

ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LOS EQUIPOS DEL  
ÁREA DE TRITURACIÓN DE LA EMPRESA CONSTRITURAR S.A.S

JULIÁN DAVID VARGAS RODRÍGUEZ  
OTTO FERNANDO VILLANUEVA HERRERA

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BOGOTÁ D.C.  
2.018

ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LOS EQUIPOS DEL  
ÁREA DE TRITURACIÓN DE LA EMPRESA CONSTRITURAR S.A.S

JULIÁN DAVID VARGAS RODRÍGUEZ  
OTTO FERNANDO VILLANUEVA HERRERA

Proyecto integral de grado para optar por el título  
INGENIERO MECÁNICO

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BOGOTÁ D.C.  
2.018

Nota de aceptación:

---

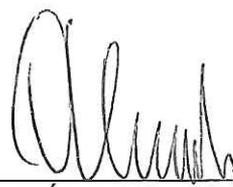
---

---

---

---

---



---

Ing. Álvaro Romero Suárez  
Presidente del Jurado



---

Ing. Gabriel Rivera  
Jurado 1



---

Ing. Francisco Campos  
Jurado 2

Bogotá D.C Febrero 6 de 2.018

## DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector de Claustro

Dr. Jaime Posada Díaz

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos

Dr. Jaime Posada García-Peña

Vicerrectoría Académica y de Posgrados

Dra. Ana Josefa Herrera Vargas

Secretario General

Dr. Juan Carlos Posada García-Peña

Decano General Facultad de Ingenierías

Ing. Julio Cesar Fuentes Arismendi

Director de Programa de Ingeniería Mecánica

Ing. Carlos Mauricio Veloza Villamil

La información presentada en este documento  
es responsabilidad exclusiva de los autores.

Este trabajo de grado está dedicado a nuestras familias, especialmente a nuestros padres por el apoyo que nos han brindado hasta este punto y por los consejos que nos han dado a lo largo de nuestras vidas.

A Dios, que nos brindó fortaleza y sabiduría para afrontar las dificultades presentadas.

En primera instancia le agradecemos a Dios por habernos dado la oportunidad de poder hacer muchos retos realidad, por darnos la fuerza y fe para no darnos por vencidos en los retos propuestos.

Gracias a nuestros padres por brindarnos el apoyo y confianza durante todo este tiempo para superar este reto. De igual manera gracias al Ingeniero Álvaro Romero y el Ingeniero Francisco Campos por brindarnos sus asesorías durante el desarrollo del proyecto.

Gracias a Constriturar S.A.S por brindarnos apoyo técnico para la realización del proyecto.

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	19
1. LA EMPRESA	21
1.1 ORÍGEN	21
1.2 MISIÓN	21
1.3 VISIÓN	21
1.4 ORGANIGRAMA	22
1.5 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO	22
1.5.1 Alimentador vibratorio	23
1.5.2 Trituradora de mandíbulas	23
1.5.3 Zaranda vibratoria de tres niveles	23
1.5.4 Trituradora de impacto	24
1.5.5 Bandas trasportadoras	24
1.6 ESTADO ACTUAL DEL MANTENIMIENTO	24
1.7 INFRAESTRUCTURA DE LA EMPRESA	25
1.8 DOCUMENTOS	26
1.9 REPUESTOS	26
1.9.1 Procedimientos	26
1.9.1.1 Compras	26
1.9.1.2 Almacén	26
1.9.1.3 Proveedores	26
1.9.1.4 Organización	27
2. DESCRIPCIÓN Y CODIFICACIÓN DE LA MAQUINARIA	28
2.1 ALIMENTADOR VIBRATORIO	28
2.2 TRITURADORA DE MANDÍBULA	29
2.3 ZARANDA VIBRATORIA DE TRES NIVELES	30
2.4 TRITURADORA DE IMPACTO	31
2.5 BANDAS TRASPORTADORAS	32
2.6 CODIFICACIÓN	32
3. ANÁLISIS DE CRITICIDAD	34
3.1 CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE EQUIPOS	34
3.2 VALORACIÓN DE CRITICIDAD	37
4. ANÁLISIS DE FALLA	39
4.1 NÚMERO PRIORITARIO DE RIESGO (RPN)	43
4.2 HOJA DE INFORMACION DE CADA EQUIPO	43

5. ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ DE LAS FALLAS (RCFA)	51
5.1 ÁRBOL LÓGICO DE FALLAS (ACR)	51
5.2 RCFA PARA ALIMENTADOR VIBRATORIO	52
5.2.1 Análisis causa raíz para falla de cardanes	52
5.2.2 Análisis causa raíz para la falla de motores eléctricos (AV)	55
5.3 RCFA PARA TRITURADORA DE MANDIBULAS	57
5.3.1 Análisis causa raíz para el desgaste de los bujes de los volantes	57
5.3.2 Análisis causa raíz para ruptura de correas (TM)	59
5.3.3 Análisis causa raíz para la falla de motor eléctrico (TM)	62
5.4 RCFA PARA ZARANDA VIBRATORIA	64
5.4.1 Análisis causa raíz para la falla de motores eléctricos (ZV)	64
5.5 RCFA PARA TRITURADORA DE IMPACTO	66
5.5.1 Análisis causa raíz para ruptura de correas (TI)	67
5.5.2 Análisis causa raíz para la falla de motores eléctricos (TI)	68
6. CODIFICACIÓN DE FALLAS Y FORMATOS PARA EL MANTENIMIENTO	71
6.1 CODIFICACIÓN DE FALLAS	71
6.2 FICHA TÉCNICA	73
6.3 SOLICITUD DE SERVICIO	75
6.4 ÓRDEN DE TRABAJO	77
6.5 HOJA DE VIDA	80
6.6 COSTO HORA DE FALLA	82
7. PROGRAMAS SISTEMATICOS	84
7.1 PROGRAMA DE INSPECCIÓN	84
7.1.1 Puntos clave de inspección	85
7.1.2 Matriz de tiempos y balance de cargas de inspección	88
7.1.3 Rutas de inspección	89
7.2 PROGRAMA DE LUBRICACIÓN	91
7.2.1 Matriz de tiempo y balance de carga para programa de lubricación	94
7.2.2 Ruta de lubricación	95
7.3 PROGRAMA DE AJUSTE Y LIMPIEZA	97
7.3.1 Distribución de tiempos y balance de cargas ajuste y limpieza	99
7.3.2 Rutas de ajuste y limpieza	100
7.4 PROGRAMACIÓN DE PUESTA A PUNTO	102
8. INDICADORES DE GESTION UNIVERSALES	105
8.1 DISPONIBILIDAD	105
8.2 CONFIABILIDAD	105
8.3 MANTENIBILIDAD	106
8.4 CALCULO INDICADORES	106
8.5 RESULTADOS INDICADORES	107
8.5.1 Indicadores para el primer contexto	107

8.5.2 Indicadores para el segundo contexto	107
8.5.3 Indicadores para el tercer contexto	108
8.6 ANALISIS DE LOS RESULTADOS	109
9. EVALUACIÓN FINANCIERA DEL PROYECTO	110
9.1 COSTOS DIRECTOS	110
9.2 COSTOS INDIRECTOS	112
9.3 INVERSIÓN INICIAL	113
9.4 PÉRDIDAS EN PRODUCCIÓN	114
9.5 FLUJO DE CAJA	115
9.6 ÍNDICES DE RENTABILIDAD	119
10. CONCLUSIONES	121
11. RECOMENDACIONES	122
BIBLIOGRAFÍA	123
ANEXOS	125

## LISTADO DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Proceso de producción	23
Figura 2. Árbol lógico en el RCFA	52
Figura 3. Árbol lógico ACR, falla de cardanes	53
Figura 4. Diseño cardan alimentador vibratorio	54
Figura 5. Árbol lógico RCA, falla de motores eléctricos (AV)	56
Figura 6. Árbol lógico RCA, falla en los volantes	58
Figura 7. Diseño trituradora de mandíbula	59
Figura 8. Arbol lógico ACR, falla de correas	60
Figura 9. Instalacion correcta de trasmicion polea correa	61
Figura 10. Árbol lógico RCA, falla de motor eléctrico (TM)	63
Figura 11. Árbol lógico RCA, falla de motor eléctrico (ZV)	65
Figura 12. Árbol lógico RCA, falla de correas (TM)	67
Figura 13. Árbol lógico RCA, falla de motor eléctrico (TI)	69

## LISTA DE IMÁGENES

	pág.
Imagen 1. Instalaciones Constriturar S.A.S.	25
Imagen 2. Alimentador vibratorio	28
Imagen 3. Trituradora de mandíbula	29
Imagen 4. Zaranda vibratoria de tres niveles	30
Imagen 5. Trituradora de impacto	31
Imagen 6. Motor eléctrico alimentador vibratorio	57
Imagen 7. Trasmisión polea correa (TM)	61
Imagen 8. Motor eléctrico trituradora de mandíbulas	64
Imagen 9. Despiece de motor eléctrico (ZV)	66
Imagen 10. Trasmisión correa polea trituradora de impacto	68
Imagen 11. Motor eléctrico triturador de impacto	70

## LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Codificación de equipos	33
Cuadro 2. Criterios a evaluar	35
Cuadro 3. Matriz de criticidad	37
Cuadro 4. Análisis de criticidad	38
Cuadro 5. Grado de severidad	40
Cuadro 6. Ocurrencia	41
Cuadro 7. Detección	42
Cuadro 8. Información Alimentador vibratorio	44
Cuadro 9. Información Trituradora de mandíbula	45
Cuadro 10. Información Zaranda vibratoria de tres niveles	46
Cuadro 11. Información Trituradora de impacto	47
Cuadro 12. Hoja AMEF; alimentador vibratorio	49
Cuadro 13. Hoja AMEF; trituradora de mandíbula	49
Cuadro 14. Hoja AMEF; zaranda vibratoria	50
Cuadro 15. Hoja AMEF; trituradora de impacto	50
Cuadro 16. Cadena de eventos para daño de cardanes	53
Cuadro 17. Cadena de eventos para daño de motores eléctricos (AV)	55
Cuadro 18. Cadena de eventos para desgaste de los bujes de los volantes	58
Cuadro 19. Cadena de eventos para falla de correas	60
Cuadro 20. Cadena de eventos para daño de motor eléctrico (TM)	62
Cuadro 21. Cadena de eventos para daño de motores eléctricos (ZV)	65
Cuadro 22. Cadena de eventos para falla en correas	67
Cuadro 23. Cadena de eventos para daño de motores eléctricos (TI)	69
Cuadro 24. Codificación de fallas	72
Cuadro 25. Costos de venta	83
Cuadro 26. Costo de producción	83
Cuadro 27. CHF equipos	83
Cuadro 28. Codificación subsistemas	85
Cuadro 29. Puntos clave de inspección alimentador vibratorio	87
Cuadro 30. Distribución de tiempos, inspección	88
Cuadro 31. Balance de cargas de inspección	89
Cuadro 32. Rutas de inspección Alimentador Vibratorio	90
Cuadro 33. Puntos de lubricación Alimentador Vibratorio	92
Cuadro 34. Carta de lubricación alimentador vibratorio	93
Cuadro 35. Distribución de tiempos, lubricación	94
Cuadro 36. Balance de cargas, lubricación	95
Cuadro 37. Ruta de inspección, lubricación	96
Cuadro 38. Puntos claves de ajuste y limpieza alimentador vibratorio	98

Cuadro 39. Distribución de tiempos, ajuste y limpieza	99
Cuadro 40. Balance de cargas, ajuste y limpieza	99
Cuadro 41. Ruta ajuste y limpieza	101
Cuadro 42. Programación puesta a punto Alimentador Vibratorio	103
Cuadro 43. Indicadores equipos críticos	109
Cuadro 44. Costo personal actual	111
Cuadro 45. Costo personal sugerido	111
Cuadro 46. Proyección de la inflación	112
Cuadro 47. Costo de compras	112
Cuadro 48. Costos de ingeniería	113
Cuadro 49. Costo inversión	113
Cuadro 50. Costo de indisponibilidad sin el plan	114
Cuadro 51. Costo de indisponibilidad con el plan (5%)	115
Cuadro 52. Costo de indisponibilidad con el plan (7%)	115
Cuadro 53. Flujo de caja A	117
Cuadro 54. Flujo de caja B	117
Cuadro 55. Flujo de caja C	118

## LISTA DE GRÁFICOS

	pág.
Gráfico 1. Porcentaje de codificación de fallas	73

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
Se adjunta CD con las siguientes carpetas	125
Anexo A. Fichas Técnicas	
Anexo B. Solicitud de Servicio	
Anexo C. Orden de Trabajo	
Anexo D. Hojas de Vida	
Anexo E. Puntos de Inspección	
Anexo F. Rutas de Inspección	
Anexo G. Puntos de Lubricación	
Anexo H. Cartas de Lubricación	
Anexo I. Puntos clave de ajuste y limpieza	
Anexo J. Indicadores de Gestión	

## LISTA DE FORMATOS

	pág.
Formato 1. AMEF	48
Formato 2. Ficha técnica alimentador vibratorio	74
Formato 3. Solicitud de servicio	76
Formato 4. Orden de trabajo	78
Formato 5. Hoja de vida Alimentador vibratorio	81

## RESUMEN

Para realizar el plan de mantenimiento del área de trituración de la empresa Constriturar S.A.S se inició con la recolección de datos durante 2 meses, y de esta manera tener la información necesaria para dar inicio al desarrollo del proyecto.

Luego se describió el proceso de trituración que emplea la empresa y los equipos que hacen parte del área de trituración de la línea A, las cuales se van a intervenir, observando el estado actual del mantenimiento.

Se creó un proceso de codificación para los equipos, se estableció la criticidad para cada uno y de esta manera determinar para qué equipos se va desarrollar el plan. Después de esto se elaboró el análisis de falla y árbol lógico de decisiones respectivamente.

Se elaboraron los formatos de solicitud de trabajo, órdenes de trabajo, hoja de vida y ficha técnica para cada equipo, y de esta forma, realizar los programas sistemáticos para cada uno de ellos, luego se diseñó la puesta a punto y se dio inicio al cálculo de los indicadores de gestión. Por último, se realizó la evaluación financiera del proyecto,

**PALABRAS CLAVE:** Elaboración, Plan de Mantenimiento, Constriturar S.A.S.

## INTRODUCCIÓN

La empresa, presenta paradas no programadas en los equipos del área de trituración, generando así disminución en la productividad, baja disponibilidad de los equipos y posibles accidentes al operario del equipo. Por esta razón la *importancia* de la elaboración del plan de mantenimiento, ya que con este se pretende mitigar lo anterior.

El problema se *origina*, en las paradas no programadas de los equipos, siendo consecuentes al no tener previsto un plan de mantenimiento y solo realizar acciones correctivas, generando así sobrecostos operativos y de producción.

La realización del proyecto tiene como *objetivo* general: “Elaborar un plan de mantenimiento para los equipos del área de trituración de la empresa CONSTRITURAR S.A.S” con el fin de desarrollar los siguientes objetivos específicos;

- ✓ Elaborar el estado actual del mantenimiento y de los equipos
- ✓ Seleccionar los equipos para la implementación del plan
- ✓ Elaborar el contexto operacional de los equipos, definir sus funciones y los estándares de ejecución
- ✓ Diagnosticar y clasificar los tipos de fallas, y elaborar el árbol lógico de decisiones
- ✓ Desarrollar un análisis de causa raíz
- ✓ Seleccionar mediante el uso del árbol lógico las causas que originan las fallas
- ✓ Determinar las fallas críticas y codificarlas
- ✓ Elaborar el plan de inspección, lubricación, ajuste y limpieza
- ✓ Programar las actividades para una puesta a punto de los equipos
- ✓ Evaluar financieramente el proyecto

Este plan de mantenimiento se *justifica*, con el fin de disminuir las paradas de emergencia, aumentando la disponibilidad de los equipos de trituración, la productividad de la empresa y disminuyendo los riesgos laborales.

Dentro de las *limitaciones* se elaborará un plan de mantenimiento en el que se tendrán en cuenta solo los equipos del área de trituración. El proyecto se limitará a la elaboración del plan de mantenimiento y no se incluirá la implementación.

La *metodología* se basará en la recolección de datos. Luego se hará la selección de los equipos que se deben estudiar para el diseño del plan de mantenimiento. Por consiguiente, se deberá tener en cuenta los requerimientos de cada fabricante de los equipos, ya que ellos generalmente recomiendan un plan de mantenimiento para las fallas que se presentan en estos. Así mismo, se deberá analizar las hojas de vida de cada equipo y el historial de fallas del mismo para saber cuáles se han presentado durante la operación, para luego realizar un análisis de causa raíz. Se requiere realizar los formatos con base en órdenes de trabajos, para saber en qué periodo se hará la inspección de cada equipo, debido a que los equipos han presentado diferentes fallas y suelen tener paradas de emergencia. Para esto se necesita tener unos periodos de inspección ya establecidos.

Lo anterior se tendrá en cuenta para realizar el plan de mantenimiento para la empresa Constriturar S.A.S y con esto disminuir los mantenimientos correctivos.

La *aplicación* de este proyecto está enfocado a los equipos del área de trituración de la empresa Constriturar S.A.S.

## 1. LA EMPRESA

La siguiente información fue suministrada por la empresa Constriturar S.A.S.

### 1.1 ORÍGEN

CONSTRITURAR SAS., se constituye en el año 2.001, en respuesta a la demanda presentada por las obras de infraestructura que a partir de esta fecha se han desarrollado en la ciudad de Bogotá, cuenta con 15 años de experiencia en minería a cielo abierto. La empresa se especializa en transformar y transportar con tecnología de punta materiales granulares utilizados en la construcción de vías, andenes parques, rellenos y redes de alcantarillado, así como en la ejecución de obras de infraestructura vial. Garantizando su eficacia para mantenerse como líderes en calidad y en servicio.

El objeto principal es la trituración y transformación de materiales pétreos de la mejor calidad para su comercialización, transporte de carga pesada a cualquier destino del país en vehículos propios, permanentemente actualizados en sus modelos y contratando con terceros para el mismo fin. Constriturar S.A.S contribuye al desarrollo de la infraestructura Nacional.

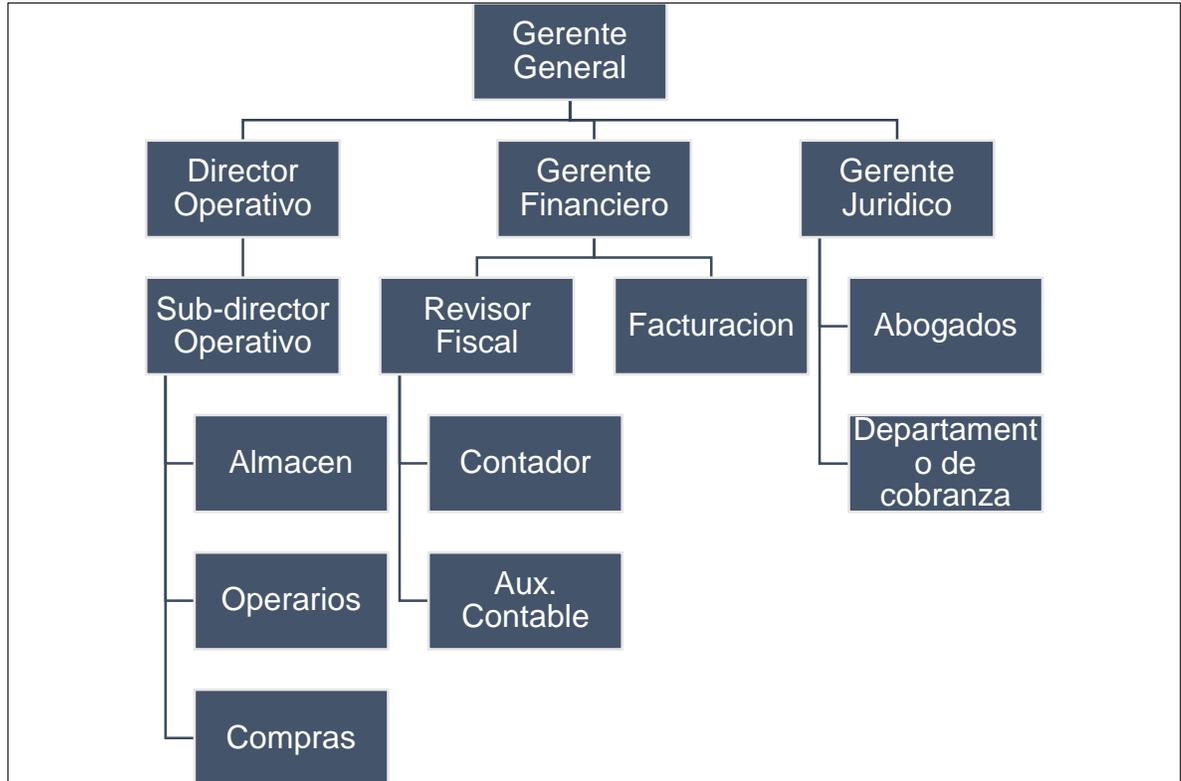
### 1.2 MISIÓN

El compromiso de CONSTRITURAR SAS es la satisfacción de las necesidades y expectativas del cliente, participar en los procesos de desarrollo del país mediante la transformación, comercialización y transporte de agregados pétreos con altos estándares de calidad. Destacando además por su dedicación a la formación, capacitación y desarrollo de sus colaboradores. Respeto integral al medio ambiente y su recuperación pensando en las generaciones futuras.

### 1.3 VISIÓN

Para el 2.020 incursionaremos en el mercado Nacional con la puesta en marcha de nuevas plantas de producción de agregados pétreos con su innovación, tecnología de punta y habilidad para competir exitosamente en los mercados Nacionales siendo fiel al compromiso con el desarrollo y bienestar económico del País, dirigiendo su crecimiento a mejorar su capacidad de respuesta con la calidad de sus productos y talento humano.

#### 1.4 ORGANIGRAMA



Fuente: Constriturar S.A.S

#### 1.5 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

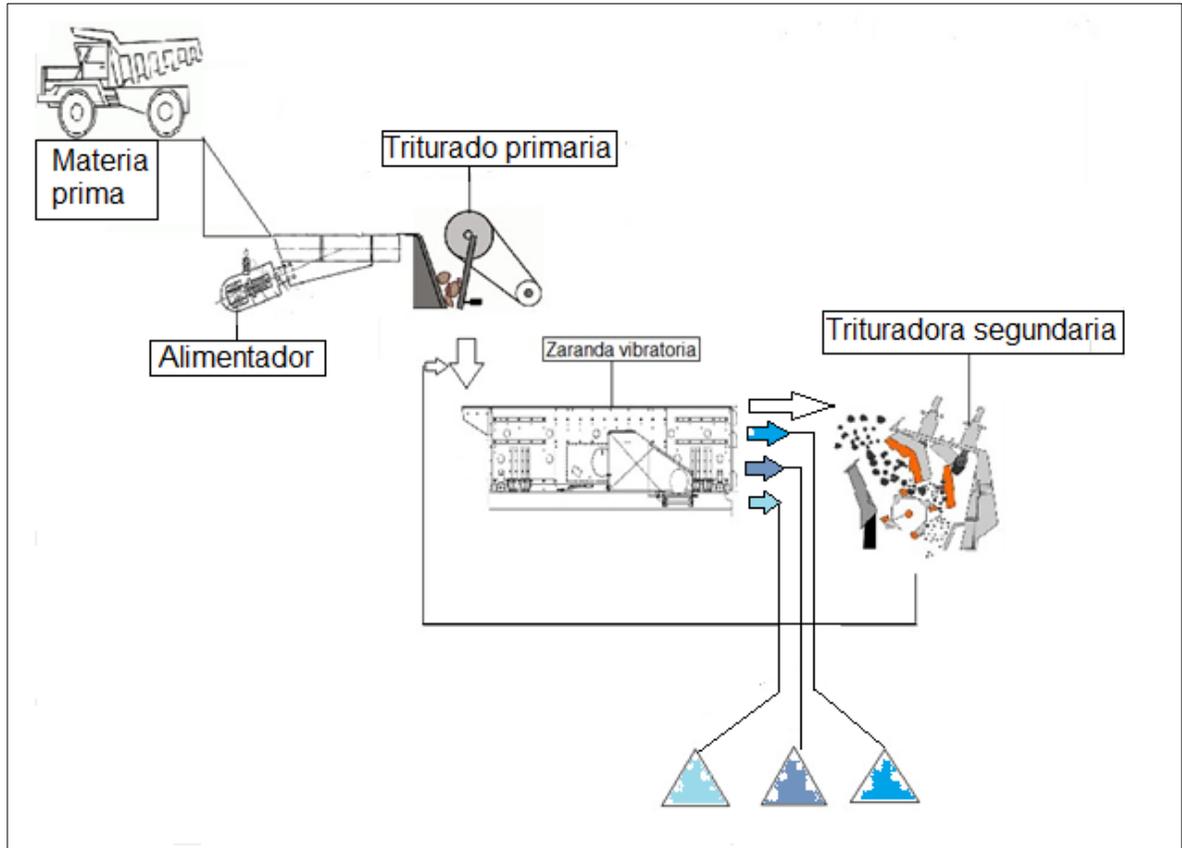
La fase de producción de Constriturar S.A.S. comienza desde la extracción de roca en la cantera que se encuentra ubicada en Mochuelo.

La obtención de la materia prima inicia con la ayuda de retroexcavadoras, que se encargan de extraer la roca desde la peña con unas dimensiones aproximadas de 50in a 60in, esta es trasladada al lugar donde se encuentra el martillo hidráulico el cual es el encargado de disminuir el tamaño de la piedra de 20in a 30in.

Después de pasar el proceso de la extracción es transportada por medio de volquetas hasta el área donde se encuentran los equipos de trituración, esta se descarga en la tolva de alimentación. A continuación se da inicio al proceso de trituración, este comienza con la activación del alimentador vibratorio el cual se encarga de alimentar con materia prima a la trituradora de mandíbulas (trituradora primaria), en este proceso se reduce hasta un tamaño aproximado de 4in. El material que sale del primer triturador va a una banda transportadora que lo traslada hasta la zaranda vibratoria de tres niveles, haciendo una selección del material triturado, el que no es seleccionado es rechazado por una banda transportadora hasta la trituradora de impacto (trituradora secundaria) para que

por medio de los martillos de impacto reduzca el tamaño del material, siendo transportado nuevamente hasta la zaranda para completar el proceso de trituración. Al haber terminado el proceso es transportado por bandas obteniendo un material final como lo son los triturados de 1in a 2in.

Figura 1. Proceso de producción



1.5.1 Alimentador vibratorio. Este tipo de alimentador de dirección lineal, se encarga de dosificar material de manera continua y regular, mientras que al mismo tiempo, deja pasar el material fino por medio de barras de pantalla. La función de este es alimentar la trituradora primaria.

1.5.2 Trituradora de mandíbulas. Esta trituradora primaria se encarga del primer triturado por medio de las mandíbulas. El material triturado que se obtiene no es en su totalidad del tamaño esperado por esta razón se debe llevar a otra área de trituración.

1.5.3 Zaranda vibratoria de tres niveles. Se utiliza para clasificar materiales de diferentes dimensiones después del triturado.

1.5.4 Trituradora de impacto. Esta máquina aprovecha de un impacto o golpe para romper o triturar el material, esta trituradora proporciona un mejor triturado ya que a la salida las dimensiones del material son menores.

1.5.5 Bandas transportadoras. Esta área de trituración cuenta con 5 bandas transportadoras.

## 1.6 ESTADO ACTUAL DEL MANTENIMIENTO

La empresa CONSTRITURAR S.A.S en la actualidad solo realiza operaciones de mantenimiento correctivo para sus dos líneas de producción de materiales pétreos las líneas de producción operan 8 horas al día, 6 días de la semana. Los trabajos que se realizan en el área de trituración por causa de falla, son informados por el operador del equipo, quien da a conocer al sub director operativo que hubo una parada en la producción, este se dirige al área afectada a realizar la inspección adecuada, luego de saber cuál fue el daño pasa a la persona encargada del almacén un listado con los repuestos que se necesitan para la reparación del equipo y así saber si tienen en stock los repuestos para llevar a cabo la reparación, si no los hay se va a la persona de compras a quien se le da la lista de los repuestos necesarios para el arreglo de la falla. Esta persona se encarga de llamar a los proveedores el mismo día que se le solicitan los repuestos, si los distribuidores no tienen en disponibilidad los repuestos se importan de estados unidos, esto tardaría de 5 a 10 días en llegar y al día siguiente de estar los repuestos ya en la empresa se inicia con el mantenimiento correctivo en el equipo correspondiente.

Luego de que el repuesto se encuentre en la empresa, se inicia la reparación de la falla. Esta reparación la lleva a cabo el operario del equipo bajo la supervisión del subdirector operativo, la reparación se ejecuta en el sitio donde se encuentra ubicado el equipo. Si la falla presentada requiere de un taller metalmecánico, la pieza es desmontada por el operario y es llevada al taller de confianza de la empresa.

El subdirector operativo delega funciones a quienes van a realizar el mantenimiento al equipo esto son; el operador, soldador y ayudante. El soldador, mira que piezas o láminas están desoldadas, si se encuentran piezas desoldadas, se realiza el proceso de soldadura correspondiente de la pieza, hace ajustes si es necesario, mientras que el ayudante y el operador montan el repuesto nuevo, por el cual se presentó la falla. Esta es la manera en la que se distribuye el trabajo de mantenimiento para el área de trituración.

La empresa no cuenta con un Sistema de control del mantenimiento previo, para los equipos que presentan fallas, simplemente hay acuerdo verbal entre el sub-

director y el operario para el procedimiento que se le realice y que repuestos utilizaran para colocar el equipo en servicio.

Ya que no están previstas las paradas y ni el tiempo de duración del mantenimiento, esto genera un costo adicional a la producción.

El mantenimiento actual que se le realiza al área de trituración se hace bajo la pauta del operador, no se tienen cronogramas para lo que es la lubricación y ajuste, esto se realiza dos veces a la semana normalmente los días Miércoles y sábado, o cuando al operario le parezca oportuno.

### 1.7 INFRAESTRUCTURA DE LA EMPRESA

La empresa Constriturar S.A.S está ubicada en Mochuelo, Bogotá (imagen 1).

El terreno donde se encuentra instalada la planta principal es propio de la empresa, la cual cuenta con almacenamiento de repuestos, catálogos de maquinaria, zonas de mantenimiento y zonas de capacitaciones para el personal. El área donde se realiza el mantenimiento está equipada con las herramientas necesarias para llevar acabo las operaciones de mantenimiento correctivo.

Imagen 1. Instalaciones Constriturar S.A.S.



Fuente: Constriturar S.A.S

## 1.8 DOCUMENTOS

Constriturar S.A.S no cuenta con los formatos básicos para el mantenimiento, solo se cuenta con las hojas de vida que ya venían implementando y con la documentación de dos equipos del área de trituración los cuales son;

- ✓ Ficha técnica trituradora de mandíbulas
- ✓ Ficha técnica de trituradora de impacto Tesab

La documentación que se mencionó se encuentra en físico, estos documentos los maneja la persona encargada del almacén.

## 1.9 REPUESTOS

Constriturar S.A.S cuenta con un almacén de repuestos en las instalaciones de la empresa, que está controlado por el director operativo.

1.9.1 Procedimientos. La empresa maneja los siguientes procesos.

1.9.1.1 Compras. Todo el procedimiento de compras se realiza según el stock de repuestos que hay en el almacén dependiendo de la necesidad de mantenimiento de cada equipo o la solicitud del operador. No obstante, la falta de un sistema de control que muestre los repuestos que hay en stock de esta manera podría salir más costosa el mantenimiento.

1.9.1.2 Almacén. En este cargo hay una persona responsable de llevar los repuestos a las bodegas de las instalaciones y también hace entrega de estos a los operadores o mecánicos.

Los tipos de repuestos que se encuentran en el almacén son lo que se utilizan para colocar en servicio el equipo de trituración al momento de presentar una falla, los repuestos que se encuentran son los siguientes: mandíbulas de impacto, martillos de impacto, pantallas de impacto, rodamientos, mallas y correas. El consumo de estos repuestos depende a la cantidad de fallas que se presenten.

El almacén tiene unos formatos de salida de repuestos, pero no es eficiente ya que esta información queda en hojas y no va directamente a un sistema con el cual se pueda llevar un mejor control de los repuestos que hay en stock.

1.9.1.3 Proveedores. La empresa cuenta con un listado de proveedores, los cuales satisfacen las necesidades de repuestos que no se encuentran en stock en el almacén, y así ejecutar el mantenimiento correctivo en el respectivo equipo. Estos son los principales proveedores;

- ✓ Londo motor

✓ Retenedores y balineras Ltda

✓ Comanse Ltda

✓ Intertram Ltda

✓ Repsol

1.9.1.4 Organización. La empresa actualmente no cuenta con un departamento de mantenimiento, para llevar a cabo la reparación de la falla es necesaria la ayuda del operador, un ayudante, soldador y subdirector operativo.

El operario del equipo es una persona indispensable en la empresa ya que este es el encargado de colocar a trabajar, de reparar el equipo si se presenta alguna falla y ejecutar la lubricación cuando le parezca oportuno. Este personal es de planta.

Si el equipo de trituración necesita el diseño y fabricación de alguna pieza es necesario contactar a personal externo,

## 2. DESCRIPCIÓN Y CODIFICACIÓN DE LA MAQUINARIA

El equipo al que se le realizará el plan de mantenimiento fue seleccionado por la empresa, debido a la baja disponibilidad del mismo y a los altos costos en mantenimientos correctivos que se presenta mediante su operación.

Es un equipo de trituración que consta de: un alimentador vibratorio, una trituradora de mandíbulas, una zaranda vibratoria de tres niveles y una trituradora de impacto.

A continuación, se describirá la maquinaria y se darán las características de los equipos del área de trituración de la línea A de la empresa CONSTRITURAR S.A.S.

### 2.1 ALIMENTADOR VIBRATORIO

Imagen 2. Alimentador vibratorio



Fuente: <http://hjcrusher.es/1-vibrating-feeder-9.html>

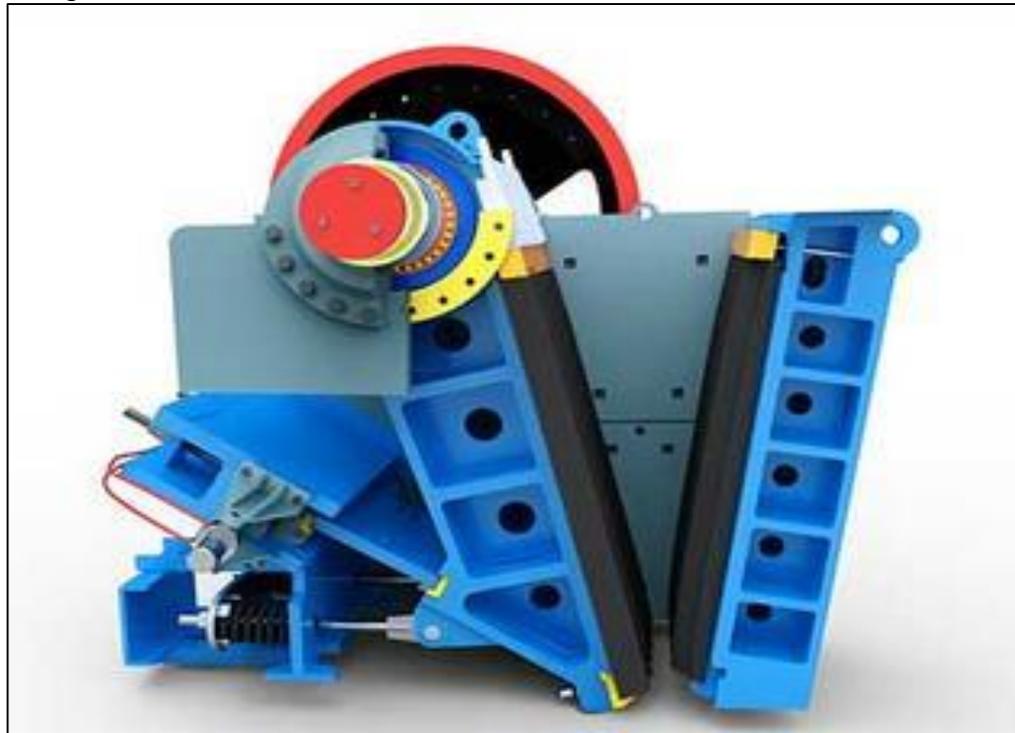
Diseñado para dosificar los materiales pétreos que entra a la trituradora primaria.

- ✓ Fabricado en lámina de 5/8 in anti desgaste
- ✓ Sus dimensiones son de (L \* W \* H): 2.200 x 1.200 x 800 mm
- ✓ Su capacidad de alimentación es de 50 t/h. el peso del alimentador es de 3 ton

- ✓ Su funcionamiento depende de dos motores eléctricos que trabajan por medio de un acoplamiento a una transmisión de cardanes, la velocidad de cada motor es de 1800 rpm, con una potencia de 10 hp cada motor, los motores dependen de una alimentación eléctrica para su trabajo

## 2.2 TRITURADORA DE MANDÍBULA

Imagen 3. Trituradora de mandíbula



Fuente: Aplicación de mecanismos copy1.emaze presentations Web  
Sit.<https://www.emaze.com/@AWIWLOTR>. Accessed Se28, 2017.

Diseñada para hacer la primera etapa de trituración.

- ✓ La carcasa de la trituradora está hecha de lámina de 2 in
- ✓ Las dimensiones exteriores son 1.900 x 1.876 x 1.821 mm
- ✓ Las mandíbulas están fabricadas en acero al manganeso, dándole así alta dureza y ductilidad. Tienen unas dimensiones de 800 x 1.000 mm y una medida de entrada de 500 x 750 mm, con una capacidad de trituración de 40 t/h
- ✓ Su funcionamiento es por medio de un motor eléctrico que trabaja 3.600rpm, con una potencia de 40 hp, por medio de una transmisión de polea correa

### 2.3 ZARANDA VIBRATORIA DE TRES NIVELES

Imagen 4. Zaranda vibratoria de tres niveles



Fuente: Constriturar S.A.S

Empleada para clasificar materiales de diferentes dimensiones después del triturado primario.

- ✓ La carcasa de la zaranda está hecha de lámina de 5/16 in sus dimensiones exteriores son 1.200x3.000x1.200 mm
- ✓ Las mallas, que posee esta zaranda son fabricadas en acero galvanizado y sus dimensiones de agujero varían con respecto a cada nivel: malla primer nivel 1 1/2 in, malla segundo nivel 3/4 in y malla tercer nivel 1/2 in.
- ✓ El área del tamiz es de  $7,2 m^2$ . Su medida de entrada es 200 mm, con una capacidad de 15 t/h
- ✓ Esta zaranda funciona por medio de un motor eléctrico que trabaja a 900 rpm con una potencia de 15 hp, por medio de una transmisión de cardan.

## 2.4 TRITURADORA DE IMPACTO

Imagen 5. Trituradora de impacto



Fuente: Constriturar S.A.S

Se encuentra en la línea final del proceso de trituración ya que proporciona un triturado más fino.

- ✓ La carcasa de la trituradora de impacto está hecha de lámina de 5/8in las dimensiones exteriores son 1.200x1.500x1.800 mm
- ✓ Las pantallas en lámina HR que usa este impacto son de 1 in de espesor. Está conformado por 4 martillos de acero al manganeso. Con una capacidad de 50 t/h
- ✓ Su funcionamiento es por medio de un motor eléctrico que trabaja 3.600 rpm, con una potencia de 25 hp, por medio de una transmisión de polea-correas

## 2.5 BANDAS TRASPORTADORAS

Imagen 5. Bandas transportadoras



Fuente: Constriturar S.A.S

El área de trituración cuenta con 5 bandas transportadoras, cada una tiene un motor de 7,5 hp, trabaja a 1.160 rpm y un reductor de 5,5 hp.

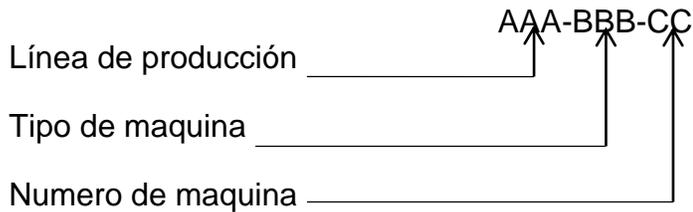
## 2.6 CODIFICACIÓN

La codificación es muy importante para la realización de un plan de mantenimiento, ya que por medio de este sistema se manejará una identificación e historial de cada equipo, creando así un orden en el área de mantenimiento.

Los sistemas de codificación para los equipos del área de trituración están basados en la norma ISO 55.000, la cual dice que para realizar una codificación se debe definir una jerarquización. Para Constriturar S.A.S se elaboró respecto al tipo de equipo, número de este y a la línea de trituración que pertenece.

La empresa cuenta con dos líneas de trituración las cuales en este documento se llamarán “línea A” y “línea B”, La línea de interés, a la cual se le diseñara el plan de mantenimiento será la “línea A”.

A continuación, se mostrará cómo es la codificación de los equipos;



A continuación, se mostrará el ejemplo de la codificación del alimentador vibratorio;

A-AV-01

Donde;

A: Línea de producción

AV: Tipo de máquina

01: Numero de la maquina

Cuadro 1. Codificación de equipos

Línea	Máquina	Descripción	Numero	Código
A	Alimentador vibratorio	AV	01	A-AV-01
	Trituradora de Mandíbula	TM	02	A-TM-02
	Zaranda vibratoria de tres niveles	ZV	03	A-ZV-03
	Trituradora de impacto	TI	04	A-TI-04
	Banda 1	BN1	05	A-BN1-05
	Banda 2	BN2	06	A-BN2-06
	Banda 3	BN3	07	A-BN3-07
	Banda 4	BN4	08	A-BN4-08
	Banda 5	BN5	09	A-BN5-09

### 3. ANÁLISIS DE CRITICIDAD

El análisis de criticidad permite reconocer y generar una jerarquización de la maquinaria que hay en la línea de producción, de acuerdo con el impacto global que tenga, apoyando la toma de decisiones para la gestión del mantenimiento.

A partir de este análisis se espera conocer la criticidad de las máquinas de la línea de producción A, evaluada desde la parte operacional.

El análisis de criticidad determina rangos que representan las frecuentes fallas evaluando las consecuencias del proceso de producción.

#### 3.1 CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE EQUIPOS

Los criterios<sup>1</sup> que se tuvieron en cuenta a la hora de evaluar los riesgos que se pueden presentar en los equipos del área de trituración de la línea A, son los siguientes.

- ✓ Flexibilidad operacional: Evalúa la posibilidad con la que se coloca en funcionamiento una maquina cuando ocurre una falla, de acuerdo a la disponibilidad de equipos alternos o de repuestos
- ✓ Impacto en producción: cuantifica las consecuencias que los eventos no deseados generan sobre el negocio, en específico el impacto que se va tener en producción
- ✓ Impactos en costos de mantenimiento: Cuantifica el costo aproximado de las reparaciones incluyendo valores de repuestos, materiales y mano de obra. Según la empresa
- ✓ Impacto en seguridad, higiene y ambiente: Evalúa el costo que puede representar la ocurrencia de una falla frente a la salud del personal de la planta y del medio ambiente
- ✓ Frecuencias de fallas: Evalúa el estado de cada uno de los equipos que intervienen en el proceso de acuerdo con el número de fallas que se presentan dentro de un periodo de tiempo

---

<sup>1</sup> PARRA MÁRQUEZ Carlos Alberto; CRESPO MÁRQUEZ, Adolfo. Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicada a la Gestión de Activos, 1ed. Sevilla; Ingemag, 2012. 57 p.w

Cuadro 2. Criterios a evaluar

<p>Frecuencia de falla (FF)</p> <p>✓ frecuente mayor a 2 fallas/año 4</p> <p>✓ Promedio 1 – 2 fallas/año 3</p> <p>✓ Buena 0,5 – 1 fallas/año 2</p> <p>✓ excelente &lt; 0,5 fallas /año 1</p>	<p>Costo de mantenimiento para la totalidad de los equipo/año (CM)</p> <p>✓ Mayor o igual a \$22´000.000 2</p> <p>✓ Inferior a \$22´000.000 1</p>
<p>Impacto operacional (IO)</p> <p>✓ Pérdidas de producción superiores al 75% 10</p> <p>✓ Perdida de producción entre el 50 y el 74% 7</p> <p>✓ Pérdidas de producción entre el 25 y 49% 5</p> <p>✓ Pérdidas de producción entre el 10 y el 24% 3</p> <p>✓ Pérdidas de producción menor al 10% 1</p>	<p>Impacto en seguridad, higiene y ambiente (SHA)</p> <p>✓ Riesgo alto de perdida de vida, daños graves a la salud del personal y/o incidente ambiental mayor que excede los límites permitidos 8</p> <p>✓ Riesgo medio de perdida de vida daños importantes a la salud y/o incidente ambiental de difícil restauración 6</p> <p>✓ Riesgo mínimo de perdida de vida y afección a la salud y/o incidentes ambientales fáciles de manejar 3</p>
<p>Flexibilidad operacional (FO)</p> <p>✓ No hay producción sin repuestos 4</p> <p>✓ Hay opción de repuestos/ compartido 2</p> <p>✓ Función de repuesto disponibles 1</p>	<p>✓ No provoca ningún daño a Personas, instalaciones o ambiente 1</p>

Fuente: PARRA MÁRQUEZ Carlos Alberto; CRESPO MÁRQUEZ, Adolfo. Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicada a la Gestión de Activos, 1ed. Sevilla; Ingemag, 2012.

La criticidad total se obtiene del análisis tomando en cuenta el riesgo como se contempla en la siguiente expresión;

$$CTR = FF \times C$$

Donde;

- ✓ CRT: Criticidad total del equipo
- ✓ FF: Frecuencia de fallos
- ✓ C: Consecuencia de los eventos de fallo

Donde el valor de las consecuencias se obtiene a partir de la siguiente expresión;

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

Donde;

IO: Factor de impacto en la producción

FO: Factor de flexibilidad operacional

CM: Factor de costos de mantenimiento

SHA: Factor de impacto operacional, higiene y ambiente

La expresión final que utiliza la criticidad total por riesgo es;

$$CRT = FF \times [(IO \times FO) + CM + SHA]$$

Para hallar el nivel de criticidad de cada equipó, se debe tener en cuenta los valores totales de cada uno de los factores principales en la expresión anterior. La frecuencia y las consecuencias de los fallos se ubican en una matriz de criticidad 4x4. Los valores de la frecuencia se ubican en el eje de la Y, y los valores de las consecuencias se ubican en el eje de la X.

La matriz de criticidad jerarquiza los sistemas en tres áreas;

- ✓ Área de equipos no críticos
- ✓ Área de equipos de media criticidad
- ✓ Área de equipos críticos

Cuadro 3. Matriz de criticidad

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

Fuente: PARRA MÁRQUEZ Carlos Alberto; CRESPO MÁRQUEZ, Adolfo. Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicada a la Gestión de Activos, 1ed. Sevilla; Ingemag, 2012.

En el siguiente ejemplo se muestra cómo se haya la criticidad de un equipo, en este se casó se hará con la trituradora de mandíbulas.

Se halla el valor de la consecuencia;

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

$$C = (10 \times 4) + 2 + 3 = 45$$

Luego se halla el valor de la criticidad total;

$$CRT = FF \times [(IO \times FO) + CM + SHA]$$

$$CRT = 4 \times 45 = 180$$

El valor obtenido de criticidad total es de 180, se observa en el cuadro 3, y se define que es mayor a 50 siendo así un equipo crítico.

### 3.2 VALORACIÓN DE CRITICIDAD

En el cuadro 4, se puede observar el análisis de criticidad para cada equipo de la línea de interés (línea A).

Cuadro 4. Análisis de criticidad

Código	Impacto operacional	Flexibilidad operacional	Costo de mantenimiento	Impacto en seguridad y ambiente	Consecuencia	Frecuencia de fallas	CRT
A-AV-01	7	2	1	3	18	4	72
A-TM-02	10	4	2	3	45	4	180
A-ZV-03	10	2	1	3	24	4	96
A-TI-04	10	2	2	3	25	4	100
A-BN1-05	3	2	1	1	8	3	24
A-BN2-06	3	2	1	1	8	3	24
A-BN3-07	3	2	1	1	8	3	24
A-BN4-08	3	2	1	1	8	3	24
A-BN5-09	3	2	1	1	8	3	24

Los criterios para dar el valor al impacto operacional, flexibilidad operacional, costo de mantenimiento, impacto ambiental y frecuencia de falla, fueron dados por el operario encargado de los equipos y el personal que efectúa el mantenimiento correctivo.

Al determinar el análisis de criticidad, se evidencia que la empresa Constriturar S.A.S, posee una totalidad de 9 equipos, del área de trituración de la línea A, en los cuales se observó que 4 de los equipos se encuentran en estado crítico representando así un alto riesgo en la disponibilidad y 5 equipos se encuentran en estado no crítico.

#### 4. ANÁLISIS DE FALLA

En este capítulo se van a analizar los elementos mecánicos y eléctricos de los equipos de trituración de la línea A, para así determinar la causa de falla de cada máquina, empleando este método se pretende reducir la frecuencia de las fallas, al mismo tiempo aumentar la disponibilidad del equipo y así disminuir los costos en la empresa. El análisis de falla se realizara solo para los equipos que se encuentran en estado críticos.

Para la ejecución del análisis de falla, se emplearon las hojas de vida existentes y los criterios del operario encargado de los equipos de trituración.

El análisis de fallas se va realizar siguiendo los parámetros del análisis, modo y efecto de la falla (AMEF), para determinar cuál es el riesgo del proceso de producción, considerando las causas de las fallas potenciales que se pueden presentar, por medio del método de ayuda en la prevención del riesgo. Hay que localizar la severidad del fallo percibido por el operario, la ocurrencia y la detección, para así poder hallar el número prioritario de riesgo (RPN).

Los criterios a mencionar son necesarios para la realización del análisis;

- ✓ Severidad: se analiza el efecto de falla en el cliente
- ✓ Ocurrencia: Refleja el número de fallas en un periodo de tiempo
- ✓ Detección: muestra que probabilidad hay de no detectar la falla o el problema en el equipo

Cuadro 5. Grado de severidad

	Severidad o efecto	Calif.
EXTREMA	Puede dañar la maquina o al operador. Peligro sin advertencia.	10
	Puede dañar la maquina o al operador. Peligro con advertencia	9
ALTA	Interrupción mayor de la línea de producción. Perdida de la función primaria. 100% desperdicio.	8
	Reducción del desempeño de la función primaria. El producto requiere clasificación. Algo de desperdicio.	7
MODERADA	Interrupción menor de la producción. Algo de desperdicio. Perdida del desempeño de la función secundaria.	6
	Interrupción menor a la producción. 100% de retrabajo. Desempeño reducido de la función secundaria.	5
	Defecto menor identificado por casi todos los clientes. El producto requiere clasificación.	4
BAJA	Ajuste y acabado articulado con o sin ruido. Defecto menor identificados por algunos clientes.	3
	Los defectos pueden ser retrabajados en el lugar. Defecto menor identificado por un cliente observador.	2
NULA	No hay defecto	1

Fuente: Lean solutions. AMEF, análisis de modo Y efecto de la falla – lean v solutions. <http://www.leansolutions.co/conceptos/amef/>. Accessed Sep26,2017.

Cuadro 6. Ocurrencia

	Probabilidad de ocurrencia	Calificación
Muy alta	La falla es casi inevitable	10
		9
Alta	El proceso no está en control estadístico. Procesos similares	8
		7
Moderada	El proceso está en control estadístico pero con fallas aisladas procesos previos tiene fallas	6
		5
		4
Baja	El proceso está en control estadístico.	3
Muy baja	El proceso está en control estadístico, solo fallas aisladas asociadas con procesos casi idénticos.	2
Remota	La falla es improbable. No se conocen fallas asociadas con procesos casi idénticos.	1

Fuente: Lean solutions. AMEF, análisis de modo Y efecto de la falla – lean v solutions. <http://www.leansolutions.co/conceptos/amef/>. Accessed Sep 26, 2017.

Cuadro 7. Detección

	Probabilidad de que el control detecte la falla	Calificación
Muy baja	No se conocen controles disponibles para detectar el modo de falla.	10
Baja	Los controles tienen una remota posibilidad de detectar la falla.	9
		8
Moderada	Los controles pudieron detectar la existencia de una falla.	7
		6
		5
Alta	Los controles tienen una buena oportunidad de detectar la existencia de una falla	4
		3
Muy alta	El proceso detecta automáticamente la falla. Los controles casi siempre la detectarían.	2
		1

Fuente: Lean solutions. AMEF, análisis de modo Y efecto de la falla – lean v solutions. <http://www.leansolutions.co/conceptos/amef/>. Accessed Sep 26, 2017.

#### 4.1 NÚMERO PRIORITARIO DE RIESGO (RPN)<sup>2</sup>

El número prioritario de riesgo es un valor que establece una jerarquización de los problemas a través de la multiplicación del grado de ocurrencia, severidad y detección, estos parámetros se utilizan con el fin de clasificar cada una de las fallas y medir su grado de criticidad en el proceso.

Para la elaboración del RPN se desarrolla la siguiente fórmula;

$$\text{RPN} = \text{SxOxD}$$

Dónde;

S= Severidad

O= Ocurrencia

D= Detección

Prioridad RPN

Se tomaran los siguientes rangos para identificar en que falla se encuentra;

- ✓ 500 – 1.000 Alto riesgo de falla
- ✓ 125 - 499 Riesgo de falla medio
- ✓ 1 - 124 Riesgo de falla bajo
- ✓ 0 No existe riesgo de falla

#### 4.2 HOJA DE INFORMACION DE CADA EQUIPO

En estas hojas de información se busca plasmar, aquellos modos de fallas que sean posibles causantes de cada falla funcional, estos equipos no presentan fallas operacionales.

---

<sup>2</sup> Lean solutions. AMEF, análisis de modo Y efecto de la falla – lean solutions. <http://www.leansolutions.co/conceptos/amef/>. Accessed Sep 26, 2017.

Cuadro 8. Información Alimentador vibratorio

Sistema		Equipo de trituración línea a					
Subsistema		Alimentador vibratorio					
Función		Falla funcional		Modo de falla		Efecto	
1	Dosificación de 50 ton/hora de materiales pétreos que llegan a la trituradora primaria.	A	Incapaz de dosificar 15 ton/hora.	1	Daño de cardanes	Se para el cardan por ruptura de cruceta. Tiempo de Cambio 2 Hora	
				2	Desgaste de láminas HR, de piso	Se sale el material por orificios de desgaste. Tiempo de cambio 2 Horas	
				3	Avería de vibradores	Se sueltan las pesas por falta de ajuste. Tiempo de ajuste 1:30 Horas	
				4	Ruptura de resortes	Disminuye la dosificación por falta de vibración. Tiempo de cambio 3 Horas	
				5	Daño de motores eléctricos	Separa la dosificación del alimentador. Tiempo de cambio 2 Horas	

Cuadro 9. Información Trituradora de mandíbula

Sistema		Equipo de trituración línea a				
Subsistema		Trituradora de mandíbula				
Función		Falla funcional		Modo de falla		Efecto
1	Se encarga de la primera trituración la cual es de 40 ton/hora de material.	B	Incapaz de triturar 15 ton/hora o perdida de producción	1	Desgaste del buje de los volantes	Se presenta desbalanceo y causar el daño del eje principal. Tiempo de cambio 12 Horas
				2	Desgaste de las mandíbulas de impacto	La producción se reduce. Tiempo de cambio 4 Horas
				3	Ruptura de correas	No hay transmisión de potencia. Tiempo de cambio 1 Horas
				4	Daño de motor eléctrico	Se para el proceso de trituración. Tiempo de cambio 1 Hora

Cuadro 10. Información Zaranda vibratoria de tres niveles

Sistema		Equipo de trituración línea a				
Subsistema		Zaranda vibratoria de tres niveles				
Función		Falla funcional		Modo de falla		
1	Clasificar 15ton/hora de material.	C	Disminución al momento de la clasificación de material o mezclas de tamaños seleccionados	1	Ruptura de resortes	Disminuye el proceso de clasificación por falta de vibración. Tiempo de cambio 1:30 Horas
				2	Avería de vibradores	Se sueltan las pesas por falta de ajuste. Tiempo de ajuste 1:30 Horas
				3	Desgaste o rotura de mallas	El proceso de clasificación es deficiente. Tiempo de cambio 6 Horas
				4	Daño del cardan	Se para el cardan por ruptura de cruceta. Tiempo de Cambio 2 Hora
				5	Daño de motor eléctrico	Se para el proceso de clasificación. Tiempo de cambio 1 Hora

Cuadro 11. Información Trituradora de impacto

Sistema		Equipo de trituración línea a				
Subsistema		Trituradora de impacto				
Función		Falla funcional		Modo de falla		
1	Finalizar el proceso de trituración ya que esta tritura el sobre tamaño que rechaza a zaranda. Hasta 40ton/hora.	D	Disminución en el proceso de trituración o detención de la producción.	1	Ruptura de correas	Se para el proceso de trituración. Tiempo de cambio 1 Hora
				2	Desgaste de pantallas de impacto	Disminución del proceso de trituración. Tiempo 2 Horas
				3	Desgaste de martillos de impacto	Disminución del proceso de trituración. Tiempo 3 Horas
				4	Daño de motor eléctrico	Se para el proceso de trituración. Tiempo de cambio 1 Hora

A partir de estos datos se inicia el análisis que se le realizará a los equipos que presentan fallas en la línea de producción. El formato mostrado a continuación es el que se utilizará para cada equipo y se diferenciara por medio de los códigos de la hoja de información correspondiente que se realizaron anteriormente.

El siguiente formato (formato 1) se desarrolló basado en la estructura del formato de: AMFE: Análisis modal de fallos y efectos – guía y ejemplos de uso | PDCA home. <https://www.pdcahome.com/3891/amfe-guia-de-uso-del-analisis-modal-de-fallos-y-efectos/>. Accessed Oct 5, 2017.

Formato 1. AMEF

				No. _____ Empresa: _____			
				Letra: _____ Maquina: _____			
Falla Funcional _____							
Modos de falla				Calificacion			valor del riesgo
codigo de funcion	letra de falla funcional	numero modo de falla	descripcion de modo de falla	severidad	detectabilidad	ocurrencia	RPN

Durante los dos últimos meses se ha venido observando y analizando, el funcionamiento de cada equipo y cada uno de sus componentes para así tener un informe de las fallas funcionales presentadas en los mismos, se analizaron e investigaron las fallas de cada equipo.

Cuadro 12. Hoja AMEF; alimentador vibratorio

								
Funcion: _____					No. _____		Empresa: <u>Constriturar S.A.S</u>	
Falla Funcional _____				Codigo: <u>A-AV-01</u>			Maquina: <u>Alimentador vibratorio</u>	
Modos de falla				Calificacion			valor del riesgo	Riesgo
codigo de funcion	letra de falla funcional	numero modo de falla	descripcion de modo de falla	severidad	detectabilidad	ocurrencia	RPN	
1	A	1	Daño de cardanes	8	10	8	640	alto
1	A	2	Desgaste de laminas	4	6	8	192	medio
1	A	3	Averia de vibradores	5	7	8	280	medio
1	A	4	Roptura de resortes	6	5	8	240	medio
1	A	5	Daño de motores electricos	8	10	9	720	alto

Cuadro 13. Hoja AMEF; trituradora de mandíbula

								
Funcion: _____					No. _____		Empresa: <u>Constriturar S.A.S</u>	
Falla Funcional _____				Codigo: <u>A-TM-02</u>			Maquina: <u>Tritradora de mandibula</u>	
Modos de falla				Calificacion			valor del riesgo	Riesgo
codigo de funcion	letra de falla funcional	numero modo de falla	descripcion de modo de falla	severidad	detectabilidad	ocurrencia	RPN	
1	B	1	Desgaste del buje de los volantes	9	9	8	648	alto
1	B	2	Desgaste de las mandibulas impactoras	7	7	8	392	medio
1	B	3	Ruptura de correas	8	9	8	576	alto
1	B	4	Daño de motor electrico	8	10	9	720	alto

Cuadro 14. Hoja AMEF; zaranda vibratoria

								
Funcion: _____			No. _____		Empresa: <u>Constriturar S.A.S</u>			
Falla Funcional _____			Codigo: <u>A-ZV-03</u>		Maquina: <u>Zaranda vibratoria</u>			
Modos de falla				Calificacion			valor del riesgo	Riesgo
codigo de funcion	letra de falla funcional	numero modo de falla	descripcion de modo de falla	severidad	detectabilidad	ocurrencia	RPN	
1	C	1	Ruptura de resortes	7	7	7	343	medio
1	C	2	Averia de vibradores	5	7	8	280	medio
1	C	3	desgaste de mallas	6	6	6	216	medio
1	C	4	Daño de cardan	8	8	7	448	medio
1	C	5	Daño de motor electrico	8	10	9	720	alto

Cuadro 15. Hoja AMEF; trituradora de impacto

								
Funcion: _____			No. _____		Empresa: <u>Constriturar S.A.S</u>			
Falla Funcional _____			Codigo: <u>A-TI-04</u>		Maquina: <u>Trituradora de impacto</u>			
Modos de falla				Calificacion			valor del riesgo	Riesgo
codigo de funcion	letra de falla funcional	numero modo de falla	descripcion de modo de falla	severidad	detectabilidad	ocurrencia	RPN	
1	D	1	Ruptura de correas	9	9	10	810	alto
1	D	2	Desgaste de pantallas impactoras	7	6	6	252	medio
1	D	3	Desgaste de martillos impactores	7	6	6	252	medio
1	D	4	Daño de motor electrico	9	10	10	900	alto

En los formatos anteriores se halló el número prioritario de riesgo (RPN) y se eligieron las fallas con riesgo más alto en este caso las que tienen un riesgo entre 500 – 1.000 en el RPN. Las fallas que se encuentran en este intervalo se encuentran sombreadas en los formatos anteriores correspondientes a cada uno de los equipos. Al final del análisis arroja un total de 8 fallas de alto riesgo, las cuales serán estudiadas en el siguiente capítulo. Los criterios dados para hallar el NPR de cada equipo, fueron guiados por operarios y personal encargado de la línea de producción.

## 5. ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ DE LAS FALLAS (RCFA)

El método seleccionado para la realización del análisis de fallas<sup>3</sup> es el RCFA, análisis causa raíz de las fallas, es un método riguroso para solucionar problemas en cualquier tipo de falla, se basa en un proceso lógico y en la utilización de árboles de causas de fallas. Por razonamiento deductivo y verificación de hechos, es posible llegar a las causas originales de la falla.

Las ventajas de este método son: permite establecer un patrón de fallas en los equipos, motivación del personal a encontrar la causa de la falla, mejora las condiciones ambientales del trabajo, mejora la seguridad industrial y mejora significativamente los tiempos de operación y disponibilidad de los equipos.

Los pasos en la metodología RCFA, para encontrar la causa raíz de las fallas son;

- ✓ Responder a una condición fuera del común y registrar la mayor cantidad de evidencias posibles
- ✓ Organizar el grupo que va a realizar el análisis causa raíz
- ✓ Analizar la falla y constatar las causas raíces
- ✓ Transmitir los resultados
- ✓ Implementación, monitoreo y análisis RCFA

### 5.1 ÁRBOL LÓGICO DE FALLAS (ACR)

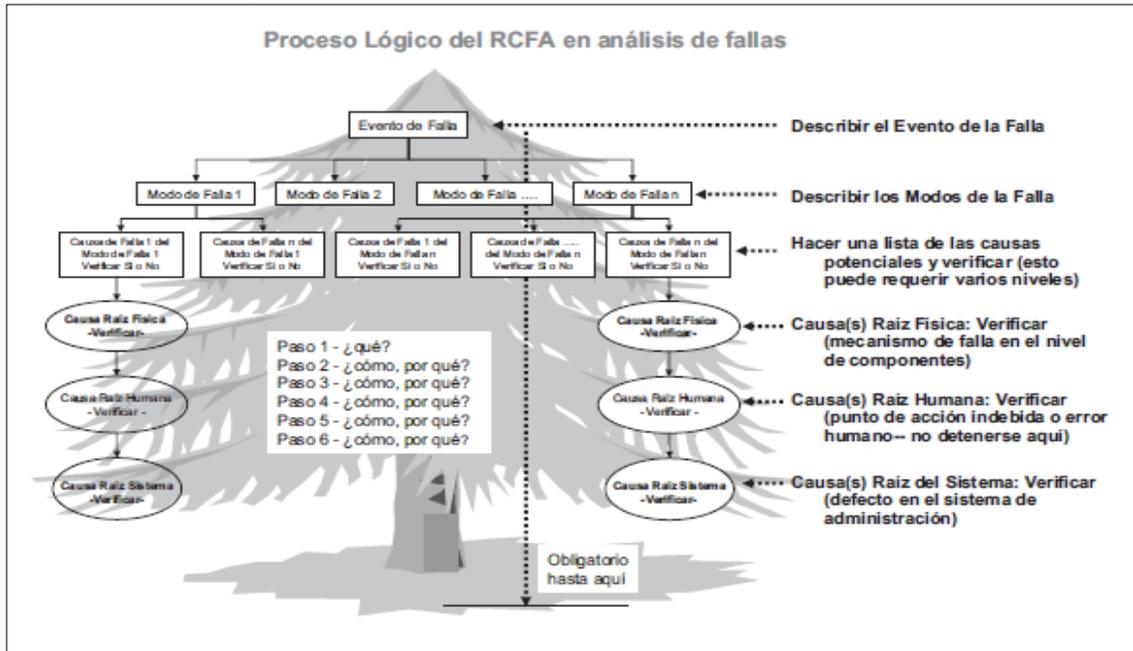
Este es un método de solución de problemas, para cualquier tipo de falla, que utiliza la lógica sistemática, este consiste en una representación visual de un evento de fallas, en el cual el razonamiento por deducción y la verificación de los hechos conducen a las causas originales de las fallas.

En la figura 2 se puede observar cómo se desarrolla el proceso lógico del análisis de causa raíz de las fallas (RCFA).

---

<sup>3</sup> MORA GUTIERREZ, Luis Alberto. Mantenimiento: planeación, ejecución y control. Alfa omega Grupo Editor. México. 2009. 338 p.

Figura 2. Árbol lógico en el RCFA



Fuente: MORA GUTIERREZ, Luis Alberto. Mantenimiento: planeación, Ejecución y control. Alfa omega Grupo Editor. México. 2009.

A continuación, se realizará el análisis de causa raíz a las fallas que arrojaron un valor con el cual dio alto en el estudio del número prioritario de riesgo (RPN).

## 5.2 RCFA PARA ALIMENTADOR VIBRATORIO

Este equipo presenta dos fallas de alto riesgo las cuales son falla de cardanes y falla de motores eléctricos, estas fueron obtenidas de la jerarquización mediante el número prioritario de riesgo (NPR).

A continuación se desarrollará el estudio de cada falla.

5.2.1 Análisis causa raíz para falla de cardanes. Esta falla se presenta en el equipo número 1 de la línea A de trituración, esta falla puede parar todo el proceso de producción.

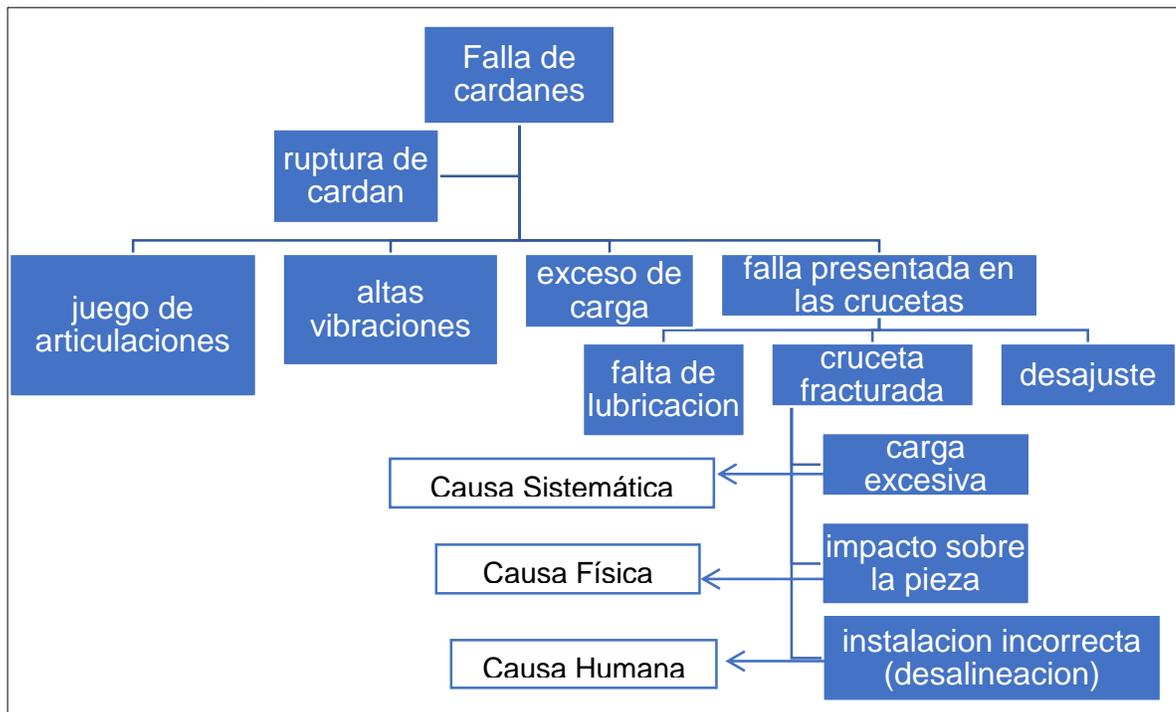
Cuadro 16. Cadena de eventos para daño de cardanes

Código equipo: A-AV-01	Área de trituración: Mochuelo, línea A
Falla presentada	
Falla de cardanes	
Fecha	Secuencia de eventos
05/05/2.017	Ruptura de cardan, se evidencia que pierde un 50% de su rendimiento del equipo
20/06/2.017	Falla presentada en las crucetas, por falta de lubricación
03/07/2.017	Crucetas fracturadas, desalineamiento e instalación incorrecta

En este cuadro se observa el equipo que presento la falla, la ubicación del equipo y la línea. Luego se especifica el daño y se da una secuencia de las fallas en orden cronológico, estas fueron brindadas por Constriturar S.A.S.

A continuación, se realizará el árbol lógico (ACR) para la falla mencionada.

Figura 3. Árbol lógico ACR, falla de cardanes



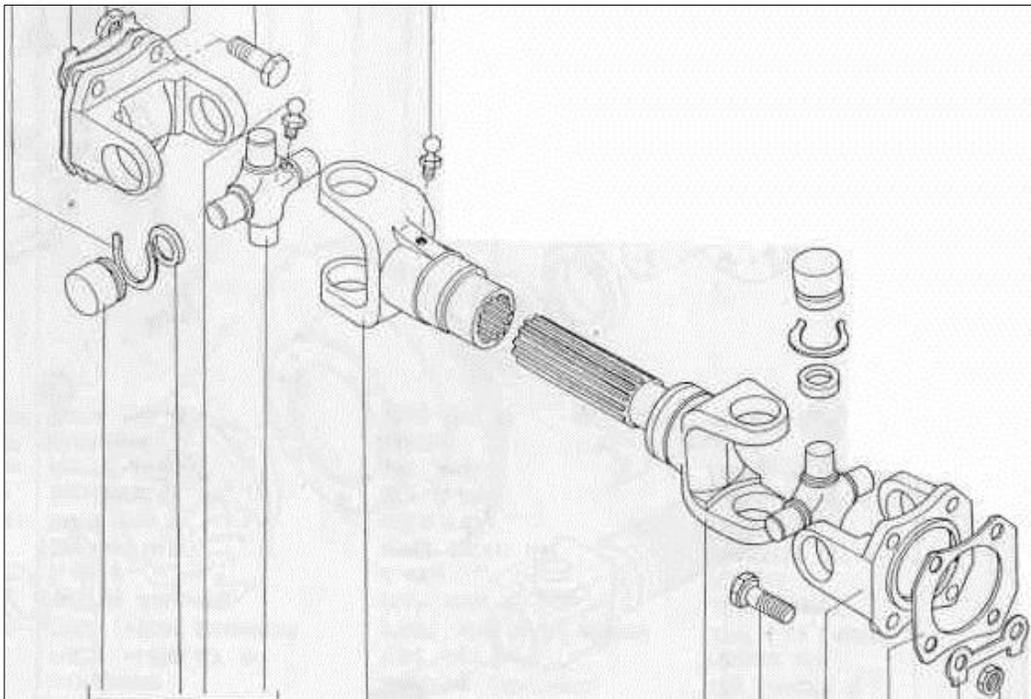
En la figura 3 como eje principal está la falla, luego se encuentran las posibles fallas que se pueden hallar en este equipo, la cual se realizó con los soportes que facilitó la empresa y con la ayuda del operario del equipo, las posibles causas que se descartaron son las que no tienen fallas consecutivas, al final solo se queda una posible causa.

Después de hacer un análisis riguroso con el encargado del manejo del equipo, teniendo en cuenta la secuencia de eventos, se llegó a tres posibles causas de la falla donde está la causa física, causa sistemática y causa humana.

La solución a esta falla es;

- ✓ Contactar personal externo, para la alineación de los cardanes o un método fiable
- ✓ Se hará una inspección sistemática dependiendo de las horas de servicio del equipo

Figura 4. Diseño cardan alimentador vibratorio



Fuente: Constriturar S.A.S

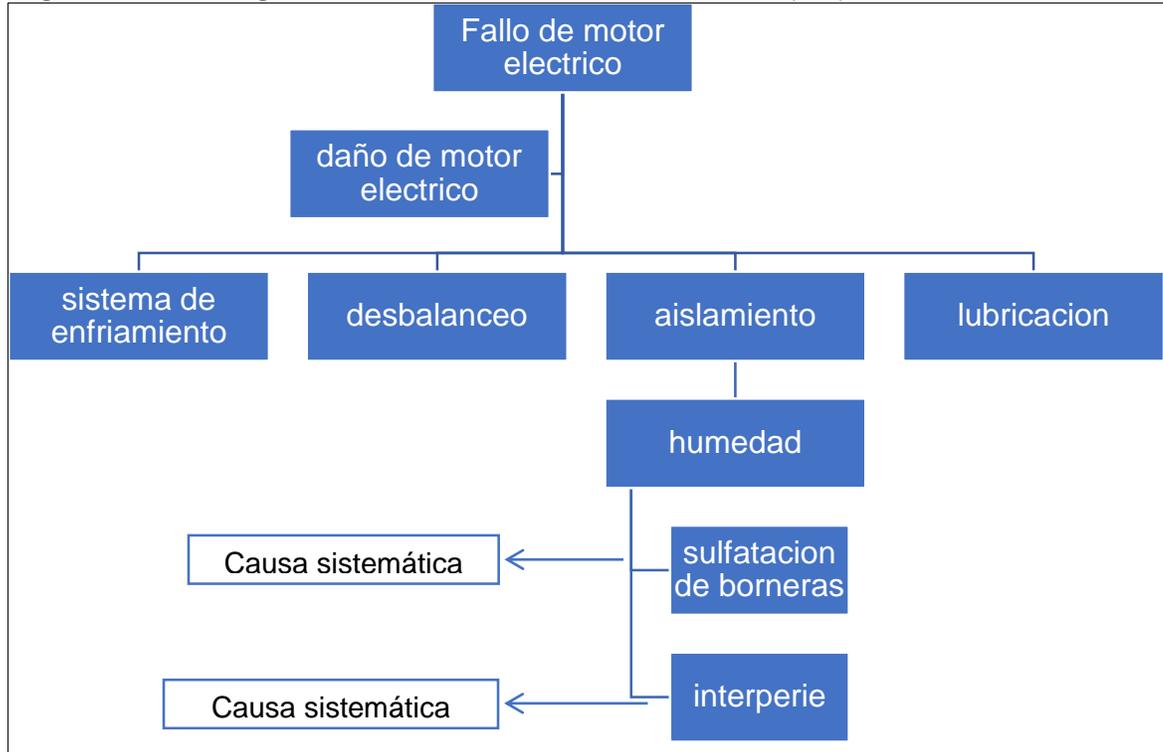
En los análisis de las fallas que restan por hacer se omitirán aspectos, como la del análisis con el personal encargado y la metodología como se llevó a cabo para el análisis causa raíz, ya que es la misma metodología que se describió en el análisis de la falla anterior.

5.2.2 Análisis causa raíz para la falla de motores eléctricos (AV). Esta falla se presenta en el alimentador vibratorio, aunque son dos equipos auxiliares, este depende de los motores eléctricos para su funcionamiento.

Cuadro 17. Cadena de eventos para daño de motores eléctricos (AV)

Código equipo: A-AV-01	Área de trituración: Mochuelo
Falla presentada	
Daño de motores eléctricos	
Fecha	Secuencia de eventos
16/05/2.017	Altas temperaturas, se determina por medio de la alta temperatura, que hay una sobrecarga en el cable de potencia
1/06/2.017	Aislamiento en las borneras, se evidencia que se produce por problemas ambientales (polvo)
24/07/2.017	Sobre esfuerzo, que se produce por daño de motor secundario y queda funcionando uno

Figura 5. Árbol lógico ACR, falla de motores eléctricos (AV)



La solución a esta falla es;

- ✓ Se propone realizar una prueba de amperaje, la cual consiste en medir con las pinzas amperimétricas cada línea y verificar que el motor este trabajando entre el rango nominal. Si está trabajando fuera del rango nominal se procede a revisar en qué estado se encuentra el embobinado del motor midiendo la resistencia del mismo, de igual manera se debe verificar que el motor no esté trabajando sobre forzado, esto debido a que ya los rodamientos se encuentren para cambio
- ✓ Revisar estado de las borneras
- ✓ Contratar personal externo para realizar análisis de vibraciones
- ✓ Pruebas de aislamiento para evitar posible cortó circuito
- ✓ Verificar torque del anclaje de los motes eléctricos

Imagen 6. Motor eléctrico alimentador vibratorio



Fuente: Constriturar S.A.S

### 5.3 RCFA PARA TRITURADORA DE MANDIBULAS

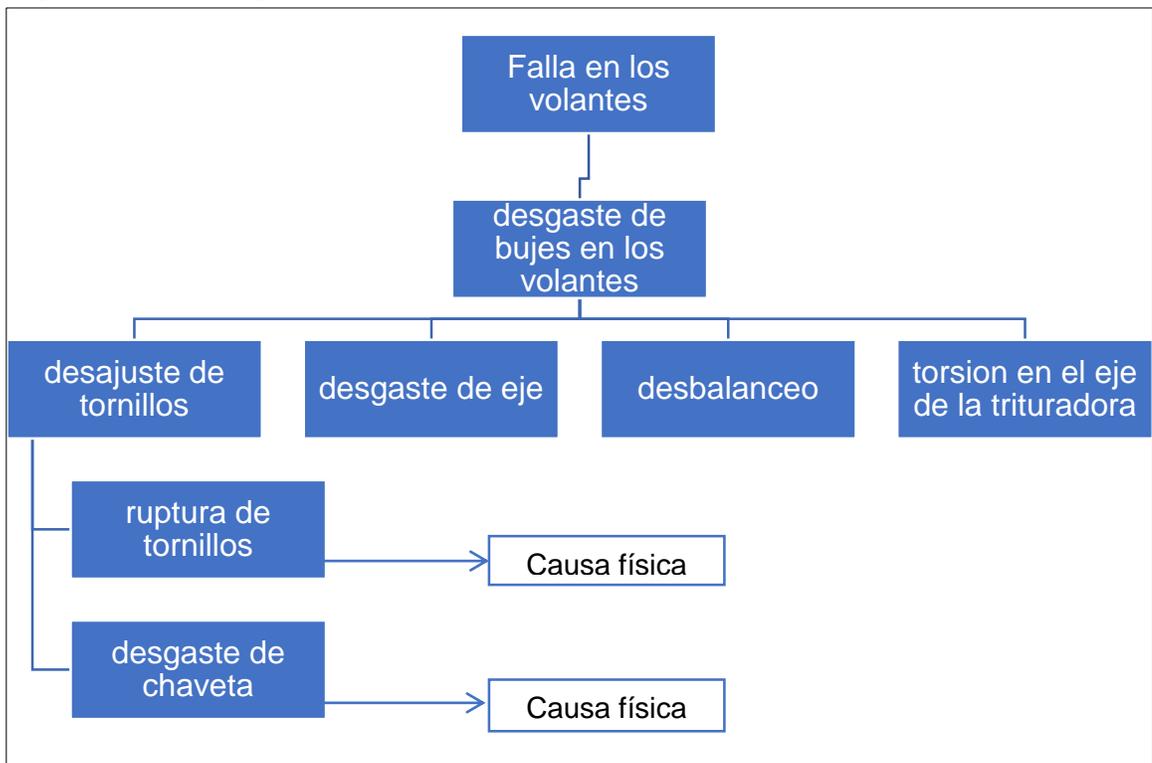
De acuerdo con el análisis realizado en la jerarquización del RPN se obtuvo que la trituradora de mandíbulas posee tres fallas con un alto riesgo, que puede afectar la disponibilidad del equipo. A continuación se desarrollara el estudio de cada falla.

5.3.1 Análisis causa raíz para el desgaste de los bujes de los volantes. Siendo esta una parte esencial en la trituradora, ya que sobre estos se soportan las cargas del eje principal ver (figura 7).

Cuadro 18. Cadena de eventos para desgaste de los bujes de los volantes

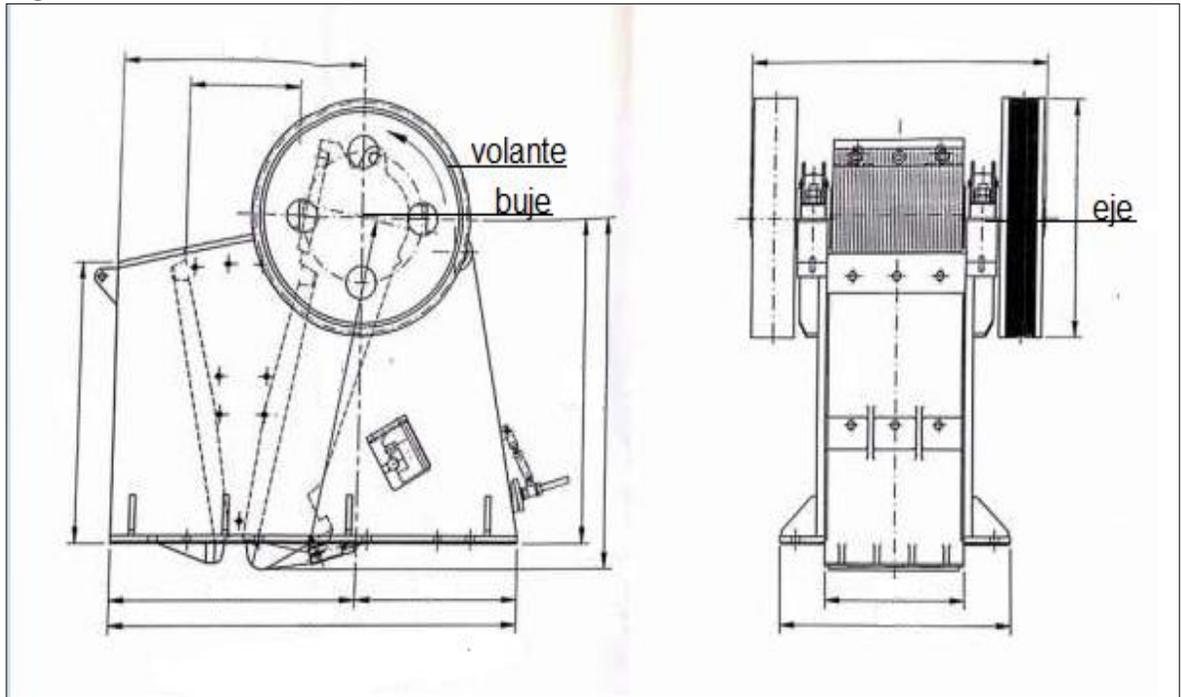
Código equipo: A-TM-02	Área de trituración: Mochuelo
Falla presentada	
Desgaste de bujes de los volantes	
Fecha	Secuencia de eventos
27/06/2.017	Se desajustan los pernos de la tapa del volante.
16/08/2.017	Desgaste de chaveta que pina el eje con el volante y ruptura de pernos.
29/09/2.017	Ruptura de pernos de tapa del volante.

Figura 6. Árbol lógico ACR, falla en los volantes



El desgaste de los bujes, es una falla poco frecuente pero cuando ocurre tiene una severidad muy alta en el equipo, ya que es el eje principal el cual trasmite la potencia para dar movimiento a la trituradora de mandíbula, este desgaste puede causar daños colaterales en el equipo aumentando los costos del mantenimiento.

Figura 7. Diseño trituradora de mandíbula



Fuente: Constriturar S.A.S

La solución a esta falla;

- ✓ Es cambiar el buje de cada volante, los bujes se mandan a fabricar en un taller metal mecánico
- ✓ Se recomienda hacer un programa de lubricación
- ✓ Se hará una inspección por parte del operario del equipo. Esta será visual y de control dimensional, en el cual se verificara el desgaste presentado en las piezas

5.3.2 Análisis causa raíz para ruptura de correas (TM). Las correas tienen una gran importancia en el equipo, ya que esta es la encargada de la transmisión de potencia.

Cuadro 19. Cadena de eventos para falla de correas

Código equipo: A-TM-02	Área de trituración: Mochuelo
Falla presentada	
Ruptura de correas	
Fecha	Secuencia de eventos
18/07/2.017	Desalineamiento de polea con el motor eléctrico.
16/08/2.017	Tensión incorrecta de las correas.
29/09/2.017	Polea dañada, el filo roza con la correa y esto hace que haya ruptura de la correa.

Figura 8. Árbol lógico ACR, falla de correas

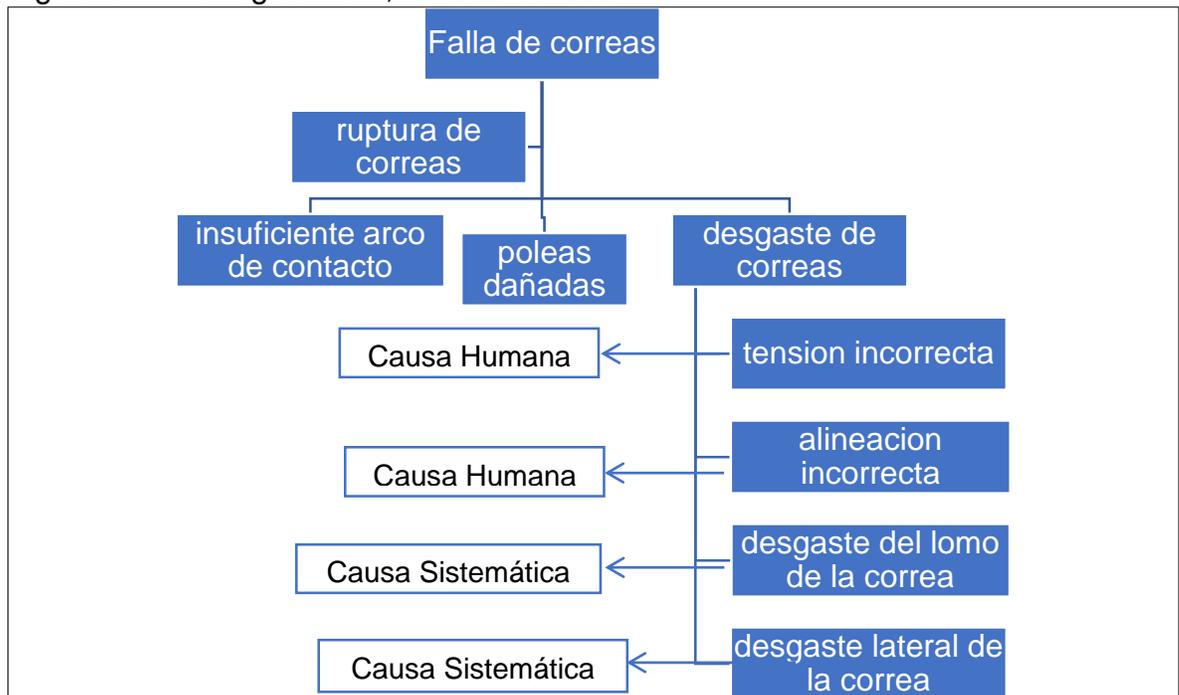
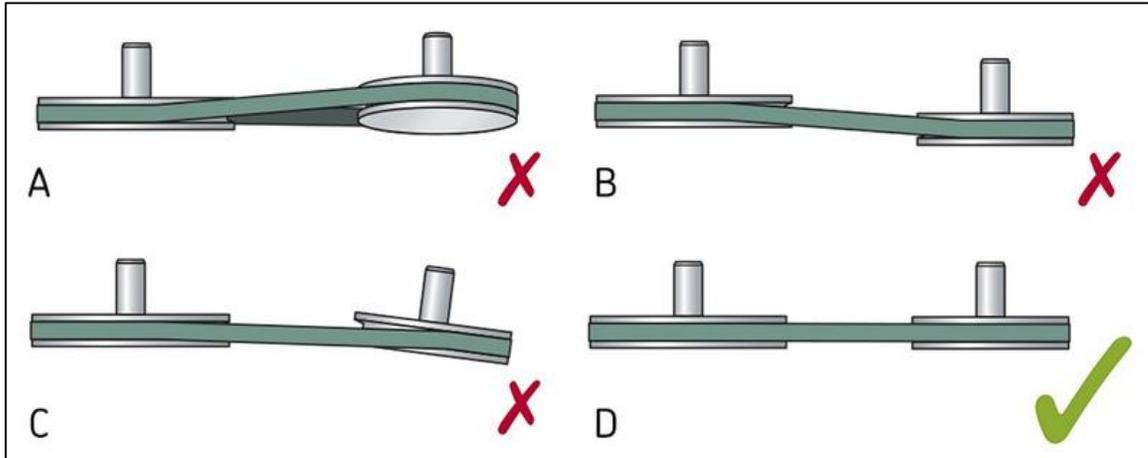


Figura 9. Instalación correcta de transmisión polea correa



Fuente: [http://www.skf.com/binary/96-36945/NG-Campaign-banner-BeltAlignment-\(in\)correct.jpg](http://www.skf.com/binary/96-36945/NG-Campaign-banner-BeltAlignment-(in)correct.jpg)

La solución a esta falla frecuente;

- ✓ Contactar personal externo para la alineación del volante con la polea
- ✓ Brindar capacitación para verificar el estado de las correas
- ✓ Realizar inspección sistemática

En la figura 7 se observa la transmisión polea correa que tiene este equipo.

Imagen 7. Trasmisión polea correa (TM)



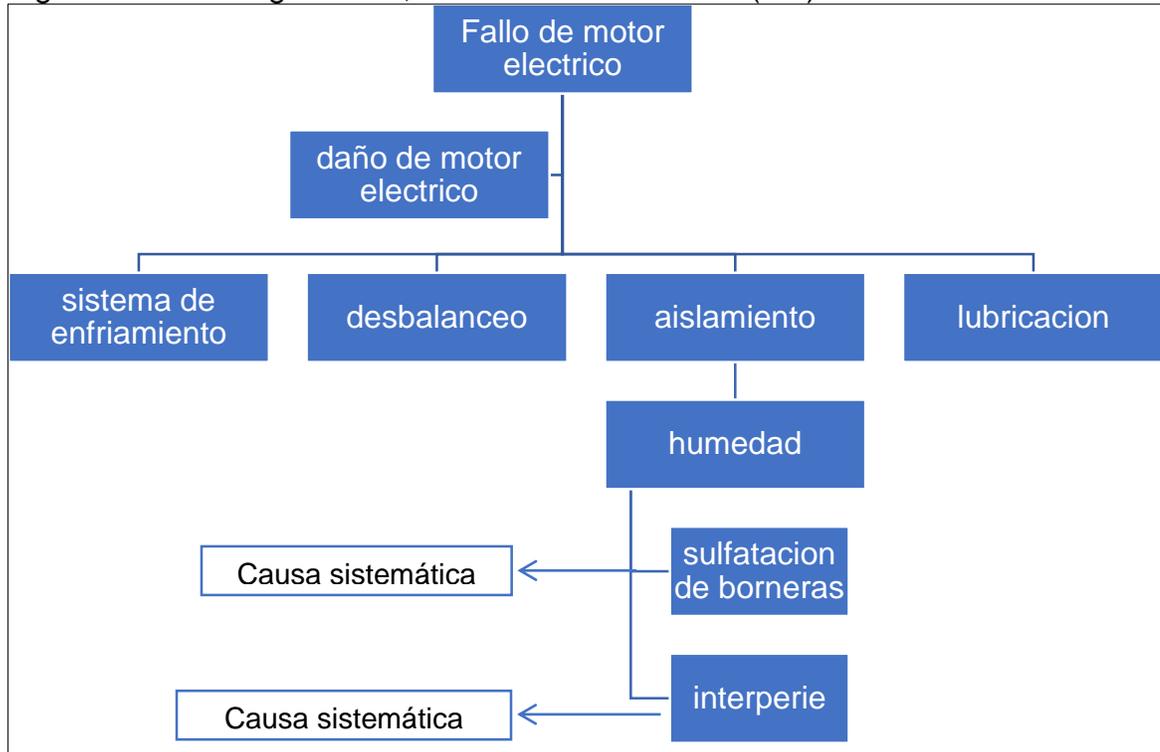
Fuente: Constriturar S.A.S

5.3.3 Análisis causa raíz para la falla de motor eléctrico (TM). Esta falla se presenta en la trituradora de mandíbulas, aunque es un equipo auxiliar, este equipo depende del motor eléctrico para su funcionamiento.

Cuadro 20. Cadena de eventos para daño de motor eléctrico (TM)

Código equipo: A-TM-02	Área de trituración: Mochuelo
Falla presentada	
Daño de motores eléctricos	
Fecha	Secuencia de eventos
28/07/2.017	Esfuerzo, que producen los motores al triturar material que tenga un sobre tamaño
1/06/2.017	Altas temperaturas, llega un voltaje bajo, aumenta el amperaje y por esta razón se calienta el cable
5/08/2.017	Aislamiento, se evidencia que se produce por problemas ambientales (polvo) o ruptura del cable de potencia

Figura 10. Árbol lógico ACR, falla de motor eléctrico (TM)



La solución a esta falla es;

- ✓ Se propone realizar una prueba de amperaje, la cual consiste en medir con las pinzas amperimétricas cada línea y verificar que el motor este trabajando entre el rango nominal. Si está trabajando fuera del rango nominal se procede a revisar en qué estado se encuentra el embobinado del motor midiendo la resistencia del mismo, de igual manera se debe verificar que el motor no esté trabajando sobre forzado, esto debido a que ya los rodamientos se encuentren para cambio
- ✓ Controlar la sobre alimentación de la materia prima
- ✓ Verificar el desalineamiento del sistema motriz (poleas y correas)
- ✓ Revisar estado de las borneras
- ✓ Contratar personal externo para realizar análisis de vibraciones
- ✓ Pruebas de aislamiento para evitar posible cortó circuito
- ✓ Verificar torque del anclaje de los motes eléctricos

Imagen 8. Motor eléctrico trituradora de mandíbulas



Fuente: Constriturar S.A.S

#### 5.4 RCFA PARA ZARANDA VIBRATORIA

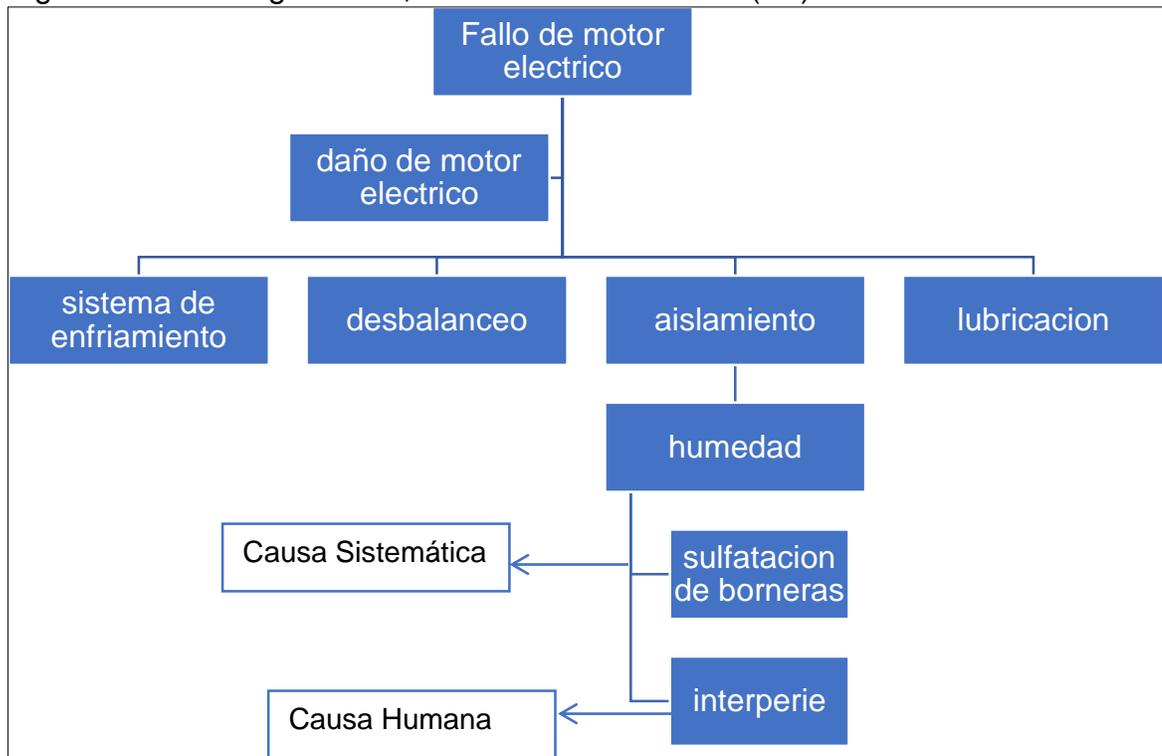
La zaranda vibratoria, es un equipo que presenta pocas paradas de emergencia, se hizo el análisis del número prioritario de riesgo a este equipo, dando como resultado solo una falla de alto riesgo. A continuación, se desarrollará el estudio de la falla.

5.4.1 Análisis causa raíz para la falla de motores eléctricos (ZV). Esta falla se presenta en la zaranda vibratoria, aunque es un equipo auxiliar, este depende del motor eléctrico para su funcionamiento.

Cuadro 21. Cadena de eventos para daño de motores eléctricos (ZV)

Código equipo: A-ZV-03	Área de trituración: Mochuelo
Falla presentada	
Daño de motores eléctricos	
Fecha	Secuencia de eventos
16/05/2.017	Aislamiento, se evidencia que se produce por contaminación de polvo
01/06/2.017	Altas temperaturas, llega un voltaje bajo, aumenta el amperaje y por esta razón se calienta el cable
28/07/2.017	Sobre esfuerzo, que producen los motores en el momento que se descanastan los rodamientos

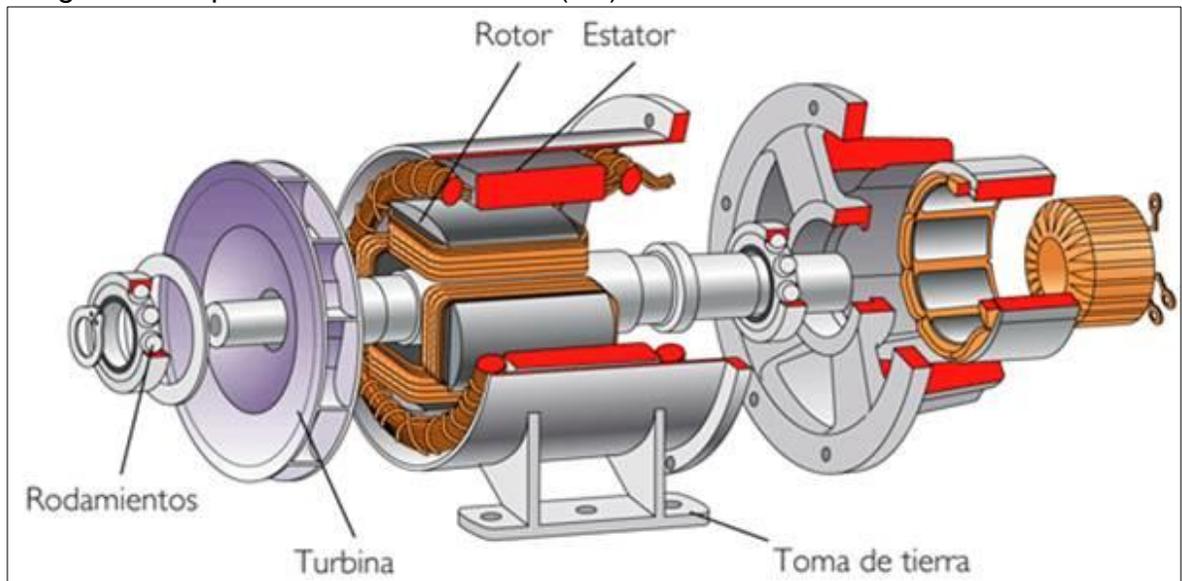
Figura 11. Árbol lógico ACR, falla de motor eléctrico (ZV)



La solución a esta falla es;

- ✓ Se propone realizar una prueba de amperaje, la cual consiste en medir con las pinzas amperimétricas cada línea y verificar que el motor este trabajando entre el rango nominal. Si está trabajando fuera del rango nominal se procede a revisar en qué estado se encuentra el embobinado del motor midiendo la resistencia del mismo, de igual manera se debe verificar que el motor no esté trabajando sobre forzado, esto debido a que ya los rodamientos se encuentren para cambio
- ✓ Revisar estado de las borneras
- ✓ Contratar personal externo para realizar análisis de vibraciones
- ✓ Pruebas de aislamiento para evitar posible cortó circuito
- ✓ Verificar torque del anclaje de los motores eléctricos

Imagen 9. Despiece de motor eléctrico (ZV)



Fuente: <http://electronica-superioryoshijac.blogspot.com.co/p/motores-ac-dc-y-universales.html>

## 5.5 RCFA PARA TRITURADORA DE IMPACTO

De acuerdo con el análisis realizado en la jerarquización del RPN se obtuvo que la trituradora de impacto posee dos fallas con un alto riesgo, que puede afectar en la disponibilidad del equipo. A continuación se desarrollara el estudio de cada falla.

5.5.1 Análisis causa raíz para ruptura de correas (TI). Las correas tienen una gran importancia en el equipo, ya que esta es la encargada de la transmisión de potencia.

Cuadro 22. Cadena de eventos para falla en correas

Código equipo: A-TI-04	Área de trituración: Mochuelo
Falla presentada	
Ruptura de correas	
Fecha	Secuencia de eventos
13/06/2.017	Polea dañada, con el filo roza con la correa y esto hace que haya ruptura de la correa
09/08/2.017	des-alineamiento de polea con el motor eléctrico
01/09/2.017	Destensionamiento de correas, por sobrecarga mayor al diseño

Figura 12. Árbol lógico ACR, falla de correas (TI)

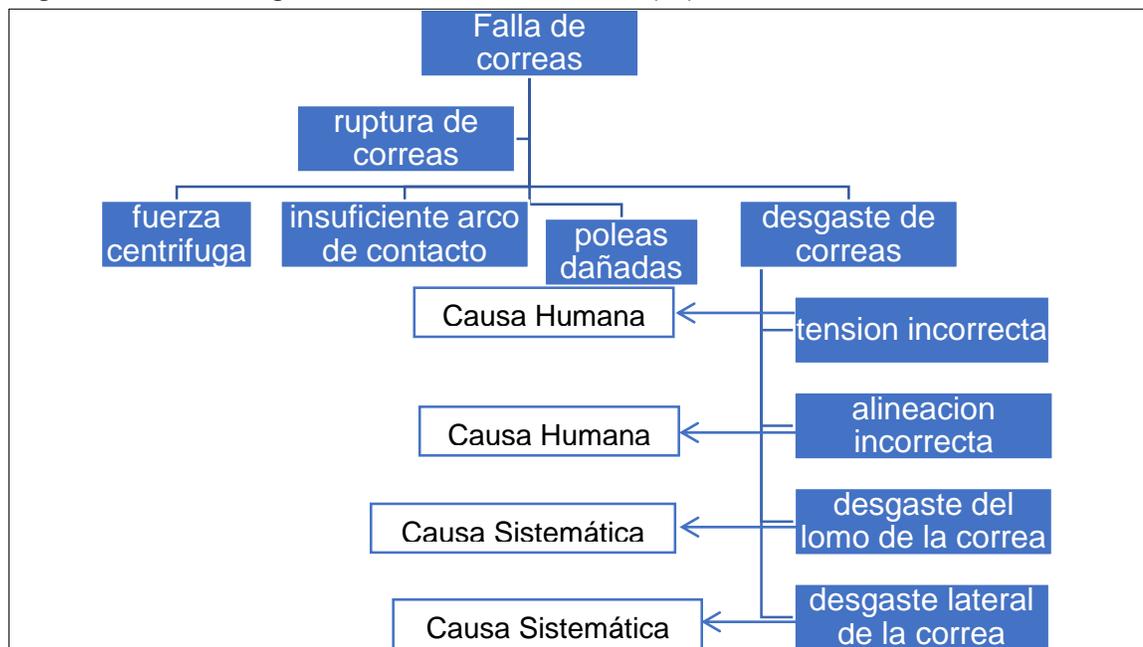


Imagen 10. Trasmisión correa polea trituradora de impacto



Fuente: Constriturar S.A.S

La solución a este daño frecuente;

- ✓ Contactar personal externo para la alineación del volante con la polea
- ✓ Brindar capacitación para verificar el estado de las correas
- ✓ Realizar inspección sistemática

5.5.2 Análisis causa raíz para la falla de motores eléctricos (TI). Este equipo presenta pocas paradas de emergencia, la falla más común es el daño del motor eléctrico. Esto se comprobó con la jerarquización del número prioritario de riesgo (RPN).

Cuadro 23. Cadena de eventos para daño de motores eléctricos (TI)

Código equipo: A-TI-04	Área de trituración A: Mochuelo
Falla presentada	
Daño de motores eléctricos	
Fecha	Secuencia de eventos
16/05/2.017	Esfuerzo, que producen los motores al triturar material que tenga un sobre tamaño
01/06/2.017	Altas temperaturas, llega un voltaje bajo, aumenta el amperaje y por esta razón se calienta el cable
28/07/2.017	Aislamiento, se evidencia que se produce por problemas ambientales (polvo) o ruptura del cable de potencia

Figura 13. Árbol lógico ACR, falla de motor eléctrico (TI)

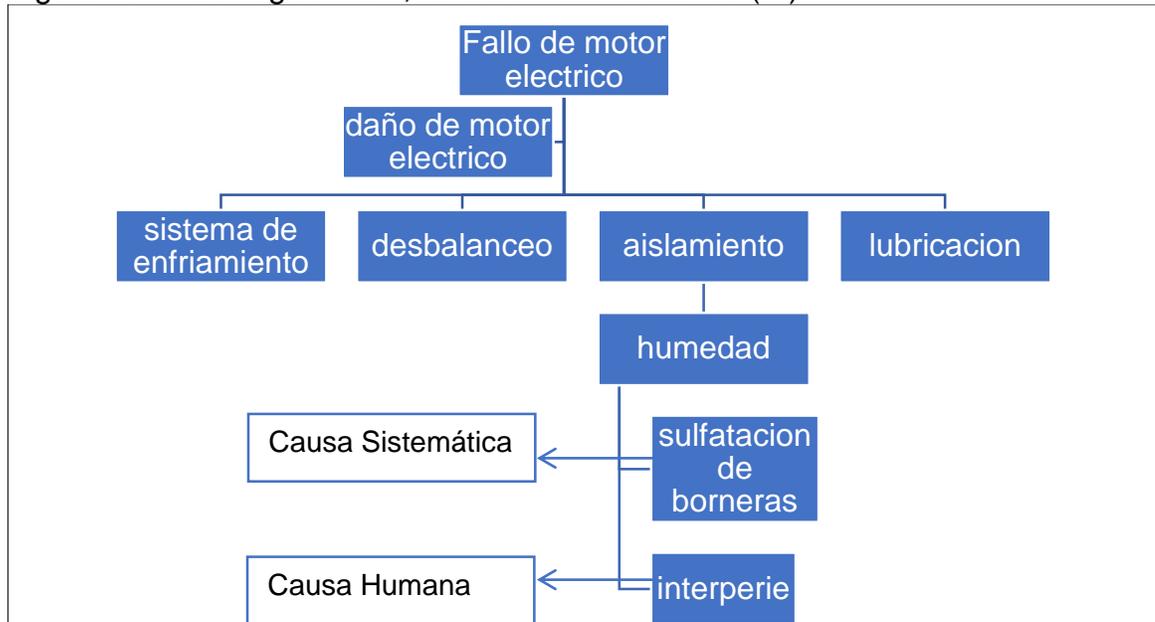


Imagen 11. Motor eléctrico triturador de impacto



Fuente: Constriturar S.A.S

La solución a esta falla es;

- ✓ Se propone realizar una prueba de amperaje, la cual consiste en medir con las pinzas amperimétricas cada línea y verificar que el motor este trabajando entre el rango nominal. Si está trabajando fuera del rango nominal se procede a revisar en qué estado se encuentra el embobinado del motor midiendo la resistencia del mismo, de igual manera se debe verificar que el motor no esté trabajando sobre forzado, esto debido a que ya los rodamientos se encuentren para cambio
- ✓ Revisar estado de las borneras
- ✓ Contratar personal externo para realizar análisis de vibraciones
- ✓ Pruebas de aislamiento para evitar posible cortó circuito
- ✓ Verificar torque del anclaje de los motes eléctricos

## 6. CODIFICACIÓN DE FALLAS Y FORMATOS PARA EL MANTENIMIENTO

En este capítulo se hará las codificaciones de cada equipo del área de trituración, esta clasificación se hará según la prioridad de cada falla. Dándole una mayor prioridad a las fallas que dieron un valor de alto riesgo en la jerarquización del RPN.

De igual manera se realizarán los formatos teniendo en cuenta la norma ICONTEC GTC-62, en los cuales se observarán las condiciones, información actual en la que esta los equipos. Cada formato es exclusivo para cada equipo y de acuerdo a la operación se elaborará y se desarrollará para cada equipo, esta norma es importante para la realización del desarrollo de un mantenimiento preventivo.

### 6.1 CODIFICACIÓN DE FALLAS

Este proceso de codificación se desarrollará teniendo en cuenta las fallas mecánicas y las fallas eléctricas que se detectaron en los equipos del área de trituración, dando una prioridad a las fallas con un valor alto en la jerarquización, siguiendo el orden en el cual se desarrolló la mismas (cuadro 12).

Los códigos a utilizar se dieron teniendo en cuenta el tipo de falla;

- ✓ Emergencia o inmediata 01
- ✓ Urgente 02
- ✓ Programada 03
- ✓ Correctiva 04

A continuación se mostrará cómo se dará la codificación de las fallas;

AAA-BB-CCC

AAA: Tipo de falla. Si la falla es eléctrica o falla mecánica.

BB: Código de falla. El código de la falla se da teniendo en cuenta la parada que presente el equipo.

CCC: Modo de falla. Este fue el nombre que se le dio a cada falla teniendo en cuenta el orden de la línea de producción.

A continuación se dará un ejemplo para la codificación de la falla número 1 del alimentador vibratorio;

MEC-01-1A1

Cuadro 24. Codificación de fallas

Codificación	Nivel de riesgo
MEC-01-1A1	ALTO
ELC-01-1A4	ALTO
MEC-01-1B1	ALTO
MEC-01-1B3	ALTO
ELC-01-1B4	ALTO
ELC-01-1C4	ALTO
MEC-01-1D1	ALTO
ELC-01-1D4	ALTO
MEC-04-1A2	MEDIO
MEC-03-1A3	MEDIO
MEC-03-1B2	MEDIO
MEC-03-1C1	MEDIO
MEC-04-1C2	MEDIO
MEC-04-1C3	MEDIO
MEC-03-1D2	MEDIO
MEC-03-1D3	MEDIO

Gráfico 1. Porcentaje de codificación de fallas



## 6.2 FICHA TÉCNICA

Documento<sup>4</sup> en el que quedan registrados los datos importantes de una máquina o sistema, donde se realiza un registro de las características principales y un inventario de los principales componentes junto con sus características técnicas y funcionamiento del equipo.

En base a lo especificado por la norma ICONTEC GTC-62, la cual indicó generar un documento detallado de cada máquina, se creó este formato el cual pide diligenciar datos importantes como;

- ✓ Equipo: nombre o tipo de maquina sobre la cual se va a describir
- ✓ Código: número de la máquina
- ✓ Datos del equipo: información como modelo, marca. En este se puede modificar, agregar o disminuir datos dependiendo del equipo
- ✓ Características generales: se encuentran en esta parte características de la máquina y del funcionamiento, con espacios amplios para anotar puntos característicos de la máquina y del funcionamiento

---

<sup>4</sup> VARGAS, Jaison Alexander y Zaavedra, Miguel Angel. Desarrollo e implementación de un plan de mantenimiento planificado en el centro de acopio y mina la chisgua de la empresa minminer s.a. Bogotá D.C.: Fundación Universidad De América. Facultad de Ingeniería Mecánica. 2015.p 54-55

A continuación se muestra el formato elaborado para uso de las fichas técnicas. En el anexo A se encuentran las fichas técnicas generadas durante el proceso del proyecto.

Formato 2. Ficha Técnica Alimentador Vibratorio

		Ficha Técnica		Formato	1
				Fecha	07-nov-17
				Página	1 DE 1
Equipo	Alimentador Vibratorio			Código	A-AV-01
Marca	Alli's	No serie	N/A	Modelo	2000
Fabricante	Alli's	Dirección		N/A	
		Teléfono		N/A	
Soporte Técnico	Miguel Castillo	Dirección		N/A	
		Teléfono		3115214901	
Características Generales					
Ancho(mm): 1.200		Alto(mm): 800	Largo(mm): 2.200	Peso(kg): 3000 kg	
Foto del Equipo			Características Técnicas		
			<p>Motor eléctrico Weg: 10 hp, 1800 RPM</p> <p>2 cardan 2007-T.400 CDR</p> <p>2 crucetas ST – 1638</p> <p>Juego total de (10) resortes, 6 en la parte de atrás, 4 en la parte de adelante largo: 230mm diámetro: 116mm</p> <p>2 vibrador de pesas A-22</p>		
			<p>Función del Equipo: suministra materiales a la trituradora de mandíbulas de manera continua y uniforme, al mismo tiempo criba los finos para aumentar la capacidad transportada.</p>		
Aire	N/A	Presión	N/A	Caudal	N/A
Electricidad	X	Voltios	440	Amperios	15
Agua	N/A	Presión	N/A	Caudal	N/A

### 6.3 SOLICITUD DE SERVICIO

Documento<sup>5</sup> en donde se solicita la realización de un determinado trabajo o que indica la existencia de una condición no admisible o anormal para su corrección. En este formato se tiene que informar con anticipación la realización de un trabajo, explicando que se va hacer en el equipo seleccionado o en el que necesite un mantenimiento, lo puede solicitar cualquier persona vinculada a la empresa.

Se tienen que diligenciar los siguientes datos;

Nombre del equipo

Código del equipo: código que de identificación para cada equipo.

Solicitud No: solicitud pre-impresa y consecutiva.

Perdida de producción: indica si en el momento a realizar la solicitud de producción

Descripción del daño: se realiza una descripción breve del daño que le sucedió al equipo.

Datos del solicitante: nombre, cargo de quien solicitud y a quien recibe.

Tipo de falla: se especifica que falla provoco el daño en el equipo, si una falla eléctrica, mecánica, neumática o hidráulica.

A continuación se muestra el formato elaborado para el uso de las solicitudes de servicio. En el anexo B se encuentran algunas de las solicitudes de servicio generadas durante el proceso del proyecto.

---

<sup>5</sup> Ibit., 56

Formato 3. Solicitud de servicio

		Solicitud de servicio constriturar		Formato	1
				Fecha	07-nov-17
				Pagina	1 DE 1
Equipo	Alimentador Vibratorio			Código	A-AV-01
Solicitud N°:	0001	Tipo de Mantenimiento(X)	Correctivo	Programado	Por inspección
Tipo de Falla					
Eléctrico		Neumático		Otros:	
Mecánico	X	Hidráulico			
<p>Descripción del Daño:</p> <p>Ruptura de cardan del lado derecho del equipo.</p>					
Solicita	Nombre	José Rodríguez		Cargo	Operario
Recibe	Nombre	Alex Rodríguez Higueta		Cargo	Director Operativo
Fecha de Solicitud		12-jul-17		Hora	3:00 p. m.

## 6.4 ÓRDEN DE TRABAJO

Instrucción escrita, la cual, define el trabajo<sup>6</sup> que debe llevarse a cabo por la organización del mantenimiento. Este es el formato que permite iniciar el proceso de mantenimiento ya que este dice detalladamente cual es el proceso a realizar para cada equipo.

El formato diseñado para la orden de trabajo contiene la siguiente información;

Numero de solicitud: información en la que se indica el número de la solicitud que género la orden de trabajo.

Fecha: es necesaria para tener en cuenta para trabajos futuros para el equipo, para realizar procesos de rastreabilidad.

Equipo: tipo de equipo a la que se le va a generar el trabajo.

Solicitante: Es el responsable a generar la solicitud de trabajo para el equipo.

Código: El cual informa a que equipo exactamente se le va a generar el procedimiento.

Prioridad en ejecución: dado el caso que existan más de una orden de trabajo en lista para ejecutar, el programador puede hacer uso de su criterio.

Trabajo a realizar: descripción del trabajo que se debe ejecutar.

Trabajo realizado: descripción breve del trabajo que se llevó acabo al equipo.

Recursos necesarios: el programador debe tener la facultad y el conocimiento previo para describir la cantidad y los componentes requeridos para llevar acabo la realización de la orden.

Mano de obra: se relacionan el personal y el tiempo empleado.

Tipo de servicio: se selecciona entre el grupo de opciones, el tipo de servicio que se está generando en la orden.

Tiempo de parada de producción: indica el tiempo que se ha perdido en la producción programada si fuese en horas laborales.

Numero de orden de trabajo: preimpreso y consecutivo.

---

<sup>6</sup> Ibit., 58

A continuación se muestra el formato elaborado para el uso de las órdenes de trabajo. En el anexo C se encuentran las órdenes de trabajo generadas durante el proceso del proyecto.

Formato 4. Orden de trabajo

	Orden de trabajo constriturar			Fecha:	07-nov-2017
				Versión:	1
				Página:	1 de 1
Orden de Trabajo					
Equipo	Alimentador Vibratorio			Código	A-AV-01
Orden No	0001	Solicitud de Servicio No:		0001	
Fecha de Emisión OT	12-jul-17	Fecha Inicio	12-jul-17	Fecha Final	12-jul-17
Hora de Parada	Hora de Inicio	3:00 p. m.	Hora Final	5:00 p. m.	
Tipo de Falla(X)	Mecánica X	Eléctrica	Neumática	Hidráulic a	Otro
Prioridad de Ejecución(X)	Alta	Media	Baja	Inmediata X	
Trabajo a Realizar:			Trabajo Realizado:		
Ruptura de cardan del lado derecho del equipo.			Cambio de cardan y crucetas.		
Recursos					
Materiales y Herramientas a Utilizar			Repuestos a Utilizar		
Herramienta/Material es	Usado (X)	Repuesto		Cant/Und	
Llave de 9/16"	X	Cardan		1	
Tornillos de 1/2"x 1"	X	Cruceta		1	
Rache de 1/2"	X				
Copa de 9/16"	X				

Formato 4. (Continuación)

Tipo de Servicio(X)		Mano de Obra			
Mantenimiento Correctivo	X	Personal Previsto	1	Tiempo Previsto	0:30
Mantenimiento Preventivo					
Mantenimiento Predictivo					
Acción Repetitiva	Si	Personal Empleado	1	Tiempo Empleado	1:00
	No				
Riesgos del Trabajo		Trabajos adicionales			
Costo de Mano de Obra		\$ 10.000	Tiempo de parada de producción		2:00
Costo de Repuestos		\$ 135.000	Costo de materiales		0
Total de Costos		\$ 145.000			
Observaciones					
Aprobó		Director operativo			
Nombre	Alex Rodríguez H	Nombre	Alex Rodríguez H		
Firma		Firma			
Fecha	12-jul-17	Fecha	12-jul-17		
Realizo		Recibió			
Nombre	José Rodríguez	Nombre	Alex Rodríguez H		
Firma		Firma			
Fecha	12-jul-17	Fecha	12-jul-17		

## 6.5 HOJA DE VIDA

Este es un formato<sup>7</sup> en el que se registra la información más importante con respecto a las intervenciones que se le realizan a una máquina o sistemas, esta información consta del tiempo total en el que se realizó una actividad, igualmente se desglosa este tiempo en el tiempo de parada del equipo, se notifica también el tipo de intervención que se realizó y los documentos que se generaron y se archivan como respaldo del procedimiento realizado.

La ausencia de este tipo de documentos era notable en la empresa, por lo que se limitaba la información sobre las máquinas, este documento tiene como fin la recopilación de las actividades ejecutadas en un equipo durante su periodo de vida útil, usando esta recolección de datos en un futuro para el diagnóstico y análisis de datos, sin embargo el éxito de este documento radica en un uso permanente que consiga una actualización constante.

En el siguiente formato se muestra un ejemplo de hoja de vida diligenciado en la empresa. En el anexo D se encuentran las hojas de vida de los demás equipos que hacen parte del proyecto.

---

<sup>7</sup> Ibit., 61

Formato 5. Hoja de vida alimentador vibratorio

		HOJA DE VIDA CONSTRITURAR								Fecha	2-nov-17		
										Versión	1		
										Página	1de1		
Equipo	Alimentador Vibratorio			Código				A-AV-01					
Fecha	Solicitud No	Descripción del Mantenimiento	Tiempo de Producción por día (h)	Tiempo de Parada de Producción (h)	Costo hora de falla (CHF)	Costo de falla	Tiempo de Mantenimiento (h)	Tiempo Promedio Entre Fallas (h)	Tiempo Promedio en Reparación (h)	Costo de Mano de Obra	Costo de Repuestos	Costo Total	
25/07/2017	N/A	Cambio de láminas de alimentador	8	2	\$ 742.500	\$ 1.485.000	2	96	20	\$ 110.000	\$ 1.120.000	\$ 2.715.000	
12/08/2017	N/A	Desmontaje de motor izquierdo y montaje de motor weg de 10 hp	8	12	\$ 742.500	\$ 8.910.000	12			\$ 90.000	\$ 1.750.000	\$ 10.750.000	
13/08/2017	0001	Cambio de cardan y crucetas	8	2	\$ 742.500	\$ 1.485.000	2			\$ 10.000	\$ 135.000	\$ 1.630.000	
15/08/2017	0004	Desmontaje de motor derecho y montaje de motor weg de 10 hp	8	12	\$ 742.500	\$ 8.910.000	12			\$ 120.000	\$ 1.200.000	\$ 6.517.500	
1/09/2017	0005	Cambio de resorte roto	8	3	\$ 742.500	\$ 2.227.500	3			\$ 20.000	\$ 30.000	\$ 2.277.500	

## 6.6 COSTO HORA DE FALLA

El costo hora<sup>8</sup> de falla hace referencia al costo o pérdida de beneficio que la empresa soporta debido a causas relacionadas directamente con mantenimiento, normalmente, este concepto no suele tenerse en cuenta cuando se habla de los gastos de mantenimiento, pero su valor puede ser incluso superior a los gastos tradicionales (costos variables y financieros).

Sin embargo el costo más alto para mantenimiento, radica en la utilidades que se dejan de percibir por causa de una baja disponibilidad, determinar este costo es además una herramienta de uso financiero con gran impacto en la toma de decisiones administrativas en busca de evaluar la rentabilidad y eficiencia de mantenimiento.

El principio que todos los equipos de la empresa Constriturar deben cumplir una programación de horas al mes, el cálculo del costo de hora de falla equivale al valor que no percibe la empresa, ya que no está en funcionamiento durante una hora.

Los horarios de producción que tiene Constriturar S.A.S, son semanalmente de 40 horas de producción, que equivale a 8 horas diarias de Lunes a Viernes.

Para el cálculo del costo horario de falla se tiene la siguiente ecuación

$$CHF = (1 - I) (V - C) FP$$

Donde;

I: hace referencia al impuesto a la renta en Colombia equivalente al 34%

V: hace referencia al costo de venta de una unidad de producto, en este caso una tonelada de triturado debido a que es la unidad de venta

C: es el costo variable que tiene para la empresa producir una tonelada de material o el costo que tiene fabricarlos

FP= factores productivos, estos hacen referencia a la capacidad de producción que cada equipo tiene durante una hora

---

<sup>8</sup> NAVARRO ELOLA, Luis pastor. Gestión Integral del Mantenimiento. España. Ed Marcombo. 2009, pág. 41

A partir de los valores que suministro el departamento de ventas se tomó un valor para los materiales para realizar los cálculos se muestran en el cuadro 25.

Cuadro 25. Costos de venta

Material	Trabajo	Costo materia prima (\$/Ton)
Triturado 1 1/2"	Trituración	\$ 35.000
Triturado 3/4	Trituración	\$ 42.000
Arena de trituración	Trituración	\$ 28.000

El cálculo del costo de producción se halló teniendo en cuenta el valor hora capacidad hora de cada equipo que se utilizó para sacar la materia prima;

Cuadro 26. Costo de producción

	Precio hora	Capacidad hora (ton)	Costo producción por hora
Retroexcavadora	\$ 400.000	50	\$ 8.000
Doble troque	\$ 200.000	40	\$ 5.000
Retroexcavadora con martillo	\$ 500.000	30	\$ 17.000
		Total	\$ 30.000

Se realiza el cálculo de costo de hora de falla para los equipos de la empresa Constritar, en el siguiente cuadro.

Cuadro 27. CHF equipos

Código	Impuesto de renta	Costo de venta (\$/Ton)	Costo de producción (\$/Ton)	Capacidad de producción (Ton/h)	CHF (\$)
A-AV-01	34%	\$105.000	\$ 30.000	15	\$742.500
A-TM-02		\$105.000	\$ 30.000	15	\$742.500
A-ZV-03		\$105.000	\$ 30.000	15	\$742.500
A-TI-04		\$105.000	\$ 30.000	15	\$742.500

## 7. PROGRAMAS SISTEMATICOS

En este capítulo se desarrollan los programas sistemáticos con el fin de programar actividades útiles para esta área de la empresa y reemplazar los mantenimientos correctivos por preventivos.

A partir del análisis de equipos críticos se desarrolló el plan de mantenimiento, teniendo en cuenta las fallas encontradas, se ejecutaron las actividades de inspección y programación para minimizar las ocurrencias, que generaba mayor costo de mantenimiento, inconformidad con los clientes por demoras, así como sobrecarga laboral en los equipos.

Los programas que se van a elaborar son;

- ✓ Sistemas de inspección
- ✓ Sistemas de lubricación
- ✓ Sistemas de ajustes y limpieza

Con este sistema se va ayudar a prevenir fallas, evitando en lo posible las paradas de emergencia o no programadas de los equipos, buscando como objetivo aumentar la disponibilidad del área de trituración.

Para generar los puntos sistemáticos de inspección, lubricación y ajuste y limpieza se analizaron los sistemas y subsistemas de cada uno de los equipos de la línea de producción y como resultado de equipos críticos, así generando puntos, evaluaciones, matrices y rutas para cada uno de ellos.

Los siguientes cuadros de Programa de Inspección, Programa de Lubricación y Programa de ajuste y limpieza se desarrollaron basados en la estructura de los cuadros de: VARGAS, Jaison Alexander y Zaavedra, Miguel Angel. Desarrollo e implementación de un plan de mantenimiento planificado en el centro de acopio y mina la chisgua de la empresa minminer s.a. Bogotá D.C.: Fundación Universidad De América. Facultad de Ingeniería Mecánica. 2015.

### 7.1 PROGRAMA DE INSPECCIÓN

La inspección es importante para la empresa pues por medio de esta se pueden detectar fallas y evitar un inconveniente que se presente a corto o largo plazo. Estas son actividades que realiza el personal encargado, Estas inspecciones buscan examinar el estado actual de los mecanismos de cada equipo.

La frecuencia con la que se realizara las inspecciones, son determinadas de la siguiente manera;

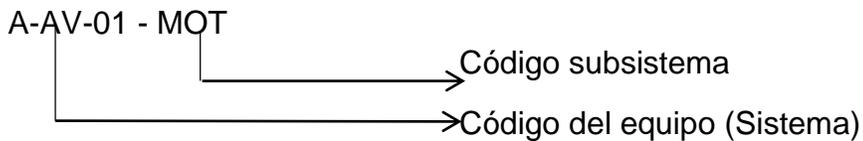
- ✓ F1, hace referencia a la frecuencia semanal
- ✓ F4, hace referencia a la frecuencia mensual
- ✓ F13, hace referencia a la frecuencia trimestral
- ✓ F26, hace referencia a una frecuencia semestral

7.1.1 Puntos clave de inspección. Son actividades programadas que debe realizar el mecánico especializado, estas actividades ayudan a minimizar las fallas, o aspectos analizados en la evaluación de criticidad. Los puntos a inspeccionar se seleccionan de cada subsistema que compone el funcionamiento del equipo, para que su disponibilidad sea del 100%.

Para aplicar el mantenimiento y así evitar las fallas anticipadamente. Estos puntos deben ser detectables y medibles sin necesidad de detener el equipo (en lo posible).

El formato de los puntos claves de inspección está compuesto por los siguientes aspectos;

- ✓ Subsistema: hace referencia a los subconjuntos de los equipos establecidos en los capítulos anteriores, esto facilita establecer las rutas, la manera como se va a nombrar los subconjuntos es la siguiente;



La codificación de los subsistemas se referencia en el siguiente cuadro;

Cuadro 28. Codificación subsistemas

Equipo	Subsistema	Codigo
Alimentador Vibratorio	Motriz	A-AV-01-MOT01
	Dosificación	A-AV-01-DOS01
Trituradora de Mandíbulas	Trituración	A-TM-02-TRI02
	Motriz	A-TM-02-MOT02
	Estructura	A-TM-02-EST02

Cuadro 28. (Continuación)

Equipo	Subsistema	Código
Zaranda Vibratoria	Motriz	A-ZV-03-MOT03
	Clasificación	A-ZV-03-CSF03
Trituradora de impacto	Trituración	A-TM-04-TRI04
	Motriz	A-TM-04-MOT04
	Estructura	A-TI-04-EST04

✓ Rutas, frecuencia y tiempo: hace referencia a la ruta que se debe seguir para realizar la inspección, frecuencia con que se debe ejecutar la inspección y el tiempo de duración de la inspección

✓ Detalle de la inspección: es la actividad que se debe realizar

✓ Límites: Son los rangos en los que se deben encontrar los subconjuntos que se inspeccionan

✓ Cantidad: número de elementos que se deben inspeccionar

✓ Observaciones: elemento con el que se debe realizar la inspección y/o instrucciones de seguridad

A continuación se muestran los puntos clave de inspección del alimentador vibratorio, en el anexo E se encuentran los puntos clave de inspección de los demás equipos.

Cuadro 29. Puntos clave de inspección alimentador vibratorio

			Puntos de inspección			FECHA: Junio 05 del 2017
						VERSION 01
						PAGINA 1 DE 1
Equipo: Alimentador Vibratorio			Código: A - AV - 01			
Subsistema	Ruta, Frecuencia, Tiempo	Ítem	Detalle de inspección	Limites	Cantidad	Observación
Motriz (MOT01)	R=3 F=13 T=30	1	Alineación de motor con cardan	< 1,5mm	2	Utilizar comparador de caratula
	R=9 F=26 T=30	1	Revisión de voltaje entre, líneas en funcionamiento	440 Vac +/- 5%	6	Utilizar pinza volti-amperimetrica
		2	Medición de corriente en funcionamiento	15 Amp +/- 5%	2	Utilizar pinza volti-amperimetrica
		3	Verificar temperatura de los rodamientos	< 55c°	4	Inspección con termómetro infrarrojo
		4	Verificar nivel de vibraciones en los rodamientos	< 2mm	4	Contactar personal externo
Dosificación (DOS01)	R=7 F=13 T=40	1	Verificar elongación de los resortes	< 1,5mm	10	Utilizar calibrador pie de rey

7.1.2 Matriz de tiempos y balance de cargas de inspección. La matriz de tiempos y balance de cargas se realizan con el fin de distribuir los tiempos de los puntos claves de inspección y lograr determinar las rutas de inspección.

Este método organizativo se desarrolla con los puntos de inspección, frecuencias y tiempos de trabajo, pueden ser modificados a través del tiempo, ya que pueden ser cambiados por ajustes de los equipos, equipos nuevos o por nuevos parámetros de inspección por deterioro.

Estos se distribuyeron por semanas en un año, garantizando la realización de los puntos claves de inspección de cada uno de los equipos, a continuación se muestra la matriz de distribución de tiempos y el balance de cargas, para los equipos del área de trituración.

Cuadro 30. Distribución de tiempos, inspección

Distribución de tiempos				
Subsistema	F4	F13	F26	F52
A-AV-01-MOT01		30	30	
A-AV-01-DOS01		40		
A-TM-02-TRI02	60			
A-TM-02-MOT02		60	30	
A-TM-02-EST02				
A-ZV-03-MOT03		60	40	
A-ZV-03-CSF03		40	40	
A-TI-04-TRI04	60			
A-TI-04-MOT04		60	30	
A-TI-04-EST04				
Total tiempo en minutos	120	290	170	
	580			

Cuadro 31. Balance de cargas de inspección

Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Frecuencia 4		60 <sup>1</sup>		60 <sup>2</sup>		60		60		60		60	
Frecuencia 13	30 <sup>3</sup>				60 <sup>4</sup>		40 <sup>5</sup>		60 <sup>6</sup>		40 <sup>7</sup>		60 <sup>8</sup>
Frecuencia 26	30 <sup>9</sup>		30 <sup>10</sup>										30 <sup>11</sup>
Total mínimo	60	60	30	60	60	60	40	60	60	60	40	60	90

Semana	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Frecuencia 4	60		60		60		60		60		60		60
Frecuencia 13				30		60		40		60		40	60
Frecuencia 26		40 <sup>12</sup>						40 <sup>13</sup>					
Total mínimo	60	40	60	30	60	60	60	80	60	60	60	40	120

Semana	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
Frecuencia 4		60		60		60		60		60		60	
Frecuencia 13	30				60		40		60		40		60
Frecuencia 26	30		30										30
Total mínimo	60	60	30	60	60	60	40	60	60	60	40	60	90

Semana	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
Frecuencia 4	60		60		60		60		60		60		60
Frecuencia 13				30		40		60		60		40	60
Frecuencia 26		40										40	
Total mínimo	60	40	60	30	60	40	60	60	60	60	60	80	120

7.1.3 Rutas de inspección. Una ruta de inspección hace referencia a un reconocimiento específico que se desarrolla sobre un mecanismo, de tal forma que se permita identificar y comprobar su estado real por comparación de variables, de forma visual, usando una herramienta de medición, y así diagnosticar el estado de los mecanismos, para la empresa Constriturar S.A.S., se desarrollaron 13 rutas de inspección, teniendo en cuenta el tiempo obtenido a partir del análisis realizado en el balance de cargas realizado para los equipos del área de trituración.

Las inspecciones que se realizan sobre los subsistemas de los equipos, constituyen un proceso vital para la detección de fallas y de este modo evitar que se presenten fallas catastróficas, en el anexo F se muestran las demás rutas de inspección.

Cuadro 32. Rutas de inspección Alimentador Vibratorio

		RUTA DE INSPECCIÓN No 9			<a href="#">1</a> <a href="#">2</a> <a href="#">3</a> <a href="#">4</a> <a href="#">5</a> <a href="#">6</a> <a href="#">7</a> <a href="#">8</a> <a href="#">9</a> <a href="#">10</a> <a href="#">11</a> <a href="#">12</a> <a href="#">13</a> <a href="#">14</a> <a href="#">15</a> <a href="#">16</a> <a href="#">17</a> <a href="#">18</a> <a href="#">19</a> <a href="#">20</a> <a href="#">21</a> <a href="#">22</a> <a href="#">23</a> <a href="#">24</a> <a href="#">25</a> <a href="#">26</a> <a href="#">27</a> <a href="#">28</a> <a href="#">29</a> <a href="#">30</a> <a href="#">31</a> <a href="#">32</a> <a href="#">33</a> <a href="#">34</a> <a href="#">35</a> <a href="#">36</a> <a href="#">37</a> <a href="#">38</a> <a href="#">39</a> <a href="#">40</a> <a href="#">41</a> <a href="#">42</a> <a href="#">43</a> <a href="#">44</a> <a href="#">45</a> <a href="#">46</a> <a href="#">47</a> <a href="#">48</a> <a href="#">49</a> <a href="#">50</a> <a href="#">51</a> <a href="#">52</a>
		FRECUENCIA 26	TIEMPO 00:30 Hora	PAGINA 1 DE 1	
EQUIPO	SISTEMA	DESCRIPCIÓN DE LA INSPECCIÓN	LIMITES	CANTIDAD	OBSERVACIONES
ALIMENTADOR VIBRATORIO	A-AV-01-MOT01	Revision de voltaje entre, lineas en funcionamiento	440 Vac +/- 5%	6	Utilizar pinza volti-amperimetrica
		Medicion de corriente en funcionamiento	15 Amp +/- 5%	2	Utilizar pinza volti-amperimetrica
		Verificar temperatura de los rodamientos	< 55c°	4	Inspeccion con termometro infrarojo
		Verificar nivel de vibraciones en los rodamientos	< 2mm	4	Contactar personal externo

## 7.2 PROGRAMA DE LUBRICACIÓN

El desarrollo<sup>9</sup> tecnológico ha llevado al hombre a controlar la fricción y el desgaste de los mecanismos, con el fin de aumentar la vida útil de una máquina, esto debido a que la maquina alcanza una mayor eficiencia si se reduce al máximo la fricción de sus mecanismos.

Un lubricante es una sustancia, que al ubicarse entre dos pieza forma una película, con esto se busca mitigar las altas temperaturas, los lubricantes se pueden encontrar en animales, vegetales y minerales como el petróleo, a nivel industrial se emplean los compuestos derivados de este último pues poseen un mejor desempeño y resistencia a las condiciones propias de trabajo.

Las funciones principales de un lubricante consisten en: evitar el desgaste, reducir el rozamiento, refrigeración por medio de la recirculación del fluido, lavado de partículas, protección contra la corrosión, sellado, transmisión de potencia y aislamiento.

De acuerdo a la información obtenida del operario que es la persona encargada de realizar la lubricación en cada uno de los equipos, se detectó que no existen frecuencias establecidas para realizar esta acción igualmente los límites de lubricante que debe ser usado no son claros, por lo que en el desarrollo de estas actividades se evidenciaron varias falencias.

Debido a que esta es una labor de gran importancia para el correcto funcionamiento de los equipos, se crearon puntos clave de lubricación los cuales tienen como objetivo complementar estas actividades, unificar criterios en cuanto a las frecuencias y establecer el límite de lubricante que se debe usar en el desarrollo de esta labor, para las actividades que requieren lubricación con grasa se debe usar una graser manual, las frecuencias se estipularon a partir de las actividades que se desarrollaban anteriormente, teniendo en cuenta que debido a las condiciones de trabajo estos equipos requieren una lubricación adecuada. De igual manera se crearon cartas de lubricación en las que se muestran el lubricante que se debe usar para cada equipo así como las características del mismo.

A continuación se muestra un ejemplo del formato de puntos claves de lubricación, en el anexo G se encuentran los formatos para los demás equipos.

---

<sup>9</sup> Ibit., 75

Cuadro 33. Puntos de lubricación Alimentador Vibratorio

			Puntos de lubricación			FECHA: Junio 05 del 2017	
						VERSION 01	
						PAGINA 1 DE 1	
Equipo: Alimentador Vibratoria			Código: A - AV - 01				
Subsistema	Ruta, Frecuencia , Tiempo	Ítem	Detalle de inspección	Limites	Cant	Observación	
Motriz (MOT03)	R= 1 F= 1 T=10	1	Engrasar crucetas	21 Gramos	4	Ver Carta de lubricación	
		2	Engrase de vibradores	32 Gramos	2	Ver Carta de lubricación	

La carta de lubricación, es un documento complementario informativo y de consulta, en el que se ubica la información de las grasas y aceites requeridos para la lubricación de los equipos enunciada en los puntos claves de lubricación, y se debe acudir a esta carta cuando la actividad lo requiera. La finalidad de esta carta es mostrar de forma exacta los puntos que requieren ser lubricados.

.

Cuadro 34. Carta de lubricación alimentador vibratorio

	Carta de lubricación	Fecha:	02-nov-17
		Versión:	1
		Página:	1 de 1
Equipo Alimentador Vibrador Código A-AV-01			
Lubricantes Usados	Lubricantes Recomendados	Puntos de aplicación	Método de Lubricación
Grasa molibgras EP-2	Grasa molibgras EP-2	1- Crucetas 2- Vibrador	Pistola(Bombazo)
Puntos de Lubricación			
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <div data-bbox="730 889 940 946" data-label="Text"> <p>1. Crucetas</p> </div>  </div> <div style="text-align: center;">  <div data-bbox="1661 1032 1875 1084" data-label="Text"> <p>2. Vibrador</p> </div> </div> </div>			

Es importante que la información contenida sea validada y actualizada conforme existan cambios en los lubricantes que se estén empleando, además este documento constituye el punto de partida para iniciar las buenas prácticas de lubricación.

7.2.1 Matriz de tiempo y balance de carga para programa de lubricación. Al igual que en las matrices de distribución de tiempos y balance de cargas de inspección, estas se realizaron con el fin de distribuir los tiempos de los puntos clave de lubricación y así determinar las rutas de lubricación.

Cuadro 35. Distribución de tiempos, lubricación

Distribución de tiempos					
Subsistema	F1	F4	F13	F26	F52
A-AV-01-MOT01	10				
A-AV-01-DOS01					
A-TM-02-TRI02					
A-TM-02-MOT02	20				
A-TM-02-EST02					
A-ZV-03-MOT03	10				
A-ZV-03-CSF03					
A-TI-04-TRI04					
A-TI-04-MOT04	10				
A-TI-04-EST04					
Total tiempo en minutos	50				
	50				

Cuadro 36. Balance de cargas, lubricación

Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Frecuencia F1	50 <sup>1</sup>	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Total mínimo	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50

Semana	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Frecuencia F1	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Total mínimo	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50

Semana	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
Frecuencia F1	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Total mínimo	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50

Semana	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
Frecuencia F1	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Total mínimo	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50

7.2.2 Ruta de lubricación. Al igual que las rutas de inspección, en este formato es donde se muestra la información acerca de las actividades que se deben realizar en los subsistemas de los equipos del área de trituración, teniendo en cuenta que solo hay una ruta de inspección ya que la frecuencia de esta es semanal.

Cuadro 37. Ruta de inspección, lubricación

		Ruta de lubricación no 1			<a href="#">1</a> <a href="#">2</a> <a href="#">3</a> <a href="#">4</a> <a href="#">5</a> <a href="#">6</a> <a href="#">7</a> <a href="#">8</a> <a href="#">9</a> <a href="#">10</a> <a href="#">11</a> <a href="#">12</a> <a href="#">13</a> <a href="#">14</a> <a href="#">15</a> <a href="#">16</a> <a href="#">17</a> <a href="#">18</a> <a href="#">19</a> <a href="#">20</a> <a href="#">21</a> <a href="#">22</a> <a href="#">23</a> <a href="#">24</a> <a href="#">25</a> <a href="#">26</a> <a href="#">27</a> <a href="#">28</a> <a href="#">29</a> <a href="#">30</a> <a href="#">31</a> <a href="#">32</a> <a href="#">33</a> <a href="#">34</a> <a href="#">35</a> <a href="#">36</a> <a href="#">37</a> <a href="#">38</a> <a href="#">39</a> <a href="#">40</a> <a href="#">41</a> <a href="#">42</a> <a href="#">43</a> <a href="#">44</a> <a href="#">45</a> <a href="#">46</a> <a href="#">47</a> <a href="#">48</a> <a href="#">49</a> <a href="#">50</a> <a href="#">51</a> <a href="#">52</a>
		Frecuencia 4	Tiempo 00:50 hora	Pagina 1 de 1	
Equipo	Sistema	Descripción de la inspección	Limites	Cantidad	Observaciones
Alimentador Vibratorio	A-AV-01-MOT01	Engrasar crucetas	21 Gramos	4	Ver Carta de lubricación
		Engrase de vibradores	32 Gramos	2	Ver Carta de lubricación
Trituradora de mandíbulas	A-TM-02-MOT02	Rodamiento eje principal	150 Gramos	2	Ver Carta de lubricación
		Chumaceras del eje principal	75 Gramos	2	Ver Carta de lubricación
Zaranda Vibratoria	A-ZV-03-MOT03	Engrasar crucetas	21 Gramos	2	Ver Carta de lubricación
		Engrase de vibrador	32 Gramos	1	Ver Carta de lubricación
Trituradora de impacto	A-TI-04-MOT04	Chumaceras del eje principal	75 Gramos	2	Ver Carta de lubricación

### 7.3 PROGRAMA DE AJUSTE Y LIMPIEZA

Algunos tipos de fallas se producen por falta de ajuste<sup>10</sup>, están pueden ser detectables fácilmente, ya que se presentan principalmente en forma de ruido, vibración o calor, una de las fallas que se presenta constantemente en la industria minera es la rotura de rodamientos provocada por vibraciones causadas por el desajuste de los componentes del equipo.

Otros tipos de fallas son producidas por la falta de limpieza, este es un ítem muy importante para este tipo de industria por el alto nivel de material particulado y por qué los equipos se encuentran trabajando a la intemperie.

Debido a la cantidad de material particulado que se encuentra en el ambiente, es muy importante tener un plan adecuado de ajuste y limpieza, para evitar inconvenientes dentro del proceso productivo.

Para realizar las actividades programadas se crearon los formatos de ajuste y limpieza para cada equipo, cabe resaltar que el responsable de ejecutar correctamente estas actividades es el operario encargado del equipo, las labores de limpieza se deben realizar semanalmente antes de iniciar la operación, eliminando depósitos de polvo y suciedad usando un soplador; el ajuste de los tornillos debe hacer usando un torquimetro, este torque se da en unidades de Lb/Ft depende de la dimensión de cada tornillo.

A continuación se muestra el formato de ajuste y limpieza para el alimentador vibratorio. En el anexo H, se encuentran los demás puntos clave de ajuste y limpieza.

---

<sup>10</sup> lbit., 81

Cuadro 38. Puntos claves de ajuste y limpieza alimentador vibratorio

		Puntos clave de ajuste y limpieza			FECHA: Junio 05 del 2017	
					VERSION 01	
					PAGINA 1 DE 1	
<b>Equipo      Alimentador Vibrador      Código      A-AV-01</b>						
Sistema	Ruta, Frecuencia, Tiempo	Ítem	Descripción	Limite	Cantidad	Observación
Motriz (MOT01)	R=1 F=4 T=15	1	Ajuste de tornillos 5/8" de anclaje del motor	135 Lb/Ft	8	Llave 3/4"
		2	Ajuste de tornillos de 1/2", cardan	70 Lb/Ft	16	Llave 9/16"
Dosificación (DOS01)	R=1 F=4 T=15	1	Ajuste de tornillos 3/4" de laminas	230 Lb/Ft	24	Llave 15/6"
		2	Limpieza general		1	Usar soplador

7.3.1 Distribución de tiempos y balance de cargas ajuste y limpieza. Al igual que la distribución de tiempos y balance de cargas de inspección y lubricación, se realizan con el fin de distribuir los tiempos de los puntos claves de lubricación y lograr determinar las rutas de ajuste y limpieza.

Cuadro 39. Distribución de tiempos, ajuste y limpieza

Distribución de tiempos				
Subsistema	F4	F13	F26	F52
A-AV-01-MOT01	15			
A-AV-01-DOS01	15			
A-TM-02-TRI02				
A-TM-02-MOT02	15			
A-TM-02-EST02	15			
A-ZV-03-MOT03	15			
A-ZV-03-CSF03	15			
A-TI-04-TRI04				
A-TI-04-MOT04	15			
A-TI-04-EST04	15			
Total tiempo en minutos	120			
	120			

Cuadro 40. Balance de cargas, ajuste y limpieza

Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Frecuencia F4	60 1		60 2		60		60		60		60		60
Total mínimo	60		60		60		60		60		60		60

Semana	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Frecuencia F4		60		60		60		60		60		60	
Total mínimo		60		60		60		60		60		60	

Cuadro 39. (Continuación)

Semana	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
Frecuencia F4	60		60		60		60		60		60		60
Total mínimo	60		60		60		60		60		60		60

Semana	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
Frecuencia F4		60		60		60		60		60		60	
Total mínimo		60		60		60		60		60		60	

7.3.2 Rutas de ajuste y limpieza. Al igual que las rutas de inspección y lubricación, en este formato es donde se muestra la información básica acerca de las actividades que se deben realizar en los subsistemas de los equipos.

A continuación se muestra la ruta de ajuste y limpieza No 1, las otras rutas se encontrarán en el anexo I.

Cuadro 41. Ruta ajuste y limpieza

		RUTA DE AJUSTE Y LIMPIEZA No 01			<a href="#">1</a> <a href="#">2</a> <a href="#">3</a> <a href="#">4</a> <a href="#">5</a> <a href="#">6</a> <a href="#">7</a> <a href="#">8</a> <a href="#">9</a> <a href="#">10</a> <a href="#">11</a> <a href="#">12</a> <a href="#">13</a> <a href="#">14</a> <a href="#">15</a> <a href="#">16</a> <a href="#">17</a> <a href="#">18</a> <a href="#">19</a> <a href="#">20</a> <a href="#">21</a> <a href="#">22</a> <a href="#">23</a> <a href="#">24</a> <a href="#">25</a> <a href="#">26</a> <a href="#">27</a> <a href="#">28</a> <a href="#">29</a> <a href="#">30</a> <a href="#">31</a> <a href="#">32</a> <a href="#">33</a> <a href="#">34</a> <a href="#">35</a> <a href="#">36</a> <a href="#">37</a> <a href="#">38</a> <a href="#">39</a> <a href="#">40</a> <a href="#">41</a> <a href="#">42</a> <a href="#">43</a> <a href="#">44</a> <a href="#">45</a> <a href="#">46</a> <a href="#">47</a> <a href="#">48</a> <a href="#">49</a> <a href="#">50</a> <a href="#">51</a> <a href="#">52</a>	
		FRECUENCIA 4	TIEMPO 1:00Hora	PAGINA DE 1		
EQUIPO	SISTEMA	DESCRIPCIÓN DE LA INSPECCIÓN	LIMITES	CANTIDAD	OBSERVACIONES	
Alimentador Vibratorio	A-AV-01-MOT01	Ajuste de tornillos 5/8" de anclaje del motor	135 Lb/Ft	8	Llave 3/4"	
		Ajuste de tornillos de 1/2", cardan	70 Lb/Ft	16	Llave 9/16"	
	A-AV-01-DOS01	Ajuste de tornillos 3/4" de laminas	230 Lb/Ft	24	Llave 15/6"	
		Limpieza general		1	Usar soplador	
Trituradora de mandíbulas	A-TM-02-MOT02	Ajuste de tornillos de 5/8", anclaje del motor	125 Lb/Ft	4	Llave 3/4"	
		Ajuste de tornillos de 1", buje del volante	550 Lb/Ft	14	Llave 1/8"	
	A-TM-02-EST02	Limpieza general		1	Usar soplador	

## 7.4 PROGRAMACIÓN DE PUESTA A PUNTO

En la industria, es normal que los equipos disminuyan<sup>11</sup> su productividad y sus horas de funcionamiento, esto por causa de malos procesos en el momento del montaje, de la operación inadecuada de los mismos o especificaciones técnicas erróneas. Debido a estos factores se deben tomar acciones que busquen restablecer las condiciones normales de operación del equipo.

Dentro del mantenimiento se deben combinar varios factores tales como: la mano de obra, el uso adecuado de la información disponible en la empresa, los materiales, las herramientas, los procedimientos y el capital financiero, estos deben contribuir en la conservación de los equipos y de las instalaciones de servicio durante el mayor tiempo posible, con el objetivo principal de brindar el máximo rendimiento posible y la más alta disponibilidad.

El mantenimiento moderno está enfocado en minimizar o eliminar las consecuencias de fallas, más si estas afectan la seguridad y el medio ambiente; en el caso del presente proyecto se busca mitigar o eliminar las consecuencias operativas, teniendo en cuenta que en el análisis de fallas no se detectaron consecuencias que afecten la seguridad ni el medio ambiente.

Las actividades preventivas en la empresa serán responsabilidad del Sub-director operativo, que tienen como finalidad planear y revisar semestralmente la ejecución de las labores. Este proyecto representa un punto de partida para las actividades y debe ser revisado, planificado y aprobado frecuentemente para que pueda seguir siendo de utilidad para Constriturar S.A.S.

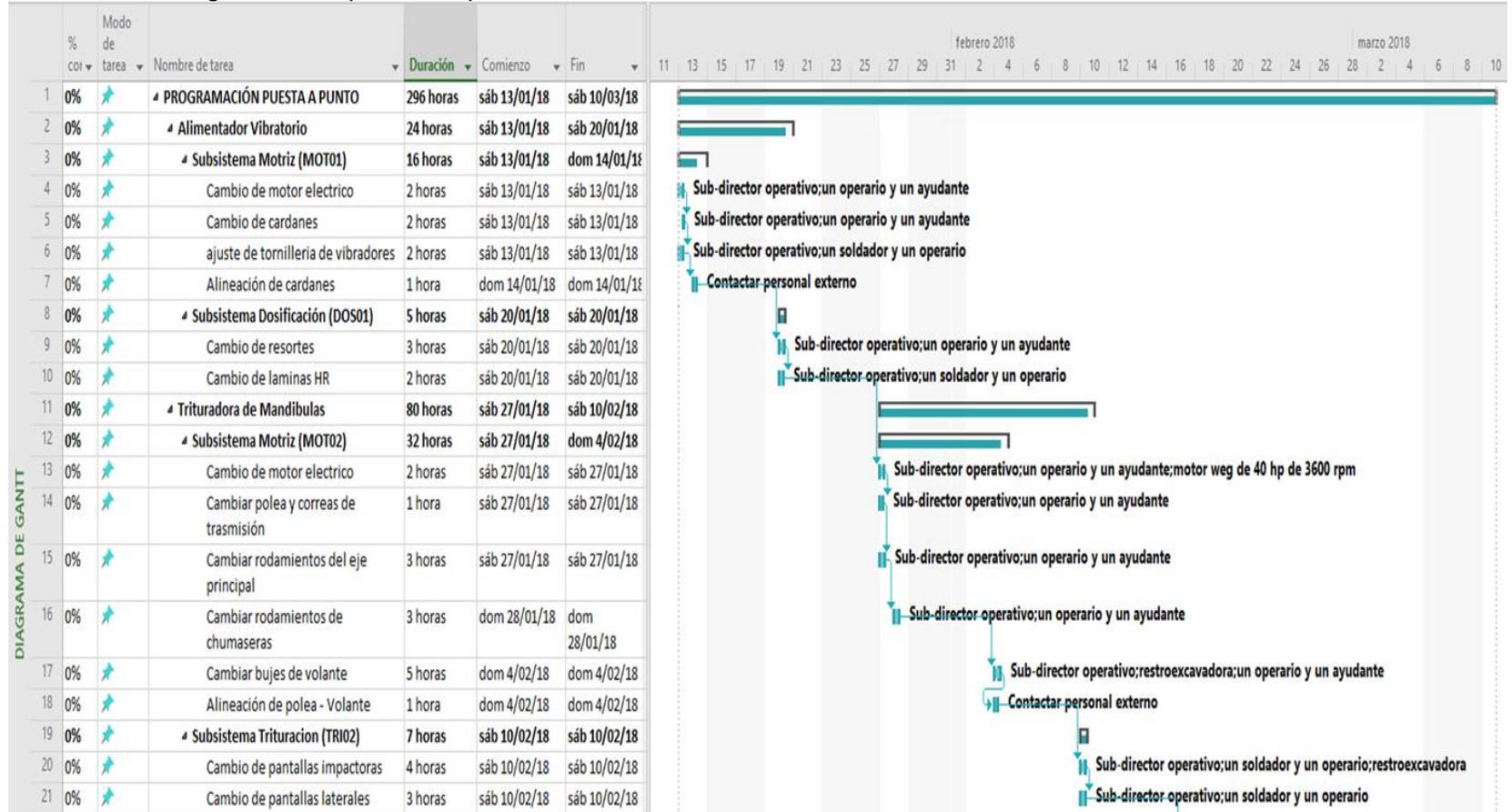
Con el objetivo de eliminar las paradas no programadas por las fallas mostradas en el análisis de fallas, se programó un grupo de actividades correctivas para poner a punto los equipos y así dar inicio a las actividades de los programas sistemáticos de inspección, lubricación y ajuste y limpieza.

A continuación se muestran las actividades de puesta a punto programadas para el equipo de trituración de la línea A.

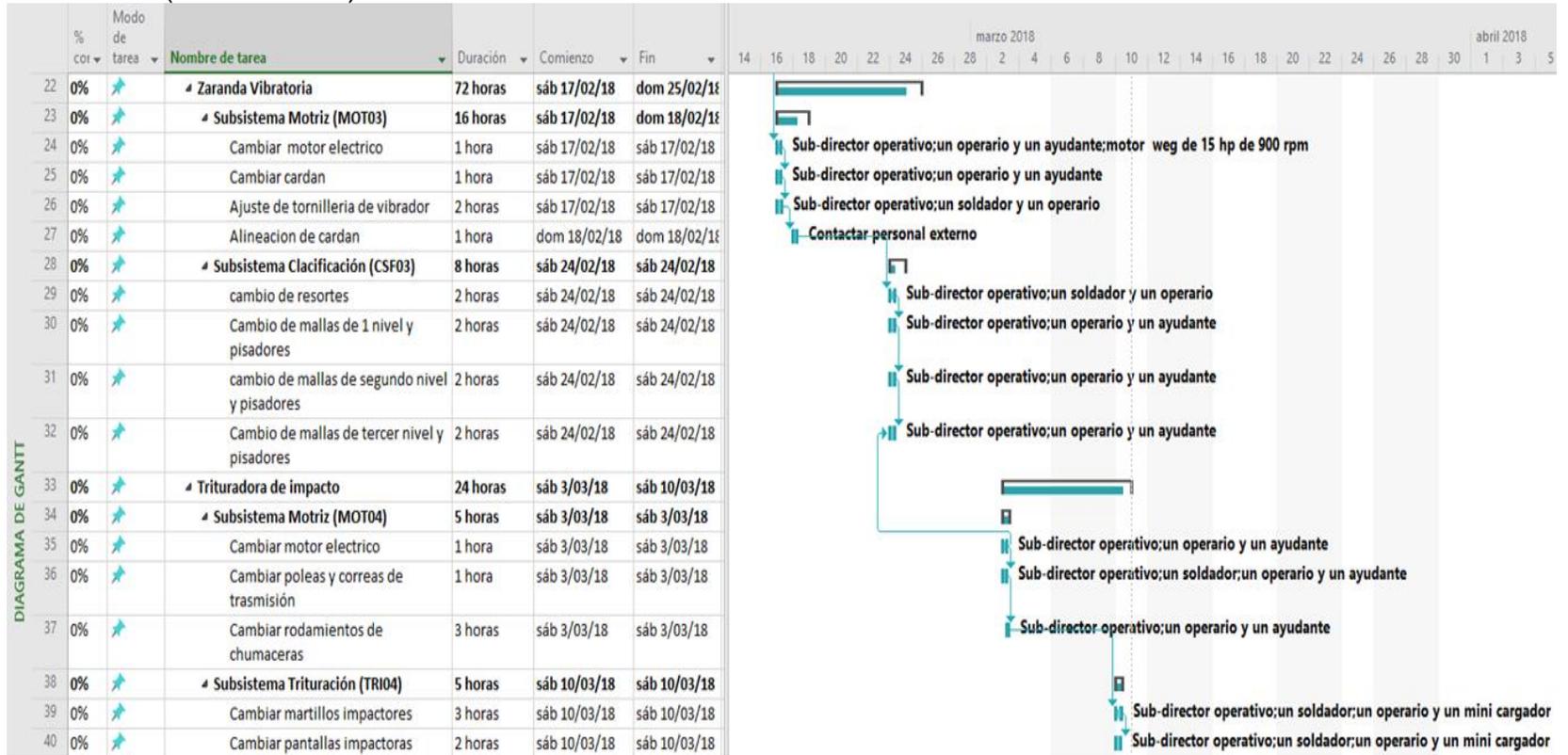
---

<sup>11</sup> Ibit., 83

Cuadro 42. Programación puesta a punto Alimentador Vibratorio



Cuadro 41. (Continuación)



## 8. INDICADORES DE GESTION UNIVERSALES

En mantenimiento se maneja una serie de indicadores, para este caso solo se tomaran los de mayor importancia y los más usuales que se mencionan más adelante, debido a que estos aportan información puntual y concreta adaptándolos a las necesidades de la empresa y de la persona a cargo

### 8.1 DISPONIBILIDAD

Según la Guía Técnica Colombiana GTC 62, la disponibilidad se entiende como la capacidad de una entidad para desarrollar su función en un determinado momento, o durante un determinado período de tiempo, en condiciones y rendimiento definidos. Puede expresarse como la probabilidad de que un elemento pueda encontrarse disponible para su utilización en un determinado momento o durante un determinado período de tiempo. La disponibilidad de una entidad no implica necesariamente que esté funcionando, sino que se encuentra en condiciones de funcionar.

Una medida práctica de la disponibilidad de un elemento como parámetro de referencia es la definida por la relación entre tiempos de operación y el tiempo total que se necesita que funcione, es decir el tiempo durante el que se hubiese querido producir.

Para calcular la disponibilidad se aplica la siguiente ecuación;

$$Disponibilidad = \left( \frac{TPEF}{(TPEF + TPRF)} \right) * 100$$

Donde;

TPEF: Tiempo promedio entre fallas

TPRF: Tiempo promedio para reparar fallas

### 8.2 CONFIABILIDAD

De acuerdo con la Guía Técnica Colombiana GTC 62, se entiende como la capacidad de una entidad para efectuar su función específica en unas condiciones y con un rendimiento definidos durante un periodo de tiempo determinado. Puede expresarse como la probabilidad de que funcione correctamente en las condiciones operativas de diseño durante un determinado periodo de tiempo.

Para calcular la confiabilidad se usa la siguiente ecuación;

$$\text{Confiabilidad} = \frac{\text{Tiempo Total} - \sum \text{Tiempo de inactividad}}{\text{Número de fallas}}$$

### 8.3 MANTENIBILIDAD

Como lo menciona la Guía Técnica Colombiana GTC 62, puede ser comprendida en unas condiciones dadas de utilización, la aptitud de un dispositivo para ser mantenido o restablecido al estado en el que pueda cumplir su función requerida, cuando el mantenimiento se cumple en las condiciones dadas, con los procedimientos y medios prescritos.

Para calcular la mantenibilidad se usa la siguiente ecuación

$$\text{Mantenibilidad} = \frac{\sum \text{Tiempo de reparaciones}}{\text{Número de fallas}}$$

### 8.4 CALCULO INDICADORES

A la hora de realizar la evaluación de la gestión del plan de mantenimiento, se debe seguir una serie de pasos, el primero que se define son los equipos a los que se le mide el desempeño, para el proyecto solo serán los equipos que se clasificaron críticos en el desarrollo anterior, se logra con una estrategia y organización apropiada

En este caso se realizara el cálculo de los tres indicadores de gestión del mantenimiento para el alimentador vibratorio

$$\text{Disponibilidad} = \left( \frac{\text{TPEF}}{\text{TPEF} + \text{TPRF}} \right) * 100$$

Se remplazan los valores que se encuentran en la hoja de vida del equipo del alimentador vibratorio, que en este caso corresponde a;

$$\text{Disponibilidad} = \left( \frac{96}{(96 + 20)} \right) * 100 = 82,75\%$$

Aplicando el procedimiento para confiabilidad se calcula con los siguientes valores

$$\text{Confiabilidad} = \left( \frac{96 - 20}{5} \right) = 15,2 \text{ horas}$$

El ultimo calculo que se emplea es el de Mantenibilidad para la criba

$$\text{Mantenibilidad} = \left( \frac{20}{5} \right) = 4 \text{ horas}$$

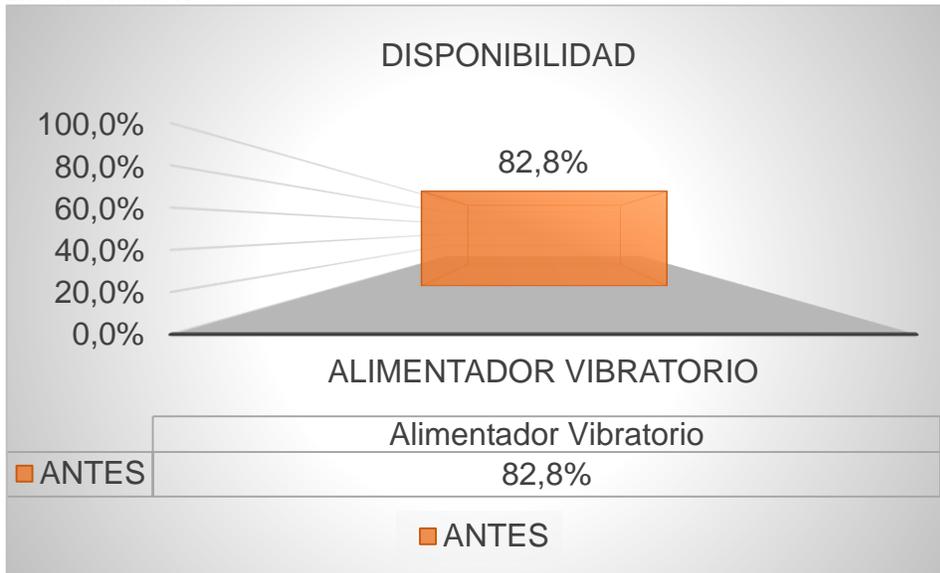
## 8.5 RESULTADOS INDICADORES

A la hora de interpretar los resultados se analizan tres contextos, el primero que se evaluara es el que maneja actualmente la empresa, el segundo un porcentaje del 5% que se le dará ya que no se cuenta con la implementación del plan, el tercero se tomara un 7% del valor inicial, Donde se demostrara que es importante implementar un área más de mantenimiento en la empresa.

8.5.1 Indicadores para el primer contexto. Para este caso se inició recopilando los datos de los equipos críticos al inicio del mes de julio del 2017, y al finalizar el mes de noviembre se calcularon los indicadores, tomando como unidad las horas, ya que con esta unidad es a la mejor que se acopla al proceso de funcionamiento de los equipos. Esto nos indica un punto de partida de cómo se encontraban dichos indicadores antes del plan de mantenimiento.

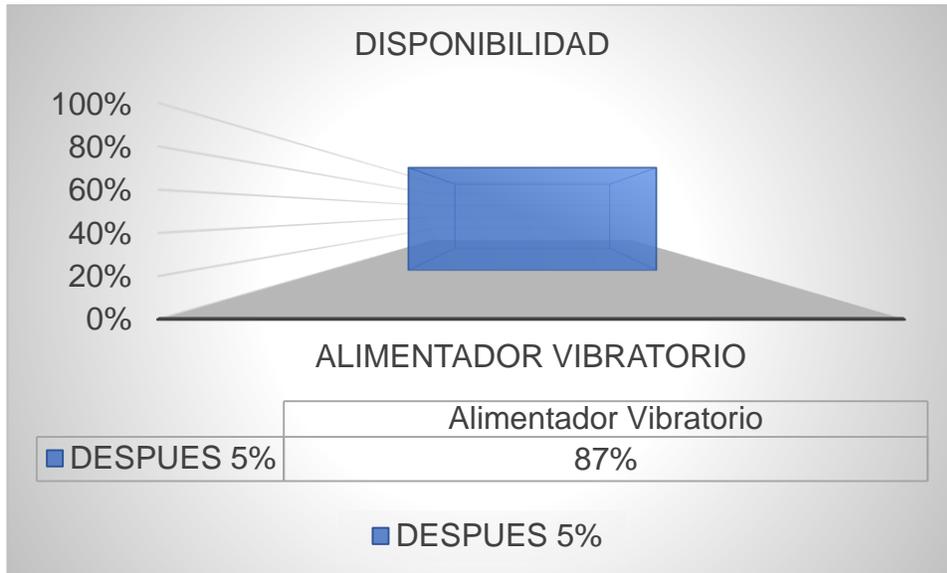
A continuación se muestra los indicadores mencionados del alimentador vibratorio, para los equipos restantes se encuentran en el anexo J.

Figura 11 Disponibilidad de alimentador vibratorio antes del plan de Mantenimiento



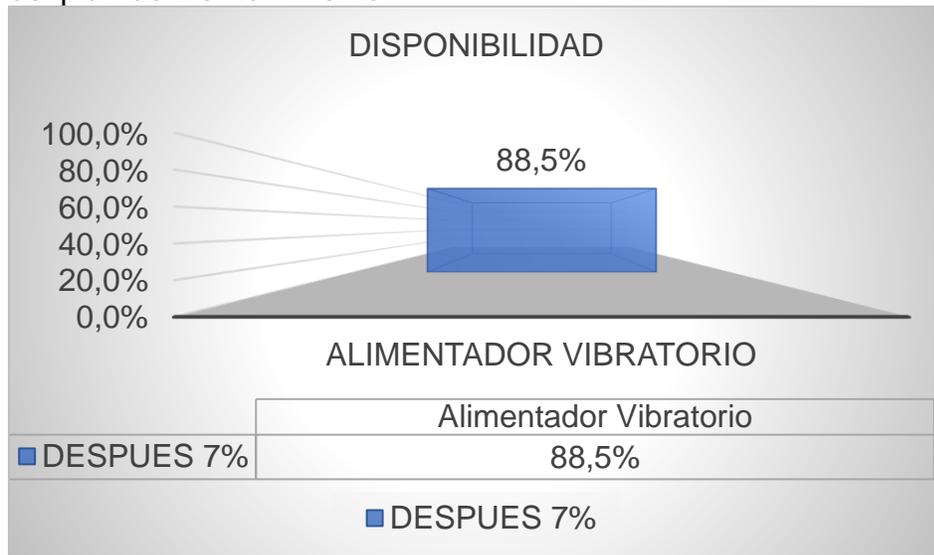
8.5.2 Indicadores para el segundo contexto. Para el segundo caso se establece calcular los indicadores con un porcentaje del 5% más que el antes del plan de mantenimiento que se dará como inicio en enero del 2018 este llevara el nombre (después 5%).

Figura 12. Disponibilidad alimentador vibratorio después del plan de mantenimiento



8.5.3 Indicadores para el tercer contexto. Para el tercer caso se estableció calcular los indicadores con un porcentaje del 7% más del valor inicial del antes del plan de mantenimiento.

Figura 13. Disponibilidad alimentador vibratorio después del plan de mantenimiento



El cálculo de los indicadores universales, solo se hará sobre la disponibilidad ya que la mantenibilidad y la confiabilidad debe ser proporcional a la disponibilidad.

## 8.6 ANALISIS DE LOS RESULTADOS

Los valores mostrados en el cuadro 42, se evidencia el comportamiento que tuvo la disponibilidad antes del plan y luego se hace una simulación en la cual se da un aumento del 5% y del 7% sobre el valor de la disponibilidad inicial, en el anexo J se puede observar los indicadores que obtuvieron los equipos críticos.

Cuadro 43. Indicadores equipos críticos

EQUIPO	TIEMPO	DISPONIBILIDAD (%)
A-AV-01	Antes	82,7
	Después 5%	86,8
	Después 7%	88,5
A-TM-02	Antes	85,7
	Después 5%	90
	Después 7%	91,7
A-ZV-03	Antes	90,9
	Después 5%	95,4
	Después 7%	97,3
A-TI-04	Antes	86,3
	Después 5%	90,6
	Después 7%	92,3

En el anterior cuadro se comprueba, la importancia de tener un plan de mantenimiento, ya que se demuestra que al organizar, planear y ejecutar se logra una mejora representativa en los indicadores de gestión, por tal motivo hay un aumento en el tiempo de funcionamiento de los equipos.

## 9. EVALUACIÓN FINANCIERA DEL PROYECTO

En este capítulo se realizara la evaluación financiera del proyecto, para establecer el beneficio económico que se puede obtener a partir de las metodologías y estrategias mostradas en este documento, para esto se deben evaluar todos los costos que hacen parte de los estudios previos y se hará una simulación con el fin de realizar un análisis comparando el estado anterior de la empresa con el estado esperado en el momento de colocar el plan en marcha.

Para la evaluación financiera se tendrán en cuenta el índice financiero valor presente neto (VPN), en estas se observa el valor real del dinero a través del tiempo, a partir de los resultados que se obtengan en la simulación de la implementación. Se podrá determinar si es conveniente o no el desarrollo y establecer posibles ajustes o planes de control a futuro.

### 9.1 COSTOS DIRECTOS

Los valores que se encuentran asociados a estos costos<sup>12</sup> son principalmente; la mano de obra involucrada en mantenimiento, los repuestos, los consumibles y los suministros.

La persona que se encuentra actualmente sub-director operativo, que será el encargado de liderar todas estas acciones, igualmente seria prescindible la labor del director operativo de la planta por lo que se daría como una reducción en los costos del personal involucrado en el área de mantenimiento.

A continuación se muestran los costos del personal relacionado con mantenimiento los cuales incluye actualmente al director, sub-director, soldador y encargados. En la empresa estas personas son responsables del mantenimiento y de la producción.

---

<sup>12</sup> Ibit., 147

Cuadro 44. Costo personal actual

CARGO	DIRECTOR OPERATIVO	SUB-DIRECTOR OPERATIVO	SOLDADOR	PERSONAL ENCARGADO DEL MANTENIMIENTO
SALARIO	\$ 3.500.000	\$ 1.900.000	\$ 1.800.000	\$ 1.300.000
SENA (2%)	\$ 70.000	\$ 38.000	\$ 36.000	\$ 26.000
ICBF (3%)	\$ 105.000	\$ 57.000	\$ 54.000	\$ 39.000
CCF (4%)	\$ 140.000	\$ 76.000	\$ 72.000	\$ 52.000
CESANTÍAS (8,33%)	\$ 291.550	\$ 158.270	\$ 149.940	\$ 108.290
PRIMA DE SERVICIOS (8,33%)	\$ 291.550	\$ 158.270	\$ 149.940	\$ 108.290
VACACIONES (4,17%)	\$ 145.950	\$ 79.230	\$ 75.060	\$ 54.210
INTERESES SOBRE LAS CESANTÍAS (1% MENSUAL)	\$ 419.832	\$ 227.909	\$ 215.914	\$ 155.938
SALUD (8,5%)	\$ 297.500	\$ 161.500	\$ 153.000	\$ 110.500
PENSION (12%)	\$ 420.000	\$ 228.000	\$ 216.000	\$ 156.000
TOTAL	\$ 5.681.382	\$ 3.084.179	\$ 2.921.854	\$ 2.110.228

Cuadro 45. Costo personal sugerido

CARGO	SUPERVISOR OPERATIVO	SUB-DIRECTOR OPERATIVO	SOLDADOR	AYUDANTES DE MANTENIMIENTO (X3)
SALARIO	\$ 1.500.000	\$ 1.900.000	\$ 1.800.000	\$ 2.220.000
SENA (2%)	\$ 30.000	\$ 38.000	\$ 36.000	\$ 44.400
ICBF (3%)	\$ 45.000	\$ 57.000	\$ 54.000	\$ 66.600
CCF (4%)	\$ 60.000	\$ 76.000	\$ 72.000	\$ 88.800
CESANTÍAS (8,33%)	\$ 124.950	\$ 158.270	\$ 149.940	\$ 184.926
PRIMA DE SERVICIOS (8,33%)	\$ 124.950	\$ 158.270	\$ 149.940	\$ 184.926
VACACIONES (4,17%)	\$ 62.550	\$ 79.230	\$ 75.060	\$ 92.574
INTERESES SOBRE LAS CESANTÍAS (1% MENSUAL)	\$ 179.928	\$ 227.909	\$ 215.914	\$ 266.294
SALUD (8,5%)	\$ 127.500	\$ 161.500	\$ 153.000	\$ 188.700
PENSION (12%)	\$ 180.000	\$ 228.000	\$ 216.000	\$ 266.400
TOTAL	\$ 2.434.878	\$ 3.084.179	\$ 2.921.854	\$ 3.603.620

Para realizar el estudio económico se hace necesario plantear la proyección del costo del personal para los siguientes años que se realiza a partir de variación en la que se proyecta la inflación para el país en los próximos años, debido a que este indicador es el usado por el gobierno para definir el aumento salarial que tendrán los trabajadores cada año, para realizar esta proyección económica se usó como fuente de información: Proyecciones económicas, corficolombianas, desde al años 2.017 hasta el 2.020.

Cuadro 46. Proyección de la inflación

AÑO	2017	2018	2019	2020
INFLACIÓN (%)	3,90	3,30	3,35	3,35

Fuente: Corporación Colombiana Financiera, S A. Proyecciones económicas. Corficolombiana Website. <https://www.corficolombiana.com/wps/portal/corficolombiana/web/inicio/analisismercados/investigacioneseconomicas/proyecciones-economicas>. Updated 2014.

Los costos y suministros que tienen una rotación o cambio proveedor contante, este es el costo que se debe tener en cuenta, pues garantiza el funcionamiento continuo de los equipos. A continuación se muestra el costo que representa la adquisición de estos elementos, tomando como referencia de aumento anual los valores mostrados en el cuadro 45.

Cuadro 47. Costo de compras

AÑO	2017	2018	2019	2020
Suministros de oficina	\$ 4.900.000	\$ 5.061.700	\$ 5.231.267	\$ 5.406.514
Repuestos	\$ 22.350.000	\$ 23.087.550	\$ 23.860.983	\$ 24.660.326
Otros (5%)	\$ 1.362.500	\$ 1.407.463	\$ 1.454.612	\$ 1.503.342
Total	\$ 28.614.517	\$ 29.558.731	\$ 30.548.881	\$ 31.572.202

## 9.2 COSTOS INDIRECTOS

El desarrollo del plan del mantenimiento, requiere unos costos indirectos de ingeniería por el trabajo realizado, estos costos se deben contemplar en la evaluación financiera.

El valor correspondiente al salario proyectistas, es el valor del tiempo dedicado al desarrollo del proyecto por los autores, en el valor de los insumos se incluyen todos aquellos costos generados por papelería, impresiones, uso de computador y programas informáticos, en el concepto de transporte se asocian todos los gastos de desplazamientos relacionados con actividades para el diseño y desarrollo del plan de mantenimiento y el valor correspondiente a imprevistos representa las gastos que no están contemplados.

Cuadro 48. Costos de ingeniería

Concepto	Valor
Salario proyectistas	\$ 9.720.000
Insumos	\$ 4.750.000
Transporte	\$ 1.920.000
Imprevistos (6%)	\$ 983.400
Total	\$ 17.373.400

### 9.3 INVERSIÓN INICIAL

Para la implementación<sup>13</sup> de las actividades diseñadas, se necesita una inversión económica inicial, la cual va a permitir realizar la evaluación financiera, dentro de estos costos iniciales necesarios, se encuentran la adquisición de nuevos equipos, herramientas de trabajo, y diagnósticos para equipos, estos valores fueron obtenidos haciendo la cotización en empresas especializadas en cada campo.

Cuadro 49. Costo inversión

CONCEPTO	COSTO
Análisis de vibraciones	\$ 4.214.000
Compresor industrial	\$ 3.350.000
Equipo de soldadura	\$ 2.160.000
Herramienta general	\$ 2.115.000
Total	\$ 11.839.000

A la inversión inicial se le debe sumar el costo de la nueva mano de obra que se propone contratar, los costos de ingeniería derivados del tiempo y recursos usados por los proyectistas. Siendo así el valor total de la inversión inicial es de \$32'816.020, establecidos de la siguiente manera;

Costo de ingeniería: \$17'373.400

Mano de obra: \$3'603.620

Inversión inicial: \$11'839.000

<sup>13</sup> Ibit., 150

## 9.4 PÉRDIDAS EN PRODUCCIÓN

Para Constitutar S.A.S la parada de emergencia de la producción implica dejar de producir ingresos por ventas, por esta razón se convierte en un costo indirecto de mantenimiento, Este valor se puede evaluar cuantitativamente a partir del total de horas de pérdida de producción por el costo hora de falla.

El impacto que generan las pérdidas de producción en la empresa, se va a ver reflejado en la evaluación financiera, en esta se van a plantear tres situaciones que complementan los escenarios que serán analizados, en la primera la indisponibilidad de los equipos de la empresa será tomada a partir de la disponibilidad calculada antes de la implementación del plan de mantenimiento en la sección 8.1, la segunda situación se va a plantear una mejora del 5% de esta disponibilidad y en la tercera se va a mejorar un 7% sobre el valor inicial de la disponibilidad con la implementación del plan de mantenimiento, con el fin de analizar el impacto económico que se genera al aumentar este indicador de gestión.

Para realizar este cálculo debe tener en cuenta que cada equipo trabaja 160 horas al mes este es el tiempo programado y que el costo por cada hora detenido (CHF) es de \$742.500, el costo total de la indisponibilidad se halla con la siguiente expresión;

$$\text{Indisponibilidad} = (\text{tiempo programado} - \text{tiempo de producción}) \times \text{CHF}$$

A continuación se hallara la indisponibilidad para el alimentador vibratorio A-AV-01;

$$\text{Indisponibilidad} = (160 - 132,32) \times 742.500 = 20'552.400$$

Cuadro 50. Costo de indisponibilidad sin el plan

Código	Tiempo de producción (h/mes)	Total
A-AV-01	132,32	\$ 20.552.400
A-TM-02	137,12	\$ 16.988.400
A-ZV-03	145,44	\$ 10.810.800
A-TI-04	138,08	\$ 16.275.600
		\$ 64.627.200

Cuadro 51. Costo de indisponibilidad con el plan (5%)

Código	Tiempo de producción (h/mes)	Total
A-AV-01	140,32	\$ 14.612.400
A-TM-02	145,12	\$ 11.048.400
A-ZV-03	153,44	\$ 4.870.800
A-TI-04	146,08	\$ 10.335.600
		\$ 40.867.200

Cuadro 52. Costo de indisponibilidad con el plan (7%)

Código	Tiempo de producción (h/mes)	Total
A-AV-01	143,52	\$ 12.236.400
A-TM-02	148,32	\$ 8.672.400
A-ZV-03	156,64	\$ 2.494.800
A-TI-04	149,28	\$ 7.959.600
		\$ 31.363.200

## 9.5 FLUJO DE CAJA

De acuerdo con los costos mostrados anteriormente, se puede realizar un flujo de caja anual proyectándolo para los próximos tres años.

Como se mencionó anteriormente la evaluación financiera del proyecto se realiza comparando tres escenarios los cuales son;

Escenario A: involucra todos los costos manteniendo el sistema de mantenimiento correctivo que existe en la empresa.

Escenario B y C: en el que se incluyen todos los costos necesarios para la implementación del plan de mantenimiento diseñado.

Debido a que los tres escenarios presentan alternativas mutuamente excluyentes que no producen ningún tipo de ingreso tangible para la empresa, por el contrario involucran costos, por esto como parte del análisis de costos se tomara la diferencia entre el flujo de fondos de los escenarios mencionados.

Es importante resaltar que la proyección financiera que se hace para este proyecto, se toman los parámetros de disponibilidad que se pretende alcanzar durante la fase de implementación del proyecto, lo cual implicaría que este valor no sería constante, pues la evolución en el momento de la implementación y ejecución de tareas preventivas y programadas será consecuente con un aumento sustancial en los costos de implementación.

Cuadro 53. Flujo de caja A

	Inversion	Egresos	Ingresos	Egresos	Ingresos	Egresos	Ingresos	Egresos
Costos	Año 0		Año 1		Año 2		Año 3	
Mano de obra	-	\$ 165.571.704	-	\$ 171.035.570	-	\$ 176.765.262	-	\$ 182.686.898
Repuestos	-	\$ 28.614.517	-	\$ 29.558.731	-	\$ 30.578.881	-	\$ 31.572.202
Perdida de Produccion	-	\$ 43.300.224	-	\$ 44.729.131	-	\$ 46.227.557	-	\$ 47.776.180
Total	0	\$ 237.486.445	0	-\$ 245.323.433	0	-\$ 253.571.700	0	-\$ 262.035.281

Cuadro 54. Flujo de caja B

	Inversión	Egresos	Inversión	Egresos	Inversión	Egresos	Inversión	Egresos
Costos	año0		año 1		año 2		año 3	
Inversión inicial	\$ 32.816.020	-	-	-	-	-	-	-
Mano de obra	-	-	-	\$ 144.534.373	-	\$ 149.304.007	-	\$ 154.305.692
Repuestos	-	-	-	\$ 28.614.517	-	\$ 29.558.796	-	\$ 30.549.016
Perdida de producción	-	-	\$ 15.919.200	\$ 26.972.352	\$ 21.252.132	\$ 27.862.440	\$ 28.371.596	\$ 28.795.831
Total	-\$ 32.816.020	-	\$ 15.919.200	-\$ 200.121.242	\$ 21.252.132	-\$ 206.725.243	\$ 28.371.596	-\$ 213.650.539

Cuadro 55. Flujo de caja C

	Inversión	Egresos	Inversión	Egresos	Inversión	Egresos	Inversión	Egresos
Costos	año 0		año 1		año 2		año 3	
Inversión inicial	\$ 32.816.020	-	-	-	-	-	-	-
Mano de obra	-	-	-	\$ 144.534.373	-	\$ 149.304.007	-	\$ 154.305.692
Repuestos	-	-	-	\$ 28.614.517	-	\$ 29.558.796	-	\$ 30.549.016
Perdida de producción	-	-	\$ 22.286.880	\$ 21.013.344	\$ 29.752.985	\$ 21.717.291	\$ 39.720.235	\$ 22.444.820
Total	-\$ 32.816.020	-	\$ 22.286.880	-\$ 194.162.234	\$ 29.752.985	-\$ 200.580.094	\$ 39.720.235	-\$ 207.299.528

Los costos indirectos por pérdidas de producción en los dos escenarios mostrados anteriormente, se les dedujo el impuesto a la renta establecido por las normas tributarias colombianas que para el año 2.017 es de 34%, es importante resaltar que la tasa<sup>14</sup> de interés de oportunidad que se tomó para la evaluación es del 20%, debido a que en la mayoría de proyectos mineros esta es la tasa promedio establecida para determinar la rentabilidad de un proyecto de inversión.

## 9.6 ÍNDICES DE RENTABILIDAD

El análisis sobre la conveniencia de tomar o no un proyecto y la rentabilidad<sup>15</sup> que este puede generar sobre la empresa constituye el factor primordial en la presentación y adaptación de un proyecto, ya que si este no resulta atractivo para el inversionista no podrá constituirse como una opción de mejora en un corto tiempo, sin embargo podrá mantenerse como una opción alterna sobre la cual se puede seguir trabajando en busca de convertirlo en un proyecto llamativo.

El Valor presente neto (VPN) es el método más usado para evaluar proyectos de inversión a largo plazo. Permite determinar si una inversión cumple con el objetivo básico financiero de maximizar la inversión realizada en un proyecto, este muestra el valor real del dinero en el tiempo.

Para calcular el VPN se usa la siguiente fórmula;

$$VPN = -Inversión + \frac{FN1}{(1+i)^1} + \frac{FN2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FNn}{(1+i)^n}$$

A continuación se realiza el cálculo de VPN para el escenario A, que involucra todos los costos manteniendo el sistema de mantenimiento correctivo;

$$VPN(a) = 0 - \frac{245'323.433}{(1+0,20)^1} - \frac{253'571.700}{(1+0,20)^2} - \frac{262'035.281}{(1+0,20)^3} = -228'.864.864$$

VPN para el escenario B;

$$VPN(B) = -33'.335.460 + \frac{15'919.200}{(1+0,20)^1} + \frac{21'252.132}{(1+0,20)^2} + \frac{28'371.596}{(1+0,20)^3} = 11'.107.712$$

<sup>14</sup> Bases para la minería del futuro. Política minera de Colombia.

<sup>15</sup> Ibit., 154

VPN para el escenario C;

$$VPN(C) = -33'335.460 + \frac{22'286.880}{(1 + 0,20)^1} + \frac{29'752.985}{(1 + 0,20)^2} + \frac{39'720.235}{(1 + 0,20)^3} = 33'482.210$$

Se observa que en el primer escenario la VPN da un valor de negativo y al momento de hacer la VPN para el escenario B y C da un valor positivo, lo cual quiere decir que se están recuperando los costos, la inversión y el costo del dinero a una tasa del 20%. Esto financiero es suficiente para determinar que la que la simulación del plan de mantenimiento que se desarrollara para la empresa Constriturar S.A.S., con una inversión inicial de \$ \$32'816.020 y un índice de rentabilidad del 20%, la cual se le dio un aumento en la disponibilidad del 5% y 7% sobre el valor inicial, son viables debido al valor del dinero obtenido en el tiempo planteado.

## 10. CONCLUSIONES

- ✓ Si el plan de mantenimiento implementa siguiendo las indicaciones de los autores se alcanzara un aumento de la disponibilidad de un 7%
- ✓ Teniendo en cuenta la simulación realizada en la evaluación financiera, se evidencia que si se implementa el plan de mantenimiento, la empresa Constriturar S.A.S., obtendrá una utilidad del 5%
- ✓ Con el desarrollo del proyecto se observó que mediante las buenas prácticas de mantenimiento y capacitaciones constantes al operario, se evidencia la mejora continua de los procedimientos en cada uno de los procesos de trituración.
- ✓ Con el análisis del AMEF y mediante el método del número prioritario de riesgo (RPN), se llegó a la jerarquización de las fallas que presentan un alto riesgo para los equipos del área de trituración

## 11. RECOMENDACIONES

- ✓ Es impórtate contratar servicio externo para realizar el análisis de vibraciones y llevar a cabo la alineación necesaria en cada equipo
- ✓ Es importante la estructuración de un departamento de mantenimiento para la empresa, que se haga cargo de ejecutar el proyecto.
- ✓ Se recomienda la contratación de un mecánico especializado o capacitado, que tenga como objetivo el cumplimiento de los programas sistemáticos de inspección

## BIBLIOGRAFÍA

AUTHEGSUR PERU E.I.R.L. Línea de maquinaria para trituración y molienda [En línea]. Slideshare. [Citado 16-febrero-2017]. Disponible en internet: <http://es.slideshare.net/athegsurperu/zaranda-o-criba-vibratoria>

Bases para la minería del futuro. Política minera de Colombia.

Corporación Colombiana Financiera, S A. Proyecciones económicas. corficolombianaWebsite. <https://www.corficolombiana.com/wps/portal/corficolombiana/web/inicio/analisismercados/investigacioneseconomicas/proyeccioneseconomicas>. Updated 2014.

Equiposdemantenimientopredictivolta. [http://www.superdirectorios.com/emp/?gclid=CjwKCAiAr\\_TQBRB5EiwAC\\_QCq56tTvdSnTUT\\_bsffpnzsjHYWlvM92BoVmMdmZB1LlxGr-zuEcbDxhoCm\\_oQAvD\\_BwE](http://www.superdirectorios.com/emp/?gclid=CjwKCAiAr_TQBRB5EiwAC_QCq56tTvdSnTUT_bsffpnzsjHYWlvM92BoVmMdmZB1LlxGr-zuEcbDxhoCm_oQAvD_BwE). Accessed Nov 28, 2017.

GUIA TECNICA COLOMBIANA. Seguridad de funcionamiento y calidad de servicio. Bogotá: ICONTEC 1999. (GTC 62)

HENAN HONGJI MINE MACHINERY CO., LTD. Alimentador vibratorio. [En línea] [Citado 16-febrero-2017]. Disponible en internet: <http://www.hjcrusher.es/1-vibrating-feeder-9.html>

ISO 10816. Norma ISO, para vibraciones.

Iso 55001:2014 gestion de activos. Calidad y Gestion Web site. <https://calidadgestion.wordpress.com/2015/12/18/iso-550012014-gestion-de-activos/>. Updated 2015. Accessed Nov 28, 2017.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION Para presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos escritos Bogotá: ICONTEC 2008. 9 p (NTC1486), p.125

\_\_\_\_\_. Referencias documentales para fuentes de información electrónica. Bogotá: ICONTEC 1998. (NTC4490), p. 12

\_\_\_\_\_. Referencias bibliográficas para normas 2 Ed Bogotá: ICONTEC 1996 6p (NTC5613), p. 12

\_\_\_\_\_. Carbón y Coque. Terminología. 3. Bogotá D.C., 17 de Marzo de 2003, p. 12

Lean solutions. AMEF, análisis de modo Y efecto de la falla – lean solutions. <http://www.leansolutions.co/conceptos/amef/>. Accessed Sep 26, 2017.

LIMING HEAVY INDUSTRY. Trituradora de mandíbula. [En línea]. [Citado 16–febrero-2017]. Disponible en internet: <http://es.break-day.com/productos/jaw-crusher.html>

MORA GUTIERREZ, Luis Alberto. Mantenimiento: planeación, ejecución y control. Alfa omega Grupo Editor. México. 2009. 338 p.

NAVARRO ELOLA, Luis pastor. Gestión Integral del Mantenimiento. España. Ed Marcombo. 2009, pág. 41

PARRA MÁRQUEZ Carlos Alberto; CRESPO MÁRQUEZ, Adolfo. Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicada a la Gestión de Activos, 1ed. Sevilla; Ingemag, 2012. 57 p.

PIQUERAS, Víctor. ¿Qué es una trituradora de impacto? [En línea]. España. Universidad politécnica de valencia. [Citado 16–febrero-2017]. Disponible en internet: <http://victoryepes.blogs.upv.es/2013/03/23/que-es-una-trituradora-de-impactos/>

Tarifa general del impuesto de renta para personas jurídicas será del 34% en 2017. Actualidad actualicese.com Website. <https://actualicese.com/actualidad/2016/12/29/tarifa-general-del-impuesto-de-renta-para-personas-juridicas-sera-del-34-en-2017/>. Updated 2016. Accessed Nov 28, 2017.

UNIVERSIDAD DE AMÉRICA. Facultad de ingenierías. Guía metodológica para la elaboración de trabajo de grado. (2011) [Citado el 01 de marzo de 2017]

VARGAS, Jaison Alexander y Zaavedra, Miguel Angel. Desarrollo e implementación de un plan de mantenimiento planificado en el centro de acopio y mina la chisgua de la empresa minminer s.a. Bogotá D.C.: Fundación Universidad De América. Facultad de Ingeniería Mecánica. 2015. p 54-55

## ANEXOS

ANEXO A.  
Fichas Técnica

		Ficha Técnica		Formato	1
				Fecha	07-nov-17
				Página	1 DE 1
Características Generales					
Equipo	Trituradora de Mandíbula			Código	A-TM-02
Marca	FAC'O	No serie	N/A	Modelo	2000
Fabricante	FAC'O		Dirección	N/A	
				Teléfono	N/A
Soporte Técnico	Arquímedes Castillo		Dirección		
				Teléfono	
Características Generales					
Ancho(mm):1.876		Alto(mm):1821		Largo(mm):1.900	
				Peso(kg):	
Foto del Equipo			Características Técnicas		
			<p>motor eléctrico weg: 40 hp , 3600 RPM  peso:  correa de transmisión: C236 (6) correas  diámetro de polea:  una mandíbula fija , una mandíbula móvil, material aleación de acero al molibdeno  rodamiento: 23222E1A-M</p>		
			<p>Función del Equipo: la trituradora ejerce un movimiento oscilatorio en la placa de trituración, el mineral es introducido por la parte superior de la trituradora, que tiene una cavidad amplia que se va reduciendo el mineral aun tamaño de 6in a 8in.El movimiento oscilatorio y la presión que la placa de trituración ejerce sobre los minerales hace que las piedras se fragmenten.</p>		
Aire	N/A	Presión	N/A	Caudal	N/A
Electricidad		Voltios	440	Amperios	49.5
Agua	N/A	Presión	N/A	Caudal	N/A

		Ficha Técnica		Formato	1
				Fecha	07-nov-17
				Página	1 DE 1
Características Generales					
Equipo	Zaranda Vibratoria			Código	A-ZV-03
Marca	Allis	No serie	N/A	Modelo	2000
Fabricante	Allis		Dirección	N/A	
			Teléfono	N/A	
Soporte Técnico	Miguel Castillo		Dirección		
			Teléfono		
Características Generales					
Ancho(mm): 3.000		Alto(mm): 1.200	Largo(mm): 1.200	Peso(kg):6000	
Foto del Equipo			Características Técnicas		
			<p>Motor eléctrico Web: 15 hp, 900 RPM  cardan:  juego de resortes (4), 2 en la parte de atrás, 2 en la parte de adelante  Largo:240mm  Diametro: 151mm  juego de mallas (6), 2 mallas de  1 vibrador de pesas A-22</p>		
			<p>Función del Equipo: la función de la zaranda vibratoria es clasificar los materiales pétreos (piedra) en diferentes dimensiones, en el desempeño que maneja las zarandas determina la eficiencia total del equipo</p>		
Aire	N/A	Presión	N/A	Caudal	N/A
Electricidad	X	Voltios	440	Amperios	20
Agua	N/A	Presión	N/A	Caudal	N/A

		Ficha Técnica		Formato	1
				Fecha	07-nov-17
				Página	1 DE 1
Características Generales					
Equipo	Trituradora de Impacto			Código	A-TI-04
Marca	Tesab	No serie	663	Modelo	2007
Fabricante	Tesab	Dirección		N/A	
				Teléfono	N/A
Soporte Técnico	Arquímedes Castillo	Dirección			
				Teléfono	
Características Generales					
Alto		Ancho	Largo	Peso	
Foto del Equipo		Características Técnicas			
		<p>motor eléctrico weg: 25 hp, 3600 RPM  peso:  correa de transmisión: C124(3)  diámetro de polea:  juego total de (4) martillos, 5 pantallas impactoras, material en aleación de acero al molibdeno  rodamientos:</p>			
		<p>Función del Equipo: la trituradora ejerce un movimiento rotacional para romper el material mediante la energía del impacto. Cuando este entra en la zona de la placa de martillo se tritura mediante el impacto que hace con el tablero y después de esto sale por la parte de abajo el material</p>			
Aire	N/A	Presión	N/A	Caudal	N/A
Electricidad		Voltios	440	Amperios	35.7
Agua	N/A	Presión	N/A	Caudal	N/A

## Anexo B. Solicitud de Servicio

		SOLICITUD DE SERVICIO		Formato	1
				Fecha	07-nov-17
				Pagina	1 DE 1
Título de la Hoja					
Equipo	Zaranda Vibratoria		Código	A-ZV-03	
Solicitud N°:	2	Perdida de Producción	Si	No	
Tipo de Falla					
Tipo de Falla					
Eléctrico		Neumático	Otros:		
Mecánico	X	Hidráulico			
Descripción del Daño					
Descripción del Daño: Ruptura de resorte de la parte de adelante del equipo.					
Solicita	Nombre	Jose Rodriguez	Cargo	Operario	
Recibe	Nombre	Alex Rodriguez Higuita	Cargo	Director Operativo	
Fecha de Solicitud		31-jul-17	Hora	4:00 p. m.	

	SOLICITUD DE SERVICIO		Formato	1
			Fecha	07-nov-17
			Página	1 DE 1
Título de la solicitud				
Equipo	Trituradora de mandíbula		Código	A-TM-02
Solicitud N°:	3	Perdida de Producción	Si	No
Tipo de Falla				
Tipo de Falla				
Eléctrico	X	Neumático	Otros:	
Mecánico		Hidráulico		
Descripción del Daño				
Descripción del Daño: se sulfataron los bornes del motor y hubo aislamiento.				
Solicita	Nombre	Jose Rodriguez	Cargo	Operario
Recibe	Nombre	Alex Rodriguez Higuita	Cargo	Director Operativo
Fecha de Solicitud		05-ago-17	Hora	9:00 a. m.

	SOLICITUD DE SERVICIO		Formato	1
			Fecha	07-nov-17
			Página	1 DE 1
Equipo	alimentador vibratorio		Código	A-AV-01
Solicitud N°:	4	Perdida de Producción	Si	No
Tipo de Falla				
Eléctrico	X	Neumático	Otros:	
Mecánico		Hidráulico		
Descripción del Daño: se quemó un motor del alimentador por daño en el bobinado.				
Solicita	Nombre	Jose Rodriguez	Cargo	Operario
Recibe	Nombre	Alex Rodriguez Higuita	Cargo	Director Operativo
Fecha de Solicitud		15-ago-17	Hora	2:00 p. m.

	SOLICITUD DE SERVICIO		Formato	1
			Fecha	07-nov-17
			Página	1 DE 1
Equipo	Alimentador vibratorio		Código	A-AV-01
Solicitud N°:	5	Perdida de Producción	Si	No
Tipo de Falla				
Eléctrico		Neumático	Otros:	
Mecánico	X	Hidráulico		
Descripción del Daño: Ruptura de resortes de la parte de atrás del equipo.				
Solicita	Nombre	Jose Rodriguez	Cargo	Operario
Recibe	Nombre	Alex Rodriguez Higuita	Cargo	Director Operativo
Fecha de Solicitud		01-sep-17	Hora	8:00 a. m.

	SOLICITUD DE SERVICIO		Formato	1
			Fecha	07-nov-17
			Pagina	1 DE 1
Título de la solicitud				
Equipo	Trituradora de mandíbula		Código	A-TM-02
Solicitud N°:	6	Perdida de Producción	Si	No
Tipo de Falla				
Tipo de Falla				
Eléctrico		Neumático	Otros:	
Mecánico	X	Hidráulico		
Descripción del Daño				
Descripción del Daño: Desgaste de mandíbula móvil impactora.				
Solicita	Nombre	Jose Rodriguez	Cargo	Operario
Recibe	Nombre	Alex Rodriguez Higuita	Cargo	Director Operativo
Fecha de Solicitud		06-oct-17	Hora	7:00 a. m.

	SOLICITUD DE SERVICIO		Formato	1
			Fecha	07-nov-17
			Página	1 DE 1
Equipo	Trituradora de Impacto		Código	A-TI-04
Solicitud N°:	7	Perdida de Producción	Si	No
Tipo de Falla				
Eléctrico		Neumático	Otros:	
Mecánico	X	Hidráulico		
Descripción del Daño: Daño de rodamiento de la chumacera izquierda del eje.				
Solicita	Nombre	Jose Rodriguez	Cargo	Operario
Recibe	Nombre	Alex Rodriguez Higuita	Cargo	Director Operativo
Fecha de Solicitud		19-oct-17	Hora	10:00 a. m.

	SOLICITUD DE SERVICIO		Formato	1
			Fecha	07-nov-17
			Página	1 DE 1
Equipo	Trituradora de Impacto		Código	A-TI-04
Solicitud N°:	8	Perdida de Producción	Si	No
Tipo de Falla				
Eléctrico		Neumático	Otros:	
Mecánico	X	Hidráulico		
Descripción del Daño: Desgaste de martillos impactores(4).				
Solicita	Nombre	Jose Rodriguez	Cargo	Operario
Recibe	Nombre	Alex Rodriguez Higuita	Cargo	Director Operativo
Fecha de Solicitud		02-nov-17	Hora	7:00 a. m.

## Anexo C. Orden de Trabajo

	<b>ORDEN DE TRABAJO</b>				Fecha:	
					Versión:	1
					Página:	1 de 1
Equipo	Zaranda Vibratoria				Código	A-ZV-03
Orden No	2		Solicitud de Servicio No:			2
Fecha de Emisión OT	31-jul-17		Fecha Inicio	03-ago-17	Fecha Final	03-ago-17
Hora de Parada	Hora de Inicio	7:00 a. m.	Hora Final	8:00 a. m.		
Tipo de Falla(X)	Mecánica	X	Eléctrica	Neumática	Hidráulica	Otro
Prioridad de Ejecución(X)	Alta	Media	X	Baja	Inmediata	
Trabajo a Realizar: Ruptura de resorte de la parte de adelante del equipo.			Trabajo Realizado: Cambio de resorte.			
<b>Recursos</b>						
Materiales y Herramientas a Utilizar			Repuestos a Utilizar			
Herramienta/Materiales	Usado (X)		Repuesto			Cant/Und
Llave de 1"	X		Resorte			1
Extractor	X					
Alicate	X					
Alambre	X					

Continuación

Tipo de Servicio(X)		Mano de Obra			
Mantenimiento Correctivo	X	Personal Previsto	1	Tiempo Previsto	0:30
Mantenimiento Preventivo					
Mantenimiento Predictivo					
Acción Repetitiva	Si No	Personal Empleado	1	Tiempo Empleado	0;50
Riesgos del Trabajo		Trabajos adicionales			
Costo de Mano de Obra	-	Tiempo de parada de producción			1:00
Costo de Repuestos	-	Costo de materiales			-
Total de Costos	-				
Observaciones					
Aprobó			Director operativo		
Nombre	Alex Rodríguez H		Nombre	Alex Rodriguez H	
Firma			Firma		
Fecha	31-jul-17		Fecha	31-jul-17	
Realizo			Recibio		
Nombre	Jose Rodriguez		Nombre	Alex Rodriguez H	
Firma			Firma		
Fecha	31-jul-17		Fecha	31-jul-17	

	<b>ORDEN DE TRABAJO</b>				Fecha:	
					Versión:	1
					Página:	1 de 1
Equipo	Trituradora de Mandíbula			Código	A-TM-02	
Orden No	3	Solicitud de Servicio No:				3
Fecha de Emisión OT	05-ago-17	Fecha Inicio	05-ago-17	Fecha Final	05-ago-17	
Hora de Parada	Hora de Inicio	9:30 a. m.	Hora Final	10:30 a. m.		
Tipo de Falla(X)	Mecánica	Eléctrica X	Neumática	Hidráulica	Otro	
Prioridad de Ejecución(X)	Alta	Media	Baja	Inmediata X		
Trabajo a Realizar: se sulfataron los bornes del motor y hubo aislamiento.			Trabajo Realizado: Limpieza de bornes con grata y luego lijamos para quitarle impurezas			
<b>Recursos</b>						
Materiales y Herramientas a Utilizar			Repuestos a Utilizar			
Herramienta/Materiales	Usado (X)		Repuesto		Cant/Und	
Llave de 1/2"	X					
Grata	X					
lija	X					
Destornillador	X					

Continuación

Tipo de Servicio(X)		Mano de Obra			
Mantenimiento Correctivo	X	Personal Previsto	1	Tiempo Previsto	0:40
Mantenimiento Preventivo					
Mantenimiento Predictivo					
Accion Repetitiva	Si No	Personal Empleado	1	Tiempo Empleado	0:50
Riesgos del Trabajo		Trabajos adicionales			
Costo de Mano de Obra	-	Tiempo de parada de producción			1:00
Costo de Repuestos	-	Costo de materiales			-
Total de Costos	-				
Observaciones					
Aprobo		Director operativo			
Nombre	Alex Rodriguez H	Nombre	Alex Rodriguez H		
Firma		Firma			
Fecha	05-ago-17	Fecha	05-ago-17		
Realizo		Recibio			
Nombre	Jose Rodriguez	Nombre	Alex Rodriguez H		
Firma		Firma			
Fecha	05-ago-17	Fecha	05-ago-17		

	<b>ORDEN DE TRABAJO</b>			Fecha:	
				Versión:	1
				Página:	1 de 1
Equipo	Alimentador Vibratorio			Código	A-AV-01
Orden No	4	Solicitud de Servicio No:			4
Fecha de Emisión OT	15-ago-17	Fecha Inicio	15-ago-17	Fecha Final	16-ago-17
Hora de Parada	Hora de Inicio	2:00 p. m.	Hora Final	9:00 a. m.	
Tipo de Falla(X)	Mecánica	Eléctrica X	Neumática	Hidráulica	Otro
Prioridad de Ejecución(X)	Alta	Media	Baja	Inmediata X	
Trabajo a Realizar: se quemó un motor del alimentador por daño en el bobinado		Trabajo Realizado: Desmontaje de motor y montaje de motor weg de 10 hp			
Recursos					
Materiales y Herramientas a Utilizar		Repuestos a Utilizar			
Herramienta/ Materiales	Usado (X)	Repuesto			Cant/Und
Llave de 1/2"	X	Motor Eléctrico de 10HP			1
Destornillador	X				
Visturi	X				
Cinta Aislante	X				

Continuación

Tipo de Servicio(X)		Mano de Obra			
Mantenimiento Correctivo	X	Personal Previsto	1	Tiempo Previsto	2:00
Mantenimiento Preventivo					
Mantenimiento Predictivo					
Acción Repetitiva	Si No	Personal Empleado	1	Tiempo Empleado	3:00
Riesgos del Trabajo		Trabajos adicionales			
Costo de Mano de Obra	-	Tiempo de parada de producción			5:00
Costo de Repuestos	-	Costo de materiales			-
Total de Costos	-				
Observaciones					
Aprobó		Director operativo			
Nombre	Alex Rodriguez H	Nombre	Alex Rodriguez H		
Firma		Firma			
Fecha	15-ago-17	Fecha	15-ago-17		
Realizo		Recibió			
Nombre	Jose Rodriguez	Nombre	Alex Rodriguez H		
Firma		Firma			
Fecha	15-ago-17	Fecha	15-ago-17		

	<b>ORDEN DE TRABAJO</b>				Fecha:	
					Versión:	1
					Página:	1 de 1
Equipo	Alimentador Vibratorio			Código	A-AV-01	
Orden No	5	Solicitud de Servicio No:			5	
Fecha de Emisión OT	01-sep-17	Fecha Inicio	02-sep-17	Fecha Final	02-sep-17	
Hora de Parada	Hora de Inicio	10:00 a. m.	Hora Final	11:00 a. m.		
Tipo de Falla(X)	Mecánica X	Eléctrica	Neumática	Hidráulica	Otro	
Prioridad de Ejecución(X)	Alta	Media X	Baja	Inmediata		
Trabajo a Realizar: Ruptura de resortes de la parte de atras del equipo.		Trabajo Realizado: cambio de resorte roto.				
<b>Recursos</b>						
<b>Materiales y Herramientas a Utilizar</b>		<b>Repuestos a Utilizar</b>				
Herramienta/ Materiales	Usado (X)	Repuesto			Cant/Und	
Llave de 1"	X	Resorte			1	
Alambre	X					
Alicate	X					

Continuación

Tipo de Servicio(X)		Mano de Obra			
Mantenimiento Correctivo	X	Personal Previsto	1	Tiempo Previsto	0:50
Mantenimiento Preventivo					
Mantenimiento Predictivo					
Acción Repetitiva	Si No	Personal Empleado	1	Tiempo Empleado	1:00
Riesgos del Trabajo		Trabajos adicionales			
Costo de Mano de Obra	-	Tiempo de parada de producción			1:00
Costo de Repuestos	-	Costo de materiales			-
Total de Costos	-				
Observaciones					
Aprobó		Director operativo			
Nombre	Alex Rodriguez H	Nombre	Alex Rodriguez H		
Firma		Firma			
Fecha	01-sep-17	Fecha	01-sep-17		
Realizo		Recibió			
Nombre	Jose Rodriguez	Nombre	Alex Rodriguez H		
Firma		Firma			
Fecha	01-sep-17	Fecha	01-sep-17		

	<b>ORDEN DE TRABAJO</b>			Fecha:	
				Version:	1
				Pagina:	1 de 1
Equipo	Trituradora de Mandibula			Codigo	A-TM-02
Orden No	6	Solicitud de Servicio No:			6
Fecha de Emision OT	06-oct-17	Fecha Inicio	07-oct-17	Fecha Final	07-oct-17
Hora de Parada	Hora de Inicio	7:00 a. m.	Hora Final	12:00 p. m.	
Tipo de Falla(X)	Mecanica X	Electrica	Neumatica	Hidraulica	Otro
Prioridad de Ejecucion(X)	Alta	Media X	Baja	Inmediata	
Trabajo a Realizar: Desgaste de mandibula movil impactora.		Trabajo Realizado: cambio de mandibula.			
<b>Recursos</b>					
Materiales y Herramientas a Utilizar		Repuestos a Utilizar			
Herramienta/ Materiales	Usado (X)	Repuesto		Cant/Und	
Diferencial	X	Mandíbula Impactora		1	
Cadenas	X				
Juego de Llaves	X				
Tornillos	X				

Continuación

Tipo de Servicio(X)		Mano de Obra			
Mantenimiento Correctivo	X	Personal Previsto	1	Tiempo Previsto	3:00
Mantenimiento Preventivo					
Mantenimiento Predictivo					
Acción Repetitiva	Si	Personal Empleado	1	Tiempo Empleado	4:00
	No				
Riesgos del Trabajo		Trabajos adicionales			
Costo de Mano de Obra	-	Tiempo de parada de producción			5:00
Costo de Repuestos	-	Costo de materiales			-
Total de Costos	-				
Observaciones					
Aprobó		Director operativo			
Nombre	Alex Rodriguez H	Nombre			Alex Rodriguez H
Firma		Firma			
Fecha	06-oct-17	Fecha			06-oct-17
Realizo		Recibió			
Nombre	Jose Rodriguez	Nombre			Alex Rodriguez H
Firma		Firma			
Fecha	06-oct-17	Fecha			06-oct-17

	<b>ORDEN DE TRABAJO</b>				Fecha:	
					Versión:	1
					Página:	1 de 1
Equipo	Trituradora de Impacto			Código	A-TI-04	
Orden No	7	Solicitud de Servicio No:			7	
Fecha de Emisión OT	19-oct-17	Fecha Inicio	19-oct-17	Fecha Final	20-oct-17	
Hora de Parada	Hora de Inicio	10:00 a. m.	Hora Final	8:00 a. m.		
Tipo de Falla(X)	Mecánica X	Eléctrica	Neumática	Hidráulica	Otro	
Prioridad de Ejecución(X)	Alta	Media	Baja	Inmediata X		
Trabajo a Realizar: Daño de rodamiento de la chumacera izquierda del eje.			Trabajo Realizado: cambio de rodamientos de la chumaceras.			
<b>Recursos</b>						
Materiales y Herramientas a Utilizar			Repuestos a Utilizar			
Herramienta/Materiales	Usado (X)	Repuesto			Cant/Und	
Extractos	X	Rodamientos			2	
Destornillador	X					
Juego de Llaves	X					
Tornillos	X					
Pines	X					
Diferencial	X					

Continuación

Tipo de Servicio(X)		Mano de Obra			
Mantenimiento Correctivo	X	Personal Previsto	2	Tiempo Previsto	3:00
Mantenimiento Preventivo					
Mantenimiento Predictivo					
Acción Repetitiva	Si	Personal Empleado	2	Tiempo Empleado	4:00
	No				
Riesgos del Trabajo		Trabajos adicionales			
Costo de Mano de Obra	-	Tiempo de parada de producción			9:30
Costo de Repuestos	-	Costo de materiales			-
Total de Costos	-				
Observaciones					
Aprobó		Director operativo			
Nombre	Alex Rodriguez H	Nombre	Alex Rodriguez H		
Firma		Firma			
Fecha	19-oct-17	Fecha	19-oct-17		
Realizo		Recibió			
Nombre	Jose Rodriguez	Nombre	Alex Rodriguez H		
Firma		Firma			
Fecha	19-oct-17	Fecha	19-oct-17		

	ORDEN DE TRABAJO			Fecha:	
				Versión:	1
				Página:	1 de 1
Equipo	Trituradora de Impacto			Código	A-TI-04
Orden No	8	Solicitud de Servicio No:			8
Fecha de Emisión OT	02-nov-17	Fecha Inicio	04-nov-17	Fecha Final	04-nov-17
Hora de Parada	Hora de Inicio	10:00 a. m.	Hora Final	2:00 p. m.	
Tipo de Falla(X)	Mecánica X	Eléctrica	Neumática	Hidráulica	Otro
Prioridad de Ejecución(X)	Alta	Media X	Baja	Inmediata	
Trabajo a Realizar: Desgaste de martillos impactores (4).		Trabajo Realizado: cambio de (4) martillos impactores por desgaste.			
Recursos					
Materiales y Herramientas a Utilizar		Repuestos a Utilizar			
Herramienta/Materiales	Usado (X)	Repuesto			Cant/Und
Diferencial	X	Martillos Impactores			4
Destornillador	X				
Juego de Llaves	X				
Tornillos	X				
Pines	X				
Cadenas	X				

Continuación

Tipo de Servicio(X)		Mano de Obra			
Mantenimiento Correctivo	X	Personal Previsto	1	Tiempo Previsto	2:00
Mantenimiento Preventivo					
Mantenimiento Predictivo					
Acción Repetitiva	Si	Personal Empleado	1	Tiempo Empleado	3:00
	No				
Riesgos del Trabajo		Trabajos adicionales			
Costo de Mano de Obra	-	Tiempo de parada de producción			4:00
Costo de Repuestos	-	Costo de materiales			-
Total de Costos	-				
Observaciones					
Aprobó		Director operativo			
Nombre	Alex Rodriguez H	Nombre	Alex Rodriguez H		
Firma		Firma			
Fecha	02-nov-17	Fecha	02-nov-17		
Realizo		Recibió			
Nombre	Jose Rodriguez	Nombre	Alex Rodriguez H		
Firma		Firma			
Fecha	02-nov-17	Fecha	02-nov-17		

	<b>ORDEN DE TRABAJO</b>			Fecha:	
				Versión:	1
				Página:	1 de 1
Equipo	Trituradora de Mandíbula			Código	A-TM-17
Orden No	9	Solicitud de Servicio No:			9
Fecha de Emisión OT	03-nov-17	Fecha Inicio	03-nov-17	Fecha Final	03-nov-17
Hora de Parada	Hora de Inicio	10:30 a. m.	Hora Final	10:50 a. m.	
Tipo de Falla(X)	Mecánica X	Eléctrica	Neumática	Hidráulica	Otro
Prioridad de Ejecución(X)	Alta X	Media	Baja	Inmediata	
Trabajo a Realizar: Ruptura de correa (1) C236.		Trabajo Realizado: cambio de correa para el volante de la trituradora de mandíbula.			
Recursos					
Materiales y Herramientas a Utilizar		Repuestos a Utilizar			
Herramienta/Materiales	Usado (X)	Repuesto		Cant/Und	
Destornillador llave 9/16	X	Correa C236		1	
	X				

Continuación

Tipo de Servicio(X)		Mano de Obra			
Mantenimiento Correctivo	X	Personal Previsto	1	Tiempo Previsto	0:10
Mantenimiento Preventivo					
Mantenimiento Predictivo					
Acción Repetitiva	Si	Personal Empleado	1	Tiempo Empleado	0:15
	No				
Riesgos del Trabajo		Trabajos adicionales			
Costo de Mano de Obra	-	Tiempo de parada de producción			0:20
Costo de Repuestos	-	Costo de materiales			-
Total de Costos	-				
Observaciones					
Aprobó		Director operativo			
Nombre	Alex Rodriguez H	Nombre	Alex Rodriguez H		
Firma		Firma			
Fecha	03-nov-17	Fecha	03-nov-17		
Realizo		Recibió			
Nombre	Jose Rodriguez	Nombre	Alex Rodriguez H		
Firma		Firma			
Fecha	03-nov-17	Fecha	03-nov-17		

## Anexo D. Hojas de Vida



HOJA DE VIDA

Fecha	02-nov-17
Versión	1
Página	1de1

Equipo	Trituradora de Mandíbula	Código		A-TM-02
--------	--------------------------	--------	--	---------

Fecha	Orden No	Descripción del Mantenimiento	Tiempo de Producción	Tiempo de Parada de Producción (h)	Costo de Falla	Tiempo de Mantenimiento(h)	Tiempo Promedio Entre Fallas (H)	Tiempo Promedio en Reparación(H)	Costo de Mano de Obra	Costo de Repuestos	Costo Total
04/08/2017	N/A	Cambio buje de volante	8:00	16	\$ 39.984.000	14	120	19	\$ 350.000	\$ 400.000	\$ 40.734.000
05/08/2017	3	Limpieza de bornes con grata y luego lijamos para quitarle impurezas	8:00	1	\$ 2.856.000	1			\$ 15.000	\$ -	\$ 2.871.000
06/10/2017	6	Cambio de mandíbula de Acero.	8:00	5	\$ 14.280.000	5			\$ 150.000		\$ 3.006.000
28/10/2017	9	Cambio de correa para el volante de la trituradora de mandíbula.	8:00	0.45	\$ 571.200	0.30			\$ 10.000	\$ 24.000	\$ 14.314.000

		HOJA DE VIDA						Fecha	02-nov-17			
								Versión	1			
								Página	1de1			
Equipo	Zaranda Vibratoria			Código			A-ZV-03					
Fecha	Orden No	Descripción del Mantenimiento	Tiempo de Producción	Tiempo de Parada de Producción (h)	Costo de Falla	Tiempo de Mantenimiento(h)	Tiempo Promedio Entre Fallas (H)	Tiempo Promedio en Reparación(H)	Costo de Mano de Obra	Costo de Repuestos	Costo Total	
04/07/2017	N/A	cambio de mallas 3 nivel	8	2	\$ 5.712.000	2	160	16	\$ 60.000	\$ 900.000	\$ 6.672.000	
05/07/2017	N/A	Cambio de pisadores de malla 2 nivel	8	2	\$ 5.712.000	2			\$ 60.000	\$ 900.000	\$ 6.672.000	
31/07/2017	2	Cambio de resortes.	8	2,3	\$ 6.568.800	4			\$ 15.000	\$ 53.000	\$ 5.780.000	

		HOJA DE VIDA					Fecha	02-nov-17			
							Versión	1			
							Página	1 de 1			
Equipo	Trituradora de Impacto			Código		A-TI-04					
Fecha	Orden No	Descripción del Mantenimiento	Tiempo de Producción	Tiempo de Parada de Producción (h)	Costo de Falla	Tiempo de Mantenimiento(h)	Tiempo Promedio Entre Fallas (H)	Tiempo Promedio en Reparación(H)	Costo de Mano de Obra	Costo de Repuestos	Costo Total
13/07/2017	N/A	Cambio de pantallas impactoras	16	8	\$ 22.848.000	6	120	19	\$ 150.000	\$ 3.000.000	\$ 25.998.000
20/07/2017	N/A	Limpieza de bornes con grata y luego lijamos para quitarle impurezas	16	2	\$ 5.712.000	2			\$ 10.000	-	\$ 5.722.000
19/10/2017	7	Cambio de rodamientos de las chumaceras.	8:00	9,3	\$ 26.560.800	6			\$ 150.000	\$ 930.000	\$ 27.640.800
	8	Cambio de (4) martillos impactores por desgaste.	8:00	5	\$ 11.424.000	5			\$ 250.000	\$ 4.200.000	\$ 15.874.000

## Anexo E. Puntos de Inspección



PUNTOS DE INSPECCION

FECHA: Junio 05 del 2017

VERSION 01

PAGINA 1 DE 1

Equipo: Trituradora de mandíbulas		Código: A - TM - 02				
Subsistema	Ruta, Frecuencia, Tiempo	Ítem	Detalle de inspección	Limites	Cantidad	Observación
Trituración (TRI02)	R= 1 F= 4 T=60	1	Verificar nivel de vibraciones en los rodamientos del eje principal	< 2mm	2	Contactar personal externo
		1	Verificar tensión de las correas (defelxion)	< 2,54mm	4	Utilizar calibrador pie de rey
		2	Verificar la alineación de volantes	<2,30mm/seg	2	utilizar criterio visual y comparador de caratulas
		3	Verificar desgaste de canales de poleas	< 2,54mm	2	utilizar criterio visual y calibrador
Motriz (MOT02)	R=4 F=13 T=60	1	Medición de corriente	49,5 Amp +/- 5%	1	Utilizar pinza volti-amperimetrica
		2	Revisión de voltaje entre líneas	440 Vac +/- 5%	6	Utilizar pinza volti-amperimetrica
	R=10 F=26 T=30	1	Verificar temperatura de rodamientos	< 65 °C	4	Inspección con termometro infrarojo
		2	Verificar nivel de vibraciones en los rodamientos	< 2mm	2	Contactar personal externo



PUNTOS DE INSPECCION

FECHA: Junio 05 del 2017

VERSION 01

PAGINA 1 DE 1

Equipo: Zarando Vibratoria

Codigo: A - ZV - 03

Subsistema	Ruta, Frecuencia, Tiempo	Item	Detalle de inspeccion	Limites	Cantidad	Observacion
Motriz (MOT03)	R=12 F=26 T=40	1	Alineación de motor con cardan	< 2mm	1	Utilizar comparador de caratula
	R=6 F=13 T=60	1	Revisión de voltaje entre líneas, en funcionamiento	440 Vac +/- 5%	3	Utilizar pinza volti-amperimetrica
		2	Medición de corriente, en funcionamiento	20 Amp +/- 5%	1	Utilizar pinza volti-amperimetrica
		3	Temperatura de rodamientos	< 60 °C	2	Inspección con termómetro infrarrojo
		4	Verificar nivel de vibraciones en los rodamientos	< 2mm	2	Contactar personal externo
Estructura (EST03)	R=13 F=26 T=40	1	Verificar estado de malla superior	< Dimensión nominal de la malla	1	Realizar análisis de granulometría en laboratorio
		2	Verificar dimensiones de los agujeros de la malla media	< Dimensión nominal de la malla	1	Realizar análisis de granulometría en laboratorio
		3	Verificar dimensiones de los agujeros de la malla inferior	< Dimensión nominal de la malla	1	Realizar análisis de granulometría en laboratorio

Continuación

Subsistema	Ruta, Frecuencia, Tiempo	Ítem	Detalle de inspección	Límites	Cantidad	Observación
Estructura (EST03)	R=5 F=13 T=40	1	Verificar elongación de los resortes	< 1,5cm	4	Utilizar calibrador pie de rey

Equipo: Trituradora de Impacto		Código: A - TI - 04				
Subsistema	Ruta, Frecuencia, Tiempo	Ítem	Detalle de inspección	Limites	Cantidad	Observación
Trituración (TRI04)	R=2 F=4 T=60	1	Verificar el desgaste de las poleas	< 2,54mm	4	Utilizar calibrador
		2	Verificar tensión de las correas (deflexión)	< 2,54mm	1	Utilizar calibrador
		1	Verificar nivel de vibraciones de los rodamientos del eje principal	< 2mm	1	Contactar personal externo
		2	Alineación de poleas	< 2,30 mm/seg	3	Inspección con comparador de caratula
Motriz (MOT04)	R=8 F=13 T=60	1	Revisión de voltaje entre líneas	440 Vac +/- 5%	6	Utilizar pinza volti-amperimetrica
		2	Medición de corriente	35,7 Amp +/- 5%	1	Utilizar pinza volti-amperimetrica
	R=11 F=26 T=30	1	Verificar temperatura de los rodamientos	< 65 °C	2	Inspección con termómetro infrarrojo
		4	Verificar nivel de vibraciones en los rodamientos	< 2mm	2	Contactar personal externo

## Anexo F. Rutas de Inspección

EQUIPO		SISTEMA	DESCRIPCIÓN DE LA INSPECCIÓN	LIMITES	CANTIDAD	OBSERVACIONES
TRITURADORA DE MANDIBULAS	A-TM-02-TRI02	Verificar nivel de vibraciones en los rodamientos del eje principla	< 2mm	2	Contactar personal externo	
		Verificar tensión de las correas (defelxion)	< 2,54mm	4	utilizar calibrador	
		Verificar la alineación de volantes	<2,30mm/s eg	2	utilizar comparador de caratulas	
		Verificar desgaste de canales de poleas	< 2,54mm	2	utilizar calibrador	



RUTA DE INSPECCIÓN No 1

FRECUENCIA 4

TIEMPO  
1:00 Hora

PAGINA  
1 DE 1

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13  
14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26  
27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39  
40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52

EQUIPO		SISTEMA	DESCRIPCIÓN DE LA INSPECCIÓN	LIMITES	CANTIDAD	OBSERVACIONES
TRITURADORA DE IMPACTO	A-TI-04-TRI04	Verificar el desgaste de las poleas	< 2,54mm	4	Usar calibrador	
		Verificar tensión de las correas (deflexión)	< 2,54mm	1	Usar calibrador	
		Verificar nivel de vibraciones de los rodamientos del eje principal	< 2mm	1	Contactar personal externo	
		Alineación de poleas	< 2,30 mm/seg	3	Inspeccion con comparador de caratula	



RUTA DE INSPECCIÓN No 2

FRECUENCIA 4

TIEMPO  
1:00 Hora

PAGINA  
1 DE 1

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13  
 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26  
 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39  
40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52

		RUTA DE INSPECCIÓN No 3			<a href="#">1</a> <a href="#">2</a> <a href="#">3</a> <a href="#">4</a> <a href="#">5</a> <a href="#">6</a> <a href="#">7</a> <a href="#">8</a> <a href="#">9</a> <a href="#">10</a> <a href="#">11</a> <a href="#">12</a> <a href="#">13</a> <a href="#">14</a> <a href="#">15</a> <a href="#">16</a> <a href="#">17</a> <a href="#">18</a> <a href="#">19</a> <a href="#">20</a> <a href="#">21</a> <a href="#">22</a> <a href="#">23</a> <a href="#">24</a> <a href="#">25</a> <a href="#">26</a> <a href="#">27</a> <a href="#">28</a> <a href="#">29</a> <a href="#">30</a> <a href="#">31</a> <a href="#">32</a> <a href="#">33</a> <a href="#">34</a> <a href="#">35</a> <a href="#">36</a> <a href="#">37</a> <a href="#">38</a> <a href="#">39</a> <a href="#">40</a> <a href="#">41</a> <a href="#">42</a> <a href="#">43</a> <a href="#">44</a> <a href="#">45</a> <a href="#">46</a> <a href="#">47</a> <a href="#">48</a> <a href="#">49</a> <a href="#">50</a> <a href="#">51</a> <a href="#">52</a>
		FRECUENCIA 13	TIEMPO 00:30 Hora	PAGINA 1 DE 1	
EQUIPO	SISTEMA	DESCRIPCIÓN DE LA INSPECCIÓN	LIMITES	CANTIDAD	OBSERVACIONES
ALIMENTADOR VIBRATORIO	A-AV-01-MOT01	Alineación de motor con cardan	< 1,5mm	2	Utilizar comparador de caratula

		RUTA DE INSPECCIÓN No 4			<a href="#">1</a> <a href="#">2</a> <a href="#">3</a> <a href="#">4</a> <a href="#">5</a> <a href="#">6</a> <a href="#">7</a> <a href="#">8</a> <a href="#">9</a> <a href="#">10</a> <a href="#">11</a> <a href="#">12</a> <a href="#">13</a> <a href="#">14</a> <a href="#">15</a> <a href="#">16</a> <a href="#">17</a> <a href="#">18</a> <a href="#">19</a> <a href="#">20</a> <a href="#">21</a> <a href="#">22</a> <a href="#">23</a> <a href="#">24</a> <a href="#">25</a> <a href="#">26</a> <a href="#">27</a> <a href="#">28</a> <a href="#">29</a> <a href="#">30</a> <a href="#">31</a> <a href="#">32</a> <a href="#">33</a> <a href="#">34</a> <a href="#">35</a> <a href="#">36</a> <a href="#">37</a> <a href="#">38</a> <a href="#">39</a> <a href="#">40</a> <a href="#">41</a> <a href="#">42</a> <a href="#">43</a> <a href="#">44</a> <a href="#">45</a> <a href="#">46</a> <a href="#">47</a> <a href="#">48</a> <a href="#">49</a> <a href="#">50</a> <a href="#">51</a> <a href="#">52</a>
		FRECUENCIA 13	TIEMPO 1:00 Hora	PAGINA 1 DE 1	
EQUIPO	SISTEMA	DESCRIPCIÓN DE LA INSPECCIÓN	LIMITES	CANTIDAD	OBSERVACIONES
TRITURADORA DE MANDIBULAS	A-TM-02-MOT02	Medición de corriente	49,5 Amp +/- 5%	1	Utilizar pinza volti-amperimetrica
		Revisión de voltaje entre líneas	440 Vac +/- 5%	6	Utilizar pinza volti-amperimetrica

		RUTA DE INSPECCIÓN No 5			1 2 3 4 5 6 <u>7</u> 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 <u>21</u> 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 <u>33</u> 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 <u>45</u> 46 47 48 49 50 51 52
		FRECUENCIA 13	TIEMPO 00:40 Hora	PAGINA 1 DE 1	
RUTA DE INSPECCIÓN No 5					
EQUIPO	SISTEMA	DESCRIPCIÓN DE LA INSPECCIÓN	LIMITES	CANTIDAD	OBSERVACIONES
ZARANDA VIBRATORIA	A-ZV-03-CSF03	estado de resortes	< 3cm	4	Utilizar calibrador pie de rey

		RUTA DE INSPECCIÓN No 6			1 2 3 4 5 6 7 8 <u>9</u> 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 <u>23</u> 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 <u>35</u> 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 <u>49</u> 50 51 52
		FRECUENCIA 13	TIEMPO 1:00 Hora	PAGINA 1 DE 1	
RUTA DE INSPECCIÓN No 6					
EQUIPO	SISTEMA	DESCRIPCIÓN DE LA INSPECCIÓN	LIMITES	CANTIDAD	OBSERVACIONES
ZARANDA VIBRATORIA	A-ZV-03-MOT03	Revisión de voltaje entre líneas, en funcionamiento	440 Vac +/- 5%	3	Utilizar pinza volti-amperimetrica
		Medición de corriente, en funcionamiento	20 Amp +/- 5%	1	Utilizar pinza volti-amperimetrica
		Temperatura de rodamientos	< 60 °C	2	Inspeccion con termometro infrarojo
		Verificar nivel de vibraciones en los rodamientos	< 2mm	2	Contactar personal externo

		RUTA DE INSPECCIÓN No 7			1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 <u>11</u> 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 <u>25</u> 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 <u>37</u> 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 <u>51</u> 52
		FRECUENCIA 13	TIEMPO 00:40 Hora	PAGINA 1 DE 1	
EQUIPO	SISTEMA	DESCRIPCIÓN DE LA INSPECCIÓN	LIMITES	CANTIDAD	OBSERVACIONES
ALIMENTADOR VIBRATORIO	A-AV-01-DOS01	Verificar elongación de los resortes	< 3 cm	10	Utilizar calibrador

		RUTA DE INSPECCIÓN No 8			1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 <u>13</u> 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 <u>26</u> 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 <u>39</u> 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 <u>52</u>
		FRECUENCIA 13	TIEMPO 1:00 Hora	PAGINA 1 DE 1	
EQUIPO	SISTEMA	DESCRIPCIÓN DE LA INSPECCIÓN	LIMITES	CANTIDAD	OBSERVACIONES
TRITURADORA DE IMPACTO	A-TI-04-MOT04	Revisión de voltaje entre líneas	440 Vac +/- 5%	6	Utilizar pinza volti-amperimetrica
		Medición de corriente	35,7 Amp +/- 5%	1	Utilizar pinza volti-amperimetrica

		RUTA DE INSPECCIÓN No 10			
		FRECUENCIA 26	TIEMPO 00:30 Hora	PAGINA 1 DE 1	1 2 <u>3</u> 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 <u>29</u> 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52
EQUIPO	SISTEM A	DESCRIPCIÓN DE LA INSPECCIÓN	LIMITES	CANTIDAD	OBSERVACIONES
TRITURADOR A DE MANDIBULAS	A-TM- 02- MOT02	Verificar temperatura de rodamientos	< 65 °C	4	Inspeccion con termometro infrarojo
		Verificar nivel de vibraciones en los rodamientos	< 2mm	2	Contactar personal externo

		RUTA DE INSPECCIÓN No 11			
		FRECUENCIA 26	TIEMPO 00:30 Hora	PAGINA 1 DE 1	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 <u>13</u> 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 <u>39</u> 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52
EQUIPO	SISTEMA	DESCRIPCIÓN DE LA INSPECCIÓN	LIMITES	CANTIDAD	OBSERVACIONES
TRITURADORA DE IMPACTO	A-TI-04- MOT04	Verificar temperatura de los rodamientos	< 65 °C	2	Inspeccion con termometro infrarojo
		Verificar nivel de vibraciones en los rodamientos	< 2mm	2	Contactar personal externo

		RUTA DE INSPECCIÓN No 12			1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 <u>15</u> 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 <u>41</u> 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52
		FRECUENCIA 26	TIEMPO 00:40 Hora	PAGINA 1 DE 1	
EQUIPO	SISTEMA	DESCRIPCIÓN DE LA INSPECCIÓN	LIMITES	CANTIDAD	OBSERVACIONES
ZARANDA VIBRATORIA	A-ZV-03-MOT03	Alineación de motor con cardan	< 2mm	1	Inspeccion con comparador de caratula

		RUTA DE INSPECCIÓN No 13			1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 <u>21</u> 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 <u>51</u> 52
		FRECUENCIA 26	TIEMPO 00:40 Hora	PAGINA DE 1 1	
EQUIPO	SISTEMA	DESCRIPCIÓN DE LA INSPECCIÓN	LIMITES	CANTIDAD	OBSERVACIONES
ZARANDA VIBRATORIA	A-ZV-03-CSF03	Verificar estado de malla superior	< Dimensión nominal de la malla	1	Realizar análisis de granulometría en laboratorio
		Verificar dimensiones de los agujeros de la malla media	< Dimensión nominal de la malla	1	Realizar análisis de granulometría en laboratorio
		Verificar dimensiones de los agujeros de la malla inferior	< Dimensión nominal de la malla	1	Realizar análisis de granulometría en laboratorio

## Anexo G. Puntos de Lubricación

			PUNTOS DE LUBRICACIÓN			FECHA: Junio 05 del 2017
						VERSION 01
						PAGINA 1 DE 1
Equipo: Triturador de Mandíbulas			Código: A - TM - 02			
Subsistema	Ruta, Frecuencia, Tiempo	Ítem	Detalle de inspección	Limites	Cant	Observación
Motriz (MOT02)	R= 1 F=1 T=20	1	Rodamientos del eje principal	150 Gramos	2	Ver Carta de lubricación
		2	Chumaceras del eje principal	75 Gramos	2	Ver Carta de lubricación

			PUNTOS DE LUBRICACIÓN			FECHA: Junio 05 del 2017
						VERSION 01
						PAGINA 1 DE 1
Equipo: Zaranda Vibratoria			Código: A - ZV - 03			
Subsistema	Ruta, Frecuencia, Tiempo	Ítem	Detalle de inspección	Limites	Cant	Observación
Motriz (MOT03)	R= 1 F=1 T=10	1	Engrasar crucetas	21 Gramos	2	Ver Carta de lubricación
		2	Engrase de vibrador	32 Gramos	1	Ver Carta de lubricación

			PUNTOS DE LUBRICACIÓN			FECHA: Junio 05 del 2017
						VERSION 01
						PAGINA 1 DE 1
Equipo: Trituradora de Impacto			Código: A - TI - 04			
Subsistema	Ruta, Frecuencia, Tiempo	Ítem	Detalle de inspección	Limites	Cant	Observación
Mot (MOT04)	R= 1 F=1 T=10	2	Chumaceras del eje principal	75 Gramos	2	Ver Carta de lubricación

ANEXO H.  
Cartas de Lubricación



### CARTA DE LUBRICACION

Fecha:	02-nov-17
Versión:	1
Página:	1 de 1

Equipo	Trituradora de Mandíbulas	Código	A-TM-02
Lubricantes Usados	Lubricantes Recomendados	Puntos de aplicación	Método de Lubricación
Grasa molibgras EP-2	Grasa molibgras EP-2	1- Chumaceras 2- Rodamientos de eje principal	Pistola(Bombazo)
Puntos de Lubricación			



2- Rodamientos del eje principal



1. Chumaceras

	CARTA DE LUBRICACION		Fecha:	02-nov-17
			Versión:	1
			Página:	1 de 1
EQUIPO				
Equipo	Zaranda Vibratoria	Código	A-ZV-03	
Lubricantes Usados	Lubricantes Recomendados	Puntos de aplicación		Método de Lubricación
Grasa molibgras EP-2	Grasa molibgras EP-2	1- Crucetas 2- Vibrador		Pistola(Bombazo)
Puntos de Lubricación				
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">1. Crucetas</div> </div> <div style="text-align: center;">  <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">2. Vibrador</div> </div> </div>				



## CARTA DE LUBRICACION

Fecha:	02-nov-17
Versión:	1
Página:	1 de 1

Equipo	Trituradora de Impacto	Código	A-TI-04
Lubricantes Usados	Lubricantes Recomendados	Puntos de aplicación	Método de Lubricación
Grasa molibgras EP-2	Grasa molibgras EP-2	1- Chumaceras	Pistola(Bombazo)

### Puntos de Lubricación



1- Chumaceras

ANEXO I.  
Puntos clave de ajuste y limpieza



PUNTOS CLAVE DE AJUSTE Y LIMPIEZA

FECHA: Junio 05 del 2017

VERSION 01

PAGINA 1 DE 1

PUNTOS CLAVE DE AJUSTE Y LIMPIEZA						
Equipo	Trituradora de Mandíbula		Código	A-TM-02		
Sistema	Ruta, Frecuencia, Tiempo	Ítem	Descripción	Limite	Cantidad	Observación
Motriz (MOT02)	R=1 F=4 T=15	1	Ajuste de tornillos de 5/8", anclaje del motor	180 Lb/Ft	4	Llave 3/4"
		2	Ajuste de tornillos de 1", buje del volante	810 Lb/Ft	14	Llave 1/8"
Estructura (EST02)	R=1 F=4 T=15	1	Limpieza general		1	Usar soplador



PUNTOS CLAVE DE AJUSTE Y LIMPIEZA

FECHA: Junio 05 del 2017

VERSION 01

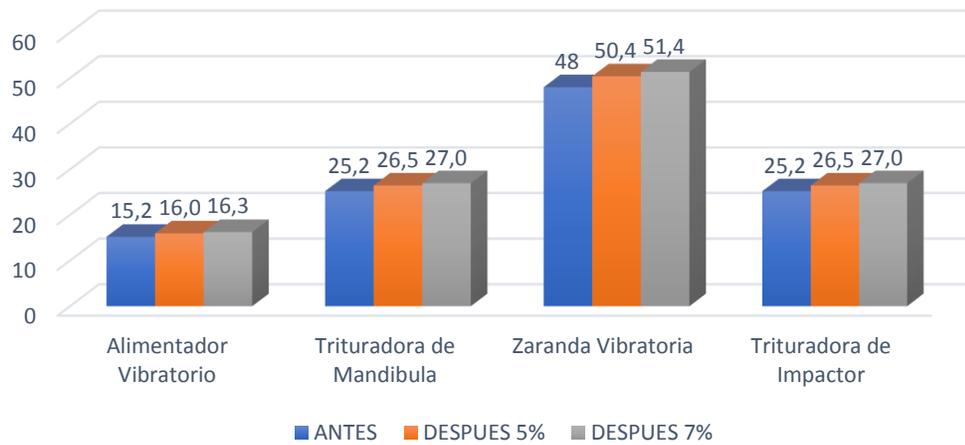
PAGINA 1 DE 1

Equipo	Zaranda Vibratoria		Código	A-ZV-03		
Sistema	Ruta, Frecuencia, Tiempo	Ítem	Descripción	Limite	Cantidad	Observación
Motriz (MOT03)	R=1 F=4 T=15	1	Ajuste de tornillos 5/8", anclaje del motor	180 Lb/Ft	4	Llave 3/4
		2	Ajuste de tornillos de 1/2", cardan	92 Lb/Ft	8	Llave 9/16"
Clasificación (CSF03)	R=1 F=4 T=15	1	Ajuste de tornillos de tornillos 3/4", pisadores de mallas	286 Lb/Ft	18	Llave 15/16"
		2	Limpieza general		1	Usar soplador

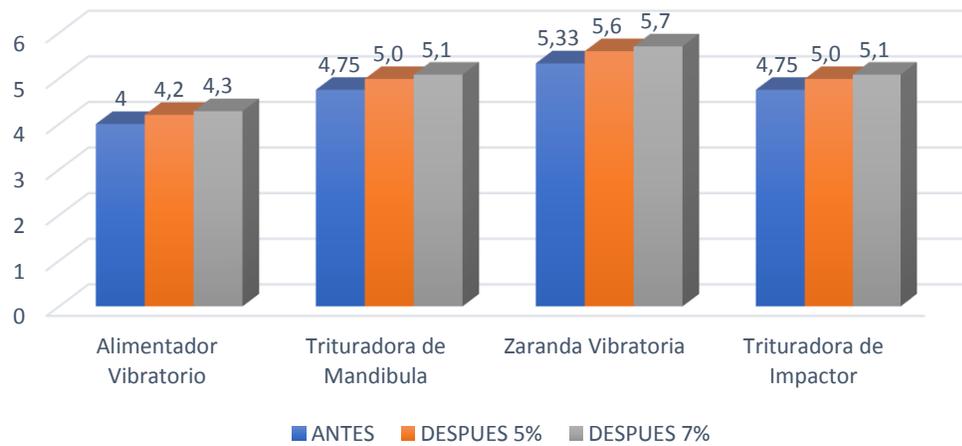
		PUNTOS CLAVE DE AJUSTE Y LIMPIEZA			FECHA: Junio 05 del 2017	
					VERSION 01	
					PAGINA 1 DE 1	
Trituradora de Impacto						
Equipo	Trituradora de Impacto		Código		A-TI-04	
Sistema	Ruta, Frecuencia, Tiempo	Ítem	Descripción	Limite	Cantidad	Observación
Motriz (MOT04)	R=1 F=4 T=15	1	Ajuste de tornillos 5/8" de anclaje del motor	286 Lb/Ft	4	Llave 3/4"
Estructura (EST04)	R=1 F=4 T=15	1	Limpieza general		1	Usar soplador

## Anexo J. Indicadores de gestión

## CONFIABILIDAD



## MANTENIBILIDAD



 Fundación Universidad de América	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	Código:
	PROCESO: GESTIÓN DE BIBLIOTECA	Versión 0
	Autorización para Publicación en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres	Julio - 2016

## AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL LUMIERES

Nosotros **Julián David Vargas Rodríguez** y **Otto Fernando Villanueva Herrera** en calidad de titulares de la obra **ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LOS EQUIPOS DEL ÁREA DE TRITURACIÓN DE LA EMPRESA CONSTRITURAR S.A.S.**, elaborada en el año 2017, autorizamos al **Sistema de Bibliotecas de la Fundación Universidad América** para que incluya una copia, indexe y divulgue en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres, la obra mencionada con el fin de facilitar los procesos de visibilidad e impacto de la misma, conforme a los derechos patrimoniales que nos corresponden y que incluyen: la reproducción, comunicación pública, distribución al público, transformación, en conformidad con la normatividad vigente sobre derechos de autor y derechos conexos (Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, entre otras).

Al respecto como Autores manifestamos conocer que:

- La autorización es de carácter no exclusiva y limitada, esto implica que la licencia tiene una vigencia, que no es perpetua y que el autor puede publicar o difundir su obra en cualquier otro medio, así como llevar a cabo cualquier tipo de acción sobre el documento.
- La autorización tendrá una vigencia de cinco años a partir del momento de la inclusión de la obra en el repositorio, prorrogable indefinidamente por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales del autor y podrá darse por terminada una vez el autor lo manifieste por escrito a la institución, con la salvedad de que la obra es difundida globalmente y cosechada por diferentes buscadores y/o repositorios en Internet, lo que no garantiza que la obra pueda ser retirada de manera inmediata de otros sistemas de información en los que se haya indexado, diferentes al Repositorio Digital Institucional – Lumieres de la Fundación Universidad América.
- La autorización de publicación comprende el formato original de la obra y todos los demás que se requiera, para su publicación en el repositorio. Igualmente, la autorización permite a la institución el cambio de soporte de la obra con fines de preservación (impreso, electrónico, digital, Internet, intranet, o cualquier otro formato conocido o por conocer).
- La autorización es gratuita y se renuncia a recibir cualquier remuneración por los usos de la obra, de acuerdo con la licencia establecida en esta autorización.
- Al firmar esta autorización, se manifiesta que la obra es original y no existe en ella ninguna violación a los derechos de autor de terceros. En caso de que el trabajo haya sido financiado por terceros, el o los autores asumen la responsabilidad del cumplimiento de los acuerdos establecidos sobre los derechos patrimoniales de la obra.
- Frente a cualquier reclamación por terceros, el o los autores serán los responsables. En ningún caso la responsabilidad será asumida por la Fundación Universidad de América.
- Con la autorización, la Universidad puede difundir la obra en índices, buscadores y otros sistemas de información que favorezcan su visibilidad.

Conforme a las condiciones anteriormente expuestas, como autores establecemos las siguientes condiciones de uso de nuestra obra de acuerdo con la **licencia Creative Commons** que se señala a continuación:

	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	Código:
	PROCESO: GESTIÓN DE BIBLIOTECA	Versión 0
	Autorización para Publicación en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres	Julio - 2016

	Atribución- no comercial- sin derivar: permite distribuir, sin fines comerciales, sin obras derivadas, con reconocimiento del autor.	<input type="checkbox"/>
	Atribución – no comercial: permite distribuir, crear obras derivadas, sin fines comerciales con reconocimiento del autor.	<input checked="" type="checkbox"/>
	Atribución – no comercial – compartir igual: permite distribuir, modificar, crear obras derivadas, sin fines económicos, siempre y cuando las obras derivadas estén licenciadas de la misma forma.	<input type="checkbox"/>

Licencias completas: [http://co.creativecommons.org/?page\\_id=13](http://co.creativecommons.org/?page_id=13)

Siempre y cuando se haga alusión de alguna parte o nota del trabajo, se debe tener en cuenta la correspondiente citación bibliográfica para darle crédito al trabajo y a sus autores.

De igual forma como autores autorizamos la consulta de los medios físicos del presente trabajo de grado así:

AUTORIZAMOS	SI	NO
La consulta física (sólo en las instalaciones de la Biblioteca) del CD-ROM y/o Impreso	x	
La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer para efectos de preservación	x	

Información Confidencial: este Trabajo de Grado contiene información privilegiada, estratégica o secreta o se ha pedido su confidencialidad por parte del tercero, sobre quien se desarrolló la investigación. En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta, tal situación con el fin de que se respete la restricción de acceso.	SI	NO
		x

Para constancia se firma el presente documento en Bogotá, a los 21 días del mes de Febrero del año 2018.

LOS AUTORES:

Autor 1

Nombres	Apellidos
Julián David	Vargas Rodríguez
Documento de identificación No	Firma
1.031.147.913	

Autor 2

Nombres	Apellidos
Otto Fernando	Villanueva Herrera
Documento de identificación No	Firma
1.109.494.332	