

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

“PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS EN LA PLANTA DE CHANCADO DE UNA UNIDAD MINERA EN LA LIBERTAD, 2019”.

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autor:

Jaime Roman Rojas Gonzales

Asesor:

Mg. Jorge Luis Alfaro Rosas

Trujillo - Perú

2019

DEDICATORIA

Nancy Gonzales, Mi Madre
Esperanza Díaz, Mi Abuelita, QPD

Edward León y Wilson
Rojas Gonzales, mis
hermanos

Ing. Edgard Yacila por el soporte y
Apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

Al Ing. Walter Estela Tamay y al Ing. Edwin Cuadros, por su valioso apoyo y asesoría en el desarrollo de esta tesis.

Un profundo agradecimiento a la Minera por brindarme la información suficiente para poder realizar el presente trabajo de investigación.

Al Personal Docente y Administrativo de la Universidad Privada del Norte por su apoyo incondicional y asesoría recibida.

INDICE DE CONTENIDO

| | |
|--|----------------|
| ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS | ¡Error! |
| Marcador no definido. | |
| ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS | ¡Error! |
| Marcador no definido. | |
| DEDICATORIA | ¡Error! |
| Marcador no definido. | |
| AGRADECIMIENTO | 3 |
| ÍNDICE DE TABLAS | 5 |
| ÍNDICE DE FIGURAS | 6 |
| ÍNDICE DE ECUACIONES | 7 |
| CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN | 9 |
| 1.1 Realidad Problemática | 11 |
| 1.2 Antecedentes | 16 |
| 1.3 Bases Teóricas | 22 |
| 1.4 Formulación del Problema | 40 |
| 1.5 Objetivos | 41 |
| 1.6 Hipótesis | 42 |
| CAPÍTULO II: METODOLOGÍA | 41 |
| 2.1 Tipo de Investigación | 43 |
| 2.2 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos | 43 |
| 2.3 Procedimiento | 46 |
| CAPÍTULO III: RESULTADOS | 48 |
| CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES | 701 |
| REFERENCIAS | 74 |
| ANEXOS | 746 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla N°01: Producción Minera Metálica..... | 12 |
| Tabla N°02: Producción mensual de oro (TMF)..... | 13 |
| Tabla N°03: Tabla de Variables..... | 42 |
| Tabla N°04: Tabla técnica e instrumentos..... | 44 |
| Tabla N°05: Factores inmediatos..... | 52 |
| Tabla N°06: Matriz de Cronbach..... | 53 |
| Tabla N°07: Factores inmediatos de baja disponibilidad – Planta de chancado nuevo..... | 54 |
| Tabla N°08: Matriz de Indicadores..... | 56 |
| Tabla N°09: Registro de fallas imprevistas – paradas no programadas..... | 57 |
| Tabla N°10: Consecuencias – Calidad..... | 58 |
| Tabla N°11: Consecuencias – Seguridad..... | 58 |
| Tabla N°12: Consecuencias – Medio Ambiente..... | 59 |
| Tabla N°13: Consecuencias – Producción..... | 59 |
| Tabla N°14: Consecuencias – Costos..... | 60 |
| Tabla N°15: Resumen de valores de consecuencia..... | 60 |
| Tabla N°16: Matriz de criticidad de equipos de la nueva planta de chancado..... | 61 |
| Tabla N°17: Mantenimiento tipo A..... | 62 |
| Tabla N°18: Mantenimiento tipo B..... | 63 |
| Tabla N°19: Mantenimiento Preventivo semanal de chancadora..... | 63 |
| Tabla N°20: Cumplimiento de mantenimiento preventivo – Enero – Octubre 2019..... | 63 |
| Tabla N°21: Control de frecuencia de cambio de raspadores..... | 65 |
| Tabla N°22: Seguimiento en horas rendimiento de forros..... | 66 |
| Tabla N°23: Medición de desgaste de forros..... | 66 |
| Tabla N°24: Ingreso de la propuesta de mejora..... | 70 |
| Tabla N°25: Flujo de caja..... | 71 |
| Tabla N°26: Resultado Económico..... | 71 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura N°01: Ranking de producción minera..... | 11 |
| Figura N°02: Disponibilidad del proceso de chancado..... | 15 |
| Figura N°03: Costo total por incumplimiento de disponibilidad..... | 15 |
| Figura N°04: Costos de mantenimiento..... | 38 |
| Figura N° 05: Diagrama de ishikawa..... | 39 |
| Figura N° 06: Diagrama de Pareto..... | 40 |
| Figura N°07: Planta de chancado nuevo..... | 49 |
| Figura N° 08: Datos para el cálculo de disponibilidad de Proceso de Chancado..... | 50 |
| Figura N° 09: Tiempo promedio entre fallas..... | 50 |
| Figura N° 10: Tiempo promedio de reparación..... | 51 |
| Figura N° 11: Diagrama de ishikawa -..... | 51 |
| Figura N° 12: Alfa de Cronbach..... | 53 |
| Figura N° 13: Diagrama Pareto de los factores inmediatos de la planta nueva de chancado..... | 55 |
| Figura N° 14: Distribución por tipo de OT..... | 64 |
| Figura N° 15: Comparación de disponibilidad antes y mejorada..... | 67 |
| Figura N° 16: Comparación de MTBF antes y mejorada..... | 68 |
| Figura N° 17: Comparación de MTTR antes y mejorada..... | 68 |
| Figura N° 18: Comparación de disponibilidad 2018 - 2019..... | 73 |

ÍNDICE DE ECUACIONES

| | |
|--|----|
| ECUACION N°01: TIEMPO MEDIO DE REPARACIÓN..... | 29 |
| ECUACION N°02: CÁLCULO DE DISPONIBILIDAD..... | 30 |
| ECUACION N°03: DISPONIBILIDAD LOGRADA..... | 31 |
| ECUACION N°04: DISPONIBILIDAD OPERACIONAL..... | 31 |
| ECUACION N°05: DISPONIBILIDAD TOTAL..... | 33 |

RESUMEN

El presente proyecto busca explicar lo importante que es para las empresas que trabajan en la extracción y explotación de mineral, sobre todo el rubro minero, contar con un alto índice de disponibilidad de los equipos en las plantas de chancado, ya que, de tener índices bajos, existirían múltiples consecuencias negativas.

El problema que se identificó en la minera Liberteña es que las plantas de chancado no cuentan con planes de mantenimiento, lo cual genera consecuencias como: un elevado número de paradas no programadas, disminución en los ingresos, entre otros efectos nada beneficiosos.

Se propone desarrollar e implementar un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de los equipos en la planta de chancado de la unidad minera 2019, con la finalidad de aumentar la disponibilidad y confiabilidad operacional de los equipos en la planta de chancado, de una manera eficiente y segura garantizando así un mejor funcionamiento de los equipos, de manera que permita una disminución de las fallas recurrentes y altos costos por mantenimientos correctivos.

Con la implementación del plan de mantenimiento preventivo se mejora la disponibilidad y se reducen las fallas imprevistas, generando un ahorro de costos por mantenimiento y alargando la vida útil de los componentes de los equipos y así aumentar el factor de la productividad del proceso de chancado y se ejecuten las actividades eficientemente.

PALABRAS CLAVES: Mantenimiento preventivo, equipos críticos, fallas recurrentes.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Teniendo como legado histórico a la minería desde épocas preincaicas, Perú, en la actualidad es uno de los principales productores de minerales en el mundo. En el 2017, llegó a ocupar el primer lugar en oro, zinc, plomo, boro, indio y selenio, el segundo lugar en plata, cobre, Molibdeno, cadmio, roca fosfórica y tercero el estaño.

Figura N°01: Ranking de producción minera

| PERÚ EN EL RANKING MUNDIAL DE PRODUCCIÓN MINERA | | |
|---|---------------|-------|
| Fuente: MINEM - Anuario Minero 2017 | | |
| PRODUCTO | LATINOAMÉRICA | MUNDO |
| Oro / Gold | 1 | 6 |
| Plata / Silver | 2 | 2 |
| Cobre / Cooper | 2 | 2 |
| Zinc / Zinc | 1 | 2 |
| Boro / Boron | 1 | 2 |
| Plomo / Lead | 1 | 4 |
| Indio / Indian | 1 | 7 |
| Selenio / Selenium | 1 | 10 |
| Molibdeno / Molybdenum | 2 | 4 |
| Cadmio / Cadmium | 2 | 8 |
| Roca Fosfórica / Phosphate Rock | 2 | 10 |
| Estaño | 3 | 6 |

Fuente: MINEM

Perú ha tenido un importante aumento de la inversión en la última década y, actualmente, está en uno de los primeros lugares en la inversión mundial en la exploración minera, ya que tiene un gran potencial para seguir creciendo e inversiones comprometidas en los próximos años.

En el mes de enero de 2019, la producción nacional de cobre, plomo y estaño registró un aumento de 7.0%, 6.6% y 20.4% con respecto al mismo mes del año

pasado. No obstante, la producción de oro, zinc, plata, hierro y molibdeno disminuyeron en el mismo periodo.

Tabla N°01: Producción minera metálica

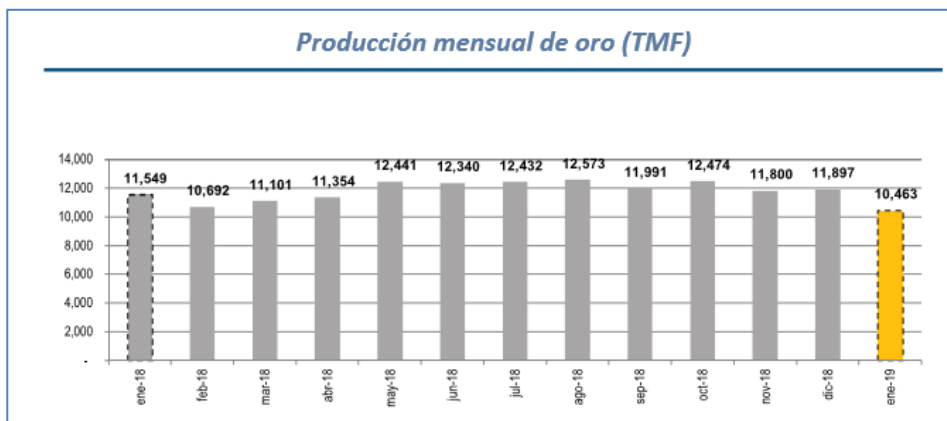
| Metal | Enero | | |
|------------------|------------|------------|--------|
| | 2018 | 2019 | Var. % |
| Cobre (TMF) | 188,033 | 201,217 | 7.0% |
| Oro (g finos) | 11,548,570 | 10,463,017 | -9.4% |
| Zinc (TMF) | 110,231 | 101,604 | -7.8% |
| Plata (kg finos) | 320,042 | 275,140 | -14.0% |
| Plomo (TMF) | 21,615 | 23,048 | 6.6% |
| Hierro (TMF) | 985,955 | 600,446 | -39.1% |
| Estaño (TMF) | 1,314 | 1,582 | 20.4% |
| Molibdeno (TMF) | 2,221 | 2,009 | -9.5% |

Fuente: Declaración Estadística Mensual (ESTAMIN) - Ministerio de Energía y Minas (MINEM)

Es indudable el papel importante que juega la minería en el Perú en el aspecto económico a través de la generación de valor agregado, divisas, impuestos, inversión y empleo. A nivel de regiones, el impacto económico es notorio por la transferencia de canon minero y los aportes para el desarrollo a través del aporte directo de recursos. Si se habla a nivel nacional, tomando en cuenta los precios internacionales de los minerales, la minería ha pasado por un constante movimiento, en el contexto de altos precios internacionales de los minerales, que se reflejó en la provisión de divisas a la economía, la generación de ingresos fiscales por impuestos y regalías mineras, la creación de empleos directos e indirectos y el incremento potencial de la economía.

El desarrollo actual que presenta la minería se da principalmente por los avances tecnológicos involucrados dentro de la misma. Avances, principalmente, en la maquinaria que usan para procesar minerales con altas cantidades de producción según lo podemos evidenciar el siguiente cuadro.

Tabla N° 2: Producción mensual de oro (TMF)



Fuente: Declaración Estadística Mensual (ESTAMIN) - Ministerio de Energía y Minas (MINEM)

Estos niveles de producción son resultado de una serie de procesos mineros, los cuales de forma sistematizada llevan a tener ciclos continuos de trabajo. En estos mismos ciclos, en donde se inicia el proceso de chancado, las pérdidas de tiempo que se generan por las intervenciones correctivas imprevistas son grandes pérdidas económicas para la empresa minera.

La minería, dentro de sus operaciones, tiene como proceso primordial el área de chancado el cual tiene como principal función triturar a una cierta granometría, la materia prima (roca), que es extraída del socavón. Esta actividad se denomina etapa previa hacia el material fino. Esta parte del proceso se convierte en la actividad que constituye el inicio del ciclo de producción de la planta. Y dada la importancia que tiene la minería en el país, es necesario que la planta de chancado pueda responder con altos índices de operatividad, disponibilidad y confiabilidad.

En este sentido la unidad minera, dedicada a la explotación y producción de oro posee una nueva planta de chancado con una variedad de máquinas y equipos que trabajan en serie, estos equipos presentan distintas fallas que afectan parcial o totalmente el circuito, entre estos tenemos avería en las cintas transportadoras, zarandas con deficiencia, desgaste de jebes en los chutes de alimentación a las

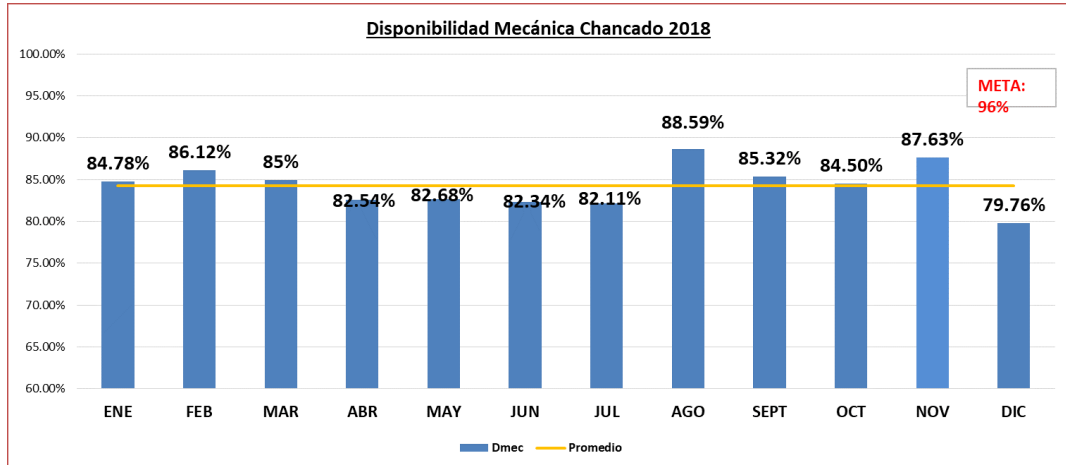
chancadoras, falta de control de los sistemas de lubricación, todas estas desviaciones hacen el proceso poco eficiente y no óptimo.

De los anteriores planteamientos se derivan las principales causales de esta problemática: por material (desgaste, rotura, fatiga, minerología), error humano del personal de producción (factores personales, instrucción, formación), errores del personal de mantenimiento y condiciones externas anómalas. A consecuencia de esto, la empresa se ha visto en la necesidad de implementar planes de contingencia de reparación lo cual representan una labor de mantenimiento correctivo que producen altos costos económicos no estipulados. De esto se desprende la suspensión temporal del funcionamiento y deterioro de capacidad productiva de los activos y se hace necesario precisar el estado actual de la planta de chancado identificando los inconvenientes encontrados en el proceso y aplicación de mantenimiento.

En el periodo 2018 la planta nueva de chancado mostró una disponibilidad promedio del 84.27%. En la figura 02 se muestra la disponibilidad del proceso de chancado de la planta nueva.

“PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS EN LA PLANTA DE CHANCADO DE UNA UNIDAD MINERA EN LA LIBERTAD, 2019”.

Figura N° 2: Disponibilidad de Proceso de Chancado



Fuente: La Empresa

Se observa que la tendencia mensual en el periodo es variable debido a la falta de control. En diciembre tuvo una caída a 79.76% por la rajadura del frame de la zaranda y caída de forros por desgaste. Cabe mencionar que la empresa considera una meta de disponibilidad del proceso de 96%. Por ser un circuito en serie se considera un proceso crítico.

Figura N° 3: Costo total por incumplimiento de disponibilidad

| COSTOS GLOBALES - INCUMPLIMIENTO DE DISPONIBILIDAD | | | | | | | | | |
|--|----------------|--------|-----------|--------------------------|---|------------------------|----------------------|-------------------------|-----------------|
| 2018 | DISPONIBILIDAD | | | TONELAJE PROCESADO O DÍA | VARIACIÓN DE TMS por incumplimiento de Disponibilidad | PRECIO POR ONZA DE ORO | \$ POR TMS VARIACIÓN | \$ INTERVENCIÓN MAQUINA | \$ TOTAL |
| | % META | % REAL | VARIACION | | | | | | |
| ENERO | 96% | 84.78% | -11.22% | 1800 | 201.96 | \$ 1,360.25 | \$ 86,136.31 | \$ 630.00 | \$ 86,766.31 |
| FEBRERO | 96% | 86.12% | -9.88% | 1800 | 177.84 | \$ 1,358.60 | \$ 75,757.08 | \$ 514.00 | \$ 76,271.08 |
| MARZO | 96% | 85% | -11.00% | 1800 | 198.00 | \$ 1,311.25 | \$ 81,405.34 | \$ 501.00 | \$ 81,906.34 |
| ABRIL | 96% | 82.78% | -13.22% | 1800 | 237.96 | \$ 1,366.60 | \$ 101,964.16 | \$ 736.00 | \$ 102,700.16 |
| MAYO | 96% | 82.68% | -13.32% | 1800 | 239.76 | \$ 1,309.20 | \$ 98,420.35 | \$ 706.00 | \$ 99,126.35 |
| JUNIO | 96% | 82.34% | -13.66% | 1800 | 245.88 | \$ 1,299.15 | \$ 100,157.78 | \$ 769.00 | \$ 100,926.78 |
| JULIO | 96% | 82.11% | -13.89% | 1800 | 250.02 | \$ 1,249.00 | \$ 97,912.78 | \$ 774.00 | \$ 98,686.78 |
| AGOSTO | 96% | 88.59% | -7.41% | 1800 | 133.38 | \$ 1,222.75 | \$ 51,136.45 | \$ 422.00 | \$ 51,558.45 |
| SETIEMBRE | 96% | 85.32% | -10.68% | 1800 | 192.24 | \$ 1,201.70 | \$ 72,433.92 | \$ 558.00 | \$ 72,991.92 |
| OCTUBRE | 96% | 84.50% | -11.50% | 1800 | 207.00 | \$ 1,185.30 | \$ 76,930.90 | \$ 459.00 | \$ 77,389.90 |
| NOVIEMBRE | 96% | 87.63% | -8.37% | 1800 | 150.66 | \$ 1,223.25 | \$ 57,785.03 | \$ 532.00 | \$ 58,317.03 |
| DICIEMBRE | 96% | 79.76% | -16.24% | 1800 | 292.32 | \$ 1,231.05 | \$ 112,833.07 | \$ 1,488.00 | \$ 114,321.07 |
| TOTAL | | | | | | | | | \$ 1,020,962.19 |

Fuente: Precios por onza de oro - Kitco

Por lo antes expuesto, el presente proyecto tiene como propósito realizar un plan de mantenimiento preventivo para la nueva planta de chancado en la unidad minera Ubicado en el departamento La Libertad, Provincia de Pataz, orientado a optimizar sus operaciones y generar sustancial incremento de confiabilidad y mantenibilidad de equipos, lo cual favorecerá la política empresarial de mejoramiento continuo, que permite elevar el nivel de calidad de sus productos y/o servicios; para ello, es necesario estandarizar prácticas administrativas y estratégicas para conservar en estado de operatividad dichos equipos.

1.2. Antecedentes de la Investigación

Como antecedente de la presente investigación tenemos la siguiente tesis:

NACIONALES

(Edgard Garcia, 2016) en la ciudad de Lima, en una tesis para Ingeniero Industrial, comentan que para realizar esta tesis hicieron el estudio dentro de las instalaciones de Uesfalia Alimentos S.A. Esta empresa se dedica a la elaboración de productos elaborados cárnicos, para lo cual, proponen implementar un plan de mantenimiento preventivo en función de la criticidad de los equipos del proceso productivo para mejorar la disponibilidad de la empresa UESFALIA ALIMENTOS S.A.

El Procedimiento de mantenimiento aplicado actualmente a los equipos es el mantenimiento Correctivo, éste consiste en ir reparando las averías o fallas a medida que se van presentando. Esto genera paros continuos y prolongados en los equipos y esto a su vez genera mucho tiempo de ocio en los operadores de la máquina que sufre el desperfecto. Por lo general, las órdenes de producción se atrasan, lo cual genera una pérdida tanto económica como de imagen para la propia empresa.

Los propios operarios tratan de reparar el desperfecto, pero debido a su poco conocimiento en el área, en ocasiones complican más la situación. La falta de repuestos y herramientas adecuadas durante la ejecución de los trabajos de mantenimiento, hace que los trabajos efectuados por el personal operativo de la planta no sean muy confiables y por ende esto se refleja en el desempeño de los equipos.

Las únicas actividades de mantenimiento preventivo que se realiza en la planta se enfocan únicamente a la lubricación y limpieza de las máquinas, pero estas se realizan sin una frecuencia establecida.

El principal problema de mantenimiento que presenta en la actualidad la empresa Uesfalia Alimentos S.A. es el atraso excesivo en las órdenes de producción debido a paros imprevistos en la maquinaria ocasionados por desperfectos o averías y los elevados costos que generan las reparaciones respectivas.

La ausencia de un programa sistemático de actividades y tareas de mantenimiento preventivo en toda la maquinaria o equipo industrial que conforman el sistema productivo agravan más la situación.

Es necesaria la implementación de un sistema de conservación planeado del equipo o maquinaria a través de un plan de mantenimiento preventivo específico para cada máquina de la empresa, a fin de mantener a todas las máquinas en condiciones de funcionalidad y de operación útiles, por medio de inspecciones sistemáticas, detección y prevención de la falla inminente.

Implementación del plan de mantenimiento preventivo empresa Uesfalia

Alimentos S.A

La implementación del plan de mantenimiento preventivo en la empresa UESFALIA ALIMENTOS, se realizó con el fin de prevenir al máximo las fallas en la maquinaria y preservar los equipos en un óptimo estado de funcionamiento. Con este plan de mantenimiento se busca seguir un procedimiento adecuado a la hora de realizar actividad en los equipos que intervienen en el proceso productivo de la empresa.

Se debe tener en cuenta que los resultados obtenidos al implementar dicho plan de mantenimiento es compromiso de la empresa; de ellos depende una mejora sustancial en la línea de producción, la calidad de los productos, la seguridad y el respeto al medio ambiente.

Los pasos bajo los cuales se desarrolló la implementación, fueron:

- ✓ Inventario de las maquinarias.
- ✓ Codificación de maquinarias.
- ✓ Criticidad de Equipos.
- ✓ Diseño de formatos para la debida administración del mantenimiento
- ✓ Diseño de sistema documental: (Ficha Técnica, Hoja de vida, ficha de lubricación. Diseño de frecuencias de las actividades.
- ✓ Sistematización del plan en Excel.
- ✓ Orden de trabajo OT
- ✓ Diseño de indicadores de Gestión.

Realizado el análisis de la empresa y de la maquinaria, en donde se llegó a la conclusión de que se necesita realizar mantenimiento preventivo, se determina que las líneas más importantes de producción son: líneas de Jamones, Chorizos, Hot

Dog, Jamonadas y Pate, el siguiente paso es el proceder a realizar el plan de mantenimiento para estas líneas de producción.

Frecuencias de mantenimiento de los equipos de la empresa

La frecuencia de actividades se realiza con el fin de tener una guía diaria, semanal, mensual, trimestral, semestral y anual de todas las actividades de mantenimiento necesarias, serán establecidas en base a las necesidades, estándares y de las condiciones del entorno.

La recurrencia de diferentes actividades de equipos debe estar establecidas en función a los parámetros de control: horas trabajadas (Hodómetro), kilómetros recorridos, desgates de las piezas, niveles de alerta de vibraciones.

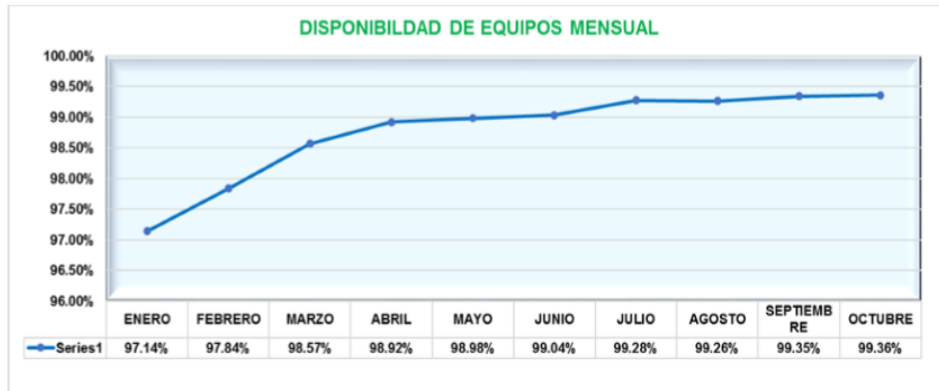
Otros factores que influyen en la determinación de la frecuencia de las actividades de mantenimiento son:

- ✓ Tiempo de uso, condiciones generales, valor del equipo y costos de los repuestos y partes más importantes.
- ✓ Susceptibilidad del equipo a sufrir pérdidas en el ajuste y balanceo general.
- ✓ Susceptibilidad al daño (vibraciones, sobrecargas eléctricas, uso anormal).
- ✓ Severidad del servicio al que está expuesto.
- ✓ Condiciones de rozamiento, fatiga, corrosión presente en el entorno de trabajo.
- ✓ Susceptibilidad en general del equipo al desgaste mecánico.

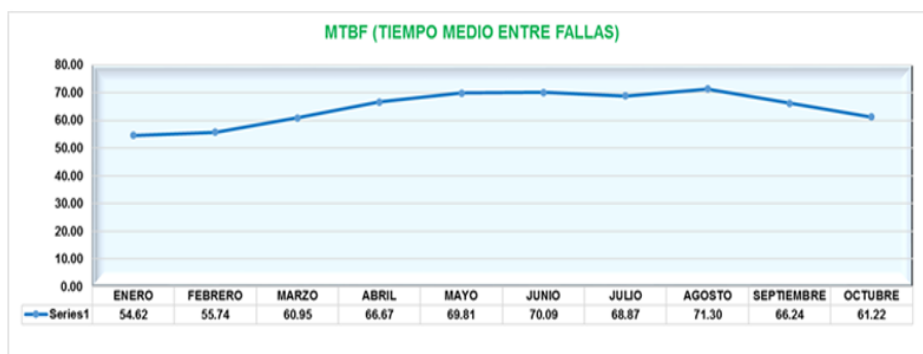
RESULTADOS

De acuerdo a la criticidad determinada de los equipos, se pudieron implementar y planificar las actividades de mantenimiento en función de su periodicidad y complejidad, tratando de unificar la mayor cantidad de actividades posibles, de tal forma que se estandaricen los procesos a ejecutar.

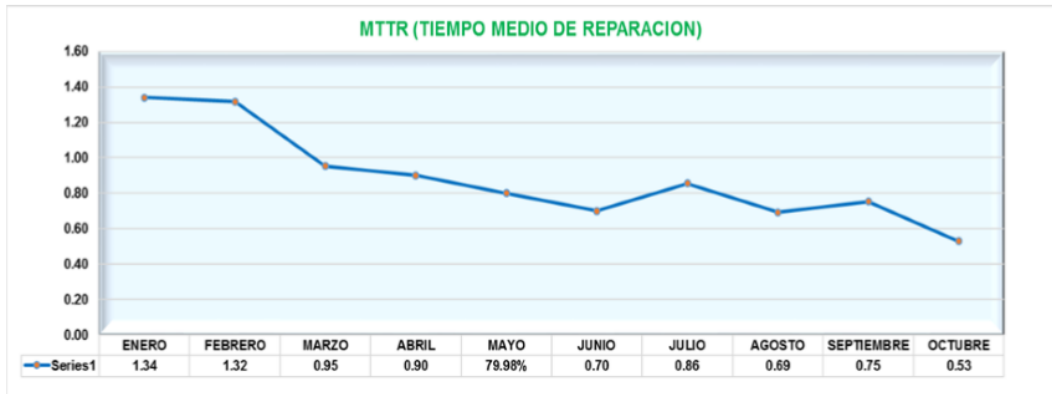
Mediante la implementación de plan de mantenimiento preventivo que se realizó en la empresa Uesfalia Alimentos S.A. se obtuvieron resultados Logrando la disponibilidad y la confiabilidad de los equipos de nuestros clientes internos (producción).



Con la implementación del programa de mantenimiento preventivo se logró garantizar la confiabilidad de los equipos.



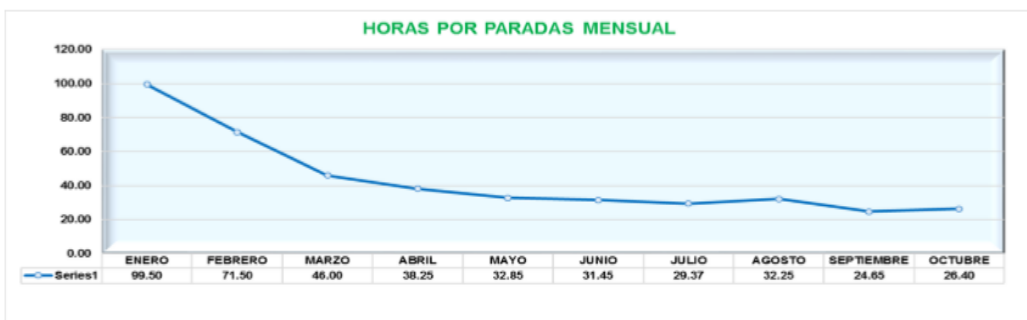
Con estos resultados se redujeron los tiempos de intervención de los equipos planificados.



Las actividades de mantenimiento preventivo cada vez se van cumpliendo.



Las paradas de los equipos se disminuyeron considerablemente.



Análisis de correlación: La Investigación de Edgar García (2016) guarda relación con el presente proyecto de tesis a indagar, debido a la aplicación de mejora de sistema de mantenimiento preventivo analizando los equipos críticos y aumentando

la disponibilidad de los equipos en general, dicho análisis nos servirá como guía si la unidad minera está siguiendo la forma correcta del sistema de gestión de mantenimiento preventivo que se plantea en la investigación. Nuestro objetivo es reducir las fallas de los equipos y los reclamos generados por el cliente y así incrementar la disponibilidad de los equipos de la nueva planta de chancado.

1.3. BASES TEORICAS

MANTENIMIENTO

(Garcia Palencia, 2012) considera que el mantenimiento debe desarrollarse de orden lógico, con el propósito de conservar las condiciones de operación que sea segura, efectiva y económica en cuanto a los equipos de producción, herramientas y demás activos físicos, de las diferentes instalaciones de una empresa.

Las instalaciones cada vez se vuelven más complejas y automatizadas por desarrollo tecnológico que avanza a pasar de los años, con grandes cadenas de producción, cuya parálisis presenta grandes pérdidas económicas. La importancia del mantenimiento se deriva por lo tanto de la necesidad de contar con una estructura que permita establecer rápidamente las condiciones de operación ideal, para reducir mínimo las pérdidas de producción. Comenta que un eficiente mantenimiento significa: La protección y conservación de las inversiones realizadas, la garantía de operatividad y la seguridad de un servicio.

GESTION DE MANTENIMIENTO

(Márquez, 2010); considera que la gestión de mantenimiento es el trabajo de planificación y control que debe realizarse para maximizar la disponibilidad y efectividad de la infraestructura requerida por el sistema de producción. El

propósito de la gestión de mantenimiento es optimizar la funcionalidad de los componentes de la infraestructura de producción en función de los lineamientos y objetivos establecidos por la organización:

- ✓ Al menor costo (mantenimiento y falta de mantenimiento).
- ✓ La calidad adecuada (cumplimiento de requerimientos).
- ✓ En el lugar apropiado.
- ✓ En el momento oportuno (optimización de tiempo).

En este contexto se espera contribuir de modo significativo y evidente a la eficiencia y eficacia de las operaciones de producción o de las ofertas de servicio de una organización o institución. Durante las últimas décadas las formas de gestión de mantenimiento han evolucionado aceleradamente en busca de la optimización de la mantenibilidad, disponibilidad y confiabilidad de equipos y componentes cada vez más complejos.

(Hernández, 2013). Comenta que la gestión de mantenimiento es una disciplina y metodología integradora que garantiza la disponibilidad, funcionalidad, mantenibilidad y conservación de los equipos, siempre que se aplique correctamente, a un costo competitivo. Esto significa un incremento importante de la vida útil de los equipos y sus prestaciones con el fin de garantizar la calidad de los productos o servicios y utilizarse como una estrategia para una competencia exitosa. Para producir con un alto nivel de calidad y un servicio apropiado, el equipo de producción debe operar dentro de las especificaciones, las cuales pueden alcanzarse mediante acciones oportunas de mantenimiento.

OBJETIVOS DE MANTENIMIENTO

(Boero, 2012), menciona que los objetivos de mantenimiento pueden establecerse en los siguientes conceptos:

- ✓ Maximizar la producción. - Manteniendo la capacidad de las instalaciones, teniendo en cuenta la capacidad de las instalaciones, asegurar la máxima disponibilidad de las instalaciones reparando las averías en el mínimo tiempo y costo.
- ✓ Minimizar costos: Reducir al máximo las averías, prolongar la vida útil de las instalaciones, reducir las existencias de los repuestos, reparar los equipos en el momento adecuado y productividad del personal de mantenimiento.
- ✓ Calidad exigida: Mantener el funcionamiento regular de producción sin paros, eliminar averías que afectan la calidad del producto y mantener los equipos para asegurar la calidad requerida.

TIPOS DE MANTENIMIENTO

Mantenimiento rutinario:

Este sistema nace en Japón y fue desarrollado por primera vez en 1969 en la empresa Japonesa DENSO del grupo Toyota la cual se extendió por Japón durante los años 70, luego inicia su implementación fuera de Japón a partir de los años 80 es una actividad diaria y consiste en una serie de tareas, tales como:

Toma de datos, inspecciones visuales, limpieza, lubricación y reapriete de tornillos en equipos, maquinas e instalaciones en servicio; como así también el cuidado y limpieza de los espacios comunes y no comunes del área de mantenimiento. El

personal que lo practica no requiere de mucha especialización técnica, pero informa novedades de todo tipo.

Mantenimiento programado:

Este método se basa en tener un programa de acción por falla de fiabilidad ocasional para un equipo determinado y en la oportunidad de detención.

Mantenimiento preventivo:

Se realiza retirando la maquina o equipo del servicio operativo para realizar inspecciones y sustituir o no los componentes de acuerdo a una programación planificada y organizada con antelación, Este tipo de mantenimiento es muy ventajoso.

Consiste en realizar ciertas reparaciones o cambios de componentes o piezas, según intervalos de tiempo o según determinado criterio, prefijados para reducir la probabilidad de avería o pérdida de rendimiento de un ítem.

Mantenimiento predictivo:

Este tipo de mantenimiento, permite un adecuado control por la mayor frecuencia de inspecciones estando la maquina o equipo en funcionamiento, que es la forma adecuada de obtener datos concretos para el fin determinado de solucionar fallas.

Mantenimiento basado fundamentalmente en detectar una falla antes de que suceda, para dar tiempo a corregirla sin perjuicios al servicio, ni detención de la producción, etc. Estos controles pueden llevarse a cabo de forma periódica o continua, en función de tipos de equipo, sistema productivo, etc.

Para ello, se usan instrumentos de diagnóstico, aparatos y pruebas no destructivas, como análisis de lubricantes, comprobaciones de temperatura de equipo, etc.

El siguiente paso en la tecnología de mantenimiento fue la llegada del mantenimiento predictivo, basado en la determinación del estado de la maquina en operación: La técnica está basada en el hecho que la mayoría de las partes de la maquina darán un tipo de aviso antes que fallen. Para percibir los síntomas con que la maquina nos está advirtiendo requiere varias pruebas no destructivas, tal como análisis de aceite, análisis de desgaste de partículas, análisis de vibraciones y medición de temperaturas.

El uso de estas técnicas, para determinar el estado de la maquina dará como resultado un mantenimiento mucho más eficiente, en comparación con los tipos de mantenimientos anteriores.

El mantenimiento predictivo permite que la gerencia de la planta tenga el control de las máquinas y de los programas de mantenimiento y no al revés.

En una planta donde se usa el mantenimiento predictivo el estado general de las maquinas esta conocido en cualquier momento y una planificación más precisa será posible. (Pesantez Huerta, 2007).

IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

(John Moubray, 2004); considera que el mantenimiento preventivo constituye una acción, o serie de acciones necesarias, para alargar la vida útil del equipo e instalaciones y prevenir la suspensión de las actividades laborales por imprevistos. Tiene como propósito planificar periodos de paralización de trabajo en momentos específicos, para inspeccionar y realizar las acciones de mantenimiento de equipos, con lo que se evitan reparaciones de emergencia.

Un mantenimiento planificado mejora la productividad hasta en 25%, reduce 30% los costos de mantenimiento y alarga la vida útil de la maquinaria y equipo hasta en un 50%.

Los programas de mantenimiento preventivo tradicionales, están basado en el hecho de que los equipos e instalaciones funcionan ocho horas laborables al día y cuarenta horas laborables por semana. Si las máquinas y equipos funcionan por más tiempos, los programas de mantenimiento se deben modificar adecuadamente para asegurar un mantenimiento apropiado y un equipo duradero.

El buen mantenimiento depende no solo un funcionamiento eficiente de las instalaciones y las máquinas, sino que, además, es preciso llevarlo a cabo con rigor para conseguir otros objetivos como el hacer que los equipos tengan periodos de vida útil duraderos, sin excederse en lo presupuestado para el mantenimiento.

Las estrategias convencionales de “reparar cuando se produzca la avería” ya no sirven. Fueron validas en el pasado, pero ahora si se quiere ser productivo, se tiene que ser consciente de que esperar a que produzca la avería es incurrir en unos costos excesivamente elevados (Pérdidas de Producción, deficiencias en la calidad, tiempos muertos y pérdida de ganancias).

ELEMENTOS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

(John Moubray, 2004); comenta que un equipo o sistema opere sin falla por un determinado periodo de tiempo, bajo unas condiciones de operación previamente establecidas.

Se relaciona con la reducción en la frecuencia de las fallas en un intervalo de tiempo, y es una medida de la probabilidad para una operación libre de fallas, durante un intervalo de tiempo dado; así, es una medida del éxito para una operación libre de fallas.

$$R(t) = \exp(-t/MTBF) = \text{EXP}(-It)$$

Donde I es la constante de falla y MTBF es el Tiempo Medio Entre Fallas.

El MTBF mide el tiempo entre las fallas del sistema y es más fácil de entender que un número de probabilidad. Para los modos de falla distribuidos exponencialmente, el MTBF es un índice básico de confiabilidad.

Para un tiempo de corrida dado con el fin de lograr una alta confiabilidad, se requiere un gran MTBF. Además, la confiabilidad puede ser el producto de diferentes componentes de confiabilidad tales como.

$R = R_{\text{servicio}} * R_{\text{alimentación de la planta}} * R_{\text{procesamiento}} * R_{\text{empaquete}} * R_{\text{envío}}$.

Para el usuario de un producto, la confiabilidad es medida como una larga operación sin fallas.

Grandes periodos de interrupción sin fallas, son resultantes de una capacidad productiva incrementada, requiriendo pocas partes de repuesto y una menor fuerza laboral para las actividades de Mantenimiento, lo cual redundará en bajo costo. Para el proveedor del producto, la confiabilidad es medida mediante el cumplimiento de un periodo de garantía libre de fallas, bajo condiciones de operación específicas, y con pocas fallas durante la vida de diseño del producto.

El mejoramiento de la confiabilidad ocurre con un incremento del costo del capital pero éste es sobrepasado por las expectativas de mejoramiento de la disponibilidad, el decremento de las paradas con costos de Mantenimiento más bajos, el mejoramiento de los costos secundarios de fallas, y como resultados, mejores oportunidades para hacer dinero dado que los equipos están libres de fallas por largos periodos de tiempo. Mientras que los cálculos generales de confiabilidad pertenecen a fallas constantes, los cálculos detallados de confiabilidad están basados en la consideración de un modo de falla.

En pocas palabras, las descripciones de confiabilidad en términos cuantitativos son: tiempo medio para fallar, tiempo medio entre fallas, tiempo medio de acciones antes/después de mantenimiento, tiempo medio antes/después de operaciones, vida media de unidades en

términos contables tales como horas o ciclos, ratas de falla, y el número máximo de fallas es un intervalo específico de tiempo. Confiabilidad Operacional: es la capacidad de una instalación o sistema (integrados por procesos, tecnología y gente), para cumplir su función dentro de sus límites de diseño y bajo un contexto operacional específico.

Es importante puntualizar que, en un programa de optimización de Confiabilidad Operacional, es necesario el análisis de los siguientes cuatro parámetros: confiabilidad humana, confiabilidad de los procesos, mantenibilidad de los equipos y la confiabilidad de los equipos.

TIEMPO MEDIO DE REPARACION (MTTR)

(Márquez, 2008); considera que Mid Time To Repair: Es el tiempo medio de reparación. Nos permite conocer la importancia de las averías que se producen, considerando el tiempo medio hasta su solución.

Expresión de Cálculo.

Ecuación N°01: Tiempo medio de reparación

$$\text{MTTR} = \frac{\text{Tiempo total de reparación correctiva}}{\text{Número de reparaciones correctivas}}$$

Disponibilidad

El indicador de disponibilidad es un indicador técnico que permite estimar en forma global el porcentaje de tiempo total que un equipo está en condiciones para cumplir su función requerida, suponiendo que se le suministran los medios exteriores necesarios para su operación. A través del estudio de los factores que influyen sobre la disponibilidad, es posible para la gerencia evaluar distintas alternativas para incrementar la disponibilidad de los activos de producción.

Expresión de Cálculo.

Ecuación N°02: Calculo de disponibilidad

$$A = \frac{MTBF}{(MTBF + MTTR)}$$

Donde:

A: Disponibilidad

MTBF: Tiempo medio entre fallas

MTTR: Tiempo medio de reparación.

El Análisis de Modos y efectos de falla (AMEF)

Un modo de falla podría ser definido como cualquier evento que puede causar la falla de un activo físico.

La mejor forma de mostrar la conexión y la diferencia entre los estados de fallas y los eventos que podrían causarlos es primero hacer un listado de fallas funcionales y luego registrar los modos de fallas que podrían causar cada Disponibilidad Inherente. Tal como es vista por el personal de Mantenimiento, (excluye las paradas por Mantenimientos Preventivos, demoras en suministros, y demoras administrativas), y es definida como.

$$A = \frac{MTBF}{(MTBF + MTTR)}$$

Disponibilidad Lograda.- Tal como es vista por el Departamento de Mantenimiento (Incluye tanto el Mantenimiento Correctivo como el Preventivo, pero no incluye demoras de suministros y demoras administrativas), y es definida como:

Ecuación N°03: Disponibilidad Lograda

$$Aa = \frac{MTBM}{(MTBM + MAMT)}$$

Donde MTBM es el tiempo medio entre acciones correctivas y preventivas, y MAMT es el tiempo medio en que mantenimiento estuvo activo.

Disponibilidad Operacional.- tan como es vista por el usuario y es definida como:

Ecuación N°04: Disponibilidad Operacional

$$A_o = \frac{MTBM}{(MTBM + MDT)}$$

Donde MDT es el tiempo medio de parada.

En pocas palabras la Disponibilidad se describe en términos cuantitativos como tiempo en línea, tiempo de factor de corrida, falta de paradas, y un buen número de términos operativos coloquiales, que incluyen un mínimo para la disponibilidad operacional, Aunque muchos equipos no están en operación permanente.

¿Por qué analizar los modos de fallas?

Una maquina puede fallar por diversos motivos.

Un grupo de máquinas o un sistema como una línea de producción puedan fallar por ciertas razones. Para una planta entera, los números son ascienden a miles, inclusive hasta decenas de miles.

La mayoría de los gerentes no se sienten muy cómodos al pensar en el tiempo y el esfuerzo involucrado en la identificación de todos estos modos de fallas.

Muchos dicen que este tiempo de análisis es demasiado trabajoso, y abandonan la idea por completo. Pero cuando hacen esto, pasan por alto el hecho que en el día a día el mantenimiento es realmente manejado a nivel de modo de falla.

DISPONIBILIDAD TOTAL

(Garrido, S. G. (2010); plantea que la disponibilidad es el principal parámetro asociado al mantenimiento, dado que limita la capacidad de producción. Se define como la probabilidad de que una máquina esté preparada para producción en un período de tiempo determinado, o sea que no esté detenida por averías o ajustes.

Para el periodo analizamos, mensual, trimestral, semestral o anual completo, contabilizamos las horas calendario de ese período y le restamos todas las horas que el equipo en cuestión estuvo detenido por intervenciones de mantenimiento. Estas intervenciones son todas las que detuvieron el equipo, mantenimientos de emergencia, mantenimientos correctivos, mantenimientos preventivos, etc. Por lo general el mantenimiento predictivo no detiene al equipo, dado que la toma de datos se realiza, en la mayoría de los casos, con el equipo en carga. Pero de existir un mantenimiento predictivo que detenga el equipo, tal como toma de espesores en los blindajes de los molinos de bolas, el tiempo detenido debe contemplarse en este indicador.

De hecho, es las Órdenes de Trabajo, existe un campo que permite identificar y cargar este tiempo detenido. Por lo que directamente podemos sumar todas las OT y solo modificarán el indicador aquellas que tengan ese campo con un valor mayor a cero (0). Es recomendable obtener el valor de este indicador mensualmente, y con estos datos graficar la tendencia mes por mes, para determinar si es creciente, decreciente o estable. Pero fundamentalmente debemos llevar este indicador para el año completo, dado que es el período de mayor utilización.

Lo importante de la disponibilidad es lograr una disponibilidad mayor que la necesaria, esto es en general para equipos o instalaciones que no son de uso continuo.

Ecuación N°05: Disponibilidad Total

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas Totales} - \text{Horas por Mantenimiento}}{\text{Horas totales}}$$

Donde:

Horas totales = Horas programadas por producción.

Horas paradas por mantenimiento = horas que se requiera para realizar el mantenimiento correctivo.

En plantas que estén dispuestas por líneas de producción en las que la parada de una máquina supone la paralización de toda la línea, es interesante calcular la disponibilidad de cada una de las líneas, y después calcular la media aritmética.

En plantas en las que los equipos no estén dispuestos por líneas, es interesante definir una serie de equipos significativos, pues es seguro que calcular la disponibilidad de absolutamente todos los equipos será largo, laborioso y no nos aportará ninguna información valiosa. Del total de equipos de la planta, debemos seleccionar aquellos que tengan alguna entidad o importancia dentro del sistema productivo.

Una vez obtenida la disponibilidad de cada uno de los equipos significativos, debe calcularse la media aritmética, para obtener la disponibilidad de la planta.

Según plantea Organización y gestión integral de mantenimiento.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\Sigma \text{Disponibilidad de equipos significativo}}{\text{N}^\circ \text{ de equipos significados}}$$

PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO

(Tavares, 2014); menciona que se le llama programación del mantenimiento preventivo, al proceso de correlación de los códigos de los equipos con la periodicidad, cronogramas de ejecución de las actividades programadas, instrucciones de mantenimiento, datos de medición, códigos de material y cualquier otro dato, juzgado por el usuario como necesario para actuar preventivamente en los equipos.

TIPOS DE PROGRAMACIÓN

Programación de actividades del día a día, normalmente vinculadas a órdenes de trabajo para reparaciones (OT).

Estos programas incluyen algunas tareas, que se deberán realizar periódicamente. Habitualmente las tareas no tienen precedencias ni restricciones importantes, salvo la disponibilidad de recursos. Estos programas son habitualmente preparados y actualizados por el planner de mantenimiento.

La programación de una actividad, que por su complejidad requiere de una apertura en muchas tareas de diversas disciplinas y recursos no solo humanos sino también materiales, máquinas y equipos auxiliares. Tavares, A. L. (2014). Administración moderna de mantenimiento.

Generalidades en el programa de mantenimiento preventivo

La selección de un tipo de mantenimiento en una empresa, depende de las condiciones internas de ésta, su objeto social, equipos utilizados en el desarrollo de sus actividades, infraestructura física, personal disponible y el alcance que pretende lograr.

El plan de mantenimiento de una empresa, debe tener en cuenta ciertos factores importantes al momento de la aparición de fallas en los equipos, dichos factores son:

Factores operacionales: La falla ocasiona retrasos en la producción o en la prestación de un servicio, conllevando a una disminución de la productividad e incumplimientos a los clientes.

Factores de costos: Están íntimamente ligados a las fallas, ya que la reparación de éstas conlleva a gastos innecesarios y generalmente elevados perjudicando el costo de mantenimiento.

Factores de seguridad: Cuando la falla afecta la integridad del personal, ocasionando gastos para la empresa.

Factores ambientales: El afectado aquí es el medio ambiente, ya sea por altos niveles de ruido, olores desagradables, contaminación del aire, entre otros., afectando de igual manera al personal que allí labore. Tavares, A. L. (2014). Administración moderna de mantenimiento.

FALLA DE EQUIPOS

(John Moubray, 2004), En los equipos de cada falla que se puede presentar en una planta de proceso, representa un riesgo potencial, por lo cual es esencial entender cómo se presenta, entendiendo la forma en que los equipos fallan, podremos diseñar mejores acciones correctivas o preventivas. En este caso, las acciones son tareas de mantenimiento. Estas acciones, son derivadas del proceso de análisis de modos de falla, de modo que a cada modo de falla le corresponde una tarea. Podemos definir entonces un modo de falla, como “la forma” en que un equipo o activo falla.

Es importante para el entendimiento de la falla, poder identificar los dos diferentes estados de falla que se pueden presentar (“fault” y “failure”); primeramente, aquel estado de falla, en el cual un activo simplemente deja de funcionar y otro, en el cual el activo no desempeña su función conforme a un estándar de desempeño deseado o bien,

conforme a las necesidades que el usuario tiene, pero no necesariamente deja de funcionar.

EQUIPOS CRITICOS ESPECIALES

(Mendoza, 2005); comenta de los equipos especiales, cuyas partes, piezas o componentes más importantes no se encuentran disponibles en el mercado local directo de proveedores de partes, y que además no permiten adaptaciones locales o en muchos casos el hacerlo es sumamente complicado, dado lo sofisticado de su diseño y/o arquitectura. Una parada no programada (forzosa o inesperada) de estos equipos generalmente pueden afectar sustancialmente y/o detener la producción de un bien o servicio, generando altos costos para la empresa y procediendo impactos negativos, que incluso pueden afectar de manera directa la imagen de la organización.

ANALISIS DE CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS

(Mendoza, 2005); considera que el análisis de la criticidad de los equipos de una empresa nos sirve para poder jerarquizar, por importancia, los elementos (sistemas) sobre los cuales vale la pena dirigir recursos (humanos, económicos y tecnológicos). Además, ayuda a identificar eventos potenciales indeseados, en el contexto de la confiabilidad operacional.

COSTOS DEL MANTENIMIENTO

Desde el punto de vista de la administración del mantenimiento, uno de los factores más importantes es el costo. Por eso el Ingeniero tiene que analizar y profundizar respecto a los costos de mantenimiento a fin de conocer su manejo y control, evitando así el crecimiento de estos.

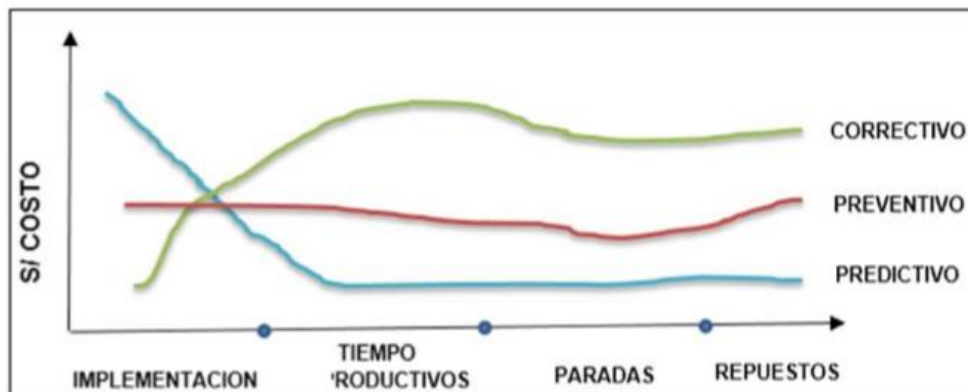
El costo total de una parada de equipo, es la suma del costo del mantenimiento, que incluye los costos de mano de obra, repuestos, materiales, combustibles y lubricantes, y el costo de indisponibilidad que incluye el costo de pérdida de producción (horas no trabajadas), debido a mala calidad del trabajo, falta de equipos, costo por emergencias, costos extras para reorganizar la producción, costos por repuestos de emergencia, penalidades comerciales e imagen de la empresa. Experiencias de evaluación del costo de indisponibilidad muestran que este representa más de la mitad del costo total de la parada.

En el aspecto de costos, el mantenimiento correctivo a lo largo del tiempo, se presenta con la configuración de una curva ascendente, debido a la reducción de la vida útil de los equipos y la consecuente depreciación del activo, pérdida de producción o calidad de los servicios, aumento del stock de materia prima improductiva, pago de horas extras del personal de ejecución del mantenimiento, ociosidad de mano de obra operativa, pérdida de mercado y aumento de riesgos de accidentes. Fuente: Tavares, L. A. (1999).

La implantación de un programa de mantenimiento preventivo, buscando la prevención o predicción de la falla, presenta una configuración de costos invertida, con tasa negativa anual del orden de 20% y tendencia a valores estables. La inversión inicial en el mantenimiento preventivo es mayor que el de mantenimiento correctivo y no elimina totalmente las fallas aleatorias, cuyo alto valor inicial es justificado por la inexperiencia del personal de mantenimiento que, al actuar en el equipo, altera su equilibrio operativo. Con el pasar del tiempo y al ganar experiencia, el mantenimiento preventivo tiende a valores reducidos y estables. La suma general de los gastos del mantenimiento identificado como preventivo a partir de un determinado tiempo, pasa a ser inferior al de mantenimiento correctivo.

Consecuentemente los beneficios del mantenimiento preventivo solamente ocurrirán a partir del momento en que las áreas comprendidas entre las curvas de mantenimiento correctivo y con preventivo, antes y después de ese punto sean iguales. Si la vida útil de los equipos de la instalación es menor que el tiempo de obtención del beneficio, el mantenimiento preventivo pasa a ser económicamente inadecuado. La preparación previa del grupo de ejecución del mantenimiento preventivo reduce los costos iniciales del mantenimiento, sin embargo, el aumento de la inversión para la formación de ese grupo poco altera el resultado económico del período de generación de ingresos o beneficios. Parra, C., & Crespo, A. (2012). Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicada a la Gestión de Activos.

Figura N° 4: costo de mantenimiento



Fuente: Tavares, L.A(1999)

DIAGRAMA DE ISHIKAWA

Cruz & González, 2006) plantean que la buena realización del diagrama de Ishikawa nos ayuda a comprender visualmente las causas de los problemas encontrados, esta sencilla herramienta también es conocida como causa-efecto, diagrama de árbol o diagrama espina de pescado. Es un gráfico que en la parte central tiene una línea con el problema principal, de esta línea se desprenden otras líneas en las que se agrupan las posibles causas separadas por grupos: mano de obra, maquinaria, materiales,

métodos, mediciones y medio ambiente siendo estas categorías no obligatorias, se recomienda utilizar cualesquiera que resulten apropiadas.

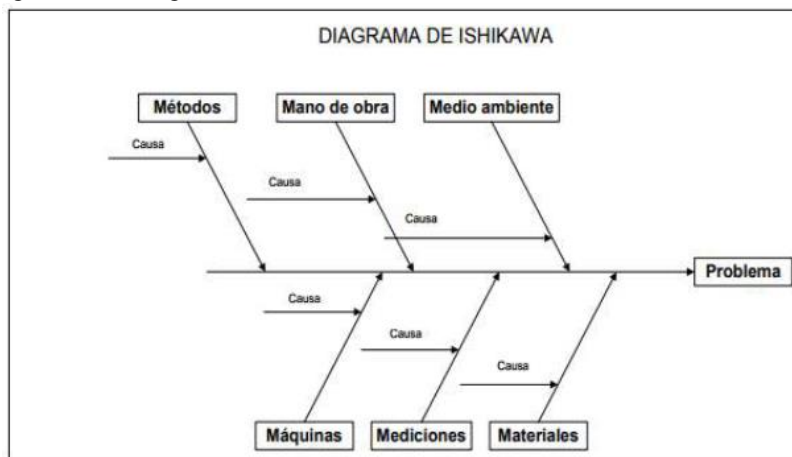
Para obtener mejores resultados en la búsqueda de las probables causas se debe realizar una tormenta de ideas o realizar sesiones de creatividad.

Ventajas:

El diagrama de Ishikawa a pesar de la aparente sencillez, al realizar un correcto diagnóstico y aplicación se obtendrán una serie de ventajas como:

- Proporcionar una metodología racional para la resolución de problemas.
- Permitir sistematizar las posibles causas de un problema.

Figura N° 5: Diagrama de Ishikawa



“Fuente: y Gancedo 2001”.Rodrigo

Todas las herramientas anteriormente mostradas nos serán de utilidad para, en base a data estadística, buscar indicios de cuál es el problema que genera ineficiencia y tiene mayor impacto en el área de chancado de la empresa Minera.

DIAGRAMA DE PARETO

(Cruz & González, 2006), plantean que el diagrama de Pareto es una herramienta de representación gráfica que nos permite identificar los problemas más importantes, en función de su frecuencia de ocurrencia o coste (dinero, tiempo), y permite priorizar las actividades de intervención.

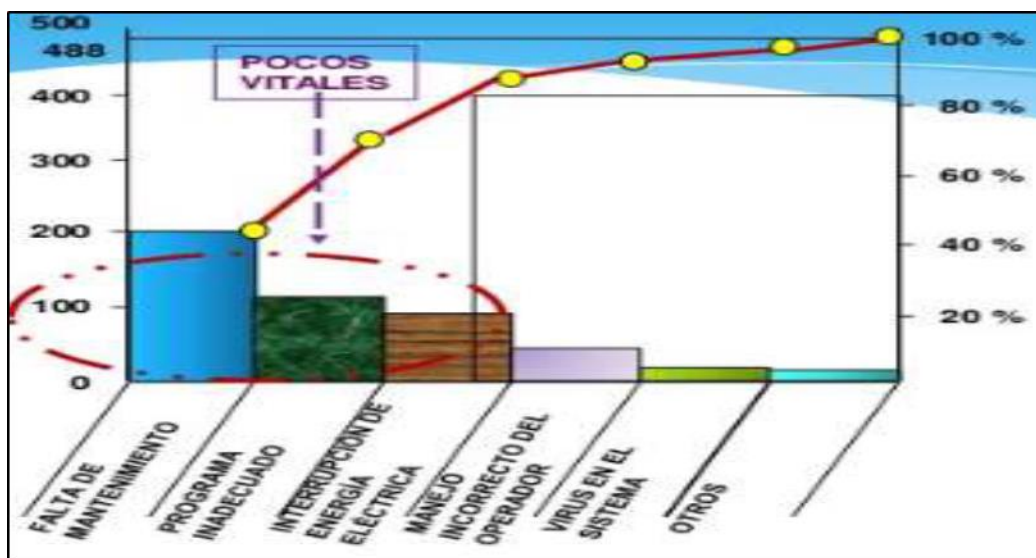
En definitiva, la frecuencia se basa en el principio de Pareto, se denomina regla 80/20, el cual indica que el 80 % de los problemas son originados por un 20 % de las causas. El diagrama de Pareto nos ayuda a separar los errores críticos, que normalmente suelen ser pocos, de los muchos no críticos.

Ventajas

Con un buen diagnóstico y una buena utilización de esta herramienta se tiene por resultados las siguientes:

- Permite observar los resultados de las acciones de mejora implantadas al comparar dos diagramas del mismo fenómeno en momentos distintos de tiempo.

Figura N°6: Diagrama de Pareto



Fuente: Pedan, 2014.

1.4. Formulación del problema

¿Cómo influye la propuesta de un plan de mantenimiento preventivo en la disponibilidad de los equipos en la planta de chancado de una unidad minera en la Libertad, 2019”?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Proponer un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de los equipos en la nueva planta de chancado de una unidad minera en la Libertad, 2019.

1.5.2. Objetivos específicos

1. Elaborar la Jerarquización de equipos con la finalidad de analizar cuáles son los equipos críticos de todo el proceso de chancado.
2. Elaborar planes y programas de mantenimiento preventivo determinando la frecuencia de mantenimiento y los indicadores que mejoren la gestión de mantenimiento (MTTR, MTBF, Disponibilidad).
3. Comparación de la disponibilidad antes y después de la propuesta.
4. Determinar el beneficio económico de la propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar disponibilidad.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

La Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad de los equipos en la planta de chancado de una unidad minera en la Libertad, 2019.

1.6.3. Hipótesis específicas

1. El resultado de las constantes fallas imprevistas nos mostrará una disponibilidad menor al 90%.

2. La disponibilidad mayor a la meta 96%, incrementara la confiabilidad, eficiencia, productividad y reduce los costos de mantenimiento.
3. La disponibilidad aumenta con la proyección de las frecuencias de mantenimiento preventivos para evitar las paradas imprevistas por cambios de raspadores y guardillas de las cintas transportadoras.
4. El plan de mantenimiento preventivo determinara las mejores tácticas y/o tareas de mantenimiento mediante la jerarquización de equipos.
5. El aumento de la disponibilidad de chancado se mostrará mediante indicadores reflejando una gestión de mantenimiento eficiente, controles de desgaste de los forros de las chancadoras para evitar paradas que afecten la productividad.

TABLA03: Tabla de variables

| OPERACIONALIZACION DE VARIABLES | | | | |
|--|--|---|-----------------------|-----------------------------|
| VARIABLE | DEFINICION CONCEPTUAL | DEFINICION OPERACIONAL | DIMENSIONES | INDICADOR |
| PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO | Consiste en realizar ciertas reparaciones o cambios de componentes o piezas, según intervalos de tiempo o según determinado criterio, prefijados para reducir la probabilidad de avería o pérdida de rendimiento de un ítem. | Se realiza retirando la maquina o equipo del servicio operativo para realizar inspecciones y sustituir o no los componentes de acuerdo a una programación planificada y organizada con antelación, Este tipo de mantenimiento es muy ventajoso. | Cronograma | % DE CUMPLIMIENTO DE LOS MP |
| DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS EN LAS PLANTAS DE CHANCADO DEL SECTOR MINERIA | Se define como la probabilidad de que una máquina esté preparada para producción en un período de tiempo determinado, o sea que no esté detenida por averías o ajustes. | Permite estimar en forma global el porcentaje de tiempo total que un equipo está en condiciones para cumplir su función requerida, suponiendo que se le suministran los medios exteriores necesarios para su operación | Reparaciones | MTTR |
| | | | Fallas | MTBF |
| | | | Reparaciones y fallas | % DISPONIBILIDAD |

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

Es una investigación de tipo experimental.

Según su diseño de investigación

Es una investigación pre-experimental. Por que como investigador manipulo una variable de estudio, un experimento consiste en hacer un cambio en el valor de una variable (variable independiente) y observar su efecto en otra variable (variable dependiente).

Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

Población

La población del estudio es la empresa Minera, sobre el área de chancado que no cuenta con un plan preventivo.

Muestra

La muestra es el conjunto de equipos de la unidad de chancado como (Chancadora Sandvik CH-440, Chancadora Cónica Sandvik CS-430, Chancadora Telsmith SBS-44, Cintas transportadoras, Apron Feeder, Electroiman Eriez, Zarandas LF-3070 y Zarandas Grizzly) mencionando que estos equipos llegan a ser críticos en toda línea de producción de la Unidad Minera.

2.2. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Tabla N°4: Tabla técnica e instrumentos

| OBJETIVOS ESPECIFICOS | TECNICA / HERRAMIENTA | INSTRUMENTO |
|--|--|---|
| Elaborar la Jerarquización de equipos con la finalidad de analizar cuáles son los equipos críticos de todo el proceso de chancado. | De organización y metodos, la observación | Diagrama de consecuencias |
| Elaborar planes y programas de mantenimiento preventivo. | ENCUESTA | CUESTIONARIO (anexo 01) |
| Determinar la frecuencia de mantenimientos preventivos de los equipos. | ENCUESTA, observación de campo no experimental | CUESTIONARIO (anexo 01), guía de observación d campo. |
| Determinar los indicadores que mejoren la gestión del mantenimiento (MTTR, MTBF, Disponibilidad). | ENTREVISTA, Análisis documental | hojas de cálculo, ficha de registro de datos |

Fuente: Elaboración propia

Técnicas de recolección de datos

La técnica que se utiliza para esta investigación será:

- **La observación:** Como registro sistemático, válido y confiable.
- **Encuesta:** Método para recolectar información estadística de una población contactando a cada uno de los elementos de la misma o a una parte de ella (muestra), con el objeto de deducir características de conjunto relativas a esta población, en un momento dado, o relativas a su evolución en el transcurso del tiempo. Para la presente investigación se utilizarán cuestionarios de preguntas del tipo cerradas.
- **La entrevista:** es una situación de interrelación o diálogo entre personas, el entrevistador y el entrevistado.

- **Análisis documental:** Se obtiene datos de fuente primaria, El instrumento que se acostumbra utilizar es la ficha de registro de datos.

- **Observación de campo no experimental:** Con frecuencia se usa esta técnica para profundizar en el conocimiento del comportamiento de exploración, En este caso se puede emplear como instrumento una guía de observación o de campo.

Instrumento

A través de los instrumentos podemos recolectar la información de manera organizada según el fenómeno a observar (Valderrama, 2013).

La observación, es referida como una técnica directa de colección de datos, ya que la recolección es de fuente primaria. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014).

Son los medios o recursos que se elaboran y se aplican para captar datos hallados en la muestra. Se utilizaron los siguientes instrumentos:

- Manual del equipo
- Registros de mantenimiento
- Notificaciones de parada
- Horómetros de los equipos
- Hojas de cálculo
- Fichas de registro de datos
- Guía de observación de campo.

Análisis de Datos

Los datos que analizaremos son:

- Control de paradas.
- Disponibilidad.
- Control de horas.

Para la recolección de datos primarios en la investigación científica se procede básicamente por la observación y captura de datos. Después de haberlos recopilado se realiza el análisis e interpretación con el propósito de obtener respuestas a las interrogantes de la Investigación.

El análisis de datos se realiza una vez recogidos los datos, comienza una fase esencial para toda investigación, referida a la clasificación o agrupación de los datos referentes a cada variable objetivo de estudio y su presentación conjunta. El investigador profesional sigue un procedimiento de 5 pasos para el análisis de datos.

1. Trabajo de campo
2. Introducción de datos
3. Ordenamiento y codificación de datos
4. Tabulación, análisis e interpretación estadístico
5. Validación y Edición

2.3. Procedimiento

- Se realizó un diagnóstico al área de mantenimiento a través de un recorrido por la situación actual de dicha unidad, para visualizar la problemática planteada.
- Se recopiló solo la información de los principales indicadores necesarios para la determinar la situación actual del mantenimiento.
- Se aplica la encuesta a las personas involucradas para conocer la significancia de las Causas Raíces.
- Se aplica el Diagrama de Pareto con la finalidad de determinar los problemas recurrentes en mantenimiento e identificar las causas raíces.
- Se realiza la matriz de criticidad de los equipos para conocer la significancia de las causas raíces.

- Se elaboraron las actividades a realizar en los mantenimientos programados, así como también de las inspecciones pre-mantenimiento programados.
- Se elaborará una matriz FODA de mantenimiento para determinar nuestras principales debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades.
- Se elaboraron instrumentos para mejorar el proceso de mantenimiento de equipos y sus seguimientos como datos históricos para el diagnóstico de fallas.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Diagnóstico de la Realidad Actual de la Empresa

3.1.1. Descripción de la Empresa

La unidad Minera Peruana que se dedica a la explotación y producción de oro y plata. Con más de 30 años de experiencia en el rubro minero, la empresa opera en la unidad minera San Andres ubicada en la región La Libertad, la empresa fue fundada en 1981. Actualmente genera más de 5000 empleos en todas las empresas contratistas de explotación y Mantenimiento.

La misión de mantenimiento es contribuir al éxito empresarial a través de la gestión de sus activos físicos con altos índices de seguridad, control ambiental y confiabilidad, satisfaciendo los requerimientos de sus clientes internos e interesados en el momento oportuno, siendo la base, el equipo humano que la conforma.

La visión de mantenimiento es estar considerados dentro de los mejores equipos en gestionar el área de mantenimiento, con el dominio de herramientas de última generación que garantice los servicios y la disponibilidad operacional, con el manejo eficiente de los recursos, alineada a la política de la organización.

La planta concentradora actualmente procesa 1800 toneladas de mineral por día, en la sección de chancado se cuenta con un total de 21 activos entre fajas transportadoras, alimentadores, zarandas, chancadoras, electroimanes, de acuerdo a la criticidad de equipos, estos activos tienen una criticidad alta debido a que todo el circuito está en serie y de acuerdo a las velocidades (rpm) toma un tiempo promedio de 10 horas de operación para llenar las tolvas de finos (fin del proceso de chancado).

RUC: 20132367800

Dirección Legal: Av. La Marina N° 480

Dirección de Unidad Minera: Unidad San Andres – La Libertad – Pataz – Parcoy.

Figura N° 7: Planta de chancado nuevo



Fuente: La Empresa

3.1.2. Diagnóstico del problema e indicadores actuales

La nueva planta de chancado fue montada en Octubre 2017 teniendo un periodo de comisionamiento y acompañamiento de la empresa montajista y especialistas, cuenta con un socio estratégico encargado del servicio de Operación y mantenimiento de la planta, tomo acción en el periodo 2018 donde solo realizaban mantenimientos correctivos lo cual se obtuvo una disponibilidad promedio de 84.27%, generando altos costos por las paradas no programadas las cuales van incrementando mensualmente, cabe mencionar que la planta de chancado nuevo es un circuito en serie que al fallar un equipo para toda la línea y este impacta directamente a la producción.

En la figura 08 se muestra los datos para determinar la disponibilidad de la planta nueva de chancado – periodo 2018.

Figura N° 8: Datos para el cálculo de disponibilidad de Proceso de Chancado

"PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS EN LA PLANTA DE CHANCADO DE UNA UNIDAD MINERA EN LA LIBERTAD, 2019".

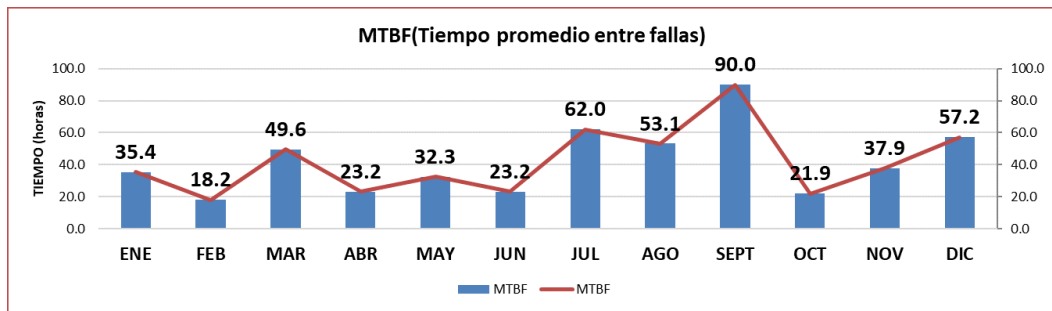
| SECCION | KPI | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEPT | OCT | NOV | DIC |
|---------|---------------|---------------|---------------|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| CHA | TC | 744 | 672 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 | 744 | 720 | 744 | 720 | 744 |
| | tPPmec | 111.12 | 71.65 | 102.28 | 106.33 | 112.25 | 99.13 | 121.03 | 76.27 | 39.87 | 60.3 | 31.68 | 148.17 |
| | tPNP | 2.1 | 26.37 | 9.88 | 19.4 | 16.58 | 28.03 | 12.08 | 8.63 | 3.58 | 55.05 | 57.42 | 2.43 |
| | tPO | 94.93 | 88.47 | 76.45 | 101.9 | 96.21 | 111.23 | 139.38 | 101.37 | 51.42 | 191.15 | 221.05 | 139.77 |
| | tOP(SCD)APRON | 497.29 | 429.3 | 491.87 | 430.6 | 454.92 | 392.1 | 344.94 | 349.37 | 212.92 | 223.34 | 290.23 | 354.39 |
| | PRY-ARRANQUE | | | | | | | | | 91 | 130.67 | 87.4 | 55.25 |
| | tOP(SCD)CHA | 561.5 | 491 | 530 | 498.0 | 534 | 447.6 | 448 | 400 | 238 | | | |
| | Dmec | 84.78% | 86.12% | 85% | 82.54% | 82.68% | 82.34% | 82.11% | 88.59% | 85.32% | 84.50% | 87.63% | 79.76% |

Fuente: La Empresa

Asimismo, se muestra el análisis realizado de los tiempos promedio entre falla (MTBF) y lo tiempos promedio de reparación (MTTR) del proceso de chancado de la planta nueva.

En la figura 09 se muestra la tendencia en el tiempo del MTBF.

Figura N° 9: Tiempo promedio entre fallas

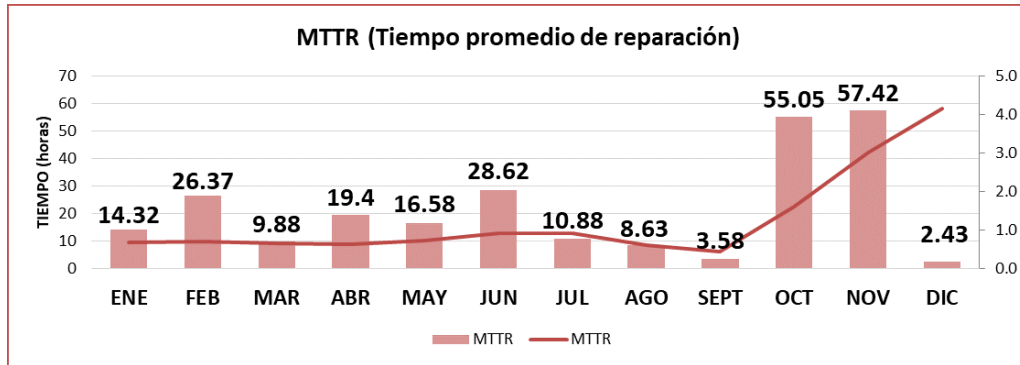


Fuente: La Empresa

Se puede evidenciar que la tendencia en tiempo promedio de fallas tiende a incrementarse mes a mes, en promedio ocurre una falla cada 42 horas de operación.

En la figura 04 se muestra la tendencia en el tiempo del MTTR.

Figura N° 10: Tiempo promedio de reparación



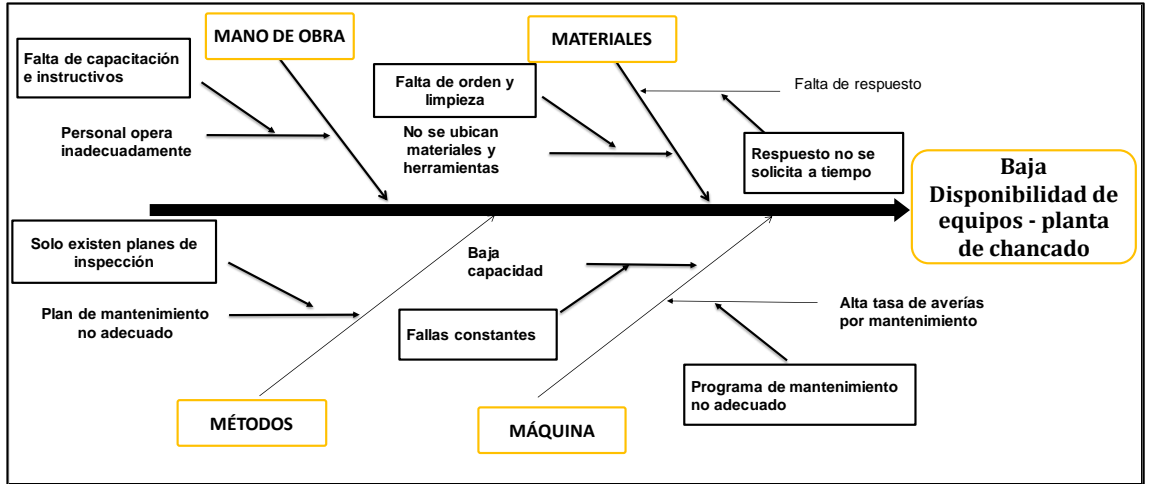
Fuente: La Empresa

En el cuadro se puede visualizar que los tiempos de reparación han ido aumentando en el tiempo, esto es debido a las faltas de control, fallas recurrentes y desconocimiento de la mantención.

En la figura 5 se muestra el diagrama de Ishikawa donde se identificó las causas que generan la baja disponibilidad de la planta nueva de chancado.

A continuación, se presenta el diagrama de Ishikawa en donde se detallan las causas que influyen en la baja disponibilidad, la cual también nos mostrará los problemas existentes: mano de obra, métodos, materiales, maquinarias.

Figura N° 11: Diagrama de Ishikawa



Fuente: La Empresa

Como se puede observar en el análisis realizado al circuito de la planta nueva de chancado, solo tiene planes básicos de inspección, incurriendo en una alta tasa de averías, repercutiendo en la disponibilidad de los equipos necesarios para la producción. Los costos que generan las paradas no programadas de los equipos son altos y van incrementando mensualmente, impactando directamente sobre los indicadores de disponibilidad, MTTF, MTTR.

Tabla N° 5: Factores Inmediatos

| ID | FACTORES INMEDIATOS |
|----|--|
| 01 | Tienen conocimiento de los equipos ubicados en planta |
| 02 | Conocen el proceso adecuadamente |
| 03 | Capacitación de mantenimiento de equipos |
| 04 | Cuentan con un plan de lubricación |
| 05 | Conoce técnicas de mantenimiento |
| 06 | Conoce los cambios de componentes (frecuencias) |
| 07 | existen demasiadas reparaciones por fallas imprevistas |
| 08 | Falta de equipos y herramientas adecuados |
| 09 | Falta de repuestos y materiales |

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente a la identificación de los factores inmediatos que influyen a la baja disponibilidad de la nueva planta de chancado, se realizó una encuesta (ver anexo 01)

a los colaboradores del área de mantenimiento mecánico, con la finalidad de aplicar una correcta ponderación a cada uno de los factores de acuerdo al nivel de impacto en la problemática de estudio.

El resultado obtenido después de la encuesta fue la siguiente:

Según la matriz de Alfa de Cronbach se determinó que la encuesta realizada tiene una confiabilidad muy alta de 0.85 la cual es fiable para la aplicación.

Tabla N° 6: Matriz de cronbach

| BASE DE DATOS | | | | | | | | | | SUMA |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| ESCUESTA | Item1 | Item2 | Item3 | Item4 | Item5 | Item6 | Item7 | Item8 | Item9 | |
| Técnico 01 | 9 | 8 | 8 | 9 | 9 | 7 | 7 | 8 | 8 | 73 |
| Técnico 02 | 8 | 7 | 5 | 9 | 7 | 5 | 8 | 5 | 7 | 61 |
| Técnico 03 | 10 | 8 | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 | 8 | 77 |
| Técnico 04 | 8 | 6 | 8 | 6 | 8 | 7 | 8 | 7 | 7 | 65 |
| Técnico 05 | 10 | 8 | 5 | 8 | 9 | 10 | 10 | 10 | 9 | 79 |
| Técnico 06 | 9 | 8 | 8 | 9 | 8 | 8 | 9 | 8 | 8 | 75 |
| Técnico 07 | 10 | 9 | 9 | 10 | 9 | 10 | 8 | 8 | 9 | 82 |
| ESTADISTICOS | | | | | | | | | | |
| VARIANZA | 0.8 | 0.9 | 2.6 | 1.6 | 0.6 | 3.3 | 1.0 | 2.5 | 0.7 | |

Fuente: Elaboración propia

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left[1 - \frac{\sum V_i}{V_t} \right]$$

Dónde:

α = Alfa de Crombach

K = Número de Items

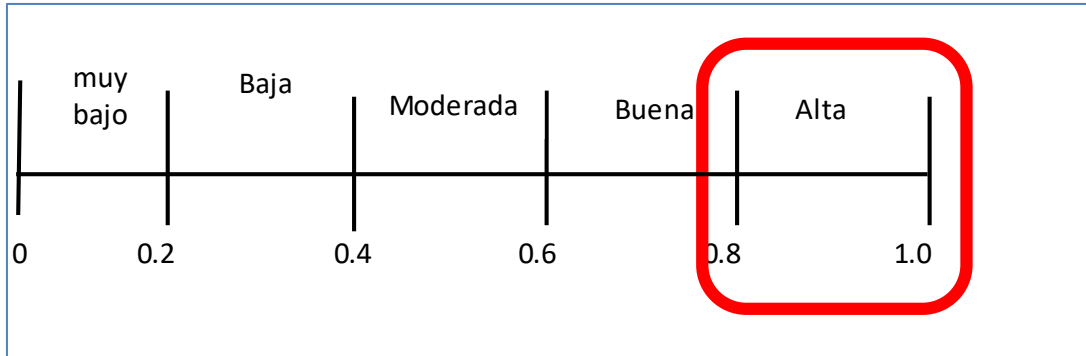
V_i = Varianza de cada Item

V_t = Varianza del total

| | |
|--------------------|--------------|
| K | 9 |
| SumatoriaVi | 13.9 |
| Vt | 57.48 |
| SECC1 | 1.125 |
| SECC2 | 0.758 |
| ABS. S2 | 0.758 |
| α (Alfa) | 0.853 |

ALFA DE CRONBACH

Figura N° 12: Alfa de cronbach



Fuente: Elaboración propia

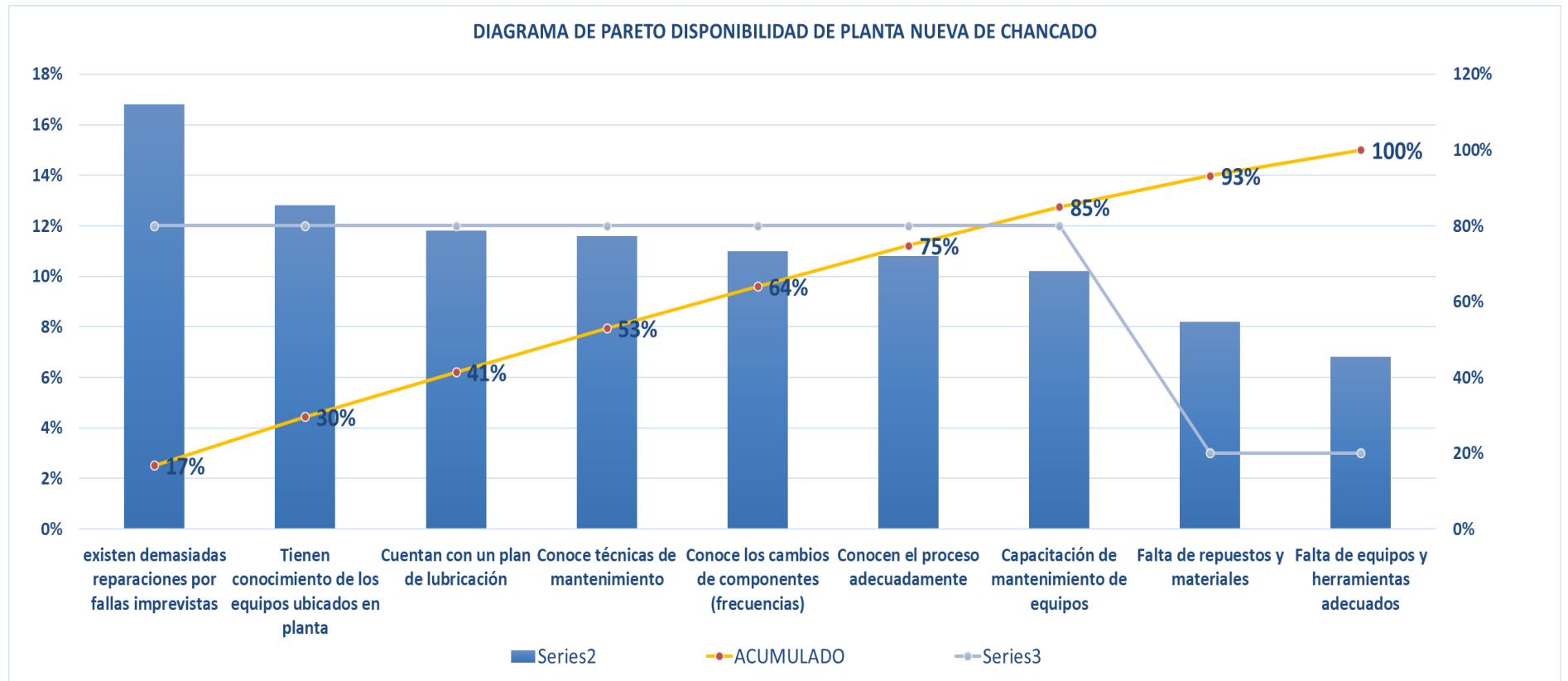
Tabla N° 7: Factores Inmediatos de baja disponibilidad – Planta de chancado nuevo

| BAJA DISPONIBILIDAD - PLANTA DE CHANCADO NUEVO | | | | |
|--|--|--------------|-------------|-----------|
| ID | FACTORES INMEDIATOS | SUMANTORIA | % | ACUMULADO |
| 07 | existen demasiadas reparaciones por fallas imprevistas | 12.00 | 17% | 17% |
| 01 | Tienen conocimiento de los equipos ubicados en planta | 9.14 | 13% | 30% |
| 04 | Cuentan con un plan de lubricación | 8.43 | 12% | 41% |
| 05 | Conoce técnicas de mantenimiento | 8.29 | 12% | 53% |
| 06 | Conoce los cambios de componentes (frecuencias) | 7.86 | 11% | 64% |
| 02 | Conocen el proceso adecuadamente | 7.71 | 11% | 75% |
| 03 | Capacitación de mantenimiento de equipos | 7.29 | 10% | 85% |
| 09 | Falta de repuestos y materiales | 5.86 | 8% | 93% |
| 08 | Falta de equipos y herramientas adecuados | 4.86 | 7% | 100% |
| TOTAL | | 71.43 | 100% | |

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados obtenidos, se aplica el análisis mediante la ley de Pareto 80-20, es decir se trabajará en base a los factores inmediatos de la baja disponibilidad de la planta nueva de chancado.

Figura N° 13: Diagrama Pareto de los factores inmediatos de la planta nueva de chancado



Fuente: Elaboración propia.

Al analizar los resultados del diagrama de Pareto según su impacto en el problema, muestra como resultado siete factores inmediatos que serán prioridades para lograr el objetivo de la propuesta de mejora:

- 01: existen demasiadas reparaciones por fallas imprevistas.
- 02: Tienen conocimiento de los equipos ubicados en planta.
- 03: Cuentan con un plan de lubricación.
- 04: Conoce técnicas de mantenimiento.
- 05: Conoce los cambios de componentes (frecuencias).
- 06: Conocen el proceso adecuadamente.
- 07: Capacitación de mantenimiento de equipos.

Tabla N° 8: Matriz de indicadores

| N° CAUSA RAIZ | FACTORES INMEADITOS | INDICADOR | FORMULA |
|---------------|--|----------------------|--|
| 07 | existen demasiadas reparaciones por fallas imprevistas | DISPONIBILIDAD | $D_{mec} = \left(\frac{TC - tPP_{mec} - tPNP_{mec}}{TC} \right) \cdot 100\%$ |
| 01 | Tienen conocimiento de los equipos ubicados en planta | | |
| 04 | Cuentan con un plan de lubricación | | |
| 05 | Conoce técnicas de mantenimiento | RATIO DE RENDIMIENTO | $\frac{(\text{hrs ult. Mantto} + \text{hrs prom. De mantto}) - (\text{hr actual})}{24 (\text{hrs día})}$ |
| 06 | Conoce los cambios de componentes (frecuencias) | | |
| 02 | Conocen el proceso adecuadamente | HRS DE CAPACITACION | $\frac{\text{hrs programadas}}{\text{hrs efectivas}}$ |
| 03 | Capacitación de mantenimiento de equipos | | |

Fuente: Elaboración propia.

Existen demasiadas reparaciones por fallas imprevistas, estas generan sobre costos al proceso, debido que se generan paradas imprevistas por fallas de equipos, las cuales impactan directamente a la producción por ser una planta en serie.

Tabla N° 09: Registro de fallas imprevistas – paradas no programadas

| FECHA | MES | H. INICIO | H. TERMINO | DIF. HRS | SECCION | DESC. EQUIPO | TIPO DE PARADA | CLASE DE PARADA | DESCRIPCION DE LA FALLA |
|--------|------------|------------|------------|----------|----------|-----------------------|----------------|-----------------|--|
| 01-ago | AGOSTO | 09:32 a.m. | 09:54 a.m. | 0.37 | CHANCADO | CHANCADO GENERAL | PNP | FALLA MECANICA | FALLA EN LA ZARANDA SIMPLE |
| 02-ago | AGOSTO | 04:10 a.m. | 04:20 a.m. | 0.17 | CHANCADO | CHANCADO GENERAL | PNP | FALLA MECANICA | EL MECANICO AJUSTO EL ESPARRAGO DE LA MANDIBULA MOVIL. |
| 09-ago | AGOSTO | 02:17 p.m. | 02:55 p.m. | 0.63 | CHANCADO | CHANCADO GENERAL | PNP | FALLA MECANICA | FUGA DE ACEITE EN CHANVADORA # 36 |
| 11-ago | AGOSTO | 01:40 a.m. | 02:40 a.m. | 1.00 | CHANCADO | CHANCADO GENERAL | PNP | FALLA MECANICA | Falla en Electroiman |
| 11-ago | AGOSTO | 02:40 a.m. | 03:40 a.m. | 1.00 | CHANCADO | CHANCADO GENERAL | PNP | FALLA MECANICA | Falla en Electroiman |
| 11-ago | AGOSTO | 03:40 a.m. | 04:40 a.m. | 1.00 | CHANCADO | CHANCADO GENERAL | PNP | FALLA MECANICA | Falla en Electroiman |
| 13-ago | AGOSTO | 12:49 p.m. | 02:20 p.m. | 1.52 | CHANCADO | ELECTROIMAN #03 | PNP | FALLA MECANICA | DESALINEAMIENTO DE FAJA |
| 14-ago | AGOSTO | 03:45 a.m. | 04:24 a.m. | 0.65 | CHANCADO | CHANCADORA 15X24 | PNP | FALLA MECANICA | SE SALIO GUARDA DE PROTECCION |
| 26-ago | AGOSTO | 02:40 a.m. | 03:25 a.m. | 0.75 | CHANCADO | FAJA TRANSPORTADORA I | PNP | FALLA MECANICA | |
| 04-sep | SEPTIEMBRE | 05:40 a.m. | 05:50 a.m. | 0.17 | CHANCADO | FAJA TRANSP A | PNP | FALLA MECANICA | DESALINEAMIENTO |
| 05-sep | SEPTIEMBRE | 02:16 a.m. | 02:53 a.m. | 0.62 | CHANCADO | ZARANDA DOBLE | PNP | FALLA MECANICA | CAMBIO DE JEBE DE IMPACTO |
| 10-sep | SEPTIEMBRE | 11:44 a.m. | 12:15 p.m. | 0.52 | CHANCADO | CHANCADORA 48FC | PNP | FALLA MECANICA | ENFRIAMIENTO DE ACEITE EN SISTEMA DE LUBRICACION |
| 12-sep | SEPTIEMBRE | 11:20 p.m. | 12:40 a.m. | 0.50 | CHANCADO | FAJA TRANSP B | PNP | FALLA MECANICA | ROTURA DE CADENA |
| 13-sep | SEPTIEMBRE | 01:52 p.m. | 02:25 p.m. | 0.50 | CHANCADO | CHANCADORA 48FC | PNP | FALLA MECANICA | ENFRIAMIENTO DE ACEITE EN SISTEMA DE LUBRICACION |
| 15-sep | SEPTIEMBRE | 05:45 p.m. | 06:22 p.m. | 0.62 | CHANCADO | CHANCADORA 48FC | PNP | FALLA MECANICA | ENFRIAMIENTO DE ACEITE EN SISTEMA DE LUBRICACION |
| 17-sep | SEPTIEMBRE | 09:15 p.m. | 09:50 p.m. | 0.58 | CHANCADO | ELECTROIMAN #03 | PNP | FALLA MECANICA | DESALINEAMIENTO |
| 20-sep | SEPTIEMBRE | 10:30 p.m. | 10:35 p.m. | 0.08 | CHANCADO | ELECTROIMAN #03 | PNP | FALLA MECANICA | DESALINEAMIENTO |
| 01-oct | OCTUBRE | 08:14 p.m. | 08:19 p.m. | 0.08 | CHANCADO | CINTA TRANSP. 3 | PNP | FALLA MECANICA | DESALINEAMIENTO |
| 12-oct | OCTUBRE | 12:04 p.m. | 01:14 p.m. | 1.17 | CHANCADO | CINTA TRANSP. 5 | PNP | FALLA MECANICA | SOLDEO DE CHUTE |
| 13-oct | OCTUBRE | 03:56 a.m. | 04:37 a.m. | 0.68 | CHANCADO | ZARANDA LF307 | PNP | FALLA MECANICA | PERNOS DE FEED BOX SUELTOS |
| 13-oct | OCTUBRE | 03:31 p.m. | 05:04 p.m. | 1.55 | CHANCADO | ZARANDA LF307 | PNP | FALLA MECANICA | RETIRO DE PLANCHAS SUELTAS |
| 19-oct | OCTUBRE | 03:00 p.m. | 06:00 p.m. | 3.00 | CHANCADO | CINTA TRANSP. 6 | PNP | FALLA MECANICA | |
| 24-oct | OCTUBRE | 12:00 p.m. | 10:15 p.m. | 10.25 | CHANCADO | CINTA TRANSP. 1 | PNP | FALLA MECANICA | COLOCACION DE GRAPAS EN CINTA 1 |
| 27-oct | OCTUBRE | 07:15 a.m. | 11:00 a.m. | 3.75 | CHANCADO | CINTA TRANSP. 4 | PNP | FALLA MECANICA | CAMBIO DE RASPADOR |
| 27-oct | OCTUBRE | 08:00 a.m. | 12:00 p.m. | 4.00 | CHANCADO | CHANCADORA CS430 | PNP | FALLA MECANICA | INSTALACION DE DEFLECTOR |
| 27-oct | OCTUBRE | 01:30 p.m. | 12:00 a.m. | 10.50 | CHANCADO | CINTA TRANSP. 1 | PNP | FALLA MECANICA | CAMBIO DE BANDA TRANSPORTADORA |
| 06-nov | NOVIEMBRE | 07:00 a.m. | 12:00 p.m. | 5.00 | CHANCADO | ZARANDA LF307 | PNP | FALLA MECANICA | DERRAME DE ACEITE POR EXCENTRICA |
| 06-nov | NOVIEMBRE | 12:00 p.m. | 09:00 p.m. | 9.00 | CHANCADO | ZARANDA LF307 | PNP | FALLA MECANICA | DERRAME DE ACEITE POR EXCENTRICA |
| 14-nov | NOVIEMBRE | 08:00 a.m. | 12:00 p.m. | 4.00 | CHANCADO | ZARANDA LF307 | PNP | FALLA MECANICA | CAMBIO DE BOCINA Y RETEN |
| 14-nov | NOVIEMBRE | 12:00 p.m. | 01:09 a.m. | 1.10 | CHANCADO | ZARANDA LF307 | PNP | FALLA MECANICA | CAMBIO DE BOCINA Y RETEN |
| 17-nov | NOVIEMBRE | 08:00 a.m. | 12:00 p.m. | 4.00 | CHANCADO | ZARANDA GRIZZLY | PNP | FALLA MECANICA | REPARACION DE CHUTE |
| 17-nov | NOVIEMBRE | 12:00 p.m. | 07:00 p.m. | 7.00 | CHANCADO | ZARANDA GRIZZLY | PNP | FALLA MECANICA | REPARACION DE CHUTE |
| 19-nov | NOVIEMBRE | 02:23 p.m. | 02:43 p.m. | 0.33 | CHANCADO | ZARANDA LF307 | PNP | FALLA MECANICA | PANELES AUTOLIMPIANTES ROTOS |

Fuente: Elaboración propia

RESULTADO 1.- Determinación de la jerarquización de equipos críticos

A continuación, se muestran los criterios de la evaluación de la consecuencia de falla que se realiza para elaborar la matriz de criticidad de la nueva planta de chancado.

Tabla N° 10: consecuencias - Calidad

| ASPECTO | DESCRIPCION | VALOR | DETALLE | CONSECUENCIA |
|---------|--|-------|--|--------------|
| CALIDAD | Fuera de especificación, producción a pérdida mas de dos días de paro | 10 | Falla catastrófica imprevista - Sin aviso - Alto impacto | E |
| | La producción debe ser reprocesada | 9 | | |
| | Fuera de especificación aleatoria. Planta inestable | 8 | Falla catastrófica - Contenida - Mediano /Alto impacto | D |
| | Se produce un 10% fuera de especificación. | 7 | | |
| | Existen períodos fuera de especificación 5% controlados. | 6 | Falla / rotura parcial- Mediano impacto | C |
| | Existen cortos periodo de fuera de especificación (menor a 1% de la producción). | 5 | | |
| | En él limite de la especificación con desviaciones esporádicas controladas | 4 | Falla rotura- Impacto leve a mediano | B |
| | En el limite de la especificación | 3 | | |
| | Dentro de la especificación. | 2 | Falla leve - Restringida a componente - Sin impacto. | A |
| | Supera calidad exigida | 1 | | |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 11: consecuencias - Seguridad

| ASPECTO | DESCRIPCION | VALOR | DETALLE | CONSECUENCIA |
|-----------|---|-------|--|--------------|
| SEGURIDAD | La falla del equipo produce muerte | 10 | Falla catastrófica imprevista - Sin aviso - Alto impacto | E |
| | La falla del equipo lesiones graves (pérdida capacidades) | 9 | | |
| | Accidente grave, con pérdidas de días. Pérdida leve de capacidad. Más de 45 días. | 8 | Falla catastrófica - Contenida - Mediano /Alto impacto | D |
| | Lesiones graves con pérdidas de días 30 a 45. No pierde capacidades. | 7 | | |
| | Lesiones medianas con pérdidas de días entre 7 a 30 días. | 6 | Falla / rotura parcial- Mediano impacto | C |
| | Lesiones leves a medianas con pérdida de días. | 5 | | |
| | Lecciones leves sin pérdidas días | 4 | Falla rotura- Impacto leve a mediano | B |
| | Se registran incidentes sin consecuencias | 3 | | |
| | Sin consecuencias | 2 | Falla leve - Restringida a componente - Sin impacto. | A |
| | Sin consecuencias | 1 | | |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 12: consecuencias – Medio Ambiente

| ASPECTO | DESCRIPCION | VALOR | DETALLE | CONSECUENCIA |
|----------------|---|-------|--|--------------|
| MEDIO AMBIENTE | No cumple con la legislación. Contaminación abarca todo el área de operación. Emisión al aire fuera de lo permitido. Muy alto costo de remediación (tres márgenes). | 10 | Falla catastrófica imprevista - Sin aviso - Alto impacto | E |
| | Más de la mitad del área de operación se ha contaminado. Emisión al aire fuera de lo permitido. Muy alto costo remediación (dos márgenes). | 9 | | |
| | Áreas contaminadas. Emisiones a la atmósfera sobrepasando límite en forma alternada. Alto costo remediación (un margen) | 8 | Falla catastrófica - Contenida - Mediano /Alto impacto | D |
| | Áreas contaminadas. Emisiones a la atmósfera sobrepasando límite en forma alternada. Alto costo remediación(un margen) | 7 | | |
| | Contaminación confinada. Mediano costo remediación (50% margen) | 6 | Falla / rotura parcial- Mediano impacto | C |
| | Contaminación confinada. Mediano costo remediación (25% margen) | 5 | | |
| | Pérdidas emisiones sin contaminación, confinadas. Costo medio neutralización (10 % m | 4 | Falla rotura- Impacto leve a mediano | B |
| | Pérdidas emisiones sin contaminación, confinadas. Costo bajo neutralización (5% marg | 3 | | |
| | Incidente sin impacto. | 2 | Falla leve - Restringida a componente - Sin impacto. | A |
| | No hay contaminación. Emisiones debajo de lo permitido. | 1 | | |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 13: consecuencias – Producción

| ASPECTO | DESCRIPCION | VALOR | DETALLE | CONSECUENCIA |
|------------|---|-------|--|--------------|
| PRODUCCION | Se pierde la producción. Equipo sin stand by. Más de dos días de paro. Grado de <u>protección bajo</u> . | 10 | Falla catastrófica imprevista - Sin aviso - Alto impacto | E |
| | Interrupción prolongada de la producción. Lucro cesante 1 a dos días paro de planta. <u>Grado de protección mediano</u> | 9 | | |
| | Paro de plata entre 12 y 24 horas. | 8 | Falla catastrófica - Contenida - Mediano /Alto impacto | D |
| | Paro de planta entre 4 y 12 horas. | 7 | | |
| | Paro de planta entre 1 a 4 horas. | 6 | Falla / rotura parcial- Mediano impacto | C |
| | Paro de planta entre 30 minutos a 1 hora. | 5 | | |
| | Para parcial de planta. Se baja carga de 80% a 60%. | 4 | Falla rotura- Impacto leve a mediano | B |
| | Para parcial de planta. Se baja carga a 80 %. | 3 | | |
| | No se para producción. Se utilizan reservas. | 2 | Falla leve - Restringida a componente - Sin impacto. | A |
| | No se detiene ningún proceso. | 1 | | |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 14: consecuencias – Costos

| ASPECTO | DESCRIPCION | VALOR | DETALLE | CONSECUENCIA |
|---------|--|-------|--|--------------|
| COSTOS | Los costos de la reparación superan el 50% del equipo. Alto lucro cesante / multas. | 10 | Falla catastrófica | E |
| | Los costos de la reparación superan el 25% del equipo. Alto lucro cesante (1 a 2 días) / multas. | 9 | Imprevista - Sin aviso - Alto impacto | |
| | El costo de reparación esta entre 25% y 10 % del costo del equipo. Lucro cesante 24 y 8 horas | 8 | Falla catastrófica - Contenida - Mediano /Alto impacto | D |
| | El costo de reparación esta entre 10 % del costo del equipo. Lucro cesante 12 y 4 horas | 7 | | |
| | El costo de reparación esta entre 10 % del costo del equipo. Lucro cesante 12 y 4 horas | 6 | Falla / rotura parcial- Mediano impacto | C |
| | El costo de reparación esta entre 5 % 10 del costo del equipo. Lucro cesante 30 minuto | 5 | | |
| | Costo reparación menor a 5% del equipo. | 4 | Falla rotura- Impacto leve a mediano | B |
| | Costo mínimo en horas hombre para ajustes o reparaciones | 3 | | |
| | Costo mínimo en horas hombre | 2 | Falla leve - Restringida a componente - Sin impacto. | A |
| | No hay costo asociado. | 1 | | |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 15: Resumen de valores de la consecuencia

| VALOR | CONSECUENCIA |
|-------|--------------|
| 1 | A |
| 2 | A |
| 3 | B |
| 4 | B |
| 5 | C |
| 6 | C |
| 7 | D |
| 8 | D |
| 9 | E |
| 10 | E |

Fuente: Elaboración propia.

En los cuadros adjuntos se muestra el detalle por consecuencia y en reunión con los supervisores de cada área se dan calificaciones para determinar la criticidad de los equipos, a continuación, se muestran los resultados obtenidos:

Tabla N° 16: Matriz de criticidad de equipos de la nueva Planta de Chancado

|  CRITICIDAD DE EQUIPOS - PLANTA NUEVA DE CHANCADO 2019 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------------------------|----------|---------------------------------------|----------|-----------------------------|-------------|-----------|--------------|----------------|----------------|------------------|------------|---------------------------|-------------------------|--------------------|------------|
| IT | DATOS GENERALES DE EQUIPO | | | | | | | CONSECUENCIA | | | | | OCURRENCIA | | POSICION EN MATRIZ | CRITICIDAD |
| | UBICACION | SECCION | DESCRIPCION DEL EQUIPO | MARCA | MODELO | ID EQUIPO | ESTADO | CALIDAD (Q) | SEGURIDAD (SE) | MEDIO AMBIENTE | PRODUCCION (PRO) | COSTO (CO) | CATEGORIA DE CONSECUENCIA | CATEGORIA DE OCURRENCIA | | |
| 1 | PLANTA BENEFICIO | CHANCADO | TOLVAS DE GRUESOS | | | 2012-002 | OPERATIVO | 5 | 7 | 2 | 6 | 4 | D | 4 | D4 | A - ALTA |
| 2 | PLANTA BENEFICIO | CHANCADO | APRON FEEDER | SANDVIK | HD100-1200/6 | 2021-003 | OPERATIVO | 2 | 9 | 2 | 7 | 5 | E | 4 | E4 | A - ALTA |
| 3 | PLANTA BENEFICIO | CHANCADO | TRANSPORTADOR DE BANDA - APRON FEEDER | SANDVIK | RA7012-OP2 | 2021-004 | OPERATIVO | 2 | 5 | 2 | 7 | 5 | D | 4 | D4 | A - ALTA |
| 4 | PLANTA BENEFICIO | CHANCADO | CINTA TRANSPORTADORA N° 01 | SANDVIK | HC100-800/17 | 2023-001 | OPERATIVO | 2 | 5 | 2 | 7 | 5 | D | 4 | D4 | A - ALTA |
| 5 | PLANTA BENEFICIO | CHANCADO | CINTA TRANSPORTADORA N° 02 | SANDVIK | HC100-800/22 | 2023-002 | OPERATIVO | 2 | 5 | 2 | 7 | 5 | D | 4 | D4 | A - ALTA |
| 6 | PLANTA BENEFICIO | CHANCADO | CINTA TRANSPORTADORA N° 03 | SANDVIK | HC100-800/22 | 2023-003 | OPERATIVO | 2 | 6 | 2 | 7 | 5 | D | 4 | D4 | A - ALTA |
| 7 | PLANTA BENEFICIO | CHANCADO | CINTA TRANSPORTADORA N° 04 | SANDVIK | ND800/22 | 2023-004 | OPERATIVO | 2 | 6 | 2 | 7 | 5 | D | 4 | D4 | A - ALTA |
| 8 | PLANTA BENEFICIO | CHANCADO | CINTA TRANSPORTADORA N° 05 | SANDVIK | HC100-800/36 | 2023-005 | OPERATIVO | 2 | 5 | 2 | 7 | 5 | D | 4 | D4 | A - ALTA |
| 9 | PLANTA BENEFICIO | CHANCADO | CINTA TRANSPORTADORA N° 06 | SANDVIK | HC100-800/6 | 2023-006 | OPERATIVO | 2 | 2 | 2 | 7 | 4 | D | 4 | D4 | A - ALTA |
| 10 | PLANTA BENEFICIO | CHANCADO | CINTA TRANSPORTADORA N° 07 | SANDVIK | HC100-800/52 | 2023-007 | OPERATIVO | 5 | 5 | 2 | 8 | 5 | D | 4 | D4 | A - ALTA |
| 11 | PLANTA BENEFICIO | CHANCADO | CINTA TRANSPORTADORA N° 08 | SANDVIK | HC100-800/12 | 2023-008 | OPERATIVO | 5 | 6 | 2 | 7 | 5 | D | 4 | D4 | A - ALTA |
| 12 | PLANTA BENEFICIO | CHANCADO | CINTA TRANSPORTADORA N° 09 | SANDVIK | HC100-800/21 | 2023-009 | OPERATIVO | 2 | 7 | 2 | 2 | 5 | D | 4 | D4 | A - ALTA |
| 13 | PLANTA BENEFICIO | CHANCADO | CINTA TRANSPORTADORA N° 10 | SANDVIK | HC100-800/21 | 2023-010 | OPERATIVO | 5 | 5 | 2 | 8 | 4 | D | 4 | D4 | A - ALTA |
| 14 | PLANTA BENEFICIO | CHANCADO | ZARANDA GRIZZLY SG1231 | SANDVIK | SG1231 | 2024-006 | OPERATIVO | 5 | 8 | 3 | 7 | 5 | D | 4 | D4 | A - ALTA |
| 15 | PLANTA BENEFICIO | CHANCADO | ZARANDA LF3070D | SANDVIK | LF3070D | 2024-007 | OPERATIVO | 5 | 7 | 2 | 8 | 5 | D | 4 | D4 | A - ALTA |
| 16 | PLANTA BENEFICIO | CHANCADO | CHANCADORA SANDVIK CS430 | SANDVIK | CS430 05-C / B -20/25/30/16 | 2026-003 | OPERATIVO | 5 | 8 | 2 | 7 | 4 | D | 4 | D4 | A - ALTA |
| 17 | PLANTA BENEFICIO | CHANCADO | BEEL FEDER #01 - ALIMENTADOR DE BANDA | SANDVIK | HF100-650/3.3 | 2021-005 | OPERATIVO | 2 | 5 | 2 | 4 | 4 | C | 4 | C4 | B - MEDIA |
| 18 | PLANTA BENEFICIO | CHANCADO | BEEL FEDER #02 - ALIMENTADOR DE BANDA | SANDVIK | HF100-650/3.3 | 2021-006 | OPERATIVO | 2 | 5 | 2 | 4 | 4 | C | 4 | C4 | B - MEDIA |
| 19 | PLANTA BENEFICIO | CHANCADO | CHANCADORA SANDVIK CH440 | SANDVIK | CH440 03-F/B/MF -40/44/32/3 | 2026-004 | OPERATIVO | 5 | 3 | 3 | 4 | 4 | C | 3 | C3 | B - MEDIA |
| 20 | PLANTA BENEFICIO | CHANCADO | CHANCADORA TELSMITH SB44 | TELSMITH | | 2026-005 | OPERATIVO | 5 | 3 | 3 | 4 | 4 | C | 4 | C4 | B - MEDIA |
| 21 | PLANTA BENEFICIO | CHANCADO | SISTEMA HIDRAULICO CHANCADORA SB44 | TELSMITH | | 2026-005-SH | OPERATIVO | 5 | 3 | 3 | 4 | 5 | C | 4 | C4 | B - MEDIA |
| 22 | PLANTA BENEFICIO | CHANCADO | ELECTROIMAN ESTATICO ERIEZ #06 | ERIEZ | SE-7530 | 2027-006 | OPERATIVO | 2 | 5 | 2 | 1 | 4 | C | 1 | C1 | C - BAJA |

Fuente: Elaboración propia

RESULTADO 2.- ELABORAR PLANES Y PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DETERMINANDO LA FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO Y LOS INDICADORES QUE MEJOREN LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO (MTTR, MTBF, DISPONIBILIDAD).

De la encuesta realizada al personal involucrado al mantenimiento se obtuvieron los resultados ya mostrados en la figura N°06 en el diagrama de Pareto de los factores inmediatos, el análisis realizado a la tabla N°09 del registro de fallas imprevistas – paradas no programadas y al resultado obtenido de la matriz de criticidad de equipos de la nueva planta de chancado mostrados en la tabla N°16, en base a toda esta información analizada se elaboraron los planes de mantenimiento y controles a los equipos de acuerdo a la matriz de criticidad.

- **CINTAS TRANSPORTADORAS**

En las cintas transportadoras se determinaron 02 planes de mantenimiento (TIPO A y TIPO B), esto es debido a sus componentes desgastables como es el tema de los raspadores de limpieza, se determinó una frecuencia para realizar el giro de los raspadores y el cambio del mismo, se muestra el plan con las respectivas actividades que se realizaran.

Tabla N°17: Mantenimiento tipo A

| ITEM | CODIGO PLAN | DESCRIPCION PLAN | ACTIVIDADES | CODIGO DE EQUIPO | EQUIPOS ASIGNADOS | FRECUENCIA (dias / hrs) |
|------|---------------|--|---|------------------|----------------------------|-------------------------|
| 01.- | 1M-CNT-TRANSP | MANTENIMIENTO TIPO A DE CINTA TRANSPORTADORA | GIRO DE RASPADORES DE LIMPIEZA DE POLEA CABEZA | 2023-001 | CINTA TRANSPORTADORA N° 01 | 60 |
| | | | REAJUSTE DE RASPADOR SECUNDARIO | 2023-002 | CINTA TRANSPORTADORA N° 02 | 60 |
| | | | VERIFICAR ESTADO DE CHUMACERAS Y AJUSTE DE PERNOS | 2023-003 | CINTA TRANSPORTADORA N° 03 | 120 |
| | | | VERIFICAR DESGASTE, LIMPIEZA DE LOS LIMPIADORES DE LA CINTA / DEL TAMBOR | 2023-004 | CINTA TRANSPORTADORA N° 04 | 20 |
| | | | INSPECCION DE BANDA TRANSPORTADORA, EMPALME Y ALINEAMIENTO | 2023-005 | CINTA TRANSPORTADORA N° 05 | 20 |
| | | | PROBAR CABLE DE SEGURIDAD (PULL CORD) | 2023-006 | CINTA TRANSPORTADORA N° 06 | 60 |
| | | | INSPECCION Y REAJUSTE DE PERNOS DE COBERTORES | 2023-007 | CINTA TRANSPORTADORA N° 07 | 60 |
| | | | VERIFICAR EL RECLUBRIMIENTO DE CAUCHO, DAÑO DEL TAMBOR DE TRANSMISIÓN DE CA | 2023-008 | CINTA TRANSPORTADORA N° 08 | 60 |
| | | | INSPECCION DE NIVEL DE ACEITE (MOTORREDUCTOR) | 2023-009 | CINTA TRANSPORTADORA N° 09 | 60 |
| | | | VERIFICAR ESTADO DE PLANCHAS CHUTE DE DESCARGA | 2023-010 | CINTA TRANSPORTADORA N° 10 | 60 |
| | | | VERIFICAR ESTADO DE GUARDILLAS Y PORTAGUARDILLAS ORDEN Y LIMPIEZA | | | 60 |

Fuente: elaboración propia

"PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS EN LA PLANTA DE CHANCADO DE UNA UNIDAD MINERA EN LA LIBERTAD, 2019".

Tabla N°18: Mantenimiento tipo B

| ITEM | CODIGO PLAN | DESCRIPCION PLAN | ACTIVIDADES | CODIGO DE EQUIPO | EQUIPOS ASIGNADOS | FRECUENCIA (días / hrs) |
|------|---------------|--|--|------------------|----------------------------|-------------------------|
| 02.- | 1M-CNT-TRANSP | MANTENIMIENTO TIPO B DE CINTA TRANSPORTADORA | CAMBIO DE RASPADORES DE LIMPIEZA DE POLEA CABEZA | 2023-001 | CINTA TRANSPORTADORA N° 01 | 120 |
| | | | REAJUSTE DE RASPADOR SECUNDARIO | 2023-002 | CINTA TRANSPORTADORA N° 02 | 12 |
| | | | VERIFICAR ESTADO DE CHUMACERAS Y AJUSTE DE PERNOS | 2023-003 | CINTA TRANSPORTADORA N° 03 | 240 |
| | | | VERIFICAR DESGASTE, LIMPIEZA DE LOS LIMPIADORES DE LA CINTA DEL TAMBOR | 2023-004 | CINTA TRANSPORTADORA N° 04 | 40 |
| | | | INSPECCION DE BANDA TRANSPORTADORA, EMPALME Y ALINEAMIENTO | 2023-005 | CINTA TRANSPORTADORA N° 05 | 40 |
| | | | PROBAR CABLE DE SEGURIDAD (PULL CORD) | 2023-006 | CINTA TRANSPORTADORA N° 06 | 120 |
| | | | INSPECCION Y REAJUSTE DE PERNOS DE COBERTORES | 2023-007 | CINTA TRANSPORTADORA N° 07 | 120 |
| | | | VERIFICAR EL RECUBRIMIENTO DE CAUCHO, DAÑO DEL TAMBOR DE TRANSMISIÓN DE CA | 2023-008 | CINTA TRANSPORTADORA N° 08 | 120 |
| | | | INSPECCION DE NIVEL DE ACEITE (MOTORREDUCTOR) | 2023-009 | CINTA TRANSPORTADORA N° 09 | 120 |
| | | | VERIFICAR ESTADO DE PLANCHAS CHUTE DE DESCARGA | 2023-010 | CINTA TRANSPORTADORA N° 10 | 120 |
| | | | VERIFICAR ESTADO DE GUARDILLAS Y PORTAGUARDILLAS | | | 120 |
| | | ORDEN Y LIMPIEZA | | | | |

Fuente: elaboración propia

• **CHANCADORAS**

Se muestra el plan de mantenimiento preventivo con las respectivas actividades a realizar.


Tabla N°19: Mantenimiento preventivo semanal de chancadora

| ITEM | CODIGO PLAN | DESCRIPCION PLAN | ACTIVIDADES | CODIGO DE EQUIPO | EQUIPOS ASIGNADOS | FRECUENCIA (días / hrs) |
|------|----------------|---|--|------------------|------------------------|-------------------------|
| 03.- | 1S-CHANC-05430 | MANTENIMIENTO SEMANAL CHANCADORA CONICA CS430 | VERIFICAR NIVEL DE ACEITE DEL DEPOSITO DE LUBRICACIÓN PRINCIPAL (VERIFICAR MARCA REFERENCIAL Y % DE CAUDAL) VERIFICAR EL NIVEL DE ACEITE DEL DEPOSITO DE HYDROSET. (VERIFICAR MARCA REFERENCIAL) VERIFICAR LA PRESION DEL HYDROSET (MANOMETRO DE TANQUE) INSPECCION ESTADO DE FILTROS DEL TANQUE. (MANOMETRO DE TANQUE : VALOR DE PRESION _____ TEMPERATURA _____) VERIFICAR QUE EL ACEITE LUBRICANTE VUELVA AL DEPOSITO Y QUE LAS MALLAS ESTEN DENTRO DE LO NORMAL VERIFICAR QUE LAS VALVULAS DE CIERRE ENTRE LOS DEPOSITOS Y LAS BOMBAS ESTEN TOTALMENTE ABIERTAS INSPECCIONAR FUNCIONAMIENTO DE LOS SOPLADORES DEL TANQUE INSPECCIONAR ESTADO DE FILTROS DE SOPLADOR CHANCADORA INSPECCIONAR FUNCIONAMIENTO DE LOS SOPLADORES DE LA CHANCADORA VERIFICAR QUE NO HAYA FUGAS EN LOS CONDUCTORES DE ACEITE DEL TANQUE (CAÑERIAS, MANGUERAS) INSPECCIONAR FUGA DE GRASA DE RETEN DE BUJE ARAÑA VERIFICAR QUE EL CIRCUITO DE LUBRICACION DEL EJE MOTRIZ FUNCIONA CORRECTAMENTE VERIFICAR QUE LOS PERNOS NO SE HA AFLOJADO EN EL TOP SHEL. (MEDIR HOLGURA _____) VERIFICAR QUE NO HAYA ACUMULACION DE MATERIAL EN LOS BRAZOS DE LA SECCION INFERIOR DEL BASTIDOR INFERIOR VERIFICAR QUE NO HAYA MATERIAL DE ATASCO EN LA TOLVA DE ALIMENTACION O EN EL SEPARADOR Y QUE NO BLOQUEA LA APERTURA DE ALIMENTACION VERIFICAR EL ESTADO DE LOS JEBES RASPADORES (4) INSPECCION DE PROTECTORES DE BRAZOS DE TOP SHEL VERIFICAR QUE NO HAYA FUGAS DE ACEITE MANGUERAS HYDROSET DE CHUTE DE DESCARGA VERIFICACION ABERTURA DE DESCARGA (CON PEDAZO DE PLOMO) VERIFICACION DE DESGASTE Y TENSION DE CORREAS DE TRANSMISION VERIFICACION DE ESTADO DE FILTRO DEL RESPIRADOR LIMPIEZA DEL CONDUCTO DEL RESPIRADERO DE LA PARTE SUPERIOR DEL BASTIDOR | 2026-003 | CHANCADORA SANDVIK CS4 | 7 |

Fuente: elaboración propia

De los planes de mantenimiento implementados a la nueva planta de chancado se realizó la evaluación al mes de Octubre 2019 mostrando los siguientes resultados:

Tabla N°20: Cumplimiento de mantenimiento preventivo – enero a Octubre 2019

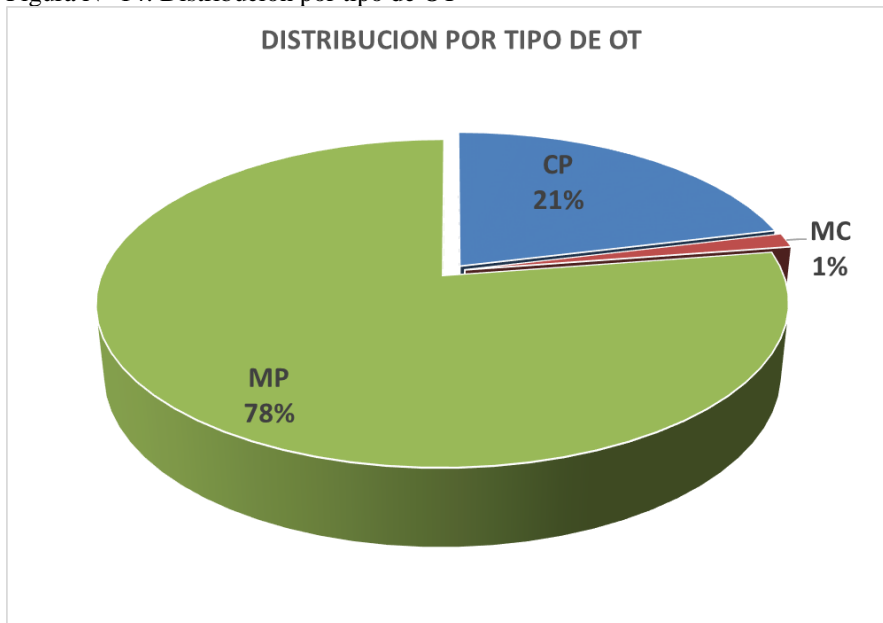
|  | Cumplimiento de Mantenimiento M. Preventivo - 2019 | | | | | | | | | | |
|---|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------------|
| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Prom. |
| OTs Solicitadas | 72 | 80 | 64 | 76 | 78 | 73 | 93 | 71 | 81 | 90 | 78 |
| OTs Cerradas | 72 | 80 | 64 | 76 | 78 | 73 | 93 | 71 | 81 | 90 | 78 |
| Abiertas | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Cumplim. % (2019) | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100% |

Fuente: elaboración propia

Se muestra el cumplimiento obtenido de la implementación de los planes de mantenimiento preventivo correspondiente a Enero - Octubre, en promedio se han generado 78 órdenes de trabajo, teniendo un cumplimiento del 100%.

A continuación se muestra la distribución por tipos de órdenes de trabajo, donde se puede evidenciar que los eventos ocurridos en el proceso de la planta nueva de chancado están siendo controlados mediante los mantenimiento preventivos, correctivos programados y control de cambios de componentes, rutas de lubricación, inspecciones, monitores de condición.

Figura N° 14: Distribución por tipo de OT



Fuente: elaboración propia

En el presente gráfico se muestra que durante el periodo Enero - Octubre - 2019 se tiene un 78% de mantenimiento preventivo, 21% de correctivos programados los cuales no afectan a la disponibilidad del proceso ya que son actividades programadas y con el 1% en mantenimientos correctivos la cual si afecta la operatividad del proceso y se verá reflejado en la disponibilidad.

IMPLEMENTACION DE FRECUENCIAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

• **CINTAS TRANSPORTADORAS**

A continuación, se muestran los controles y los eventos ocurridos para llegar a determinar la frecuencia por cinta transportadora.

Tabla N°21: Control de frecuencia de cambio de raspadores

| CINTAS TRANSPORTADORAS - CHANCADO NUEVO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------|----------------|------------|--------|--------|----------------------------------|------------|--------|----------|----------------|------------|----------|--------|----------------|------------|--------|--------|----------------|------------|--------|----------|----------------|------------|--|
| CINTA TRANSPORTADORA N°01 | | | | | | CINTA TRANSPORTADORA N°02 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MANTTO A | | | DIAS 20 | | | MANTTO B | | | DIAS 40 | | | MANTTO A | | | DIAS 21 | | | MANTTO B | | | DIAS 41 | | | |
| DESDE | HASTA | DIAS RESTANTES | PROYECCION | DESDE | HASTA | DIAS RESTANTES | PROYECCION | DESDE | HASTA | DIAS RESTANTES | PROYECCION | DESDE | HASTA | DIAS RESTANTES | PROYECCION | DESDE | HASTA | DIAS RESTANTES | PROYECCION | DESDE | HASTA | DIAS RESTANTES | PROYECCION | |
| | 24-Oct | | | | 24-Oct | | | | 02-Oct | 03-Nov | | | 02-Nov | 03-Nov | | | 08-Nov | 03-Nov | | | 08-Nov | 18-Dic | | |
| 24-Oct | 28-Nov | -15 | 13-Nov | 08-Nov | 18-Dic | 0 | 18-Dic | 03-Nov | 28-Nov | -4 | 24-Nov | 08-Nov | 18-Dic | 1 | 19-Dic | 18-Dic | 05-Feb | -8 | 28-Ene | | | | | |
| 18-Dic | 05-Feb | -29 | 07-Ene | 18-Dic | 28-Ene | -1 | 27-Ene | 18-Dic | 07-Ene | 1 | 08-Ene | 18-Dic | 05-Feb | -8 | 28-Ene | | | | | | | | | |
| 28-Ene | 05-Feb | 12 | 17-Feb | 28-Ene | 05-Feb | 32 | 09-Mar | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CINTA TRANSPORTADORA N°03 | | | | | | CINTA TRANSPORTADORA N°04 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MANTTO A | | | DIAS 120 | | | MANTTO B | | | DIAS 240 | | | MANTTO A | | | DIAS 22 | | | MANTTO B | | | DIAS 42 | | | |
| DESDE | HASTA | DIAS RESTANTES | PROYECCION | DESDE | HASTA | DIAS RESTANTES | PROYECCION | DESDE | HASTA | DIAS RESTANTES | PROYECCION | DESDE | HASTA | DIAS RESTANTES | PROYECCION | DESDE | HASTA | DIAS RESTANTES | PROYECCION | DESDE | HASTA | DIAS RESTANTES | PROYECCION | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16-Ago | 15-Dic | -1 | 14-Dic | 16-Ago | 05-Feb | 67 | 13-Abr | 18-Oct | 10-Nov | -1 | 09-Nov | 18-Oct | 10-Nov | 19 | 29-Nov | 08-Nov | 18-Dic | 2 | 20-Dic | 18-Dic | 05-Feb | -7 | 29-Ene | |
| 13-Abr | 05-Feb | 187 | 11-Ago | | | | | 10-Nov | 28-Nov | 4 | 02-Dic | 08-Nov | 18-Dic | 2 | 20-Dic | 18-Dic | 05-Feb | -7 | 29-Ene | | | | | |
| | | | | | | | | 29-Ene | 05-Feb | 15 | 20-Feb | | | | | | | | | | | | | |
| CINTA TRANSPORTADORA N°05 | | | | | | CINTA TRANSPORTADORA N°06 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MANTTO A | | | DIAS 20 | | | MANTTO B | | | DIAS 40 | | | MANTTO A | | | DIAS 60 | | | MANTTO B | | | DIAS 120 | | | |
| DESDE | HASTA | DIAS RESTANTES | PROYECCION | DESDE | HASTA | DIAS RESTANTES | PROYECCION | DESDE | HASTA | DIAS RESTANTES | PROYECCION | DESDE | HASTA | DIAS RESTANTES | PROYECCION | DESDE | HASTA | DIAS RESTANTES | PROYECCION | DESDE | HASTA | DIAS RESTANTES | PROYECCION | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 09-Oct | 05-Nov | -7 | 29-Oct | 10-Oct | 19-Nov | 0 | 19-Nov | 08-Set | 08-Nov | -1 | 07-Nov | 08-Set | 09-Nov | 58 | 06-Ene | 09-Nov | 05-Feb | 32 | 09-Mar | | | | | |
| 19-Nov | 09-Dic | 0 | 09-Dic | 10-Oct | 19-Nov | 0 | 19-Nov | 08-Nov | 07-Ene | 0 | 07-Ene | 09-Nov | 05-Feb | 32 | 09-Mar | | | | | | | | | |
| 29-Dic | 05-Feb | -18 | 18-Ene | 19-Nov | 30-Dic | -1 | 29-Dic | 09-Mar | 05-Feb | 92 | 08-May | | | | | | | | | | | | | |
| 18-Ene | 05-Feb | 2 | 07-Feb | 30-Dic | 05-Feb | 3 | 08-Feb | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 30-Dic | 18-Ene | 40 | 27-Feb | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: elaboración propia

● **CHANCADORAS**

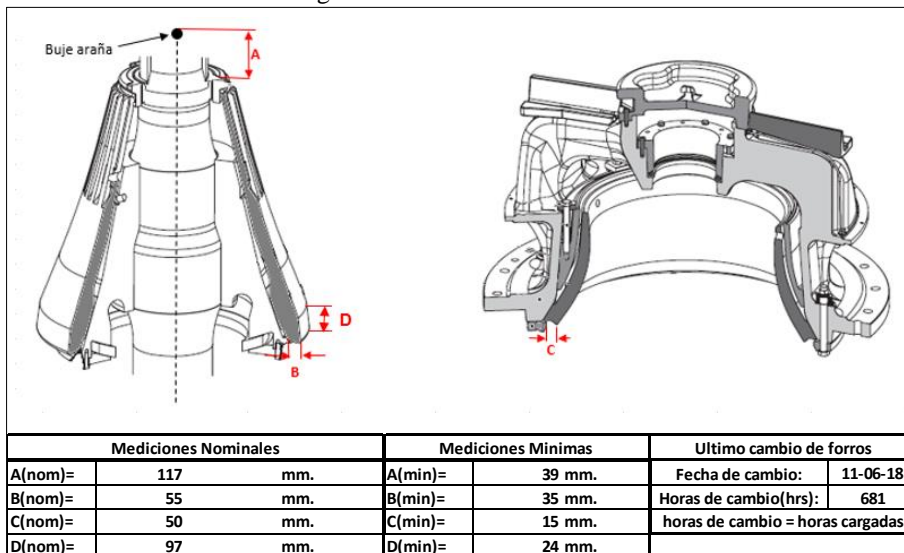
Para determinar la frecuencia en las chancadoras se realizó un piloto con unas horas de intervención de 635 horas, con la implementación del formato para medir el desgaste de forros, la frecuencia se prolongó y se estandarizo para realizar el mantenimiento cada 700 horas.

Tabla N° 22: Seguimiento en horas rendimiento de forros

| EQUIPO: | | SEGUIMIENTO DE CONTROL DE MANTLES Y CONCAVOS CS 430 | | | | | | | | | | | | |
|------------|---------------------------------------|---|--------|----------------------|--------------------------|--------------------------|---------|-------------------------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---|------|
| COMPONENTE | CAMBIO | INGRESO DE DATOS | | # DIAS ENTRE CAMBIOS | HORAS PROM X DIA TRABAJO | TIEMPO DE OPERACIÓN HRS. | | HORAS DEL ULTIMO CAMBIO | INICIO DIMENSIÓN N "A" mm | DIMENSIÓN "A" DE CAMBIO mm. | HORAS DE PROYECCIÓN DE CAMBIO | HORAS DE FALTANTES PROX CAMBIO | PROYECCIÓN PROXIMO CAMBIO HORAS CON CARGA | Obs. |
| | | FECHA | CAMBIO | | | TOTAL | CARGADO | | | | | | | |
| | 2 | 06/03/2018 17:20 | 7.1 | 1.0 | 1975 | 1248 | 612 | 96.5 | | 635 | 23 | 29/03/2018 | DT : 203409 / Obs: Se cambio debido a la rotura de pernos y de soporte de anillo cóncavo. | |
| | | dato 12/03/2018 19:22 | 6.1 | 9.4 | 2056 | 1305 | 57 | 96 | | 635 | 578 | 13/05/2018 | dato | |
| | | dato 15/03/2018 15:01 | 2.8 | 7.5 | 2087 | 1326 | 78 | 98 | | 635 | 557 | 29/05/2018 | dato | |
| | | dato 16/03/2018 19:47 | 1.2 | 10.0 | 2106 | 1338 | 90 | 93 | | 635 | 545 | 10/05/2018 | dato | |
| | | dato 18/03/2018 15:04 | 1.8 | 9.4 | 2133 | 1355 | 107 | 100 | | 635 | 528 | 13/05/2018 | dato | |
| | | dato 22/03/2018 16:51 | 4.1 | 5.6 | 2174 | 1378 | 131 | 91 | | 635 | 504 | 19/06/2018 | dato | |
| | | dato 05/04/2018 11:49 | 13.8 | 5.1 | 2267 | 1448 | 200 | 83 | | 635 | 435 | 30/06/2018 | dato | |
| | | dato 16/04/2018 15:43 | 11.2 | 7.5 | 2379 | 1532 | 284 | 73 | | 635 | 351 | 02/06/2018 | dato | |
| | | dato 24/04/2018 17:19 | 8.1 | 7.6 | 2457 | 1593 | 346 | 76 | | 635 | 289 | 01/06/2018 | dato | |
| | | dato 17/05/2018 10:30 | 22.7 | 8.7 | 2701 | 1790 | 542 | 54 | | 635 | 93 | 28/05/2018 | dato | |
| | | dato 22/05/2018 10:29 | 5.0 | 8.2 | 2769 | 1851 | 583 | 43 | | 635 | 52 | 28/05/2018 | dato | |
| | | dato 30/05/2018 17:12 | 8.3 | 3.6 | 2822 | 1861 | 613 | 43 | | 635 | 22 | 05/06/2018 | dato | |
| | | dato 04/06/2018 17:21 | 5.0 | 4.0 | 2888 | 1891 | 639 | 46 | | 635 | 2 | 05/06/2018 | dato | |
| | | dato 05/06/2018 16:55 | 1.0 | 10.2 | 2878 | 1891 | 643 | 48 | | 700 | 57 | 11/06/2018 | dato | |
| | 3 | 11/06/2018 11:16 | 5.8 | 6.6 | 2942 | 1929 | 681 | | | 700 | 19 | 14/06/2018 | DT : 212413 / Obs: Mantenimiento correctivo | |
| | | dato 20/06/2018 16:21 | 9.2 | 10.0 | 3057.0 | 2021 | 92 | 111 | | 700 | 608 | 20/08/2018 | dato | |
| | | dato 02/07/2018 15:49 | 12.0 | 8.5 | 3187.0 | 2123 | 194 | 94 | | 700 | 506 | 31/08/2018 | dato | |
| | | dato 08/07/2018 11:08 | 5.8 | 8.6 | 3255.0 | 2173 | 244 | 87 | | 700 | 456 | 30/08/2018 | dato | |
| | | dato 12/07/2018 16:19 | 4.2 | 8.1 | 3299 | 2207 | 278 | 82 | | 700 | 422 | 03/09/2018 | dato | |
| | | dato 16/07/2018 20:30 | 4.2 | 9.1 | 3348 | 2245 | 317 | 77 | | 700 | 383 | 27/08/2018 | dato | |
| | | dato 23/07/2018 17:41 | 6.9 | 9.4 | 3428 | 2310 | 381 | 85 | | 700 | 319 | 26/08/2018 | dato | |
| | | dato 01/08/2018 18:09 | 10.0 | 8.0 | 3529 | 2390 | 461 | 90 | | 700 | 239 | 01/09/2018 | dato | |
| | | dato 15/08/2018 09:15 | 12.6 | 7.7 | 3650 | 2487 | 559 | 138 | | 700 | 141 | 02/09/2018 | dato | |
| | | dato 21/08/2018 16:12 | 6.3 | 8.7 | 3721 | 2542 | 613 | 72 | | 700 | 87 | 31/08/2018 | dato | |
| | | dato 22/08/2018 16:35 | 1.0 | 8.9 | 3732 | 2551 | 622 | 62 | | 700 | 78 | 31/08/2018 | dato | |
| | MANTLE B N/P 442.8471-01 (4343485016) | dato 28/08/2018 14:56 | 5.9 | 8.4 | 3794 | 2601 | 672 | 58 | | 700 | 28 | 31/08/2018 | dato | |
| | PROM HRS | dato 02/09/2018 08:46 | 4.7 | 5.9 | 3835 | 2629 | 700 | 49 | | 700 | 0 | 02/09/2018 | dato | |
| | TRABAJADAS (8.5) | dato 08/09/2018 16:01 | 6.3 | 0.8 | 3839 | 2634 | 701 | 42 | | 700 | -1 | 07/09/2018 | dato | |
| | | dato 11/09/2018 00:20 | 2.3 | 8.9 | 3875 | 2655 | 726 | 43 | | 700 | -26 | 08/09/2018 | dato | |
| | | dato 21/09/2018 15:37 | 10.6 | 8.6 | 3991 | 2747 | 819 | 44 | | 700 | -119 | 07/09/2018 | dato | |

Fuente: elaboración propia

Tabla N°23: Medición de desgaste de forros



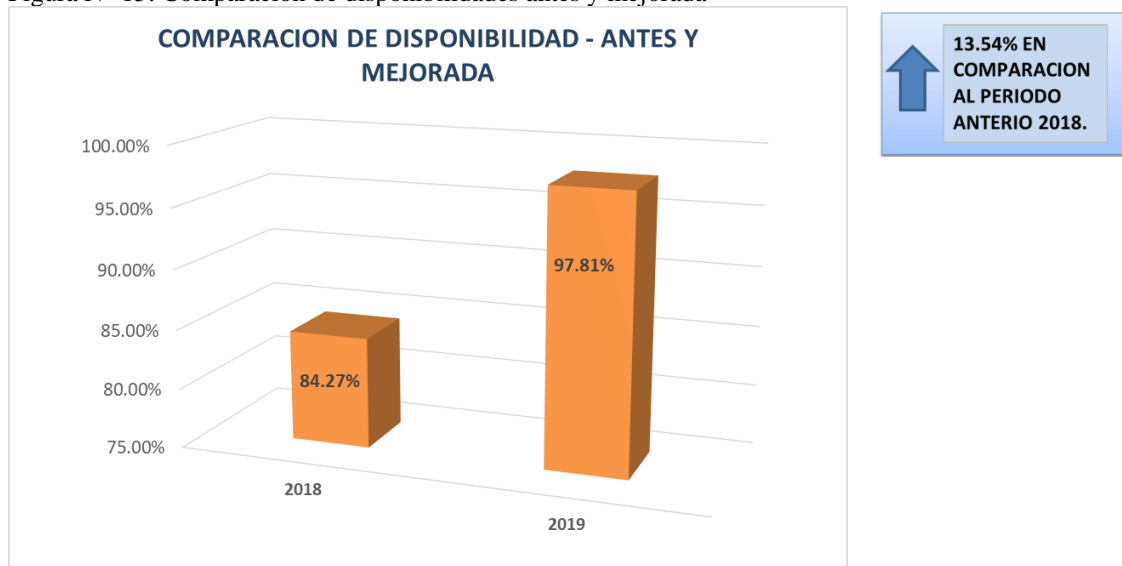
Fuente: elaboración propia

RESULTADO 3.- COMPARACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD ANTES Y DESPUÉS DE LA PROPUESTA

INDICADORES DE MANTENIMIENTO

Se realizó el cálculo de la disponibilidad en base a la implementación de los planes de mantenimiento de la nueva planta de chancado en comparación al periodo anterior obteniendo un resultado favorable, la cual se muestra a continuación:

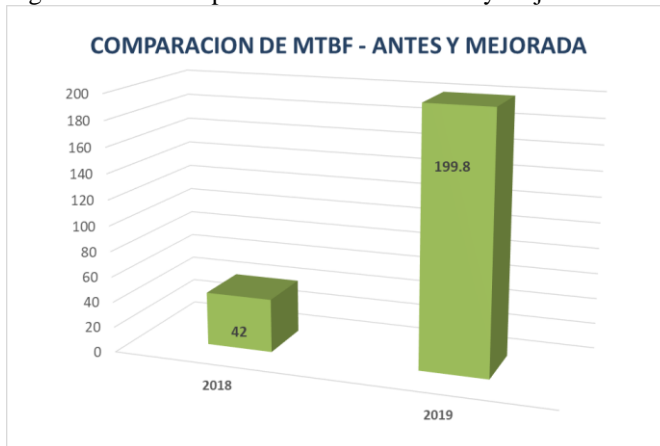
Figura N° 15: Comparación de disponibilidades antes y mejorada



Fuente: elaboración propia

En el gráfico mostrado se puede evidenciar que la disponibilidad promedio en el periodo 2018 fue de 84.27%, con la implementación de los nuevos planes de mantenimiento y sus respectivos controles, en promedio de Enero - Octubre 2019 se llegó a cumplir un 97.81% con un aumento del 13.54% en comparación al periodo anterior y cumpliendo con la meta establecida por el cliente que es del 96%.

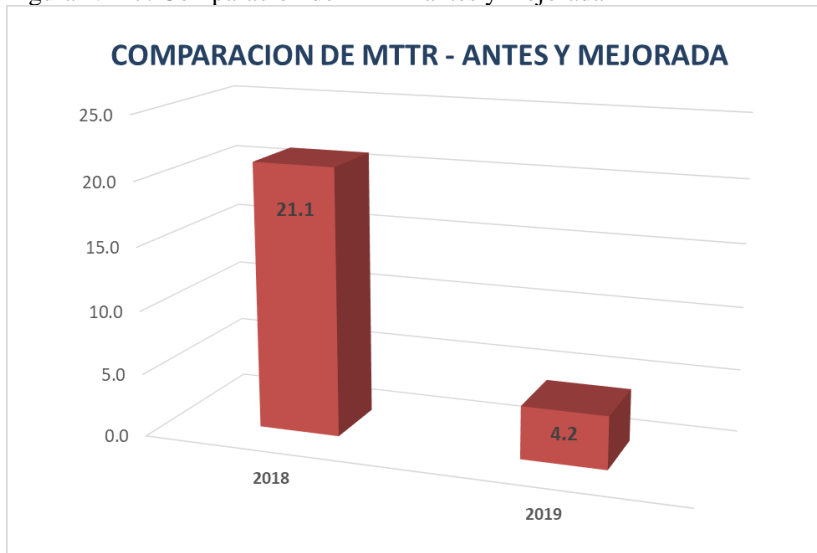
Figura N° 16: Comparación de MTBF antes y mejorada



Fuente: elaboración propia

En el gráfico mostrado se concluye que en el periodo 2018 ocurría una falla cada 42 horas, con la implementación de los planes de mantenimiento en la nueva planta de chancado se logró minimizar las fallas ocurriendo una intervención cada 199.8 horas en el presente periodo Enero - Octubre 2019.

Figura N° 17: Comparación de MTTR antes y mejorada



Fuente: elaboración propia

En el gráfico mostrado se concluye que en el periodo 2018 se tuvo un tiempo promedio de reparación de 21.1 horas, con la implementación de los planes de mantenimiento y

el seguimiento respectivo esto ha disminuido a 4.16 en el periodo Enero – Octubre 2019.

RESULTADO 4.- DETERMINAR EL BENEFICIO ECONÓMICO DE LA PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MEJORAR DISPONIBILIDAD.

EVALUACIÓN ECONÓMICA FINANCIERA

En la evaluación económica-financiera se determinó los ingresos, egresos.

Luego se realizó el flujo de caja con la finalidad determinar si la propuesta de mejora es viable.

INGRESOS

Los ingresos corresponden a las ganancias que obtendrá la empresa luego de aumentar de 84.27 % a 96% la disponibilidad de la nueva planta de chancado de la unidad minera.

La propuesta es llegar a una disponibilidad de 96.0% y se sabe que en el 2018 el tiempo promedio de reparación fue 21.1 horas con una disponibilidad del 84.27%, con la implementación de planes de mantenimiento aplicado al periodo Enero – Octubre 2019, se llegó a obtener una disponibilidad promedio de 97.81% con un tiempo promedio de reparación de 4.16 horas, se determinó los ingresos comparando las ganancias de ventas pérdidas de la situación actual y propuesta donde se ha considerado una ganancia aproximada del 25% de las ventas pérdidas. En la situación actual se tiene \$674,939.18 de ventas pérdidas del 2018. En la situación propuesta se calculará que hay \$132,907.16 de ventas pérdidas en el periodo Enero – Octubre 2019. En la tabla 24 se muestra los ingresos que genera aplicar la propuesta de mejora.

Tabla N°24: Ingreso de la propuesta de mejora

| AÑO | DISPONIBILIDAD REAL | TONELAJE PROCESADO O DÍA | MTTR /MES | VARIACIÓN DE TMS por incumplimiento de Disponibilidad | CANTIDAD DE ONZAS | PRECIO POR ONZA DE ORO | VENTAS PERDIDAS | GANANCIA A 25% DE LAS VENTAS PERDIDAS |
|-----------------|---------------------|--------------------------|-----------|---|-------------------|------------------------|-----------------|---------------------------------------|
| 2018 | 84.27% | 1800 | 21.1 | 1582.5 | 496.19 | \$ 1,360.25 | \$ 674,939.18 | \$ 168,734.80 |
| 2019 | 97.81% | 1800 | 4.16 | 312 | 97.83 | \$ 1,358.60 | \$ 132,907.16 | \$ 33,226.79 |
| Ingresos | | | | | | | | \$ 135,508.00 |
| | | | | | | | TC. S/. 3.25 | S/ 440,401.02 |
| | | | | | | | Por Mes | S/ 36,700.08 |

Fuente: elaboración propia

Se observa los resultados que los ingresos de la propuesta de mejora son de S/440,401.02 soles anual.

FLUJO DE CAJA

Se evalúa la viabilidad de la propuesta de mejora a partir de los ingresos y egresos. Se ha considerado una tasa efectiva mensual (TEM) del 1.8% y el costo de oportunidad de capital anual de la empresa (COK) en 1.6%.

Se observa que el valor actual neto (VAN) es mayor cero, por lo que se acepta el proyecto. Además, se tiene que la tasa interna de retorno (TIR) resulta ser mayor al costo de oportunidad de capital de la empresa (COK=20% anual). Por lo tanto, la evaluación económica-financiera demuestra que la propuesta de mejora si es viable.

Tabla N° 25: Flujo de caja

| Mes | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|------------------------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Ingreso anual | 0 | 440401 | 440401 | 440401 | 440401 | 440401 | 440401 | 440401 | 440401 | 440401 | 440401 | 440401 | 440401 |
| Aumento de ganancias mensual | | 36700 | 38535 | 40462 | 42485 | 44609 | 46840 | 49182 | 51641 | 54223 | 56934 | 59781 | 62770 |
| Ingreso total | 0 | 36,700 | 38,535 | 40,462 | 42,485 | 44,609 | 46,840 | 49,182 | 51,641 | 54,223 | 56,934 | 59,781 | 62,770 |
| Egresos | | | | | | | | | | | | | |
| Implementación S/. | 105,000 | | | | | | | | | | | | |
| Equipamiento S/. | 7,800 | | | | | | | | | | | | |
| Egreso total | 112,800 | | | | | | | | | | | | |
| FLUJO ECONÓMICO | -112,800 | 36,700 | 38,535 | 40,462 | 42,485 | 44,609 | 46,840 | 49,182 | 51,641 | 54,223 | 56,934 | 59,781 | 62,770 |
| Flujo financiero | -112,800 | 36,700 | 38,535 | 40,462 | 42,485 | 44,609 | 46,840 | 49,182 | 51,641 | 54,223 | 56,934 | 59,781 | 62,770 |

Fuente: elaboración propia

Tabla N° 26: Resultado Económico

| | |
|------------|----------------------|
| VAN | S/ 404,615.14 |
| TIR | 36.1% |

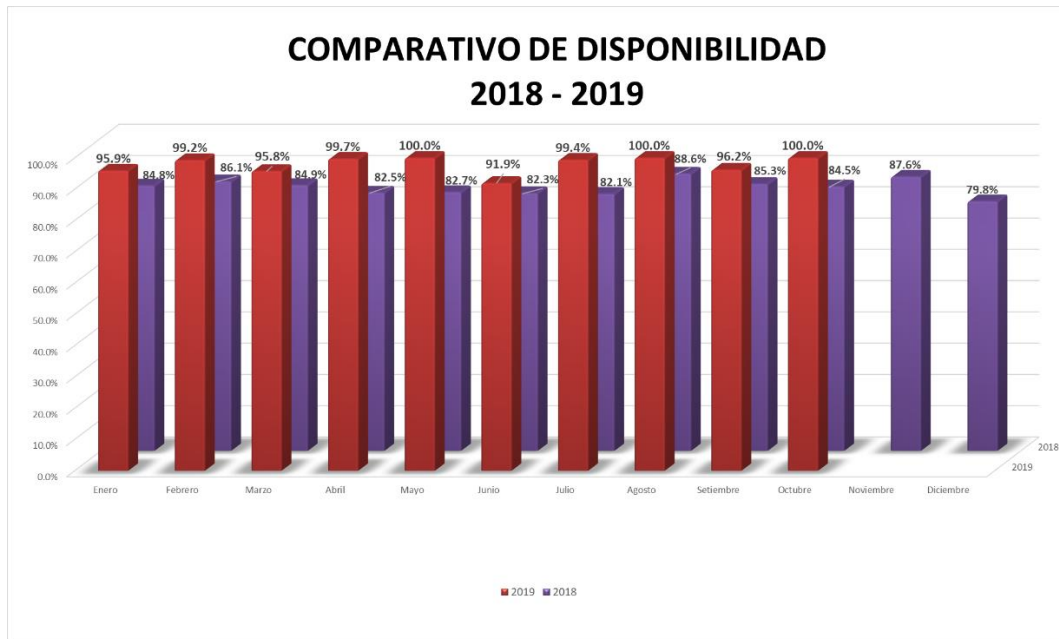
Fuente: elaboración propia

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

- Contrastando nuestros resultados con la investigación de nuestro antecedente, a cargo de Edgard Garcia, (2016), en la tesis titulada: “Implementar un plan de mantenimiento preventivo en función de la criticidad de los equipos del proceso productivo para mejorar la disponibilidad de la empresa UESFALIA ALIMENTOS S.A”, para desarrollar un plan de mantenimiento, la cual básicamente gira en torno al análisis y riesgo de fallos para la maquinaria, se evalúa el riesgo de manera objetiva al proceso de chancado mediante el Análisis de Criticidad con el que se obtuvo 16 críticos, 05 de criticidad media y 1 de criticidad baja; nosotros en nuestra investigación hemos evaluado la criticidad de los equipos en el proceso de chancado determinándose que están en estado esencial por lo que requieren mantenimiento preventivo, En base a los resultados mostrados, podemos definir que mediante la implementación del plan de mantenimiento preventivo de los equipos de la nueva planta de chancado mejora determinadamente los factores más importantes que conllevan en aumentar la disponibilidad, frecuencias amplias de las fallas y la reducción de tiempo para la reparación, con la nueva propuesta se logró tener un incremento de la disponibilidad en 13.54% llegando a un promedio del 97.81% en el periodo Enero – Octubre 2019, se muestra la comparación de la disponibilidad en los periodos 2019 vs 2018.

Figura N°18: Comparación de Disponibilidad 2018 - 2019



Fuente: elaboración propia

- El ahorro generado resulta de reducir las ventas perdidas del concentrado procesado por hora de intervención y/o falla de equipo, en el periodo 2018 las ventas pérdidas ascienden \$674,939.18 lo que genera \$168,734.80 de ganancia dejada de percibir, con la implementación de los planes de mantenimiento y se evidencia el aumento de la disponibilidad de la nueva planta de chancado al 97.81% las ventas perdidas serian \$132,907.16 lo que generaría una ganancia dejada de percibir de \$33,226.79, por lo tanto obtendríamos un ahorro anual de \$135,508.00.
- Con la implementación de los planes de mantenimiento se logró demostrar que los tiempos de reparación (MTTR) han disminuido en comparación al periodo 2018 de 21.1horas a 4.16 horas en el 2019, los tiempos hasta el fallo (MTBF) han aumentado en comparación al periodo anterior 2018 de 42 horas a 199.8 horas, esto quiere decir que para que ocurra una intervención tiene que operar el equipo 199.8 horas, por

ende se evidencia que la disponibilidad de los equipos de la nueva planta de chancado ha aumentado de 84.27% a 97.81% generando menos indisponibilidad al proceso.

4.2 Conclusiones

- Se implementó un plan de mantenimiento preventivo en función de la criticidad de los equipos del proceso productivo para mejorar la disponibilidad de la compañía minera logrando un incremento del 84.27% que se midió en el periodo 2018 a 97.81% en promedio desde Enero a Octubre 2019.
- Con el cumplimiento de las actividades programadas se consiguió aumentar la disponibilidad de los equipos, en el periodo 2018 se tuvo un 84.27% de disponibilidad del proceso de chancado y en el mes de Enero a Octubre 2019 se tiene en promedio un 97.81% de disponibilidad, se continuará en proceso de mejora ya que se requiere que los equipos estén en buenas condiciones operativas.
- Mediante la evaluación de la criticidad de los equipos de la nueva planta de chancado se determinó que hay 16 equipos críticos por lo que se requiere mantenimiento preventivo como son las cintas transportadoras, zarandas y chancadoras, 05 equipos semicríticos los que requieren mantenimiento preventivo / correctivo y 01 equipo de baja criticidad por lo que requiere mantenimiento correctivo o ningún mantenimiento.
- Se logró demostrar que la propuesta de implementación del plan de mantenimiento preventivo es viable porque se evidencio el aumento de la disponibilidad de la nueva planta de chancado.

4.3 Recomendaciones


- Se debe hacer seguimiento continuo a la ejecución de actividades del plan de mantenimiento preventivo con la finalidad de garantizar su cumplimiento.
- La propuesta de implementación de controles, reestructuración de planes y frecuencias debería aplicarse a otras áreas de producción de la empresa tales como las líneas de molienda y flotación.
- Se recomienda programar capacitaciones y charlas de mantenimiento, tipos de mantenimiento, disponibilidad, MTBF y MTTR a todo el personal y así poder mejorar la disponibilidad de los equipos a través de esta buena metodología de mantenimiento.
- Se recomienda evaluar constantemente las fallas críticas y así poder evitar las paradas imprevistas, manteniendo siempre actualizado el historial de los equipos.

REFERENCIAS

- (Añazco & Salazar 2016) en su tesis “Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo planificado de máquinas y equipos, para incrementar la rentabilidad en consorcio A&A SRL- CAJAMARCA- 2016”.
- Espinoza, (2013) en su tesis “Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para optimizar la unidad de chancado de SOCIEDAD MINERA EL BROCAL S.A.A.”.
- (Gonzales & Maicelo, (2017) en su tesis “Diseño del sistema de gestión de mantenimiento preventivo, para incrementar la disponibilidad de los equipos de laboratorio clínicos de la empresa JAMPAR MULTIPLEST INTERNACIONAL S.R.L 2017”.
- Hernández, Pedro L.; Carro, Miguel; Montes de Oca, Juan; Fernández, Sergio J. (2008) Optimización del mantenimiento preventivo utilizando las técnicas del diagnóstico integral: fundamento teórico- práctico. Ingeniería Energética, 11.
- Moubray, John. (2004). Mantenimiento centrado en confiabilidad. RCM II. Traducción por Ellman Suerios y Asociados. Buenos Aires, Argentina – Madrid, España, edición en español.
- Mesa Grajales, D., Ortiz Sánchez, Y., & Pinzón, M. (2006). La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento. Revista Scientia Et Technica, 155-160.

ANEXOS

ANEXO N°01: Encuesta



ENCUESTA PROBLEMAS MÁS COMUNES DEL MANTENIMIENTO

Empresa Minera Aurifera Retamas SA

Sector Minero

Tamaño Mediana

Nombre y Apellido: Inga Luna Juan

Cargo: Técnico Mecánico

Tiempo de trabajo: 02 años

Estimado encuestado indique para el área de mantenimiento, en orden de relevancia del mayor al menor problema.

| ID | FACTOR DE ENCUESTA | MARQUE UN VALOR DIFERENTE POR CADA FACTOR | | | | | | | | | | Resultado |
|----|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|-----------|
| 01 | Tienen conocimiento de los equipos ubicados en planta | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 9 |
| 02 | Conocen el proceso adecuadamente | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 8 |
| 03 | Capacitación de mantenimiento de equipos | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 8 |
| 04 | Cuentan con un plan de lubricación | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 9 |
| 05 | Conoce técnicas de mantenimiento | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 9 |
| 06 | Conoce los cambios de componentes (frecuencias) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 7 |
| 07 | existen demasiadas reparaciones por fallas imprevistas | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 7 |
| 08 | Falta de equipos y herramientas adecuados | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 8 |
| 09 | Falta de repuestos y materiales | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 8 |

ANEXO N°02: Registro de paradas y fallas imprevistas – periodo 2018

| FECHA | MES | H. INICIO | H. TERMINO | DIF. HRS | SECCION | DESC. EQUIPO | TIPO DE PARADA | CLASE DE PARADA | DESCRIPCION DE LA FALLA |
|--------|------------|------------|------------|----------|----------|-----------------------|----------------|-----------------|--|
| 01-ago | AGOSTO | 09:32 a.m. | 09:54 a.m. | 0.37 | CHANCADO | CHANCADO GENERAL | PNP | FALLA MECANICA | FALLA EN LA ZARANDA SIMPLE |
| 02-ago | AGOSTO | 04:10 a.m. | 04:20 a.m. | 0.17 | CHANCADO | CHANCADO GENERAL | PNP | FALLA MECANICA | EL MECANICO AJUSTO EL ESPARRAGO DE LA MANDIBULA MOVIL. |
| 09-ago | AGOSTO | 02:17 p.m. | 02:55 p.m. | 0.63 | CHANCADO | CHANCADO GENERAL | PNP | FALLA MECANICA | FUGA DE ACEITE EN CHANVADORA # 36 |
| 11-ago | AGOSTO | 01:40 a.m. | 02:40 a.m. | 1.00 | CHANCADO | CHANCADO GENERAL | PNP | FALLA MECANICA | Falla en Electroiman |
| 11-ago | AGOSTO | 02:40 a.m. | 03:40 a.m. | 1.00 | CHANCADO | CHANCADO GENERAL | PNP | FALLA MECANICA | Falla en Electroiman |
| 11-ago | AGOSTO | 03:40 a.m. | 04:40 a.m. | 1.00 | CHANCADO | CHANCADO GENERAL | PNP | FALLA MECANICA | Falla en Electroiman |
| 13-ago | AGOSTO | 12:49 p.m. | 02:20 p.m. | 1.52 | CHANCADO | ELECTROIMAN #03 | PNP | FALLA MECANICA | DESALINEAMIENTO DE FAJA |
| 14-ago | AGOSTO | 03:45 a.m. | 04:24 a.m. | 0.65 | CHANCADO | CHANCADORA 15X24 | PNP | FALLA MECANICA | SE SALIO GUARDA DE PROTECCION |
| 26-ago | AGOSTO | 02:40 a.m. | 03:25 a.m. | 0.75 | CHANCADO | FAJA TRANSPORTADORA I | PNP | FALLA MECANICA | |
| 04-sep | SEPTIEMBRE | 05:40 a.m. | 05:50 a.m. | 0.17 | CHANCADO | FAJA TRANSP A | PNP | FALLA MECANICA | DESALINEAMIENTO |
| 05-sep | SEPTIEMBRE | 02:16 a.m. | 02:53 a.m. | 0.62 | CHANCADO | ZARANDA DOBLE | PNP | FALLA MECANICA | CAMBIO DE JEBE DE IMPACTO |
| 10-sep | SEPTIEMBRE | 11:44 a.m. | 12:15 p.m. | 0.52 | CHANCADO | CHANCADORA 48FC | PNP | FALLA MECANICA | ENFRIAMIENTO DE ACEITE EN SISTEMA DE LUBRICACION |
| 12-sep | SEPTIEMBRE | 11:20 p.m. | 12:40 a.m. | 0.50 | CHANCADO | FAJA TRANSP B | PNP | FALLA MECANICA | ROTURA DE CADENA |
| 13-sep | SEPTIEMBRE | 01:52 p.m. | 02:25 p.m. | 0.50 | CHANCADO | CHANCADORA 48FC | PNP | FALLA MECANICA | ENFRIAMIENTO DE ACEITE EN SISTEMA DE LUBRICACION |
| 15-sep | SEPTIEMBRE | 05:45 p.m. | 06:22 p.m. | 0.62 | CHANCADO | CHANCADORA 48FC | PNP | FALLA MECANICA | ENFRIAMIENTO DE ACEITE EN SISTEMA DE LUBRICACION |
| 17-sep | SEPTIEMBRE | 09:15 p.m. | 09:50 p.m. | 0.58 | CHANCADO | ELECTROIMAN #03 | PNP | FALLA MECANICA | DESALINEAMIENTO |
| 20-sep | SEPTIEMBRE | 10:30 p.m. | 10:35 p.m. | 0.08 | CHANCADO | ELECTROIMAN #03 | PNP | FALLA MECANICA | DESALINEAMIENTO |
| 01-oct | OCTUBRE | 08:14 p.m. | 08:19 p.m. | 0.08 | CHANCADO | CINTA TRANSP. 3 | PNP | FALLA MECANICA | DESALINEAMIENTO |
| 12-oct | OCTUBRE | 12:04 p.m. | 01:14 p.m. | 1.17 | CHANCADO | CINTA TRANSP. 5 | PNP | FALLA MECANICA | SOLDEO DE CHUTE |
| 13-oct | OCTUBRE | 03:56 a.m. | 04:37 a.m. | 0.68 | CHANCADO | ZARANDA LF307 | PNP | FALLA MECANICA | PERNOS DE FEED BOX SUELTOS |
| 13-oct | OCTUBRE | 03:31 p.m. | 05:04 p.m. | 1.55 | CHANCADO | ZARANDA LF307 | PNP | FALLA MECANICA | RETIRO DE PLANCHAS SUELTAS |
| 19-oct | OCTUBRE | 03:00 p.m. | 06:00 p.m. | 3.00 | CHANCADO | CINTA TRANSP. 6 | PNP | FALLA MECANICA | |
| 24-oct | OCTUBRE | 12:00 p.m. | 10:15 p.m. | 10.25 | CHANCADO | CINTA TRANSP. 1 | PNP | FALLA MECANICA | COLOCACION DE GRAPAS EN CINTA 1 |
| 27-oct | OCTUBRE | 07:15 a.m. | 11:00 a.m. | 3.75 | CHANCADO | CINTA TRANSP. 4 | PNP | FALLA MECANICA | CAMBIO DE RASPADOR |
| 27-oct | OCTUBRE | 08:00 a.m. | 12:00 p.m. | 4.00 | CHANCADO | CHANCADORA CS430 | PNP | FALLA MECANICA | INSTALACION DE DEFLECTOR |
| 27-oct | OCTUBRE | 01:30 p.m. | 12:00 a.m. | 10.50 | CHANCADO | CINTA TRANSP. 1 | PNP | FALLA MECANICA | CAMBIO DE BANDA TRANSPORTADORA |
| 06-nov | NOVIEMBRE | 07:00 a.m. | 12:00 p.m. | 5.00 | CHANCADO | ZARANDA LF307 | PNP | FALLA MECANICA | DERRAME DE ACEITE POR EXCENTRICA |
| 06-nov | NOVIEMBRE | 12:00 p.m. | 09:00 p.m. | 9.00 | CHANCADO | ZARANDA LF307 | PNP | FALLA MECANICA | DERRAME DE ACEITE POR EXCENTRICA |
| 14-nov | NOVIEMBRE | 08:00 a.m. | 12:00 p.m. | 4.00 | CHANCADO | ZARANDA LF307 | PNP | FALLA MECANICA | CAMBIO DE BOCINA Y RETEN |
| 14-nov | NOVIEMBRE | 12:00 p.m. | 01:09 a.m. | 1.10 | CHANCADO | ZARANDA LF307 | PNP | FALLA MECANICA | CAMBIO DE BOCINA Y RETEN |
| 17-nov | NOVIEMBRE | 08:00 a.m. | 12:00 p.m. | 4.00 | CHANCADO | ZARANDA GRIZZLY | PNP | FALLA MECANICA | REPARACION DE CHUTE |
| 17-nov | NOVIEMBRE | 12:00 p.m. | 07:00 p.m. | 7.00 | CHANCADO | ZARANDA GRIZZLY | PNP | FALLA MECANICA | REPARACION DE CHUTE |
| 19-nov | NOVIEMBRE | 02:23 p.m. | 02:43 p.m. | 0.33 | CHANCADO | ZARANDA LF307 | PNP | FALLA MECANICA | PANELES AUTOLIMPIANTES ROTOS |

ANEXO N°03: Registro de paradas y de fallas imprevistas – periodo 2019

| FECHA | MES | H. INICIO | H. TERMINO | DIF. HRS | SECCION | COD. EQUIPO | DESC. EQUIPO | TIPO DE PARADA | CLASE DE PARADA | DESCRIPCION DE LA FALLA | CONTADOR |
|------------|-------|------------|------------|----------|----------|-------------|------------------|----------------|------------------|--|----------|
| 09/01/2019 | ENERO | | | 8.69 | CHANCADO | | OPERATIVIDAD | OPERATIVIDAD | OPERATIVIDAD | | 1 |
| 10/01/2019 | ENERO | 12:00 a.m. | 01:50 a.m. | 1.83 | CHANCADO | | Chancado gral. | PO | Refrigerio | Limpieza de chancadoras y chutes. | 1 |
| 10/01/2019 | ENERO | 06:55 a.m. | 12:00 p.m. | 5.08 | CHANCADO | | Chancado gral. | PO | Tolvas llenas | Limpieza de chancadoras, chutes y carga derramada. | 1 |
| 10/01/2019 | ENERO | 12:00 p.m. | 01:50 p.m. | 1.83 | CHANCADO | | Chancado gral. | PO | Tolvas llenas | Limpieza general de planta. | 1 |
| 10/01/2019 | ENERO | 05:00 p.m. | 10:00 p.m. | 5.00 | CHANCADO | | Chancado gral. | PO | Otros | Cambio de guardia / Inspección de equipos. | 1 |
| 10/01/2019 | ENERO | | | 8.27 | CHANCADO | | OPERATIVIDAD | OPERATIVIDAD | OPERATIVIDAD | | 1 |
| 11/01/2019 | ENERO | 12:40 a.m. | 02:55 a.m. | 2.25 | CHANCADO | | Chancado gral. | PO | Refrigerio | Limpieza de chancadoras y chutes. | 1 |
| 11/01/2019 | ENERO | 05:45 a.m. | 12:00 p.m. | 6.25 | CHANCADO | | Zaranda doble | PNP | FALLA MECANICA | Caida de pernos en el feed box. | 1 |
| 11/01/2019 | ENERO | 12:00 p.m. | 01:25 p.m. | 1.42 | CHANCADO | | Chancado gral. | PO | Refrigerio | Limpieza de planta. | 1 |
| 11/01/2019 | ENERO | 04:45 p.m. | 08:10 p.m. | 3.42 | CHANCADO | | Chancado gral. | PO | Otros | Cambio de guardia / Inspección de equipos. | 1 |
| 11/01/2019 | ENERO | 10:40 p.m. | 11:10 p.m. | 0.50 | CHANCADO | | Faja N°10 | PO | Tolvas llenas | Sobrellenado de tolva de finos. | 1 |
| 11/01/2019 | ENERO | | | 9.20 | CHANCADO | | OPERATIVIDAD | OPERATIVIDAD | OPERATIVIDAD | | 1 |
| 12/01/2019 | ENERO | 12:20 a.m. | 03:40 a.m. | 3.33 | CHANCADO | | Chancado gral. | PO | Refrigerio | Limpieza de chancadoras y chutes. | 1 |
| 12/01/2019 | ENERO | 06:20 a.m. | 12:00 p.m. | 5.67 | CHANCADO | | Chancado gral. | PO | Tolvas llenas | Limpieza de chancadoras, chutes y carga derramada. | 1 |
| 12/01/2019 | ENERO | 12:00 p.m. | 02:15 p.m. | 2.25 | CHANCADO | | Chancado gral. | PO | Refrigerio | Limpieza de planta. | 1 |
| 12/01/2019 | ENERO | 05:50 p.m. | 08:50 p.m. | 3.00 | CHANCADO | | Chancado gral. | PO | Otros | Cambio de guardia / Inspección de equipos. | 1 |
| 12/01/2019 | ENERO | | | 8.85 | CHANCADO | | OPERATIVIDAD | OPERATIVIDAD | OPERATIVIDAD | | 1 |
| 13/01/2019 | ENERO | 12:30 a.m. | 03:35 a.m. | 3.08 | CHANCADO | | Chancado gral. | PO | Refrigerio | Inspección de paneles en la zaranda doble. | 1 |
| 13/01/2019 | ENERO | 05:50 a.m. | 06:25 a.m. | 0.58 | CHANCADO | | Chancado gral. | PO | Tolvas llenas | Inspección de equipos. | 1 |
| 13/01/2019 | ENERO | 06:50 a.m. | 12:00 p.m. | 5.17 | CHANCADO | | Chancado gral. | PO | Tolvas llenas | Limpieza de chancadoras, chutes y carga derramada. | 1 |
| 13/01/2019 | ENERO | 12:00 p.m. | 02:30 p.m. | 2.50 | CHANCADO | | Chancado gral. | PO | Tolvas llenas | Limpieza de planta. | 1 |
| 13/01/2019 | ENERO | 04:45 p.m. | 07:15 p.m. | 2.50 | CHANCADO | | Tolva de gruesos | PNP | FALLA MECANICA | Caida de un módulo de la parrilla en tolva de gruesos. | 1 |
| 13/01/2019 | ENERO | 10:50 p.m. | 11:15 p.m. | 0.42 | CHANCADO | | Faja N°10 | PO | Tolvas llenas | Sobrellenado de tolva de finos. | 1 |
| 13/01/2019 | ENERO | 11:25 p.m. | 12:00 a.m. | 0.58 | CHANCADO | | CS430 | PO | Atoramiento | Desatoro de chancadora y limpieza de equipos. | 1 |
| 13/01/2019 | ENERO | | | 8.26 | CHANCADO | | OPERATIVIDAD | OPERATIVIDAD | OPERATIVIDAD | | 1 |
| 14/01/2019 | ENERO | 12:00 a.m. | 03:00 a.m. | 3.00 | CHANCADO | | CS430 | PO | Atoramiento | Desatoro de chancadora y limpieza de equipos | 1 |
| 14/01/2019 | ENERO | 06:55 a.m. | 12:00 p.m. | 5.08 | CHANCADO | | Chancado gral. | PO | Tolvas llenas | Limpieza de chancadoras, chutes y carga derramada. | 1 |
| 14/01/2019 | ENERO | 12:00 p.m. | 02:05 p.m. | 2.08 | CHANCADO | | Chancado gral. | PO | Tolvas llenas | Limpieza de planta. | 1 |
| 14/01/2019 | ENERO | 06:00 p.m. | 09:05 p.m. | 3.08 | CHANCADO | | Chancado gral. | PO | Otros | Cambio de guardia / Inspección de equipos. | 1 |
| 14/01/2019 | ENERO | 11:30 p.m. | 12:00 a.m. | 0.50 | CHANCADO | | Chancado gral. | PO | Tolvas llenas | Limpieza de chancadoras y chutes. | 1 |
| 14/01/2019 | ENERO | | | 9.07 | CHANCADO | | OPERATIVIDAD | OPERATIVIDAD | OPERATIVIDAD | | 1 |
| 15/01/2019 | ENERO | 12:00 a.m. | 03:05 a.m. | 3.08 | CHANCADO | | Chancado gral. | PO | Tolvas llenas | Limpieza de chancadoras y chutes. | 1 |
| 15/01/2019 | ENERO | 04:50 a.m. | 06:00 a.m. | 1.17 | CHANCADO | | Chancado gral. | PO | Tolvas llenas | Inspección de equipos. | 1 |
| 15/01/2019 | ENERO | 06:50 a.m. | 12:00 p.m. | 5.17 | CHANCADO | | Chancado gral. | PO | Tolvas llenas | Limpieza de chancadoras, chutes y carga derramada. | 1 |
| 15/01/2019 | ENERO | 12:00 p.m. | 02:25 p.m. | 2.42 | CHANCADO | | Chancado gral. | PO | Tolvas llenas | Limpieza de planta. | 1 |
| 15/01/2019 | ENERO | 05:50 p.m. | 09:15 p.m. | 3.42 | CHANCADO | | Chancado gral. | PO | Otros | Cambio de guardia / Inspección de equipos. | 1 |
| 15/01/2019 | ENERO | | | 7.88 | CHANCADO | | OPERATIVIDAD | OPERATIVIDAD | OPERATIVIDAD | | 1 |
| 16/01/2019 | ENERO | 12:30 a.m. | 03:35 a.m. | 3.08 | CHANCADO | | Chancado gral. | PO | Refrigerio | Limpieza de chancadoras y chutes. | 1 |
| 16/01/2019 | ENERO | 06:30 a.m. | 12:00 p.m. | 5.50 | CHANCADO | | Chancado gral. | PO | Tolvas llenas | Limpieza de chancadoras, chutes y carga derramada. | 1 |
| 16/01/2019 | ENERO | 12:00 p.m. | 03:00 p.m. | 3.00 | CHANCADO | | Chancado gral. | PO | Tolvas llenas | Limpieza de planta. | 1 |
| 16/01/2019 | ENERO | 04:20 p.m. | 05:20 p.m. | 1.00 | CHANCADO | | Chancado gral. | PO | Tolvas llenas | Inspección de equipos. | 1 |
| 16/01/2019 | ENERO | 06:30 p.m. | 12:00 a.m. | 5.50 | CHANCADO | | Chancado gral. | PO | Falta de mineral | Se acaba el stock de mineral en tolva de gruesos. | 1 |
| 16/01/2019 | ENERO | | | 4.83 | CHANCADO | | OPERATIVIDAD | OPERATIVIDAD | OPERATIVIDAD | | 1 |
| 17/01/2019 | ENERO | 12:00 a.m. | 12:00 p.m. | 12.00 | CHANCADO | | Chancado gral. | PO | Otros | Limpieza de chancadoras y chutes. | 1 |
| 17/01/2019 | ENERO | 12:00 p.m. | 02:00 p.m. | 2.00 | CHANCADO | | Chancado gral. | PO | Otros | Limpieza de planta. | 1 |
| 17/01/2019 | ENERO | 04:00 p.m. | 12:00 a.m. | 8.00 | CHANCADO | | Chancado gral. | PO | Tolvas llenas | Limpieza de planta. | 1 |

ANEXO N°04: Cartilla de Mantenimiento Preventivo – Zaranda Grizzly

| ZARANDA GRIZZLY SG1231 | | |
|---|--|-------------|
| PLAN | MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO SEMANAL DE ZARANDA GRIZZLY SG 1231 | FRECUENCIAS |
| PLAN | MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO MENSUAL ZARANDA GRIZZLY SG 1231 | X |
| | | 28 DIAS |
| | VERIFICAR ALTURA DE RESORTE INFERIOR (04) - 270mm | X |
| | VERIFICAR ALTURA DE RESORTE SUPERIOR (06) - 290mm | X |
| | VERIFICAR EL RESPIRADOR DEL MECANISMO | X |
| | REALIZAR ENGRASE DEL MECANISMO | X |
| | ENGRASE LA SUPERFICIE ENTRE EL EJE Y LOS COJINETES. | X |
| | VERIFICAR NIVEL DE ACEITE | X |
| | VERIFICAR EL SELLADO DE LA PARTE SUPERIOR DEL CAUCHO PARA EVITAR ACUMULAMIENTO DE POLVO. | X |
| | REALIZAR REAJUSTE DE TODA LA PERNERIA EN GENERAL | X |
| | REALIZAR TENSION Y VERIFICAR ESTADO DE LAS CORREAS DE TRANSMISION | X |
| | VERIFICAR ESTADO DE ALOJAMIENTOS Y RETENES (LUZ DE RODAMIENTO) | X |
| | REAJUSTE DE LOS CONTRAPESOS | X |
| | VERIFICAR ESTADO DEL MECANISMO | X |
| | VERIFICAR EL ESTADO DE LAS RAMPAS DE ALIMENTACION Y DESCARGA | X |
| | VERIFICAR ALINEAMIENTO Y AJUSTE DE BASE DE MOTOR (no exceder 5mm radial y 10 mm axial) | X |
| Total Horas Hombre por Tipo de Mantenimiento : | | 4.00 |

ANEXO N°05: Cartilla de Mantenimiento Preventivo – Zaranda LF3070D

| ZARANDA LF3070D | | |
|---|---|-------------|
| PLAN | MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO MENSUAL ZARANDA SECUNDARIA LF3070D | FRECUENCIAS |
| | | 28 DIAS |
| | VERIFICAR EL RESPIRADOR DEL MECANISMO | X |
| | REALIZAR ENGRASE DEL MECANISMO | X |
| | ENGRASE LA SUPERFICIE ENTRE EL EJE Y LOS COJINETES | X |
| | VERIFICAR VALORES DE LA CARRERA TANTO EN LA ALIMENTACION COMO EN LA DESCARGA | X |
| | REAJUSTE DE PERNOS DEL BASTIDOR | X |
| | MEDIDA DE ALTURA DE RESORTE..... | X |
| | VERIFICAR NIVEL DE ACEITE | X |
| | VERIFICAR EL SELLADO DE LA PARTE SUPERIOR DEL CAUCHO PARA EVITAR ACUMULAMIENTO DE POLVO | X |
| | REAJUSTE DE TODA LA PERNERIA EN GENERAL | X |
| | VERIFICAR ESTADO DE ALOJAMIENTOS Y RETENES (LUZ DE RODAMIENTO) | X |
| | REAJUSTE DE LOS CONTRAPESOS, POELAS, CARDANICOS | X |
| | VERIFICAR ESTADO DEL MECANISMO | X |
| | VERIFICAR ALINEAMIENTO Y AJUSTE DE BASE DE MOTOR (no exceder 5mm radial y 10 mm axial) | X |
| | VERIFICAR LA CORECTA TENSION Y ESTADO DE CORREAS DEL SISTEMA DE ACCIONAMIENTO | X |
| Total Horas Hombre por Tipo de Mantenimiento : | | 4.00 |

"PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS EN LA PLANTA DE CHANCADO DE UNA UNIDAD MINERA EN LA LIBERTAD, 2019".

ANEXO N°06: Cartilla de Mantenimiento Preventivo – Chancadora Sandvik CS430

| CHANCADORA SANDVIK CS430 | | | | | |
|---|---|-------------|-------------|-------------|-------------|
| PLAN | MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO QUINCENAL CHANCADORA CONICA CS430 | FRECUENCIAS | | | |
| PLAN | MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO MENSUAL CHANCADORA CONICA CS430 | X | | | |
| PLAN | MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO SEMESTRAL CHANCADORA CONICA CS430 | | | | |
| PLAN | MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO ANUAL CHANCADORA CONICA CS430 | | | | |
| | | 14 DIAS | 28 DIAS | 168 DIAS | 336 DIAS |
| | VERIFICAR AJUSTE DE LOS PERNOS DEL TOP SHEL. (MEDIR HOLGURA _____) | X | | | |
| | VERIFICAR EL ESTADO DE LOS JEBES RASPADORES (4) | X | | | |
| | VERIFICACION DE ESTADO DE FILTRO DEL RESPIRADOR | X | | | |
| | MEDICIONES DE ESPESORES DE FORROS (MANTLE Y ANILLO DE ACUERDO A PROTOCOLO) | X | | | |
| | VERIFICACION DE DESGASTE Y TENSION DE CORREAS DE TRANSMISION | | X | | |
| | REAJUSTE DE PERNOS SOPORTE DEL MOTOR | | X | | |
| | VERIFICAR EL ESTADO DEL ANILLO GUARDAPOLVO (HOLGURA MAX :2.1 MM) | | X | | |
| | VERIFICAR TORQUE DE LOS PERNOS EN LA TAPA DE BUJE ARANA | | X | | |
| | VERIFICAR ESTADO DEL SISTEMA DE SELLO DE POLVO DE SOBREPRESION | | X | | |
| | VERIFICAR NIVEL DE GRASA EN EL COJINETE SUPERIOR | | X | | |
| | VERIFICACION DE DESGASTE DEL RETEN DE COJINETE SUPERIOR (PARTE SUPERIOR DEL BASTIDOR) | | X | | |
| | VERIFICACION DE HOLGURA DE EJE PRINCIPAL ENTRE EL CONO Y EL MANTO | | X | | |
| | VERIFICACION DE HOLGURA DE LOS ENGRANAJES (BACKLASH) SISTEMA DE TRANSMISION | | X | | |
| | LIMPIEZA DE FILTROS DE ACEITE DE RETORNO | | X | | |
| | VERIFICACION DE JUEGO DEL COJINETE SUPERIOR | | | X | |
| | VERIFIQUE LA PRESION DE GAS DEL ACUMULADOR (SISTEMA HYDROSET) | | | X | |
| | CAMBIO DE FILTRO DEL RESPIRADERO L1-FU2. | | | X | |
| | PURGA DE AGUA DE CONDENSACION DE LOS DEPOSITOS DE SISTEMA DE LUBRICACION | | | X | |
| | LIMPIEZA DE DEPOSITO DE ACEITE DEL SISTEMA DE LUBRICACION | | | X | |
| | VERIFICAR DESGASTE DE CASQUILLO SUPERIOR DEL EJE PRINCIPAL (METROLOGIA) | | | | X |
| | VERIFICAR EXCENTRICA PARA VER SI PRESENTA DESGASTE (METROLOGIA) | | | | X |
| | VERIFICAR CASQUILLO DE EXCENTRICA SI PRESENTA DESGASTE | | | | X |
| | VERIFICAR DESGASTE DE CASQUILLO DE PARTE INFERIOR DE BASTIDOR | | | | X |
| | VERIFICAR DESGASTE DEL SOPORTE INTERMEDIO DEL CILINDRO DEL HYDROSET | | | | X |
| | VERIFICAR DESGASTE DE LA JUNTA DEL CLINDRO DEL HYDROSET | | | | X |
| Total Horas Hombre por Tipo de Mantenimiento : | | 2.00 | 4.00 | 5.00 | 6.00 |

"PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS EN LA PLANTA DE CHANCADO DE UNA UNIDAD MINERA EN LA LIBERTAD, 2019".

ANEXO N°07: Cartilla de Mantenimiento Preventivo – Chancadora Sandvik CH440


| CHANCADORA SANDVIK CH440 | | | | | |
|---|---|-------------|-------------|-------------|-------------|
| PLAN | MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO QUINCENAL CHANCADORA CONICA CH440 | FRECUENCIAS | | | |
| PLAN | MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO MENSUAL CHANCADORA CONICA CH440 | X | x | x | x |
| PLAN | MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO SEMESTRAL CHANCADORA CONICA CH440 | | | | |
| PLAN | MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO ANUAL CHANCADORA CONICA CH440 | | | | |
| | | 14 DIAS | 28 DIAS | 168 DIAS | 336 DIAS |
| | VERIFICAR AJUSTE DE LOS PERNOS DEL TOP SHEL. (MEDIR HOLGURA _____) | X | | | |
| | VERIFICAR EL ESTADO DE LOS JEBES RASPADORES (4) | X | | | |
| | VERIFICACION DE ESTADO DE FILTRO DEL RESPIRADOR | X | | | |
| | MEDICIONES DE ESPESORES DE FORROS (MANTLE Y ANILLO DE ACUERDO A PROTOCOLO) | X | | | |
| | VERIFICACION DE DESGASTE Y TENSIÓN DE CORREAS DE TRANSMISIÓN | | X | | |
| | REAJUSTE DE PERNOS SOPORTE DEL MOTOR | | X | | |
| | VERIFICAR EL ESTADO DEL ANILLO GUARDAPOLVO (HOLGURA MAX :2.1 MM) | | X | | |
| | VERIFICAR TORQUE DE LOS PERNOS EN LA TAPA DE BUJE ARÁÑA | | X | | |
| | VERIFICAR ESTADO DEL SISTEMA DE SELLO DE POLVO DE SOBREPRESION | | X | | |
| | VERIFICAR NIVEL DE GRASA EN EL COJINETE SUPERIOR | | X | | |
| | VERIFICACION DE DESGASTE DEL RETEN DE COJINETE SUPERIOR (PARTE SUPERIOR DEL BASTIDOR) | | X | | |
| | VERIFICACION DE HOLGURA DE EJE PRINCIPAL ENTRE EL CONO Y EL MANTO | | X | | |
| | VERIFICACION DE HOLGURA DE LOS ENGRANAJES (BACKLASH) SISTEMA DE TRANSMISION | | X | | |
| | LIMPIEZA DE FILTROS DE ACEITE DE RETORNO | | X | | |
| | VERIFICACION DE JUEGO DEL COJINETE SUPERIOR | | | X | |
| | VERIFIQUE LA PRESION DE GAS DEL ACUMULADOR (SISTEMA HYDROSET) | | | X | |
| | CAMBIO DE FILTRO DEL RESPIRADERO L1-FU2. | | | X | |
| | PURGA DE AGUA DE CONDENSACION DE LOS DEPOSITOS DE SISTEMA DE LUBRICACIÓN | | | X | |
| | LIMPIEZA DE DEPOSITO DE ACEITE DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN | | | X | |
| | VERIFICAR DESGASTE DE CASQUILLO SUPERIOR DEL EJE PRINCIPAL (METROLOGIA) | | | | X |
| | VERIFICAR EXCENTRICA PARA VER SI PRESENTA DESGASTE (METROLOGIA) | | | | X |
| | VERIFICAR CASQUILLO DE EXCENTRICA SI PRESENTA DESGASTE | | | | X |
| | VERIFICAR DESGASTE DE CASQUILLO DE PARTE INFERIOR DE BASTIDOR | | | | X |
| | VERIFICAR DESGASTE DEL SOPORTE INTERMEDIO DEL CILINDRO DEL HYDROSET | | | | X |
| | VERIFICAR DESGASTE DE LA JUNTA DEL CLINDRO DEL HYDROSET | | | | X |
| Total Horas Hombre por Tipo de Mantenimiento : | | 2.00 | 4.00 | 5.00 | 6.00 |

ANEXO N°08: Cartilla de Mantenimiento Preventivo – Cintas Transportadoras


| CINTAS TRANSPORTADORAS | | | | |
|------------------------|---|--------------------|-------------|-------------|
| FAJA 1,2,4,5 | | | | |
| PLAN | MANTTO PREV. PRO. - MP1 REGULAR Y/O CAMBIAR GUARDERAS LATERALES DE CAUCHO | FRECUENCIAS (DIAS) | | |
| PLAN | MANTTO PREV. PRO. - MP2 CAMBIO Y/O REGULACIÓN DE JEBE LIMPIADOR TIPO ARADO EN POLEA DE COLA | 112 | 56 | 28 |
| PLAN | MATENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO - MP3 CAMBIO DE RASPADOR 1° | | | |
| PLAN | MATENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO - MP4 CAMBIO DE RASPADOR 2° (AUN NO SE INGRESA AL INFOR) | | | |
| | | MP3 | MP2 | MP1 |
| | CAMBIO DE RASPADOR 1° | X | | |
| | CAMBIO DE RASPADOR 2° | | | |
| | CAMBIO Y/O REGULACIÓN DE JEBE LIMPIADOR TIPO ARADO EN POLEA DE COLA | X | X | |
| | REGULAR Y/O CAMBIAR GUARDERAS LATERALES DE CAUCHO | X | X | X |
| | REAJUSTE DE RASPADOR SECUNDARIO | X | X | X |
| | VERIFICAR EMPALME DE BANDA TRANSPORTADORA | X | X | X |
| | Total Horas Hombre por Tipo de Mantenimiento : | 3.00 | 3.00 | 3.00 |
| FAJA 3 | | | | |
| PLAN | MANTTO PREV. PRO. - MP1 REGULAR Y/O CAMBIAR GUARDERAS LATERALES DE CAUCHO | FRECUENCIAS (DIAS) | | |
| PLAN | MANTTO PREV. PRO. - MP2 CAMBIO Y/O REGULACIÓN DE JEBE LIMPIADOR TIPO ARADO EN POLEA DE COLA | 224 | 56 | 28 |
| PLAN | MATENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO - MP3 CAMBIO DE RASPADOR 1° | | | |
| PLAN | MATENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO - MP4 CAMBIO DE RASPADOR 2° (AUN NO SE INGRESA AL INFOR) | | | |
| | | MP3 | MP2 | MP1 |
| | CAMBIO DE RASPADOR 1° | X | | |
| | CAMBIO DE RASPADOR 2° | | | |
| | CAMBIO Y/O REGULACIÓN DE JEBE LIMPIADOR TIPO ARADO EN POLEA DE COLA | | X | |
| | REGULAR Y/O CAMBIAR GUARDERAS LATERALES DE CAUCHO | | | X |
| | REAJUSTE DE RASPADOR SECUNDARIO | X | X | X |
| | VERIFICAR EMPALME DE BANDA TRANSPORTADORA | X | X | X |
| | Total Horas Hombre por Tipo de Mantenimiento : | 3.00 | 3.00 | 3.00 |
| FAJA 6,7,8,9,10 | | | | |
| PLAN | MANTTO PREV. PRO. - MP1 REGULAR Y/O CAMBIAR GUARDERAS LATERALES DE CAUCHO | FRECUENCIAS (DIAS) | | |
| PLAN | MANTTO PREV. PRO. - MP2 CAMBIO Y/O REGULACIÓN DE JEBE LIMPIADOR TIPO ARADO EN POLEA DE COLA | 112 | 56 | 28 |
| PLAN | MATENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO - MP3 CAMBIO DE RASPADOR 1° | | | |
| PLAN | MATENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO - MP4 CAMBIO DE RASPADOR 2° (AUN NO SE INGRESA AL INFOR) | | | |
| | | MP3 | MP2 | MP1 |
| | CAMBIO DE RASPADOR 1° | X | | |
| | CAMBIO DE RASPADOR 2° | | | |
| | CAMBIO Y/O REGULACIÓN DE JEBE LIMPIADOR TIPO ARADO EN POLEA DE COLA | | X | |
| | REGULAR Y/O CAMBIAR GUARDERAS LATERALES DE CAUCHO | | | X |
| | REAJUSTE DE RASPADOR SECUNDARIO | X | X | X |
| | VERIFICAR EMPALME DE BANDA TRANSPORTADORA | X | X | X |
| | Total Horas Hombre por Tipo de Mantenimiento : | 3.00 | 3.00 | 3.00 |

"PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS EN LA PLANTA DE CHANCADO DE UNA UNIDAD MINERA EN LA LIBERTAD, 2019".

ANEXO N°09: Check list – Inspección en Operación – Zarandas Alimentadoras

|  | | Inspección de Equipos <small>Servicio Marsa - Planta Beneficio</small> | | | |
|---|--|--|---------|-----------------|---|
| Sector | | | | | |
| Área a Inspección | | | | | |
| Responsable Inspección | | | | | |
| Responsable Supervisión | | | | | |
| Equipo a supervisar | Actividades de Inspección | Estado | | | Observación, Compromiso o medida correctiva |
| | | Bueno (*) | Regular | Limpiar Cambiar | |
| APRON FEEDER HD100-1200 | Realizar limpieza y verificar estado de chumaceras | | | | |
| | Verificar ruido atípico de chumaceras | | | | |
| | Verificar estado de Limpieza de chumaceras | | | | |
| | Verificar desgaste de ejes de transmisión | | | | |
| | Verificar desgaste de rodillos | | | | |
| | Verificar pérdida de lubricación de rodillos | | | | |
| | Realizar limpieza de rodillos | | | | |
| | probar cable de seguridad (pull cord) | | | | |
| | Verificar correcto girado de rodillos | | | | |
| | Verificar estado de placas de cadena, deformaciones (cubetas) | | | | |
| | Verificar desgaste de bordes de sello | | | | |
| | Verificar desgaste de forros de chute | | | | |
| | Verificar acumulación de mineral en tolva | | | | |
| | Verificar estado de guardas de seguridad | | | | |
| | verificar conexiones y sonidos anómalos de motor | | | | |
| | verificar estado de sellados de rodamientos de eje de transmisión | | | | |
| | verificar desgaste de cadena | | | | |
| Realizar limpieza de canal, acumulación de carga, flujo de material | | | | | |
| limpieza, verificación de estado de motorreductor, pérdida de lubricación, estado de sellados | | | | | |
| ZARANDA VIBRATORIA LF 3070D | verificar si el alimento del material es de forma regular y a través de toda su anchura | | | | |
| | verificar que las cribas (mallas) se encuentren limpias, ni atascos ni obturaciones | | | | |
| | Verificar sujeción y estado de mallas | | | | |
| | verificar arranque en vacío por un breve tiempo para evitar que corrosión afecte a los cojinetes | | | | |
| | verificar el encapsulamiento | | | | |
| | Verificar derrame de mineral en los exteriores del equipo | | | | |
| | Verificar pérdida de aceite | | | | |
| | Verificar nivel de aceite | | | | |
| | verificar estado de camisas de desgaste y las piezas de protección | | | | |
| | realizar inspección general de zaranda para verificar si hay piezas dañadas o sueltas | | | | |
| | Verificar sellado de parte superior del caucho p/evitar acumulación de polvo | | | | |
| | Verificar estado de los adhesivos de seguridad | | | | |
| | Verificar sonidos anómalos | | | | |
| | Realizar limpieza de mallas y verificar que no exista atascamiento de mineral | | | | |
| | verificar el estado de las rampas de alimentación y descarga | | | | |
| | Verificar el estado de protección de los resortes | | | | |
| | verificar el estado de todos los soportes elásticos (resortes) | | | | |
| Verificar el estado de mallas | | | | | |
| Realizar limpieza de acumulación de mineral en tolva | | | | | |
| Verificar estado de guardas de seguridad | | | | | |
| ZARANDA VIBRATORIA GRIZZLY SG 1231 | verificar si el alimento del material es de forma regular y a través de toda su anchura | | | | |
| | verificar arranque en vacío por un breve tiempo para evitar que corrosión afecte a los cojinetes | | | | |
| | verificar las parrillas (criba) se encuentren limpias, ni atascos ni obturaciones | | | | |
| | verificar el estado de todos los soportes elásticos (resortes) | | | | |
| | verificar el estado de todas las parrillas (cribon) | | | | |
| | verificar estado de camisas de desgaste (planchas laterales) y las piezas de protección | | | | |
| | verificar que no exista acumulación de material previo al arranque (superior e inferior) | | | | |
| | realizar inspección general de grizzly para verificar si hay piezas dañadas o sueltas | | | | |
| | Verificar Pérdida de aceite | | | | |
| | Verificar nivel de aceite | | | | |
| | Verificar sellado de parte superior del caucho p/evitar acumulación de polvo | | | | |
| | Verificar sonidos anómalos | | | | |
| | Verificar el estado de protección de los resortes | | | | |
| | Realizar inspección visual de los contrapesos | | | | |
| | Verificar estado de los adhesivos de seguridad | | | | |
| | Realizar limpieza de parrillas y verificar que no exista atascamiento de mineral | | | | |
| | Realizar limpieza de acumulación de mineral en tolva | | | | |
| Verificar estado de guardas de seguridad | | | | | |


ANEXO N°10: Check list – Inspección en Operación – Cintas Transportadoras

|  | | Inspección de Equipos <small>Servicio Marsa - Planta Beneficio</small> | | | | |
|---|--|--|---------|---------|---------|---|
| Sector | | | | | | |
| Área a Inspección | | | | | | |
| Responsable Inspección | | | | | | |
| Responsable Supervisión | | | | | | |
| Equipo a supervisar | Actividades de Inspección | Estado | | | | Observación, Compromiso o medida correctiva |
| | | Bueno (*) | Regular | Cambiar | Limpiar | |
| BELT FEEDER HF100 | Verificar desgaste de polea de cabeza y cola | | | | | |
| | Verificar sonidos anormales | | | | | |
| | Verificar pérdida de lubricación en chumaceras | | | | | |
| | Verificar desgaste de banda transportadora | | | | | |
| | Verificar alineamiento de banda transportadora | | | | | |
| | Verificar tensión de banda transportadora | | | | | |
| | Verificar fuerza de prensado de los raspadores de banda y tambor | | | | | |
| | Realizar limpieza de material residual en tambor | | | | | |
| | Verificar desgaste de polines | | | | | |
| | Realizar limpieza de polines | | | | | |
| | Verificar el correcto girado de polines | | | | | |
| | Verificar desgaste de forros de chute | | | | | |
| | Verificar estado de raspadores | | | | | |
| | Verificar el correcto flujo de material | | | | | |
| Acumulacion de mineral en tolva | | | | | | |
| CINTAS TRANSPORTADORAS | verificar empalme de banda transportadora | | | | | |
| | probar cable de seguridad (pull cord) | | | | | |
| | verificar estado de planchas chute carga y descarga | | | | | |
| | verificar estado de guardillas y portaguardillas | | | | | |
| | Realizar orden y limpieza | | | | | |
| | Verificar desgaste de polea de cabeza y cola | | | | | |
| | Verificar sonidos anormales | | | | | |
| | Verificar pérdida de lubricación en chumaceras | | | | | |
| | Verificar desgaste de banda transportadora | | | | | |
| | Verificar alineamiento de banda transportadora | | | | | |
| | Verificar tensión de banda transportadora | | | | | |
| | Verificar estado de raspadores | | | | | |
| | Verificar fuerza de prensado de los raspadores de banda y tambor | | | | | |
| | Realizar limpieza de material residual en tambor y cinta | | | | | |
| | Verificar desgaste de polines | | | | | |
| | Realizar limpieza de polines | | | | | |
| | Verificar el correcto girado de polines | | | | | |
| | Verificar desgaste de forros de chute | | | | | |
| | Verificar el flujo de material | | | | | |
| | Realizar limpieza de acumulación de mineral en chutes | | | | | |
| Verificar sensores de desalineamiento | | | | | | |
| Inspeccion estado de jebe de limpiador (holgura jebe y cinta) | | | | | | |
| Verificar el estado de encapsulamiento entre el chute y la cinta | | | | | | |
| Verificar el estado de los guidores de madera (cinta N°01,02 y 03). | | | | | | |
| Verificar desgaste de planchas chute de descarga | | | | | | |
| ELECTROMAN GIRATORIO | Verificar funcionalidad del Electroiman | | | | | |
| | Verificar estado de trolley manual | | | | | |
| | Verificar estado de chute descarga | | | | | |

(*) Si el equipo estaba en ESTADO BUENO indicar si se realizo Limpieza

"PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS EN LA PLANTA DE CHANCADO DE UNA UNIDAD MINERA EN LA LIBERTAD, 2019".

ANEXO N°11: Check list – Inspección en Operación – Chancadora

|  | | Inspección de Equipos <small>Servicio Marsa - Planta Beneficio</small> | | | | |
|--|---|--|---------|---------|---------|---|
| Sector | | | | | | |
| Área a Inspección | | | | | | |
| Responsable Inspección | | | | | | |
| Responsable Supervisión | | | | | | |
| Equipo a supervisar | Actividades de Inspección | Estado | | | | Observación, Compromiso o medida correctiva |
| | | Bueno (*) | Regular | Cambiar | Limpiar | |
| CHANCADORA CONICA CH440 | Equipo parado. | | | | | |
| | Comprobar el ajuste CSS. (Setting). | | | | | |
| | Compruebe que no exista presencia de material de atasco en la tolva de alimentación o en el separador y que no bloquee la apertura de alimentación. | | | | | |
| | Inspeccionar si existe fuga de grasa en reten de buje araña. | | | | | |
| | Verificar la dimensión "A" real. | | | | | |
| | Verificar el estado del anillo guardapolvo (holgura max. 2.1 mm). | | | | | |
| | Verificar el estado de los jebes raspadores. | | | | | |
| | Verificar los protectores del Bottom Shel. | | | | | |
| | Verificar el torque de los pernos en la tapa de buje araña. | | | | | |
| | Verificar ajuste de la tapa de cilindro en el hidrosset. (chute de descarga de la chancadora). | | | | | |
| | Realizar la limpieza del colector de sedimentos | | | | | |
| | Equipo en operación. | | | | | |
| | Verificar el nivel de aceite de tanque de lubricacion principal. (marca referencial y % de caudal). | | | | | |
| | Verificar el nivel de aceite de tanques de lubricacion de hydroset. (marca referencial). | | | | | |
| | Verificar la presión del tanque de hydroset. | | | | | |
| | Inspeccionar si presenta fuga de aceite en las mangueras de lubricacion. | | | | | |
| | Comprobar que el aceite lubricante vuelva al deposito y que las mallas esten dentro de lo normal. | | | | | |
| | Comprobar que las válvulas de cierre entre los depósitos y las bombas están totalmente abiertas. | | | | | |
| | Verificar si presenta un ruido atípico en bomba de lubricación. | | | | | |
| | Verificar el estado de filtros de tanque de lubricación principal (presión y temp.) | | | | | |
| | Verificar el estado y funcionamiento de sopladores del tanque. | | | | | |
| | Verificar el estado de filtros del soplador. | | | | | |
| Inspeccionar el funcionamiento de los calentadores de aceite. | | | | | | |
| Inspeccionar presencia de fugas de aceite por las mangueras. | | | | | | |
| Verificar funcionamiento de los sopladores de la chancadora. | | | | | | |
| Verificar si presenta ruidos anormales en la chancadora. | | | | | | |
| Verificar la acumulación de material en los brazos del bastidor superior y realizar limpieza | | | | | | |
| Realizar limpieza en chute alimentación por acumulacion de mineral | | | | | | |
| Verificar el estado de mangueras de ingreso en la chancadora. | | | | | | |
| CHANCADORA CONICA CS430 | Verificar nivel de aceite de tanque de lubricacion principal | | | | | |
| | Verificar nivel de aceite de tanques de lubricacion de hydroset | | | | | |
| | Verificar ruidos anómalos en la bomba de lubricación | | | | | |
| | Verificar presión del tanque de hydroset | | | | | |
| | Verificar si existe fuga de aceite en mangueras de hydroset | | | | | |
| | Verificar ruido atípico en bomba de lubricación | | | | | |
| | Verificar ruidos anormales en la trituradora | | | | | |
| | Verificar estado de filtros de tanque de lubricación principal (presión y temp.) | | | | | |
| | Verificar el retorno de aceite al tanque principal (temp.) | | | | | |
| | Verificar el estado de mallas de tanque principal | | | | | |
| | Verificar la correcta apertura de válvulas de cierre del tanque principal y las bombas de lubricación | | | | | |
| | Verificar estado y funcionamiento de sopladores del tanque | | | | | |
| | Verificar estado de filtros del soplador | | | | | |
| | Verificar el correcto funcionamiento de los calentadores de aceite | | | | | |
| | Verificar posibles fugas de aceite por las mangueras | | | | | |
| | Verificar estado de guardas de protección | | | | | |
| | Verificar el correcto funcionamiento de los sopladores de la chancadora. | | | | | |
| | Verificar ruidos anormales en la chancadora | | | | | |
| | Verificar que no haya acumulación de material en los brazos de la seccion inferior del bastidor inferior | | | | | |
| | Verificar que no haya material de atasco en la tolva de alimentacion o en el separador y que no bloquee la apertura de alimentacion | | | | | |
| | Verificar ajuste o fugas por la tapa del cilindro hidrosset. (chute de descarga de la chancadora) | | | | | |
| | Verificacion de desgaste de chute de alimentacion y descarga | | | | | |
| | Verificar que el aceite lubricante vuelva al deposito y que las mallas esten dentro de lo normal | | | | | |
| | Verificar que las válvulas de cierre entre los depositos y las bombas esten totalmente abiertas | | | | | |
| | Limpieza del conducto del respiradero de la parte superior del bastidor | | | | | |
| | Inspeccion de protectores de brazos de top shel | | | | | |
| | Inspeccionar fuga de grasa de reten de buje araña | | | | | |
| | Realizar limpieza en chute alimentación por acumulacion de mineral | | | | | |
| Verificar estado de mangueras de ingreso en la chancadora | | | | | | |
| Comprobar el ajuste CSS. (Setting). | | | | | | |

(*) Si el equipo estaba en ESTADO BUENO indicar si se realizo Limpieza