1,83mm variación máxima D F
E
C
F
D
9541,5 ±1
C E // 1,83mm variación máxima D F


La diferencia aceptable para la aplicación es de 0,5° entre los contrapesos de los excitadores (Izquierdo, derecho e central)
1455
1455
527,45
532
I
J
L
I J L // 1,00 mm variación máxima I J L

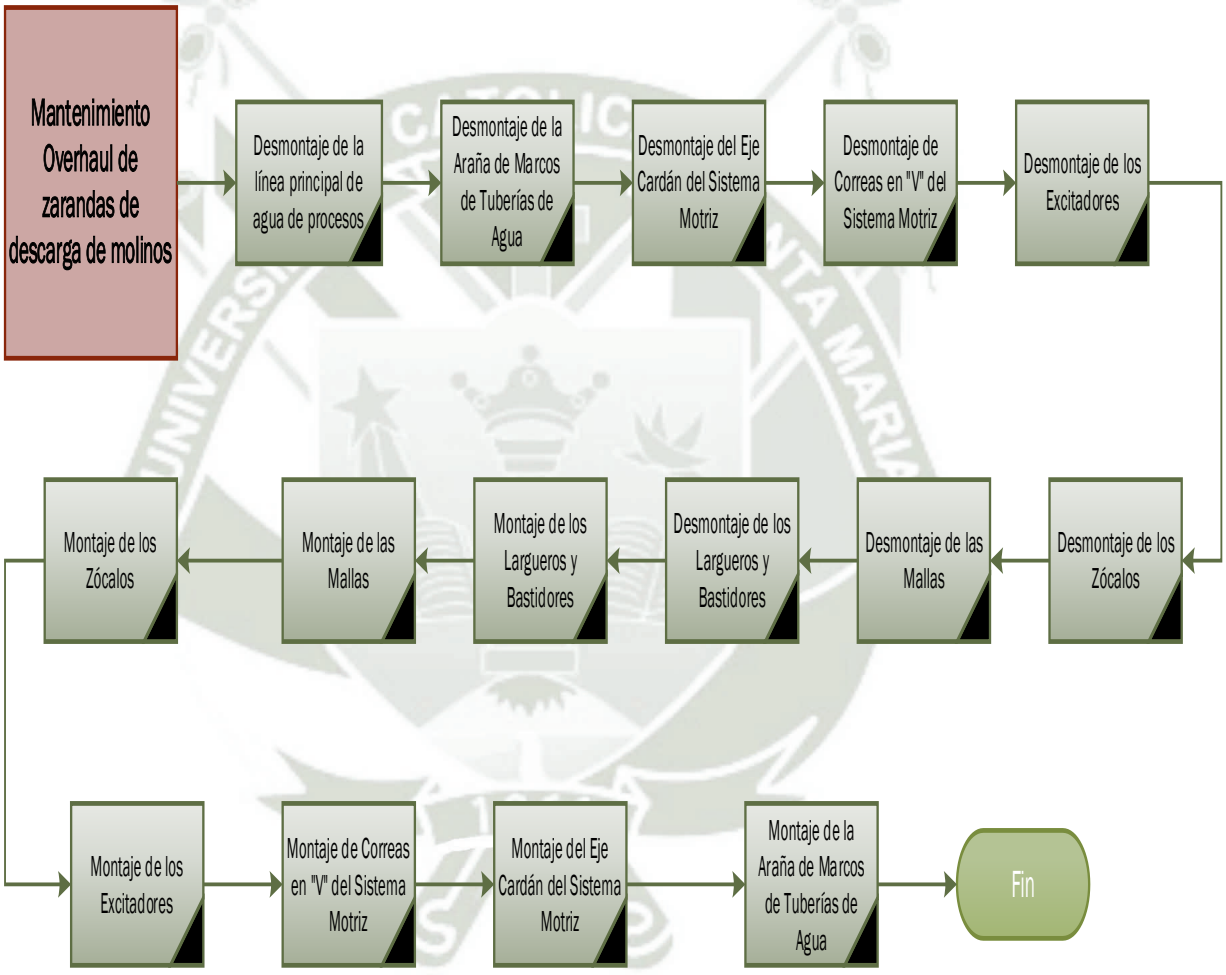
CORTE A-A

Anexo N° 3
Nuevo procedimiento de mantenimiento Overhaul de zarandas

5. Procedimiento de Overhaul de zaranda PET

El procedimiento establece los pasos a seguir para las actividades relacionadas con el OVERHAUL DE ZARANDA de Descarga de Molinos SAG (0310-SCR-0001@0003) y es aplicable, de forma obligatoria, a todo el personal de mantenimiento que participe en dicha labor. El presente equipo a intervenir es el Spare que requiere mantenimiento (equipos des energizado y sin alimentación de fluido).

Las actividades desarrolladas en este procedimiento son:



Procedimiento de servicio de mantenimiento Overhaul de Zaranda de unidad minera

Nota: Datos de la empresa

Actividades para la habilitación de Zaranda

N	Actividades para la habilitación de Zaranda	Duración
0	Gantt Habilitación de zaranda	80 horas
1	Traslado e inspección de herramientas	3 horas
2	Inspección de limpieza de zaranda	1.5 horas
3	Conexión de tomas eléctricas y pistolas neumáticas	1.5 horas
4	Desajuste y retiro de pernos de sujeción de eje cardan y acople	1 horas
5	Instalación de aparejos de izaje	0.5 hora
6	Retiro de zaranda con puente grúa de 115 TN	1 horas
7	Posicionamiento de zaranda en plataforma de molinos	1.5 horas
8	Desacople de polea de eje de transmisión	1 horas
9	Limpieza de chumaceras para inspección	1.5 horas
10	Inspección de chumaceras eje de transmisión, rodamientos (Tolerancia juego radial interno min 0.07 mm) y radio interno de la polea	6 horas
11	Retiro de marco de agua a nivel de plataforma de molinos	1.5 horas
12	Delimitación de la zona de izaje	0.5 hora
13	Armado de andamios en la zona de descarga de la zaranda	0.5 hora
14	Retiro de los pines de sujeción de las mallas	1 horas
15	Retiro de mallas desgastadas	1.5 horas
16	Limpieza de base o bastidor	1 horas
17	Cambio de zócalos grandes medianos y pequeños del primer deck	3 horas
18	Cambio de zócalos grandes medianos y pequeños del segundo deck	3 horas
19	Armado de andamios en laterales de la zaranda	0.5 hora
20	Retiro de recubrimiento de linetex y wearing compound con cincel neumático en cross member	5 horas
21	Limpieza mecánica en terminaciones de crossmember	3.5 horas

22	Ensayos NDT en partes soldadas del crossmember, drive beam, tubos de izaje y tapa de alimentación	10 horas
23	Corte de pernos huck de tapa de alimentación	0.5 hora
24	Maniobra para desplazamiento de tapa	0.5 hora
25	Retiro de tapa de alimentación	0.5 hora
26	Retiro de mallas ciegas (6 mallas y 5 lifter)	1 horas
27	Corte de pernos huck de la mesa de alimentación	3 horas
28	Retiro de linner de impacto de las paredes	3 horas
29	Instalación de aparejos para la maniobra de retiro de la mesa de alimentación	1 horas
30	Izaje de la mesa de alimentación	1.5 horas
31	Instalación de la mesa de alimentación	1.5 horas
32	Instalación de pernos huck de mesa de alimentación	3 horas
33	Montaje de mallas ciegas (6 mallas y 5 lifter)	1 horas
34	Montaje de tapa de alimentación	1 horas
35	Instalación y torqueo de pernos de tapa de alimentación	1 horas
36	Instalación de mallas del deck inferior y lifter guiadores	2 horas
37	Instalación de pin de sujeción	2 horas
38	Reforzamiento de juntas de mallas ciegas con wearing	1 horas
39	Instalación de mallas del deck superior y lifter guiadores	2 horas
40	Instalación de pin de sujeción	2 horas
41	Retiro de wearing con cincel o percutor neumático de los largueros	0.5 hora
42	Corte de pernos huck 1/2" y retiro de soldadura en largueros	1.5 horas
43	Arriostre y retiro de largueros de 1er y 2do deck	0.5 hora
44	Retiro de pernos del cross member	3 horas
45	Arriostre de cross member	1.5 horas
46	Retiro de crossmember el 1er y 2do deck a nivel de piso	1 horas
47	Montaje de crossmember	1.5 horas
48	Instalación y alineación de pernos huck de 3/4" del 1er y 2do deck del crossmember	3 horas

49	Habilitación de linetex para recubrimiento de crossmember	0.5 hora
50	Habilitación de linetex para partes de soldadura del crossmember	6 horas
51	Recubrimiento de cross member con caucho y wearing o flexane	0.5 hora
52	Montaje de largueros	0.5 hora
53	Instalación y alineamiento de pernos huck de 1/2" de 1er y 2do deck de los largueros	2 horas
54	Retiro de guardas de excitadores	2 horas
55	Instalación de maniobra de izaje en cada excitador	2 horas
56	Desajuste y retiro de pernos de excitadores	3 horas
57	Retiro de los excitadores	0.5 hora
58	Limpieza de la zona donde asienta los excitadores en el drive beam	0.5 hora
59	Inspección con líquidos penetrantes de la zona donde asientan los excitadores	0.5 hora
60	Retiro de pernos huck bolt del drive beam	2.5 horas
61	Instalación de aparejos para maniobra de retiro de drive beam	1.5 horas
62	Maniobra de retiro del drive beam	1.5 horas
63	Instalación de drive beam	2.5 horas
64	Instalación de pernos huck bolt del drive beam	3 horas
65	Traslado de excitadores al drive beam	1 horas
66	Colocación de guiadores de 20.8 mm	0.75 horas
67	Levantamiento de contrapesos de cada excitador para ajuste de tuercas	1.5 horas
68	Instalación y toqueo de pernos M30 con Stealth 5 en 2 tiempos (1er tiempo al 60% y 2do al 100%) hasta 1420 Nm	3 horas
69	Drenado de aceite del excitador	2 horas
70	Almacenamiento del aceite en desuso	0.75 horas
71	Aplicación de aceite S4GXV220 (9L xexcitador)	1.5 horas
72	Desajuste de pernos de sujeción de faldones	0.5 hora

73	Retiro de faldones de jebe de la descarga de la zaranda	0.5 hora
74	Trazo y corte de falderas a cambiar	1 horas
75	Montaje de faldones	1 horas
76	Ajuste de pernos de sujeción de faldones de jebe	0.5 hora
77	Medición y nivelación de resortes	1.5 horas
78	Retiro de resortes con ayuda de barretilla	0.5 hora
79	Pulido de zona superior de bases de resortes	4 horas
80	Aplicación de anti-corosivo a superficies pulidas	1 horas
81	Trazo de medidas y alineamiento de trolley	3 horas
82	Posicionamiento de luvas y marcado de perforaciones en base de resortes	2 horas
83	Perforar bases de resorte con broca de 22mm	3 horas
84	Montaje de luvas con pernos M20 y torqueo de los mismos a 402 Nm	6 horas
85	Posicionamiento de resortes nuevos	0.5 hora
86	Alineamiento del trolley con topografía (Tolerancia de 2mm)	3 horas
87	Cambio de falderas del trolley (2 falderas 8mx1.96m)	1.5 horas
88	Desajuste y retiro de boquillas de pulverización (aspersores)en mal estado para su reemplazo del deck inferior	3 horas
89	Instalación de nuevas boquillas de pulverización de 13 mm del deck inferior	3 horas
90	Desacople de tuberías del sistema de lavado	3 horas
91	Desmontaje del sistema de lavado	3 horas
92	Limpieza mecánica de tubería de ingreso de agua zaranda manifold	6 horas
93	Instalación de niplería y codos de 2"	6 horas
94	Instalación de abrazaderas con cola de pata en tuberías del deck inferior	2 horas
95	Instalación de abrazaderas con cola de pata en tuberías del deck inferior	2 horas

96	Instalación de capuchones y discoflex en tubería de lavado	2.5 horas
97	Instalación de quenas del deck inferior y superior	1 horas
98	Desarmado de andamios	0.5 hora
99	Instalación de aparejos de la zaranda	1 horas
100	Izaje de zaranda a plataforma de zaranda	1.5 horas
101	Armado de andamios	0.5 hora
102	Engrase de tren motriz	1.25 horas
103	Cambio de acoples del tren motriz de accionamiento	1.5 horas
104	Apoyo en alineamiento del eje motor con eje del tren motriz	2 horas
105	Montaje de tren motriz	1.5 horas
106	Instalación de correas de accionamiento	0.75 horas
107	Apoyo en alineamiento de correas	3 horas
108	Ajuste de pernería de base del motor	1.5 horas
109	Instalación de manifold del deck inferior	1 horas
110	Instalación de manifold del deck superior	1 horas
111	Acoplamiento de manifold con quenas	2 horas
112	Instalación de guardas del excitador, sistema de accionamiento e instalación de U-Bolt en los manifold	2.5 horas
113	Orden y limpieza del punto de trabajo	0.5 hora
114	Desarmado de andamios	0.5 hora
115	Soporte durante pruebas de funcionamiento	1.5 horas

Nota: Datos de la empresa de referencia

6. Consideraciones generales

Está Prohibido:

- Operar equipos sin certificación.
- Ingresar a trabajar a un equipo sin realizar el bloqueo y etiquetado respectivo.
- Trabajar sin AST y permisos.

Es Obligatorio:

- Hacer firmar AST y Permisos.

- Usar EPPs completos.
- Trabajar con supervisión.

7. Actividades de alto riesgo

- Materiales Peligrosos
- Trabajo en Altura
- Trabajo en Caliente
- Maniobras - Izajes Críticos

8. Roles y responsabilidades

Roles y responsabilidades en mantenimiento Overhaul de zarandas

Roles y responsabilidades		Requerimiento de personal		
		Ítem	Cantidad	Perfil
Superintendente de Mantenimiento	• Establece las pautas de mantenimiento y que éste se realice de acuerdo a los procedimientos vigentes.	1 2 3 4 5 6 7 8 9	01 01 06 01 02 01 01 01 01	- Supervisor Senior de Mantenimiento Chancado y Molienda. - Técnico Líder de Mantenimiento Mecánico. - Técnico de Mantenimiento Mecánico. - Técnico Electricista. - Soldador. - Operador de Puente Grúa (0310-CNB-0002). - Maniobrista. - Operador de Camión Grúa. - Vigía.
Supervisor Senior de Mantenimiento Chancado y Molienda	• Responsable de entregar el presente PET a todo el personal involucrado con dicho trabajo. • Garantizar la difusión, comprensión y evaluar el entendimiento del presente PET con cada responsable y/o colaboradores del trabajo. • Controlar y verificar la ejecución del trabajo de acuerdo al presente PET. • Realizar la retroalimentación para la mejora continua del presente PET.			
Planificador	• Responsable de incluir el trabajo adjunto en la programación, asegurando que todos los materiales y repuestos estén disponibles antes de asignar la OT.			
Ingeniero de Seguridad	• Responsable de asesorar y hacer cumplir las Políticas de Seguridad y las NOP.			
Técnico Líder Mantenimiento Mecánico	• Ejecutar y coordinar con Sala de Control la realización de actividades del presente PET. • Participar de manera activa de las mejoras y/o modificaciones del presente PET.			
Mecánico	• Encargado de que el mantenimiento sea realizado dentro de las normas establecidas por los procedimientos.			
Electricista	• Encargado de los bloqueos eléctricos de los equipos según procedimiento.			
Operador	• Encargado de entregar el equipo al personal de mantenimiento según requerimiento del mismo.			

Nota: Elaboración propia

9. Información de los equipos

Las zarandas vibratorias son equipos que cumplen la función de clasificar las partículas del mineral, en gruesos y finos. Los finos son destinados a Molienda de Bolas, mientras que los gruesos son destinados a Chancado Pebbles.

Datos técnicos de Zaranda 0310-SCR-0001

Datos Técnicos	
Tag	0310-SCR-0001
Fabricante	HAVER - BOECKER / TYCAN
Modelo	RM-D 3,660 x 7,320 mm
Tipo	Doble deck
Tamaño	3,660 x 7,320 mm (12 x 24 pie)
Capacidad de diseño	1,619 ton/h
Capacidad nominal	1,408 ton/h
Potencia	75 kW
Abertura de deck superior	35 mm
Abertura de deck inferior	13 mm
Velocidad del motor	800 RPM
Material de mallas	Poliuretano
Alimentación pantalla (por pantalla)	EQUILIBRADO
Alimento sólido (ton / hr)	1,466
Alimentación de la suspensión (m^3 / h)	1,081
Sólidos de la suspensión (%)	70
Agua de lavado (m^3 / h)	300
Alimento sólido recomendado (ton / hr)	1,408
Vibration frequency (hz)	13.3
Horizontal stroke (mm)	8.9
Vertical stroke (mm)	8.9
Total acceleration (m/s^2)	4.5
Vibration strokes	
Medidas y pesos	
Longitud total	8,801 mm
Ancho total	6,165 mm
Altura total	3,846 mm
Peso total	43,000 kg

Nota: Manual de RM-D HAVER-BOECKER 12FT X 24FT (2014)

Datos técnicos de Zaranda 0310-SCR-0002

Datos Técnicos	
Tag	0310-SCR-0002
Fabricante	HAVER - BOECKER / TYCAN
Modelo	RM-D 3,660 x 7,320 mm
Tipo	Doble deck
Tamaño	3,660 x 7,320 mm (12 x 24 pie)
Capacidad de diseño	1,620 ton/h
Capacidad nominal	1,400 ton/h
Potencia	75 kW
Abertura de deck superior	35 mm
Abertura de deck inferior	13 mm
Velocidad del motor	795 RPM
Material de mallas	Poliuretano
Alimentación pantalla (por pantalla)	EQUILIBRADO
Alimento sólido (ton / hr)	1,460
Alimentación de la suspensión (m^3 / h)	1,080
Sólidos de la suspensión (%)	70
Agua de lavado (m^3 / h)	300
Alimento sólido recomendado (ton / hr)	1,408
Vibration frequency (hz)	13.3
Horizontal stroke (mm)	8.9
Vertical stroke (mm)	8.9
Total acceleration (m/s^2)	4.5
Vibration strokes	
Medidas y pesos	
Longitud total	8,801 mm
Ancho total	6,165 mm
Altura total	3,846 mm
Peso total	43,000 kg

Nota: Manual de RM-D HAVER-BOECKER 12FT X 24FT (2014)

Datos técnicos de Zaranda 0310-SCR-0003

Datos Técnicos	
Tag	0310-SCR-0003
Fabricante	HAVER - BOECKER / TYCAN
Modelo	RM-D 3,660 x 7,320 mm
Tipo	Doble deck
Tamaño	3,660 x 7,320 mm (12 x 24 pie)
Capacidad de diseño	1,622 ton/h
Capacidad nominal	1,415 ton/h
Potencia	80 kW
Abertura de deck superior	35 mm
Abertura de deck inferior	13 mm
Velocidad del motor	805 RPM
Material de mallas	Poliuretano
Alimentación pantalla (por pantalla)	EQUILIBRADO
Alimento sólido (ton / hr)	1,466
Alimentación de la suspensión (m^3 / h)	1,081
Sólidos de la suspensión (%)	70
Agua de lavado (m^3 / h)	300
Alimento sólido recomendado (ton / hr)	1,408
Vibration frequency (hz)	13.3
Horizontal stroke (mm)	8.9
Vertical stroke (mm)	8.9
Total acceleration (m/s^2)	4.5
Vibration strokes	
Medidas y pesos	
Longitud total	8,801 mm
Ancho total	6,165 mm
Altura total	3,846 mm
Peso total	43,000 kg

Nota: Manual de RM-D HAVER-BOECKER 12FT X 24FT (2014)

Datos técnicos de Zaranda 0310-SCR-0004

Datos Técnicos	
Tag	0310-SCR-0004
Fabricante	HAVER - BOECKER / TYCAN
Modelo	RM-D 3,670 x 7,320 mm
Tipo	Doble deck
Tamaño	3,670 x 7,320 mm (12 x 24 pie)
Capacidad de diseño	1,617 ton/h
Capacidad nominal	1,408 ton/h
Potencia	75 kW
Abertura de deck superior	35 mm
Abertura de deck inferior	13 mm
Velocidad del motor	800 RPM
Material de mallas	Poliuretano
Alimentación pantalla (por pantalla)	EQUILIBRADO
Alimento sólido (ton / hr)	1,460
Alimentación de la suspensión (m^3 / h)	1,080
Sólidos de la suspensión (%)	70
Agua de lavado (m^3 / h)	300
Alimento sólido recomendado (ton / hr)	1,408
Vibration frequency (hz)	13.3
Horizontal stroke (mm)	8.9
Vertical stroke (mm)	8.9
Total acceleration (m/s^2)	4.5
Vibration strokes	
Medidas y pesos	
Longitud total	8,801 mm
Ancho total	6,165 mm
Altura total	3,846 mm
Peso total	43,000 kg

Nota: Manual de RM-D HAVER-BOECKER 12FT X 24FT (2014)

Datos técnicos de Zaranda 0310-SCR-0005

Datos Técnicos	
Tag	0310-SCR-0005
Fabricante	HAVER - BOECKER / TYCAN
Modelo	RM-D 3,660 x 7,320 mm
Tipo	Doble deck
Tamaño	3,660 x 7,320 mm (12 x 24 pie)
Capacidad de diseño	1,619 ton/h
Capacidad nominal	1,408 ton/h
Potencia	75 kW
Abertura de deck superior	35 mm
Abertura de deck inferior	13 mm
Velocidad del motor	795 RPM
Material de mallas	Poliuretano
Alimentación pantalla (por pantalla)	EQUILIBRADO
Alimento sólido (ton / hr)	1,470
Alimentación de la suspensión (m^3 / h)	1,080
Sólidos de la suspensión (%)	70
Agua de lavado (m^3 / h)	300
Alimento sólido recomendado (ton / hr)	1,408
Vibration frequency (hz)	13.3
Horizontal stroke (mm)	8.9
Vertical stroke (mm)	8.9
Total acceleration (m/s^2)	4.5
Vibration strokes	
Medidas y pesos	
Longitud total	8,801 mm
Ancho total	6,165 mm
Altura total	3,846 mm
Peso total	43,000 kg

Nota: Manual de RM-D HAVER-BOECKER 12FT X 24FT (2014)

Datos técnicos de Zaranda 0310-SCR-0006

Datos Técnicos	
Tag	0310-SCR-0006
Fabricante	HAVER - BOECKER / TYCAN
Modelo	RM-D 3,660 x 7,320 mm
Tipo	Doble deck
Tamaño	3,660 x 7,320 mm (12 x 24 pie)
Capacidad de diseño	1,619 ton/h
Capacidad nominal	1,408 ton/h
Potencia	80 kW
Abertura de deck superior	35 mm
Abertura de deck inferior	13 mm
Velocidad del motor	805 RPM
Material de mallas	Poliuretano
Alimentación pantalla (por pantalla)	EQUILIBRADO
Alimento sólido (ton / hr)	1,460
Alimentación de la suspensión (m^3 / h)	1,082
Sólidos de la suspensión (%)	70
Agua de lavado (m^3 / h)	300
Alimento sólido recomendado (ton / hr)	1,408
Vibration frequency (hz)	13.3
Horizontal stroke (mm)	8.9
Vertical stroke (mm)	8.9
Total acceleration (m/s^2)	4.5
Vibration strokes	
Medidas y pesos	
Longitud total	8,801 mm
Ancho total	6,165 mm
Altura total	3,846 mm
Peso total	43,000 kg

Nota: Manual de RM-D HAVER-BOECKER 12FT X 24FT (2014)

10. Instrucción de mantenimiento

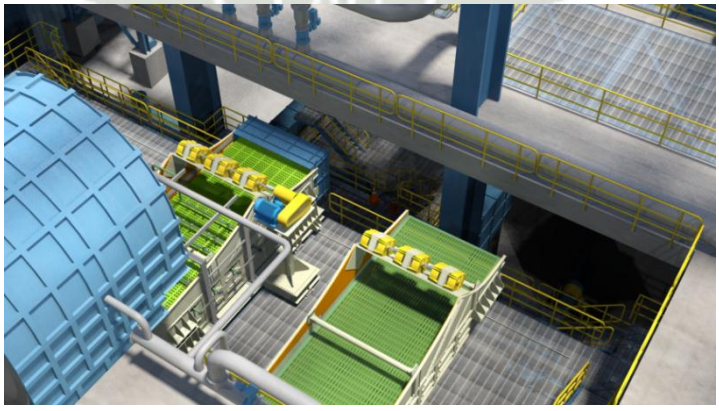
Todo el personal involucrado en las actividades de mantenimiento debe recibir charlas, capacitaciones y entrenamiento de:

- Charlas de uso correcto de EPPs.
- Charlas de uso correcto de equipos, instrumentos y herramientas.
- Charlas de orden y limpieza.
- Charlas de cuidado de manos y ojos.
- Charlas de líneas de fuego y uso de elementos de izaje.
- Capacitación en trabajos en caliente.
- Capacitación en trabajos en altura.
- Capacitación en uso de tablas de estrobos, eslingas y grilletes.
- Capacitación en manejo de sustancias peligrosas (hojas MSDS).
- Entrenamiento en izaje de cargas.
- Certificación de grúas móviles, operadores de grúa móvil y maniobristas.

El personal de mantenimiento debe informar y coordinar las actividades de la tarea a realizar, con el área de operaciones.

Todo el personal de mantenimiento involucrado en la tarea debe trasladar los equipos, herramientas y materiales, necesarios para realizar la tarea.

El personal involucrado en la actividad debe delimitar la zona de trabajo con conos, barreras duras, cintas amarillas de señalización, carteles y/o letreros que restrinjan el acceso de personal no autorizado.



Delimitación de la zona de trabajo.

Nota: Datos de la empresa

El área de operaciones debe realizar la limpieza del equipo.

El área de operaciones debe hacer entrega de equipo, al supervisor senior de mantenimiento.

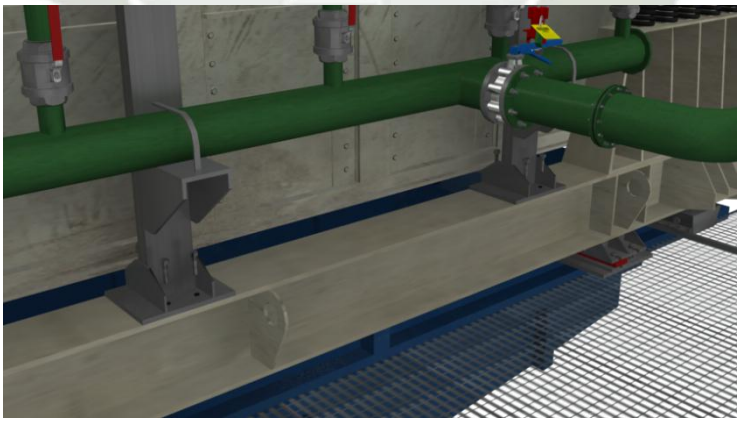


Entrega del equipo al personal de mantenimiento.

Nota: Datos de la empresa

11. Desmontaje de la araña de marcos de tuberías de agua

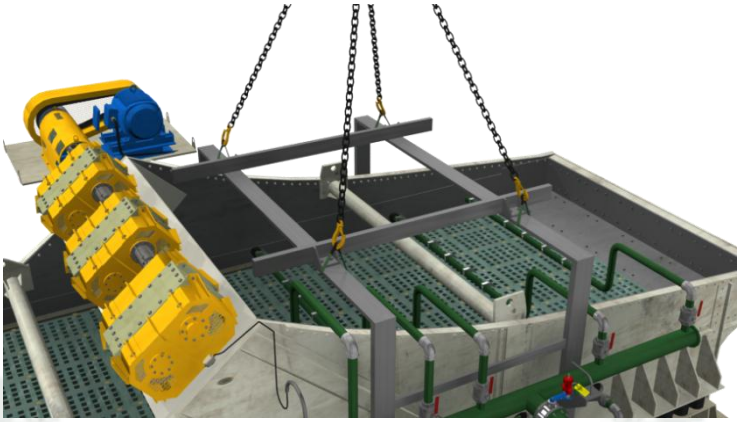
- Desajustar y retirar los pernos de anclaje de la araña de marcos de tuberías de agua, utilizando llaves mixtas.



Retiro de los pernos de anclaje del conjunto de tuberías de agua.

Nota: Datos de la empresa

- Instalar cuatro eslingas de 1” x 1 m en forma de “U” a las cuatro esquinas de la araña de marcos de tuberías de agua, y engancharlas a los cuatro ganchos de las cadenas de un pulpo de una capacidad de 5 t.



Instalación de elementos de izaje al conjunto de tuberías de agua.

Nota: Datos de la empresa

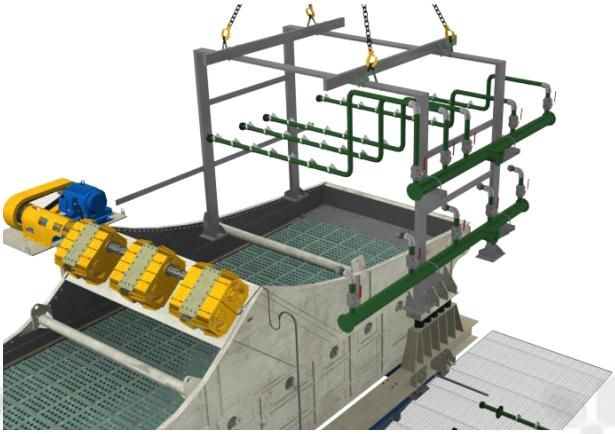
- Enganchar la argolla del pulpo al puente grúa, previa coordinación del técnico líder mecánico con el maniobrista y el operador del puente grúa (0310-CNB-0002).
- Desajustar y desconectar las cinco uniones universales de las tuberías del segundo deck, haciendo uso de llaves Stillson de 24”.



Desconexión de las tuberías del segundo deck

Nota: Datos de la empresa

- Izar y retirar la araña de marcos de tuberías de agua.
- Retirar los tornillos y sellos de las tuberías del segundo deck, para ser cambiados por unos nuevos.
- Retirar las tuberías del segundo deck.
- Retirar las boquillas de pulverización para su reemplazo, utilizando llaves mixtas.

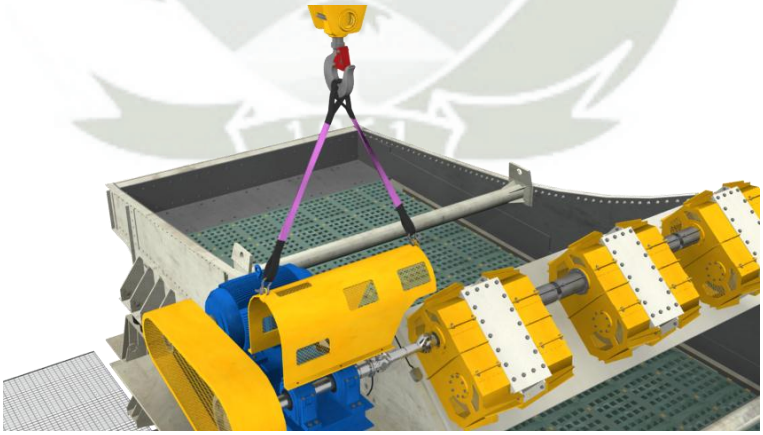


Izaje y retiro del conjunto de tuberías de agua

Nota: Datos de la empresa

12. Desmontaje del eje cardán del sistema motriz

- Desajustar y retirar los pernos de sujeción de la guarda de protección del eje cardán del sistema motriz, utilizando llaves mixtas.
- Instalar dos eslingas de 1” x 1.5 m en forma vertical y dos grilletes de 3/8”, a las orejas de izaje de la guarda de protección del eje cardán del sistema motriz; y engancharlas al puente grúa, previa coordinación del técnico líder mecánico, el maniobrista y el operador del puente grúa
- Izar, retirar la guarda de protección y dejarla en un lugar designado. Liberar el puente grúa.

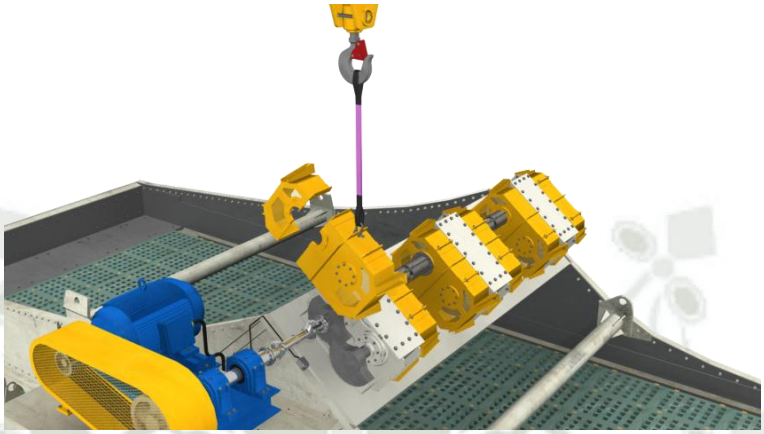


Izaje y retiro de la guarda de protección del eje cardán del sistema motriz

Nota: Datos de la empresa

- Instalar una eslinga de 1” x 1.5 m en forma vertical y un grillete de 3/8” a la oreja de izaje de una de las guardas de protección del primer excitador (se requiere el

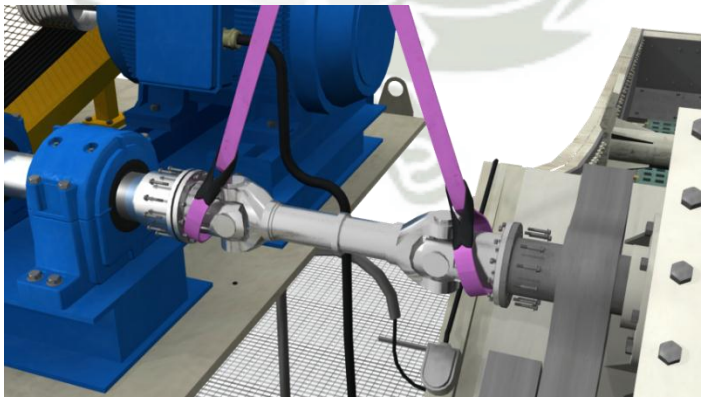
desmontaje de esta guarda para tener acceso al desmontaje del eje cardán del sistema motriz); y engancharla al puente grúa, previa coordinación del técnico líder mecánico, el maniobrista y el operador del puente grúa.



Izaje y retiro de una de las guardas del primer excitador

Nota: Datos de la empresa

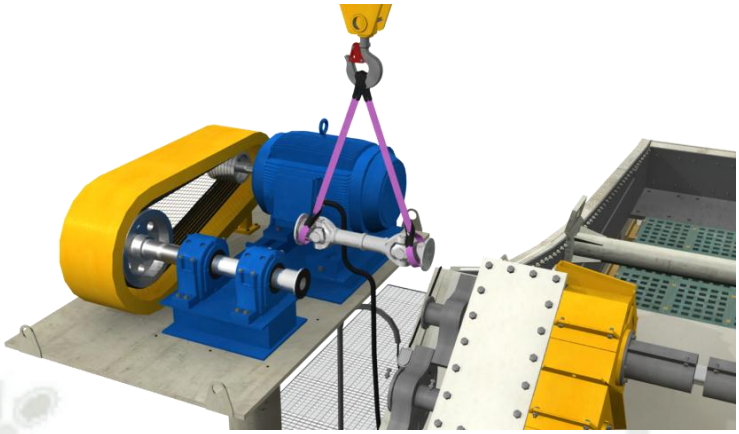
- Desajustar y retirar los pernos de sujeción de la primera guarda de protección a desmontar, utilizando una llave mixta.
- Izar y retirar la guarda de protección del primer excitador.
- Instalar dos eslingas de 1” x 1.5 m en forma de lazo a los extremos del eje cardán del sistema motriz y engancharlos al puente grúa, previa coordinación del técnico líder mecánico, el maniobrista y el operador del puente grúa.
- Desajustar y retirar los pernos y tuercas de las bridas del eje cardán del sistema motriz, utilizando llaves mixtas.



Desconexión del eje cardán del sistema motriz.

Nota: Datos de la empresa

- Izar, retirar el eje cardán del eje motriz y dejarlo en un lugar designado. Liberar el puente grúa.



Izaje y retiro del eje cardán del sistema motriz

Nota: Datos de la empresa

13. Desmontaje de correas en "V" del sistema motriz

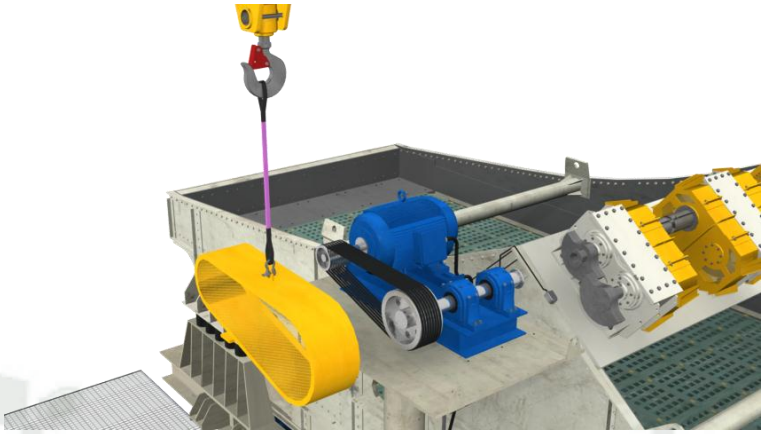
- Desajustar y retirar los pernos de sujeción de la guarda de protección de las poleas de transmisión del sistema motriz, utilizando llaves mixtas.



Retiro de los pernos de la guarda de protección de las poleas del sistema motriz

Nota: Datos de la empresa

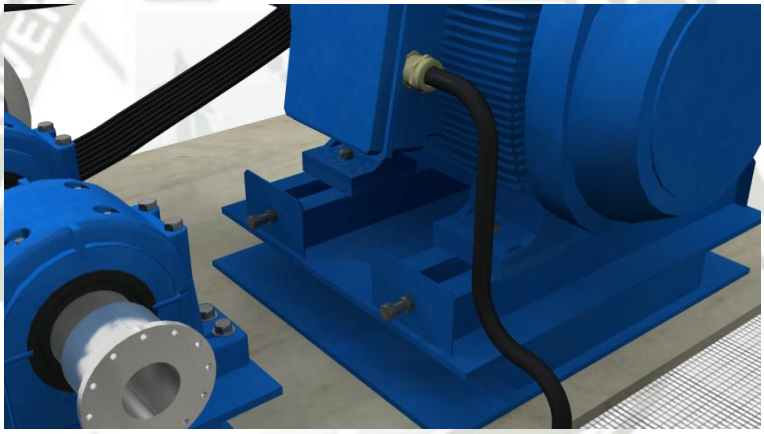
- Instalar una eslinga de 1" x 1 m y un grillete de 3/8", a la oreja de izaje de la guarda de protección de las poleas; y engancharla al puente grúa, previa coordinación del técnico líder mecánico, el maniobrista y el operador del puente grúa.
- Izar, retirar la guarda de protección de las poleas y dejarla en un lugar designado. Liberar el puente grúa.



Izaje y retiro de la guarda de protección de las poleas del sistema motriz

Nota: Datos de la empresa

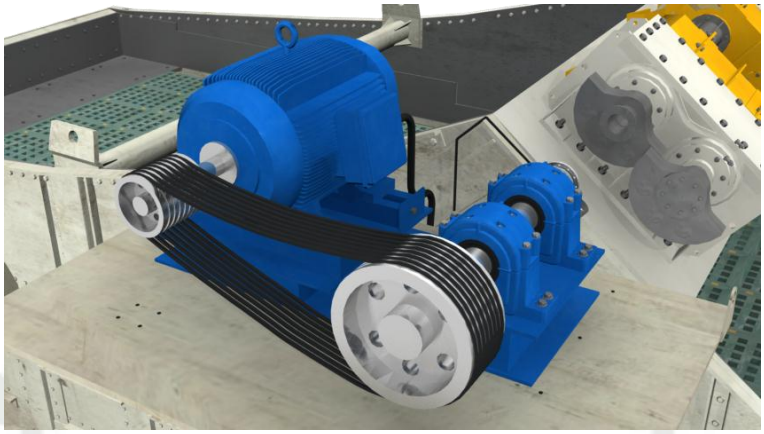
- Soltar los pernos tensores de la base del motor eléctrico, para destensar las correas de transmisión del sistema motriz, utilizando llaves mixtas.



Destensado de las correas en “V” del sistema motriz

Nota: Datos de la empresa

- Retirar las correas en “V” de transmisión para su reemplazo por unas nuevas.
- Inspeccionar los canales de la polea motriz y de la conducida, asegurarse que no presenten excesivo desgaste.

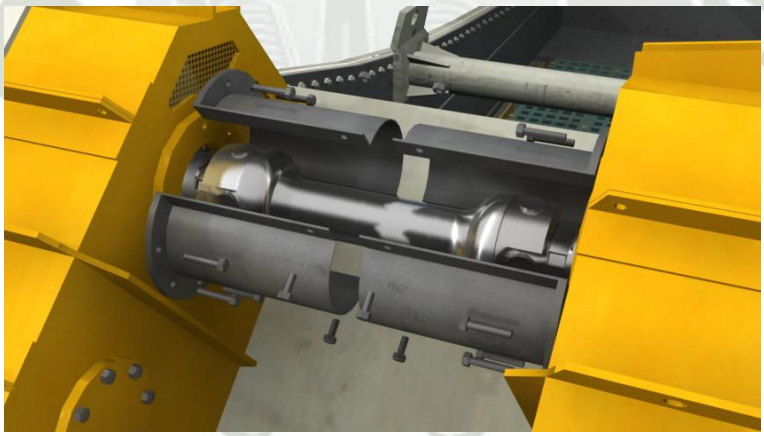


Retiro de las correas en “V” del sistema motriz.

Nota: Datos de la empresa

14. Desmontaje de excitadores

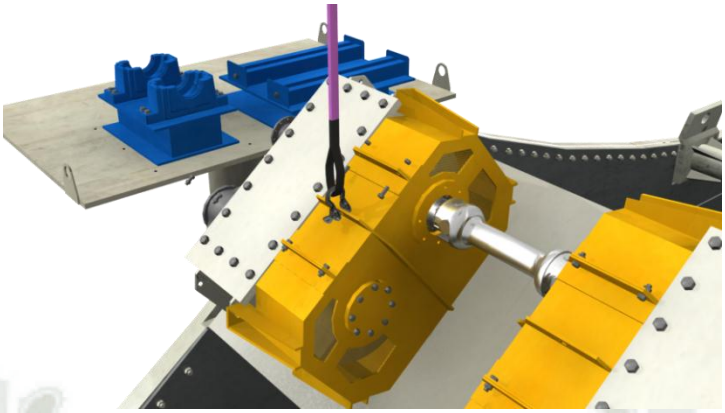
- Desajustar y retirar los pernos de sujeción de las guardas de los ejes cardán de los excitadores, utilizando llaves mixtas.
- Retirar las ocho guardas de protección de los dos ejes cardán de los excitadores (cuatro guardas por cada eje cardán).



Retiro de las guardas de protección de los ejes cardan de los excitadores.

Nota: Datos de la empresa

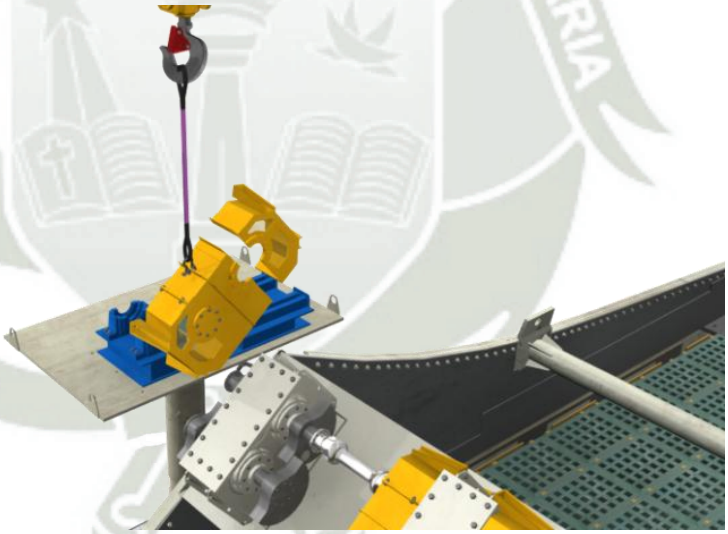
- Instalar una eslinga de 1” x 1.5 m en forma vertical y un grillete de 3/8” a la oreja de izaje de la primera guarda de protección a desmontar, de los excitadores; y engancharlo al puente grúa, previa coordinación del técnico líder mecánico, el maniobrista y el operador del puente grúa.
- Desajustar y retirar los pernos de sujeción de la primera guarda de protección a desmontar, utilizando llaves mixtas.



Instalación de los elementos de izaje a las guardas de protección de los excitadores y retirar sus pernos.

Nota: Datos de la empresa

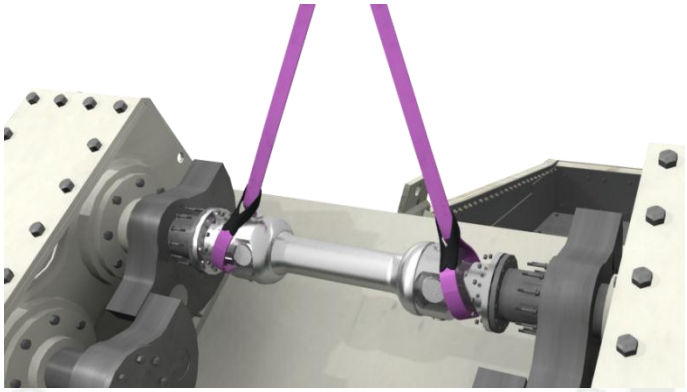
- Izar, retirar la primera guarda de protección a desmontar y dejarla en un lugar designado. Liberar el puente grúa.



Izaje y retiro las guardas de protección de los excitadores.

Nota: Datos de la empresa

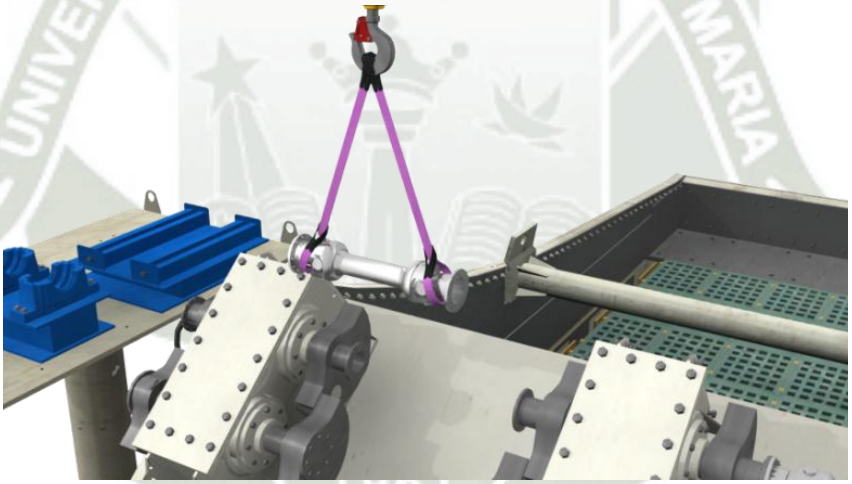
- Repetir los pasos anteriores para desmontar las otras cinco guardas de protección de los tres excitadores (cada excitador cuenta con dos guardas de protección).
- Instalar una eslinga de 1” x 1.5 m en forma de lazo al primer eje cardán a desmontar de los excitadores, y engancharla al puente grúa, previa coordinación del técnico líder mecánico, el maniobrista y el operador del puente grúa.
- Desajustar y retirar los pernos de las bridas del primer eje cardán a desmontar, utilizando llaves mixtas.



Instalación de los elementos de izaje a los ejes cardán de los excitadores y retirar los pernos de sus bridas.

Nota: Datos de la empresa

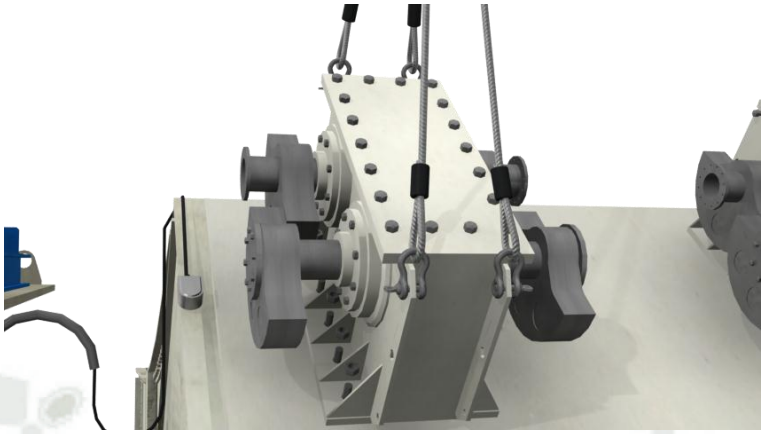
- Izar y retirar el primer eje cardán de los excitadores y dejarlo en un lugar designado.



Izaje y retiro de los ejes cardán de los excitadores

Nota: Datos de la empresa

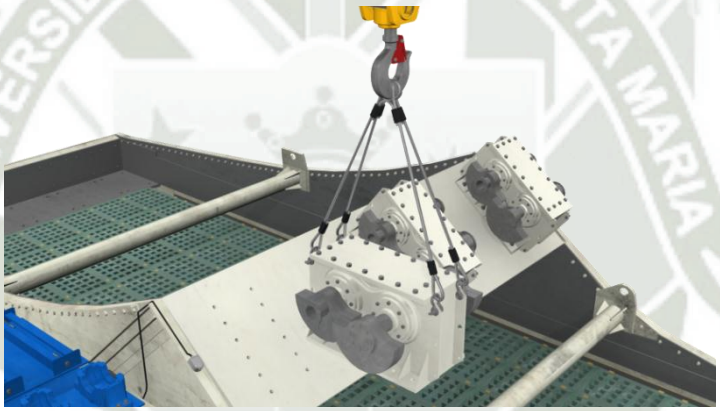
- Repetir los pasos anteriores para desmontar el otro eje cardán de los excitadores.
- Instalar cuatro estrobos de 3/8” x 1.5 m en forma vertical y cuatro grilletes de 7/16” a las orejas de izaje del primer excitador a desmontar; y engancharlos al puente grúa, previa coordinación del técnico líder mecánico, el maniobrista y el operador del puente grúa.
- Desajustar y retirar los ocho pernos de anclaje de los excitadores con una pistola de impacto con encastre de 1/2” y un dado de 30 mm.



Instalación de elementos de izaje a los excitadores.

Nota: Datos de la empresa

– Izar, retirar el primer excitador y dejarlo en un lugar designado.



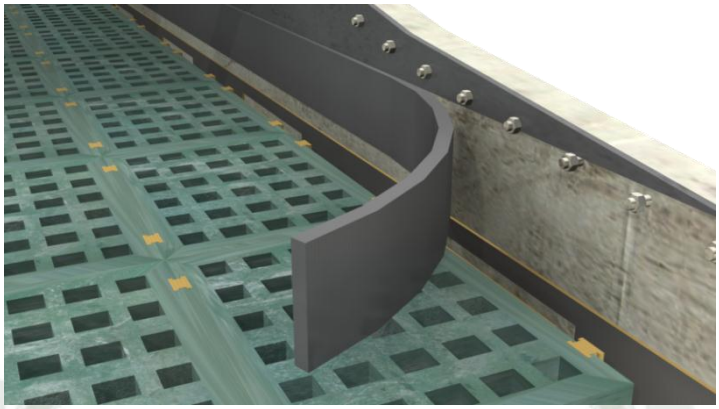
Izaje y retiro de los excitadores.

Nota: Datos de la empresa

Repetir los pasos anteriores para desmontar los dos excitadores restantes.

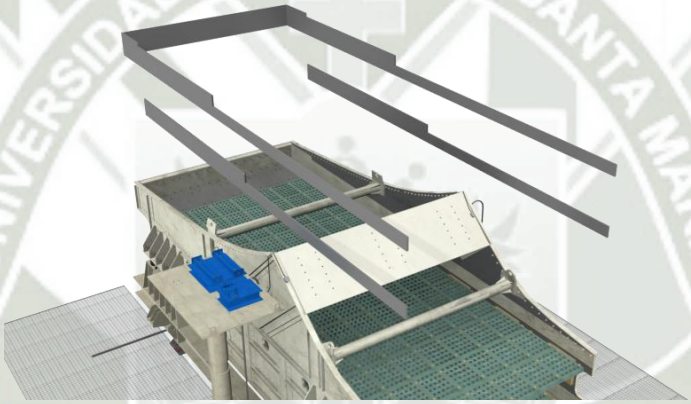
15. Desmontaje de zócalos

- Retirar los zócalos grandes (16 unidades) del primer deck.
- Retirar los zócalos medianos (6 unidades) del primer deck.
- Retirar los zócalos pequeños (10 unidades) del primer deck.
- Retirar los zócalos grandes (8 unidades) del segundo deck.
- Retirar los zócalos pequeños (8 unidades) del segundo deck.



Despegue y retiro de los zócalos de las paredes interiores de la zaranda.

Nota: Datos de la empresa

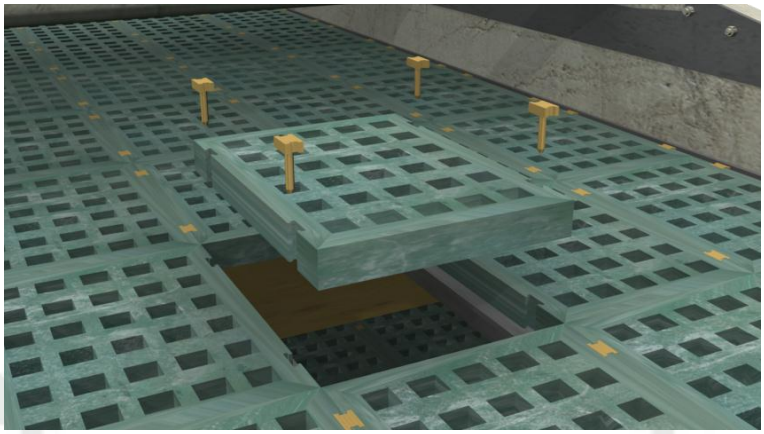


Retiro de los zócalos del primer y segundo deck de la zaranda.

Nota: Datos de la empresa

16. Desmontaje de mallas

- Retirar los pines y casquillos de fijación de las mallas del primer deck (728 pines y 728 casquillos), utilizando un destornillador plano.
- Retirar las mallas de poliuretano del primer deck (312 unidades).
- Retirar las mallas sin abertura del primer deck (6 unidades).
- Retirar los pines y casquillos de fijación de las mallas del segundo deck (676 pines y 676 casquillos).
- Retirar las mallas de poliuretano del segundo deck (300 unidades).
- Retirar las mallas sin abertura del segundo deck (12 unidades).

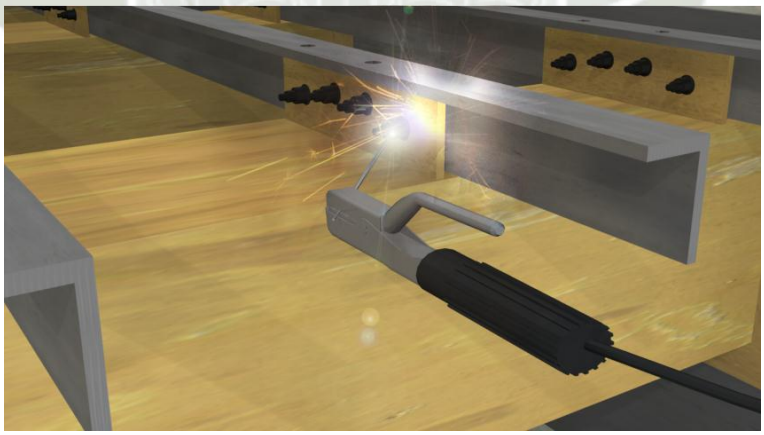


Retiro de los pines, casquillos de fijación y mallas del primer y segundo deck de la zaranda.

Nota: Datos de la empresa

17. Desmontaje de largueros y bastidores

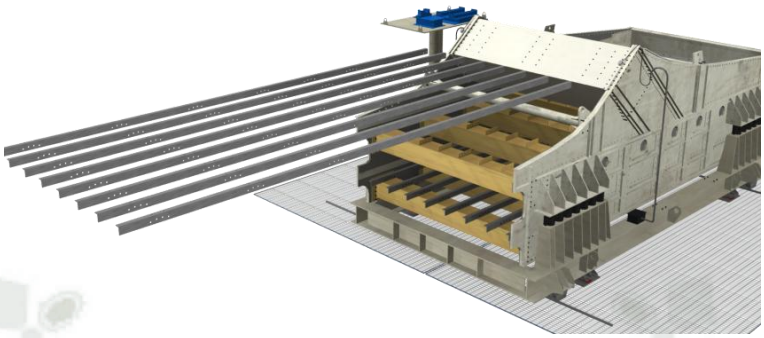
- Se debe realizar una inspección de los largueros y bastidores y registrar los que presenten excesivo desgaste del recubrimiento, para ser reemplazados.
- Proceder a cortar los pernos huck de 1/2” de fijación del primer larguero a desmontar del primer deck, utilizando una máquina de soldar y electrodos Chamfercord de 5/32”.



Corte de los pernos de fijación de los largueros en mal estado del primer deck.

Nota: Datos de la empresa

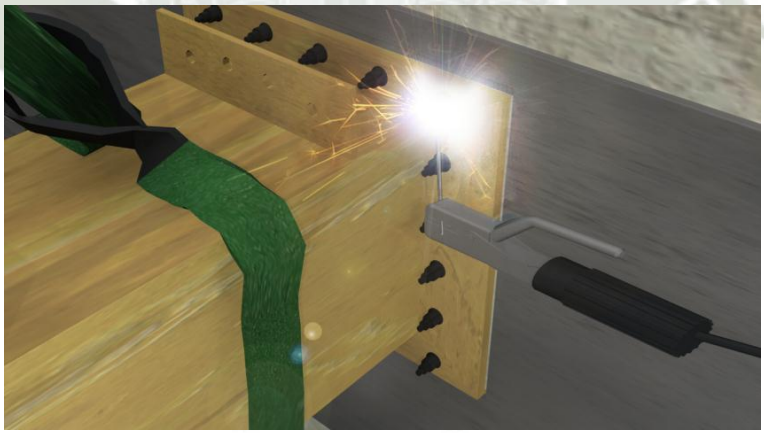
- El personal mecánico debe retirar el primer larguero del primer deck por tramos y dejarlo en un lugar designado.
- Proceder de la misma manera para desmontar los demás largueros del primer deck que deban ser cambiados por unos nuevos.



Retiro de largueros en mal estado del primer deck.

Nota: Datos de la empresa

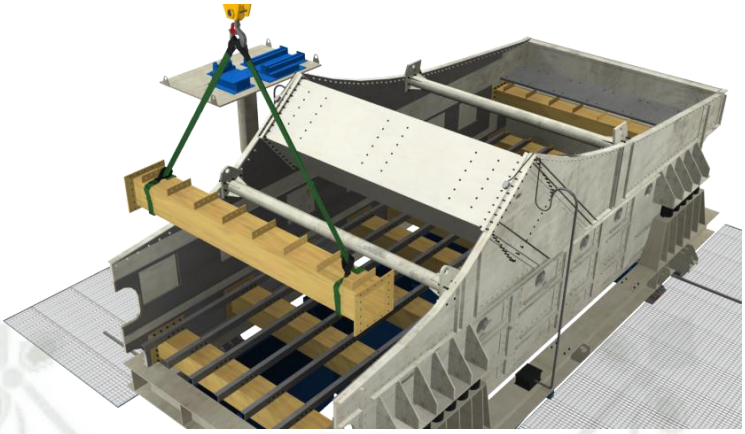
- Instalar dos eslingas de 2” x 4 m en forma de lazo a los extremos del primer bastidor a desmontar del primer deck; y engancharlas al puente grúa, previa coordinación del técnico líder mecánico, el maniobrista y el operador del puente grúa (0310-CNB-0002).
- Cortar los pernos huck de 3/4” de fijación del primer bastidor a desmontar del primer deck, utilizando una máquina de soldar y electrodos Chamfercord de 5/32”.



Corte de pernos de fijación de los bastidores en mal estado del primer deck

Nota: Datos de la empresa

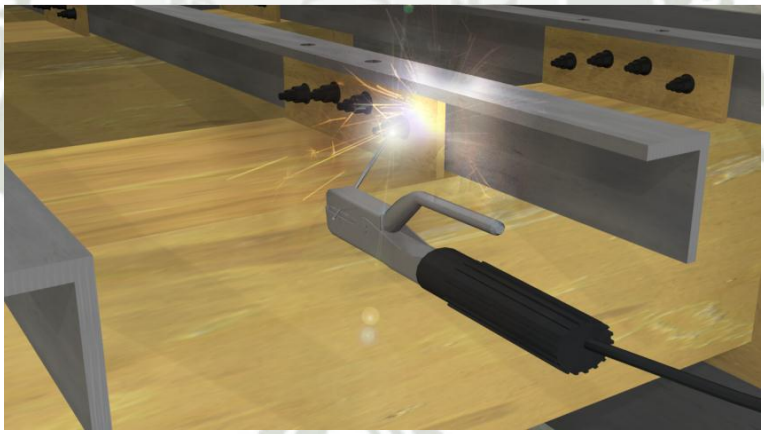
- Izar y retirar el primer bastidor a desmontar del primer deck, y dejarlo en un lugar designado
- Proceder de la misma manera para desmontar los demás bastidores del primer deck que deban ser cambiados por unos nuevos.



Izaje y retiro de los bastidores en mal estado del primer deck.

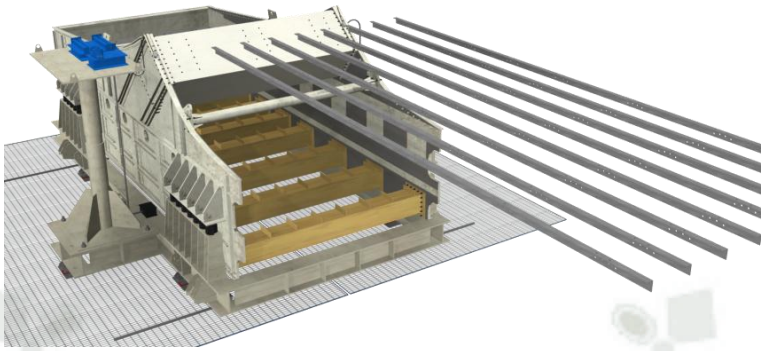
Nota: Datos de la empresa

- Proceder a cortar los pernos huck de 1/2” de fijación del primer larguero a desmontar del segundo deck, utilizando una máquina de soldar y electrodos Chamfercord de 5/32”.



Corte de los pernos de fijación de los largueros en mal estado del segundo deck

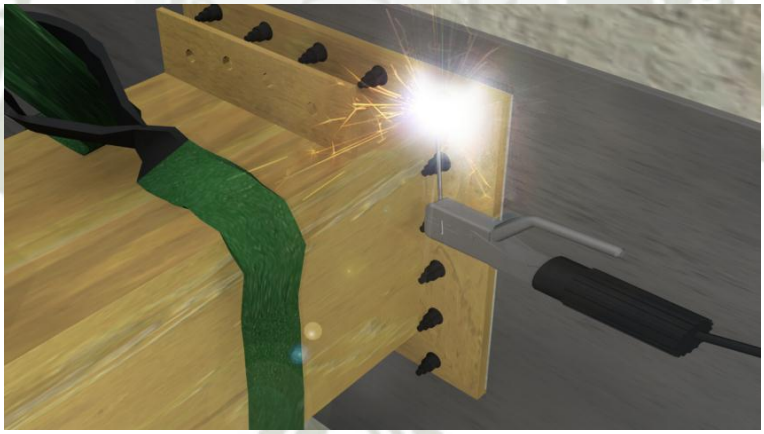
- El personal mecánico debe retirar el primer larguero del segundo deck y dejarlo en un lugar designado.
- Proceder de la misma manera para desmontar los demás largueros del segundo deck que deban ser cambiados por unos nuevos.



Retiro de los largueros en mal estado del segundo deck.

Nota: Datos de la empresa

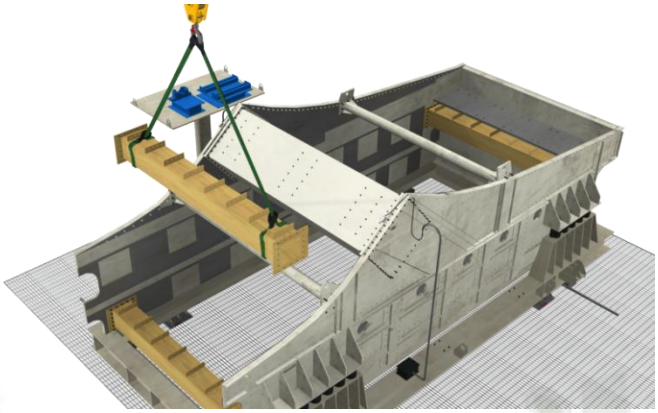
- Instalar dos eslingas de 2” x 4 m en forma de lazo a los extremos del primer bastidor a desmontar del segundo deck; y engancharlas al puente grúa, previa coordinación del técnico líder mecánico, el maniobrista y el operador del puente grúa.
- Cortar los pernos huck de 3/4” de fijación del primer bastidor a desmontar del segundo deck, utilizando una máquina de soldar y electrodos Chanfercord de 5/32”.



Corte de los pernos de los bastidores en mal estado del segundo deck.

Nota: Datos de la empresa

- Izar y retirar el primer bastidor a desmontar del segundo deck, y dejarlo en un lugar designado.
- Proceder de la misma manera para desmontar los demás bastidores del segundo deck que deban ser cambiados por unos nuevos.

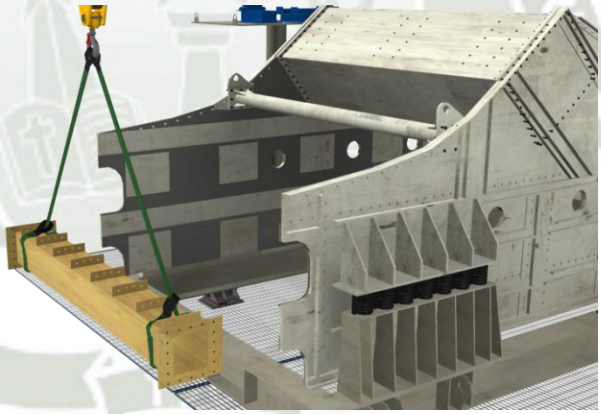


Izaje y retiro de los bastidores en mal estado del segundo deck.

Nota: Datos de la empresa

18. Montaje de largueros y bastidores

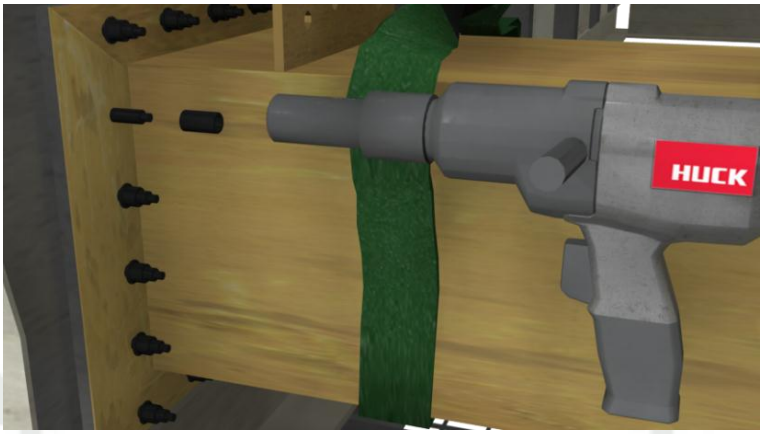
- Instalar dos eslingas de 2” x 4 m en forma de lazo a los extremos del primer bastidor a montar del segundo deck; y engancharlas al puente grúa, previa coordinación del técnico líder mecánico, el maniobrista y el operador del puente grúa.
- Izar y montar el primer bastidor del segundo deck, y ubicarlo en su posición.



Izaje y montaje de los bastidores del segundo deck.

Nota: Datos de la empresa

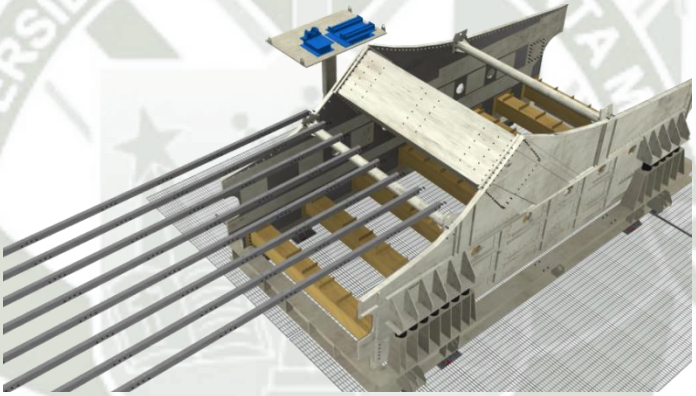
- Colocar pernos huck nuevos de 3/4” para fijar el primer bastidor en sus dos extremos en el segundo deck, utilizando una máquina remachadora.
- Proceder de la misma manera para montar los demás bastidores del segundo deck.



Colocación de los pernos de fijación de los bastidores del segundo deck

Nota: Datos de la empresa

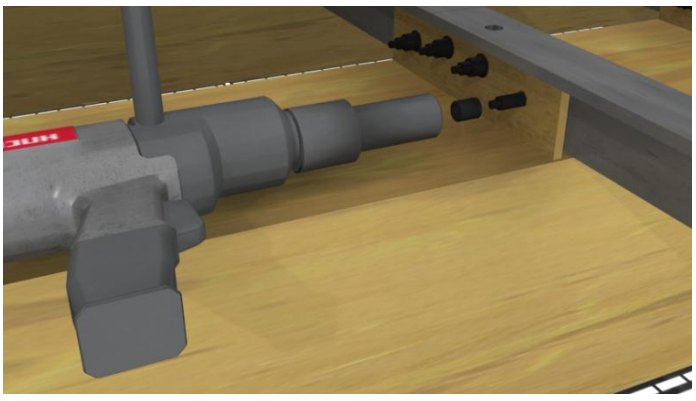
- El personal mecánico debe montar el primer larguero del segundo deck y ubicarlo en su posición.



Montaje de los largueros del segundo deck.

Nota: Datos de la empresa

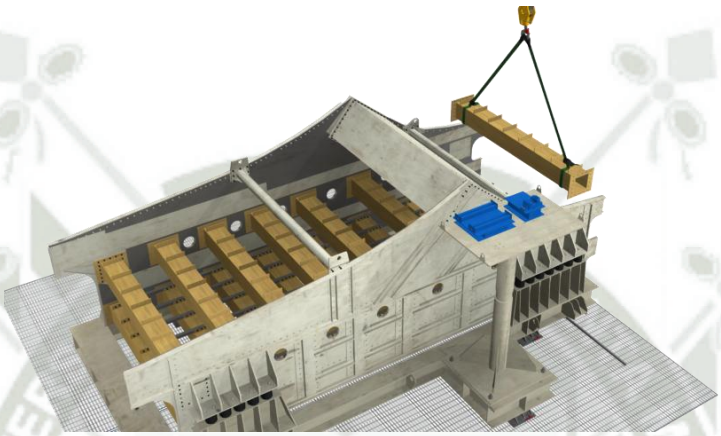
- Colocar pernos huck nuevos de 1/2” para fijar el primer larguero del segundo deck, utilizando una máquina remachadora.
- Proceder de la misma manera para montar los demás largueros del segundo deck.



Colocación de los pernos de fijación de los largueros del segundo deck

Nota: Datos de la empresa

- Instalar dos eslingas de 2” x 4 m en forma de lazo a los extremos del primer bastidor a montar del primer deck; y engancharlas al puente grúa, previa coordinación del técnico líder mecánico, el maniobrista y el operador del puente grúa.
- Izar y montar el primer bastidor del primer deck, y ubicarlo en su posición.



Izaje y montaje de los bastidores del primer deck.

Nota: Datos de la empresa

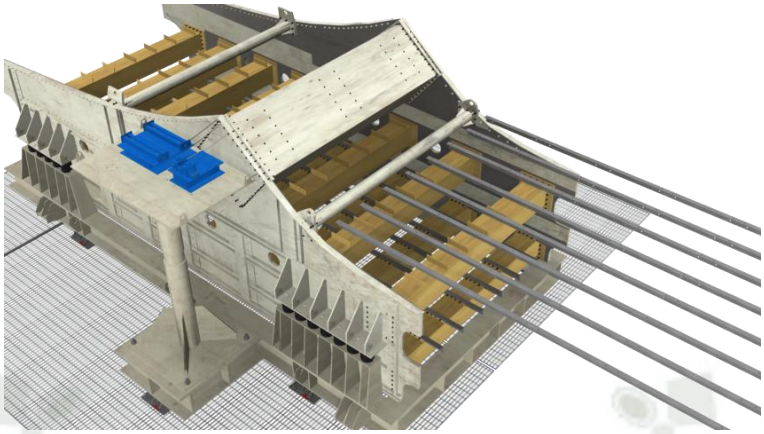
- Colocar pernos huck nuevos de 3/4” para fijar el primer bastidor en sus dos extremos en el primer deck, utilizando una máquina remachadora.
- Proceder de la misma manera para montar los demás bastidores del primer deck.



Colocación de los pernos de fijación de los bastidores del primer deck.

Nota: Datos de la empresa

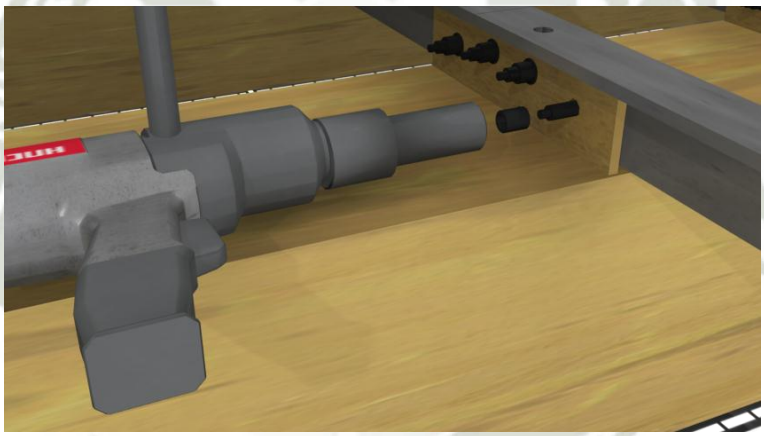
- El personal mecánico debe montar el larguero del primer deck y ubicarlo en su posición.



Montaje de los largueros del primer deck.

Nota: Datos de la empresa

- Colocar pernos huck nuevos de 1/2” para fijar el larguero del primer deck, utilizando una máquina remachadora.
- Proceder de la misma manera para montar los demás largueros del primer deck.

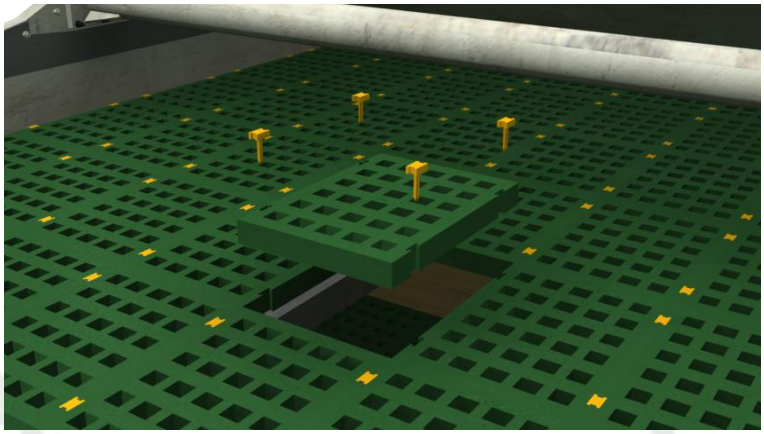


Colocación de los pernos de fijación de los largueros del primer deck

Nota: Datos de la empresa

19. Montaje de mallas

- Colocar mallas de poliuretano nuevas del primer deck (312 unidades).
- Colocar pines y casquillos nuevos de fijación de las mallas del primer deck (728 pines y 728 casquillos).
- Colocar mallas sin abertura nuevas en el primer deck (6 unidades).
- Colocar mallas de poliuretano nuevas del segundo deck (300 unidades).
- Colocar pines y casquillos nuevos de fijación de las mallas del segundo deck (676 pines y 676 casquillos).
- Colocar mallas sin abertura nuevas del segundo deck (12 unidades).

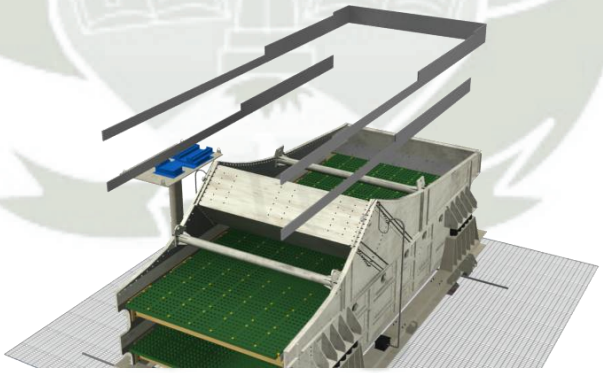


Colocación de las mallas, pines y casquillos de fijación nuevos en el primer y segundo deck

Nota: Datos de la empresa

20. Montaje de zócalos

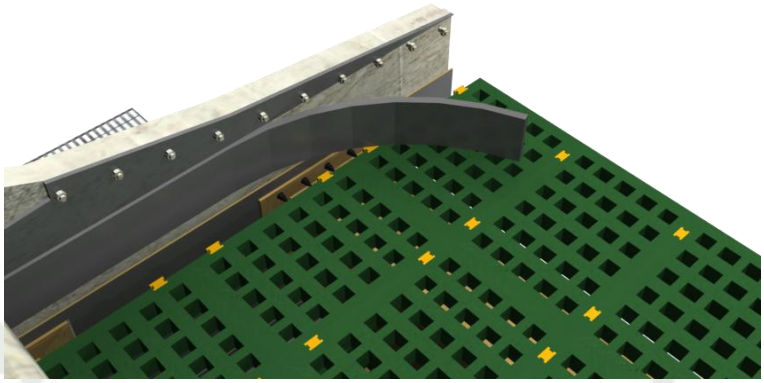
- Colocar zócalos pequeños nuevos (8 unidades) en el segundo deck.
- Colocar zócalos grandes nuevos (8 unidades) en el segundo deck.
- Colocar zócalos grandes nuevos (16 unidades) en el primer deck.



Preparación de zócalos nuevos para el primer y segundo deck

Nota: Datos de la empresa

- Colocar zócalos medianos nuevos (6 unidades) en el primer deck.
- Colocar zócalos pequeños nuevos (10 unidades) en el primer deck.

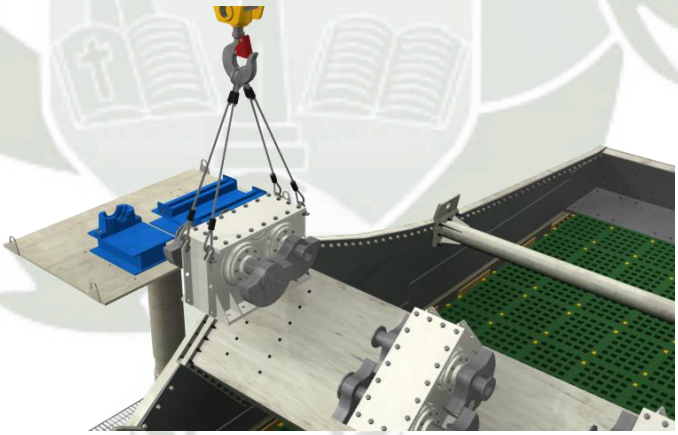


Instalación de los zócalos en las paredes interiores de la zaranda en el primer y segundo deck

Nota: Datos de la empresa

21. Montaje de los excitadores

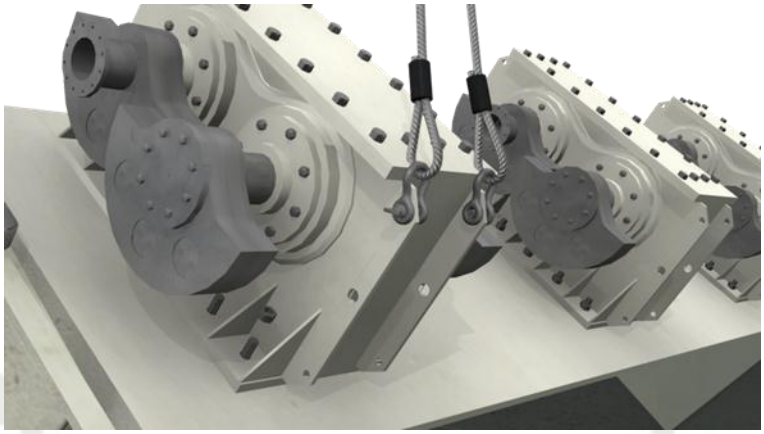
- Instalar cuatro estrobos de 3/8” x 1.5 m en forma vertical y cuatro grilletes de 7/16” a las orejas de izaje del primer excitador nuevo a montar; y engancharlos al puente grúa, previa coordinación del técnico líder mecánico, el maniobrista y el operador del puente grúa.
- Izar y montar el primer excitador nuevo y colocarlo en su posición.



Izaje y montaje de los excitadores

Nota: Datos de la empresa

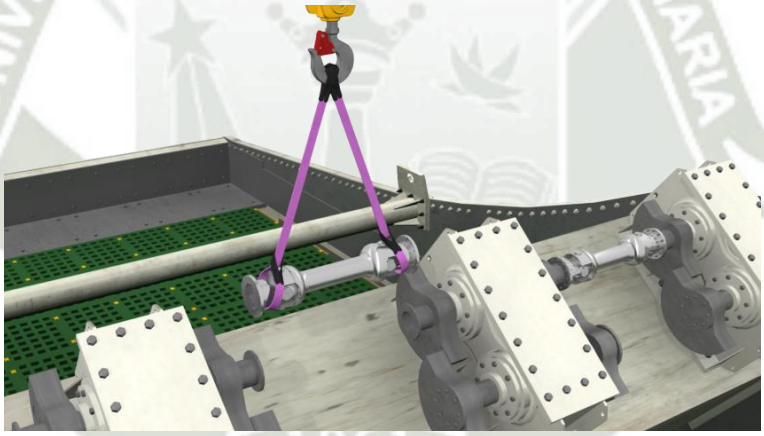
- Colocar los ocho pernos de anclaje de los excitadores con una pistola de impacto con encastre de 1/2” y un dado de 30 mm.
- Repetir los pasos anteriores para montar los dos excitadores nuevos restantes.



Colocación de los pernos de anclaje de los excitadores.

Nota: Datos de la empresa

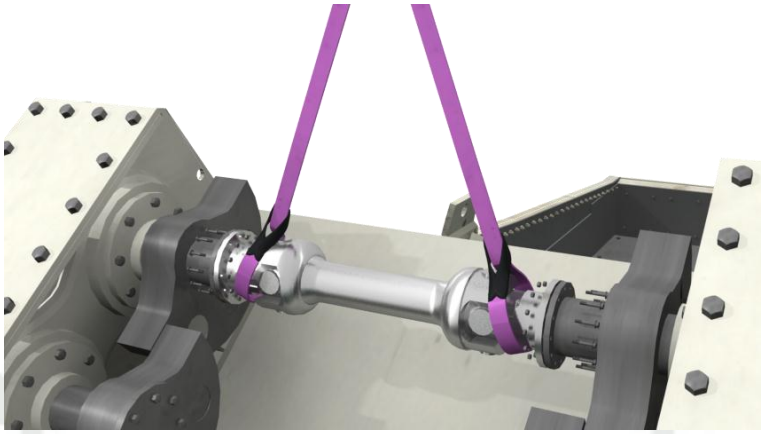
- Instalar una eslinga de 1” x 1.5 m en forma de lazo al primer eje cardán a montar de los excitadores, y engancharla al puente grúa, previa coordinación del técnico líder mecánico, el maniobrista y el operador del puente grúa.
- Izar y montar el primer eje cardán de los excitadores y colocarlo en su posición.



Izaje y montaje de los ejes cardan

Nota: Datos de la empresa

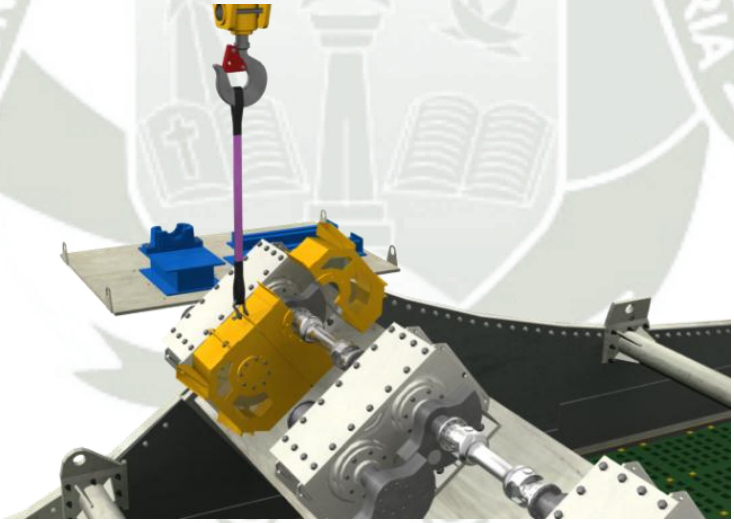
- Colocar los pernos de las bridas del primer eje cardán a montar, utilizando llaves mixtas.
- Repetir los pasos anteriores para montar el otro eje cardán de los excitadores.



Colocación y ajuste de los pernos de las bridas de los ejes cardán de los excitadores.

Nota: Datos de la empresa

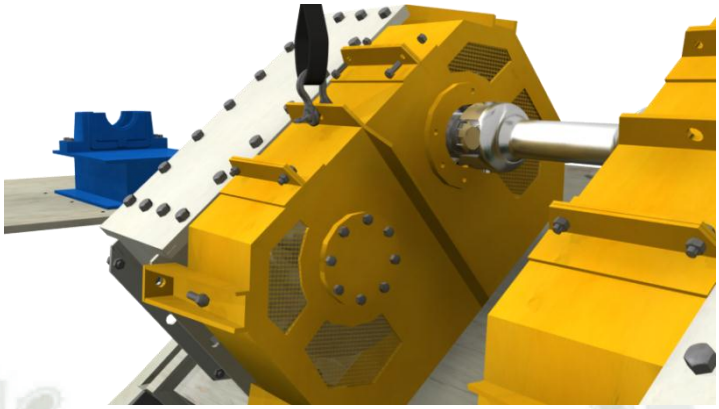
- Instalar una eslinga de 1” x 1.5 m en forma vertical y un grillete de 3/8” a la oreja de izaje de la primera guarda de protección a montar, de los excitadores; y engancharlo al puente grúa, previa coordinación del técnico líder mecánico, el maniobrista y el operador del puente grúa.
- Izar y montar la primera guarda de protección de los excitadores.



Izaje y colocación las guardas de protección de los excitadores.

Nota: Datos de la empresa

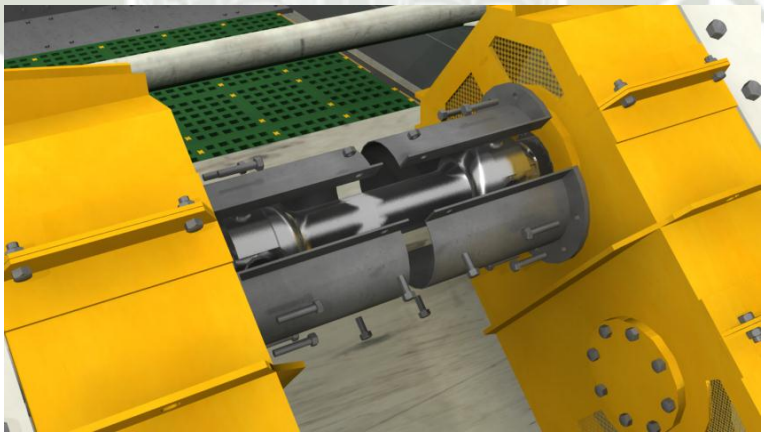
- Colocar los pernos de sujeción de la primera guarda de protección a montar, utilizando llaves mixtas.



Colocación de los pernos de fijación de las guardas de protección de los excitadores.

Nota: Datos de la empresa

- Repetir los pasos anteriores para montar las otras cuatro guardas de protección de los tres excitadores (cada excitador debe tener dos guardas de protección, excepto el primer excitador que solo debe instalarse una de sus guardas, dejando libre el acceso para la instalación del eje cardán del sistema motriz).
- Colocar las ocho guardas de protección de los dos ejes cardán de los excitadores (cuatro guardas por cada eje cardán).
- Colocar los pernos de sujeción de las guardas de los ejes cardán de los excitadores, utilizando llaves mixtas.

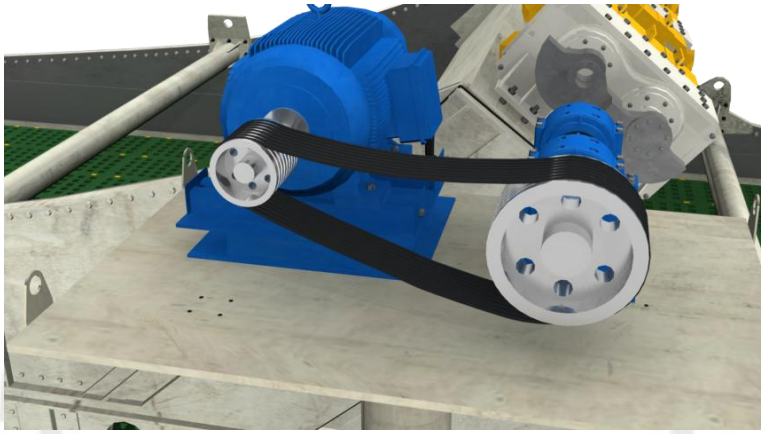


Instalación de las guardas de protección de los ejes cardán de los excitadores.

Nota: Datos de la empresa

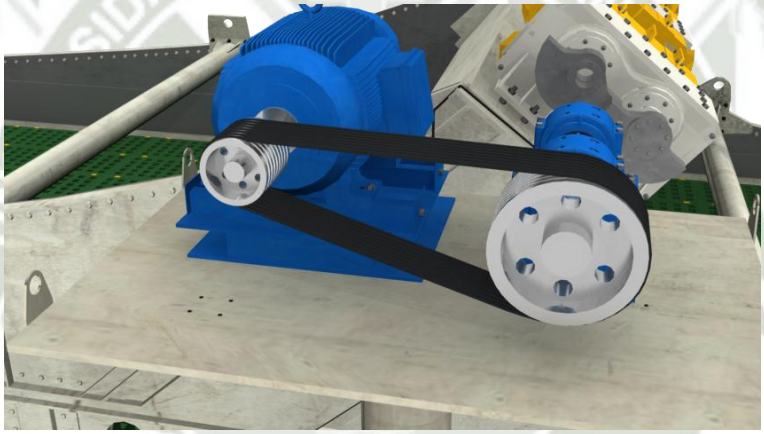
22. Montaje de correas en V del sistema motriz

- Instalar ocho correas en “V” en las poleas motriz y conducida.
- Ajustar los pernos tensores de la base del motor eléctrico, para tensar las correas de transmisión del sistema motriz, utilizando llaves mixtas.



Instalación de las nuevas correas en “V” en las poleas de transmisión del sistema motriz.

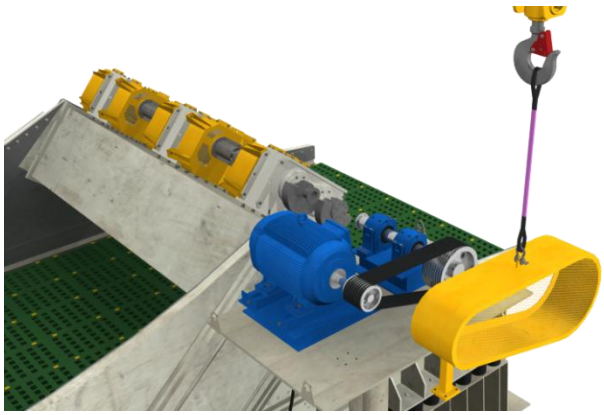
Nota: Datos de la empresa



Tensado de las correas del sistema motriz.

Nota: Datos de la empresa

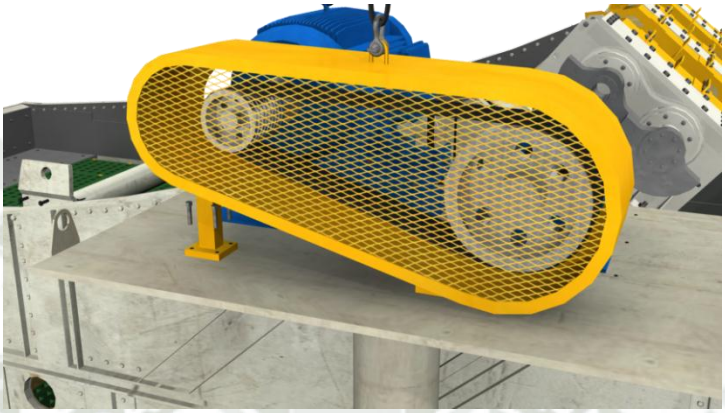
- Instalar una eslinga de 1” x 1 m y un grillete de 3/8”, a la oreja de izaje de la guarda de protección de las poleas; y engancharla al puente grúa, previa coordinación del técnico líder mecánico, el maniobrista y el operador del puente grúa.
- Izar, y colocar la guarda de protección de las poleas en su posición.



Izaje y montaje de la guarda de protección de las poleas del sistema motriz.

Nota: Datos de la empresa

- Colocar y ajustar los pernos de sujeción de la guarda de protección de las poleas de transmisión del sistema motriz, utilizando llaves mixtas.

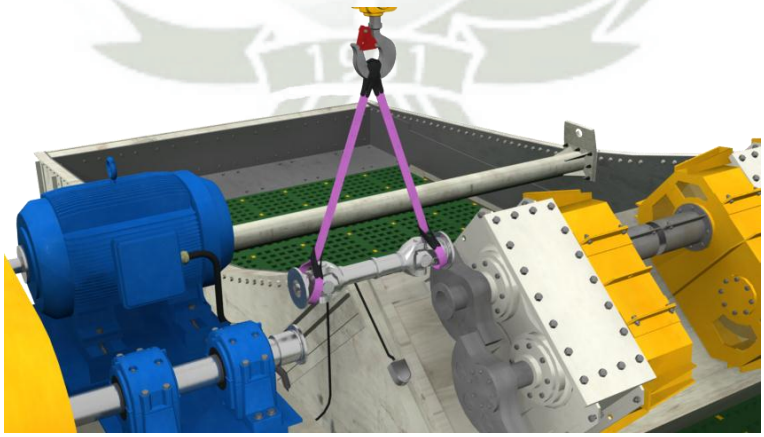


Colocación de los pernos de fijación de la guarda de protección de las poleas del sisma motriz

Nota: Datos de la empresa

23. Montaje del eje cardan del sistema motriz

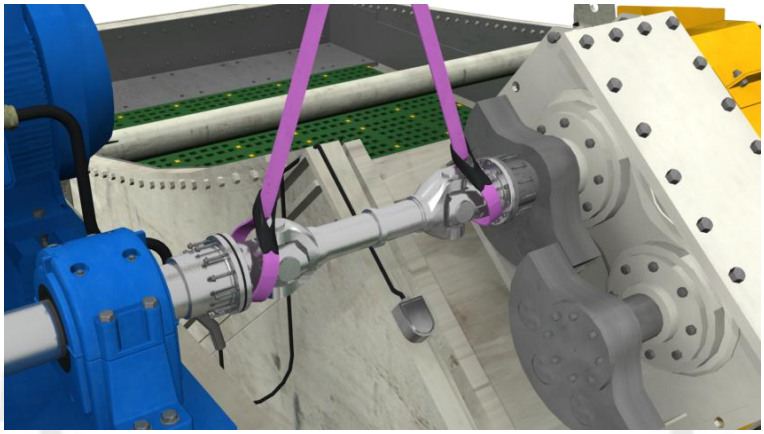
- Instalar dos eslingas de 1” x 1.5 m en forma de lazo a los extremos del eje cardán del sistema motriz y engancharlos al puente grúa, previa coordinación del técnico líder mecánico, el maniobrista y el operador del puente grúa.
- Izar y posicionar el eje cardán del eje motriz entre el eje de transmisión y el eje del primer excitador.



Izaje y montaje del eje cardán del sistema motriz.

Nota: Datos de la empresa

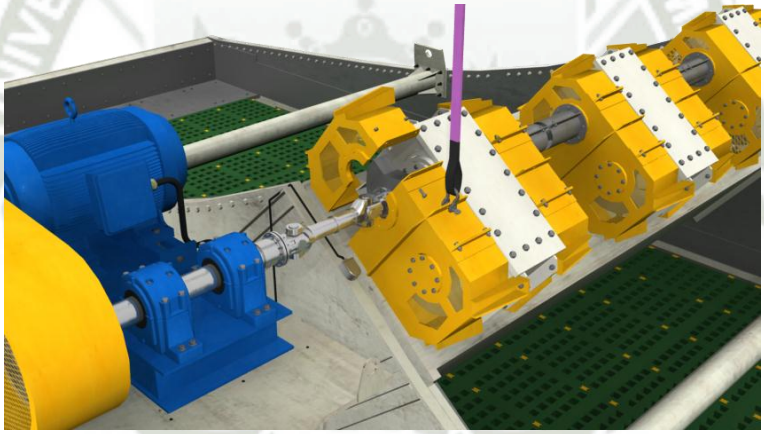
- Colocar y ajustar los pernos y tuercas de las bridas del eje cardán del sistema motriz, utilizando llaves mixtas.



Colocación y ajuste los pernos de las bridas del eje cardán del sistema motriz

Nota: Datos de la empresa

- Instalar una eslinga de 1” x 1.5 m en forma vertical y un grillete de 3/8” a la oreja de izaje de la guarda de protección faltante del primer excitador; y engancharla al puente grúa, previa coordinación del técnico líder mecánico, el maniobrista y el operador del puente grúa.
- Izar y colocar la guarda de protección en su posición.



Izaje y colocación de la guarda de protección faltante del primer excitador.

Nota: Datos de la empresa

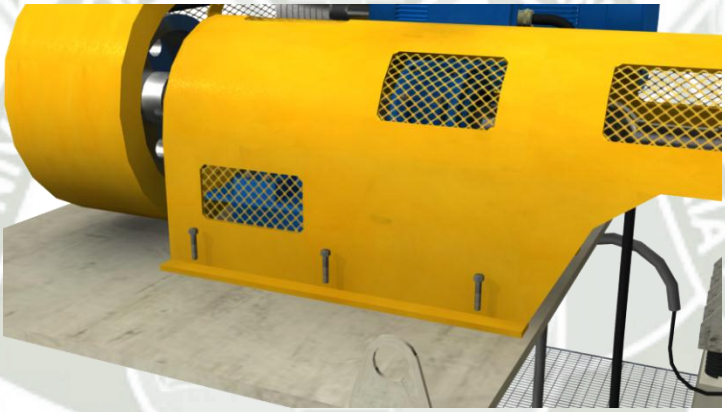
- Colocar y ajustar los pernos de sujeción de la guarda de protección instalada, utilizando llaves mixtas.
- Instalar eslingas de 1” x 1.5 m en forma vertical y dos grilletes de 3/8”, a las orejas de izaje de la guarda de protección del eje cardán del sistema motriz; y engancharlas al puente grúa, previa coordinación del técnico líder mecánico, el maniobrista y el operador del puente grúa.
- Izar y colocar la guarda de protección en su posición.



Izaje y montaje de la guarda de protección del eje cardán del sistema motriz

Nota: Datos de la empresa

- Colocar y ajustar los pernos de sujeción de la guarda de protección del eje cardán del sistema motriz, utilizando llaves mixtas.

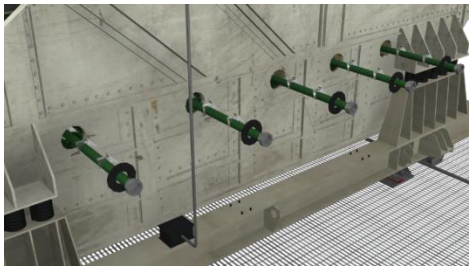


Colocar los pernos de fijación de la guarda de protección del eje cardán del sistema motriz.

Nota: Datos de la empresa

24. Montaje de la araña de marcos de tuberías de agua

- Instalar nuevas boquillas de pulverización en todas las tuberías de agua, ajustando las tuercas de sus abrazaderas.
- Instalar las tuberías de agua del segundo deck.

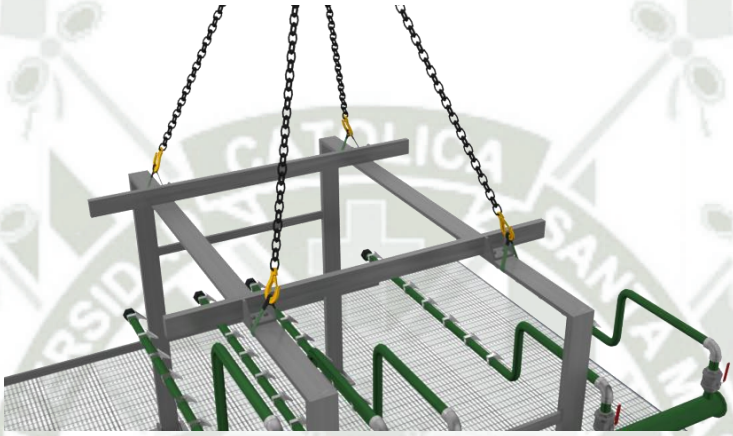


Instalación de las tuberías del segundo deck.

Nota: Datos de la empresa

- Colocar los tornillos y sellos nuevos de las tuberías del segundo deck.
- Instalar cuatro eslingas de 1” x 1 m en forma de “U” a las cuatro esquinas de la araña de marcos de tuberías de agua, y engancharlas a los cuatro ganchos de las cadenas de un pulpo de una capacidad de 5 t.

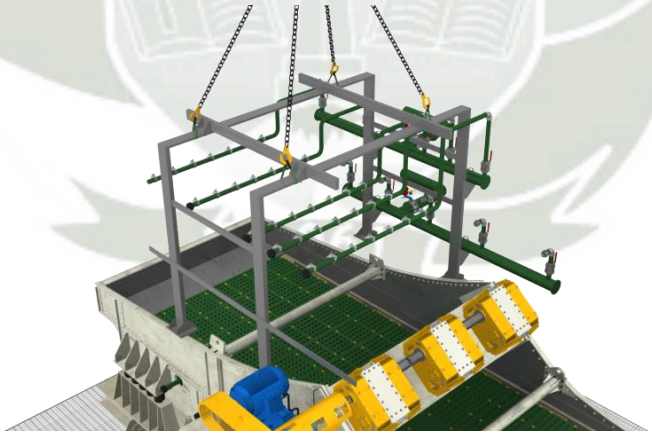
- Enganchar la argolla del pulpo al puente grúa, previa coordinación del técnico líder mecánico con el maniobrista y el operador del puente grúa.



Instalación elementos de izaje al conjunto de tuberías de agua de la zaranda.

Nota: Datos de la empresa

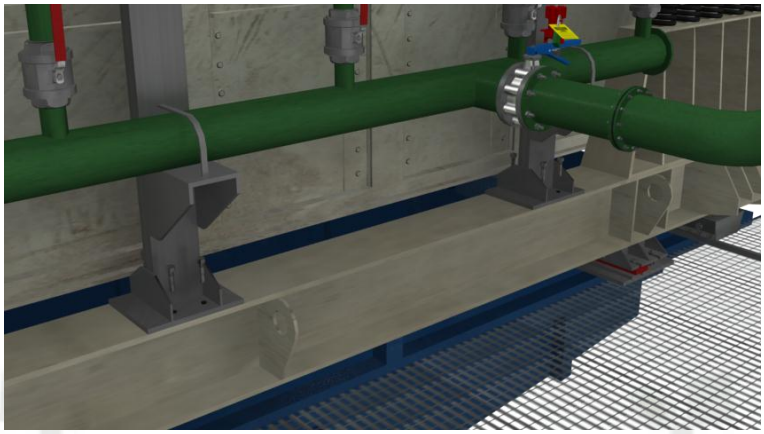
- Izar y colocar la araña de marcos de tuberías de agua en su posición.



Izaje y montaje del conjunto de tuberías de agua de la zaranda.

Nota: Datos de la empresa

- Colocar y ajustar los pernos de anclaje de la araña de marcos de tuberías de agua, utilizando llaves mixtas.



Colocación de los pernos de anclaje del conjunto de tuberías de agua de la zaranda.

Nota: Datos de la empresa

- Conectar las tuberías del segundo deck a las tuberías de alimentación de agua, ajustando las cinco uniones universales, haciendo uso de llaves Stillson de 24”.

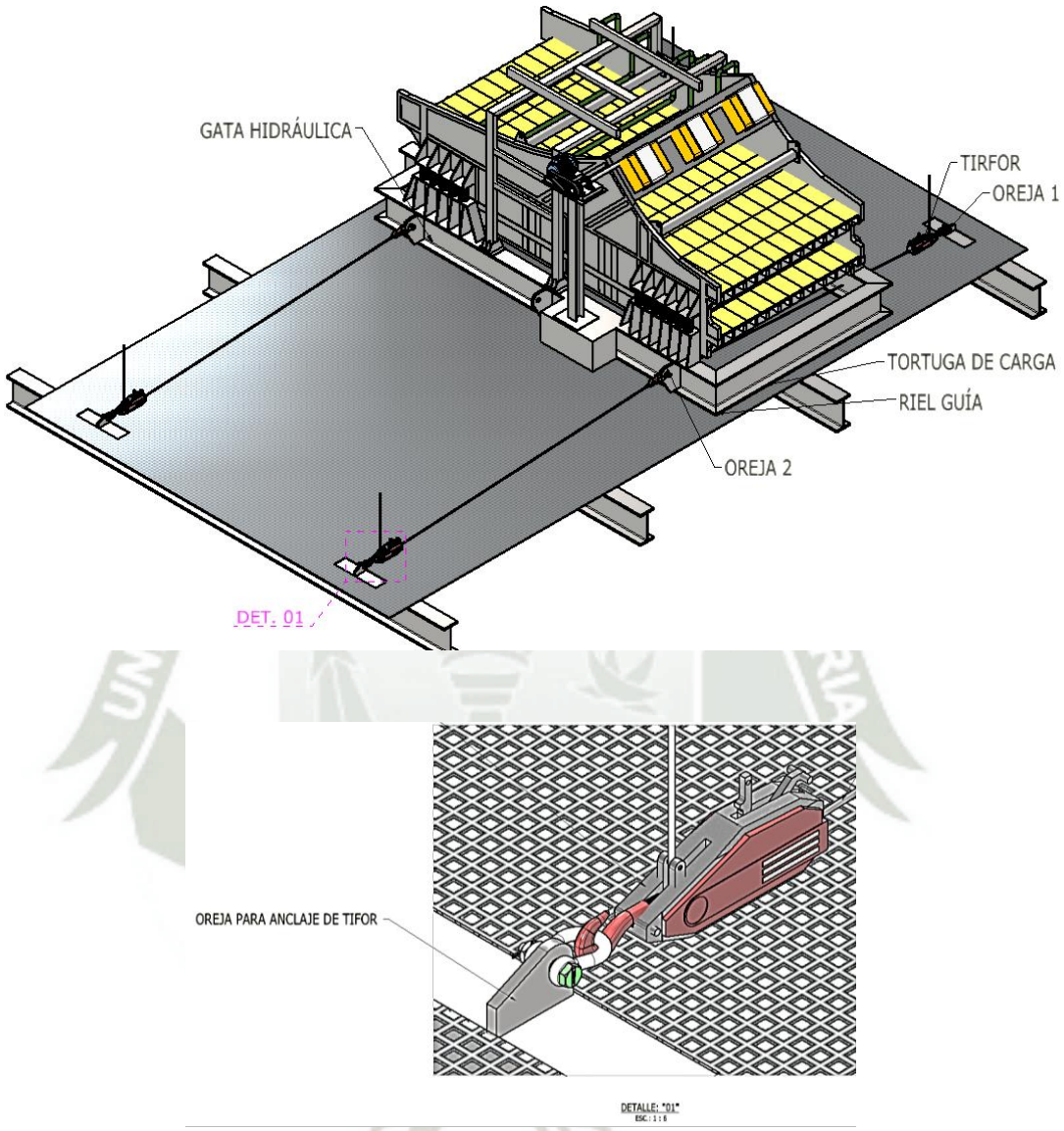


Conexión de las tuberías del segundo deck y ajustar las uniones universales.

Nota: Datos de la empresa

Anexo N° 4
Diseño de puntos de anclaje para extracción de zarandas vibratorias

Diseño de puntos de anclaje para extracción de zarandas vibratorias



Arreglo de puntos de anclaje para zarandas

Nota: Elaboración Propia

Consideraciones preliminares

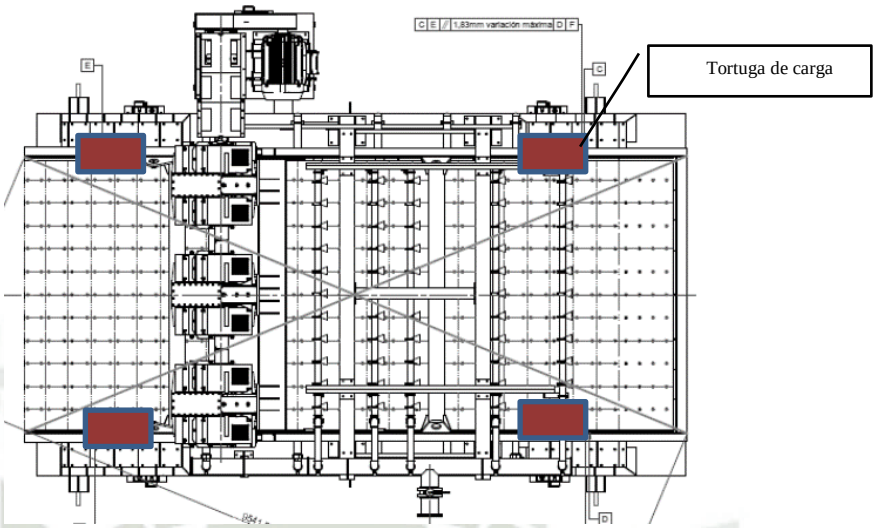
Se requiere hacer los cálculos respectivos de los componentes a usar para movilizar una zaranda de 40ton. Este será puesto sobre tortugas de carga y jalado por dos Tirfor.

Cálculo y selección de componentes

Tortuga de carga

Peso de Zaranda: 40Ton

Se considera 4 puntos de apoyo = 10 ton



Tortuga de carga

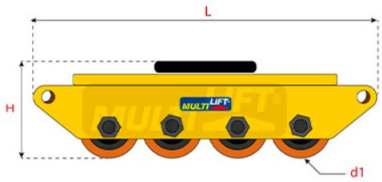
Selección de tortuga de carga.

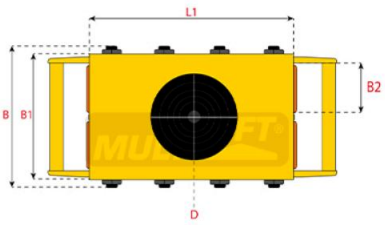
Turnable with bearings; Friction Coefficient: 0.15 to 0.25

Product code	Capacity (Ton)	Wheel NO.	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)	Weight (Kg)
RSA 04	6	4	300	225	110	13.15
RSA 06	8	6	400	225	110	15.80
RSA 08	12	8	500	225	110	25.91
RSA 12	18	12	500	313	110	40.93

Minimum turning circle is 3 meters

Cuadro de tortuga de carga - ABLE





Capacidad de carga		12000 Kg
Número de ruedas		8
Altura total	H	110 mm
Ancho total	B	225 mm
Largo total	L	500 mm
Diámetro de llantas	d1	85 mm
Ancho de llantas	B2	70 mm

Medidas de la tortuga de carga de 12TON

Tirfor

Cálculo de la fuerza necesaria para jalar la zaranda, se considera solo dos puntos para fijar el grillete:

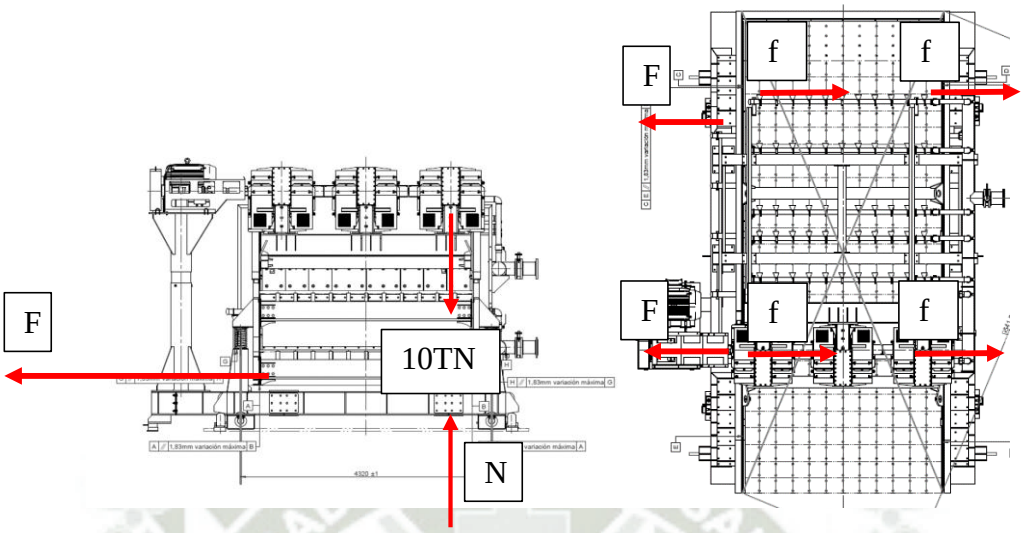


Diagrama de cuerpo libre

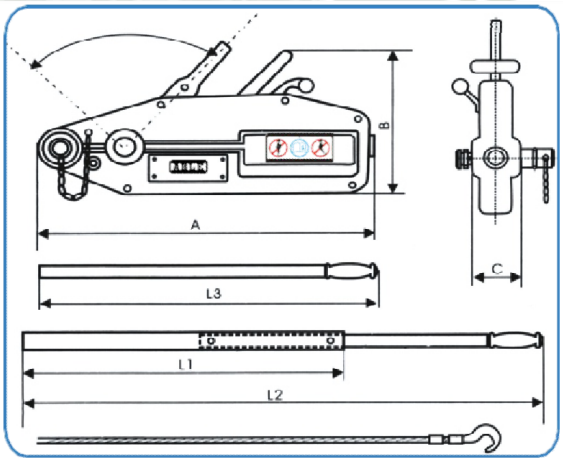
$$2F = 4f;\ f = \mu N; N = 10TN;\ \mu = 0.15$$

$$2F = 4 * \mu N = 4 * 0.15 * 10$$

$$F = 3TN$$







WRP WIRE ROPEPULLER DIMENSIONS

Product Code	WLL (Ton)	Dimensions(mm) A	B	C	L1	L2	L3
WRP-08	0.8	426	238	64	N/A	N/A	800
WRP-16	1.6	545	284	97	692	1200	N/A
WRP-32	3.2	660	325	116	692	1200	N/A
WRP-54	5.4	930	480	152	680	1120	N/A

WRP ALUMINUM WIRE ROPE PULLER SPECIFICATIONS
Conform & tested acc to EN13157+A1:2009

Product Code	Lifting Capacity (Ton)	Pulling Capacity (Ton)	Test Load (Ton)	Steel wire Rope dia. (mm)	SWR Lifting Safety Factor	SWR Breaking Strength (Ton)	SWR Travel Distance Per stroke (mm)	Safety Device	Net Weight (kg)
WRP-08-20	0.8	1.3	1.5	IWRC8.3	5 x WLL	5.43	52	Safety pins	15.7
WRP-16-20	1.6	2.8	3.0	IWRC11	5 x WLL	9.68	55	Safety pins	28.4
WRP-32-20	3.2	6.0	6.0	IWRC16	5 x WLL	17.20	28	Safety pins	55.2
WRP-54-20	5.4	10.1	10.1	IWRC20	5 x WLL	27.00	30	Safety pins	114.0

Tirfor - ABLE

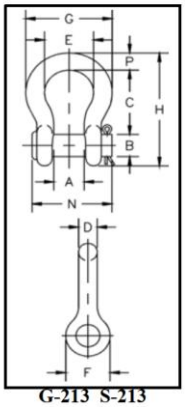
Grillete

Se usará grilletes de 4 3/4 Tn. Del catálogo Crosby, tenemos:



Grillete Crosby tipo ancla

Nota: Catalogo Grilletes Crosby.



G-213 S-213

Tamaño Nominal (plg)	Carga límite de trabajo (t) *	No.de parte		Peso c/u (lbs.)	Dimensiones (plg)										Tolerancia + / -	
		G-213	S-213		A	B	C	D	E	F	G	H	N	P	C	A
1/4	1/2	1018017	1018026	.13	.47	.31	1.13	.25	.78	.61	1.28	1.84	1.34	.25	.06	.06
5/16	3/4	1018035	1018044	.18	.53	.38	1.22	.31	.84	.75	1.47	2.09	1.59	.31	.06	.06
3/8	1	1018053	1018062	.29	.66	.44	1.44	.38	1.03	.91	1.78	2.49	1.86	.38	.13	.06
7/16	1-1/2	1018071	1018080	.38	.75	.50	1.69	.44	1.16	1.06	2.03	2.91	2.13	.44	.13	.06
1/2	2	1018099	1018106	.71	.81	.63	1.88	.50	1.31	1.19	2.31	3.28	2.38	.50	.13	.06
5/8	3-1/4	1018115	1018124	1.50	1.06	.75	2.38	.63	1.69	1.50	2.94	4.19	2.91	.69	.13	.06
3/4	4-3/4	1018133	1018142	2.32	1.25	.88	2.81	.75	2.00	1.81	3.50	4.97	3.44	.81	.25	.06
7/8	6-1/2	1018151	1018160	3.49	1.44	1.00	3.31	.88	2.28	2.09	4.03	5.83	3.81	.97	.25	.06
1	8-1/2	1018179	1018188	5.00	1.69	1.13	3.75	1.00	2.69	2.38	4.69	6.56	4.53	1.06	.25	.06
1-1/8	9-1/2	1018197	1018204	6.97	1.81	1.25	4.25	1.16	2.91	2.69	5.16	7.47	5.13	1.25	.25	.06
1-1/4	12	1018213	1018222	9.75	2.03	1.38	4.69	1.29	3.25	3.00	5.75	8.25	5.50	1.38	.25	.06
1-3/8	13-1/2	1018231	1018240	13.25	2.25	1.50	5.25	1.42	3.63	3.31	6.38	9.16	6.13	1.50	.25	.13
1-1/2	17	1018259	1018268	17.25	2.38	1.63	5.75	1.54	3.88	3.63	6.88	10.00	6.50	1.62	.25	.13
1-3/4	25	1018277	1018286	29.46	2.88	2.00	7.00	1.84	5.00	4.19	8.86	12.34	7.75	2.25	.25	.13
2	35	1018295	1018302	45.75	3.25	2.25	7.75	2.08	5.75	4.81	9.97	13.68	8.75	2.40	.25	.13

Tabla de selección de grillete

Nota: Catalogo Grilletes Crosby.

Las dimensiones relevantes son:

- Carga Límite de Trabajo: 4-3/4 Tn
- Peso de cada Grillete: 2.32 Lb (1.05 kg)
- D: 0.75 in (19.05mm)
- A: 1.25in (31.75mm)

Según las recomendaciones, el diámetro del agujero en la oreja debe ser 5 mm más grande que el diámetro del grillete o estar dentro del 90% de este último.

Comparando el diámetro de la oreja (25 mm) con el del pin (22.35 mm), se encuentra próximo al 0.9.

Gata hidráulica

Peso de Zaranda: 40Ton

Se considera 4 puntos de apoyo = 12 ton



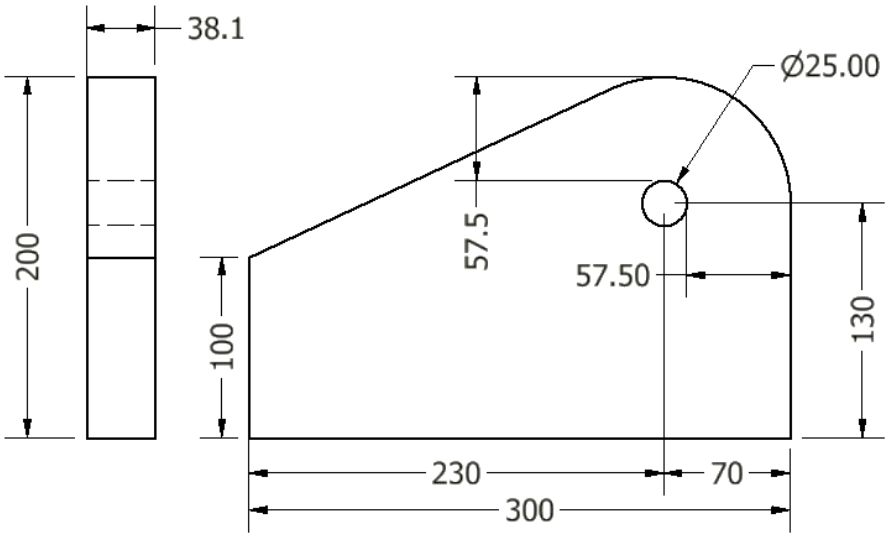
Gata hidráulica - TRUPER

- Puede utilizarse para empujar elementos en forma horizontal, cuidando que el sistema de bombeo quede hacia abajo.
- Para un óptimo funcionamiento utilice aceite hidráulico SAE-30
- Cabeza maquinada que reduce el deslizamiento de la carga
- Con dispositivo de extensión (tornillo) el cual incrementa la altura máxima Válvula de liberación

Especificaciones

- Capacidad 12 t
- Carga para descenso 25 Kg
- Altura máxima 47.5 cm
- Altura mínima 23 cm
- Peso 7.64 Kg

Dimensiones de la oreja 1



Dimensiones de la Oreja

Nota: Elaboración Propia

Materiales

-Para los perfiles estructurales será ASTM-A36

- Propiedades Mecánicas:

Resistencia del Acero a la tensión 58 Ksi (400 Mpa)

Resistencia del Acero a la fluencia 36 Ksi (250 Mpa)

Módulo de Poisson (u) 0.3

Módulo de elasticidad del acero 2 100 000 kg/cm^2

Normas y códigos

-ASME BTH-1

-ASTM American Society of Testing Materials

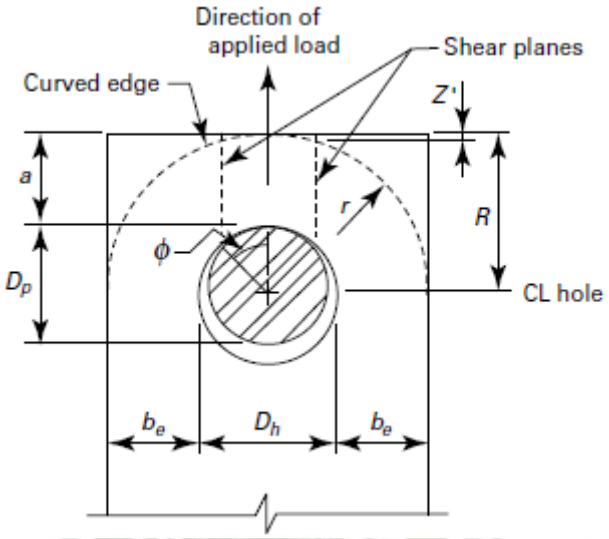
Cálculo de cargas

La carga viva el esfuerzo que aplica al realizar la extracción de la zaranda tomando en cuenta el peso de la zaranda y que el esfuerzo se divide en la cantidad de puntos de anclaje.

$$Carga\ por\ tirfor = 3000\ kg$$

Por carga de impacto se considera multiplicar por un factor de 1.25 = 3750 Kg

Parámetros de diseño de la oreja de izaje



Parámetros de diseño de oreja de izaje

Parámetros de oreja de izaje

Parámetro			
Factor de diseño	Nd	2	ad
Espesor de plancha:	t	38.1	mm
Ancho en dirección paralela a la carga:	a	61.05	mm
Diámetro del pin:	Dp	22.35	mm
Ancho en dirección perpendicular a la carga:	be	61.05	mm
Diámetro de agujero en la plancha:	Dh	25	mm
Material de la plancha:		A-36	
Esfuerzo de fluencia:	Fy	248	MPa (N/mm2)
Esfuerzo ultimo:	Fu	400	MPa (N/mm2)

Nota: Elaboración Propia

Carga admisible de tracción a través del agujero del pin

- Cálculo del ancho efectivo:

- $b_{eff1} = 61.05mm$
- $b_{eff2} = 4 * t = 4 * 38.1 = 152.4\ mm$
- $b_{eff3} = b_e 0.6 \frac{F_u}{F_y} \sqrt{\frac{D_h}{b_e}} = 41.42\ mm$
- $b_{eff} = \min\{b_{eff1}, b_{eff2}, b_{eff3}\} = 37.81\ mm$

Cálculo del factor C_r:

$$\frac{D_p}{D_h} > 0.9\ , \frac{50}{51} = 0.894\ mm \quad C_r = 1$$

Carga admisible de tracción:

$$P_t = C_r \frac{F_u}{1.20 N_d} 2 t b_{eff} = 480.15\ kN\ <> 48\ Tn$$

Carga admisible en un plano de corte a través del agujero del pin

$$P_b = C_r \frac{F_u}{1.20 N_d} \left[1.13 \left(R - \frac{D_h}{2} \right) + \frac{0.92 b_e}{1 + \frac{b_e}{D_h}} \right] t = 541.68\ kN <> 54.17\ Tnf$$

Carga admisible en dos planos de corte a los lados del agujero del pin

- Área total de los planos cortantes

$$\emptyset = 55 \frac{D_p}{D_h} = 49.17°$$

$$A_v = 2[a + \frac{D_p}{2}(1 - \cos \emptyset)]\, t = 4946.79\ mm^2$$

Carga admisible:

$$P_v = \frac{0.70 F_u}{1.20 N_d} A_v = 577.12\ kN\ <> 57.7\ Tnf$$

Carga de contacto (bearing)

- Área proyectada del pin:

$$A_p = t * D_p = 851.53\ mm^2$$

- Esfuerzo de contacto:

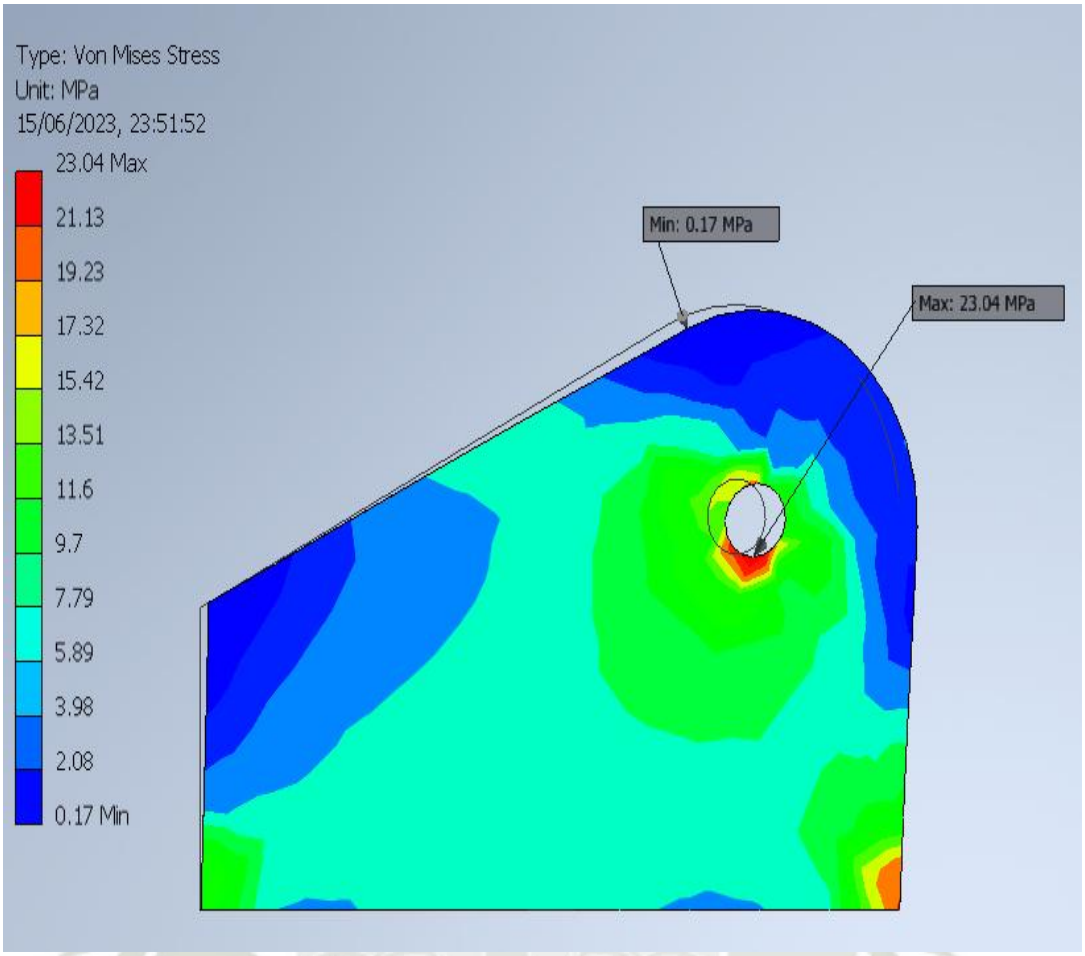
$$F_p = \frac{1.25 F_y}{N_d} = 155\ MPa$$

- $Carga\ de\ contacto = 132\ kN\ <> 13.2\ Tnf$

$$Carga\ permisible = \min\{P_t, P_b, P_v, Carga\ de\ contacto\} = 13.2\ Tnf$$

$$Carga\ de\ izaje = 4 Tnf < 13.2\ Tnf\ (OK)$$

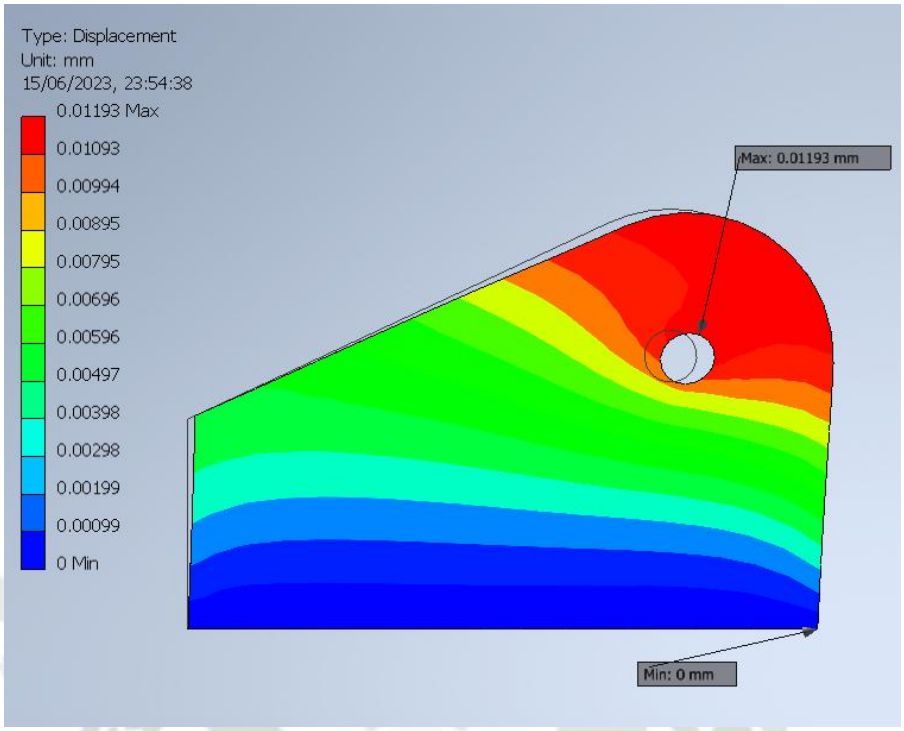
Comprobación Según software Inventor



Resultados del estudio tensiones

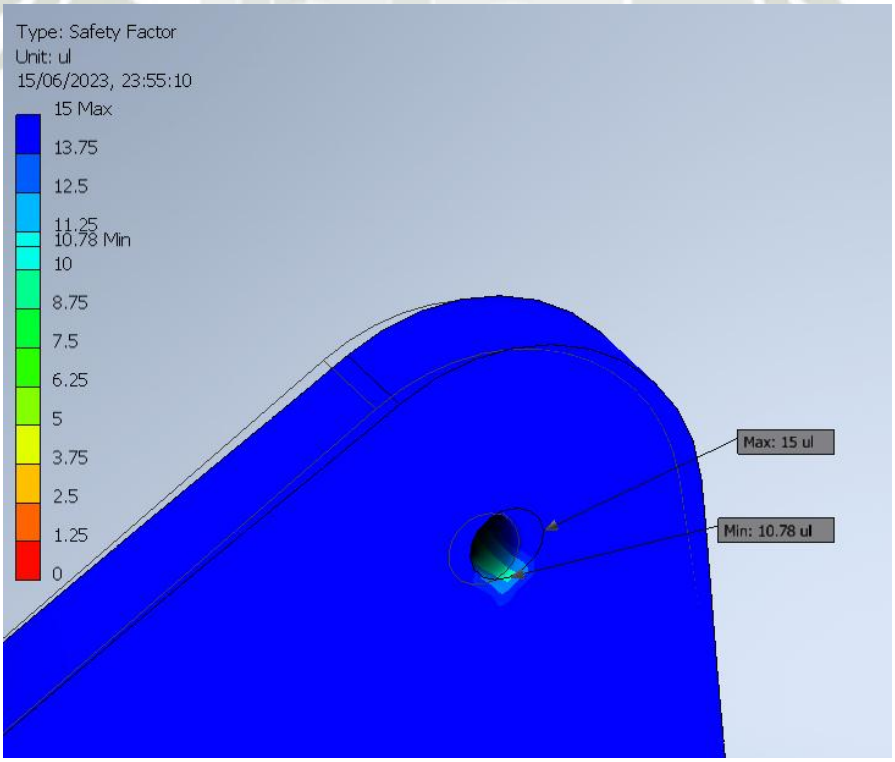
Nota: Elaboración Propia

Según el estudio realizado podemos observar que el máximo esfuerzo en la oreja es de 23.04 N/mm2 (MPa) sometido a una fuerza de 3750 kg



Análisis de deformación

Nota: Elaboración Propia



Análisis de factor de seguridad

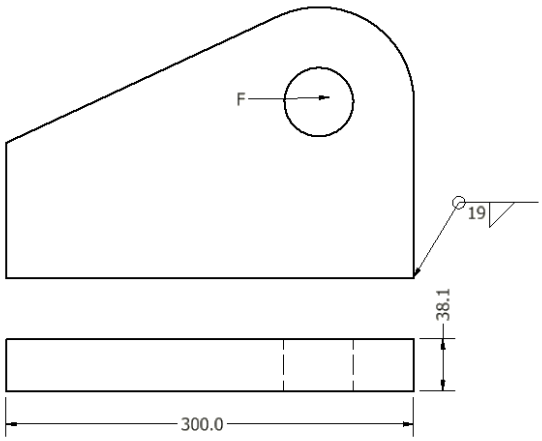
Nota: Elaboración Propia

Se observa que el factor de seguridad mínimo en el punto de anclaje al ser sometido a la carga es de 1.91

$$FS = \frac{esfuerzo\ de\ fluencia\ \ ASTM\ A36\ acero}{esfuerzo\ max.\ de\ estructura} = \frac{Sy}{Sdis} = \frac{250}{23.04} = 10.78$$

Cálculo de soldadura de punto de anclaje

1.- Longitud de soldadura de 67.62 cm



Longitud de soldadura

Nota: Elaboración Propia

2.-Esfuerzo de corte (Tw) respecto a w

$$Tw = \frac{F}{2LW} = \frac{3750\ kg}{2x67.62cmx1.9cm} = 14.6\ Kg/cm2$$

W = tamaño del cordón de soldadura (1.9cm)

L= longitud del cordón

F= cargas longitudinales; cuando la línea de acción de la carga es paralela al cordón de soldadura.

3.-Esfuerzo de corte máximo

$$Tmáx = \frac{Tw}{cos\ 45°} = 20.6\ Kg/cm2$$

4.- Cálculo de Esfuerzo permisible (Ss) del cordón de soldadura al corte

Según el ASME BTH-1 para calcular el esfuerzo permisible

$$Ss = \frac{0.60 \times Su}{1.2 \times Nd}$$

- Donde:
- Nd = Factor nominal de diseño según la categoría de izaje, para este caso = 2
- Su = 70 Ksi = 4920 Kg/cm^2 (electrodo E70xx) Esfuerzo de rotura del material

$$Ss = 1230 \frac{kgf}{cm^2}$$

5.-Cálculo de esfuerzo permisible (Sw) en cordón de soldadura de filete requeridos al lado w.

$$S\,w = Ss * Cos\,45° = 0.2121\,Su = 0.2121x1230\,\frac{kg}{cm2} = 260.88\,kg/cm2$$

Tmáx < Sw

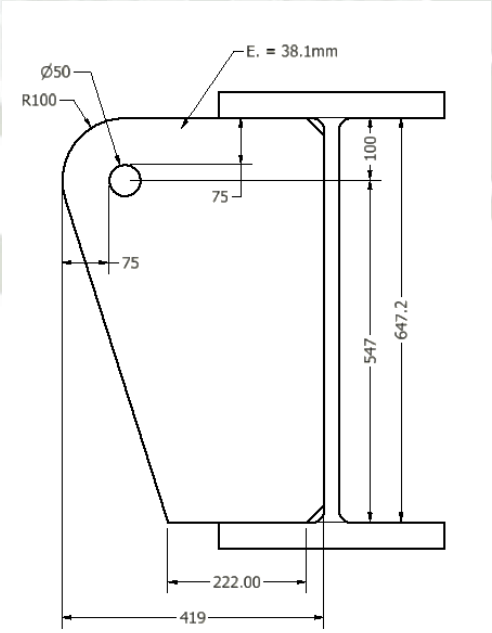
20.6 kg/cm2 < 260.88 Kg/cm2

FS = 12.6

Se recomienda usar soldadura de filete de cateto 19 mm.

Dimensiones de la oreja 2

La oreja número 2, es existente ya que forma parte de la base de zaranda; sin embargo, se considera necesario evaluar la resistencia del material para la función que cumplirá.



Dimensiones de la Oreja

Nota: Elaboración Propia

Materiales

-Para los perfiles estructurales será ASTM-A36

- Propiedades Mecánicas:

Resistencia del Acero a la tensión 58 Ksi (400 MPa)

Resistencia del Acero a la fluencia 36 Ksi (250 MPa)

Módulo de Poisson (u) 0.3

Módulo de elasticidad del acero 2 100 000 kg/cm^2

Normas y códigos

-ASME BTH-1

-ASTM American Society of Testing Materials

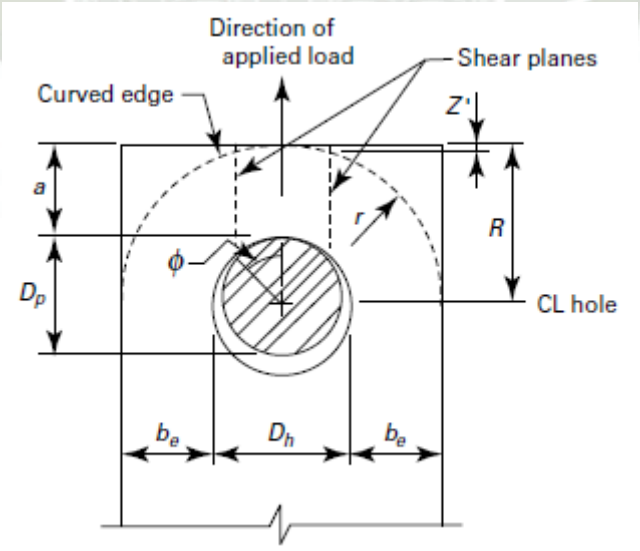
Cálculo de cargas

La carga viva el esfuerzo que aplica al realizar la extracción de la zaranda tomando en cuenta el peso de la zaranda y que el esfuerzo se divide en la cantidad de puntos factor de

$$Carga\ por\ Oreja = 3000\ Kg$$

Por carga de impacto se considera multiplicar por un factor de 1.25 = 3750 Kg

Parámetros de diseño de la oreja de izaje



Parámetros de diseño de oreja de izaje

Parámetros

Parámetro

Factor de diseño	Nd	2	ad
Espesor de plancha:	t	38.1	mm
Ancho en dirección paralela a la carga:	a	75	mm
Diámetro del pin:	Dp	44.45	mm
Ancho en dirección perpendicular a la carga:	be	75	mm
Diámetro de agujero en la plancha:	Dh	50	mm
Material de la plancha:		A-36	
Esfuerzo de fluencia:	Fy	248	MPa (N/mm2)
Esfuerzo ultimo:	Fu	400	MPa (N/mm2)

Nota : Elaboración Propia

Carga admisible de tracción a través del agujero del pin

- Cálculo del ancho efectivo:

- $b_{eff1} = 75mm$
- $b_{eff2} = 4 * t = 4 * 38.1 = 152.4\ mm$
- $b_{eff3} = b_e 0.6 \frac{F_u}{F_y} \sqrt{\frac{D_h}{b_e}} = 59.26\ mm$
- $b_{eff} = \min\{b_{eff1}, b_{eff2}, b_{eff3}\} = 59.26\ mm$

Cálculo del factor C_r:

$$\frac{D_p}{D_h} > 0.9\ , \frac{50}{51} = 0.889\ mm \quad C_r = 1$$

Carga admisible de tracción:

$$P_t = C_r \frac{F_u}{1.20 N_d} 2 t b_{eff} = 752.62\ kN\ <> 75.26\ Tn$$

Carga admisible en un plano de corte a través del agujero del pin

$$P_b = C_r \frac{F_u}{1.20 N_d} \left[1.13 \left(R - \frac{D_h}{2} \right) + \frac{0.92 b_e}{1 + \frac{b_e}{D_h}} \right] t = 713.42\ kN <> 71.34\ Tnf$$

Carga admisible en dos planos de corte a los lados del agujero del pin

- Área total de los planos cortantes

$$\emptyset = 55 \frac{D_p}{D_h} = 48.9°$$

$$A_v = 2[a + \frac{D_p}{2}(1 - \cos \emptyset)]\, t = 6295.14\ mm^2$$

Carga admisible:

$$P_v = \frac{0.70F_u}{1.20N_d} A_v = 734.43\ kN\ <>\ 73.44\ Tnf$$

Carga de contacto (bearing)

- Área proyectada del pin:

$$A_p = t * D_p = 1693.54\ mm^2$$

- Esfuerzo de contacto:

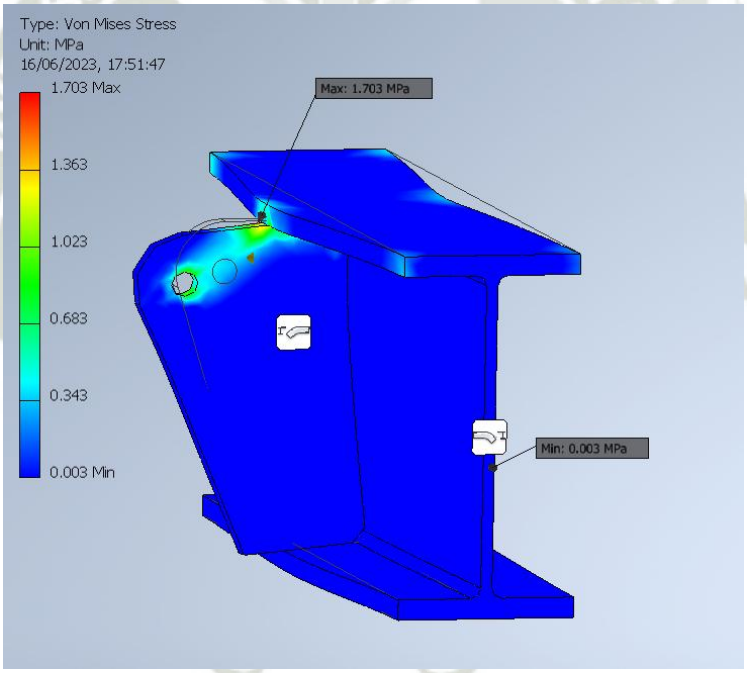
$$F_p = \frac{1.25F_y}{N_d} = 155.13\ MPa$$

- $Carga\ de\ contacto = 262.49\ kN\ <>\ 26.24\ Tnf$

$$Carga\ permisible = \min\{P_t, P_b, P_v, Carga\ de\ contacto\} = 26.24\ Tnf$$

$$Carga\ de\ izaje = 3.75Tnf < 26.24\ Tnf\ (OK)$$

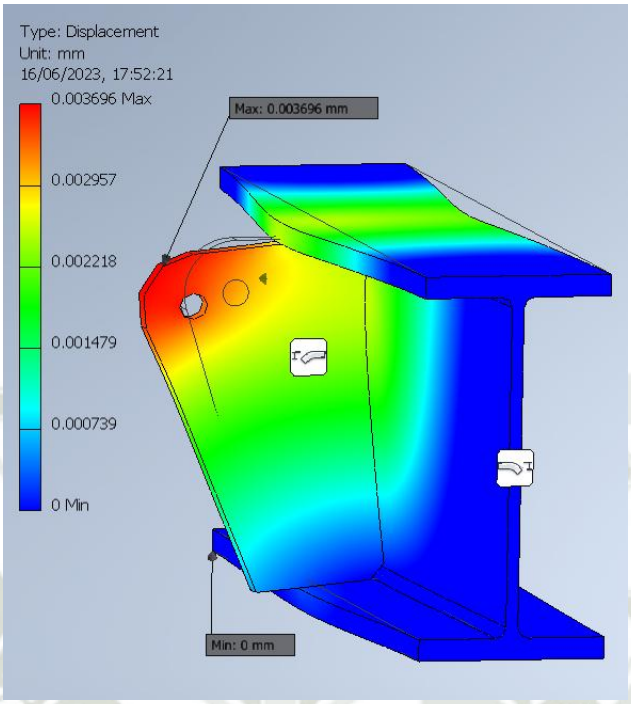
Comprobación Según software Inventor



Resultados del estudio tensiones

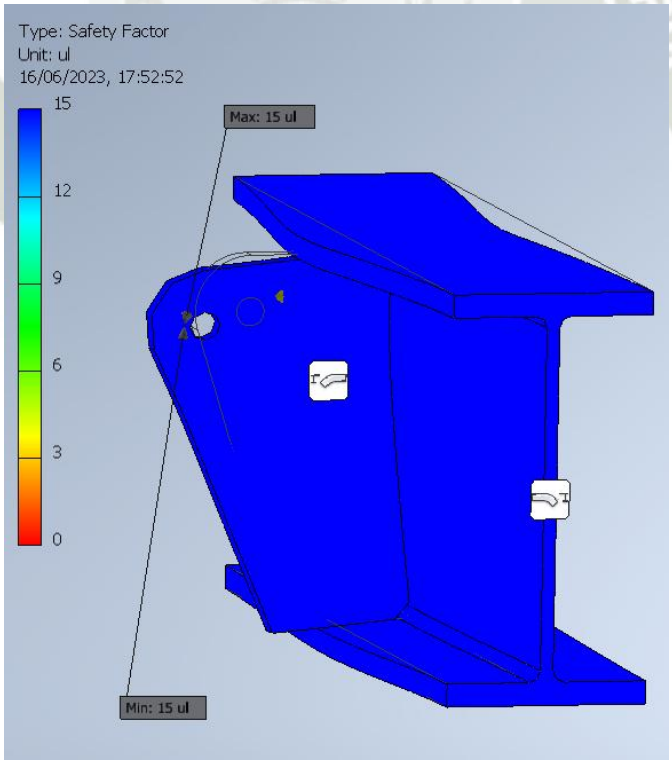
Nota: Elaboración Propia

Según el estudio realizado podemos observar que el máximo esfuerzo en la oreja es de 1.7 N/mm2 (MPa) sometido a una fuerza de 3750 kg



Análisis de deformación

Nota: Elaboración Propia



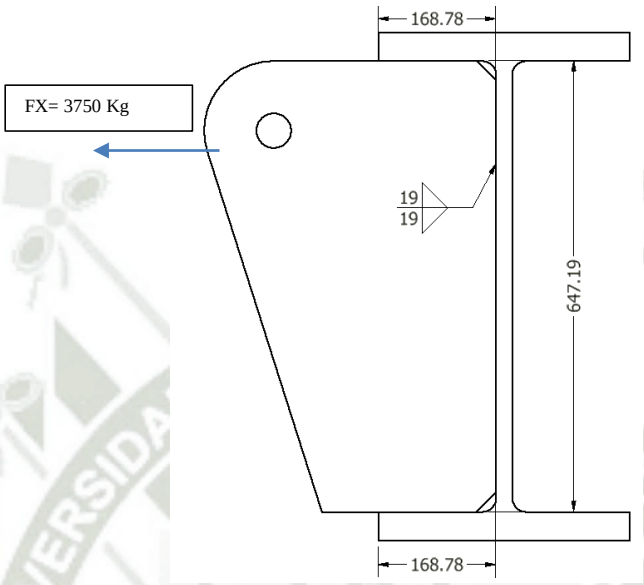
Análisis de factor de seguridad

Nota: Elaboración Propia

Se observa que el factor de seguridad mínimo en el punto de anclaje al ser sometido a la carga es de 147

$$FS = \frac{esfuerzo\ de\ fluencia\ \ ASTM\ A36\ acero}{esfuerzo\ max.\ de\ estructura} = \frac{Sy}{Sdis} = \frac{250}{1.7} = 147$$

Cálculo de soldadura de punto de anclaje



Longitud de soldadura

Nota: Elaboración Propia

Longitud de soldadura: 128 cm

2.-Esfuerzo de corte (Tw) respecto a w

$$Tw = \frac{F}{2LW} = \frac{3750\ kg}{2x128cmx1.9cm} = 7.7\ Kg/cm2$$

W = tamaño del cordón de soldadura (1.9cm)

L= longitud del cordón

F= cargas longitudinales; cuando la línea de acción de la carga es paralela al cordón de soldadura.

3.-Esfuerzo de corte máximo

$$Tmáx = \frac{Tw}{cos\ 45°} = 10.89\ Kg/cm2$$

4.- Cálculo de Esfuerzo permisible (Ss) del cordón de soldadura al corte

Según el ASME BTH-1 para calcular el esfuerzo permisible

$$Ss = \frac{0.60 \times Su}{1.2 \times Nd}$$

- Donde:
- Nd = Factor nominal de diseño según la categoría de izaje, para este caso = 2
- Su = 70 Ksi = 4920 Kg/cm^2 (electrodo E70xx) Esfuerzo de rotura del material

$$Ss = 1230 \frac{kgf}{cm^2}$$

5.-Cálculo de esfuerzo permisible (Sw) en cordón de soldadura de filete requeridos al lado w.

$$S\,w = Ss * Cos\,45° = 0.2121\,Su = 0.2121x1230 \frac{kg}{cm2} = 260.88\,kg/cm2$$

Tmáx < Sw

10.88 kg/cm2 < 260.88 Kg/cm2

FS = 23.89

El cateto utilizado es de 19mm, por lo que se encuentra dentro de lo que se necesita para la carga que va a ejecutar.

Dimensionamiento de riel guía

-Para el riel estructural será de ASTM-A36

- Propiedades Mecánicas:

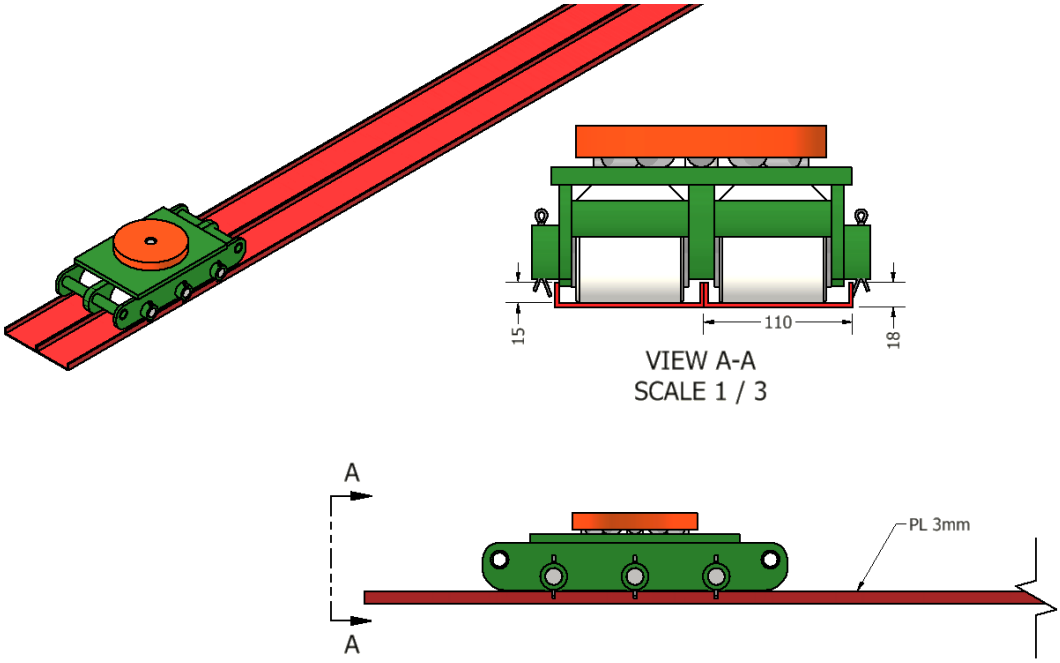
Resistencia del Acero a la tensión 58 Ksi (400 Mpa)

Resistencia del Acero a la fluencia 36 Ksi (250 Mpa)

Módulo de Poisson (u) 0.3

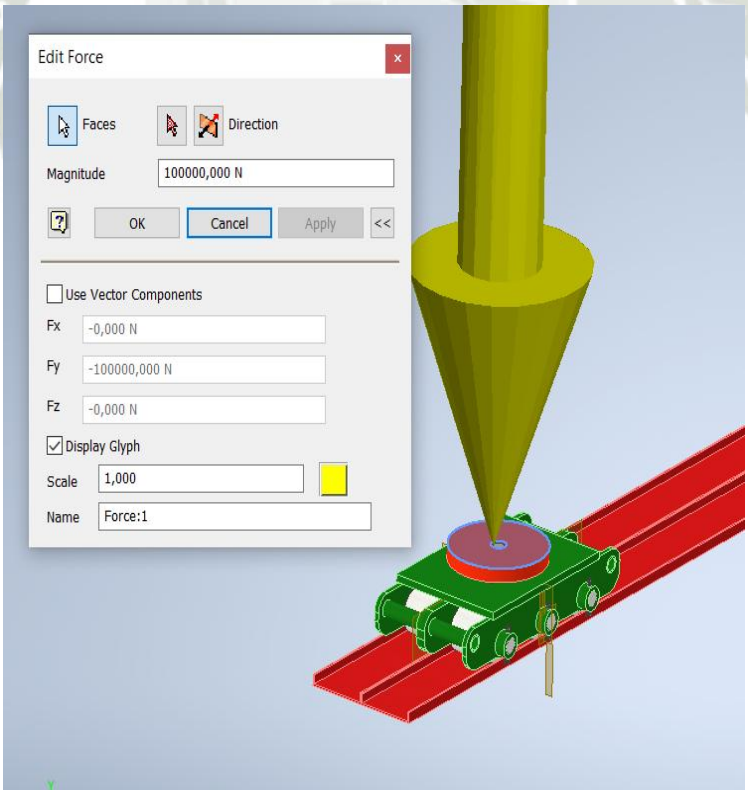
Módulo de elasticidad del acero 2 100 000 kg/cm^2

Cada tortuga de carga estará sometida a 10Tn de carga, y estará apoyado en toda la base.



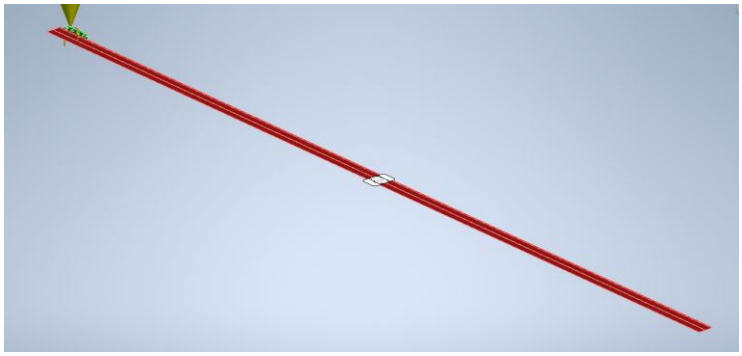
Vistas generales de Riel

Nota: Elaboración Propia



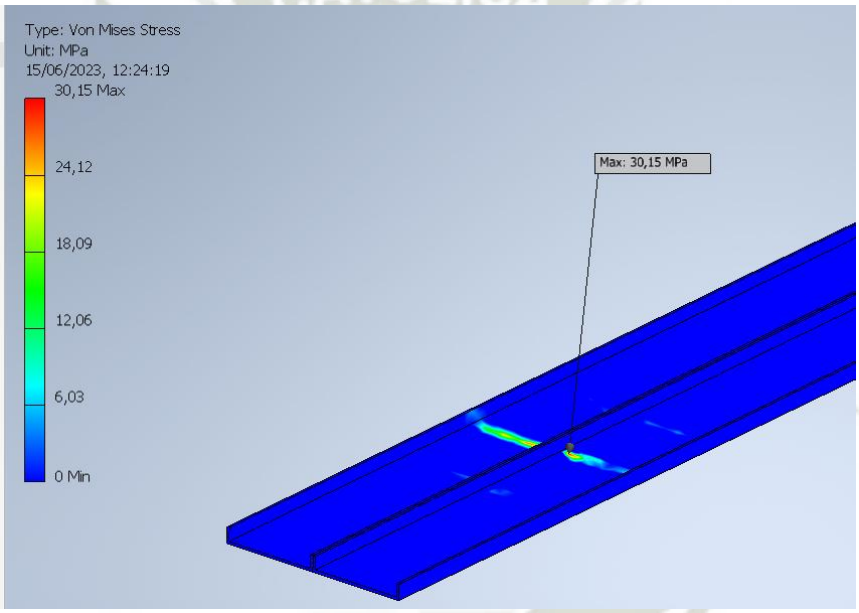
Asignación de carga

Nota: Elaboración Propia



Asignación de punto de restricción

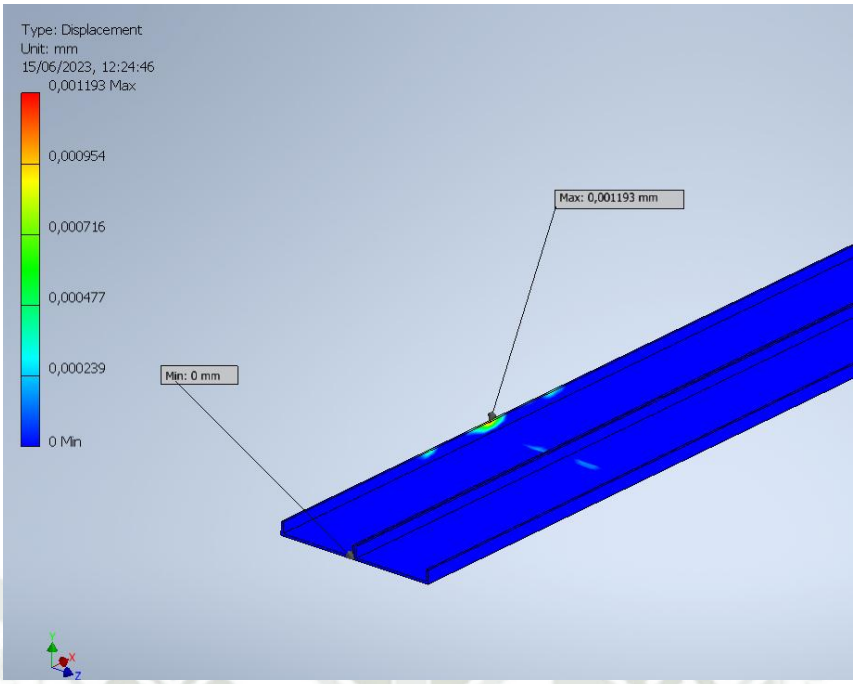
Nota: Elaboración Propia



Resultados del estudio tensiones

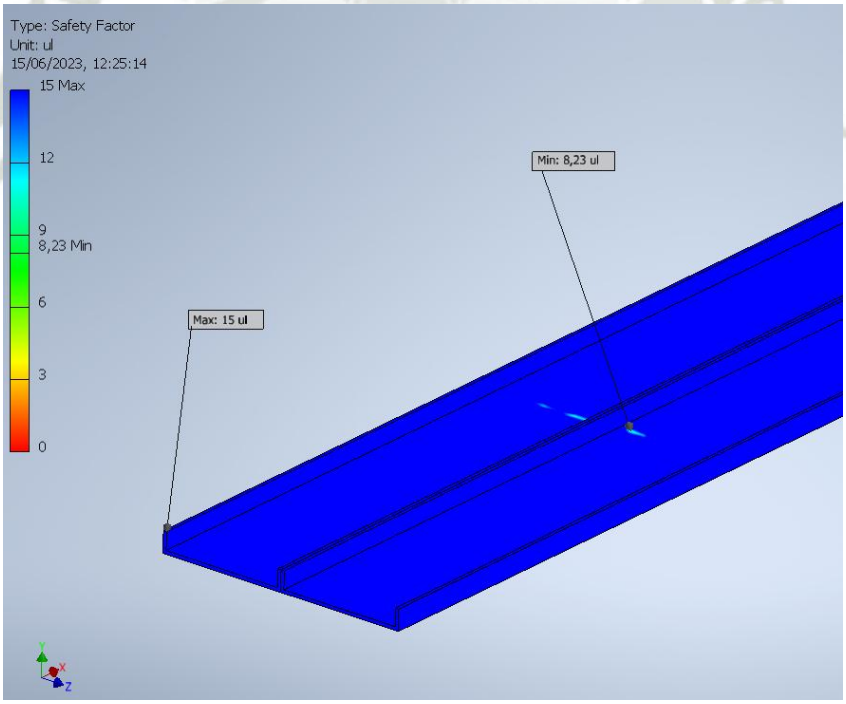
Nota: Elaboración Propia

Según el estudio realizado podemos observar que el máximo esfuerzo en el riel es de 30.15 N/mm2 (MPa) sometido a una fuerza de 10 000 kg



Análisis de deformación

Nota: Elaboración Propia



Factor de seguridad

Nota: Elaboración Propia

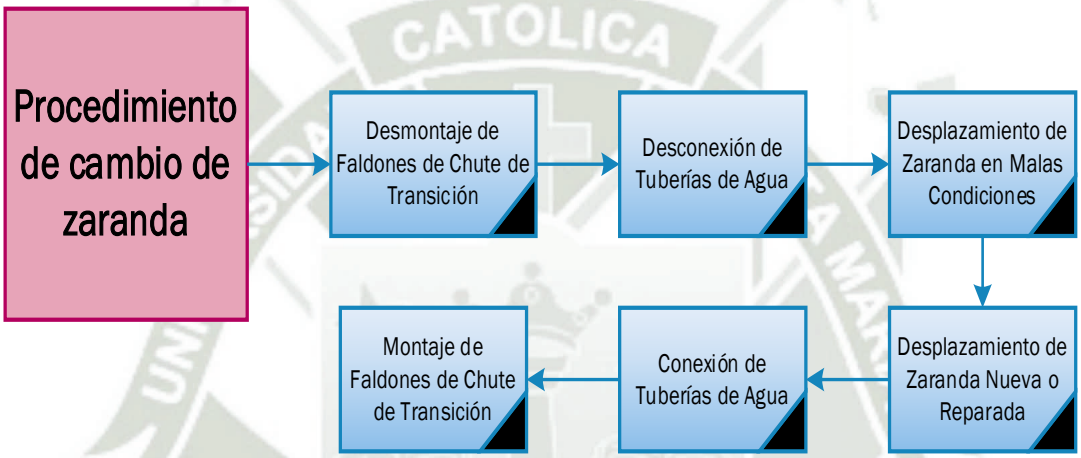
El riel estará trabajando con un factor de seguridad de 8.33

Anexo N° 5
Nuevo procedimiento de cambio de zarandas

Procedimiento de Cambio de Zaranda

El procedimiento establece los pasos a seguir para las actividades relacionadas con el CAMBIO DE ZARANDA de Descarga de Molinos SAG y es aplicable, de forma obligatoria, a todo el personal de mantenimiento que participe en dicha labor.

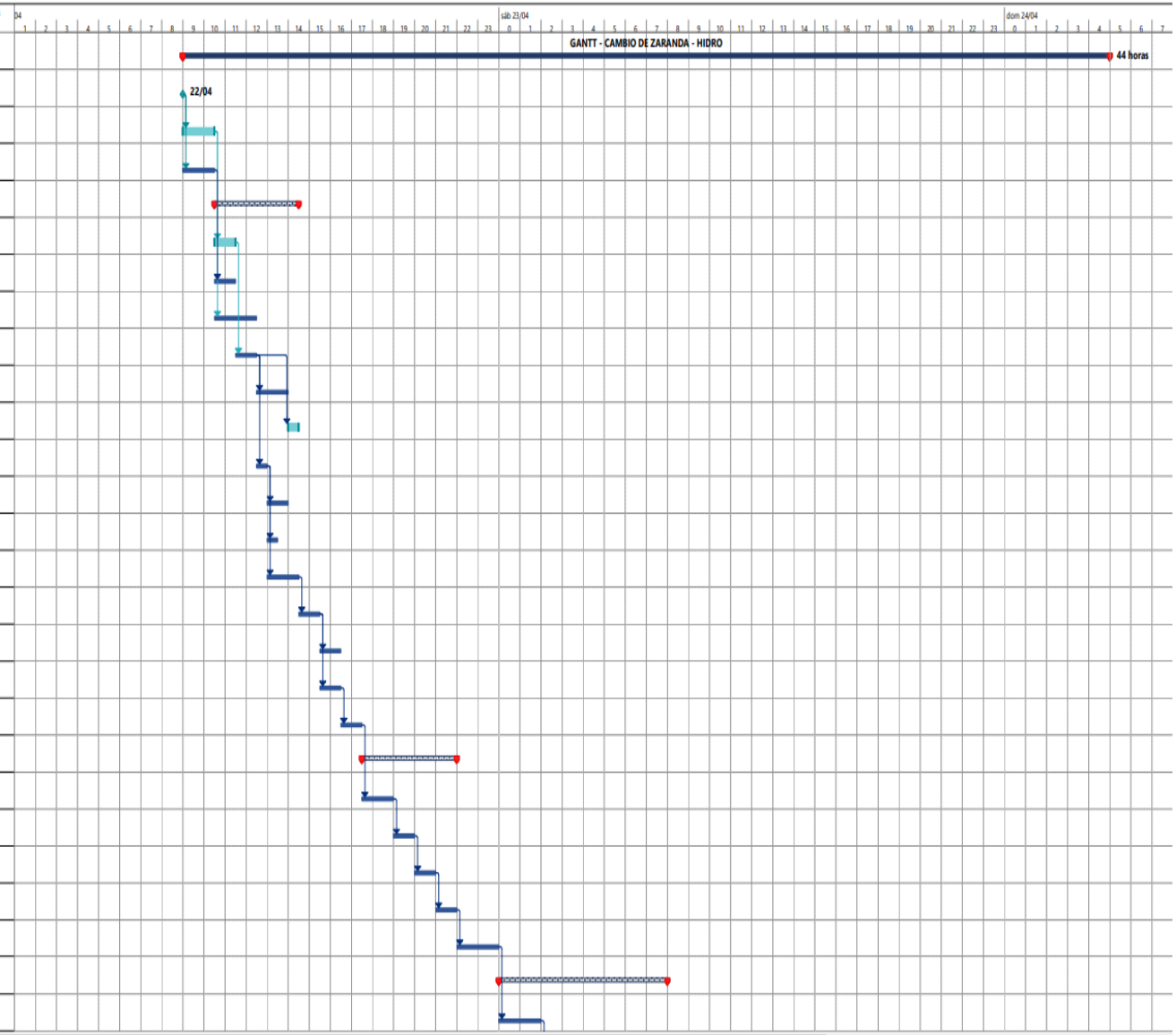
Las actividades desarrolladas en este procedimiento son:



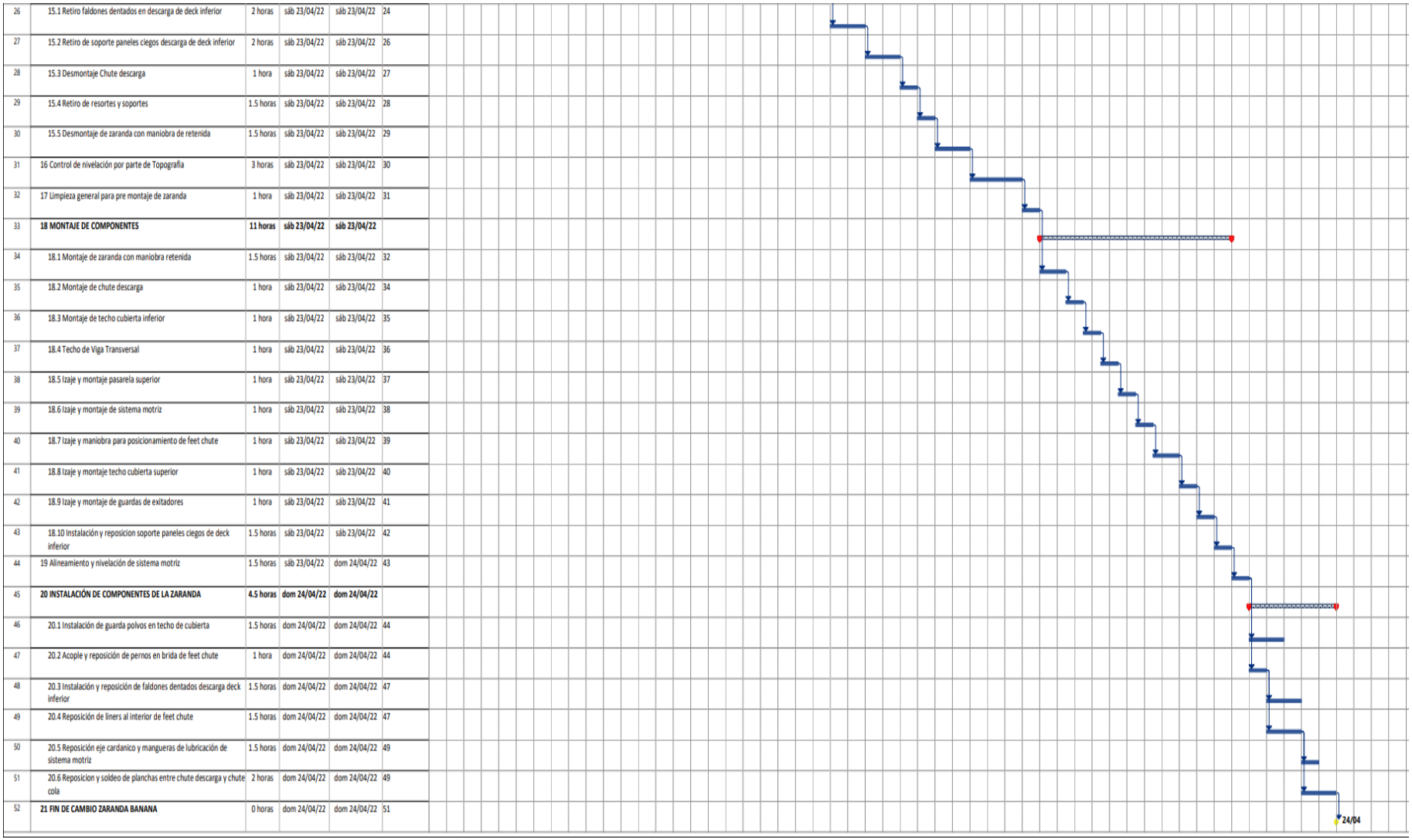
Cambio de zaranda

Nota: Elaboración propia

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
0	**GANTT - CAMBIO DE ZARANDA - HIDRO**	**44 horas**	**vie 22/04/22**	**dom 24/04/22**	
1	1 Bloqueo de Equipo (Zaranda)	0 horas	vie 22/04/22	vie 22/04/22	
2	2 Retiro de planchas y placas adyacentes a feet chute	1.5 horas	vie 22/04/22	vie 22/04/22	1
3	3 Armado andamios para retiro de soportes de techo cubierta	1.5 horas	vie 22/04/22	vie 22/04/22	1
4	**4 DESMONTAJE DE CUBIERTA INFERIOR**	**4 horas**	**vie 22/04/22**	**vie 22/04/22**	
5	4.1 Retiro de linners traslapados en feet chute	1 hora	vie 22/04/22	vie 22/04/22	2
6	4.2 Retiro de guarda polvos en Zaranda	1 hora	vie 22/04/22	vie 22/04/22	3
7	4.3 Armado de andamios voladizo retiro de vigas	2 horas	vie 22/04/22	vie 22/04/22	2
8	4.4 Retiro de pernos para desacople de feet chute	1 hora	vie 22/04/22	vie 22/04/22	5
9	4.5 Retiro de guardapolvos y soportes techo cobertura inferior	1.5 horas	**vie 22/04/22**	**vie 22/04/22**	8
10	4.6 Desmontaje Techo cobertura inferior	0.5 horas	vie 22/04/22	vie 22/04/22	8
11	5 Maniobras para descanso de feet chute para izaje	0.5 horas	vie 22/04/22	vie 22/04/22	8
12	6 Retiro guardas exitadores	1 hora	vie 22/04/22	vie 22/04/22	11
13	7 Izaje desmontaje feet chute	0.5 horas	vie 22/04/22	vie 22/04/22	11
14	8 Desacople eje cardanico Sistema motriz y mangueras de lubricación	1.5 horas	vie 22/04/22	vie 22/04/22	11
15	9 Medición offset de Sistema motriz (Topografía)	1 hora	vie 22/04/22	vie 22/04/22	14
16	10 Retiro pernos base de pasarela superior de Zaranda	1 hora	vie 22/04/22	vie 22/04/22	15
17	11 Retiro tuberia alimentación de grasa a zaranda	1 hora	vie 22/04/22	vie 22/04/22	15
18	12 Desacople motor electrico (sistema Motriz) electrico	1 hora	vie 22/04/22	vie 22/04/22	17
19	**13 DESMONTAJE DE COMPONENTES**	**4 horas**	**vie 22/04/22**	**vie 22/04/22**	
20	13.1 Desmontaje de furelaje de sistema motriz	1.5 horas	vie 22/04/22	vie 22/04/22	18
21	13.2 Desmontaje de pasarela superior	0.75 horas	vie 22/04/22	vie 22/04/22	20
22	13.3 Desmontaje de Viga transversal	0.75 horas	vie 22/04/22	vie 22/04/22	21
23	13.4 Desmontaje de cubierta techo inferior	1 hora	vie 22/04/22	vie 22/04/22	22
24	14 Corte planchas y placas soldador entre chute descarga y chute de cola	2.5 horas	vie 22/04/22	sáb 23/04/22	23
25	**15 DESMONTAJE DE ZARANDA**	**8 horas**	**sáb 23/04/22**	**sáb 23/04/22**	
26	15.1 Retiro faldones dentados en descarga de deck inferior	2 horas	sáb 23/04/22	sáb 23/04/22	24



26	15.1 Retiro faldones dentados en descarga de deck inferior	2 horas	sáb 23/04/22	sáb 23/04/22	24
27	15.2 Retiro de soporte paneles ciegos descarga de deck inferior	2 horas	sáb 23/04/22	sáb 23/04/22	26
28	15.3 Desmontaje Chute descarga	1 hora	sáb 23/04/22	sáb 23/04/22	27
29	15.4 Retiro de resortes y soportes	1.5 horas	sáb 23/04/22	sáb 23/04/22	28
30	15.5 Desmontaje de zaranda con maniobra de retenida	1.5 horas	sáb 23/04/22	sáb 23/04/22	29
31	16 Control de nivelación por parte de Topografía	3 horas	sáb 23/04/22	sáb 23/04/22	30
32	17 Limpieza general para pre montaje de zaranda	1 hora	sáb 23/04/22	sáb 23/04/22	31
33	**18 MONTAJE DE COMPONENTES**	**11 horas**	**sáb 23/04/22**	**sáb 23/04/22**	
34	18.1 Montaje de zaranda con maniobra retenida	1.5 horas	sáb 23/04/22	sáb 23/04/22	32
35	18.2 Montaje de chute descarga	1 hora	sáb 23/04/22	sáb 23/04/22	34
36	18.3 Montaje de techo cubierta inferior	1 hora	sáb 23/04/22	sáb 23/04/22	35
37	18.4 Techo de Viga Transversal	1 hora	sáb 23/04/22	sáb 23/04/22	36
38	18.5 Izaje y montaje pasarela superior	1 hora	sáb 23/04/22	sáb 23/04/22	37
39	18.6 Izaje y montaje de sistema motriz	1 hora	sáb 23/04/22	sáb 23/04/22	38
40	18.7 Izaje y maniobra para posicionamiento de feet chute	1 hora	sáb 23/04/22	sáb 23/04/22	39
41	18.8 Izaje y montaje techo cubierta superior	1 hora	sáb 23/04/22	sáb 23/04/22	40
42	18.9 Izaje y montaje de guardas de exitadores	1 hora	sáb 23/04/22	sáb 23/04/22	41
43	18.10 Instalación y reposicion soporte paneles ciegos de deck inferior	1.5 horas	sáb 23/04/22	sáb 23/04/22	42
44	19 Alineamiento y nivelación de sistema motriz	1.5 horas	sáb 23/04/22	dom 24/04/22	43
45	**20 INSTALACIÓN DE COMPONENTES DE LA ZARANDA**	**4.5 horas**	**dom 24/04/22**	**dom 24/04/22**	
46	20.1 Instalación de guarda polvos en techo de cubierta	1.5 horas	dom 24/04/22	dom 24/04/22	44
47	20.2 Acople y reposición de pernos en brida de feet chute	1 hora	dom 24/04/22	dom 24/04/22	44
48	20.3 Instalación y reposición de faldones dentados descarga deck inferior	1.5 horas	dom 24/04/22	dom 24/04/22	47
49	20.4 Reposición de liners al interior de feet chute	1.5 horas	dom 24/04/22	dom 24/04/22	47
50	20.5 Reposición eje cardanico y mangueras de lubricación de sistema motriz	1.5 horas	dom 24/04/22	dom 24/04/22	49
51	20.6 Reposicion y soldeo de planchas entre chute descarga y chute cola	2 horas	dom 24/04/22	dom 24/04/22	49
52	**21 FIN DE CAMBIO ZARANDA BANANA**	0 horas	dom 24/04/22	dom 24/04/22	51



Gantt de cambio de zaranda

Cronograma de actividades de cambio de zaranda

Nombre de tarea	Duración
GANTT - CAMBIO DE ZARANDA - HIDRO	44 horas
1 Bloqueo de Equipo (Zaranda)	0 horas
2 Retiro de planchas y placas adyacentes a feet chute	1.5 horas
3 Armado andamios para retiro de soportes de techo cubierta	1.5 horas
4 DESMONTAJE DE CUBIERTA INFERIOR	4 horas
4.1 Retiro de linners traslapados en feet chute	1 hora
4.2 Retiro de guarda polvos en Zaranda	1 hora
4.3 Armado de andamios voladizo retiro de vigas	2 horas
4.4 Retiro de pernos para desacople de feet chute	1 hora
4.5 Retiro de guardapolvos y soportes techo cobertura inferior	1.5 horas
4.6 Desmontaje Techo cobertura inferior	0.5 horas
5 Maniobras para descanso de feet chute para izaje	0.5 horas
6 Retiro guardas excitadores	1 hora
7 Izaje desmontaje feet chute	0.5 horas
8 Desacople eje cardanico Sistema motriz y mangueras de lubricación	1.5 horas
9 Medición offset de Sistema motriz (Topografía)	1 hora
10 Retiro pernos base de pasarela superior de Zaranda	1 hora
11 Retiro tubería alimentación de grasa a zaranda	1 hora
12 Desacople motor eléctrico (sistema Motriz) eléctrico	1 hora
13 DESMONTAJE DE COMPONENTES	4 horas
13.1 Desmontaje de furelaje de sistema motriz	1.5 horas
13.2 Desmontaje de pasarela superior	0.75 horas
13.3 Desmontaje de Viga transversal	0.75 horas
13.4 Desmontaje de cubierta techo inferior	1 hora
14 Corte planchas y placas soldador entre chute descarga y chute de cola	2.5 horas
15 DESMONTAJE DE ZARANDA	8 horas
15.1 Retiro faldones dentados en descarga de deck inferior	2 horas
15.2 Retiro de soporte paneles ciegos descarga de deck inferior	2 horas
15.3 Desmontaje Chute descarga	1 hora
15.4 Retiro de resortes y soportes	1.5 horas
15.5 Desmontaje de zaranda con maniobra de retenida	1.5 horas
16 Control de nivelación por parte de Topografía	3 horas
17 Limpieza general para pre montaje de zaranda	1 hora
18 MONTAJE DE COMPONENTES	11 horas
18.1 Montaje de zaranda con maniobra retenida	1.5 horas
18.2 Montaje de chute descarga	1 hora
18.3 Montaje de techo cubierta inferior	1 hora
18.4 Techo de Viga Transversal	1 hora
18.5 Izaje y montaje pasarela superior	1 hora
18.6 Izaje y montaje de sistema motriz	1 hora
18.7 Izaje y maniobra para posicionamiento de feet chute	1 hora
18.8 Izaje y montaje techo cubierta superior	1 hora
18.9 Izaje y montaje de guardas de excitadores	1 hora
18.10 Instalación y reposición soporte paneles ciegos de deck inferior	1.5 horas
19 Alineamiento y nivelación de sistema motriz	1.5 horas
20 INSTALACIÓN DE COMPONENTES DE LA ZARANDA	4.5 horas

20.1 Instalación de guarda polvos en techo de cubierta	1.5 horas
20.2 Acople y reposición de pernos en brida de feet chute	1 hora
20.3 Instalación y reposición de faldones dentados descarga deck inferior	1.5 horas
20.4 Reposición de liners al interior de feet chute	1.5 horas
20.5 Reposición eje cardanico y mangueras de lubricación de sistema motriz	1.5 horas
20.6 Reposición y soldeo de planchas entre chute descarga y chute cola	2 horas
21 FIN DE CAMBIO ZARANDA	0 horas

Roles y responsabilidades del personal

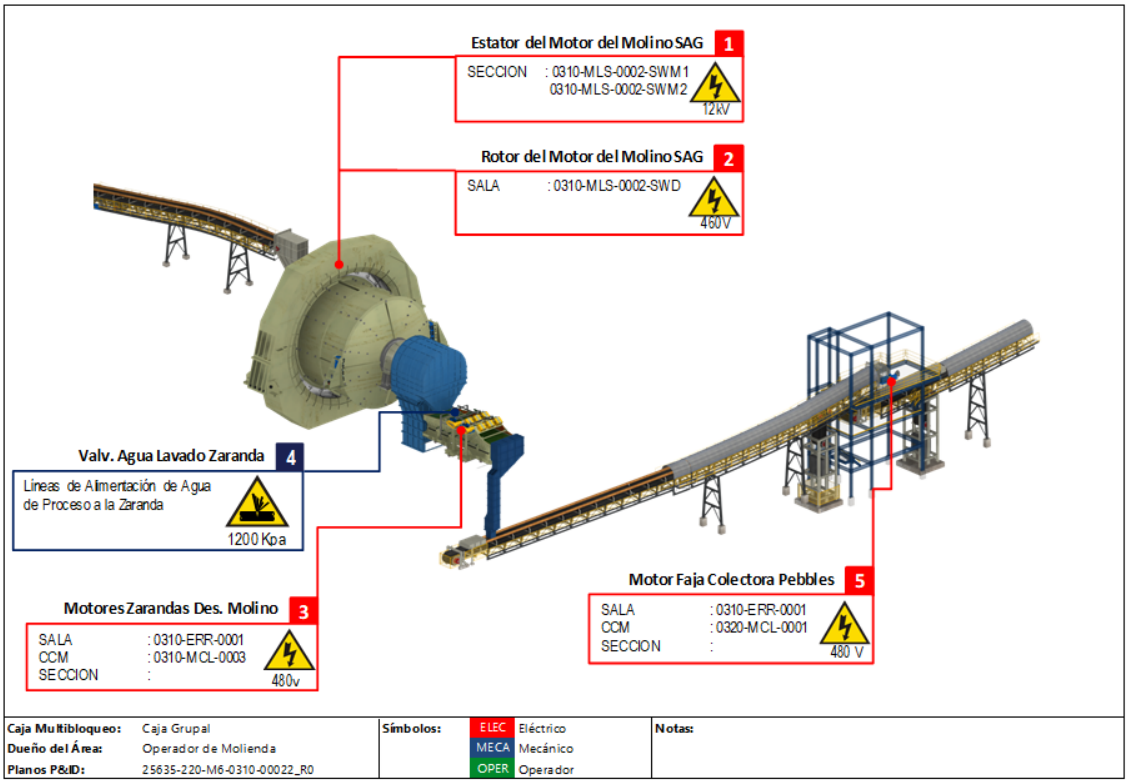
Roles y responsabilidades en operación

Roles y responsabilidades		**Requerimiento de personal**		
		Ítem	Cantidad	Perfil
Superintendente de Mantenimiento	• Establece las pautas de mantenimiento y que éste se realice de acuerdo a los procedimientos vigentes.			
Supervisor Senior de Mantenimiento Chancado y Molienda	• Responsable de entregar el presente PET a todo el personal involucrado con dicho trabajo. • Garantizar la difusión, comprensión y evaluar el entendimiento del presente PET con cada responsable y/o colaboradores del trabajo. • Controlar y verificar la ejecución del trabajo de acuerdo al presente PET. • Realizar la retroalimentación para la mejora continua del presente PET.	1	01	- Supervisor Senior de Mantenimiento Chancado y Molienda. - Técnico Líder de Mantenimiento Mecánico. - Técnico de Mantenimiento Mecánico. - Técnico Electricista. - Operador de Camión Grúa. - Vigía.
Planificador	• Responsable de incluir el trabajo adjunto en la programación, asegurando que todos los materiales y repuestos estén disponibles antes de asignar la OT.	2 3 4 5 6	01 04 01 01 01	
Ingeniero de Seguridad	• Responsable de asesorar y hacer cumplir las Políticas de Seguridad y las NOP.			
Técnico Líder Mantenimiento Mecánico	• Ejecutar y coordinar con Sala de Control la realización de actividades del presente PET. • Participar de manera activa de las mejoras y/o modificaciones del presente PET.			
Mecánico	• Encargado de que el mantenimiento sea realizado dentro de las normas establecidas por los procedimientos.			

Electricista	• Encargado de los bloqueos eléctricos de los equipos según procedimiento.			
Operador	• Encargado de entregar el equipo al personal de mantenimiento según requerimiento del mismo.			

Nota: Datos de la empresa de referencia

Puntos de aislamiento y bloqueo



Puntos de bloqueo de la Zaranda de descarga del molino

Nota: Datos de la empresa de referencia

Actividades previas

Todo el personal involucrado en las actividades de mantenimiento debe recibir charlas, capacitaciones y entrenamiento de:

- Charlas de uso correcto de EPPs.
- Charlas de uso correcto de equipos, instrumentos y herramientas.
- Charlas de orden y limpieza.
- Charlas de cuidado de manos y ojos.
- Charlas de líneas de fuego y uso de elementos de izaje.
- Capacitación en uso de tablas de estrobos, eslingas y grilletes.
- Capacitación en aislamiento y bloqueo de equipos.
- Entrenamiento en izaje de cargas.

- Certificación de grúas móviles, operadores de grúa móvil y maniobristas.

El personal de mantenimiento debe informar y coordinar las actividades de la tarea a realizar, con el área de operaciones.

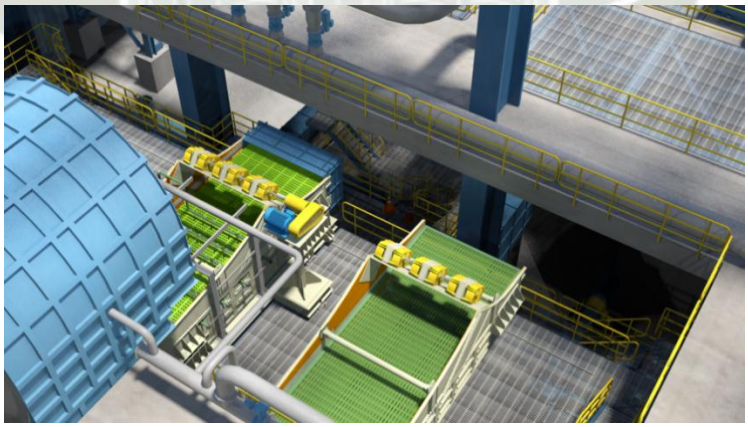
Todo el personal de mantenimiento involucrado en la tarea debe trasladar los equipos, herramientas y materiales, necesarios para realizar la tarea.



Traslado de equipos, herramientas y materiales a la zona de trabajo

Nota: Datos de la empresa

El personal involucrado en la actividad debe delimitar la zona de trabajo con conos, barreras duras, cintas amarillas de señalización, carteles y/o letreros que restrinjan el acceso de personal no autorizado.



Delimitación de zona de trabajo

Nota: Datos de la empresa

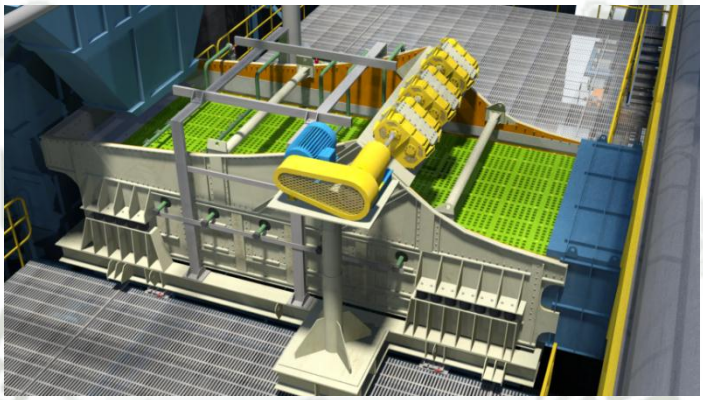
El personal de operaciones debe proceder a detener el equipo. El supervisor senior de mantenimiento, en coordinación con el personal electricista y el personal de operaciones, deben proceder a ejecutar el aislamiento y bloqueo del equipo a intervenir y de ser necesario, los equipos involucrados en el proceso.

El área de operaciones debe realizar la limpieza del equipo.

El área de operaciones debe hacer entrega del equipo aislado y bloqueado, al supervisor senior de mantenimiento.

Luego de haber bloqueado el equipo, el líder técnico mecánico debe coordinar con el técnico electricista la desconexión de los cables de alimentación del motor eléctrico de la zaranda.

Los cables de alimentación del motor eléctrico deben ser aislados con cinta para su posterior conexión en el motor eléctrico de la zaranda nueva o reparada.



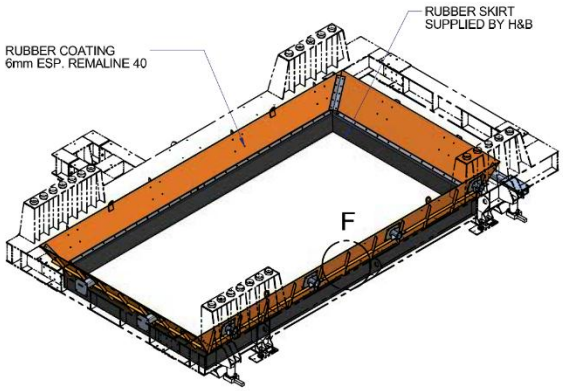
Entrega del equipo aislado y bloqueado al personal de mantenimiento

Nota: Datos de la empresa

Desmontaje de faldones de chute de transición

El personal mecánico debe desajustar y retirar los pernos que sujetan los faldones de jebe del contorno del chute de transición de la zaranda a cambiar.

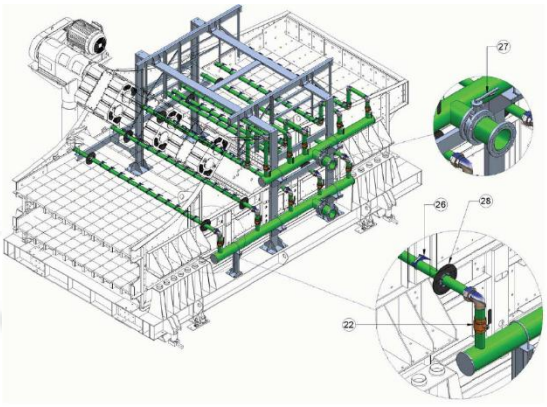
Se deben retirar los faldones de jebe de todo el contorno del chute de transición.



Retiro de los faldones del chute de transmisión de la zaranda

Nota: Datos de la empresa

El personal mecánico debe verificar que las válvulas mariposa de alimentación de agua al primer y segundo deck de la zaranda, se encuentren totalmente cerradas. De no ser así deben ser cerradas con el apoyo del personal de operaciones.

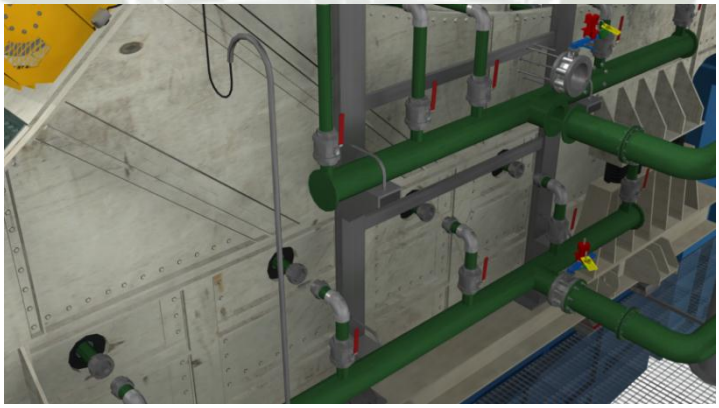


Verificación de las válvulas de alimentación de agua se encuentren cerradas

Nota: Datos de la empresa

El personal mecánico debe desajustar y retirar las tuercas y los espárragos de las bridas de las dos tuberías de mayor diámetro que alimentan agua al primer y segundo deck de la zaranda.

Retirar las empaquetaduras de las bridas que fueron desconectadas.

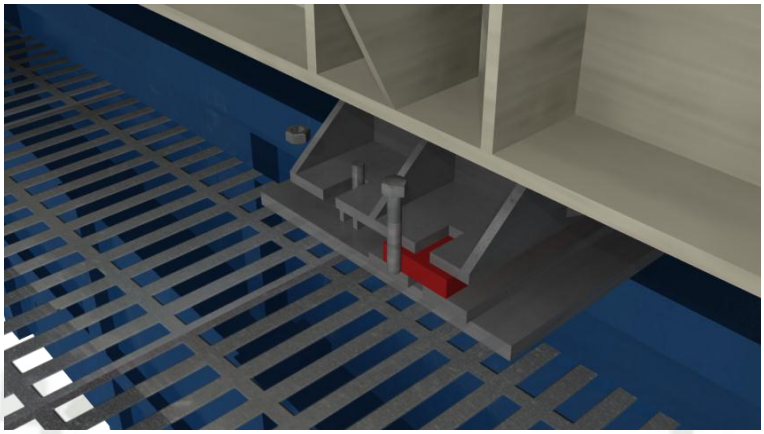


Desconexión de tuberías de alimentación de agua de la zaranda

Nota: Datos de la empresa

Desplazamiento de zarandas en malas condiciones

Por último, para liberar por completo la zaranda en malas condiciones, el personal técnico mecánico debe desajustar y retirar las tuercas de los pernos de anclaje que fijan la zaranda al suelo.

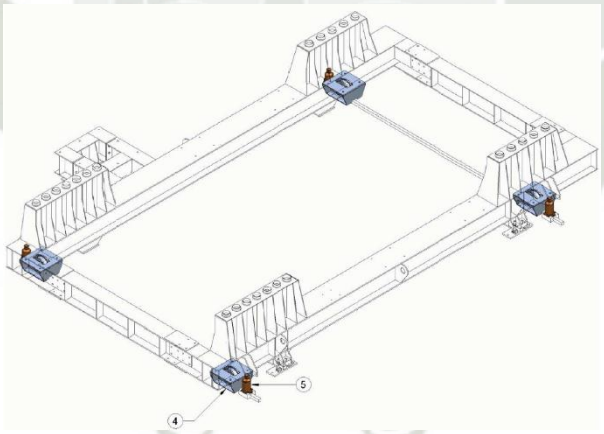


Retiro de las tuercas de los pernos de anclaje de la zaranda

Nota: Datos de la empresa

Luego de haber liberado la zaranda de sus puntos de anclaje sobre el suelo, se deben retirar los tacos ubicados en las cuatro esquinas de la zaranda y uno adicional en la base del pedestal del sistema motriz.

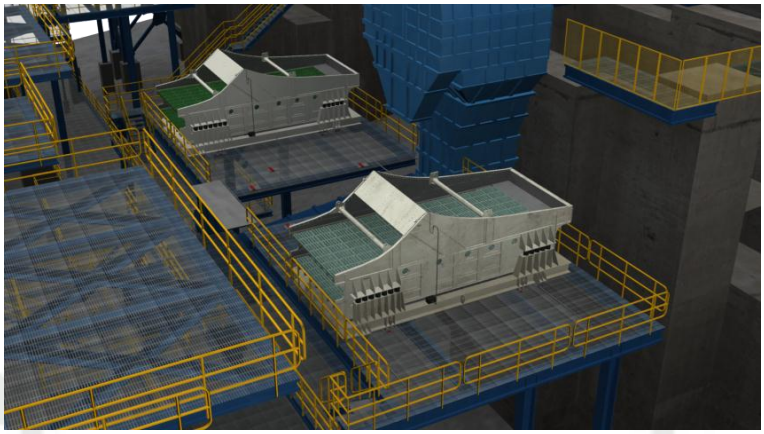
De esta manera las cuatro ruedas de la zaranda quedarán apoyadas sobre los rieles del suelo.



Retiro de los tacos de las 4 esquinas de la zaranda y del pedestal del sistema motriz

Nota: Datos de la empresa

Instalar dos tirfor de 2 t de capacidad en forma horizontal, enganchando uno de los extremos de los tirfor a una oreja que debe estar fijada a los rieles en el extremo opuesto a la zaranda, y enganchando el otro extremo de los tirfor a las orejas laterales de la estructura de la zaranda.

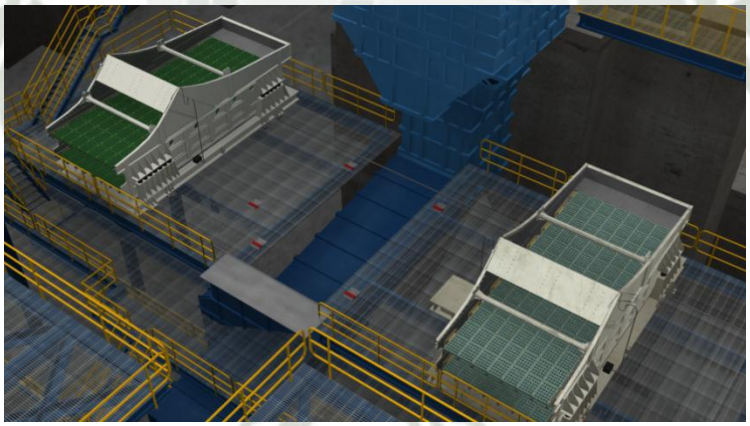


Instalación de dos Tifor al costado de la zaranda en malas condiciones y engancharlos a los extremos de los rieles.

Nota: Datos de la empresa

El personal técnico mecánico debe accionar los dos tirfor al mismo tiempo, para desplazar la zaranda sobre sus rieles de forma alineada.

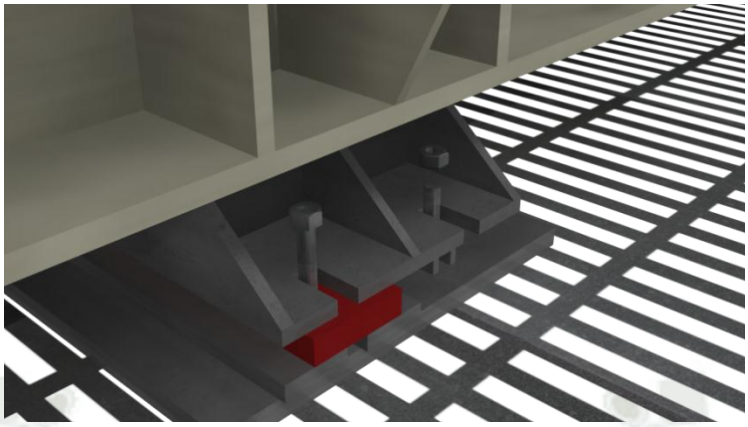
El objetivo de esta maniobra es recorrer la zaranda en malas condiciones hacia el espacio vacío designado para su posterior reparación.



Desplazamiento de zaranda en malas condiciones hacia su posición fuera de servicio.

Nota: Datos de la empresa

El personal técnico mecánico debe colocar los tacos de las cuatro esquinas y del pedestal del sistema motriz de la zaranda.



Fijación de zaranda en malas condiciones al suelo

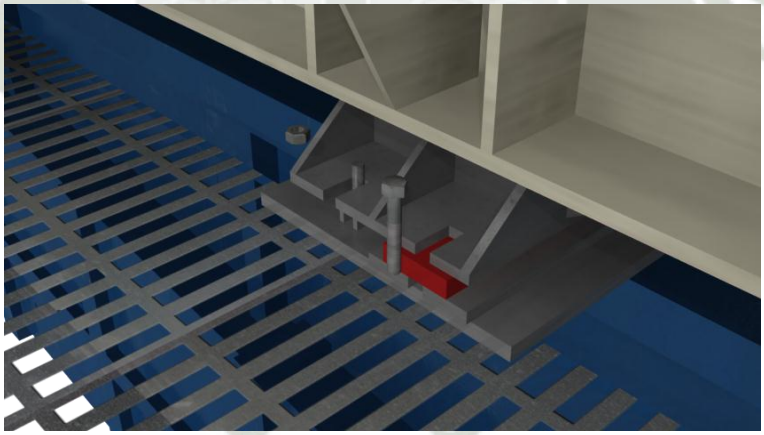
Nota: Datos de la empresa

Para fijar la zaranda en malas condiciones al suelo se deben colocar y ajustar las tuercas de los pernos de anclaje de la zaranda.

Luego de haber desplazado la zaranda en malas condiciones a su posición fuera de servicio, se deben retirar los tirfor que fueron instalados para su desplazamiento.

Desplazamiento de zaranda nueva o reparada

El personal técnico mecánico debe desajustar y retirar las tuercas de los pernos de anclaje que fijan la zaranda nueva o reparada al suelo.

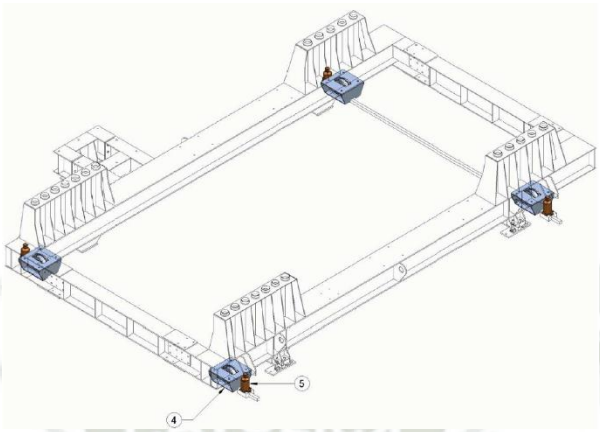


Retiro de las tuercas de los pernos de anclaje de la zaranda nueva o reparada

Nota: Datos de la empresa

Luego de haber liberado la zaranda nueva o reparada de sus puntos de anclaje sobre el suelo, se deben retirar los tacos ubicados en las cuatro esquinas de la zaranda y uno adicional en la base del pedestal del sistema motriz.

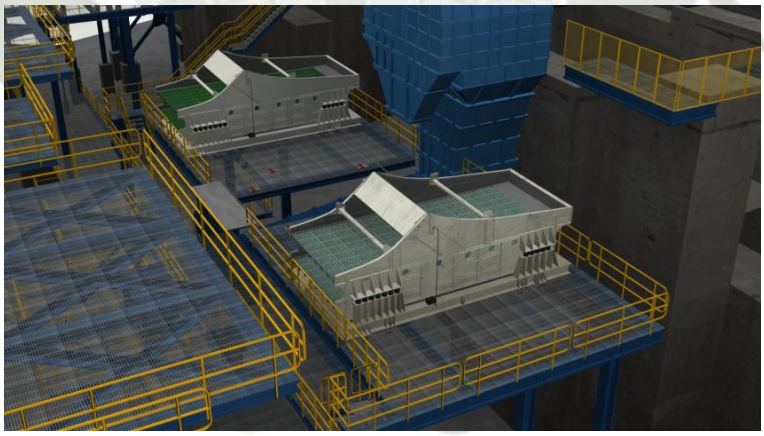
De esta manera las cuatro ruedas de la zaranda nueva o reparada quedarán apoyadas sobre los rieles del suelo.



Retiro de los tacos de las cuatro esquinas de la zaranda y del pedestal del sistema motriz.

Nota: Datos de la empresa

Instalar dos tirfor de 2 t de capacidad en forma horizontal, enganchando uno de los extremos de los tirfor a las orejas laterales de estructura de la zaranda en malas condiciones (previamente desplazada), y enganchando el otro extremo de los tirfor a las orejas laterales de la estructura de la zaranda nueva o reparada.

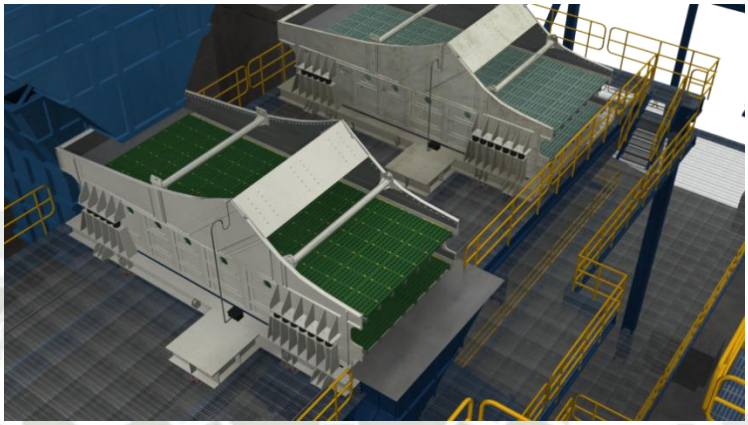


Instalación dos tirfor a la zaranda nueva o reparada y engancharlos al costado de la zaranda en malas condiciones

Nota: Datos de la empresa

El personal técnico mecánico debe accionar los dos tirfor al mismo tiempo, para desplazar la zaranda nueva o reparada sobre sus rieles de forma alineada.

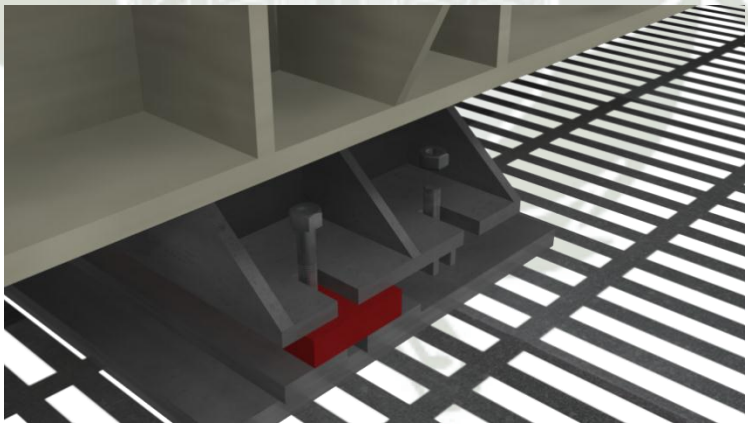
El objetivo de esta maniobra es recorrer la zaranda nueva o reparada hacia su posición de servicio, utilizando como apoyo la zaranda en malas condiciones que fue desplazada previamente.



Desplazamiento de la zaranda nueva o reparada hacia su posición de servicio

Nota: Datos de la empresa

El personal técnico mecánico debe colocar los tacos de las cuatro esquinas y del pedestal del sistema motriz de la zaranda nueva o reparada.



Fijación la zaranda nueva o reparada al suelo

Nota: Datos de la empresa

Para fijar la zaranda nueva o reparada al suelo se deben colocar y ajustar las tuercas de los pernos de anclaje de la zaranda.

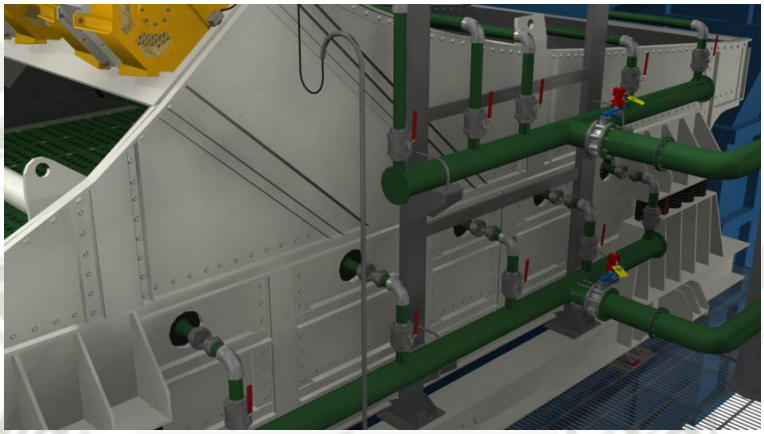
Luego de haber desplazado la zaranda nueva o reparada a su posición de servicio, se deben retirar los tirfor que fueron instalados para su desplazamiento.

Conexión de tuberías de agua

El personal mecánico debe unir las tuberías de mayor diámetro que alimentan agua al primer y segundo deck de la zaranda.

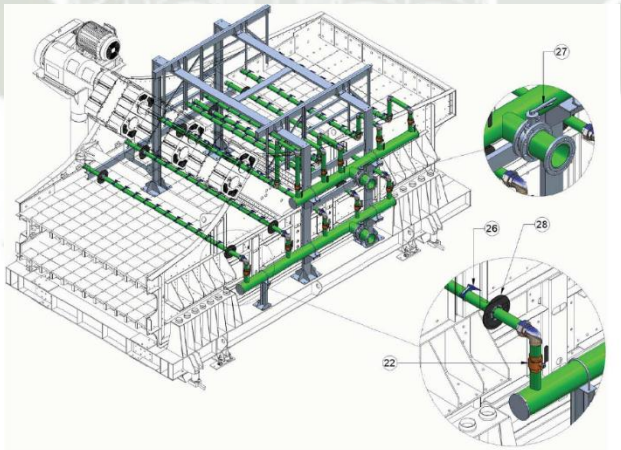
Se debe preparar dos nuevas empaquetaduras y colocarlas entre las bridas de las dos tuberías.

Se debe colocar y ajustar las tuercas y los espárragos de las bridas de las dos tuberías.



Conexión de las tuberías de alimentación de agua de la zaranda.

El personal mecánico debe dejar las válvulas mariposa de alimentación de agua al primer y segundo deck de la zaranda, totalmente abiertas.

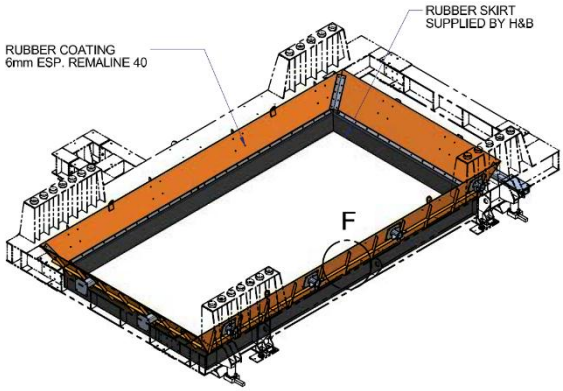


Verificación de las válvulas de alimentación de agua queden abiertas.

Montaje de faldones de chute de transición

El personal mecánico debe colocar los faldones de jebe de todo el contorno del chute de transición. Si es necesario se deben reemplazar por unos nuevos.

Se debe colocar y ajustar los pernos que sujetan los faldones de jebe del contorno del chute de transición de la zaranda que fue instalada.



Montaje de faldones

Actividades posteriores

- Proceder a desbloquear el equipo.
- Coordinar con personal de operaciones para energizar los equipos respectivos.
- Realizar las pruebas preoperativas correspondientes.
- Verificar que no haya ruidos anormales, vibración, fugas y/o anomalías en el equipo.
- Limpiar y retirar a almacén: equipos y herramientas utilizados para esta actividad.
- Eliminar todos los desechos de acuerdo a la normativa de Medio Ambiente.
- El personal de mantenimiento, en coordinación del Supervisor Senior, debe hacer entrega del equipo, luego de la actividad de mantenimiento, al área de operaciones.
- Realizar un informe detallado de las actividades realizadas, tiempo empleado en el mantenimiento.
- Reportar los recursos empleados: mano de obra, equipos, herramientas, materiales y repuestos.
- Reportar cualquier incidente producido.

Anexo N° 6
Protocolos de cambio de excitadores

PROTOCOLO DE CAMBIO DE EXCITADORES	PROT-CC-ZARANDAS CAMBIO EXCITADORES REV.06 01.06.2023

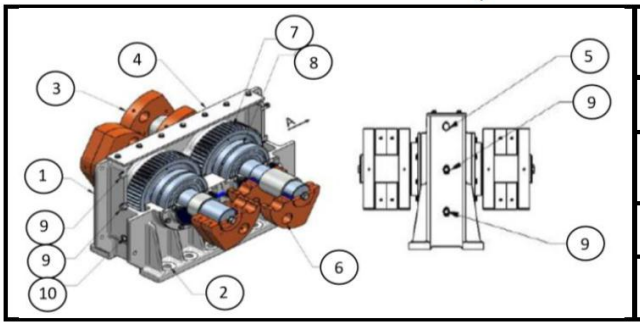
1.- DATOS GENERALES			
CODIGO ZARANDA		RESPONSABLE EMPRESA MINERA	
EMPRESA CONTRATISTA		SUP.CONTRATISTA	
CODIGO DEL EXCITADOR		FECHA DE INICIO	

2.- INSTRUCCIÓNES ANTES DE MONTAJE						
EXICTADOR	DERECHA		CENTRAL		IZQUIERDA	
NRO. SERIE						

1. Los pernos de la base de las excitatrices que se une al drive beam debe ser retirados de almacén de empresa minera, esto deberán ser inspeccionados por vendor y/o especialista del equipo.
2. Tener en cuenta los siguiente:

LUBRICACION	CHECK	COMENTARIOS
Aceite (Shell Omala 220 GV)		
Grasa en sello de polvo		
Tapón magnético		
Filtro de respirador		

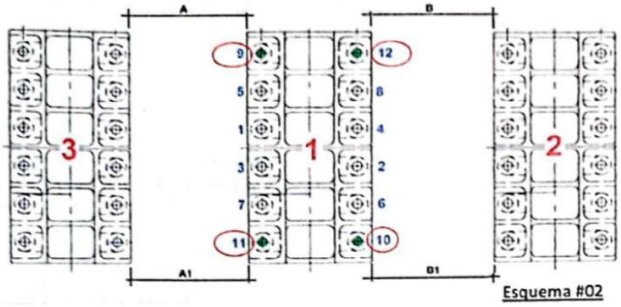
Marcar con check una vez verificado en campo.



1	Carcasa del oscilador	2	Base de fijación
3	Masa excéntrica	4	Tapa superior
5	Tapón de respiradero	6	Caja para inserto
7	Engranajes	8	Cojinete
9	Tapón de Cierre	10	Tapón magnético

3.- PROTOCOLO DE ARMADO

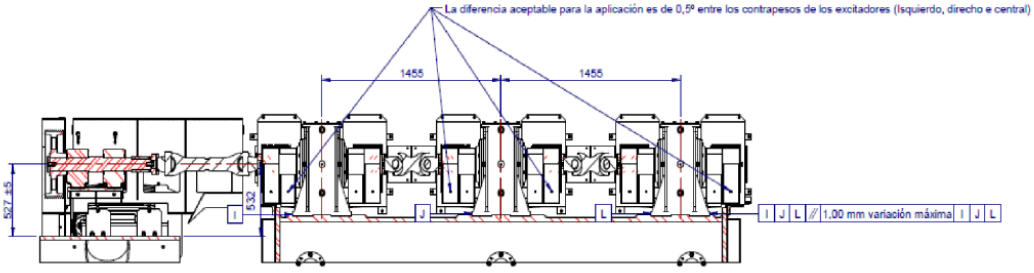
1. Después de haber retirado las tres (03) excitatrices usadas se procede a montar los nuevos de la siguiente forma:
   a. Primero se instala la excitatriz central luego se instala las excitatrices externas.
   b. Instalar 4 pines en los puntos 9,10,11,12.



Esquema #02

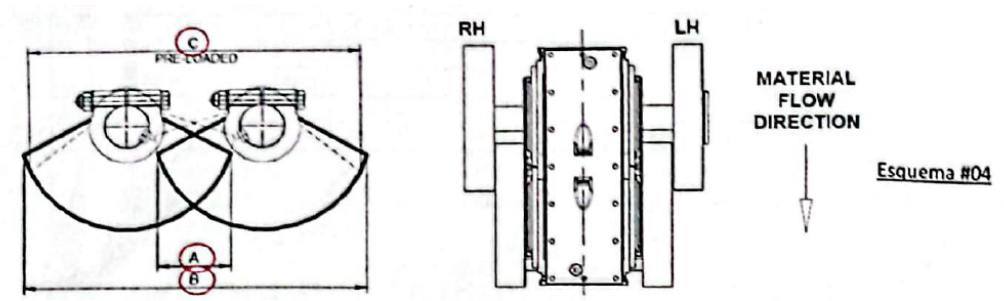


2. Verificar las distancias de las excitatrices.



a. Verificar el contacto metal-metal del excitador y superficie del drive beam.
b. La diferencia máxima es de 3mm entre los tres excitadores.
c. Se hace uso de pines de alineación para la base del excitador.

		CHECK
3.	Realizar el ajuste de los pernos de los excitadores, siguiendo la numeración indicada.	
4.	Cada perno nuevo(pintado) deben ser marcados con X una vez que sea retorqueado.	
5.	El torque de los pernos es 3200 Nm Rango de torque permisible 3000Nm a 3400Nm.	
6.	Al regular la presión de la llave hytorc stealth 4, se debe tener en cuenta si este equipo tiene su propia tabla ya que de ser así la calibración varia.	
7.	Se debe tener evidencia fotográfica de la presión utilizada en cada perno.	
8.	Medir la distancia de los contrapesos. - Verificar el ajuste de los pernos M24 de ajuste de los contrapesos. - Verificar el correcto montaje de los cáncamos de izaje M30. - La diferencia entre contra pesos de las 3 excitatrices debe ser caro, o un máximo de 2mm.	

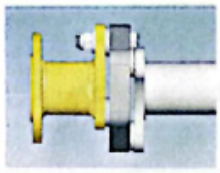


Esquema #04

	EXCITATRIZ DERECHO		EXCITATRIZ CENTRAL		EXCITATRIZ IZQUIERDO	
UBICACIÓN	RH	LH	RH	LH	RH	LH
DIMENSION A						
DIMENSION B						
DIMENSION C						

- Las medidas “A” realizarla en caso de tener las condiciones.
- Mediciones “B” es la medida mas practica para guiarse en campo.
- La medida “C” no se puede medir en campo.

		CHECK
9.	Verificar el ajuste de los pernos M24 de los discos flexibles, eje intermedio, acople intermedio (de flange)	



Torque M24 8.8 = 288 N.m

Esquema #05

4.- OBSERVACIONES

Anexo N° 7

Protocolo de mantenimiento preventivo de zaranda Haver and Boecker 12ft x 24ft

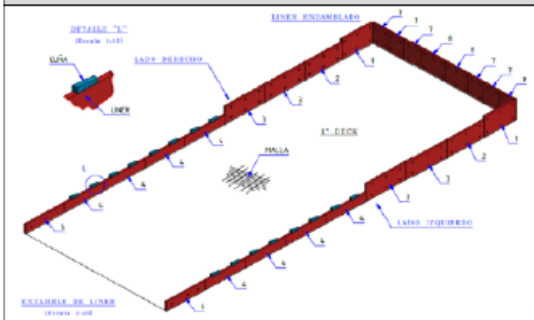
PROTOCOLO MANTENIMIENTO PREVENTIVO ZARANDA HAVER AND BOECKER 12" X 24"	PROT-CC-ZARANDAS CAMBIO EXCITADORES REV.06 01.06.2023

1.- DATOS GENERALES

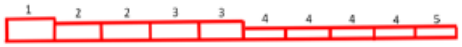
CODIGO ZARANDA		RESPONSABLE EMPRESA MINERA	
EMPRESA CONTRATISTA		SUP.CONTRATISTA	
CODIGO DEL EXCITADOR		FECHA DE INICIO	

2.- INSPECCION DE LINERS LATERALES Y CENTRALES DECK SUPERIOR

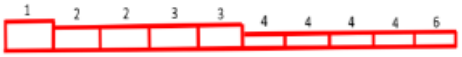
ZOCALO PRIMER DECK O DECK SUPERIOR



ZOCALO DERECHO DECK SUPERIOR



ZOCALO IZQUIERDO DECK SUPERIOR



ZOCALO CENTRO DECK SUPERIOR



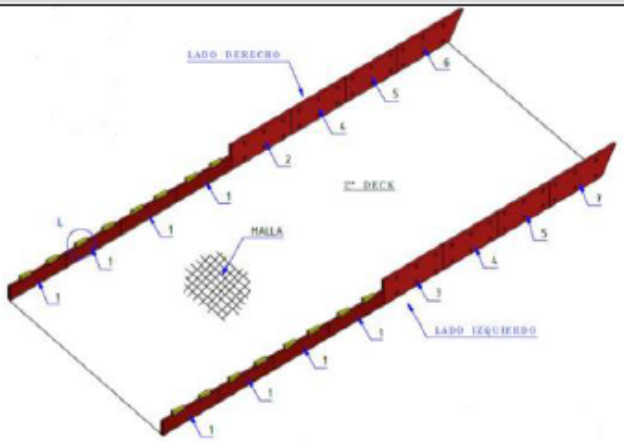
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD
1	Revestimiento lateral alimentación 40x470x757,5	2
2	Revestimiento lateral 40x393x925	2
3	Regla lateral 40x393x995	4
4	Regla lateral	8
5	Revestimiento lateral 40x207x957 (Izquierdo)	1
6	Revestimiento lateral 40x207x957 (derecho)	1
7	Regla lateral 40x518x395	6
8	Revestimiento trasero 40x518x583	2
	Perno M20x45 / 8.8 A3E	90
	Tuerca autotrabante M20 8 A2E	90
CUÑA	WEDGE, UPPER, DECK,MLP-055-16,ABRATECH	16

MARQUE CON "X" LOS LINERS A CAMBIAR Y/O CAMBIADOS EN LOS RECUADROS ROJO.

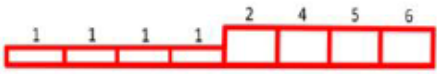
OBSERVACIONES

3.- INSPECCION DE LINERS LATERALES DECK INFERIOR

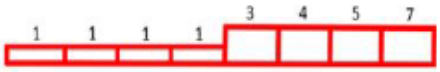
ZOCALO SEGUNDO DECK O DECK INFERIOR



ZÓCALO DERECHO DECK INFERIOR



ZÓCALO IZQUIERDO DECK INFERIOR



ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD
1	Revestimiento Lateral	8
2	Revestimiento Lateral (Derecha)	1
3	Revestimiento Lateral (Izquierdo)	1
4	Regla lateral 40x393x995	2
5	Revestimiento lateral 40x393x925	2
6	Revestimiento lateral	1
7	Revestimiento lateral	1
	Perno M20x45 /8.8 A3E	48
	Tuerca autotrabante M20 8 A2E	48
CUÑA	WEDGE, UPPER, DECK,MLP-055-16,ABRATECH	16

- MARQUE CON "X" LOS LINERS A CAMBIAR EN LOS RECUADROS ROJO.

OBSERVACIONES

5.- INSPECCION DE DECK INFERIOR

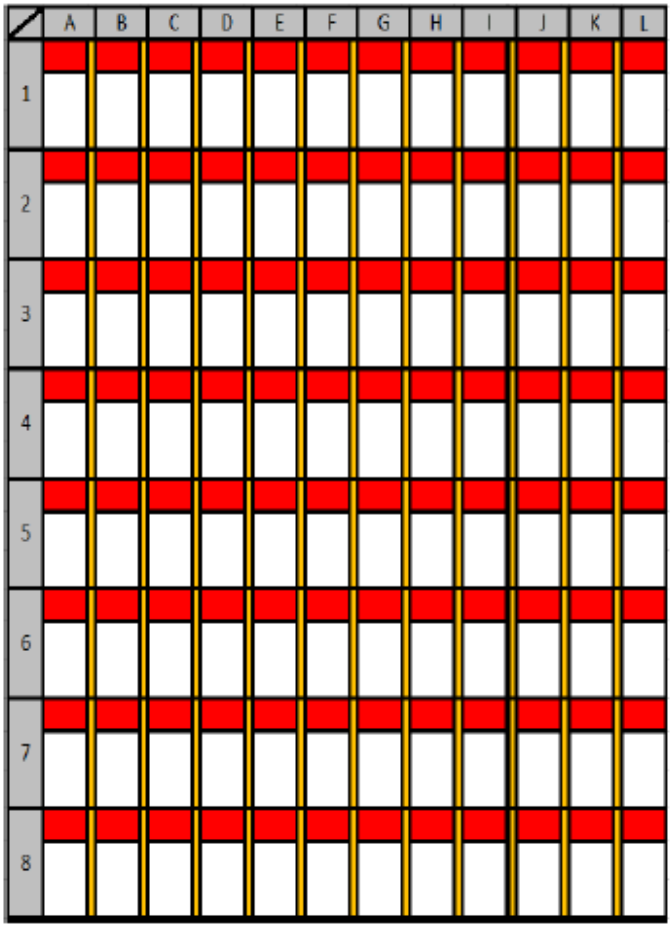
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
2	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
3	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
4	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
5	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
6	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
7	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
8	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
9	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
10	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
11	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
12	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
13	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
14	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
15	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
16	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
17	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
18	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
19	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
20	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
21	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
22	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
23	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
24	G	G	F	F	F	F	F	F	F	F	G	G
25	G	G	G	F	F	F	F	F	F	G	G	G
26	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G

MARQUE CON "X" LOS PANELES CAMBIADOS.

LEYENDA DECK INFERIOR			
CODIGO SAP	UBICACION	DESCRIPCION	CANTIDAD SOLICITADA
10394896	E	MALLA 1x1 SLOT 16x16 H:40mm BIDUREZA	144
10199127	F	MALLA SLOT 13x13mm H:40mm BIDUREZA	146
10198600	G	MALLA 1x1 CIEGA H:40mm	10
10200524	G	MALLA CIEGA 304.8x271mm H:40mm	12
10200523		CONJUNTO CAMISA	624
10200523		PIN, POLYURETH,2ND DECK, SIOM2014-P077-008	624

OBSERVACIONES

6.- INSPECCION DE LARGUEROS DECK SUPERIOR

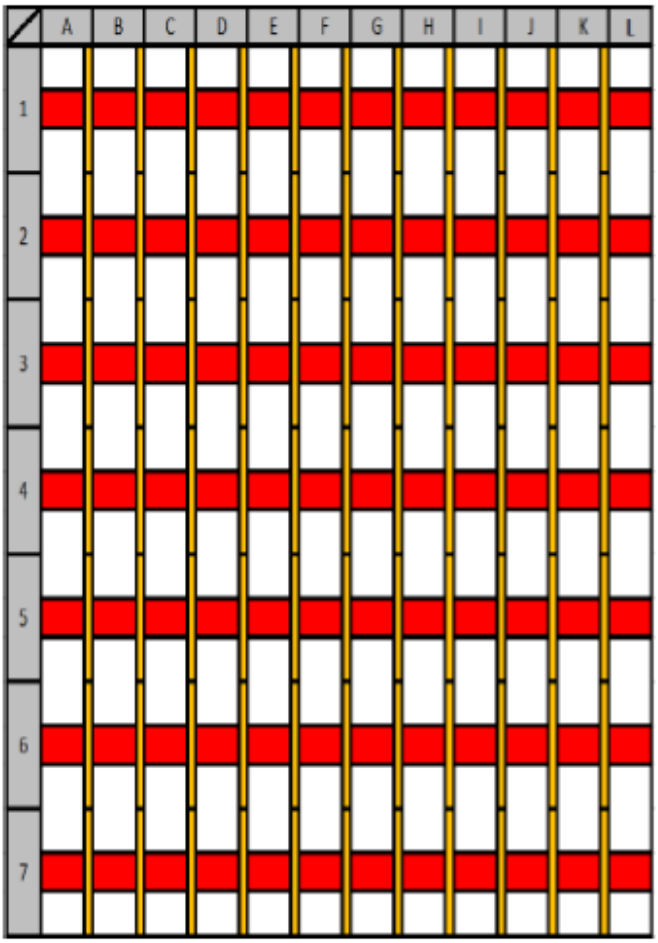


DETALLE DE LARGUEROS Y CROSSMENBER			
ITEM	TIPO LARGUERO	QTY CAMBIO URGENTE "X"	QTY OBSERVACION "O"
1	LARGUERO LARGO FILA HAVER		
2	CROSSMENBER		

MARQUE CON "X" LOS LARGUEROS QUE REQUIERE CAMBIO URGENTE Y "O" LOS QUE REQUIEREN OBSERVACION EN EL SIGUIENTE PM.

OBSERVACIONES

7.- INSPECCION DE LARGUEROS DECK INFERIOR

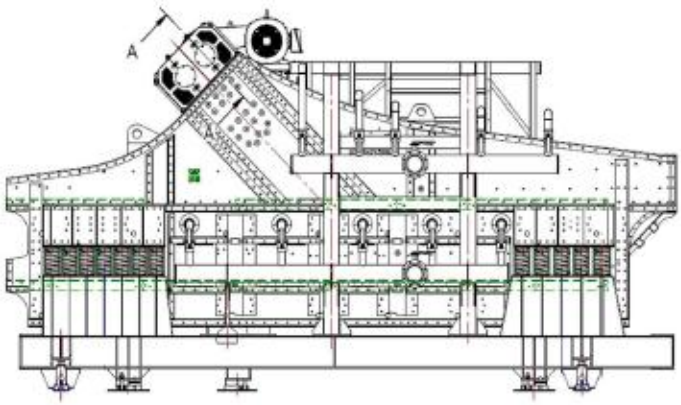


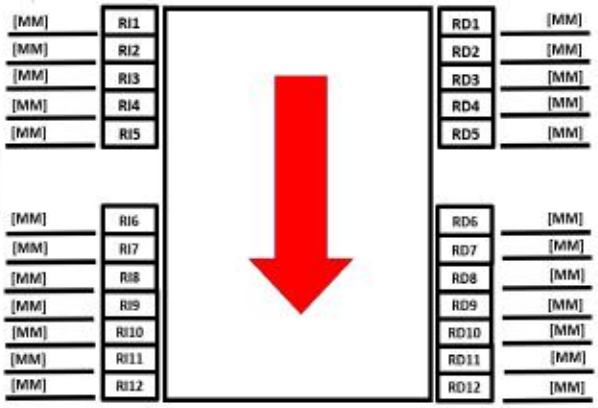
DETALLE DE LARGUEROS Y CROSSMENBER			
ITEM	TIPO LARGUERO	QTY CAMBIO URGENTE "X"	QTY OBSERVACION "O"
1	LARGUERO LARGO FILA HAVER		
2	CROSSMENBER		

MARQUE CON "X" LOS LARGUEROS QUE REQUIERE CAMBIO URGENTE Y "O" LOS QUE REQUIEREN OBSERVACION EN EL SIGUIENTE PM.

OBSERVACIONES

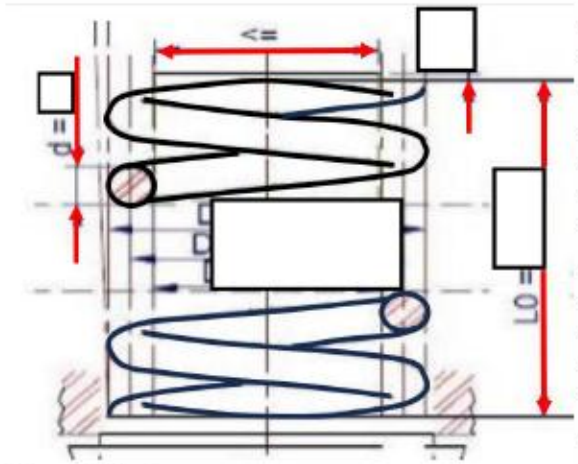
8.- INSPECCION DE RESORTES





OBSERVACIONES

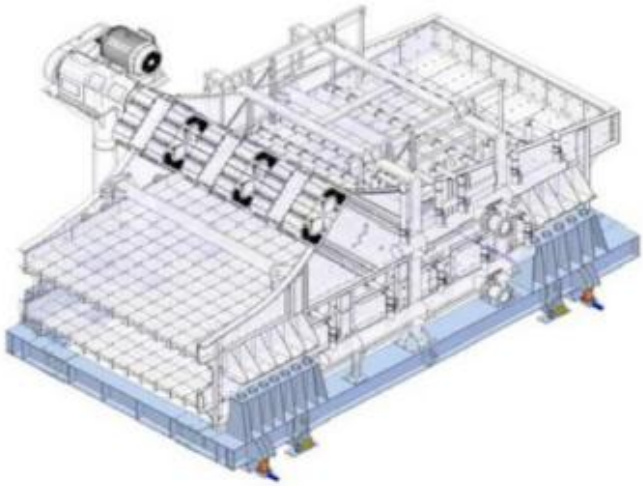
MEDICION DE RESORTE

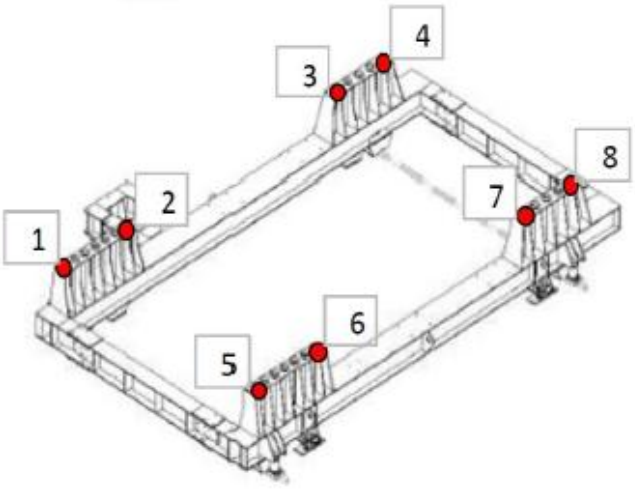


LADO IZQUIERDO				LADO DERECHO			
RESORTE	HB	LO	d	RESORTE	HB	LO	d
RI1				RD1			
RI2				RD2			
RI3				RD3			
RI4				RD4			
RI5				RD5			
RI6				RD6			
RI7				RD7			
RI8				RD8			
RI9				RD9			
RI10				RD10			
RI11				RD11			
RI12				RD12			

Tolerancia HB:
Min: (-4mm) Max: (8mm)
L0: 450 mm.
D: 28 mm

9.- INSPECCION CONTROL TOPOGRAFICO DE TROLLEY





TOLERANCIA HB:

Min: (+0,5 mm)

Max: (-0.5 mm)

Ojo: Utilizar laminas de laminacion

OBSERVACIONES

ELEVACION	MEDICION NRO.01 REALIZADA EN CAMPO	FECHA DE CONTROL	TAG ZARANDA	NRO. DE TAG NIVEL TOPOGRAFICO	FECHA CALIBRACION	RESULTADO	
					DD/MM/AA	APROBADO	RECHAZADO
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							

Anexo N° 8
Plan de mantenimiento de manual de Zaranda HAVER - BOECKER

TRABAJO A REALIZAR	PERÍODO			CONDICIONES DE OPERACIÓN	ESPECIFICACIÓN
	A	B	C		
TORNILLOS					
- Verificar el ajuste y, si es necesario, reemplazar (*huckbolts* o tornillos) o reapretar (tornillos) de acuerdo a la tabla de torsión.	X	A	6M	P	TM
OXIDACIÓN					
- Inspeccionar las piezas si hay óxido y, si es necesario, retocar la pintura.		6M	M	P	TM
MOTOR ELÉCTRICO					
- Realizar las inspecciones descritas en el manual de instrucciones (*Data Book* – punto 6.1).					
EXCITADOR					
- Realizar las inspecciones descritas en el manual de instrucciones (*Data Book* – punto 6.2).					
EJE DE TRANSMISIÓN/CARDÁN					
- Realizar las inspecciones descritas en el manual de instrucciones (*Data Book* – punto 6.3).					
POLEAS					
- Verificar ajuste y condiciones mecánicas.	X	6M	6M	P	TM
CORREAS EN "V"					
- Verificar las condiciones de uso, la tensión y la alineación.	X	M	2S	P	TM
COJINETES Y RODAMIENTOS					
- Verificar ajuste.		6M	M	P	TM
- Verificar desgaste y lubricación.	M	6M	M	P	TM / U
- Verificar ruidos durante el funcionamiento.			D	O	U
- Verificar limpieza.	M	6M	S	P	U
- Verificar ajuste.	M	6M	M	P	TM
- Verificar daños o rotura.	M	6M	M	P	U
MUELLES DE COMPRESIÓN					
- Verificar si hay daños.		2A	A	P	TM
CAPAS DE GOMA					
- Verificar desgaste.		6M	6M	P	TM
PANELES DE POLIURETANO					
- Verificar desgaste.		S	S	P	TM

A = ANTES DE PONER A FUNCIONAR
B = CON OPERACIÓN INTERRUMPIDA
C = EN LA OPERACIÓN CONTINUA

h = HORARIO
d = DIARIAMENTE
s = SEMANALMENTE

m = MENSUALMENTE
a = ANUALMENTE
6m = 6 MESES

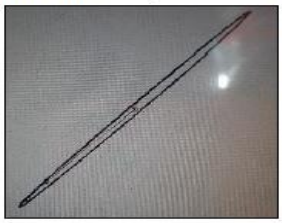
TE = ELÉCTRICO
TM = MECÁNICO
U = USUARIO

P = PARADO
O = EN OPERACIÓN

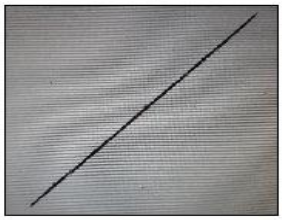
Nota: Manual de Zaranda HAVER-BOECKER 12FT X 24FT(2014)

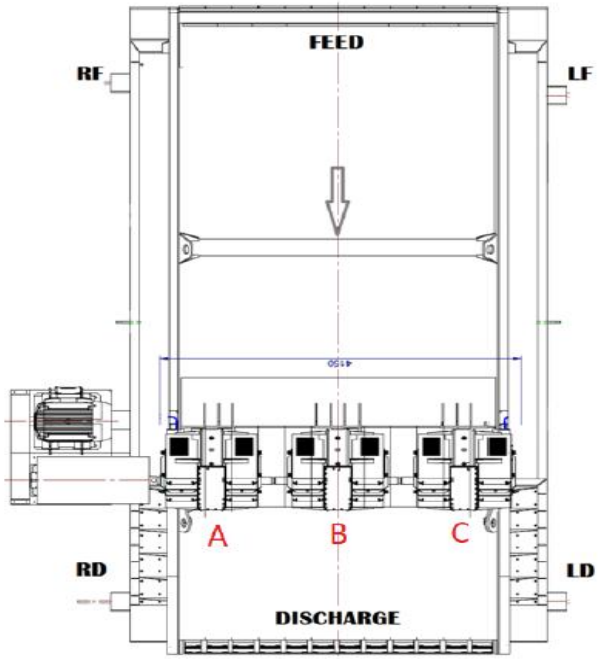
Anexo N° 9
Reportes de monitoreo a condición de zarandas

Right Feed - RF	
Fuerza G	3.38
Stroke	9.03
Angulo	45
H-RF (g´s pico)	2.57
V-RF (g´s pico)	2.19
A-RF (g´s pico)	0.21

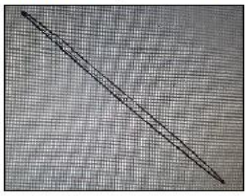


Right Discharge - RD	
Fuerza G	3.53
Stroke	8.64
Angulo	44
H-RF (g´s pico)	2.62
V-RF (g´s pico)	2.36
A-RF (g´s pico)	0.16

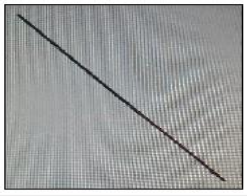




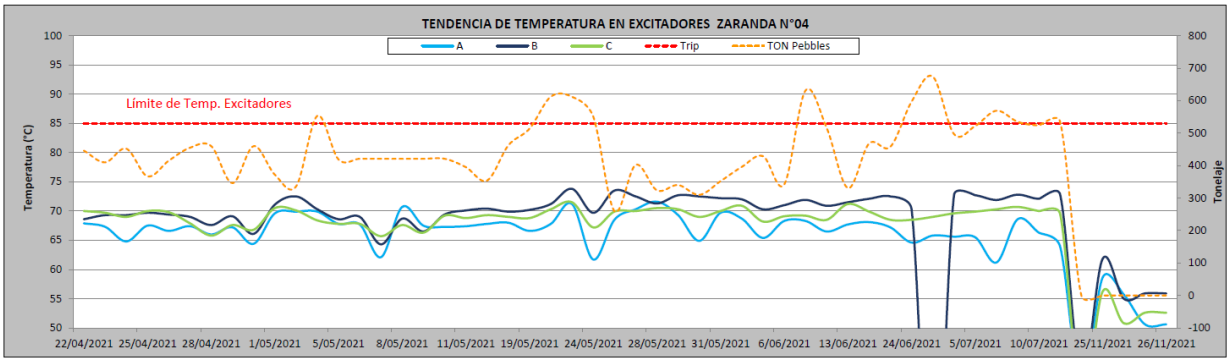
Left Feed - LF	
Fuerza G	3.52
Stroke	9.02
Angulo	46
H-RF (g´s pico)	2.57
V-RF (g´s pico)	2.62
A-RF (g´s pico)	0.21

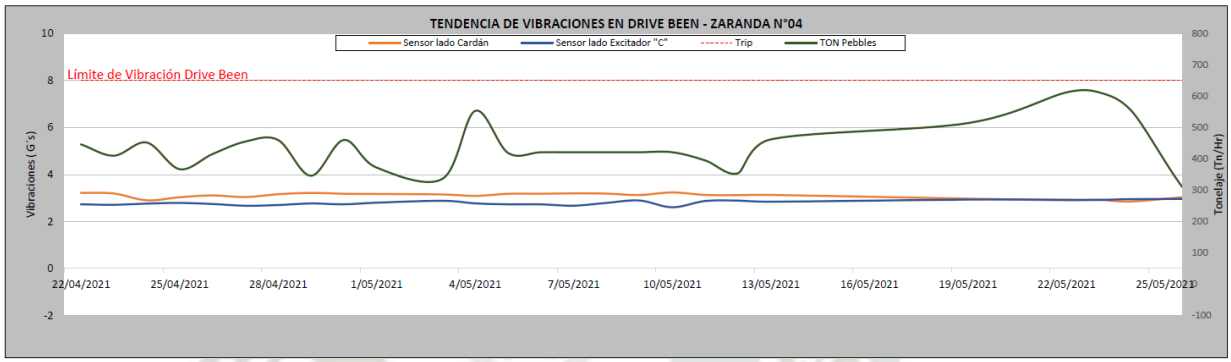


Left Discharge - LD	
Fuerza G	3.59
Stroke	8.92
Angulo	45
H-RF (g´s pico)	2.64
V-RF (g´s pico)	2.44
A-RF (g´s pico)	0.24

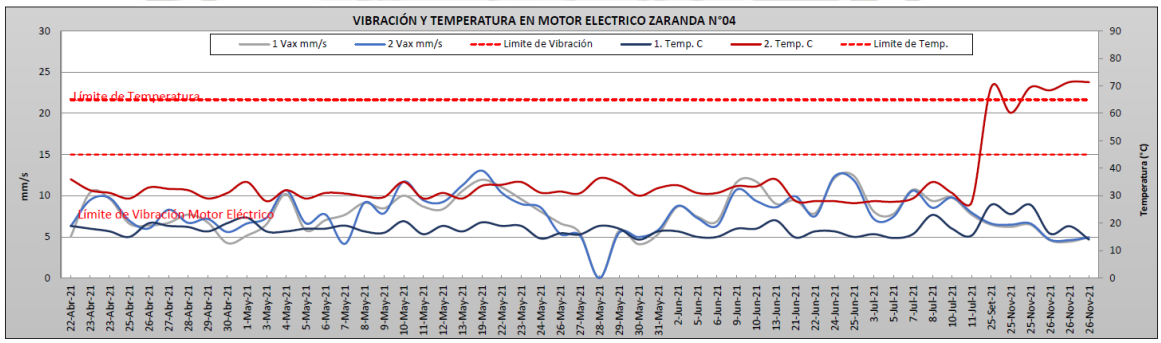


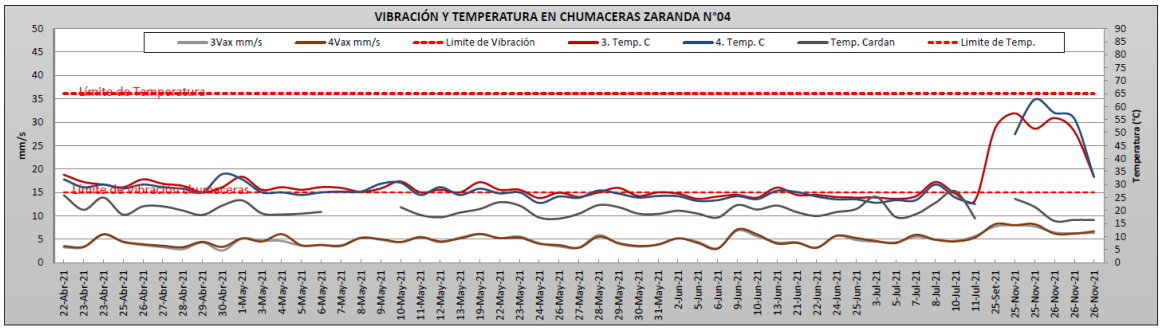
Evaluación dinámica



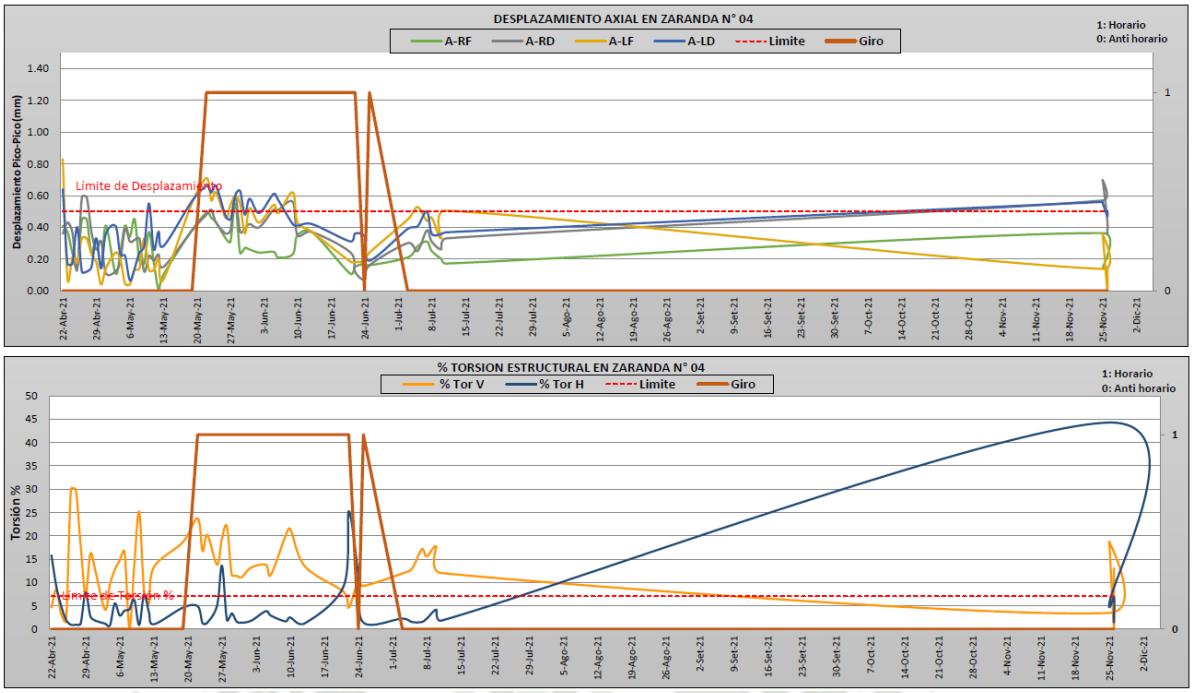


Tendencias de temperatura y vibración





Reporte de vibración y temperatura en motor y chumaceras



Reporte de desplazamiento axial y torsión estructural

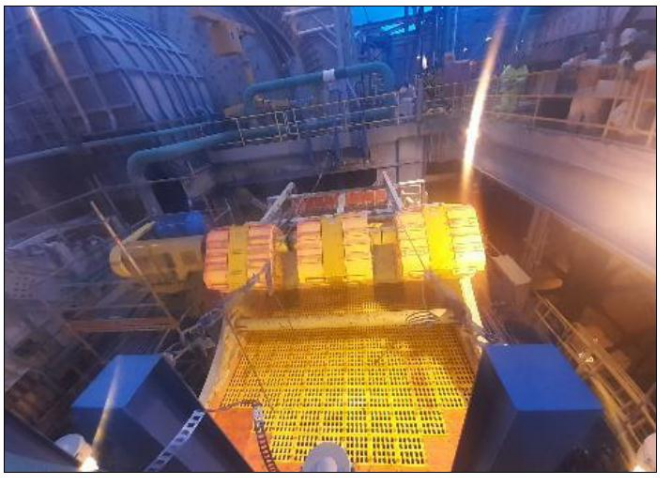


Inspección visual de resortes





Parantes con elevada vibración



Reporte de inspección visual – prueba de vacio

SGS SKF

MOTOR ELECTRICO - CHUMACERAS

Measurements		
Bx1	Max	15.3 °C
Bx2	Max	56.1 °C
Bx3	Max	30.3 °C
Bx4	Max	29.4 °C

Parameters	
Emissivity	0.95
Refl. temp.	20 °C

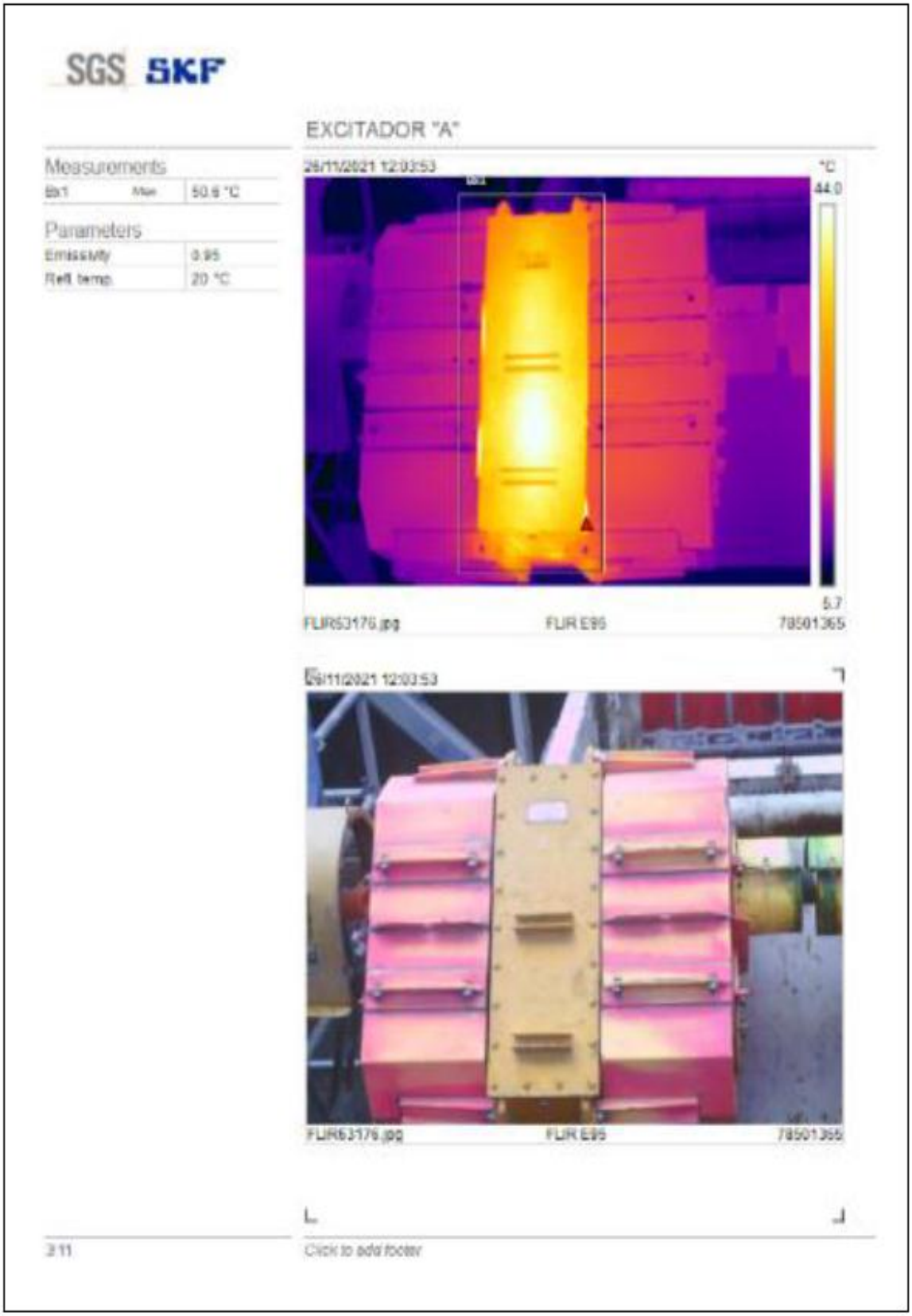




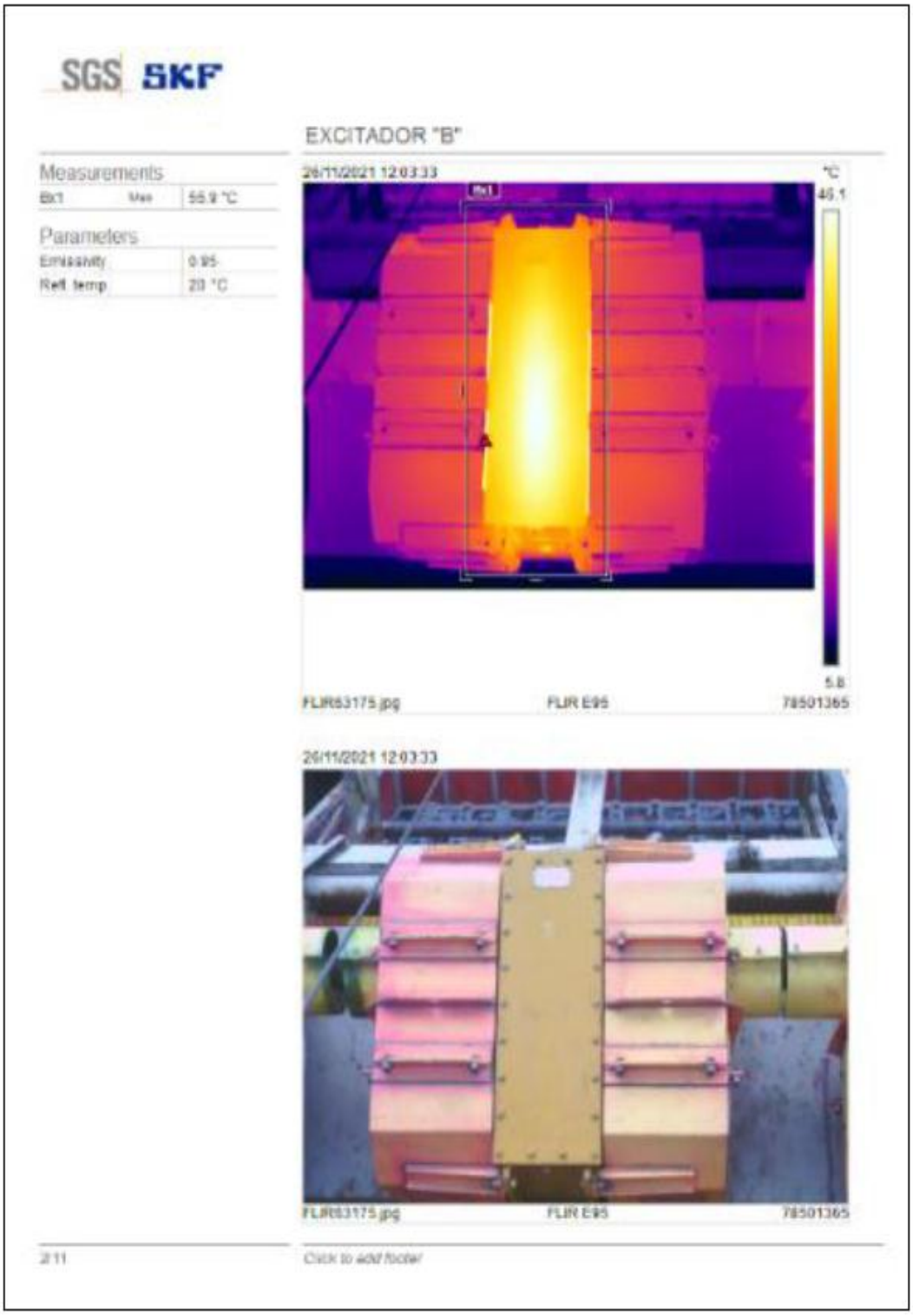
Y2

Click to add footer

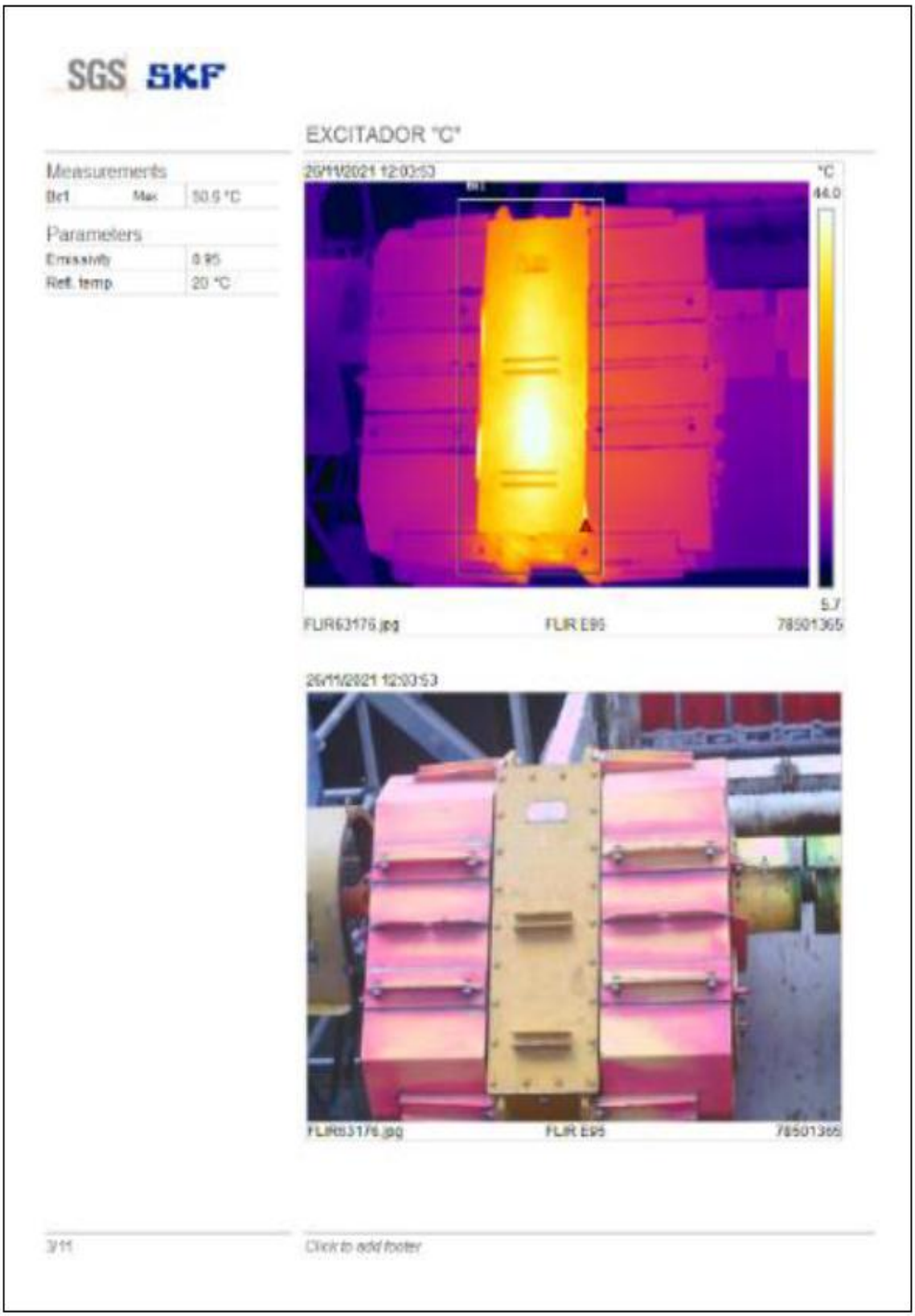
Termografía infrarroja (1/4)



Termografía infrarroja (2/4)



Termografía infrarroja (3/4)



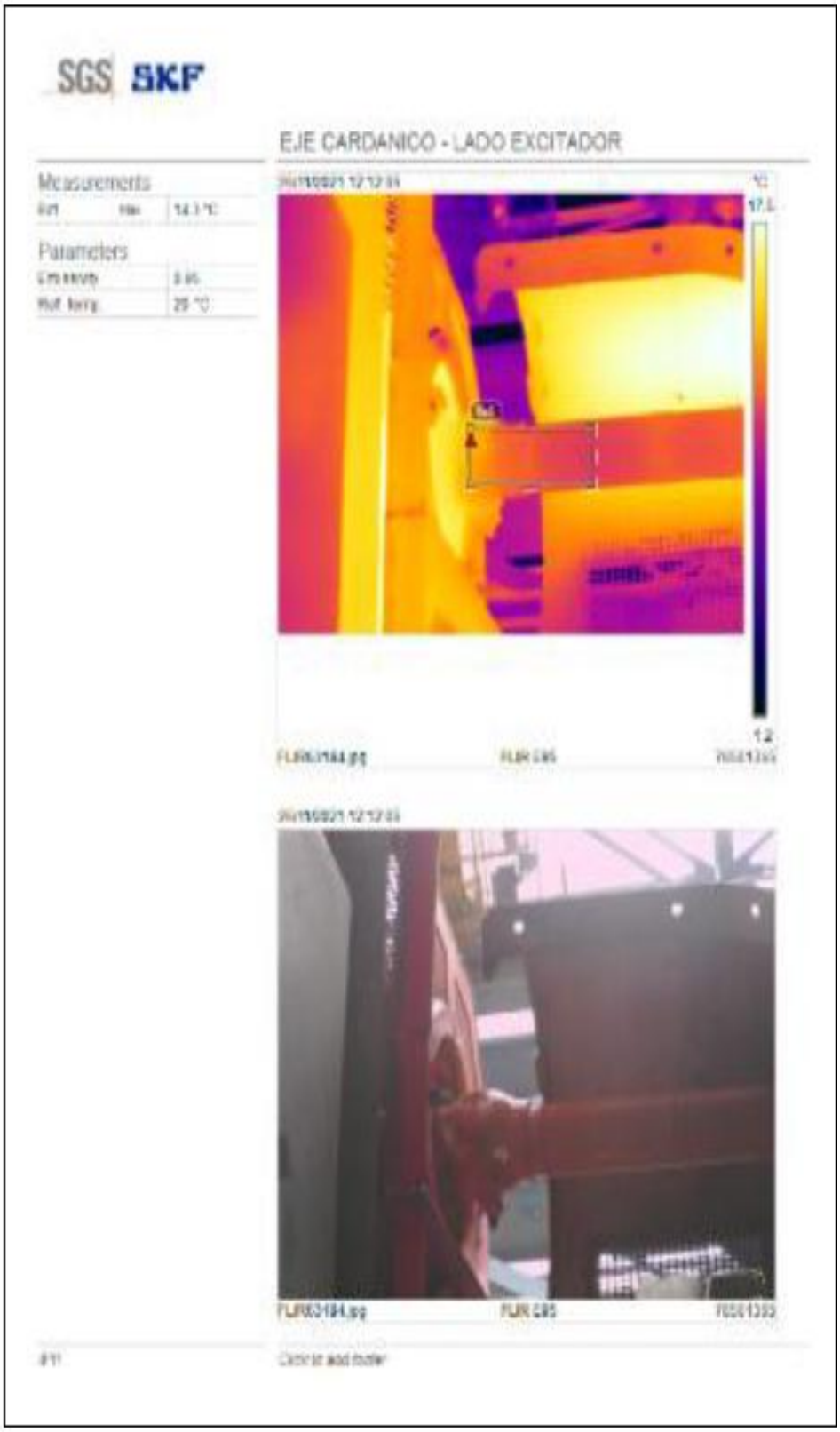
Termografía infrarroja (4/4)



Termografía infrarroja de eje entre chumaceras



Termografía infrarroja de acoples cardánicos (1/2)



Termografía infrarroja de acoples cardánicos (2/2)

Anexo N° 10 Formato de encuesta de mantenimiento

ENCUESTA DE ANÁLISIS DE FUNCIONAMIENTO DE MANTENIMIENTO

	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno	Excelente
A. Organización general					
1. ¿Es suficiente el personal de dirección y el de supervisión?					
2. ¿Se controlan de forma regular los objetivos del servicio de mantenimiento?					
3. ¿Ha definido por escrito y ha hecho aprobar la organización de la función de mantenimiento?					
4. ¿Se comprueban periódicamente las responsabilidades y las tareas definidas en la organización para su adaptación?					
5. ¿Están las responsabilidades y tareas de los jefes de grupo claramente definidas?					
6. ¿Está la actividad de cada jefe de grupo (el que tiene a cargo técnicos y ayudantes) enmarcada en un presupuesto de funcionamiento?					
7. ¿Hay alguien designado para asegurar la coordinación del suministro, de los trabajos, de los estudios de instalaciones y de la formación?					
8. ¿Existe descripción de las funciones para cada uno de los puestos de ejecución (técnicos y ayudantes)?					
9. ¿Disponen los operadores de consignas por escrito para llevar a cabo las tareas de mantenimiento de primer nivel (vigilancia, controles de función...)?					
10. ¿Se reúnen de forma periódica con Operaciones, Producción, etc., para examinar los trabajos a realizar?					
11. ¿Mantenimiento es consultado en caso de la instalación de nuevos equipamientos?					
B. Métodos de trabajo					
1. ¿Para las intervenciones importantes en volumen de horas y/o repetitivas, se prioriza la preparación del trabajo?					
2. ¿Utilizan formatos para preparar los trabajos o para establecer presupuestos (ficha de preparación o ficha de presupuesto)?					
3. ¿Disponen de métodos operativos escritos para los trabajos complejos o delicados?					
4. ¿Hay acciones que lleven a estandarizar los activos?					
5. ¿Tienen Uds. un procedimiento escrito (y aplicado) en el que se definan los permisos de trabajo (consignación, desconsignación) para trabajos que conlleven riesgos?					
6. ¿Conservan Uds. y archivan de modo especial los expedientes de preparación?					
7. ¿Tienen Uds. métodos para estimación de tiempo distintos la estimación global (aquella que se obtiene por experiencia)?					

8. ¿Utilizan Uds. la metodología PERT para la preparación de trabajos importantes, o que necesiten mucha coordinación?					
9. ¿Tienen Uds. acceso a metodologías formalizadas (conjunto de tareas logicamente relacionadas) de reparaciones?					
10. ¿Guardan Uds. las unidades en almacén, hacen preparar kits (piezas, herramientas) antes de sus intervenciones?					
11. ¿Está el conjunto de la documentación debidamente clasificada y resulta fácilmente accesible?					

C. Control técnico de los equipamientos

1. ¿Se ha abierto un archivo técnico para cada equipamiento o instalación?					
2. ¿Tienen Uds. un historial de los trabajos realizados a cada equipamiento?					
3. ¿Hay algún(os) responsable(s) del manejo de los historiales de los trabajos?					
4. ¿Disponen Uds. de un inventario de ubicación de los equipamientos de su unidad?					
5. ¿Tiene cada equipamiento un código de identificación único diferente del número de inventario?					
6. ¿En su emplazamiento, tiene todo el equipamiento un número de identificación claramente señalado?					
7. ¿Se registran sistemáticamente las modificaciones, instalaciones nuevas o la baja de equipamiento?					
8. ¿Disponen Uds. de información sobre las horas de operación, los repuestos utilizados y los costes, de cada equipo?					
9. ¿Aseguran Uds. un control formal (check list) de las informaciones relativas al registro de las visitas o inspecciones preventivas?					
10. ¿Se analizan los historiales una vez al año?					

D. Gestión de la cartera de trabajo

1. ¿Tienen Uds. un sistema de registro de la demanda de trabajo?					
2. ¿Conocen Uds. permanentemente la carga de trabajo en cartera?					
3. ¿Disponen Uds. de un planning semanal de distribución de los trabajos?					
4. ¿Tienen Uds. un programa establecido de mantenimiento preventivo (acciones preventivas, frecuencia, carga de trabajo...)?					
5. ¿Disponen Uds. de fichas (o listas de comprobación -check-lists-) escritas de mantenimiento preventivo?					
6. ¿Existe algún responsable del conjunto de las acciones de mantenimiento preventivo (en términos de control y de adaptación)?					
7. ¿Tienen los operadores de los equipos responsabilidades en materia de reglaje o ajuste y mantenimiento de rutina?					
8. ¿Hay alguna persona especialmente responsable de la planificación de los trabajos?					
9. ¿Tienen Uds. reglas definidas que permitan asignar los trabajos según prioridades?					
10. ¿Existe algún documento (solicitud de trabajo) de uso sistemático para todo trabajo que permita informar y seguir toda intervención?					

11. ¿Se reúnen periódicamente los capataces para debatir las prioridades, problemas de planning, personal, etc.?					

E. Gestión de Repuestos: Piezas de Recambio

1. ¿Disponen ustedes de un ambiente cerrado para almacenar las piezas de repuesto?					
2. ¿Ofrecen un servicio libre (por ejemplo, “wipe”) para las reparaciones de artículos de consumo habitual?					
3. ¿Llevan al día las fichas del stock, ya sea manuales o informatizadas?					
4. ¿Eliminan de forma sistemática las piezas obsoletas?					
5. ¿Realizan un seguimiento actualizado del consumo de artículos por equipamiento?					
6. ¿Está fácilmente disponible el valor y el número de los artículos?					
7. ¿Están las piezas debidamente guardadas e identificadas?					
8. ¿Se ha definido el stock mínimo de seguridad para cada ítem?					
9. ¿Están identificadas las piezas intercambiables?					
10. ¿Los procedimientos de aprovisionamiento son suficientemente flexibles para que el proveedor externo almacene al máximo de capacidad?					

F. Compra y Aprovisionamiento de Repuestos y Materias

1. ¿Existe un procedimiento formalizado y adaptado para la emisión de órdenes de compra y la aprobación de pedidos?					
2. ¿Hay una persona específicamente responsable del control de las órdenes de compra?					
3. ¿Se requiere la aprobación del responsable del servicio para cualquier solicitud de repuesto con un precio elevado?					
4. ¿Los plazos de emisión de las órdenes de compra son suficientemente cortos según su criterio?					
5. ¿Tienen acuerdos con proveedores para los artículos estándar o los consumibles?					
6. ¿Para artículos específicos (de consumo esporádico), recurren a proveedores distintos del fabricante del equipamiento?					
7. ¿Cuentan con un proceso de homologación (selección basada en criterios de calidad, oportunidad y costo) de los proveedores?					
8. ¿Existe coordinación entre el servicio de compras y el servicio de mantenimiento para las negociaciones con los proveedores?					

G. Organización Material del Taller de Mantenimiento

1. ¿Dispone su taller de algún sistema de climatización?					
2. ¿Hay un responsable de almacén?					
3. ¿Cada operario dispone de un puesto de trabajo bien identificado?					
4. ¿Es suficiente el espacio del taller de mantenimiento para los trabajos que les solicitan?					
5. ¿Podría estar mejor situado su taller en relación a los equipamientos que deben conservar?					

6. ¿Las oficinas de los jefes de grupo o supervisores están ubicadas “a pie de obra” en el taller?					
7. ¿El almacén de herramientas y repuestos se encuentra cerca de su taller?					
8. ¿El almacén de herramientas y repuestos está destinado exclusivamente al mantenimiento y a los trabajos nuevos que realizan?					
9. ¿Están adaptados los medios de manipulación y transporte (tecles, puente grúa, andamios, etc.) del taller?					

H. Herramientas

1. ¿Disponen ustedes de un inventario de herramientas y equipos de pruebas?					
2. ¿Se actualiza regularmente ese inventario?					
3. ¿Cada operario dispone de una caja de herramientas personal?					
4. ¿Tienen todas las herramientas especiales y los equipos que necesitan?					
5. ¿Realizan el mantenimiento preventivo con ayuda de los equipos de pruebas de su propiedad?					
6. ¿Están fácilmente disponibles y hay suficiente cantidad de herramientas y equipo?					
7. ¿Se lleva a cabo correctamente la calibración de los aparatos de medida?					
8. ¿Tienen por escrito el proceso de puesta a punto y uso de las herramientas?					
9. ¿Disponen de suficientes medios de manipulación in situ, como aparejos de mano o escaleras?					

I. Documentación Técnica

1. ¿Disponen ustedes de planos de conjunto y los esquemas necesarios?					
2. ¿Son suficientes los medios de fotocopiado?					
3. ¿Tienen documentación técnica general suficiente en áreas como mecánica, construcción, electricidad, nocividad y regulaciones?					
4. ¿Están disponibles las instrucciones técnicas de utilización y mantenimiento, así como el listado de piezas para equipamiento de mayor envergadura?					
5. ¿Son fácilmente obtenibles y utilizables (en español) los planos de las instalaciones?					
6. ¿Se actualizan los planos y esquemas a medida que se realizan modificaciones?					
7. ¿Se registran los trabajos de modificación de los equipamientos y se archivan los expedientes de preparación correspondientes (preparación, actualización de la documentación)?					
8. ¿Son fácilmente obtenibles los contratos de mantenimiento (ya sea de constructores o subcontratas)?					

J. Personal y Formación

1. ¿El ambiente de trabajo es generalmente positivo?					
2. ¿Los jefes de grupo coordinan correctamente los trabajos de los operarios?					

3. ¿Consideran que su personal tiene las competencias necesarias?					
4. ¿Se examinan en grupo (incluyendo a los operarios) los problemas que se presentan (círculos de calidad, grupos de mejora, etc.)?					
5. ¿Se realizan encuentros anuales de apreciación entre el personal ejecutivo y el operativo?					
6. ¿Los jefes de grupo y los operarios están lo suficientemente disponibles? (Por ejemplo, alargamiento de la jornada laboral para completar un trabajo, trabajo los sábados, etc.)					
7. ¿En el trabajo diario, considera que su personal tiene la iniciativa necesaria?					
8. ¿Recibe regularmente su personal formación en seguridad?					
9. ¿El servicio de mantenimiento programa y asume la formación del personal?					
10. ¿Se sigue rigurosamente la calificación y habilitación del personal?					
11. ¿Sus capataces aseguran regularmente el perfeccionamiento del personal en materias técnicas?					
12. ¿Sus capataces reciben adiestramiento en nuevas tecnologías a través de estancias, visitas a fábricas, ferias, etc.?					
13. ¿Tienen pérdidas importantes en tiempo productivo debido a retrasos o ausencias?					
14. ¿Son buenas las relaciones de su personal con los clientes (Operación/Producción, Logística, etc.)?					

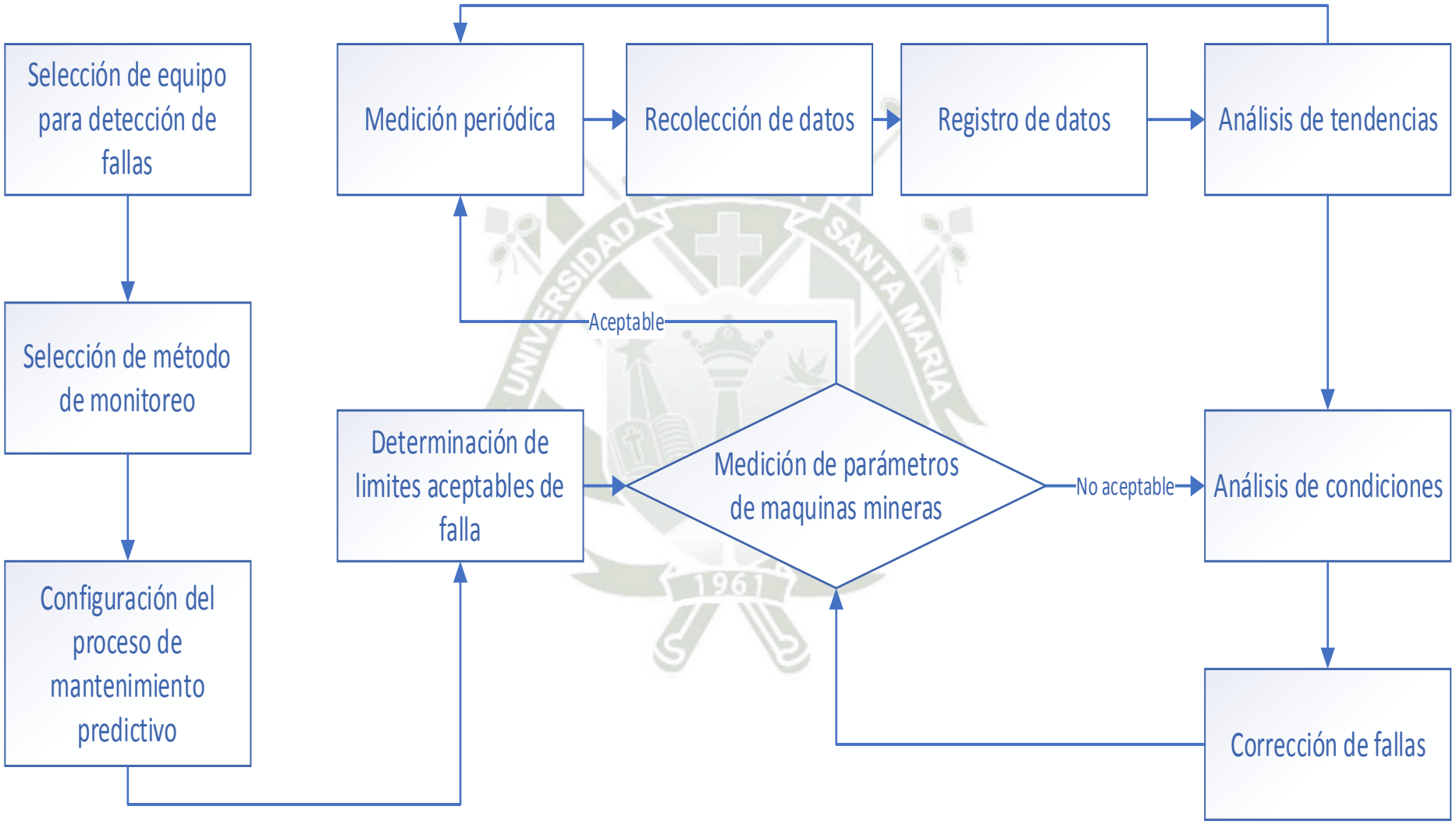
K. Subcontratación

1. ¿Tienen un procedimiento formal de evaluación de subcontratistas?					
2. ¿Se elaboran cuidadosamente los documentos descriptivos de los trabajos y los pliegos de condiciones?					
3. ¿La selección de los subcontratistas se lleva a cabo según criterios técnicos y de competencia?					
4. ¿Desde el punto de vista de la ubicación, tienen acceso a muchas empresas de subcontratación para las áreas que les interesan?					
5. ¿Subcontratan tareas para las que consideran que no disponen de suficientes técnicos?					
6. ¿Incluyen cláusulas de resultados en sus contratos con las empresas de subcontratación?					
7. ¿Desarrollan una garantía de calidad y colaboración con los subcontratistas?					
8. ¿Crean y actualizan un archivo por cada trabajo realizado, que permita registrar los diferentes eventos ocurridos según un procedimiento predeterminado?					
9. ¿El control de los trabajos de los subcontratistas y la recepción de estos trabajos lo lleva a cabo una persona de su servicio, especialmente designada y siguiendo procedimientos rigurosos?					
10. ¿Disponen de documentación específica (Razón Social, RUC, Representante Legal, etc.) sobre las empresas externas que realizan el mantenimiento del equipamiento?					

L. Control de la Actividad

1. ¿Se controla la eficacia del potencial de mantenimiento?					
2. ¿Controlan ustedes su carga de trabajo?					
3. ¿Disponen de un informe resumen de actividades?					
4. ¿Tienen un cuadro de mando que permita decidir las acciones correctivas a tomar?					
5. ¿Se generan informes regulares sobre el control de horas y costos de mano de obra, repuestos y TFS?					
6. ¿Siguen las especificaciones técnicas del servicio, incluyendo beneficio previsto no obtenido, seguridad de funcionamiento, disponibilidad de los equipamientos y plazos de respuesta?					
7. ¿Controlan los costos de mantenimiento, equipamiento por equipamiento?					
8. ¿El servicio de mantenimiento dispone de herramientas de gestión informatizada de la actividad (además de la gestión de los repuestos)?					
9. ¿Emite regularmente un informe de la actividad (mensual y anualmente)?					

Anexo N° 11 Procedimiento de evaluación de fallas en mantenimiento


Selección de equipo para detección de fallas
Selección de método de monitoreo
Configuración del proceso de mantenimiento predictivo
Medición periódica
Recolección de datos
Registro de datos
Análisis de tendencias
Aceptable
Determinación de limites aceptables de falla
Medición de parámetros de maquinas mineras
No aceptable
Análisis de condiciones
Corrección de fallas