

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN**  
**ENERGÍA**



**“MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD  
MEDIANTE KPI'S DE MANTENIMIENTO, APLICADO A LA  
CHANCADORA DE QUIJADA COMESA 24” X 36” DE LA  
PLANTA CONCENTRADORA POLIMETALICA CIA. MINERA  
LINCUNA S. A.”**

**AUTOR: Bach. CAPARACHIN CONDORI W. EMILIO J.**

**ASESOR: MG. ROBERT FABIAN GUEVARA CHINCHAYAN**

**INFORME DE EXPERIENCIA PROFESIONAL PARA  
OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO EN ENERGÍA**

**Nuevo Chimbote – Perú 2019**



Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad

## ACTA DE SUSTENTACION DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

A los diecinueve días del mes de julio del año dos mil diecinueve, siendo las diez horas de la mañana, se instaló en el Auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería en Energía, el Jurado Evaluador designado mediante **Resolución N° 264-2019-UNS-CFI**, integrado por los siguientes docentes:

- Mg. HECTOR DOMINGO BENITES VILLEGAS : PRESIDENTE
- Ms. NELVER JAVIER ESCALANTE ESPINOZA : SECRETARIO
- Mg. ROBERT FABIAN GUEVARA CHINCHAYAN : INTEGRANTE
- Mg. SEGUNDO NICOLAS DIESTRA SÁNCHEZ : ACCESITARIO

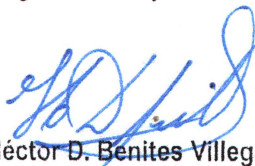
Para dar inicio a la sustentación y evaluación del Trabajo de Suficiencia Profesional titulada: "MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD MEDIANTE KPI's APLICADO A LA CHANCADORA DE QUIJADA COMESA 24" x 36" DE LA PLANTA CONCENTRADORA POLIMETALICA CIA. LINCUNA S.A.", elaborada por el Bachiller de Ingeniería en Energía: WILLIAMS EMILIO JUNIOR CAPARACHIN CONDORI con código de matrícula 201111046, teniendo como asesor al docente Mg. ROBERT FABIAN GUEVARA CHINCHAYAN, designado mediante Resolución Decanal N° 216-2019-UNS-FI.

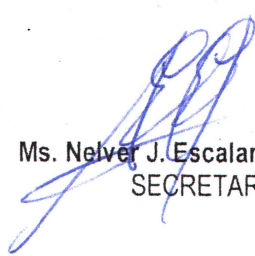
Terminada la sustentación el estudiante, respondió las preguntas formuladas por los miembros del jurado y el público presente.


El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, en concordancia con el artículo 103° del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Santa, declara:

BACHILLER	PROMEDIO	PONDERACIÓN
WILLIAMS EMILIO JUNIOR CAPARACHIN CONDORI	DIACISRETE (13)	MOJ BUENO

Siendo las once horas del mismo día, se da por terminado el acto de sustentación, firmando los integrantes del jurado en señal de conformidad.

  
Mg. Héctor D. Benites Villegas  
PRESIDENTE

  
Ms. Nelver J. Escalante Espinoza  
SECRETARIO

  
Mg. Robert F. Guevara Chinchayán  
INTEGRANTE



**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL  
DE INGENIERÍA EN ENERGÍA**

---

**HOJA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR**

El presente informe de experiencia profesional ha sido revisada y desarrollada en cumplimiento del objetivo propuesto y reúne las condiciones formales y metodológicas, estando encuadrado dentro de las áreas y líneas de investigación conforme al reglamento general para obtener el título profesional en la Universidad Nacional del Santa (R: D: N° 471-2002-CU-R-UNS) de acuerdo a la denominación siguiente:

**INFORME DE EXPERIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TÍTULO  
PROFESIONAL DE INGENIERO EN ENERGÍA**

**Título: “MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD MEDIANTE  
KPI'S DE MANTENIMIENTO, APLICADO A LA CHANCADORA DE QUIJADA  
COMESA 24” X 36” DE LA PLANTA CONCENTRADORA POLIMETALICA  
CIA. MINERA LINCUNA S. A.”**

**AUTOR:**

Bachiller CAPARACHIN CONDORI, W. Emilio J.

---

Mg. Robert Fabián Guevara Chinchayan

ASESOR



**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL  
DE INGENIERÍA EN ENERGÍA**

**HOJA DE CONFORMIDAD DEL JURADO**

El presente informe de experiencia profesional titulado:

**“MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD MEDIANTE  
KPI'S DE MANTENIMIENTO, APLICADO A LA CHANCADORA DE  
QUIJADA COMESA 24” X 36” DE LA PLANTA CONCENTRADORA  
POLIMETALICA CIA. MINERA LINCUNA S. A.”**

Elaborado por el:

Bachiller CAPARACHIN CONDORI, W. Emilio J.

Revisado y Aprobado por el siguiente jurado Evaluador

Mg. Héctor Domingo Benites Villegas

Presidente

M.Sc. Nelver J. Escalante Espinoza

Secretario

Mg. Robert Fabián Guevara Chinchayan

Integrante

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo en primer lugar a Dios quien supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mis padres Nora Condori Reyes y William Caparachin Contreras, han pasado muchos años desde que nací, sé que ha habido días difíciles y días que hemos sido una familia unida, pero incluso ante esos detalles de la vida, han buscado maneras de ofrecerme lo mejor. Han trabajado duro, y sin importar que llegasen cansados de su trabajo nunca desmallaban por darme un futuro mejor al suyo. La educación, valores y actitudes que me han brindado han formado bases sólidas de gran importancia en mi vida, ahora soy consciente de eso....

Muchas gracias.

A mi hermano menor Kevin porque siempre he contado contigo para todo, gracias a la confianza que siempre me has tenido; por demostrar que no se requiere lujos para poder ser feliz con lo que uno hace, eres una persona excepcional. Gracias por el apoyo de siempre.

A mi abuelita querida Modesta Roque de Caparachin, que desde el cielo nos cuida y guía nuestros caminos; gracias a tu sabiduría, consejos y confianza que influyeron en mi persona a ser decidido, para lograr todos los objetivos en la vida, siempre te tendré presente y siempre agradeceré a Dios por haberte conocido.

A mi abuelito querido Pedro Pascual Condori Huaranca por todo el apoyo brindado, durante mi crecimiento, has sido como un padre para mí, espero tenerte por muchos años más....

A mi familia en general, porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

A los docentes, en especial a mi asesor Robert Fabián Guevara Chinchayan, que, en este andar por la vida, influyeron con sus lecciones y experiencias en mi formación profesional, para estar preparado a los retos que pone la vida, a todos y cada uno de ellos les dedico cada una de estas páginas.

## RESUMEN

El presente informe tiene como objetivo la utilización de la técnica de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM o Reliability Centred Maintenance), en la que consiste el análisis de la data del equipo en operación en su área de trabajo, como los fallos posibles y presentes, que limitan su disponibilidad e incrementan el costo por mantenimiento.

Por lo tanto, se recabará información e identificara los subsistemas críticos, en los que se han presentado problemas y que han afectado su correcto funcionamiento, las cuales son factores de que se reduzca el correcto desempeño del equipo, teniendo un efecto directo en la producción, mantenimiento y un efecto colateral en la salud ocupacional del personal operativo y medio ambiente, por ello haremos uso del método Análisis de Modo de Falla, Efectos y Criticidad (AMFEC).

Con la aplicación del RCM, se plantean medidas estratégicas preventivas, para la eliminación o mitigación de fallas de consideración, las cuales provocan paradas imprevistas del equipo o sistema, como tales:

- Mejoramiento de planes de mantenimiento eficaces que eviten o reduzcan averías, manteniendo una alta disponibilidad del equipo.
- Mejoras y modificaciones de repuestos de acuerdo a las fallas frecuentes presentadas.
- Medidas que reducen los efectos de los fallos, en el caso de que estos no puedan evitarse.
- Implementación de procedimientos operativos, tanto de operación como de mantenimiento.
- Mejora la comprensión del funcionamiento de los equipos y sus subsistemas, como sus componentes críticos.

Con la implementación de esta técnica se tiene como objetivo mejorar el rendimiento operacional del equipo, manteniendo o incrementando la disponibilidad de la misma, de tal manera que prolonguemos la vida útil de sus componentes, es así que mitigamos o eliminamos las fallas y sus efectos; y como consecuencia denotamos el incremento en los indicadores clave de desempeño (Key performance indicators o Kpi's) y al mismo tiempo una reducción notable en los costes de mantenimiento.

**Palabras claves:** Mantenimiento, confiabilidad, mantenibilidad, disponibilidad.

## ABSTRAC

The objective of this report is to use the Reliability Centred Maintenance (RCM) technique, which consists of the analysis of the data of the equipment in operation in its work area, such as possible and present failures, which limit its availability and increase the cost of maintenance.

Therefore, information will be collected and critical sub-systems will be identified, in which problems have arisen and which have affected their correct functioning, which are factors that reduce the correct performance of the equipment, having a direct effect on production, maintenance and a collateral effect on the occupational health of operational staff and the environment, therefore we will use the Failure Mode Analysis, Effects and Criticity (AMFEC) method.

With the application of the RCM, preventive strategic measures are proposed, for the elimination or mitigation of serious faults, which cause unexpected stops of the equipment or system, such as:

- Improvement of effective maintenance plans that avoid or reduce breakdowns, maintaining a high availability of the equipment.
- Improvements and modifications of spare parts according to the frequent failures presented.
- Measures that reduce the effects of failures, in the case that these cannot be avoided.
- Implementation of operating procedures, both operation and maintenance.
- Improved understanding of the operation of equipment and its subsystems, such as critical components.

With the implementation of this technique the objective is to improve the operational performance of the equipment, maintaining or increasing its availability, in such a way that we prolong the useful life of its components, thus mitigating or eliminating failures and their effects; and as a consequence we denounce the increase in the key performance indicators (Kpi's) and at the same time a notable reduction in maintenance costs.

**Keywords:** Maintenance, reliability, maintainability, availability.

# ÍNDICE

Hoja de conformidad del asesor

Dedicatoria

Resumen

Abstrac

Índice

<b>CAPITULO I INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
1.1. Generalidades	2
1.1.1. Compañía Minera Lincuna S. A.	2
1.1.2. Ubicación	2
1.1.3. Estructura organizativa de la empresa	3
1.1.4. Descripción del equipo	4
1.2. Realidad Problemática	6
1.3. Antecedentes	7
1.4. Importancia y Justificación del estudio	9
1.5. Objetivos	10
1.5.1. Objetivos Generales	10
1.5.2. Objetivos Específicos	10
<b>CAPITULO II MARCO TEORICO</b>	<b>11</b>
2.1. Reliability Centred Maintenance (RCM)	12
2.1.1. Objetivos del RCM	12
2.1.2. Los siete pilares del RCM	13
2.1.3. Análisis del Modo y Efecto de Fallos (AMEF)	13
2.1.3.1. Funciones y parámetros de funcionamiento	14
2.1.3.2. Fallas funcionales	15
2.1.3.3. Modos de falla	15
2.1.3.4. Efectos de falla	17
2.1.3.5. Consecuencias de la falla	17
2.1.3.6. Beneficios del AMEF	22
2.1.4. Aplicando el proceso de RCM	23
2.1.5. Los resultados de un análisis RCM	24
2.2. Key Performance Indicators (KPI's) o Indicador Clave de Rendimiento	25
2.2.1. Confiabilidad C(t)	25



2.2.2.	Mantenibilidad M(t)	27
2.2.3.	Disponibilidad D(t)	28
<b>CAPITULO III</b>	<b>MATERIALES Y METODO</b>	<b>30</b>
3.1.	Tipo de Investigación	31
3.2.	Método de Investigación	31
3.3.	Metodología para la aplicación del RCM	31
3.4.	Técnica e instrumentos para recolección de data	31
3.5.	Aplicación de kpi's para el proceso del RCM	32
3.5.1.	Análisis de indicadores de gestión de mantenimiento	32
3.5.2.	Análisis de criticidad	35
3.5.3.	Diagrama de Pareto	39
3.5.4.	Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC)	40
3.5.5.	Proceso de decisión de RCM	44
3.6.	Tratamiento de la información	51
3.6.1.	Procesamiento de la información	51
3.6.2.	Análisis de la información	51
3.6.3.	Interpretación de resultados	51
<b>CAPITULO IV</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES</b>	<b>52</b>
4.1.	Interpretación de resultados para la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad	53
4.2.	Relación entre confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad	53
4.3.	Interpretación de resultados del diagrama de Pareto para frecuencia de fallas	54
4.4.	Interpretación de resultados del AMFEC y criticidad del equipo	54
4.5.	Evaluación económica	55
4.5.1.	Costo - Beneficio de la implementación del RCM en la Chancadora	55
4.5.2.	El mantenimiento como centro de ingresos	57
4.5.3.	Calculo de los costos asociados a la mantención de la Chancadora de Quijada Comesa 24" x 36"	58
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>		<b>62</b>
Conclusiones		63
Recomendaciones		65
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b>		<b>66</b>
<b>ANEXOS</b>		<b>72</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. Localización de la Compañía Minera Lincuna (Google Maps)	2
Figura 2.1. Parámetro de funcionamiento del activo (John Moubray, “Reliability Centred Maintenance”, año 2004)	15
Figura 2.2. Categorías de modo de falla (John Moubray, “Reliability Centred Maintenance”, año 2004)	16
Figura 2.3. Perspectiva tradicional de falla (John Moubray, “Reliability Centred Maintenance II”, año 1997)	19
Figura 2.4. Seis patrones de falla (John Moubray, “Reliability Centred Maintenance II”, año 2004)	20
Figura 2.5. Grupo de revisión RCM (John Moubray, “Reliability Centred Maintenance II”, año 2004)	24
Figura 2.6. Indicadores básicos de mantenimiento (Francisco J. González Fernández, “Auditoria del mantenimiento e indicadores de gestión”, año 2010)	25
Figura 3.1. Proceso de gestión de mantto aplicando el AMFEC (Aguilar, Torres y Jiménez, “AMFEC para el mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad”, año 2010)	41
Figura 3.2. Diagrama de decisión RCM (Moubray, “Mantenimiento centrado en la confiabilidad”, año 2004)	46
Figura 3.3. Método de registro de las consecuencias de fallo en la hoja de decisión (Moubray, “Mantenimiento centrado en la confiabilidad”, año 2004)	47
Figura 3.4. Llenado correcto de la hoja de decisión – evaluación de consecuencias de falla (Moubray, “Mantenimiento centrado en la confiabilidad”, año 2004)	48
Figura 3.5. Llenado correcto en la hoja de decisión, criterios de factibilidad técnica (Moubray, “Mantenimiento centrado en la confiabilidad”, año 2004)	49

Figura 3.6. Llenado correcto en la hoja de decisión, las preguntas “a falta de” (Moubray, “Mantenimiento centrado en la confiabilidad”, año 2004) 50

Figura 4.1. Cotización aprobada por servicio integral de mantenimiento Parada de Planta 59

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1. Ficha técnica de Chancadora Comesa 24” x 36” (Manual de instalación Cía. Lincuna S. A.)	6
Tabla 2.1. Tiempos transcurridos desde la falla de un equipo y su puesta en marcha (Mesa; Yesid y Pinzón, “La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento”, año 2006)	28
Tabla 3.1. Criterios de evaluación de criticidad (Montes Rojas, “Propuesta de una nueva gestión de mantto para la planta concentradora de Cobriza”, año 2003)	39
Tabla 3.2. Estructura de hoja de información RCM (Moubray, “Mantenimiento basado en la confiabilidad”, año 2004)	42
Tabla 3.3. Criterios de análisis para el NPR (Martin Da Burga, “Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad a motores a gas de dos tiempos en Pozos de alta producción”, año 2010)	43
Tabla 3.4. Estructura de hoja de decisión RCM (Moubray, “Mantenimiento basado en la confiabilidad”, año 2004)	45

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Análisis RCM de KPI's de la Chancadora de Mandíbula Comesa 24" x 36"	73
Anexo 2. Análisis RCM de la criticidad y AMFEC de la Chancadora de Mandíbula 24" x 36"	101
Anexo 3. Flow sheet planta polimetálica aprobada 3000 TMD – U. M. Lincuna	113
Anexo 4. Ordenes de trabajo del área de Chancado de la planta Concentradora	114
Anexo 5. Vista de sección y partes a detalle de la trituradora Comesa 24" x 36" (Manual de instalación Cía. Lincuna S. A.)	118
Anexo 6. Componentes del sistema de lubricación de la trituradora Comesa 24" x 36"	119
Anexo 7. Disposición general de la trituradora Comesa 24" x 36" (Manual de instalación Cía. Lincuna S. A.)	120
Anexo 8. Papel de Weibull (Calculo manual)	121

**CAPITULO I**  
**INTRODUCCION**

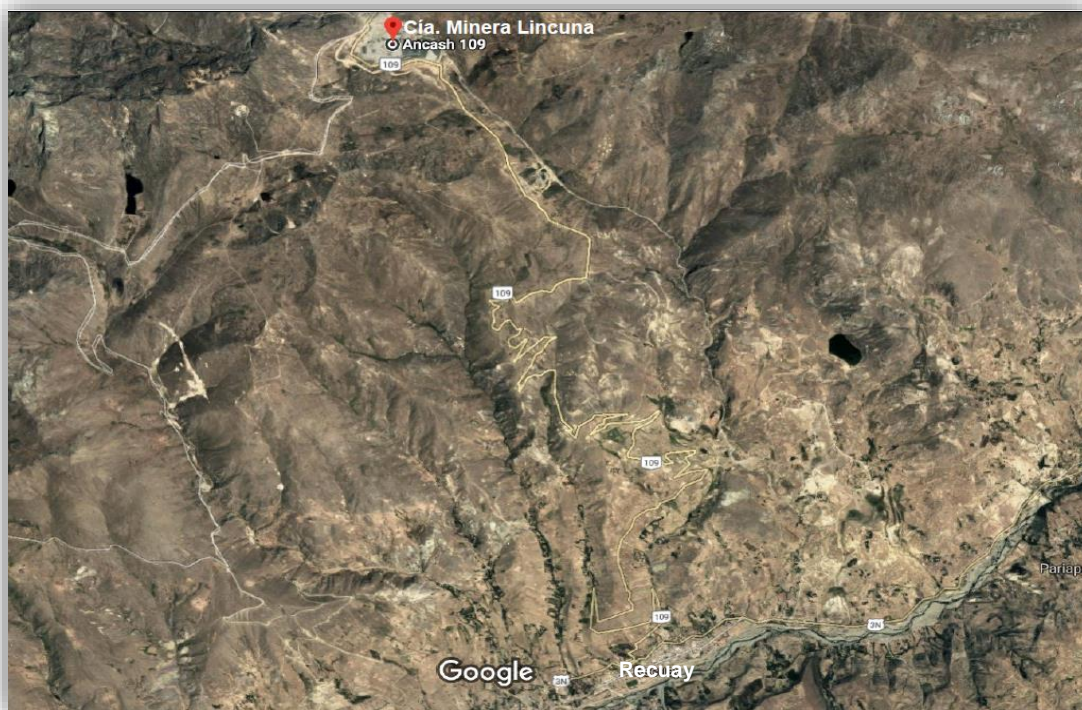
## 1.1 GENERALIDADES

### 1.1.1. COMPAÑÍA MINERA LINCUNA S. A.

Cía. Minera Lincuna, es una empresa peruana de la mediana minería, que entra en operación el año 2006, con oficinas administrativas en la ciudad de Lima, se dedica a la explotación de minerales como plata, plomo, zinc y cobre, la cual viene trabajando con una producción mensual total de concentrado de 60 000 TM, proveniente de tres minas: Hércules (1000 TMD), Coturcan (800 TMD) y Huancapeti (500 TMD).

### 1.1.2. UBICACION

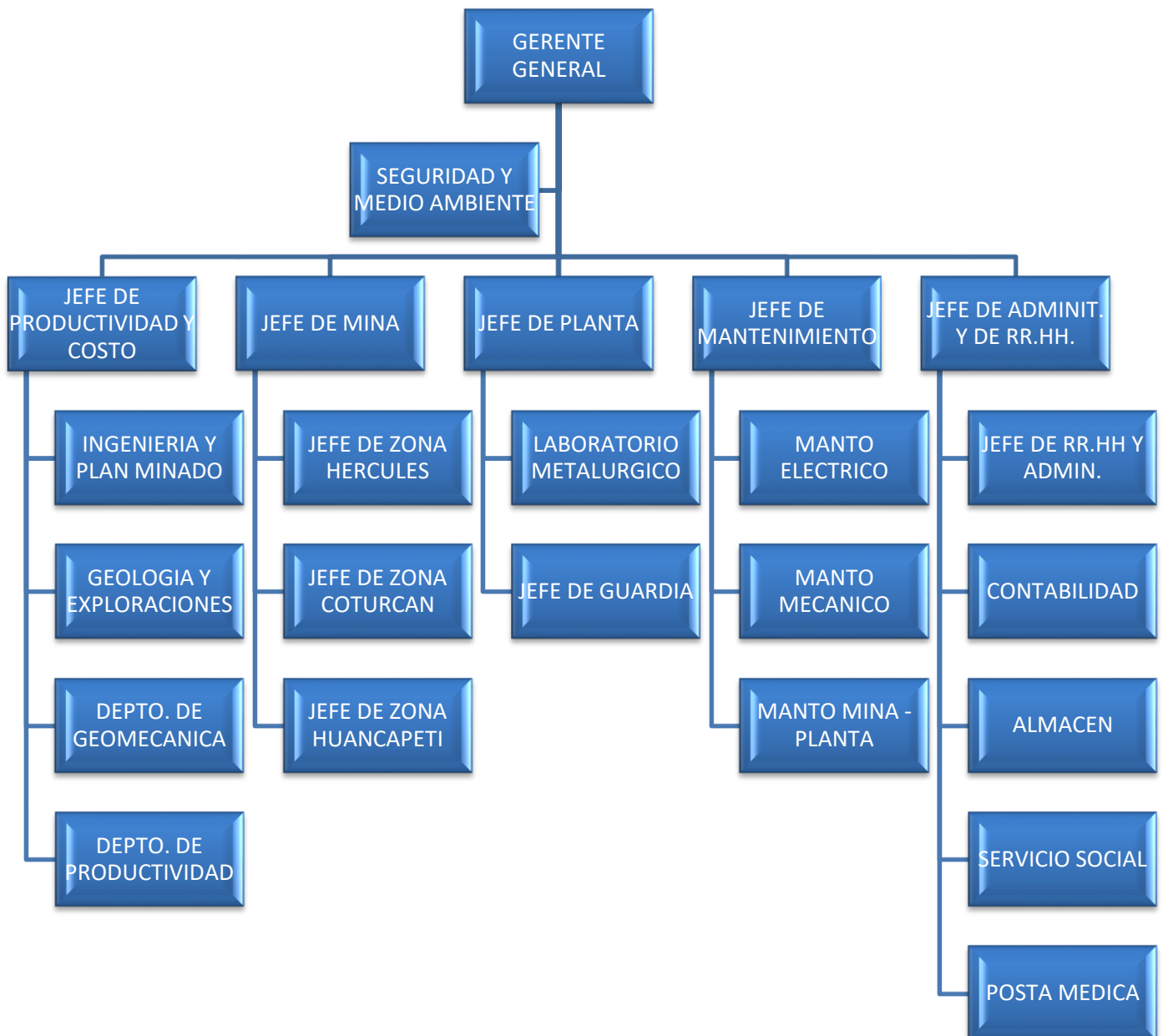
La compañía minera se encuentra ubicada entre los distritos de Aija y Ticapampa, en el departamento de Ancash. Su actividad se desarrolla sobre los 4100 msnm en la vertiente oriental (cuenca del río Santa) y 3920 msnm (cuenca del río Huarmey) hasta los 4770 msnm.



**Figura 1.1. Localización de la Compañía Minera Lincuna (Google Maps)**

### 1.1.3. ESTRUCTURA ORGANIZATIVA DE LA EMPRESA

La Cía. minera Lincuna S. A., está organizada de una forma lineal, en el cual su estructura está definida de manera jerárquica, con responsabilidades y objetivos ya definidos para cada área, los cuales han tenido hasta el momento resultados regulares, y que por motivos ajenos ha sido generada por la variación de cambio de personal encargado de dichas áreas, debido a la limitancia de los recursos materiales.



Esquema 1.1. Estructura organizacional de la Cía. Minera Lincuna S. A.



#### **1.1.4. DESCRIPCION DEL EQUIPO**

La máquina a analizar es una trituradora de mandíbula o de quijada de marca Comesa modelo 1020, utilizada en la primera etapa del circuito de chancado, su operación se da a plena carga, motivado a que, si se presenta una falla ocasionarían elevados costos de mantenimiento para la compañía, ya que se detendría el suministro de carga para la operación en planta, dado que es la única que cumple el primer proceso de reducción de tamaño de las rocas extraídas de la mina, respecto a los demás elementos del circuito (David, 2016).

En una chancadora de quijada, su funcionamiento es de la siguiente forma:

La polea de transmisión recibe el movimiento desde el motor, la cual acciona el eje excéntrico que hace que se desplace la superficie de contacto móvil (muela móvil), obteniéndose un rose de manera alterna repetitiva respecto a la muela fija, generando presión sobre en los fragmentos de mineral de procesamiento, las cuales ingresan por la abertura de entrada, y se trituran entre la placa fija y móvil, descargándose por la garganta o separación existente entre dichas muelas (David, 2016).

Las componentes más importantes que presenta la chancadora de doble efecto son:

- El eje excéntrico, opera con una o dos platinas tensoras que conservan en su lugar al sistema de movimiento del eje; posee rodamientos que deben estar lubricados permanentemente.
- Liners de las mandíbulas móvil y estacionaria, que pueden ser lisas o corrugadas de acuerdo al uso que se dará a la chancadora y que van asegurados con cuñas laterales, ya que son las superficies de contacto con el material de procesamiento, el material que estará compuesto dicha pieza será de importancia relevante para determinar el tiempo de duración ya que deben ser sustituidas regularmente por motivo de sufrir de desgaste constante.
- Riostras o placas articuladas (toggle plates), es una placa de hierro fundido la cual mantiene el ángulo de contacto entre la mandíbula móvil y estacionaria (David, 2016).

Su operación en si es sencillo, pero se puede ver afectada en su eficiencia por las siguientes causas tales como la humedad del mineral, la cual si esta es muy alta haría que se adhieran a la cámara de chancado, y no permitiría el flujo adecuado en la carga. De la misma manera la falta de clasificación cuando llega el material de mina relativamente pequeño, ocasionando que se llene la cámara de chancado y no se produzcan contextos operacionales requeridas para la trituración de las partículas, ya que las rocas de menor tamaño producirían una acción amortiguante (David, 2016).

El correcto funcionamiento de esta maquinaria depende en clasificar el material a procesar ya que suceden casos que el mineral que sale de mina está conformado por material metálico como alambres y herramientas manuales que podrían provocar atoros o quebrar la mandíbula y esto desenlazaría en paradas no planificadas (David, 2016).

El proceso de producción al que pertenece dicha máquina, lo detallaremos brevemente como conocimiento general:

El mineral extraído de mina pasa por una balanza, donde se lleva el control de tonelaje para luego ser almacenado en un stockpile de 5000 TM, para luego ser transportado hacia dos tolvas de gruesos de capacidades de 500 TM y 800 TM.

Las etapas del área de chancado están conformadas en el siguiente orden; chancado primario, constituido por una chancadora quijada 24"x36"; chancado secundario con la chancadora cónica 4¼' y finalmente el chancado terciario conformado por la chancadora cónica HPF- 220. Y su circuito contempla la instalación de diversos equipos como: zaranda, grizzli, apron feeder, un sistema de fajas de 1000 mm de ancho, todas instaladas en circuito abierto. El producto final del chancado será de un tamaño malla menor a 3/8" que luego serán almacenadas en tres tolvas de finos (Tancaylo, 2018).

<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>CH1020</b>
<b>Tipo</b>	Trituradora de quijada
<b>Aplicación</b>	Tratamiento de áridos
<b>Uso</b>	Exterior/ interior
<b>Capacidad</b>	138 ton/hr
<b>Producto</b>	2 ½” – 3”
<b>Potencia máx. del motor</b>	89.48 KW
<b>Velocidad</b>	360 rpm
<b>Abertura entre quijadas</b>	24”
<b>Ancho de quijadas</b>	36”

**Tabla 1.1. Ficha técnica de Chancadora Comesa 24” x 36” (Manual de instalación Cía. Lincuna S. A.)**

## **1.2 REALIDAD PROBLEMÁTICA**

La planta concentradora Lincuna, está conformada por distintas etapas de producción, como son: acarreo de mineral, chancado, molienda, flotación, espesamiento, filtrado y despacho.

El área de chancado primario, es la etapa de nuestro interés, en el que el equipo responsable de este proceso es la chancadora de mandíbula o quijada Comesa 24” x 36” Mod. 1020, el cual su función primordial es de reducir el diámetro de las rocas procedentes de mina y trasladarlas al área de molienda, y al que se le pretende aplicar la metodología del RCM.

Dicho lo anterior el área de Mantenimiento tiene como labor fundamental garantizar la disponibilidad operativa de estos equipos instalados para el proceso constante y auto sostenido de manera continua dentro la producción de las operaciones mineras, con el objetivo de extender la vida útil, prevenir y eliminar fallas, y como consecuente mejorar el proceso. Ya que una gestión de mantenimiento deficiente incurriría en desembolsos económicos excesivos para la compañía y que afectarían la producción en la planta concentradora, por ello se requiere tener el control de los datos, reportes e historiales de mantenimiento que son necesarios para la preparación planes de mantenimiento más eficientes y puntuales. Considerando dicha aplicación

de estos puntos claves se pretende mejorar el rendimiento de la función del equipo, incrementando su confiabilidad y disponibilidad, y así alcanzar la mejor relación costo - beneficio.

Actualmente se tiene la siguiente situación que se desea revertir:

- ❖ Falta de identificación de los componentes críticos de la chancadora CH1020.
- ❖ No hay una evaluación de las fallas funcionales de la chancadora, es decir, no se realiza el Análisis de Modos de Falla, Efectos y Criticidad (AMFEC).
- ❖ Estos factores que no tienen un control adecuado, influyen en la baja disponibilidad del área de chancado, fundamentalmente en este equipo, por lo que se realiza este informe para generar alternativas de solución a este problema y brindar una herramienta que mejore su disponibilidad.

### **1.3 ANTECEDENTES**

**1.3.1. Maldonado y Sigüenza (2012).** En su tesis titulada “Propuesta de un plan de mantenimiento para maquinaria pesada de la Empresa Minera Dynasty Mining del cantón de Portovelo” – Universidad Politécnica Salesiana de Cuenca de Ecuador. Define que la programación de mantenimiento es una herramienta primordial aplicativa en la que debe ejecutarse tanto procedimientos como recomendaciones establecidas para cada equipo, alcanzando así la operatividad de la máquina y extendiendo la vida operativa de la misma.

**1.3.2. Valentín Vicente Víctor Frank (2014).** En su tesis titulada “Mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad mecánica de las excavadoras CAT 336DL en el proyecto Toromocho” – Universidad Nacional del Centro del Perú. Dicha investigación concluye que, la utilización del proceso RCM se llegó a sobrepasar en 7.9% la disponibilidad media, lo cual se logró superar el objetivo mínimo para excavadoras 336DL que era del 85%, y esto se logró mediante la determinación de las fallas críticas y el mejoramiento del análisis de criticidad de los equipos prolongando así la vida operativa del sistema, subsistema y componentes del CAT 336DL.

- 1.3.3. Bocanegra Yáñez y Morales Hernández (2010).** En su tesis titulada “Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad a equipos de la empresa Gyec Grupo Mexicano S.A. de C. V.” – Instituto Politécnico Nacional de la Unidad Profesional Interdisciplinaria de ingeniería, ciencias sociales y administrativas. Concluye que es de suma importancia la aplicación de una adecuada programación de mantenimiento con conceptos metodológicos del RCM a componentes críticos, que así se evitarían paros imprevistos en la producción que generarían costos elevados en mantenimiento y sobre todo pérdidas económicas importantes para la empresa.
- 1.3.4. Farfán Bertín Fabián Mauriciano (2014).** En su tesis titulada “Realizar un plan de mantención preventiva del chancador primario Fuller en división Codelco Andina” – Universidad Austral de Chile. Dicha investigación concluye que predecir anticipadamente posibles fallas mediante el adiestramiento del personal operativo de manera que se crea una consciencia analítica para el hallazgo de futuras fallas, y la implementación de un programa de mantenimiento, mediante el modelo de falla más crítica según la importancia a la chancadora primaria se lograría en dichas condiciones una disminución considerable en las acciones correctivas actuales.
- 1.3.5. Cristian Andrés Opazo Miño (2006).** En su tesis titulada “Implementación de un sistema de inspección para la unidad de chancado - División el teniente” Universidad de Talca Chile. Concluye que el implementar un sistema técnico de inspección en el área de chancado primario, las acciones correctivas se reducirían en un 30%, pero esto no se hubiera dado, sino se instruí al personal operativo de mantenimiento con el objetivo de anticiparse a posibles fallas, con el cual se debe llevar un control de información confiable del estado de los equipos de chancado e ir archivándose, y como aplicación importante a destacar el uso de la técnica de mantenimiento denominado RCM, la cual procura analizar sus funciones, probables fallos, modo y causas de fallos, efectos, y por último sus consecuencias, la cual permitió establecer estratégicamente un mantenimiento adecuado y esto se debe como anteriormente se mencionó, a la evaluación de los responsables

del área de mantenimiento que son los mecánicos e ingenieros, los cuales mediante su experiencia se establecieron los índices de criticidad de los equipos conformantes al área de chancado primario.

#### **1.4 IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO**

El estudio del Reliability Centred Maintenance (RCM), tiene sus orígenes en la industria de la aviación de los EE. UU., y establecida como una cultura en la gestión de mantenimiento, pero con este aspecto importante a resaltar, en el que consiste incentivar en la utilización de innovaciones respecto a técnicas elaboradas para el área del mantenimiento, y con esta visión ha sido aplicada durante muchos años a sus aviones militares. Estos buenos resultados del RCM, en las actividades del mantenimiento, ha llevado que compañías como las petroquímicas hasta las fuerzas militares del primer mundo las utilicen usualmente, así como la refinería e industria de manufactura, sector eléctrico, petrolera, etc., se interesen en implementarla adaptándolas a sus necesidades de operación industrial y que han permitido de manera eficiente, optimizar sus procesos de producción, minimizando posibles fallos de sus activos.

Mucho más allá de las expectativas dadas por el efecto importante de los periodos inproductivos (fallos) en la producción y costo total, los nuevos estudios están cambiando el criterio más simple referente al mantenimiento. Especialmente, se hace suponer ahora que es menos la relación entre el tiempo que lleva un equipo trabajando y sus posibles fallas.

Con lo descrito anteriormente, y de acuerdo a la situación actual de la zona de chancado de la planta concentradora de la minera Lincuna, que en la actualidad por causas de continuas paradas imprevistas de la chancadora de quijada o de mandíbula Comesa 24" x 36", ha afectado la disponibilidad operacional del mismo, por lo que el proceso de mantenimiento es primordial para evitar efectos no deseados, ya que influye en la disponibilidad y en los costos generados innecesariamente, por ello nos motiva a aplicar esta técnica metodológica del RCM, con el único fin de dar los criterios necesarios para incrementar la disponibilidad de la máquina, con el efecto de permitir la disminución del número de fallas imprevistas y por consiguiente el incremento del rendimiento del mismo.

## **1.5 OBJETIVOS**

### **1.5.1. OBJETIVO GENERAL.**

Implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) a la Chancadora de Quijada Comesa Mod. 1020 de la Cía. Minera Lincuna S.A.

### **1.5.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.**

- a) Determinar y evaluar la relación de subsistemas y componentes críticos de la Chancadora Comesa.
- b) Análisis y determinación de parámetros de confiabilidad y mantenibilidad de la Chancadora Comesa.
- c) Análisis y determinación de la disponibilidad de la Chancadora 24" x 36".
- d) Estimar el costo por mantenimiento de la chancadora 24" x 36" de la Cía. Minera Lincuna S.A.

**CAPITULO II**  
**MARCO TEORICO**



## **2.1.RELIABILITY CENTRED MAINTENANCE (RCM)**

El Mantenimiento Centrado en Confiabilidad es una técnica metodológica estructurada para establecer la mejor estrategia de mantenimiento, con el objeto de determinar un proceso sistemático de análisis, con lo que asegure que los equipos continúen desempeñando las funciones requeridas por el área de mantenimiento en el contexto operacional, desde la revisión del diseño, operación, mantenimiento del sistema en sí y el equipamiento asociado. Su metodología reúne tres técnicas de mantenimiento equilibradas entre si, los cuales son correctiva, preventiva y predictiva (Weber, 2016).

Esta técnica habitualmente es utilizada para localizar fallas conocidas y desconocidas que ponen en riesgo la seguridad y confiabilidad del equipo (Weber, 2016).

Características del RCM:

- Es un pilar del TPM.
- Utiliza la mejora continua.
- Actividades de mantenimiento proactivo.
- Relación con causa efecto.
- Relación con Análisis de modos y efectos de fallo.
- Se basa en el análisis enfocado en funciones (Hernández, 2014).

### **2.1.1. OBJETIVOS DEL RCM**

#### **Objetivos Estratégicos**

El desarrollo del RCM, mejora la aptitud competitiva comenzando en las operaciones de planta de la compañía, debido a su efecto en la efectividad en la producción, flexibilidad y capacidad de respuesta, reduciendo así los costos operativos (Núñez, 2016).

#### **Objetivos Operativos**

La aplicación del RCM tiene como primordial objeto, la de mantener operativa la maquina en todas sus funciones en su plena capacidad instalada sin fallos, mitigando toda clase de perdida y mejorando la fiabilidad del equipo (Núñez, 2016).

### **2.1.2. LOS SIETE PILARES DEL RCM**

En cumplimiento de la norma SAE JA 1011 (1999), que especifica los criterios mínimos que debe cumplir un proceso, para ser considerado un método en conformidad al RCM (Sifonte, 2018).

Por ello según esta norma, las 7 preguntas básicas del proceso son:

1. ¿Cuáles son las funciones y parámetros de funcionamiento del equipo que se está analizando?
2. ¿Cuáles son los estados de falla (fallas funcionales) asociados con estas funciones?
3. ¿Cuáles son las posibles causas de cada uno de estos estados de falla?
4. ¿Cuáles son los efectos de cada una de estas fallas?
5. ¿Cuál es la consecuencia de cada falla?
6. ¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir la falla?
7. ¿Qué hacer si no puede encontrarse una tarea predictiva o preventiva adecuada para evitar o minimizar la consecuencia de la falla? (Sifonte, 2018).

### **2.1.3. ANALISIS DEL MODO Y EFECTO DE FALLOS (AMEF)**

AMEF es un método analítico, desde la perspectiva del mantenimiento, empleada para identificar los fallos y efectos posibles de un activo, planteadas en la etapa de la planificación, y con el propósito de anticiparse a que ocurra, de tal forma que se elimina o mitiga el riesgo asociado a las mismas, con el que se asegura la funcionalidad del equipo, alcanzando por ende la confiabilidad de su mismo sistema. En síntesis, AMEF, es una técnica estandarizada, utilizada para identificar los modos de fallos funcionales, determinar los efectos que se ocasionen, y de la misma forma determinar las acciones que conlleven a evitar su ocurrencia y obtener un método documentado de prevención, la cual asegure la funcionalidad y como finalidad alcance la confiabilidad estable que se busca en la operatividad de la maquina o activo (Torres, 2017).

Se listará los siguientes propósitos del AMEF:

### **2.13.1. FUNCIONES Y PARAMETROS DE FUNCIONAMIENTO**

Se define como lo que se requiere que cumpla dicho equipo adquirido. Todo equipo tiene más de una función específica en su contexto operacional. Si la finalidad del mantenimiento es garantizar que se cumplan las funciones solicitadas, siendo así, deberán identificarse todas ellas juntamente a los parámetros de funcionamientos requeridos (Sánchez, 2014).

Cada elemento del equipo cumple una función determinada, que en conjunto desarrollan una actividad operacional dada. Por esto, la pérdida parcial o total tiene un efecto asociado en la organización. De este resultado definido anteriormente es parte del proceso inicial del RCM en su ámbito operacional, en el que se establece el funcionamiento requerido de que cada componente y donde se cuantifica los estándares de funcionamiento cada vez que sea posible ya que estos tienen un efecto en la producción, en el medio ambiente, en el costo operacional y por ende en la seguridad (Moubray, 2004).

La metodología define los siguientes tipos de funciones:

➤ **Funciones primarias:**

Son aquellas razones del porqué de la necesidad del equipo (activo), y en el que, si algún componente falla, se ve afectado en el rendimiento en su campo operacional específico. Esta categoría está relacionada comúnmente a los factores como velocidad, producción y carga (Vásquez, 2008).

➤ **Funciones secundarias:**

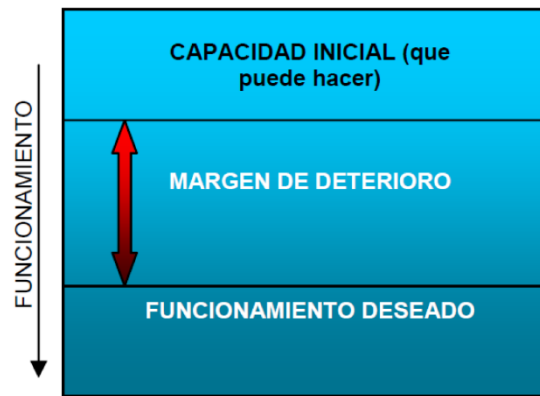
Son aquellas funciones que se esperan alcanzar adicionalmente a las que ya se cubren en las funciones operativas, y que se tiene una expectativa relacionadas con las áreas de seguridad, del cumplimiento de relaciones ambientales, control, integridad estructural, economía y eficiencia operacional (Vásquez, 2008).

El personal operativo que está constantemente en contacto con los activos de la empresa, están en una posición relevante para saber exactamente qué beneficios físicos y económicos hace dicho equipo en la organización. Por esto es esencial que dicho personal este empapado desde el comienzo en la implementación del RCM.

En resumen, esto significa que el funcionamiento puede definirse de la siguiente manera según John Moubray autor del libro RCM:

Funcionamiento requerido: lo que el operativo quiere que realice.

Funcionamiento inicial: lo que puede ejecutar.



**Figura 2.1. Parámetro de funcionamiento del activo (John Moubray, “Reliability Centred Maintenance”, año 2004)**

### **2.1.3.2. FALLAS FUNCIONALES**

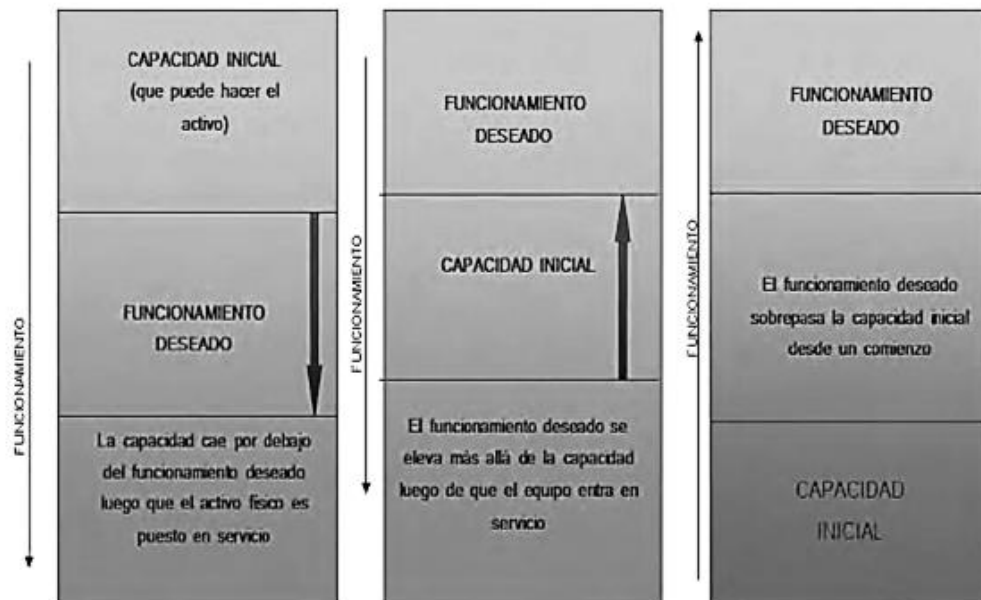
Una maquina falla en el momento que deja de efectuar lo requerido. Por ello en el ámbito del RCM, se considera como una falla funcional, la perdida absoluta de una función o el comportamiento funcional que esta fuera del límite de los parámetros de funcionamiento estandarizados.

Un equipo normalmente posee varias funciones específicas, y que estas estén en el riesgo de que fallen, establece que cualquier equipo puede tener diferentes estados de fallos. De esta manera podemos precisar que una falla es la incapacidad de realizar una función acorde a los parámetros de funcionamiento que el operativo considere (Vásquez, 2008).

### **2.1.3.3. MODOS DE FALLA**

Partiendo de la identificación de fallos funcionales presentes en un activo, da paso a determinar mediante hechos razonables que sucesos han ocasionado este estado de falla, a lo descrito anteriormente en la búsqueda de las causas posibles, se le define como el modo de falla.

Cuando se habla de determinar hechos razonables, hace también referencia a buscar similitudes de hechos parecidos en máquinas semejantes o idénticas que hayan operado en el mismo ámbito, al igual que fallas que están siendo prevenidas por mantenimientos presentes, de la misma manera también fallas que no han sucedido, pero tomadas como altamente probables (Castro, 2017).



**Figura 2.2. Categorías de modo de falla (John Moubray, “Reliability Centred Maintenance”, año 2004)**

Para mayor claridad se detalla lo siguiente en relación al gráfico:

➤ Capacidad debajo del funcionamiento deseado:

En muchos casos son debido al deterioro (corrosión, fatiga, abrasión, erosión, etc.), a los fallos por lubricación (deficiente lubricación), polvo, desarme (defectos en soldaduras, conexiones, etc.) y por errores humanos.

➤ Funcionamiento deseado por sobre la capacidad:

En esta situación en la que la exigencia aplicada a la capacidad del equipo, conlleva a puntos que el equipo ya no pueda responder debido al aumento del esfuerzo generando el deterioro acelerado, hasta alcanzar la inestabilidad del equipo y terminar en desuso.

➤ Capacidad fuera de rango desde el comienzo:

Situaciones en la que la inicialmente, el rango de la capacidad del equipo está por fuera de lo solicitado (Vásquez, 2008).

### **2.134. EFECTOS DE FALLA**

Como parte de implementar el RCM, y como consiguiente a lo detallado párrafos arriba, se debe realizar una lista de lo que sucedería al ocasionarse cada modo de falla. Al describir los efectos de una falla, se debe incluir toda información relevante, que sirva para la evaluación de las consecuencias de las fallas, que se detallara en la siguiente etapa de este análisis, continuando con lo mencionado, se debe responder ciertas preguntas básicas (Moubray, 2004):

- ¿Qué evidencia existe de que se ha producido la falla?
- ¿De qué forma representa una amenaza para la seguridad o medio ambiente?
- ¿De qué manera afecta a la producción o las operaciones?
- ¿Qué daños físicos ha sido causados por la falla?
- ¿Qué debe hacerse para reparar la falla? (Moubray, 2004).

Las fuentes de información más comúnmente utilizadas, pero no definitivas sobre modos y efectos de falla, debido a que no todas se adecuaran a las mismas funciones, en parámetros de funcionamiento establecidos y en su ámbito operacional, por consiguiente, se listara algunas fuentes de información (Moubray, 2004):

- Fabricante del equipo.
- Operadores del mismo u otro equipo similar.
- Personal operativo de mantenimiento.
- Lista genérica de modos de falla.
- Otras fuentes externas a la compañía (Moubray, 2004).

### **2.135. CONSECUENCIAS DE LA FALLA**

Teniendo un análisis previo de todo lo que puede ocasionar una falla desde la identificación de sus funciones, fallas funcionales, modos de falla y los efectos que son diferentes en cada una de ellas respecto a la circunstancia dada, esta situación conlleva a que se tome acciones inmediatas de reparación en intervalos de tiempos inciertos y que generan gastos eventuales, debido a estas consecuencias y que en muchas ocasiones son altamente graves, es por ello que se trata de anticipar una falla (Medina, 2016).

La técnica del RCM hace hincapié en un punto importante de su razón de ser, y es que exactamente no busca eliminar o minimizar las fallas, y el motivo que se realice mantenimiento, es enfocado en evitar o reducir las consecuencias que se puedan generarse o propagarse en perjuicio de la compañía (Medina, 2016).

Las consecuencias de fallas, se dividen de la siguiente manera en escala decreciente:

❖ Consecuencias del fallo oculto:

Estos fallos no tienen un efecto directo, pero desencadenan en múltiples fallas, con consecuencias severas, tales como fallas en sistemas de protección.

❖ Consecuencias para la seguridad o el medio ambiente:

Es considerada aquellos modos de falla, que tienen como consecuencias pérdidas o daños ya sean leves o graves, en la integridad de una persona, o en otras situaciones como incumplir leyes ambientales.

❖ Consecuencias operacionales:

Son consideradas, a toda aquella consecuencia que afecte directamente a la capacidad de producción, como: cantidad de producción, calidad de la producción o incremento del costo operacional.

❖ Consecuencias no operacionales:

Son aquellas fallas que no ejercen un efecto en la seguridad y producción, solo contempla el costo directo de reparación (Medina, 2016).

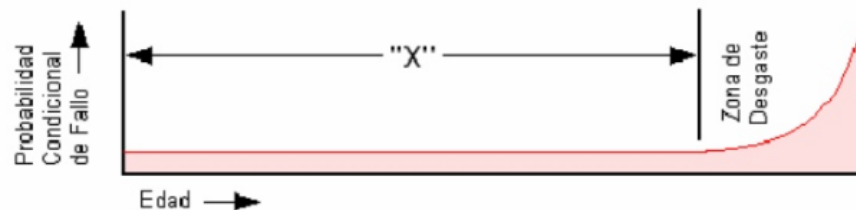
Como observamos en lo anterior, el proceso de RCM, toma como base estratégica el análisis de los modos de falla, en relación a los objetivos operacionales, ambientales y de seguridad, como parte de categorías de consecuencias, y siendo estas consideradas dentro de la relevantes en la prioridad para el mantenimiento (Medina, 2016).

Luego de analizar las consecuencias como punto esencial del RCM, esto ha llevado que también se reconsiderara aquella idea que toda falla es negativa y por ende hay que prevenirlas, es por esto que nos lleva a enfocarnos en la actividad de mantenimiento desde la forma que se maneja la falla.

Por ello procederemos a definir, las técnicas por etapa en el manejo de fallas:

➤ Tareas proactivas:

Anteriormente la idea de mantenimiento para alcanzar la disponibilidad, era definido como una acción rutinaria sobre el equipo, como reemplazar o reparar piezas (Pérez, s.f.).



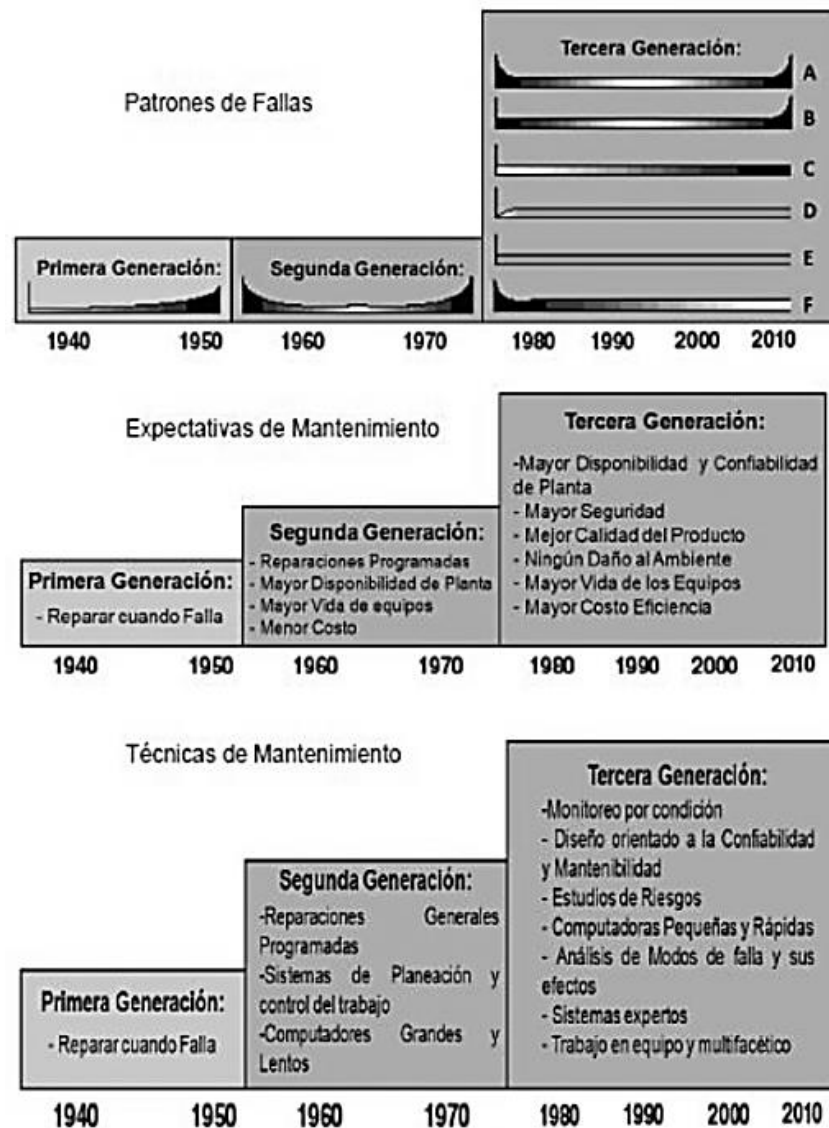
**Figura 2.3. Perspectiva tradicional de falla (John Moubray, “Reliability Centred Maintenance II”, año 2004)**

El gráfico representa, el pensamiento clásico, basada en la presunción que se tenía en aquellas épocas del mantenimiento, en él se tomaba como fundamento para la prevención, que los equipos eran confiables en un determinado periodo de su edad operacional que en el gráfico es representada por la variable X y que luego pasa a ser afectada por los desgastes en sus partes mecánicas. El problema que presentaba este pensamiento, era el asegurar en que momento dado era el límite de los componentes del equipo y así reemplazarlos, y por ende asegurar una operación estable (Pérez, s.f.).

Esta metodología clásica del mantenimiento, tenía como modelos los patrones de fallas tradicionales, las cuales mencionaremos a continuación, y a la vez hacer presente, que aún se siga utilizando este enfoque clásico, pero que ha ido siendo cada vez limitada, debido a la actual tecnología en los equipos en estos últimos años, mayor cantidad de componentes, complejidad operacional y otros (Pérez, s.f.).



El grafico siguiente como lo anterior dicho, muestran la probabilidad condicional de la falla en relación a la edad operacional:



**Figura 2.4. Seis patrones de falla (John Moubray, “Reliability Centred Maintenance II”, año 2004)**

❖ El patrón A:

Es la representación de la curva de la bañera, inicia con una gran incidencia de fallas, seguida por una probabilidad de falla condicional en constante crecimiento o gradualmente, y termina en la zona de desgaste (RCM-Confiabilidad, 2005).

Por ejemplo: Sistema electromecánicos, Interruptores limite y relevadores.

- ❖ El patrón B:  
Muestra una probabilidad condicional de falla constante o de gradual incremento, seguido por una pronunciada de desgaste (RCM-Confiabilidad, 2005).  
Por ejemplo: Bandas, poleas, engranajes y electrodos.
  
- ❖ El patrón C:  
Muestra el incremento de probabilidad condicional de falla, pero con la limitancia de no identificar precisamente una edad de desgaste (RCM-Confiabilidad, 2005).  
Por ejemplo: En su mayoría los motores y transmisiones.
  
- ❖ El patrón D:  
Muestra inicialmente una baja probabilidad condicional de falla cuando el equipo es nuevo, luego tiende a subir rápidamente a un punto que se mantiene constante a lo largo de su edad operacional (RCM-Confiabilidad, 2005).  
Por ejemplo: Elementos hidráulicos y neumáticos.
  
- ❖ El patrón E:  
Muestra una constante probabilidad condicional de falla durante todo el desarrollo de su vida operacional (fallas casuales) (RCM-Confiabilidad, 2005).  
Por ejemplo: Los rodamientos.
  
- ❖ El patrón F:  
Muestra en un comienzo, una alta mortalidad infantil, que luego va descendiendo a una probabilidad condicional de falla constante, durante su vida operacional (RCM-Confiabilidad, 2005).  
Por ejemplo: Componentes electrónicos.

Como hemos ido mencionando estos patrones no son determinantes del comportamiento de un equipo y sus elementos, y a medida que sea más completo los equipos irán variando más patrones.

➤ Acciones “a falta de”:

Cuando no se logra establecer una tarea proactiva, es ahí donde entra a tallar esta acción, iniciando con la tarea búsqueda de falla y por ultimo considerando el rediseño (Pérez, s.f.).

Para esto, el RCM establece tres categorías:

- Búsqueda de falla:

Este criterio consiste, en revisar de manera periódica, alguna función oculta que haya fallado.

- Rediseño:

Está basado en la acción de modificar la estructura inicial de un componente, en el que incluye cambiar su especificación técnica o el agregado de un elemento adicional, como también la modificación de su procedimiento.

- Ningún mantenimiento programado:

Conocido también como el mantenimiento “a rotura”, debido a que no se hace ningún esfuerzo para prevenir o evitar los modos de falla, y solo se espera a que suceda para poderla reparar (Pérez, s.f.).

### **2.13.6. BENEFICIOS DEL AMEF**

Los beneficios que nos brinda esta técnica, se divide de acuerdo a la magnitud que se genere ante la eliminación del modo de falla, por ello lo estableceremos en dos niveles, a corto y largo plazo:

A corto plazo, ahorros generados por los costos de reparación, las pruebas repetitivas y tiempo en parada generadas (horas ahorradas).

A largo plazo, incremento de producción a beneficio de la empresa (Martínez, 2004).

## **2.1.4. APLICANDO EL PROCESO DE RCM**

Antes de analizar un activo, lo primero es seleccionar cual, del total de activos de una empresa, será sometida al proceso de revisión de RCM. Debido a esto, se debe realizar un registro de planta de todos los activos, pero cabe mencionar que, en la actualidad debido a las normativas de mejora continua, ya existen sistemas informáticos con la data de planta, para organizaciones industriales, como por ejemplo el SAP.

### **2.1.4.1. PLANEAMIENTO**

La efectividad del mantenimiento, por la aplicación del proceso del RCM, en muchos casos sedan de manera rápida, sin embargo, esto no se daría sin una detallada preparación del planeamiento (Ardila y Mantilla, 2008):

- Toma de decisión para seleccionar aquellos activos que tendrán mayor beneficio por el proceso del RCM y de qué manera lo harán.
- Evaluar los recursos requeridos para la aplicación del proceso a los activos seleccionados.
- Una vez definida los activos que pasaran el proceso del RCM y los recursos necesarios para ello, y se haya analizado costo - beneficio de cada activo, se debe decir quien realizara y quien auditara cada análisis, que día y donde, y preparar lo necesario para que aquel personal reciba el entrenamiento apropiado.
- Asegurar que el ámbito operacional de cada equipo este bien comprendido (Ardila y Mantilla, 2008).

### **2.1.4.2. GRUPOS DE REVISION**

Como parte del proceso del RCM, hemos contemplado siete preguntas básicas que deben ser respondidas, pero que en la practica el personal del área de mantenimiento no pueden responder a todas ellas por si solos. Esto es debido a que la mayor parte de respuestas solo las pueden brindar personal que está en constante contacto con los equipos en si, como son los operadores de planta, ya que estas preguntas están relacionadas a las funciones, modos, efecto y consecuencias de la falla (Moubray, 2004).

Por los motivos mencionados anteriormente para la revisión de los requerimientos del mantenimiento, se debe conformar un grupo de trabajo, que más allá de la antigüedad de algunos de los miembros, debe estar conformada por aquellos que tengan bajo su revisión dicho equipo, y que estas deben estar previamente capacitadas en RCM. La conformación de dicho grupo debe estar como mínimo incluido a un personal con la función de operaciones y otro de mantenimiento (Moubray, 2004).

El beneficio de la formación de estos grupos en el proceso de RCM, es también la de incrementar el entendimiento a plenitud del equipo en su contexto operacional (García, 2013).



**Figura 2.5. Grupo de revisión RCM (John Moubray, “Reliability Centred Maintenance II”, año 2004)**

### 2.1.5. LOS RESULTADOS DE UN ANALISIS RCM

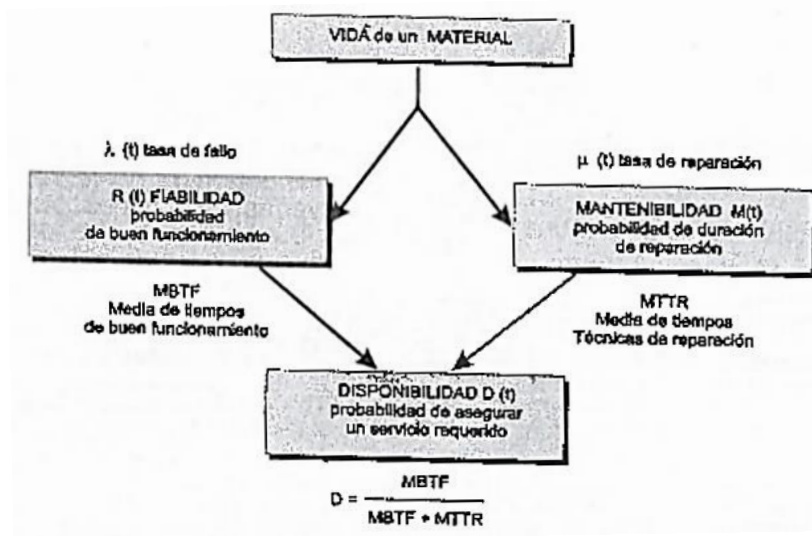
Si se toma las consideraciones establecidas como se ha ido perfilando en la estructura de un grupo de trabajo de análisis de RCM, los resultados serán significativos e importantes (García, 2013):

- ◆ Planes de mantenimiento mejor elaborados por el área de mantenimiento.
- ◆ Procedimientos de operación más efectivos, para los operadores de planta.
- ◆ Lista de cambios tanto en la operación de un equipo, como la modificación en el diseño estructural, ya que la inestabilidad en muchos casos del equipo, puede estar dada por la actual configuración de trabajo.

Otros resultados, pero no menos importante, es que la conformación de este grupo incrementa los conocimientos en cuanto a la funcionalidad del equipo, y que de otra forma también abre lazos de trabajo en conjunto (García, 2013).

## 2.2.KEY PERFORMANCE INDICATORS (KPI'S)

Existen variedades de indicadores de acuerdo a la necesidad del rubro de trabajo, con un solo objetivo la de medir el rendimiento de la gestión de mantenimiento de una empresa y que generalmente se recogen en su plan estratégico. Dentro de lo que vamos a aplicar en este informe, se destacan tres indicadores de mayor utilidad (Gonzales, 2010):



**Figura 2.6. Indicadores básicos de mantenimiento (Francisco J. González Fernández, “Auditoria del mantenimiento e indicadores de gestión”, año 2010)**

Los parámetros estadísticos de mantenimiento son:

### 2.2.1. CONFIABILIDAD $C(t)$

Al hablar de confiabilidad, nos referimos a la probabilidad de que un equipo, funcione adecuadamente, siguiendo sus especificaciones dentro de un periodo de tiempo establecido, siempre considerando las condiciones especificadas desde el inicio. En otras palabras, es la probabilidad de que un activo no falle en un intervalo de tiempo. Un sistema confiable debe garantizar la seguridad de las personas y de los procesos críticos ante cualquier eventualidad (Mesa, Ortiz y Pinzón, 2006).

La confiabilidad de un equipo puede ser expresada de la siguiente manera:

$$C(t) = e^{-\lambda t}$$

Donde:

$C(t)$ : Confiabilidad de un equipo en un tiempo “t” dado.

e: Constante Neperiana ( $e=2.303\dots$ ).

$\lambda$ : Tasa de fallas (Número total de fallas por periodo de operación).

t: Tiempo.

En otros casos, en vez de utilizar lambda  $\lambda$ , es más usual usar su inversa, conocida como “Tiempo medio entre fallas” o con sus sigla en inglés MTBF (Mesa et al., 2006).

$$\text{MTBF: Igual a } \frac{1}{\lambda}$$

Con este dato adicional, la expresión cambia a la siguiente forma:

$$C(t) = e^{-\left(\frac{t}{\text{MTBF}}\right)}$$

### 2.2.1.1. DIAGRAMA DE BLOQUES DE CONFIABILIDAD

Estos diagramas representan la funcionalidad de la estructura de un sistema (equipo), ósea es la relación que existe entre cada componente, y como tal se han comprendido de la siguiente forma (Cartagena, 2012):

◆ Sistema en serie:

En esta configuración todos los componentes son considerados críticos, debido a que todos los componentes deberían de funcionar para que el sistema deba funcionar (Córdova, 2014).

$$C_s = C_1 * C_2 * C_3 * \dots$$

Donde:

$C_s$ : Confiabilidad del sistema.

$C_x$ : Confiabilidad del componente “x”.

◆ Sistemas en paralelo:

En esta configuración los componentes realizan la misma función y basta con que al menos un componente funcione para que el sistema funcione también (Córdova, 2014).

$$C_s = 1 - [(1 - C_1) * (1 - C_2) * (1 - C_3) * \dots]$$

Donde:

$C_s$ : Confiabilidad del sistema.

$C_x$ : Confiabilidad del componente "x".

### 2.2.2. MANTENIBILIDAD $M(t)$

Es definida como la probabilidad de que un equipo en fallo, sea restaurado a su estado operativo, dentro de un tiempo determinado, cuando la acción de corrección se efectúa bajo condiciones prescritas, con procedimientos y medios adecuados, establecidas por la empresa (Mesa et al., 2006).

Su valor puede ser estimada con la siguiente expresión:

$$M(t) = 1 - e^{-\mu * t}$$

Donde:

$M(t)$ : Representa la probabilidad de que la reparación comience en el tiempo  $t = 0$  y sea concluida satisfactoriamente en el tiempo  $t$  (probabilidad de duración de la reparación).

$e$ : Constante Neperiana ( $e = 2.303\dots$ ).

$\mu$ : Tasa de reparaciones o número total de reparaciones efectuadas con relación al total de horas de reparación del equipo.

MTTR: Tiempo medio para reparar (Mesa et al., 2006).

Normalmente los tiempos que ocurren entre la parada y el retorno a la operación de un equipo son respectivamente lo siguiente:



$t_0$	Instante en que se verifica la falla
1	Tiempo para la localización del defecto
2	Tiempo para el diagnóstico
3	Tiempo para el desmontaje (Acceso)
4	Tiempo para la remoción de la pieza
5	Tiempo de espera por repuestos (logístico)
6	Tiempo para la sustitución de piezas
7	Tiempo para el remontaje
8	Tiempo para ajustes y pruebas
$t_f$	Instante de retorno del equipo a la operación

**Tabla 2.1. Tiempos transcurridos desde la falla de un equipo y su puesta en marcha (Mesa, Yesid y Pinzón, “La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento”, año 2006)**

Existen dos tipos de Mantenibilidad: la intrínseca, que está relacionada al aspecto de diseño de una instalación y que hace una consideración sobre como las características de diseño ayudan al mantenimiento de un componente (accesibilidad y facilidades para el mantenimiento) y la extrínseca, que considera el contexto de dependencia de la gestión de mantenimiento cuando se repara un componente (logística, organización de las tareas, aislamiento, entrega de los equipos etc.), estas dos diferenciaciones deben considerarse al analizar los factores que afectan a la mantenibilidad. (ISO/ DIS 14224, 2004, p.3)

### **2.2.3. DISPONIBILIDAD $D(t)$**

Es el principal indicador asociado a la gestión del mantenimiento, ya que limita a la producción. Podemos definirlo como la capacidad de un componente para estar operativo para realizar una función requerida bajo condiciones dadas en un momento arbitrariamente escogido, y el tiempo que este fuera de servicio o indisponible, debe considerar completamente las paradas por mantenimiento correctivo o preventivo, desde el instante en que queda fuera de operación por mantenimiento hasta que se entrega operativo (Gonzales, 2010).

La relación que existe entre estos tres indicadores, es que la disponibilidad está supeditado a la frecuencia que se originan los fallos en un periodo tiempo y condiciones (Confiabilidad), y de que tanto de tiempo se necesita para solucionar el fallo (Mantenibilidad), como se mostró en la imagen anterior figura 2.6 (Nicolalde, 2014).

La disponibilidad se puede entender de la siguiente manera:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo total} - \text{Tiempo fuera de servicio}}{\text{Tiempo total}}$$

O comúnmente mediante la siguiente formula:

$$D(t) = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}}$$

Donde:

MTBF (Mean Time Between Failures): Tiempo medio entre fallos.

MTTR (Mean Time To Repair): Tiempo medio para reparar (Nicolalde, 2014).

◆ **MTBF (MEAN TIME BETWEEN FAILURES):**

O conocido en el español como “Tiempo Medio Entre fallos”, y que nos posibilita saber la frecuencia en que ocurren los desperfectos (Rubiano, 2017):

$$\text{MTBF} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de horas totales del periodo de tiempo analizado}}{\text{N}^\circ \text{ de averias}}$$

◆ **MTTR (MEAN TIME TO REPAIR):**

O conocido en el español como “Tiempo Medio Para Reparación”, y que nos posibilita saber la envergadura de los desperfectos que se generan en un equipo contemplando el tiempo medio hasta su arreglo (Rubiano, 2017):

$$\text{MTTR} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de horas de paro por averia}}{\text{N}^\circ \text{ de averias}}$$

El MTTR depende de los siguientes factores de trabajo:

-La facilidad del equipo para realizarle el mantenimiento.

-La capacitación profesional de quien hace la intervención.

-De las características de la organización y la planificación de mantenimiento (Rubiano, 2017).

**CAPITULO III**  
**MATERIALES Y METODO**

### **3.1. TIPO DE INVESTIGACION**

La presente investigación, debido a que se centra en la recopilación de datos, clasificación de características y en la elaboración de modelos estadísticos, es del tipo cuantitativo.

### **3.2. METODO DE INVESTIGACION**

El método utilizado en el objeto de estudio referido a lo largo de este informe profesional, es el analítico.

### **3.3. METODOLOGIA PARA LA APLICACIÓN DEL RCM**

Un aspecto muy importante de la aplicación del RCM en la industria, es reconocer mediante un procedimiento, el mantenimiento adecuado que asegure que los equipos continúen cumpliendo su misión de forma eficiente en el contexto operacional. Y el buen resultado de este proceso, será debido a la formación de un grupo de trabajo bien estructurada, el cual será responsable de analizar y responder con criterio a las siete preguntas básicas ya contempladas anteriormente.

### **3.4. TECNICA E INSTRUMENTOS PARA RECOLECCION DE DATA**

Un aspecto importante en el proceso de este informe profesional, es el que se da en la obtención de la información, las cuales mediante mecanismos se llegan reunir de forma organizada con un solo objetivo específico, pues de ello dependen la confiabilidad y validez del RCM (Escobar y Bilbao, 2018).

Debido a la gran variedad de técnicas e instrumentos, en este informe se aplicaron las siguientes más relevantes:

➤ **Análisis documental:**

Esta técnica consiste en la obtención de información mediante fuentes documentadas verídicas, como: manuales del equipo, revistas, libros técnicos, registros de fallas, registro de compra de repuestos, etc. (Escobar y Bilbao, 2018).

➤ La entrevista:

Esta técnica consiste en establecer contacto directo con las personas que se consideren fuentes de información, como saber que métodos y recursos utilizan (Escobar y Bilbao, 2018).

➤ La observación de campo:

Esta técnica consiste en el registro sistemático, válido y confiable de comportamientos y situaciones observables, por parte del observador hacia el grupo o proceso específico (Escobar y Bilbao, 2018).

### 3.5. APLICACIÓN DE KPI'S PARA EL PROCESO DEL RCM

#### 3.5.1. ANALISIS DE INDICADORES DE GESTION DE MANTENIMIENTO

En la actualidad la gestión de los recursos de la compañía, está dada en la plataforma SAP y en sus distintos módulos, que facilitan mediante transacciones un proceso adecuado de su sistema, teniendo esto en cuenta y enfocándonos en el módulo PM, en donde está contenido la data de reportes de órdenes de mantenimiento, y entre otros, la cual nos facilita al exportarlo en un Excel y así determinar el MTBF y el MTTR. Y esto a su vez, nos permitirá de manera enfocada, realizar un análisis de lo siguiente en un periodo de un año:

➤ **Confiabilidad R(t):**

Para determinar la confiabilidad, se utilizó la función distribución de Weibull, que la hace muy útil en la modelación de fallas de un equipo o componente (Espinel, 2014).

Por lo tanto, la fórmula de la confiabilidad es la siguiente manera:

$$R(t) = 1 - F(t) = e^{-\left(\frac{t-\delta}{\theta}\right)^\beta} \dots \dots \dots (1)$$

Donde:

t: Representa el tiempo entre fallas.

$\beta$ : Parámetro de forma.

$\delta$ : Parámetro de localización.

$\theta$ : Parámetro de escala (Espinel, 2014).

Debido a que se desconoce los parámetros ya mencionados, se debe deducir de la ecuación lineal de regresión de la función acumulativa de Weibull, en otras palabras, es utilizar el método de regresión lineal, este nos posibilitará lograr un polinomio que linealizara la distribución de Weibull y permitirá valorar dichos parámetros requeridos, en este caso por ser extenso la demostración, solo se le planteará como lo siguiente (Rosado, 2017):

Ecuación linealizada obtenida:

$$\ln \left[ \ln \left( \frac{1}{1 - \text{RM}(\text{F}(\text{t}))} \right) \right] = \beta * \ln(\text{t} - \delta) - \beta * \ln(\theta) \dots (2)$$

La expresión representa una ecuación lineal, como se muestra a continuación:

$$\mathbf{Y} = \mathbf{mX} + \mathbf{b} \dots \dots \dots (3)$$

Donde se obtendrá lo siguiente:

$$\mathbf{Y} = \ln \left[ \ln \left( \frac{1}{1 - \text{RM}(\text{F}(\text{t}))} \right) \right] \dots \dots \dots (4)$$

$$\mathbf{m} = \beta \dots \dots \dots (5)$$

$$\mathbf{X} = \ln(\mathbf{t} - \delta) \dots \dots \dots (6)$$

$$\mathbf{b} = -\beta * \ln(\theta) \dots \dots \dots (7)$$

$$\theta = e^{-\frac{\mathbf{b}}{\beta}} \dots \dots \dots (8)$$

Para poder trazar la recta de regresión ya mencionado, se debe calcular un estimador para la función de distribución acumulativa de Weibull, se le es conocido como rango de mediana, es un estimador no paramétrico basado en el orden de las fallas. Este aspecto implica que la muestra de datos debe estar ordenado de manera ascendente (Reliability, s.f.).

Se debe acotar lo siguiente, si en el caso que los datos a utilizarse, provienen del historial de fallos y son mayores a 20, entonces se usara la fórmula de aproximación de rangos medios (Reliability, s.f.):

$$\mathbf{RM(F(t))} = \frac{\mathbf{i} - \mathbf{0.3}}{\mathbf{n} + \mathbf{0.4}} \dots \dots \dots (9)$$

Donde:

i: Numero de orden de falla.

n: Tamaño de la muestra (Reliability, s.f.).

Observación: En caso de que el tamaño de la muestra sea muy grande, una estimación empírica de la fiabilidad proporciona resultados suficientes y no es necesario el empleo de la ley de Weibull.

➤ **Mantenibilidad:**

Analiza la probabilidad de restituir la operatividad de un equipo en un tiempo determinado, la cual depende de distintos factores unos propios como ajenos al mismo (Espinel, 2014).

$$M(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t-\delta}{\theta}\right)^\beta} \dots \dots \dots (10)$$

Donde:

M(t): Función de mantenibilidad Weibull

➤ **Disponibilidad:**

Para calcular la disponibilidad, se requerirá determinar previamente MTBF y MTTR, para luego aplicar la siguiente formula:

$$D(t) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \dots \dots \dots (11)$$

### 3.5.2. ANALISIS DE CRITICIDAD

Es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades en procesos, sistemas y equipos en su contexto operacional, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, direccionando el esfuerzo y los recursos en áreas, componentes o elementos donde sea más necesarios y de esa forma mejorar la confiabilidad operacional (Petit, 2005).

Antes de la realización de este tipo de análisis, debe ya está definido los límites y el objetivo establecido del porqué de su realización, para luego proceder a establecer los criterios y método para la evaluación de jerarquización de los sistemas.



Tal es el caso que, para la aplicación de análisis de criticidad a plenitud, ya deben estar claramente identificados las siguientes necesidades, como lo son (Rodríguez, 2007):

- ◆ Fijar líneas prioritarias en sistema complejos.
- ◆ Solucionar problemas con escasos recursos.
- ◆ Crear valor.
- ◆ Determinar el impacto de cada sistema, equipo o componente que afecte directamente a la empresa.
- ◆ Aplicar metodologías de confiabilidad operacional (Rodríguez, 2007).

Los niveles de criticidad de un equipo, están definidos por los siguientes términos y escalas de referencia (Montes, 2003):

- ◆ **Critica:** Absolutamente necesario para garantizar la continuidad operativa del equipo o planta, o que ocasione grandes daños al fallar (**Rango de 15 a 20**).
- ◆ **Importante:** Necesario para la operación del equipo o planta, pero puede ser parcial o totalmente reemplazable (**Rango de 8 a 14**).
- ◆ **Normal:** No esenciales para el funcionamiento del equipo o procesos de la planta fácilmente reemplazables (**Rango de 0 a 7**) (Montes, 2003).

Los seis criterios básicos y fundamentales para la realización de un análisis de criticidad, están definidos en lo siguiente:

- Efectos sobre el servicio a operaciones.
- Valor técnico económico.
- La falla afecta.

- Probabilidad de falla (Confiabilidad).
- Flexibilidad del equipo en el sistema.
- Dependencia logística.
- Dependencia de la mano de obra.
- Facilidad de reparación (Mantenibilidad) (Montes, 2003).

Al tener totalmente definidos que sistemas son ampliamente críticos, se podrá priorizar de forma más eficiente en los programas y planes de mantenimiento de tipo: correctivo, preventivo, predictivo y rediseño en caso se requiera, como tal es el caso que establecerá una prioridad en la programación y realización de órdenes de trabajo (O.T.) (Polanco, 2006).

Para la elaboración del análisis de criticidad con el único objetivo de mejorar la funcionalidad del equipo en estudio (Chancadora de quijada 24" x 36"), jerarquizaremos las partes esenciales que la conforman, para ello con lo descrito anteriormente, los criterios a utilizarse en el desarrollo de este informe, son como se muestran en el cuadro siguiente:

► EFECTO SOBRE EL SERVICIO A OPERACIONES			
VARIABLES	CONCEPTO	PONDERACION	OBSERVACIONES
	<b>Para</b>	<b>4</b>	
	<b>Reduce</b>	<b>2</b>	<b>Parada parcial</b>
	<b>No para</b>	<b>0</b>	

► VALOR TECNICO ECONOMICO			
VARIABLES	CONCEPTO	PONDERACION	OBSERVACIONES
<b>Considerar el costo de adquisición, operación y mantenimiento.</b>	<b>Alto</b>	<b>3</b>	<b>Más de US\$ 10 000</b>
	<b>Medio</b>	<b>2</b>	
	<b>Bajo</b>	<b>1</b>	<b>Menos de US\$ 1 000</b>

► LA FALLA AFECTA			
VARIABLES	CONCEPTO	PONDERACION	OBSERVACIONES
a) Al equipo en Si	Si	1	¿Deteriora otros componentes?
	No	0	
b) Al servicio	Si	1	¿Origina problemas a otros equipos?
	No	0	
c) Al operador	Riesgo	1	¿Posibilidad de accidentes al operador?
	Sin riesgo	0	
d) A la seguridad en general	Si	1	¿Posibilidad de accidente a otras personas u otros equipo cercanos?
	No	0	

► PROBABILIDAD DE FALLA (CONFIABILIDAD)			
VARIABLES	CONCEPTO	PONDERACION	OBSERVACIONES
	Alta	2	¿Se puede asegurar que el equipo va a trabajar correctamente cuando se le necesite
	Baja	0	

► FLEXIBILIDAD DEL EQUIPO EN EL SISTEMA			
VARIABLES	CONCEPTO	PONDERACION	OBSERVACIONES
	Único	2	No existe otro igual o similar
	By Pass	1	El sistema puede seguir funcionando
	Stand By	0	Existe otro igual o similar no instalado

► DEPENDENCIA LOGISTICA			
VARIABLES	CONCEPTO	PONDERACION	OBSERVACIONES
	<b>Extranjero</b>	<b>2</b>	<b>Repuestos se tienen que importar</b>
	<b>Local/ Exterior</b>	<b>1</b>	<b>Algunos repuestos se compran localmente</b>
	<b>Local</b>	<b>0</b>	<b>Repuestos se consiguen localmente</b>

► DEPENDENCIA DE LA MANO DE OBRA			
VARIABLES	CONCEPTO	PONDERACION	OBSERVACIONES
	<b>Terceros</b>	<b>2</b>	<b>El mantenimiento requiere contratar a terceros</b>
	<b>Propia</b>	<b>0</b>	<b>El mantenimiento se realiza con personal propio</b>

► FACILIDAD DE REPARACION (MANTENIBILIDAD)			
VARIABLES	CONCEPTO	PONDERACION	OBSERVACIONES
	<b>Baja</b>	<b>1</b>	<b>Mantenimiento difícil, o duración &gt; 6 h</b>
	<b>Alta</b>	<b>0</b>	<b>Mantenimiento fácil, o duración &lt; 6 h</b>

**Tabla 3.1. Criterios de evaluación de criticidad (Montes Rojas, “Propuesta de una nueva gestión de mantto para la planta concentradora de Cobriza” año 2003)**

### 3.5.3. DIAGRAMA DE PARETO

El principio de Pareto manifiesta que existen comúnmente unos cuantos contribuyentes que son acreedores de la mayor porción de problemas que están siendo investigados. Los otros contribuyentes son peculiarmente responsables de una fracción relativamente pequeña en los problemas, o también definida como “Pocas causas producen la mayor parte de los problemas”. Ya que el diagrama que se utiliza, son herramientas de mejora de operaciones y mantenimiento (Manríquez, 2016).

Para el análisis de Pareto, se tomará como data el registro de fallas, de un periodo de un año ya establecido durante el desarrollo de este informe como el lapso de tiempo de análisis, de los subsistemas que conforman la chancadora de quijada.

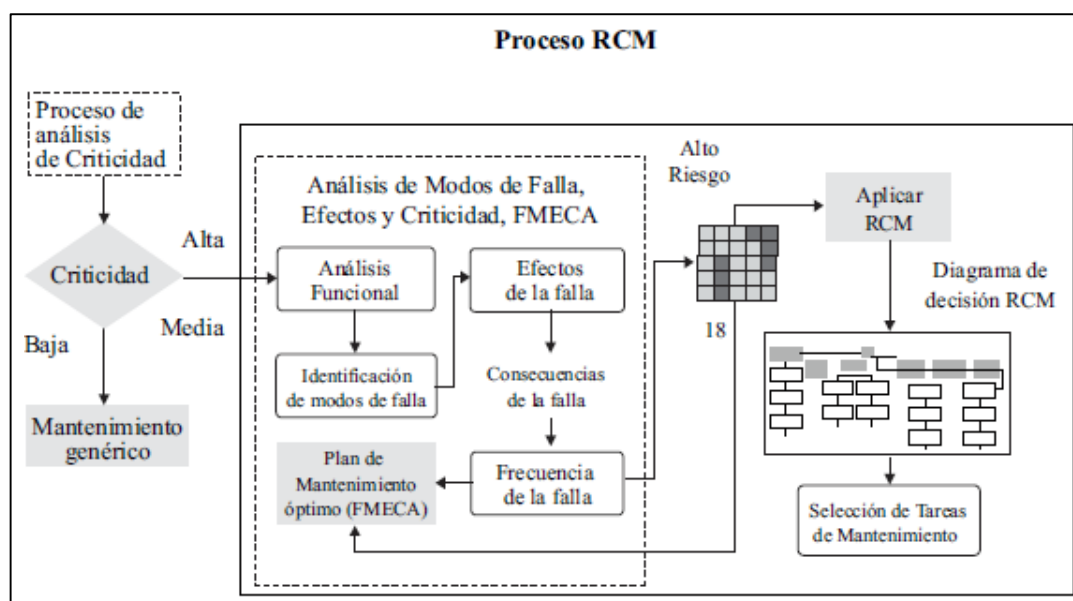
#### **3.5.4. ANALISIS DE MODOS DE FALLA, EFECTOS Y CRITICIDAD (AMFEC)**

La planeación del mantenimiento viene cambiando durante mucho tiempo, con el fin de incorporar criterios de riesgo y confiabilidad, de manera que además de asegurar un impacto de las acciones de mantenimiento en el rendimiento de los activos, se tenga un impacto en la seguridad al disminuir, evaluar y controlar el riesgo, administrando el riesgo. Motivo de esto, se ha empleado un análisis de riesgo, aplicando la metodología de análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC o FMECA) con objeto de identificar los modos de falla que representan un mayor riesgo, para posteriormente seleccionar la mejor tarea de mantenimiento, ya sea preventiva, predictiva, correctiva o en su caso acciones adicionales o complementarias. (Aguilar, Torres y Jiménez, 2010, p.1)

Con esta metodología o variante del método inicial (extensión del AMEF que incluye la clasificación de los modos de falla de acuerdo a la gravedad y la probabilidad de que el modo de falla ocurra), en el proceso de gestión de mantenimiento, pasaremos a definir, lo siguiente

Como ya lo hemos mencionado anteriormente, la aplicación de la metodología RCM, plantea el uso de distintas herramientas en su proceso, como es la del árbol lógico de decisiones o también conocido con otras denominaciones, pero con el mismo fin.

En el siguiente gráfico se detalla, la implicancia de sus componentes en el proceso del RCM, como parte del mantenimiento.



**Figura 3.1. Proceso de gestión de mantto aplicando el AMFEC (Aguilar, Torres y Jiménez, “AMFEC para el mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad”, año 2010)**

Mediante la aplicación de esta herramienta esencial, podremos ser capaces de conocer con mayor claridad, los puntos claves de un sistema en su campo operacional, como veremos en las siguientes líneas abajo (Moreno, 2018):

- ◆ Identificar debilidades del diseño.
- ◆ Proveer alternativas en la etapa de diseño.
- ◆ Proveer criterios para prioridades de acciones correctivas.
- ◆ Proveer criterios para prioridades de acciones preventivas.
- ◆ Asistir en la identificación de fallas en sistemas con anomalías.
- ◆ Pudiendo así responder las preguntas 1, 2, 3, 4 y 5 del RCM (Moreno, 2018).

El proceso AMFEC se basa en el criterio de ingeniería para clasificar y cuantificar ocurrencias de frecuencia de fallos, severidades de fallos y detección de fallos.

Para este proceso, para mantener la precisión y la coherencia es necesario que haya una estructura estandarizada (Norma IEC 60812:2018), como se muestra en el siguiente cuadro, que es la encargada de recoger las funciones, fallas funcionales, modos de averías y efectos de las averías:

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACION AMFEC - RCM				AREA:	EQUIPO DE TRABAJO, A CARGO DE:	N° AMFEC: 1 DE 1			
SISTEMA: CHANCADORA DE MANDIBULA COMESA 24" X 36"				CHANCADO	EMILIO CAPARACHIN CONDORI	FECHA: 05/06/2019			
SUBSISTEMA	FUNCION	MODOS DE FALLOS	EFECTOS DE FALLO	CAUSAS DE FALLO	INDICE			NPR	RECOMENDACION
					SEVERIDAD	OCURENCIA	DETECCION		
1		A							
		B							
		C							

**Tabla 3.2. Estructura de hoja de información RCM (Moubray, “Mantenimiento basado en la confiabilidad”, año 2004).**

### Índice de prioridad:

Respecto a determinar el “Numero de Prioridad de Riesgo” para la hoja de información anterior, solo dependerá de la siguiente ecuación en base a determinados índices, en una escala de evaluación del 1 al 10 (Martin Da Burga, 2010).

**\*Severidad:** Es la estimación de la gravedad del efecto del modo de falla.

SEVERIDAD	
DESCRIPCION	ESCALA
Ínfima, imperceptible	1
Escasa, falla menor	2 - 3
Baja, falla inminente	4 – 5
Media, fallo pero no para el sistema	6 – 7
Elevada, falla crítica	8 – 9
Muy elevada, con problemas de seguridad, no conformidad	10

**\*Ocurrencia:** Es la probabilidad de que una causa específica ocurra, y resulte en modo de falla.

OCURRENCIA	
DESCRIPCION	ESCALA
1 falla en más de 2 años	1
1 falla cada 2 años	2 - 3
1 falla cada 1 año	4 - 5
1 falla entre 6 meses y 1 año	6 - 7
1 falla entre 1 a 6 meses	8 - 9
1 falla al mes	10

**\*Detección:** Es la probabilidad de encontrar el modo de falla.

DETECCION	
DESCRIPCION	ESCALA
Obvia	1
Escasa	2 - 3
Moderada	4 - 5
Frecuente	6 - 7
Elevada	8 - 9
Muy elevada	10

**Tabla 3.3. Criterios de análisis para el NPR (Martín Da Burga, “Aplicación del mantenimiento centrado en la Confiabilidad a motores a gas de dos tiempos en Pozos de alta producción”, año 2010).**



Una vez estimados S, O y D, los multiplicamos para obtener el NPR (Número, o Índice de Prioridad de Fallo), que dará un valor entre 1 y 1000 (Martin Da Burga, 2010):

$$\mathbf{NPR = Severidad * Ocurrencia * Deteccion \dots \dots \dots (12)}$$

Este valor nos dirá la importancia del modo de fallo que estamos analizando:

<b>NPR &gt; 200</b>	Inaceptable (I)
<b>200 &gt; NPR &gt; 125</b>	Reduccion deseable (R)
<b>125 &gt; NPR</b>	Aceptable (A)

### 3.5.5. PROCESO DE DECISION DE RCM

El diagrama de decisión, es el encargado de relacionar la información recolectada y las tareas de mantenimiento que se aplicaran para reducir la probabilidad o evitar de las fallas funcionales.

Una vez llegada a una decisión, se establecen las tareas a realizar, la frecuencia de dichas tareas y el responsable de ejecutarlas. En definitiva, se establece la estrategia de mantenimiento para ese activo.

La hoja de decisión es una estructura lógica que se ajusta a las Normas SAE JA1011 y SAE JA1012, como se muestra en la siguiente tabla:

En la hoja decisión en la sección referencia de información, esta exclusivamente definida, para relacionar la hoja de trabajo de información con la hoja de decisión, mediante variables de identificación en las columnas F | MF.

HOJA DE TRABAJO DE DECISION - RCM										AREA:		EQUIPO DE TRABAJO, A CARGO DE:		N° HD: 1 DE 1		
SISTEMA: CHANCADORA DE MANDIBULA COMESA 24" X 36"										CHANCADO		EMILIO CAPARACHIN CONDORI		FECHA: 05/06/2019		
REFERENCIA DE INFORMACION		EVALUACION DE LAS CONSECUENCIAS				H1	H2	H3	ACCION "A FALTA DE"				TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA	A REALIZARSE POR:	
						S1	S2	S3								
F	MF	H	S	E	O	O1	O2	O3	N1	N2	N3	H4	H5	S4		

**Tabla 3.4. Estructura de hoja de decisión RCM (Moubray, “Mantenimiento basado en la confiabilidad”, año 2004).**

El diagrama de decisión que se muestra a continuación, integra todos los procesos de decisión en un marco de trabajo estratégico y estructurado, la cual se debe aplicar a todos los modos de falla identificados previamente en el AMFEC, y que se implementa por medio de la hoja de decisiones anteriormente mencionada; y está por consiguiente da respuesta a las preguntas formuladas en el (Moubray, 2004):

- Que mantenimiento de rutina (si lo hay) será realizado, con qué frecuencia será realizado y quién lo hará.
- Que fallas son lo suficientemente serias como para justificar el rediseño.
- Casos en los que se toma una decisión deliberada de dejar que ocurran las fallas.

El diagrama de decisión RCM, separa las fallas en dos categorías las fallas ocultas y las fallas evidentes, en función a sus consecuencias. Para luego ordenar las consecuencias de las fallas evidentes, en un orden de importancia decreciente (Moubray, 2004).

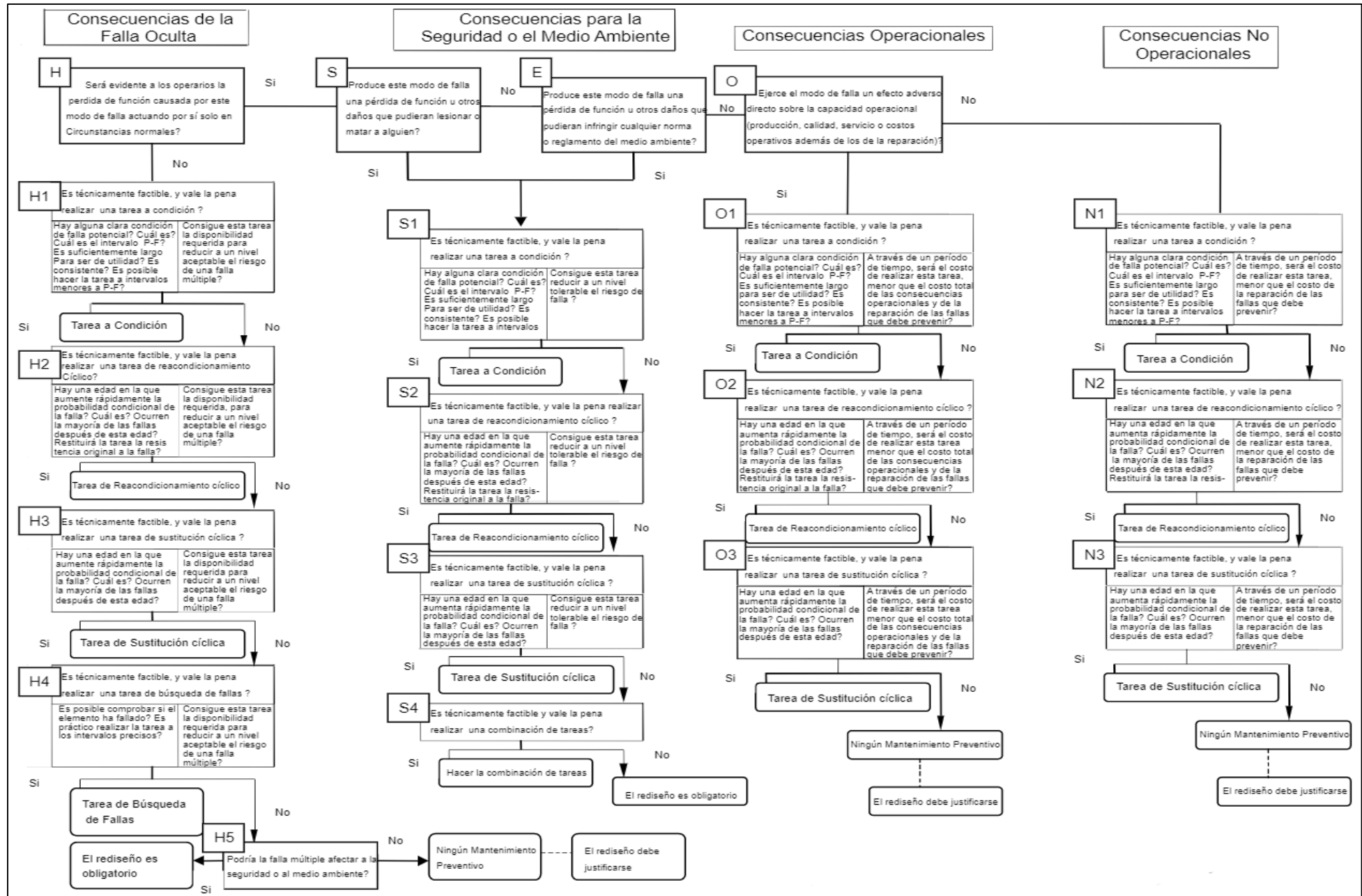
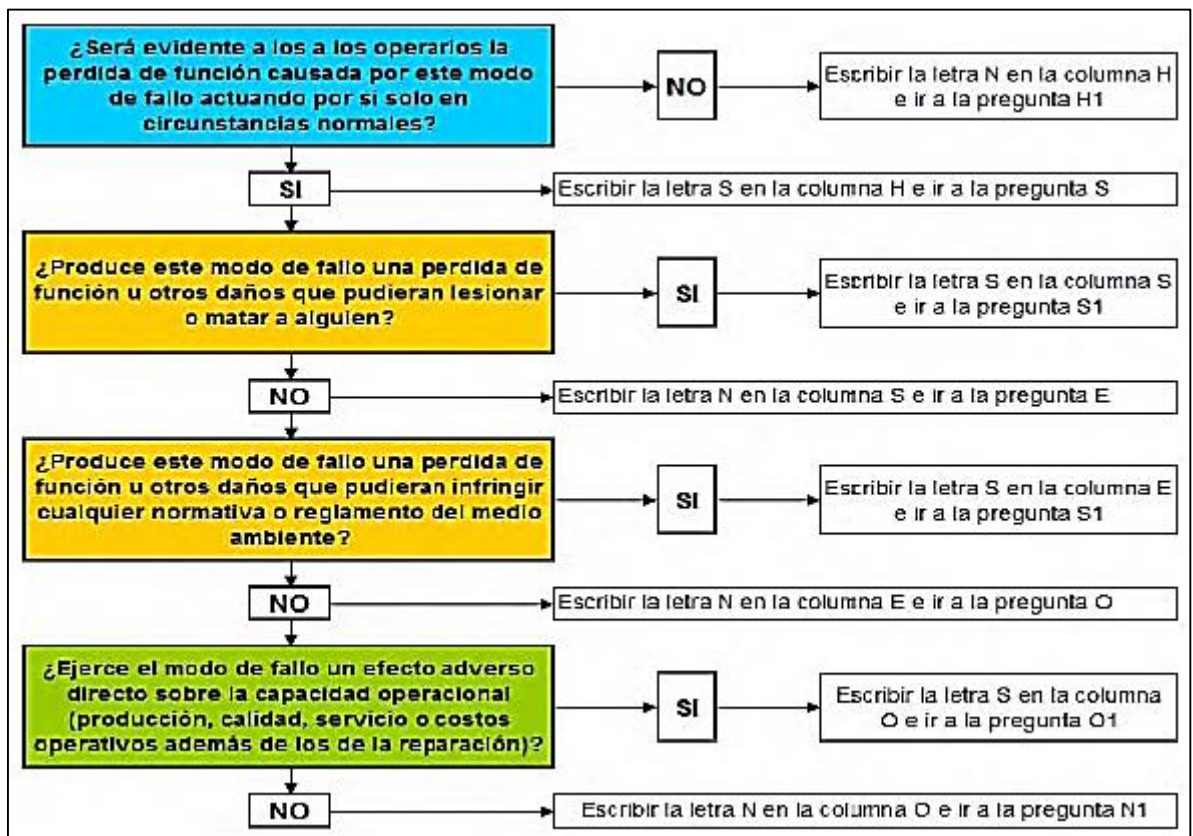


Figura 3.2. Diagrama de decisión RCM (Moubray, "Mantenimiento centrado en la confiabilidad", año 2004)

En los siguientes párrafos, se describirá el procedimiento de cómo realizar la evaluación de las consecuencias de fallas, la factibilidad técnica de asignársele tareas y que debe hacerse si no se encuentra una tarea apropiada:

### Evaluación de las consecuencias de falla:

En esta etapa, se hace referencia a las preguntas concernientes de las consecuencias de cada modo de falla, y están detalladas como tal en la figura 3.3; para luego ser registrada las respuestas en la hoja de decisión RCM, específicamente en las columnas tituladas H, S, E, O y N de la tabla 3.3 (Moubray, 2004).



**Figura 3.3. Método de registro de las consecuencias de fallo en la hoja de decisión (Moubray, “Mantenimiento centrado en la confiabilidad”, año 2004)**

En el grafico siguiente, se muestra la forma ordena y correcta, de registrar las respuestas en la hoja de trabajo de decisiones RCM:

Evaluación de consecuencias				
H	S	E	O	
N				<b>Una falla oculta:</b> Para que merezca la pena realizarla, cualquier tarea preventiva debe reducir el riesgo de esta falla a un nivel tolerable
S	S			<b>Consecuencias para la seguridad:</b> Para que merezca la pena realizarla, cualquier tarea preventiva debe reducir por sí sola el riesgo de esta falla a un nivel tolerable
S	N	S		<b>Consecuencias para el medio ambiente:</b> Para que merezca la pena realizarla, cualquier tarea preventiva debe reducir por sí sola el riesgo de esta falla a un nivel tolerable
S	N	N	S	<b>Consecuencias operacionales:</b> Para que merezca la pena realizarla, cualquier tarea preventiva a través de un periodo de tiempo debe costar menos que el costo total de las consecuencias operacionales más el costo de la reparación de la falla que pretende prevenir
S	N	N	N	<b>Consecuencias No-operacionales:</b> Para que merezca la pena realizarla, cualquier tarea preventiva a través de un periodo de tiempo debe costar menos que el costo de la reparación de las fallas que pretende prevenir

**Figura 3.4. Llenado correcto de la hoja de decisión – evaluación de consecuencias de falla (Moubray, “Mantenimiento centrado en la confiabilidad”, año 2004)**

Cada modo de falla es ubicado en una sola categoría de consecuencias. Entonces, si es clasificado como que tiene consecuencias ambientales, no se evalúan sus consecuencias operacionales. Esto significa que, por ejemplo, si se registra una "S" en la columna E, no se registra nada en la columna O (Moubray, 2004).

#### **Factibilidad técnica de tareas proactivas:**

De la séptima a la novena columna de la hoja de decisión, son utilizadas para registrar, si ha sido seleccionada una tarea proactiva, de la siguiente manera (Moubray, 2004):

- La columna titulada H1|S1|O1|N1, es utilizada para registrar si se pudo encontrar una tarea “a condición” apropiada para anticipar el modo de falla a tiempo como para evitar las consecuencias.

- La columna titulada H2|S2|O2|N2, es utilizada para registrar si se pudo encontrar una tarea de reacondicionamiento cíclico (consiste en reacondicionar a su condición original un componente existente) apropiada para prevenir las fallas.
- La columna titulada H3|S3|O3|N3, es utilizada para registrar si se pudo encontrar una tarea de sustitución cíclica (consiste en reemplazar un elemento usado con uno nuevo, y así restablecer a su condición original) para prevenir las fallas (Moubray, 2004).

En cada caso, una tarea sólo es apropiada si merece la pena realizarla y si es técnicamente factible, y para tal caso, debe ser posible de dar una respuesta positiva a todas las preguntas que muestra la figura 3.5 que se aplican a ésta categoría de tareas, y la tarea debe responder al criterio de “merece la pena ser realizada” también de la misma figura. Si la respuesta a cualquiera de estas preguntas es negativa o se desconoce, entonces se rechaza la tarea totalmente (Moubray, 2004).

H1	H2	H3	
S1	S2	S3	
O1	O2	O3	
N1	N2	N3	
S			<p>¿Es técnicamente factible realizar una tarea para detectar si está ocurriendo una falla o está a punto de ocurrir? :</p> <p>¿Hay alguna clara condición de falla potencial? ¿Cuál es? ¿Cuál es el intervalo P-F? ¿Es suficientemente largo como para ser de utilidad? ¿Es razonablemente consistente? ¿Es posible hacer la tarea a intervalos menores al intervalo P-F?</p>
N	S		<p>¿Es técnicamente factible realizar una tarea de reacondicionamiento programado para reducir la frecuencia de la falla (evitar todas las fallas en el caso en que afecte la seguridad)?</p> <p>¿Hay una edad en la que aumenta rápidamente la probabilidad condicional de falla? ¿Cuál es? ¿Ocurren la mayoría de las fallas después de esta edad (todos en el caso de consecuencias para la seguridad o el medio ambiente)? ¿Restituirá la tarea la resistencia original a la falla?</p>
N	N	S	<p>¿Es técnicamente factible realizar una tarea de sustitución cíclica para reducir la frecuencia de la falla (evitar todas las fallas en el caso de que afecte a la seguridad)?</p> <p>¿Hay una edad en la que aumenta rápidamente la probabilidad condicional de falla? ¿Cuál es? ¿Ocurren la mayoría de las fallas después de esta edad (todos en el caso de consecuencias para la seguridad o el medio ambiente)?</p>

**Figura 3.5. Llenado correcto en la hoja de decisión, criterios de factibilidad técnica (Moubray, “Mantenimiento centrado en la confiabilidad”, año 2004)**

Si se selecciona una tarea, se registra una descripción de la tarea; con el suficiente detalle y precisión, para que le quede claro a la persona que realizará la tarea y la frecuencia con la que debe ser realizada.

### Las preguntas “a falta de”

Las columnas tituladas H4, H5 y S4 en la hoja de decisión son utilizadas para registrar las respuestas a las tres preguntas “a falta de”. En la figura siguiente, se detalla cómo es la forma correcta de responder a éstas tres preguntas (Moubray, 2004).

Nota importante: Estas preguntas sólo se realizarán, si las respuestas a las tres preguntas previas de factibilidad técnica de las tareas proactivas fueron todas negativas.

Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"		
H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4
O1	O2	O3	N1	N2	N3				
N				N	N	N	S		
<p>¿Es técnicamente factible y merece la pena realizar una tarea de búsqueda de falla?</p> <p>Registrar "Si" si es posible realizar la tarea y resulta práctico hacerlo con la frecuencia requerida y reduce el riesgo de la falla múltiple a un nivel tolerable</p>									
N				N	N	N	N	S	
N				N	N	N	N	N	
<p>¿Podría la falla múltiple afectar la seguridad o el medio ambiente?</p> <p>Sólo se hace esta pregunta si la respuesta a la pregunta H4 es "No". Si la respuesta a esta pregunta es "Si", el rediseño es obligatorio. Si la respuesta es "No", la acción "a falta de" es <b>no realizar mantenimiento preventivo</b>, pero el rediseño puede ser deseable.</p>									
S	S			N	N	N		S	
S	S			N	N	N		N	
<p>¿Es técnicamente factible y merece la pena realizar una combinación de tareas?</p> <p>Responder "Si", si una combinación de <b>dos o más</b> tareas proactivas cualquiera reduce el riesgo de falla a un nivel tolerable (esto rara vez sucede). Si la respuesta es "No", el rediseño es obligatorio.</p>									
S	N	N	S	N	N	N			
S	N	N	N	N	N	N			
<p>En estos dos casos, las consecuencias de la falla son puramente económicas y no se pudo encontrar una tarea proactiva apropiada</p> <p>Como resultado, la decisión "a falta de" inicial es no realizar mantenimiento programado, pero el rediseño puede ser deseable.</p>									

**Figura 3.6. Llenado correcto en la hoja de decisión, las preguntas “a falta de” (Moubray, “Mantenimiento centrado en la confiabilidad”, año 2004)**

- Si se hace necesario responder cualquiera de las preguntas “a falta de”, las columnas encabezadas con H4, H5 o S4 son las que permiten registrar esas respuestas.

Las últimas tres columnas registran la tarea que ha sido seleccionada (si la hay), la frecuencia con la que debe hacerse y quién ha sido seleccionado para realizarla. La columna de “Tareas Propuestas”, también se utilizan para registrar los casos en los que se requiere rediseño o si se ha decidido que el modo de falla no necesita mantenimiento programado.

El desarrollo de las hojas tanto de información como la de toma de decisiones, serán utilizadas y presentadas en la siguiente etapa de esta investigación, como manda el proceso de RCM.

### **3.6. TRATAMIENTO DE LA INFORMACION**

Ya teniendo recopilado los datos necesarios, se procede a desarrollar las siguientes etapas, a cargo del grupo conformado por personas idóneas de trabajo:

#### **3.6.1. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION**

En esta etapa, se clasifica y ordena los datos recogidos, en relación a los objetivos establecidos para transformarlos en información útil para la toma de decisiones.

#### **3.6.2. ANALISIS DE LA INFORMACION**

Es el resultado reflejado, del procesamiento de la información obtenida, la cual es representada mediante cuadros o gráficos estadísticos para hacer mayor su comprensión.

#### **3.6.3. INTERPRETACION DE RESULTADOS**

En esta etapa, se hace referencia a la explicación obtenida del resultado del análisis de los datos, mediante su relación con aquello que conocemos sobre el problema actual.



**CAPITULO IV**  
**RESULTADOS Y DISCUCIONES**

#### **4.1. INTERPRETACION DE RESULTADOS PARA LA CONFIABILIDAD, MANTENIBILIDAD Y DISPONIBILIDAD**

El estudio ha partido de la delimitación de un periodo de tiempo de un año, en la cual se ha procesado el registro de fallos e implementado en una tabla de datos dicha información obtenida, de la Chancadora de Quijada 24" x 36", con el fin de realizar un análisis con los indicadores centrales como son la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad, para el control y evaluación de la gestión del mantenimiento, como método adecuado se utilizó la distribución de Weibull, ya que es el método que mayor aceptación posee, y que su función de tasa de falla se ajusta a cualquier fase de la curva de la bañera.

Se determinó del proceso, que la confiabilidad de Weibull obtenida para un periodo de tiempo de funcionamiento de 9062.3 horas, dio como resultado 1.68%, y un parámetro de forma  $\beta = 0.8895$  (Véase anexo n° 1, pág. 85), que nos indica que el equipo, se encuentra en una etapa de vida útil con una mortalidad infantil debido a la alta presencia de fallas al inicio de la operación. En el grafico curva de confiabilidad (Véase anexo n° 1, pág. 90), referente al equipo Chancado, nos da entender que a medida que va variando el tiempo la confiabilidad decrece, incrementando así la probabilidad de fallo en el equipo.

El valor de la mantenibilidad de Weibull para el sistema, obtenida del anexo n° 1, pág. 97, es del 90.80% de probabilidad de que los tiempos de reparación por mantenimiento serán completados en 273.7 horas o menos.

Se determinó que la disponibilidad para la Chancadora de Quijada, esté en funcionamiento bajo condiciones específicas, en un periodo de tiempo de 9062.3 horas, es de una probabilidad del 97.07%. (Véase anexo n° 1, pág. 100)

#### **4.2. RELACION ENTRE CONFIABILIDAD, MANTENIBILIDAD Y DISPONIBILIDAD**

Para maximizar la productividad en una planta, es imprescindible que los indicadores de mayor importancia como disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad se vinculan entre sí, de tal forma que, si se quiere aumentar la disponibilidad en un equipo o planta, se debe:

- ◆ Incrementar la confiabilidad, denotada por el MTBF.
- ◆ Disminuir el tiempo usado en reparación, denotada por el MTBF.
- ◆ Incrementar el MTBF y aminorar el MTTR simultáneamente.

### **4.3. INTERPRETACION DE RESULTADOS DEL DIAGRAMA DE PARETO PARA FRECUENCIA DE FALLAS**

Con este análisis, lo que se busca es comprobar que son pocas fallas las que están provocando mayores problemas en la Chancadora de Quijada mod. 1020

Para la interpretación de este diagrama (Véase anexo n° 2, pág. 102), se utilizó la regla básica del 80/20, que describen lo siguiente, que al marcar sobre el gráfico una línea punteada sobre el valor correspondiente al 80% del porcentaje acumulado, se obtiene la siguiente información, que los subsistemas Lubricación, Mandíbulas y Eje secundario de la Chancadora de Quijada 24" x 36", son las causas que están ocasionando el 80% de los defectos en este sistema, por lo que las estrategias de mejoramiento del mantenimiento deberían centrarse en estos aspectos.

### **4.4. INTERPRETACION DE RESULTADOS DEL AMFEC Y CRITICIDAD DEL EQUIPO**

De acuerdo a la evaluación implementada para todos los modos de fallo en los subsistemas de la Chancadora de Quijada mod. 1020, mediante el uso de la herramienta técnica estandariza AMFEC, para determinar el nivel de prioridad correspondiente, y así identificar los modos de fallos más críticos, los cuales nos han dado el siguiente resultado:

Para el subsistema Mandíbulas, se ha estimado un valor de NPR máximo de 288 en comparación a los demás resultados en su misma categoría, siendo el foco prioritario más crítico y en las cuales se ha implementado medidas correctoras en la hoja de trabajo de decisión, ya que es inaceptable su actual condición. (Véase anexo n° 2, pág. 103)

Para el subsistema Puentes de articulación (Toggles), se ha obtenido un valor máximo NPR de 180, la cual es calificada como crítica en su grupo de evaluación y que a su vez se le ha propuesto medidas correctivas como medida de reducción deseable (Véase anexo n° 2, pág. 104)

Para el subsistema Lubricación, se ha obtenido un NPR máximo de 210, considerándolo como inaceptable y siendo identificado como un modo de fallo crítico, a las cuales ya se ha propuesto una medida correctiva en la hoja de trabajo de decisión (Véase anexo n° 2, pág. 105).

Para el subsistema Motor eléctrico, el NPR máximo obtenido en la hoja de información AMFEC es de 84, esto conlleva a considerarlo como aceptable que no conlleva un efecto grave en magnitud, y que no se le puede considerar como crítica y con medidas correctivas en la hoja de trabajo de decisión es más que suficiente para mitigar su efecto (Véase anexo n° 2, pág. 106).

Con esta evaluación, conlleva a que se elabore un plan estratégico de mantenimiento, gestionada por el área de mantenimiento de planta, enfocándose con más claridad en los puntos claves del sistema, como son los componentes críticos y de mayor prioridad, y cuya tasa de fallas es más elevada, de tal manera que sea más efectiva las paradas de planta programadas.

Así como hemos determinado el grado de criticidad entre los subsistemas de la Chancadora como proceso del RCM, también debemos considerar la relevancia de este, respecto a otros equipos de la Planta, y de este modo validar la importancia de la aplicación del RCM en esta máquina, por lo que se ha obtenido un puntaje de 16, que significa que es un equipo crítico y que la evaluación que se ha ido realizando es dable por su importancia en el proceso de la Compañía Minera Lincuna (Véase anexo n° 2, pág. 111).

## **4.5. EVALUACION ECONOMICA**

### **4.5.1. COSTO – BENEFICIO DE LA IMPLEMENTACION DEL RCM EN LA CHANCADORA**

La metodología de mantenimiento RCM, aun cuando se comprende que tiene un costo relacionado y que usualmente ha sido empleado como un factor negativo en las compañías, entrega una serie de beneficios que permiten estimar el grado de asertividad y de necesidad de esta inversión, por esta razón, en cualquier momento un análisis costo – beneficio de la acción de mantenimiento puede orientar hacia el momento adecuado de su utilización y la comprensión clara de las razones potenciales que obligan a su realización.

Los beneficios a corto, medio y largo plazos, más relevantes que alcanzara la Compañía con la implementación correcta de la mayoría de recomendaciones en el mantenimiento oportuno, generara lo siguiente:

- Mejora o recupera los niveles de eficiencia de la máquina, esto se da con la disminución de costos operativos y aumento de la producción.
- Los beneficios a obtener por aumento de producción superan a los esperados en mantenimiento.
- Reduce el mantenimiento correctivo y las órdenes de trabajo de urgencia. Se reducen las paradas obligatorias.
- Suprime el mantenimiento preventivo innecesario, en otras palabras, reduce el mantenimiento preventivo en componentes no críticos.
- Variación en las tareas y sus frecuencias.
- Suprime o añade nuevas tareas.
- Extiende la vida útil del equipo, debido a que difiere las decisiones de reemplazo.
- Ejecuta respecto a los requerimientos de seguridad y legales.
- Identifica las deficiencias del diseño.
- Mejor comprensión de los procesos por parte del personal.
- Mayor criterio hacia la criticidad de los procesos y conciencia de costos.
- Implanta la idea del mejoramiento continuo.
- Actualmente se hacen más inspecciones enfocadas.
- La labor de operaciones y mantenimiento en conjunto generan ganancias por sí mismo.

Lo significativo del RCM es que proporciona un procedimiento de trabajo secuencial, y a su vez hacer participar a todo aquel que tenga relación con los equipos y el proceso de funcionamiento.

#### 4.5.2. EL MANTENIMIENTO COMO CENTRO DE INGRESOS

En las siguientes líneas trataremos de explicar, y a su vez eliminar algunas creencias, respecto al mantenimiento desde el punto de vista de la aplicación del RCM, ya que definitivamente, no se busca reducir el costo del mantenimiento sino aumentar la rentabilidad de la inversión de la empresa, a través de las mejoras substanciales del mantenimiento.

En el momento en que aplicamos un modelo en gran medida estructurado de mantenimiento centrado en confiabilidad, como es el caso de esta metodología, es sencillo descubrir todos los orígenes de costos que son resultado de fallos.

Recordemos en esencia las variedades de consecuencias que contempla el RCM, primeramente, tenemos los fallos ocultos, que no tienen efectos directos sobre las operaciones independientemente, pero acrecenta el riesgo de fallos múltiples cuyos efectos usualmente son mucho más severos que el fallo oculto. No olvidemos que, cuanto más complejas son las maquinarias o equipos, tenemos a presencia más fallos ocultos. Y seguidamente de los fallos ocultos, aparecen los que son fallos con consecuencias en la seguridad o medio ambiente.

Posteriormente arribamos a las consecuencias operacionales, aquello que provocan pérdidas en la producción y por ende mayores costos generados. Esta nos hace reconsiderar que debemos contemplar muchas variables de costo y no podemos pasar por alto ni una.

Si existirá un método que nos permitiera incrementar esencialmente con solo añadir unas cuantas medidas correctivas, nos percataríamos de algunas variantes muy claras que requerirían solución. En situaciones escasas se da lo mencionado anteriormente, pero no es en esencia algo concreto y bien fundamentado.

Por lo que queda hacer, el conocido trabajo de hormiga, que es alcanzar resultados relevantes como la suma de incontables mini economías puntuales. El RCM por su parte nos faculta, y a la par nos compromete, a reducir la suma de costos consecuentes de fallos de equipos, y a la vez a entender su importancia.

Ya que la metodología señala todos los modos de fallo posibles y selecciona para cada uno de ellos la actividad de mantenimiento más competente y económicamente favorable, cada modo de fallo nos ofrece una potencial economía, es decir, solo ocurriría dadas algunas circunstancias, pero conjuntamente es una amenaza cierta.

#### **4.5.3. CALCULO DE LOS COSTOS ASOCIADOS A LA MANTENCION DE LA CHANCADORA DE QUIJADA COMESA 24" X 36"**

Actualmente la gestión de mantenimiento del área de mantenimiento, respecto a las paradas típicas de planta programadas, han estado dadas de la siguiente manera, inicialmente las paradas estaban programadas de un día por mes, sin considerar los días previos trabajados, en la actualidad esto ha variado, siendo dos días de parada por mes, dejando en evidente el incremento de costos y la necesidad de mantenimiento.

En la U. M. Lincuna, las paradas de mantenimientos están tercerizadas para empresas dedicadas al mantenimiento especializado

A continuación, se adjuntará una cotización aprobada por servicio integral de mantenimiento programado de Parada De Planta (PDP), de acuerdo al requerimiento solicitado por el área de mantenimiento:

Item	Descripción	Und	Cant	Hrs / Día	Costo HH/Día	Costo Parcial	Sub-total
<b>1.00</b>	<b>TRASLADO A UNIDAD MINERA</b>						<b>5,109.00</b>
1.10	Movilización y desmovilización de personal, equipo, herramientas, etc.	Glb	1		5,109.00	5,109.00	
<b>2.00</b>	<b>MANO DE OBRA DÍAS PREVIOS - 02 DÍAS (INCLUYE EPP'S DE PERSONAL)</b>						<b>2,844.00</b>
2.10	Supervisor Mecánico	HH	1	24	11.00	264.00	
2.20	Soldador de 1era / Soldador Calificado	HH	6	24	7.50	1,080.00	
2.30	Mecánico de 1era / Operario Mecánico	HH	5	24	7.30	876.00	
2.40	Oficial mecánico / Ayudante Mecanico	HH	4	24	6.50	624.00	
<b>3.00</b>	<b>MANO DE OBRA DÍAS DE PARADA TURNO DÍA - 02 DIAS (INCLUYE EPP'S DE PERSONAL)</b>						<b>13,062.00</b>
3.10	Supervisor Mecánico	HH	2	28	11.00	616.00	
3.20	Supervisor de Seguridad	HH	2	28	10.00	560.00	
3.30	Soldador de 1era / Soldador Calificado	HH	17	28	7.50	3,570.00	
3.40	Mecánico de 1era / Operario Mecánico	HH	25	28	7.30	5,110.00	
3.50	Electricista de 1era / Operario Electricista	HH	4	28	7.50	840.00	
3.60	Oficial mecánico / Ayudante Mecanico	HH	13	28	6.50	2,366.00	
<b>4.00</b>	<b>MANO DE OBRA PARADA DE PLANTA TURNO NOCHE - 01 DIA (INCLUYE EPP'S DE PERSONAL)</b>						<b>1,422.00</b>
4.10	Supervisor Mecánico	HH	1	12	11.00	132.00	
4.20	Soldador de 1era / Soldador Calificado	HH	6	12	7.50	540.00	
4.30	Mecánico de 1era / Operario Mecánico	HH	5	12	7.30	438.00	
4.40	Oficial mecánico / Ayudante Mecanico	HH	4	12	6.50	312.00	
<b>5.00</b>	<b>MANO DE OBRA DÍA POST PARADA - 01 DÍA (INCLUYE EPP'S DE PERSONAL)</b>						<b>976.80</b>
5.10	Supervisor Mecánico	HH	1	12	11.00	132.00	
5.20	Soldador de 1era / Soldador Calificado	HH	3	12	7.50	270.00	
5.30	Mecánico de 1era / Operario Mecánico	HH	3	12	7.30	262.80	
5.40	Oficial mecánico / Ayudante Mecanico	HH	4	12	6.50	312.00	
<b>6.00</b>	<b>EQUIPOS Y HERRAMIENTAS (USO EN OBRA)</b>						<b>3,290.40</b>
6.10	Máquina de soldar	HM	12	45	3.00	1,620.00	
6.20	Equipo oxicorte	HM	6	45	1.00	270.00	
6.30	Tecla manual 1 y 2 tn	HM	16	45	0.50	360.00	
6.40	Amoladora	HM	12	45	0.30	162.00	
6.50	Gatas hidráulicas de 10 Tn	Glb	4	1	3.00	12.00	
6.60	Herramientas básicas (5%M.O.)	Glb	5.00%		17,328.00	866.40	
<b>7.00</b>	<b>OTROS</b>						<b>5,342.63</b>
7.10	SCTR Salud y Pensión	Und	79		6.69	528.56	
7.20	Exámen Médico anual de ingreso (Anexo 16)	Und	24		78.00	1,848.60	
7.30	Hospedaje	Glb	1		2,965.47	2,965.47	
<b>8.00</b>	<b>GASTOS POR INDUCCIÓN DE PERSONAL NUEVO (2 DÍAS)</b>						<b>2,068.64</b>
8.10	Supervisor Mecánico	HH	1	16	7.70	123.20	
8.20	Supervisor de Seguridad	HH	1	16	7.00	112.00	
8.30	Soldador de 1era / Soldador Calificado	HH	6	16	5.25	504.00	
8.40	Mecánico de 1era / Operario Mecánico	HH	9	16	5.11	735.84	
8.50	Electricista de 1era / Operario Electricista	HH	1	16	5.25	84.00	
8.60	Oficial mecánico / Ayudante Mecanico	HH	6	16	4.55	436.80	
8.70	Oficial electricista / Ayudante Electricista	HH	1	16	4.55	72.80	
<b>9.00</b>	<b>GASTOS POR TRASLADO DE PERSONAL IDA Y VUELTA (2 DÍAS)</b>						<b>6,552.00</b>
9.10	Supervisor Mecánico	HH	3	16	7.70	369.60	
9.20	Supervisor de Seguridad	HH	2	16	7.00	224.00	
9.30	Soldador de 1era / Soldador Calificado	HH	23	16	5.25	1,932.00	
8.40	Mecánico de 1era / Operario Mecánico	HH	30	16	5.11	2,452.80	
8.50	Electricista de 1era / Operario Electricista	HH	4	16	5.25	336.00	
8.60	Oficial mecánico / Ayudante Mecanico	HH	17	16	4.55	1,237.60	
<b>SUB-TOTAL (US\$/.)</b>						<b>40,667.47</b>	
<b>GASTOS GENERALES (13%)</b>						<b>5,286.77</b>	
<b>UTILIDADES (10%)</b>						<b>4,066.75</b>	
<b>COSTO TOTAL SIN IGV (US\$/.)</b>						<b>50,020.99</b>	

Figura 4.1. Cotización aprobada por servicio integral de mantenimiento Parada de Planta



De esta cotización podemos desglosar lo siguiente, para determinar el costo unitario por mano de obra en mantenimiento para la Chancadora de Quijada Comesa 24" x 36", según su programación de mantenimiento durante un año, el promedio de personal ha requerido para este equipo es de 4 técnicos especialistas.

Por lo tanto, se obtiene el siguiente precio unitario por parada:

$$P.U = \frac{\text{US\$ } 50\,020.99}{79 \text{ operativos}} = 633.18 \frac{\text{US\$}}{\text{M.O}}$$

Ahora de acuerdo a lo mencionado anteriormente, se saca la siguiente estimación, el costo de mano de obra por servicio de mantenimiento de un mes en PDP, para la Chancadora de Quijada Comesa 24" x 36" es:

$$\text{Costo total} = \left( 633.18 \frac{\text{US\$}}{\text{M.O}} \right) * \left( 4 \frac{\text{M.O}}{\text{PDP}} \right)$$

$$\text{Costo total} = 2\,532.72 \frac{\text{US\$}}{\text{PDP}}$$

Considerando que el análisis RCM, se ha efectuado en un intervalo de tiempo de aproximado de un año, y teniendo en cuenta que al año realiza 12 PDP. De tal forma se estima, el costo total de servicio de mantenimiento tercerizado en un total de:

$$\text{Costo total de mantenimiento} = \left( 2\,532.72 \frac{\text{US\$}}{\text{PDP}} \right) * \left( 12 \frac{\text{PDP}}{\text{año}} \right)$$

$$\text{Costo total de mantenimiento} = 30\,392.64 \frac{\text{US\$}}{\text{año}}$$

Por lo tanto, con la implementación del RCM, se lograría enfocar un plan estratégico de mantenimiento a los componentes críticos y de mayor prioridad del equipo, que de tal forma se reducirían en gran magnitud los costos por paradas de planta del equipo (sin contemplar los costos por repuestos y consumibles), a solo trabajos de mantenimiento puntuales, y así evitar los gravísimos costos por pérdida de producción.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## CONCLUSIONES

- Implementando el Reliability Centred Maintenance (RCM) a la chancadora Comesa 24" x 36" y teniendo en consideración su debido proceso propuesto en este estudio, nos posibilitara optimizar su funcionalidad, como también incrementar su productividad reflejada por un aumento importante en la disponibilidad del sector de chancado primario.
- Por medio del Análisis de Pareto, se concluyó que los subsistemas críticos de la Chancadora, son lubricación (42.70%), mandíbulas (21.35%) y eje secundario (16.85%). La determinación de estos elementos, es decisiva en el avance del RCM, ya que se tomará mayor relevancia en el programa de mantenimiento, fundamentado en el criterio de sus modos de falla. Entonces respecto al AMFEC, así como su categorización dada por medio del Numero de Prioridad de Riesgo, en los 12 modos de fallos evaluados, se logró determinar que, 2 Fallos son inadmisibles (16.67%), 3 Fallos son de reducción requerida (25%) y 7 Fallos tolerables (58.33%). Por medio del proceso de Mantenimiento centrado en confiabilidad y como primer paso requerido es la de erradicar los fallos inadmisibles (que amenazan las operaciones de planta); de igual modo esta metodología plantea el uso de un plan preventivo útil conjuntamente a herramientas de predicción o monitoreo, con el objetivo de conseguir el control de los fallos de reducción requerido.
- Con el parámetro  $\beta = 0.8895$  definido, se ha logrado ubicar a la Chancadora en una de las secciones de la Curva de la Bañera, la cual incurre en la fase de fallos infantil, lo que nos especifica posibles problemas de diseño o en la instalación, lo que al término nos permitirá realizar verificaciones, replanteos, mejoras en los procedimientos, en la técnica y programas de mantenimientos tanto en correctivo como en preventivo. Y con eso estimar el valor de la confiabilidad de Weibull, para un intervalo de tiempo definido de 9062.3 hrs., nos ha dado en consecuencia una confiabilidad del 1.68%. Por otro lado, la mantenibilidad para el sistema, sigue el mismo criterio de los parámetros de confiabilidad de Weibull, en el caso de la tabla mantenibilidad de Weibull (Véase anexo n° 1, pág. 97) que describe, que un 90.80% de probabilidad de que los tiempos de reparación por mantenimiento (de n tareas de mantenimiento analizadas) habrán finalizado con éxito en 273.7 horas o menos.

- La aplicación del RCM a la Chancadora Comesa, nos permitirá mejorar su funcionalidad, de la misma manera acrecentara su disponibilidad y por ende en su producción primaria de la planta concentradora U. M. Lincuna, el valor de disponibilidad obtenido del estado actual fue de 97.07%, a partir de los valores del MTBF (Mean Time Between Failures) y el MTTR (Medium time To Repair), hallados respectivamente en 101.824 hrs. y 3.075 hrs.
- Con la implementación del RCM a la chancadora primaria de la U. M. Lincuna, se considera una reducción importante de las actividades correctivas en el equipo, ya que se fundamenta en anticipar o predecir probables fallos o errores, así como también adiestrar y motivar a cada miembro del área de mantenimiento en la relevancia de anticiparse a posibles fallos en los equipos de la compañía. Y con respecto a ello, daremos detalle de los costos de mantenimiento mecánico eléctrico (excluye repuestos y consumibles) tercerizado:

El costo de mantenimiento por parada a la Chancadora Comesa cód. 1020, asciende a un valor mensual de US\$ 2 532.72 (04 técnicos especialistas).

El perfeccionamiento del programa de mantenimiento mejora la gestión del mantenimiento, aminorando el costo total del mantenimiento, de igual modo se procura en prevenir fallos imprevistos, que puedan caer en costos por disminución de producción, lo cual son responsabilidades del área de mantenimiento.

## RECOMENDACIONES

- La recolección de datos debe ser lo más preciso o exacto y bajo el control de personal capacitado, ya que de esto se relacionará con un análisis real y confiable, por ello se debe incitar a una cultura de recolección, manejo e interpretación de estos valores, que permita que al margen de la incertidumbre relacionado a estos no altere la certeza del cálculo de la confiabilidad.
- Efectuar una definición más detallada en los modos de fallo, para un máximo abarque en el reconocimiento de las causas de fallo.
- Formar un grupo de trabajo para proponer acciones próximas con el propósito de perfeccionar los programas de mantenimiento.
- Se sugiere evaluar periódicamente los fallos críticos y prevenir paradas reiterativas, sosteniendo un historial constantemente actualizado de la chancadora primaria 24" x 36" y así alcanzar a disminuir los costos operativos por mantenimiento.
- La utilización de la estadística, en la ingeniería exactamente en la del mantenimiento, exige de una más amplia y detallada información, en la curricula de los estudiantes de pregrado.
- Para alcanzar resultados confiables por medio del análisis de Weibull es imprescindible contar con una sólida data, en donde se tome en cuenta el registro de la fecha como también la hora de fallo, de la misma forma la fecha y hora de la reanudación de las operaciones (puesta en marcha), y por último el motivo y explicación del fallo.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

- TORRES RAYMUNDO, A. M. (2017). “Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de la chancadora 60” x 113” de minera Chinalco”. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- FARFAN BERTIN, F. M. (2014). “Realizar un plan de mantención preventiva del chancador primario fuller en división Codelco andina”. Universidad Austral de Chile.
- MARTIN DA COSTA BURGA (2010). “Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad a motores a gas de dos tiempos en pozos de alta producción”. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- VASQUEZ OYARZUN, D. E. (2008). “Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM en motores Detroit 16V-149TI en Codelco división andina”. Universidad Austral de Chile.
- ROSADO PACHECO R. H. (2017). “Evaluación de métodos para determinar la confiabilidad mediante la distribución Weibull: caso planta San Antonio”. Universidad Nacional San Agustín de Arequipa.
- MESA G. DAIRO; ORTIZ S. YESID; PINZON M. (2006). “La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento”. Scientia Et Technica, XII (30), 155-160.
- RINCON G. JOHAN; SANCHEZ C. JHON (2017). “Implementación de RCM para los activos críticos de materias primas de una fábrica de vidrio”. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- CASTRO OROÑA, K. R. (2017). “Implementación de un programa de mantenimiento preventivo para mejorar el rendimiento de las chancadoras primarias de la Cía. Minera Casapalca S.A.”. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- MONTES ROJAS, K. P. (2003). “Propuesta de una nueva gestión de mantenimiento para la planta concentradora de Cobriza”. Universidad Nacional de Ingeniería.
- ANDREA BLANCO, E. (s.f). “Bloque II – Capitulo 7. Trituración”. Universidad de Cantabria.
- BRAVO, (s.f). “Mantenimiento Centrado en la confiabilidad plus en la Minería de Cobre: Lixiviación”. Proyecto piloto de RCM en Minería de Cobre.
- ELLMANN, (s.f). “Costo – Beneficio de la implementación de RCM2”. Recuperado de [www.ellmann.net](http://www.ellmann.net).
- ARRIVILLAGA, (2007). “Metodologías y criterios de mantenibilidad aplicados a la organización y planificación del proceso de mantenimiento de equipo electrónico de impresión”. Universidad de San Carlos de Guatemala.



- ESPINEL, (2014). “Distribuciones no tradicionales para medir confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad (CMD), que se ajustan a varias fases de la curva de Davies”. Universidad EAFIT.
- ANDREA C. EMILIO; SIERRA F. CARLOS (2019). “Volumen I: Teoría general del mantenimiento y de la fiabilidad”. Universidad de Cantabria.
- TAMBORERO DEL PINO, J. (1994). “NTP 331. Fiabilidad: la distribución de Weibull”. Ministerio de trabajo y asuntos sociales de España.
- MURILLO, W. (2001). “Confiabilidad y análisis estadístico para la predicción de fallas, seguridad, supervivencia, riesgo, costo y garantías de los equipos”. RCM Ingeniería.
- JIMENEZ CHACON, R. J. (2008). “Mantenimiento centrado en confiabilidad piloto para una empresa minera”. Universidad Nacional de Ingeniería.
- MOUBRAY J. (2004). “Mantenimiento centrado en confiabilidad”. Pág. 203 al 210.
- AGUILAR O. JOSE; TORRES A. ROCIO; MAGAÑA J. DIANA. (2010). “Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad”. Tecnología, Ciencia, Educación, 25 (1), 15-26.
- ROBLES CUADRADO, J. R. (2018). “Diseño de un plan de mantenimiento basado en rcm para incrementar la vida útil del tren de fuerza de camiones de acarreo marca Caterpillar modelo 793D en Sociedad minera Cerro Verde”. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- YANCAYLLO MAMANI, R. N. (2018). “Flotación y cianuración de los relaves de Ticapampa propiedad de la Compañía Minera Lincuna”. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- ÑAVEZ VILA, G. Y. (2013). “Configuración del circuito de chancado para el incremento de producción en Cía. Minera Casapalca S.A.”. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- (2018). “Chancadoras de Quijadas / Cónicas”. Consorcio Metalúrgico S.A. (COMESA).
- ESQUIVEL M. JAKELIN D.; SALIRROSAS H. CARMEN V. (2019). “Influencia en la confiabilidad por la sustitución de la chancadora de rodillos por dos chancadoras cónicas en la empresa Sociedad Minera el Brocal S.A.A.”. Universidad Nacional del Santa.
- OLIVARES OLIVARES, A. A. (2017). “Excelencia operacional en la gestión del mantenimiento en planta concentradora división el Teniente - Codelco Chile”. Universidad de Chile.

- BECERRA A. GILBERTO; PAULINO R. JONY (2012). “El análisis de confiabilidad como herramienta para optimizar la gestión del mantenimiento preventivo de los equipos de la línea de flotación en un centro minero”. Universidad Nacional de Ingeniería.
- SANTA MARIA VARGAS G. A. (2003). “Estrategias modernas en la gestión de mantenimiento en centros mineros de tajo abierto”. Universidad Nacional de Ingeniería.
- REFULIO R. JAMES G.; RODRIGUEZ C. MIGUEL A. (2009). “Evaluación del chancado, molienda y flotación para la ampliación de planta de 3600 a 4200 tmsd en la unidad minera Yauliyacu - empresa Minera Los Quenuales S. A.”. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- GONZALES FERNANDEZ, F. J. (2010). “Auditoria del mantenimiento e indicadores de gestión”. FC Editorial.
- Sifonte, (2018). Norma SAE JA1011-Criterios de Evaluación para Procesos de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM). Recuperado de <http://www.pdmtechusa.com/criterios-evaluacion-rcm/>
- García, (2013). El objetivo del RCM y las fases del proceso. Recuperado de <http://www.mantenimientopetroquimica.com/index.php/el-objetivo-del-rcm-y-las-fases-del-proceso>
- ARDILA P. GABRIEL; MANTILLA G. JOSE (2008). “Diseño de la estrategia de mantenimiento basada en RCM para bombas centrífugas y reciprocantes, compresores y motores de combustión interna de la planta de inyección de agua Casabe, planta de reinyección de agua residual Cantagallo y estación 2 de recolección y tratamiento de crudo casabe de la superintendencia del rio de Ecopetrol S.A”. Universidad Pontificia Bolivariana.
- Córdova, (2014). Diagrama de bloques de Confiabilidad. Recuperado de <http://confiandoenlaingenieria.blogspot.com/2014/04/diagrama-de-bloques-de-confiabilidad.html>
- CARTAGENA, (2012). “Desarrollo de un modelo para evaluar la disponibilidad y confiabilidad en un sistema de bombeo”. Universidad ICESI.
- Medina, (2016). RCM paso 5: Evaluar efectos y consecuencias ¿en qué forma es importante cada falla? Recuperado de <https://confiabilidadrcm.wordpress.com/2016/10/21/rcm-paso-5-evaluar-efectos-y-consecuencias-en-que-forma-es-importante-cada-falla/>
- RCM-Confiabilidad, (2005). RCM – Mantenimiento Centrado en confiabilidad. Recuperado de [www.rcm-confiabilidad.com.ar](http://www.rcm-confiabilidad.com.ar)
- Pérez, (s. f.). Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Recuperado de [http://www.mantenimientoplanificado.com/art%C3%ADculos\\_rcm\\_archivos/RCM2%20EXPLICACION.pdf](http://www.mantenimientoplanificado.com/art%C3%ADculos_rcm_archivos/RCM2%20EXPLICACION.pdf)

- MARTINEZ, (2004). “Implementación de un análisis de modo y efecto de falla en una línea d manufactura para juguetes”. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- ISO/ DIS 14224, (2004). “Conceptos generales confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad, entendiendo sus diferencias”. Estándar ISO/ DIS 14224.
- NICOLALDE, (2014). “Análisis de los daños más frecuentes causados por la diferencia entre el mantenimiento realizado en los autobuses Mercedes Benz del recomendado por el fabricante”. Escuela Politécnica Nacional.
- RUBIANO, (2017). “Implementación de los resultados del análisis de vibración en la planeación del mantenimiento, para la categorización y clasificación de la severidad de la vibración de equipos rotativos en casa Luker S. A.” Universidad Santo Tomas.
- David, (2016). 911Metallurgist: Chancadora de Quijada uso y funcionamiento. Recuperado de <https://www.911metallurgist.com/metallurgia/chancadora-de-quijada-uso-y-funcionamiento/>
- TANCAYLLO, (2018). “Flotación y cianuración de los relaves de Ticapampa propiedad de la Compañía Minera Lincuna”. Universidad Nacional de San Agustín.
- WEBER, (2016). “En busca de la Mejora continua en la Gestión de Activos”. Revista Uptime, 2.
- HERNANDEZ, (2014). “Metodológica del RCM”. Evidencia N° 5. MTTO (31), 1.
- NUÑEZ, (2016). “RCM para optimizar la disponibilidad de los tractores D8T en la empresa ARUNTANI SAC – Unidad Tukari”. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- SANCHEZ, (2014). “Estudio del estado actual de las máquinas y equipos de laboratorio de la carrera de ingeniería mecánica de la Universidad Técnica de Ambato y su incidencia en la fiabilidad”. Universidad Técnica de Ambato.
- CASTRO, (2017). “Método basado en RCM, para la gestión de mantenimiento en tractores agrícolas: caso Municipalidad distrital de Colquepata”. Universidad Nacional de San Agustín.
- ESCOBAR C. PITER; BILBAO R. JORGE. “Guía metodológica para la investigación científica para grado y posgrado”. Universidad Metropolitana.
- Reliability, (s.f.). “Ingeniería de confiabilidad: Cálculo de los Parámetros de la Distribución de Weibull”. Recuperado de <https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/calculo-de-los-parametros-de-la-distribucion-de-weibull/>

- PETIT, (2005). “Plan de mantenimiento para equipos críticos del proceso de envasado del GLP. Universidad del Zulia.
- RODRIGUEZ, (2007). “Diseño de un modelo de mantenimiento para el triturador de cono de CVG Venalum”. Universidad Simón Bolívar.
- POLANCO, (2006). “Optimización costo – riesgo en los equipos de control de sólidos para fluidos de perforación”. Universidad de Zulia.
- MANRIQUEZ, (2016). “Mantenimiento en Latinoamérica: El principio de Pareto y los malos actores” Revista Gestión confiable de los activos. Volumen 8 (2), pp.15-16.
- MORENO, (2018). “Programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad para la línea de escaldado, envasado y sellado de quinua-salsas de la planta n° 09 de Danper Trujillo S. A. C.”. Universidad Nacional de Trujillo.

## **ANEXOS**

## **ANEXO N° 1 ANÁLISIS RCM DE KPI'S DE LA CHANCADORA DE MANDÍBULA COMESA 24" X 36"**

### **ANALISIS RCM DE KPI'S DE LA CHANCADORA DE MANDIBULA COMESA 24" X 36"**

El desarrollo de este análisis mediante indicadores, para la Compañía Minera Lincuna seleccionada, generalmente es aplicado a toda la planta o un área específica, por ende, el RCM parte por identificar los equipos que deben ser atendidos en función de su impacto sobre la operación, pero en este caso ya tiene un enfoque claro al cual va dirigido esta evaluación, como es el equipo Chancadora de Mandíbula o conocida también como de Quijada Comesa 24" x 36" del área de Chancado Primario, posteriormente a la selección del equipo ya definido:

Se determina el periodo de tiempo de evaluación, bajo un contexto operacional específico de forma segura y fiable, para el proceso de RCM, por lo que se vio por conveniente establecer para todo el desarrollo de este informe de ingeniería, en un año aproximadamente, que abarca del 01 de junio del 2018 al 04 de junio del 2019.

Definido ya lo anterior, se inicia con la recopilación amplia de información (data), que es extraída ya en lo habitual desde la plataforma SAP modulo PM, mediante la transacción IW39 (Reporte de Ordenes de Servicio de Mantenimiento), facilitado en este caso por el área de planeamiento de planta concentradora, creando una base de datos con información real referente a sus fallas, finalmente, con estos datos se procede al análisis que es clasificar, ordenar y determinar los parámetros requeridos para calcular los kpi's importantes en el mantenimiento, como en este caso, la Confiabilidad, MTBF, MTTR y la Disponibilidad.

#### **CALCULO DE LA CONFIABILIDAD OPERATIVA**

La función distribución estadística de Weibull, se identifica por tener en cuenta la tasa de fallos variable del componente estudiado, siendo empleada por su gran flexibilidad, al tener la capacidad de ajustarse a una gran variedad de funciones en el estudio de fiabilidad de componentes, reduciendo en gran medida el trabajo de análisis de los resultados, debido a esto, en el campo de la confiabilidad es considerada la más apropiada y empleada, y el método que se utilizara en esta sección del informe.

Como ya lo hemos mencionado, se toma como referencia la data disponible reciente del SAP PM de la Compañía Lincuna, ya que nos da una idea más exacta de la frecuencia de fallos ocurrida por días (medido de algún tiempo específico hasta que falla) de la Chancadora Comesa modelo 1020, la cual es mostrada en la siguiente tabla:

N°	TBF (HORAS)	N°	TBF (HORAS)	N°	TBF (HORAS)	N°	TBF (HORAS)
1.-	20.5	24.-	91	47.-	70	70.-	22.8
2.-	23.5	25.-	45.2	48.-	18.5	71.-	20.5
3.-	42	26.-	70	49.-	19	72.-	45.7
4.-	22.8	27.-	47	50.-	16.5	73.-	214
5.-	23.9	28.-	69	51.-	23	74.-	257.5
6.-	19	29.-	22	52.-	166	75.-	836
7.-	23.9	30.-	20.5	53.-	214.8	76.-	65.5
8.-	23	31.-	44.5	54.-	46.5	77.-	63
9.-	18	32.-	22.5	55.-	238	78.-	142
10.-	46.3	33.-	23.5	56.-	143	79.-	143
11.-	214.5	34.-	20	57.-	190.5	80.-	43.5
12.-	329	35.-	23	58.-	20.5	81.-	22
13.-	812	36.-	21.7	59.-	90.5	82.-	70
14.-	65.5	37.-	47	60.-	47.5	83.-	17
15.-	63	38.-	214.5	61.-	70	84.-	21
16.-	142	39.-	305	62.-	47	85.-	15.5
17.-	142.5	40.-	836.5	63.-	69	86.-	22.8
18.-	44	41.-	65.5	64.-	18.5	87.-	166
19.-	22	42.-	61	65.-	22.5	88.-	214.8
20.-	118	43.-	142	66.-	45.3	89.-	46
21.-	143	44.-	143	67.-	22.5		
22.-	190.5	45.-	43.5	68.-	23.9		
23.-	20.5	46.-	23.5	69.-	19.9		

**Registro de fallas de la Chancadora de Mandíbula Comesa Mod. 1020 – Área de Planeamiento Planta Concentradora (Unidad Minera Lincuna).**

Luego del registro de datos recopilado en la tabla anterior, se procede a ordenarlo de manera ascendente, para luego utilizar la frecuencia acumulada, el cual se muestra a continuación:

N°	TBF (HORAS)	N°	TBF (HORAS)	N°	TBF (HORAS)	N°	TBF (HORAS)
1.-	15.5	24.-	483.4	47.-	1279.7	70.-	3233.7
2.-	32	25.-	506.2	48.-	1326.7	71.-	3376.7
3.-	49	26.-	529	49.-	1373.7	72.-	3519.7
4.-	67	27.-	552	50.-	1421.2	73.-	3662.7
5.-	85.5	28.-	575	51.-	1482.2	74.-	3828.7
6.-	104	29.-	598	52.-	1545.2	75.-	3994.7
7.-	123	30.-	621.5	53.-	1608.2	76.-	4185.2
8.-	142	31.-	645	54.-	1673.7	77.-	4375.7
9.-	161.9	32.-	668.5	55.-	1739.2	78.-	4589.7
10.-	181.9	33.-	692.4	56.-	1804.7	79.-	4804.2
11.-	202.4	34.-	716.3	57.-	1873.7	80.-	5018.7
12.-	222.9	35.-	740.2	58.-	1942.7	81.-	5233.5
13.-	243.4	36.-	782.2	59.-	2012.7	82.-	5448.3
14.-	263.9	37.-	825.7	60.-	2082.7	83.-	5686.3
15.-	284.4	38.-	869.2	61.-	2152.7	84.-	5943.8
16.-	305.4	39.-	913.2	62.-	2222.7	85.-	6248.8
17.-	327.1	40.-	957.7	63.-	2313.2	86.-	6577.8
18.-	349.1	41.-	1002.9	64.-	2404.2	87.-	7389.8
19.-	371.1	42.-	1048.2	65.-	2522.2	88.-	8225.8
20.-	393.1	43.-	1093.9	66.-	2664.2	89.-	9062.3
21.-	415.6	44.-	1139.9	67.-	2806.2		
22.-	438.1	45.-	1186.2	68.-	2948.2		
23.-	460.6	46.-	1232.7	69.-	3090.7		

**Registro de fallas en frecuencia acumulada de la Chancadora de Mandíbula  
Comesa Mod. 1020**

Para la siguiente tabla, tendremos las siguientes consideraciones, respecto a la segunda columna, debido a que la muestra que se analiza es mayor que 20 datos, se aplicará la fórmula n° 09, de aproximación de rangos medios de Bernard; y para los valores de las abscisas X e Y, teniendo en cuenta la forma general de la distribución de Weibull, es considerando o asumiendo el parámetro de localización  $\delta$  (delta) = 0, en cuyo caso el análisis coincide con el inicio del funcionamiento del equipo o componente.

Nota:

\*El parámetro de localización  $\delta$ , sirve para ubicar el inicio de la distribución a lo largo de la abscisa X y se relaciona con la vida mínima del equipo o componente.

Parad  $\delta = 0$ :

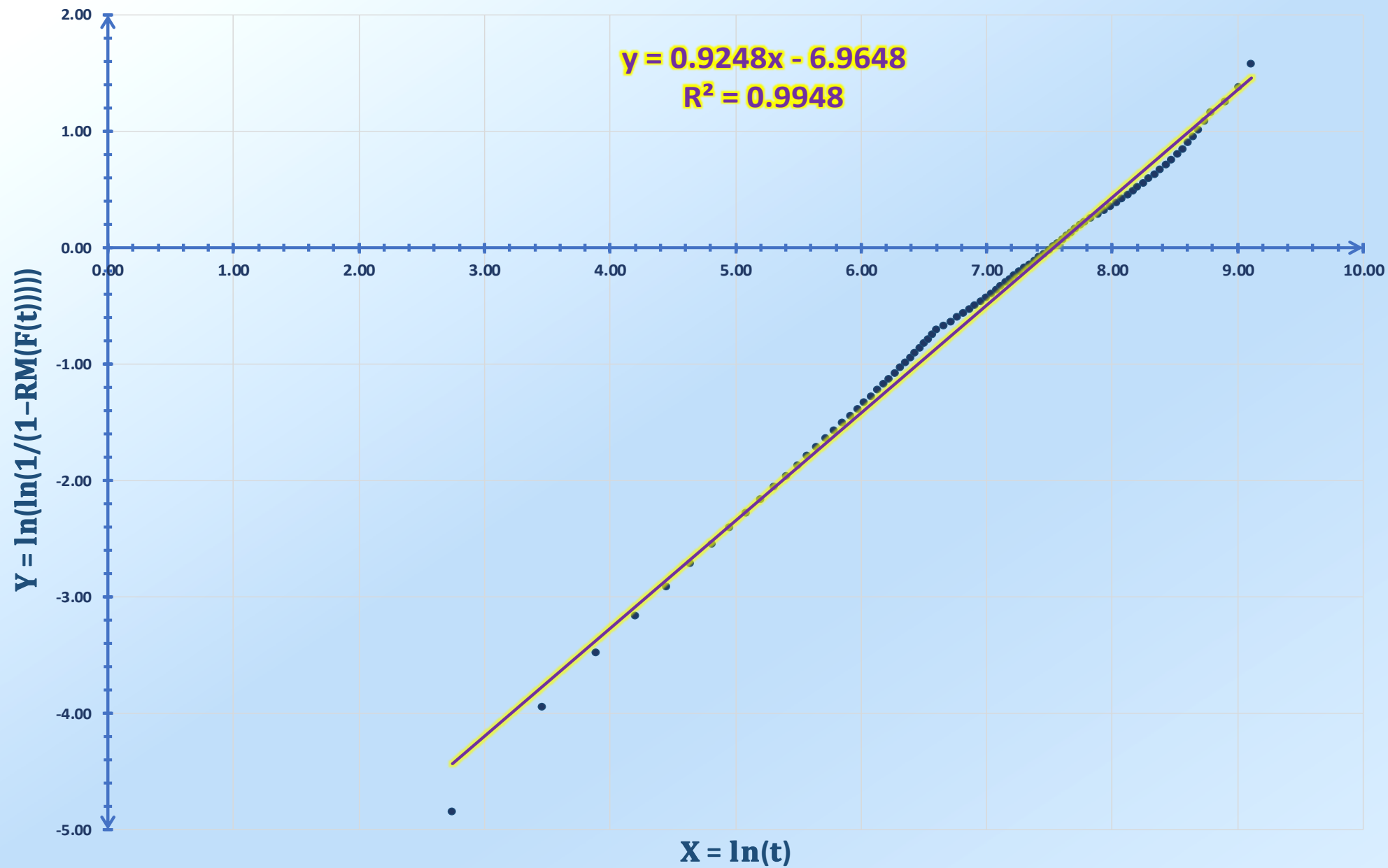


N°	TBF ACUMULATIVO (HORAS)	RM (F(t))	$X = \ln(t - \delta)$	$Y = \ln(\ln(\frac{1}{1 - RM(F(t))}))$
1.-	15.5	0.7830%	2.7408	-4.8459
2.-	32	1.9016%	3.4657	-3.9529
3.-	49	3.0201%	3.8918	-3.4846
4.-	67	4.1387%	4.2047	-3.1637
5.-	85.5	5.2573%	4.4485	-2.9187
6.-	104	6.3758%	4.6444	-2.7199
7.-	123	7.4944%	4.8122	-2.5523
8.-	142	8.6130%	4.9558	-2.4072
9.-	161.9	9.7315%	5.0870	-2.2790
10.-	181.9	10.8501%	5.2035	-2.1641
11.-	202.4	11.9687%	5.3102	-2.0598
12.-	222.9	13.0872%	5.4067	-1.9642
13.-	243.4	14.2058%	5.4947	-1.8759
14.-	263.9	15.3244%	5.5756	-1.7937
15.-	284.4	16.4430%	5.6504	-1.7168
16.-	305.4	17.5615%	5.7216	-1.6445
17.-	327.1	18.6801%	5.7903	-1.5761
18.-	349.1	19.7987%	5.8554	-1.5113
19.-	371.1	20.9172%	5.9165	-1.4496
20.-	393.1	22.0358%	5.9741	-1.3906
21.-	415.6	23.1544%	6.0297	-1.3342
22.-	438.1	24.2729%	6.0824	-1.2800
23.-	460.6	25.3915%	6.1325	-1.2279
24.-	483.4	26.5101%	6.1808	-1.1776
25.-	506.2	27.6286%	6.2269	-1.1290
26.-	529	28.7472%	6.2710	-1.0819
27.-	552	29.8658%	6.3135	-1.0363
28.-	575	30.9843%	6.3544	-0.9920
29.-	598	32.1029%	6.3936	-0.9489
30.-	621.5	33.2215%	6.4321	-0.9069
31.-	645	34.3400%	6.4693	-0.8659
32.-	668.5	35.4586%	6.5050	-0.8258
33.-	692.4	36.5772%	6.5402	-0.7867
34.-	716.3	37.6957%	6.5741	-0.7484
35.-	740.2	38.8143%	6.6069	-0.7108
36.-	782.2	39.9329%	6.6621	-0.6739
37.-	825.7	41.0515%	6.7162	-0.6377
38.-	869.2	42.1700%	6.7676	-0.6021
39.-	913.2	43.2886%	6.8170	-0.5671
40.-	957.7	44.4072%	6.8645	-0.5325
41.-	1002.9	45.5257%	6.9107	-0.4985
42.-	1048.2	46.6443%	6.9548	-0.4649
43.-	1093.9	47.7629%	6.9975	-0.4317
44.-	1139.9	48.8814%	7.0387	-0.3990
45.-	1186.2	50.0000%	7.0785	-0.3665
46.-	1232.7	51.1186%	7.1170	-0.3344

47.-	1279.7	52.2371%	7.1544	-0.3026
48.-	1326.7	53.3557%	7.1904	-0.2710
49.-	1373.7	54.4743%	7.2253	-0.2397
50.-	1421.2	55.5928%	7.2593	-0.2085
51.-	1482.2	56.7114%	7.3013	-0.1776
52.-	1545.2	57.8300%	7.3429	-0.1468
53.-	1608.2	58.9485%	7.3829	-0.1161
54.-	1673.7	60.0671%	7.4228	-0.0856
55.-	1739.2	61.1857%	7.4612	-0.0551
56.-	1804.7	62.3043%	7.4981	-0.0247
57.-	1873.7	63.4228%	7.5357	0.0057
58.-	1942.7	64.5414%	7.5718	0.0361
59.-	2012.7	65.6600%	7.6072	0.0666
60.-	2082.7	66.7785%	7.6414	0.0971
61.-	2152.7	67.8971%	7.6745	0.1277
62.-	2222.7	69.0157%	7.7065	0.1584
63.-	2313.2	70.1342%	7.7464	0.1893
64.-	2404.2	71.2528%	7.7850	0.2204
65.-	2522.2	72.3714%	7.8329	0.2518
66.-	2664.2	73.4899%	7.8877	0.2834
67.-	2806.2	74.6085%	7.9396	0.3154
68.-	2948.2	75.7271%	7.9890	0.3477
69.-	3090.7	76.8456%	8.0362	0.3805
70.-	3233.7	77.9642%	8.0814	0.4138
71.-	3376.7	79.0828%	8.1247	0.4476
72.-	3519.7	80.2013%	8.1661	0.4822
73.-	3662.7	81.3199%	8.2060	0.5174
74.-	3828.7	82.4385%	8.2503	0.5536
75.-	3994.7	83.5570%	8.2927	0.5907
76.-	4185.2	84.6756%	8.3393	0.6290
77.-	4375.7	85.7942%	8.3838	0.6686
78.-	4589.7	86.9128%	8.4316	0.7098
79.-	4804.2	88.0313%	8.4772	0.7528
80.-	5018.7	89.1499%	8.5209	0.7980
81.-	5233.5	90.2685%	8.5628	0.8458
82.-	5448.3	91.3870%	8.6031	0.8969
83.-	5686.3	92.5056%	8.6458	0.9520
84.-	5943.8	93.6242%	8.6901	1.0126
85.-	6248.8	94.7427%	8.7401	1.0803
86.-	6577.8	95.8613%	8.7915	1.1584
87.-	7389.8	96.9799%	8.9079	1.2527
88.-	8225.8	98.0984%	9.0150	1.3769
89.-	9062.3	99.2170%	9.1119	1.5789

### Valores de las abscisas X e Y, para el trazado de la recta de regresión

En el gráfico siguiente permite conformar una línea recta, a partir de la cual se logra obtener los parámetros propios de la función de Weibull.



Trazado de la recta de regresión ( $\delta = 0$ ), para hallar los parámetros de Weibull

Del gráfico anterior, se obtuvo la siguiente ecuación lineal:

$$Y = 0.9248X - 6.9648$$

$$R^2 = 0.9948$$

Del cual podemos extraer lo siguiente:

$$R = 0.9974$$

El coeficiente de correlación (R), denota que hay una excelente relación (dependencia) lineal de la data, puesto que su valor está muy cerca a uno. El coeficiente de determinación ( $R^2$ ), denota que un 99.48% de la data están vinculados linealmente. En consecuencia, estos valores dan a entender que la muestra se adecua conforme a la función de densidad de Weibull (Reliability, s.f.).

Luego dicho esto, se procede a estimar los valores de los parámetros de Weibull del gráfico:

Primero determinaremos el parámetro de escala  $\theta$ , de la formula n° 08:

$$\theta = e^{-\left(\frac{-6.9648}{0.9248}\right)} = 1865.2341$$

Por consiguiente, tenemos el siguiente cuadro de parámetros de la función de Weibull:

PARAMETROS DE WEIBULL	VALOR
Parametro de forma ( $\beta$ )	0.9248
Parametro de escala ( $\theta$ )	1865.2341
Parametro de localizacion ( $\delta$ )	0

### Estimación de parámetros de la función de Weibull

En los siguientes párrafos, haremos un hincapié en el parámetro de localización ( $\delta$ ):

### **Consideraciones sobre el parámetro de localización:**

Las siguientes consideraciones se deben tener en cuenta al momento de analizar un parámetro de localización diferente de cero ( $\delta \neq 0$ ) (Reliability, s.f.).

- Si al graficar los puntos de la muestra aparece una cola de puntos hacia arriba o hacia abajo, es un indicativo de que el parámetro de localización debe ser calculado.
- Una cola hacia abajo o una reducción súbita de la pendiente son indicativos de que un parámetro de localización positivo está presente. Verifique la figura 4.1.
- Una cola hacia arriba o un incremento súbito de la pendiente son indicativos de que un parámetro de localización negativo está presente. Este punto está de acuerdo con el intervalo de validez de  $\delta$  ( $-\infty < \delta < \infty$ ) (Reliability, s.f.).

Un parámetro de localización negativo se presenta cuando hay unidades con fallas en servicio, o unidades en servicio con defectos que causarían fallas (Reliability, s.f.).

Ejemplos:

- ◆ Defectos originados durante el ensamble.
- ◆ Defectos originados durante el transporte.
- ◆ Defectos originados durante la instalación o montaje.
- ◆ Defectos originados durante el almacenamiento

- Valores altos del parámetro de forma ( $\beta > 10$ ) son otro indicio de que el parámetro de localización debe ser calculado.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, y analizando la figura 4.1, se procederá a calcular el parámetro de localización.

### **Cálculo del parámetro de localización ( $\delta$ ):**

Para el cálculo de este parámetro de Weibull, se usará como apoyo el complemento Solver de Excel, ya que debe ser determinado por ensayo y error.

Para empezar, se debe definir la celda cambiante que, en este caso debe ser la celda donde se asignó el valor cero. Esta celda debe estar involucrada en una función.

El mejor estimador del parámetro de localización, es aquel que proporcione el mejor ajuste de la línea de regresión de los datos de muestra. El coeficiente de determinación ( $R^2$ ), proporciona esta medida, ya que éste mide la cantidad de puntos que están relacionados linealmente y, por lo tanto, la celda que contenga este valor será la celda objetivo a maximizar, pues el objetivo es mejorar el ajuste de la recta de regresión (Reliability, s.f.).

Para iniciar el cálculo se debe indicar al programa un punto de inicio, en la celda cambiante. El mejor valor de inicio de  $\delta$ , es un valor ligeramente inferior al valor más bajo del tiempo entre fallas de la muestra. En este caso, el punto inicio sería 15.4, ya que es ligeramente inferior al valor más bajo del TBF acumulado de la muestra, visto en esta tabla 4.3). Este constituirá la restricción en Solver (Reliability, s.f.).

Es importante tener en cuenta que la celda objetivo debe contener una fórmula que relacione directa o indirectamente el valor de la celda cambiante. Tal es el caso, la fórmula de excel sería COEFICIENTE.R2 (AH4:AH92, AG4:AG92) que está relacionada a los datos de la columna de las abscisas X e Y, como se desarrolló en la hoja de cálculo.

Coefficiente de determinación ( $R^2$ ) (Celda objetivo)	0.9948 =COEFICIENTE.R2(AH4:AH92,AG4:AG92)
Parametro de localizacion ( $\delta$ ) (Celda cambiante)	0

Parámetros de Solver

Establecer objetivo:

Para:  Máx  Mín  Valor de:

Cambiando las celdas de variables:

Sujeto a las restricciones:

Convertir variables sin restricciones en no negativas

Método de resolución:

Método de resolución

Seleccione el motor GRG Nonlinear para problemas de Solver no lineales suavizados. Seleccione el motor LP Simplex para problemas de Solver lineales, y seleccione el motor Evolutionary para problemas de Solver no suavizados.

### Captura de pantalla de la herramienta de análisis Solver (Excel), para un valor óptimo de $\delta$

Al hacer clic en el botón Resolver de la ventana Parámetros de Solver, el programa genera la solución 8.1133, como se muestra en la siguiente imagen, siendo este el valor del parámetro de localización ( $\delta$ ), y el coeficiente de determinación se maximiza a 0.9975; es decir, al tener en cuenta el parámetro de localización, se mejora el ajuste de la recta de regresión (Reliability, s.f.).

Coefficiente de determinación ( $R^2$ ) (Celda objetivo)	0.9975	=COEFICIENTE.R2(AH4:AH92,AG4:AG92)
Parametro de localizacion ( $\delta$ ) (Celda cambiante)	8.1133	

**Captura de pantalla de la solución del análisis de Solver (Excel), para un valor óptimo de  $\delta$ .**

Nótese que el valor del parámetro de localización ( $\delta$ ) es positivo, corroborando lo dicho anteriormente.

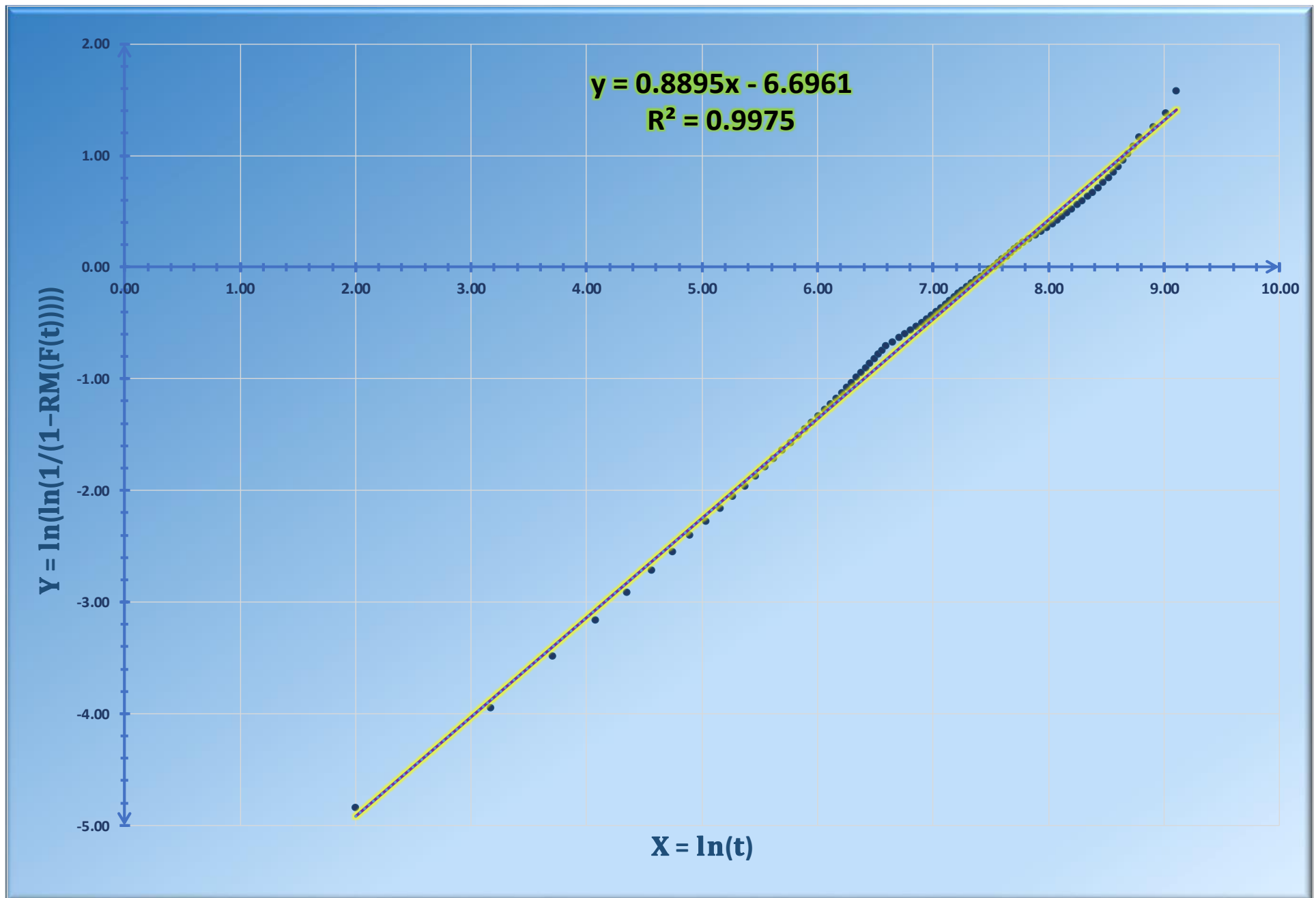
De igual manera, los parámetros de forma y escala, y los valores de las abscisas X y ordenadas Y se actualizan, debido a que están relacionado en sus fórmulas con  $\delta$ .

N°	TBF ACUMULATIVO (HORAS)	RM (F(t))	$X = \ln(t - \delta)$	$Y = \ln(\ln(\frac{1}{1 - RM(F(t))}))$
1.-	15.5	0.7830%	1.9997	-4.8459
2.-	32	1.9016%	3.1733	-3.9529
3.-	49	3.0201%	3.7108	-3.4846
4.-	67	4.1387%	4.0756	-3.1637
5.-	85.5	5.2573%	4.3488	-2.9187
6.-	104	6.3758%	4.5632	-2.7199
7.-	123	7.4944%	4.7439	-2.5523
8.-	142	8.6130%	4.8970	-2.4072
9.-	161.9	9.7315%	5.0356	-2.2790
10.-	181.9	10.8501%	5.1578	-2.1641
11.-	202.4	11.9687%	5.2693	-2.0598
12.-	222.9	13.0872%	5.3696	-1.9642
13.-	243.4	14.2058%	5.4608	-1.8759
14.-	263.9	15.3244%	5.5443	-1.7937
15.-	284.4	16.4430%	5.6214	-1.7168
16.-	305.4	17.5615%	5.6947	-1.6445
17.-	327.1	18.6801%	5.7651	-1.5761
18.-	349.1	19.7987%	5.8318	-1.5113
19.-	371.1	20.9172%	5.8944	-1.4496
20.-	393.1	22.0358%	5.9532	-1.3906
21.-	415.6	23.1544%	6.0100	-1.3342
22.-	438.1	24.2729%	6.0638	-1.2800
23.-	460.6	25.3915%	6.1148	-1.2279
24.-	483.4	26.5101%	6.1639	-1.1776
25.-	506.2	27.6286%	6.2108	-1.1290
26.-	529	28.7472%	6.2555	-1.0819
27.-	552	29.8658%	6.2987	-1.0363
28.-	575	30.9843%	6.3402	-0.9920
29.-	598	32.1029%	6.3799	-0.9489
30.-	621.5	33.2215%	6.4190	-0.9069
31.-	645	34.3400%	6.4566	-0.8659
32.-	668.5	35.4586%	6.4928	-0.8258
33.-	692.4	36.5772%	6.5284	-0.7867
34.-	716.3	37.6957%	6.5627	-0.7484
35.-	740.2	38.8143%	6.5959	-0.7108



36.-	782.2	39.9329%	6.6517	-0.6739
37.-	825.7	41.0515%	6.7064	-0.6377
38.-	869.2	42.1700%	6.7582	-0.6021
39.-	913.2	43.2886%	6.8080	-0.5671
40.-	957.7	44.4072%	6.8560	-0.5325
41.-	1002.9	45.5257%	6.9025	-0.4985
42.-	1048.2	46.6443%	6.9471	-0.4649
43.-	1093.9	47.7629%	6.9901	-0.4317
44.-	1139.9	48.8814%	7.0316	-0.3990
45.-	1186.2	50.0000%	7.0716	-0.3665
46.-	1232.7	51.1186%	7.1104	-0.3344
47.-	1279.7	52.2371%	7.1480	-0.3026
48.-	1326.7	53.3557%	7.1843	-0.2710
49.-	1373.7	54.4743%	7.2193	-0.2397
50.-	1421.2	55.5928%	7.2535	-0.2085
51.-	1482.2	56.7114%	7.2958	-0.1776
52.-	1545.2	57.8300%	7.3376	-0.1468
53.-	1608.2	58.9485%	7.3778	-0.1161
54.-	1673.7	60.0671%	7.4179	-0.0856
55.-	1739.2	61.1857%	7.4565	-0.0551
56.-	1804.7	62.3043%	7.4936	-0.0247
57.-	1873.7	63.4228%	7.5313	0.0057
58.-	1942.7	64.5414%	7.5676	0.0361
59.-	2012.7	65.6600%	7.6032	0.0666
60.-	2082.7	66.7785%	7.6375	0.0971
61.-	2152.7	67.8971%	7.6707	0.1277
62.-	2222.7	69.0157%	7.7028	0.1584
63.-	2313.2	70.1342%	7.7429	0.1893
64.-	2404.2	71.2528%	7.7816	0.2204
65.-	2522.2	72.3714%	7.8297	0.2518
66.-	2664.2	73.4899%	7.8846	0.2834
67.-	2806.2	74.6085%	7.9367	0.3154
68.-	2948.2	75.7271%	7.9862	0.3477
69.-	3090.7	76.8456%	8.0335	0.3805
70.-	3233.7	77.9642%	8.0789	0.4138
71.-	3376.7	79.0828%	8.1222	0.4476
72.-	3519.7	80.2013%	8.1638	0.4822
73.-	3662.7	81.3199%	8.2037	0.5174
74.-	3828.7	82.4385%	8.2482	0.5536
75.-	3994.7	83.5570%	8.2907	0.5907
76.-	4185.2	84.6756%	8.3374	0.6290
77.-	4375.7	85.7942%	8.3820	0.6686
78.-	4589.7	86.9128%	8.4298	0.7098
79.-	4804.2	88.0313%	8.4756	0.7528
80.-	5018.7	89.1499%	8.5193	0.7980
81.-	5233.5	90.2685%	8.5613	0.8458
82.-	5448.3	91.3870%	8.6016	0.8969
83.-	5686.3	92.5056%	8.6444	0.9520
84.-	5943.8	93.6242%	8.6887	1.0126
85.-	6248.8	94.7427%	8.7388	1.0803
86.-	6577.8	95.8613%	8.7902	1.1584
87.-	7389.8	96.9799%	8.9068	1.2527
88.-	8225.8	98.0984%	9.0140	1.3769
89.-	9062.3	99.2170%	9.1110	1.5789

**Actualización automática de los valores de las abscisas X e Y, para el ajuste de la recta de regresión**



Trazado de la recta de regresión con parámetro de localización  $\delta = 8.1133$ , para hallar los nuevos parámetros de Weibull

El gráfico anterior, muestra el trazo de la nueva recta de regresión, siendo notable la agrupación de los puntos en forma de línea, cuando se considera el valor de ( $\delta$ ).

Del gráfico anterior, se obtuvo la siguiente ecuación lineal:

$$Y = 0.8895X - 6.6961$$

$$R^2 = 0.9975$$

Del cual podemos extraer lo siguiente:

$$R = 0.9987$$

El coeficiente de correlación “R”, indica que hay una mejora o incremento en la relación (dependencia) lineal de la data, ya que su valor está muy próximo a uno.

Luego dicho esto, se procede a estimar los valores de los parámetros de Weibull del gráfico.

Primero determinaremos el parámetro de escala  $\theta$ , de la formula n° 08:

$$\theta = e^{-\left(\frac{-6.6961}{0.8895}\right)} = 1859.2660$$

Por consiguiente, tenemos el siguiente cuadro de parámetros de la función de Weibull:

PARAMETROS DE WEIBULL (ACTUALIZADO)	VALOR
Parametro de forma ( $\beta$ )	0.8895
Parametro de escala ( $\theta$ )	1859.2660
Parametro de localizacion ( $\delta$ )	8.1133

**Estimación de parámetros de la función de Weibull con un  $\delta \neq 0$**

Tomando en cuenta los últimos parámetros calculados, pasamos a determinar la función confiabilidad  $R(t)$  de Weibull:

N°	TBF ACUMULATIVO (HORAS)	CONFIABILIDAD $R(t)$ (%)
1.-	15.5	99.27%
2.-	32	97.94%
3.-	49	96.70%
4.-	67	95.47%
5.-	85.5	94.26%
6.-	104	93.09%
7.-	123	91.94%
8.-	142	90.82%
9.-	161.9	89.68%
10.-	181.9	88.56%
11.-	202.4	87.45%
12.-	222.9	86.36%
13.-	243.4	85.30%
14.-	263.9	84.26%
15.-	284.4	83.24%
16.-	305.4	82.22%
17.-	327.1	81.18%
18.-	349.1	80.16%
19.-	371.1	79.15%
20.-	393.1	78.16%
21.-	415.6	77.17%
22.-	438.1	76.19%
23.-	460.6	75.24%
24.-	483.4	74.29%
25.-	506.2	73.35%
26.-	529	72.44%
27.-	552	71.53%
28.-	575	70.63%
29.-	598	69.76%
30.-	621.5	68.87%
31.-	645	68.00%
32.-	668.5	67.15%
33.-	692.4	66.30%
34.-	716.3	65.46%
35.-	740.2	64.63%
36.-	782.2	63.21%
37.-	825.7	61.78%
38.-	869.2	60.40%
39.-	913.2	59.03%
40.-	957.7	57.69%
41.-	1002.9	56.36%
42.-	1048.2	55.07%
43.-	1093.9	53.81%
44.-	1139.9	52.57%
45.-	1186.2	51.36%
46.-	1232.7	50.17%

47.-	1279.7	49.01%
48.-	1326.7	47.87%
49.-	1373.7	46.77%
50.-	1421.2	45.68%
51.-	1482.2	44.33%
52.-	1545.2	42.99%
53.-	1608.2	41.69%
54.-	1673.7	40.38%
55.-	1739.2	39.12%
56.-	1804.7	37.91%
57.-	1873.7	36.68%
58.-	1942.7	35.49%
59.-	2012.7	34.33%
60.-	2082.7	33.21%
61.-	2152.7	32.13%
62.-	2222.7	31.09%
63.-	2313.2	29.80%
64.-	2404.2	28.56%
65.-	2522.2	27.04%
66.-	2664.2	25.33%
67.-	2806.2	23.73%
68.-	2948.2	22.24%
69.-	3090.7	20.85%
70.-	3233.7	19.55%
71.-	3376.7	18.33%
72.-	3519.7	17.20%
73.-	3662.7	16.14%
74.-	3828.7	14.99%
75.-	3994.7	13.93%
76.-	4185.2	12.82%
77.-	4375.7	11.79%
78.-	4589.7	10.75%
79.-	4804.2	9.80%
80.-	5018.7	8.93%
81.-	5233.5	8.15%
82.-	5448.3	7.44%
83.-	5686.3	6.72%
84.-	5943.8	6.03%
85.-	6248.8	5.31%
86.-	6577.8	4.63%
87.-	7389.8	3.31%
88.-	8225.8	2.35%
89.-	9062.3	1.68%

### La función confiabilidad R (t) de Weibull en el tiempo

Por lo tanto, para los datos calculados previamente, se puede interpretar de la siguiente manera:

$$R_{(9062.3)} = 1.68\%$$

$$F_{(9062.3)} = 98.32\%$$

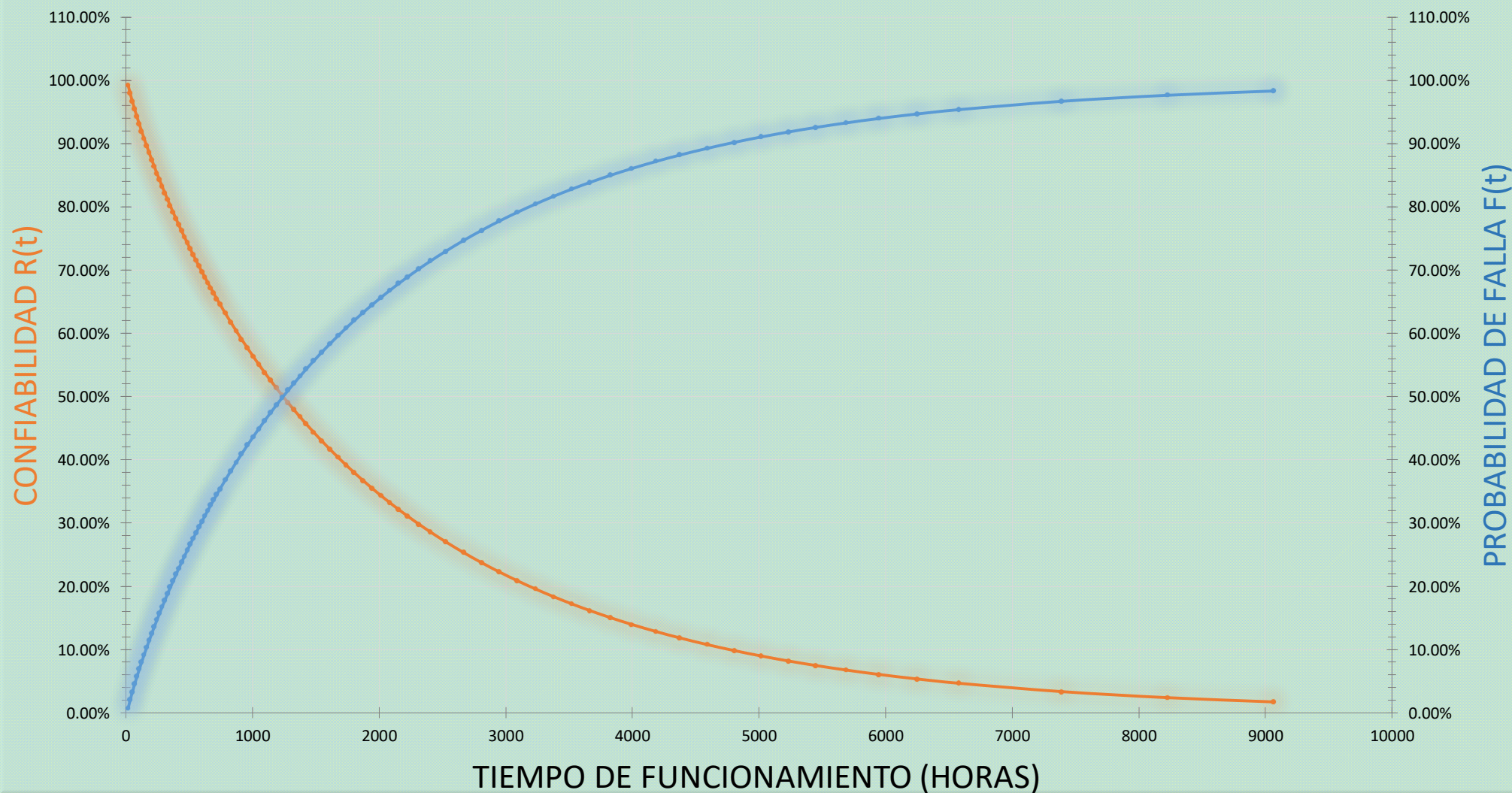
Para un tiempo total de funcionamiento de 9062.3 horas, existe una confiabilidad del 1.68%, esto quiere decir que hay una probabilidad de falla del sistema, de un 98.32%.

Explícitamente veremos en el grafico siguiente, como varía la confiabilidad en relación al tiempo (línea naranja), o como aumenta la probabilidad de falla con el tiempo (línea azul).

Por ello de la expresión de la formula n° 01, de la función confiabilidad de Weibull, se determina que la función de distribución acumulativa  $F(t)$ , es el complemento de la función de confiabilidad y se puede interpretar como la probabilidad de falla.

En la imagen siguiente, se ha graficado la confiabilidad en el tiempo de operación de la Chancadora de mandíbula Mod. 1020 – Unidad Minera Lincuna, en la que se observara también la relación entre la función confiabilidad y la función de probabilidad de falla.

# CHANCADORA DE MANDIBULA 24" x 36"



La curva de confiabilidad R(t) en el tiempo de operación y la probabilidad de falla

## CALCULO DE LA MANTENIBILIDAD OPERATIVA

Así como el cálculo anterior, Weibull es la distribución de mayor aprobación para determinar la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad, su función de tasa de fallas se ajusta a cualquier fase de la curva de la bañera, es por ello que es la única probabilidad que puede aplicarse para representar tanto para la confiabilidad como para mantenibilidad de cualquier tipo de equipo.

De este modo, aplicaremos de una manera más rápida el mismo procedimiento anterior, que nos servirá para determinar la mantenibilidad de la Chancadora de mandíbula cód. 1020:

N°	TTR (HORAS)	N°	TTR (HORAS)	N°	TRR (HORAS)	N°	TTR (HORAS)
1.-	3.5	24.-	5	47.-	2	70.-	1.2
2.-	0.5	25.-	2.8	48.-	5.5	71.-	3.5
3.-	6	26.-	2	49.-	5	72.-	2.3
4.-	1.2	27.-	1	50.-	7.5	73.-	2
5.-	0.1	28.-	3	51.-	1	74.-	6.5
6.-	5	29.-	2	52.-	2	75.-	4
7.-	0.1	30.-	3.5	53.-	1.2	76.-	6.5
8.-	1	31.-	3.5	54.-	1.5	77.-	9
9.-	6	32.-	1.5	55.-	2	78.-	2
10.-	1.7	33.-	0.5	56.-	1	79.-	1
11.-	1.5	34.-	4	57.-	1.5	80.-	4.5
12.-	7	35.-	1	58.-	3.5	81.-	2
13.-	4	36.-	2.3	59.-	5.5	82.-	2
14.-	6.5	37.-	1	60.-	0.5	83.-	7
15.-	9	38.-	1.5	61.-	2	84.-	3
16.-	2	39.-	7	62.-	1	85.-	8.5
17.-	1.5	40.-	3.5	63.-	3	86.-	1.2
18.-	4	41.-	6.5	64.-	5.5	87.-	2
19.-	2	42.-	11	65.-	1.5	88.-	1.2
20.-	2	43.-	2	66.-	2.7	89.-	2
21.-	1	44.-	1	67.-	1.5		
22.-	1.5	45.-	4.5	68.-	0.1		
23.-	3.5	46.-	0.5	69.-	4.1		

**Registro de datos de reparación de la Chancadora de Mandíbula Comesa Mod. 1020 –  
Área de Planeamiento Planta Concentradora (Unidad Minera Lincuna).**



Luego del registro de datos recopilado en la tabla anterior, se procede a ordenarlo de manera ascendente, para luego utilizar en frecuencia acumulada, el cual se muestra a continuación:

N°	TTR (HORAS)	N°	TTR (HORAS)	N°	TTR (HORAS)	N°	TTR (HORAS)
1.-	0.1	24.-	21.3	47.-	63.5	70.-	143.2
2.-	0.2	25.-	22.8	48.-	65.5	71.-	148.2
3.-	0.3	26.-	24.3	49.-	67.8	72.-	153.2
4.-	0.8	27.-	25.8	50.-	70.1	73.-	158.7
5.-	1.3	28.-	27.3	51.-	72.8	74.-	164.2
6.-	1.8	29.-	28.8	52.-	75.6	75.-	169.7
7.-	2.3	30.-	30.3	53.-	78.6	76.-	175.7
8.-	3.3	31.-	31.8	54.-	81.6	77.-	181.7
9.-	4.3	32.-	33.5	55.-	84.6	78.-	188.2
10.-	5.3	33.-	35.5	56.-	88.1	79.-	194.7
11.-	6.3	34.-	37.5	57.-	91.6	80.-	201.2
12.-	7.3	35.-	39.5	58.-	95.1	81.-	207.7
13.-	8.3	36.-	41.5	59.-	98.6	82.-	214.7
14.-	9.3	37.-	43.5	60.-	102.1	83.-	221.7
15.-	10.3	38.-	45.5	61.-	105.6	84.-	228.7
16.-	11.3	39.-	47.5	62.-	109.1	85.-	236.2
17.-	12.3	40.-	49.5	63.-	113.1	86.-	244.7
18.-	13.5	41.-	51.5	64.-	117.1	87.-	253.7
19.-	14.7	42.-	53.5	65.-	121.1	88.-	262.7
20.-	15.9	43.-	55.5	66.-	125.1	89.-	273.7
21.-	17.1	44.-	57.5	67.-	129.2		
22.-	18.3	45.-	59.5	68.-	133.7		
23.-	19.8	46.-	61.5	69.-	138.2		

**Registro de datos de reparación en frecuencia acumulada de la Chancadora de Mandíbula Comesa 24” x 36”**

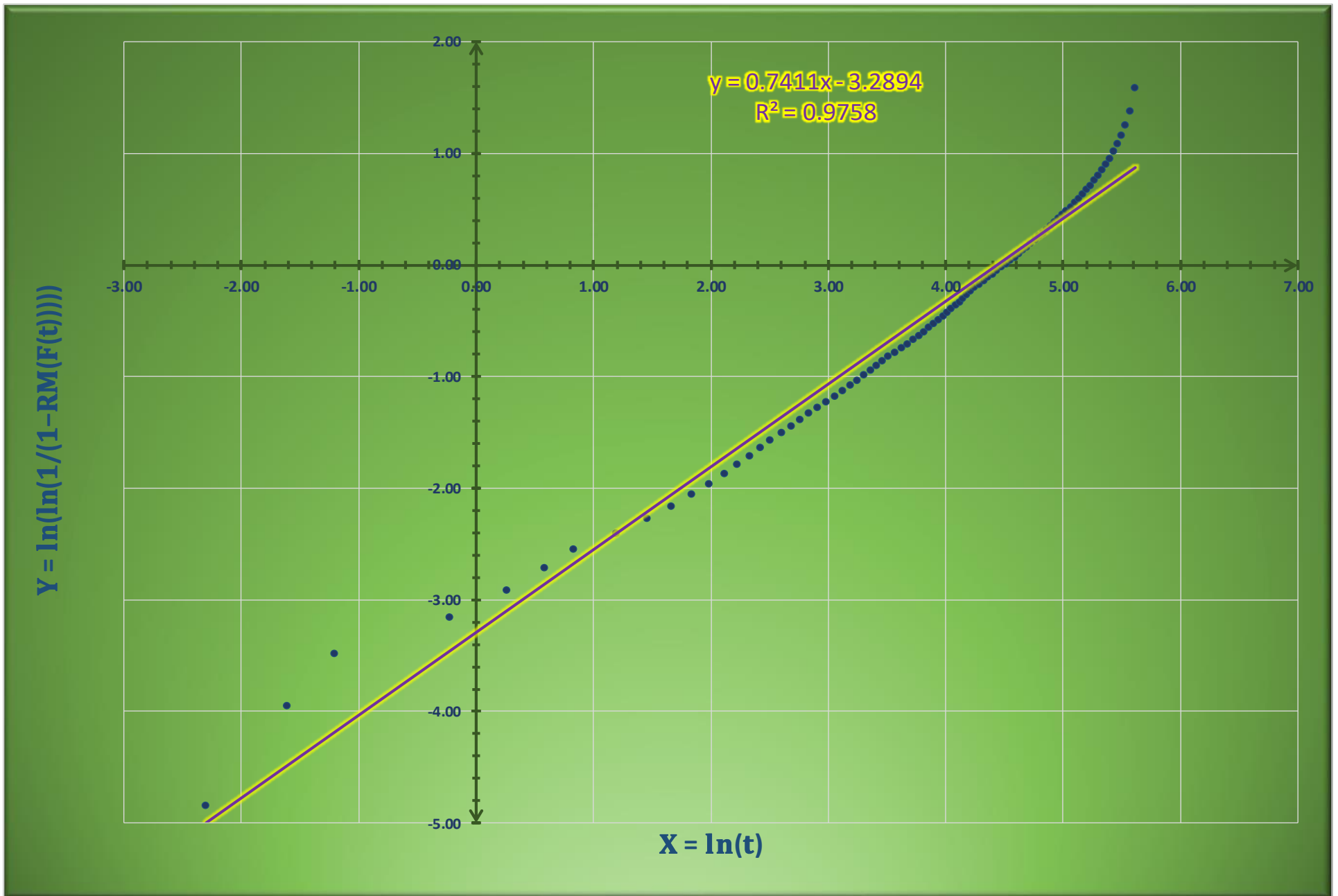
Para este caso, se considerará como conveniente al parámetro de localización  $\delta = 0$ :

N°	TTR ACUMULATIVO (HORAS)	RM (F(t))	$X = \ln(t - \delta)$	$Y = \ln(-\ln(1 - RM(M(t))))$
1.-	0.1	0.7830%	-2.3026	-4.8459
2.-	0.2	1.9016%	-1.6094	-3.9529
3.-	0.3	3.0201%	-1.2040	-3.4846
4.-	0.8	4.1387%	-0.2231	-3.1637
5.-	1.3	5.2573%	0.2624	-2.9187
6.-	1.8	6.3758%	0.5878	-2.7199
7.-	2.3	7.4944%	0.8329	-2.5523
8.-	3.3	8.6130%	1.1939	-2.4072
9.-	4.3	9.7315%	1.4586	-2.2790
10.-	5.3	10.8501%	1.6677	-2.1641
11.-	6.3	11.9687%	1.8405	-2.0598
12.-	7.3	13.0872%	1.9879	-1.9642
13.-	8.3	14.2058%	2.1163	-1.8759
14.-	9.3	15.3244%	2.2300	-1.7937
15.-	10.3	16.4430%	2.3321	-1.7168
16.-	11.3	17.5615%	2.4248	-1.6445
17.-	12.3	18.6801%	2.5096	-1.5761
18.-	13.5	19.7987%	2.6027	-1.5113
19.-	14.7	20.9172%	2.6878	-1.4496
20.-	15.9	22.0358%	2.7663	-1.3906
21.-	17.1	23.1544%	2.8391	-1.3342
22.-	18.3	24.2729%	2.9069	-1.2800
23.-	19.8	25.3915%	2.9857	-1.2279
24.-	21.3	26.5101%	3.0587	-1.1776
25.-	22.8	27.6286%	3.1268	-1.1290
26.-	24.3	28.7472%	3.1905	-1.0819
27.-	25.8	29.8658%	3.2504	-1.0363
28.-	27.3	30.9843%	3.3069	-0.9920
29.-	28.8	32.1029%	3.3604	-0.9489
30.-	30.3	33.2215%	3.4111	-0.9069
31.-	31.8	34.3400%	3.4595	-0.8659
32.-	33.5	35.4586%	3.5115	-0.8258
33.-	35.5	36.5772%	3.5695	-0.7867
34.-	37.5	37.6957%	3.6243	-0.7484
35.-	39.5	38.8143%	3.6763	-0.7108
36.-	41.5	39.9329%	3.7257	-0.6739
37.-	43.5	41.0515%	3.7728	-0.6377
38.-	45.5	42.1700%	3.8177	-0.6021
39.-	47.5	43.2886%	3.8607	-0.5671
40.-	49.5	44.4072%	3.9020	-0.5325
41.-	51.5	45.5257%	3.9416	-0.4985
42.-	53.5	46.6443%	3.9797	-0.4649
43.-	55.5	47.7629%	4.0164	-0.4317
44.-	57.5	48.8814%	4.0518	-0.3990
45.-	59.5	50.0000%	4.0860	-0.3665
46.-	61.5	51.1186%	4.1190	-0.3344
47.-	63.5	52.2371%	4.1510	-0.3026
48.-	65.5	53.3557%	4.1821	-0.2710
49.-	67.8	54.4743%	4.2166	-0.2397
50.-	70.1	55.5928%	4.2499	-0.2085

51.-	72.8	56.7114%	4.2877	-0.1776
52.-	75.6	57.8300%	4.3255	-0.1468
53.-	78.6	58.9485%	4.3644	-0.1161
54.-	81.6	60.0671%	4.4018	-0.0856
55.-	84.6	61.1857%	4.4379	-0.0551
56.-	88.1	62.3043%	4.4785	-0.0247
57.-	91.6	63.4228%	4.5174	0.0057
58.-	95.1	64.5414%	4.5549	0.0361
59.-	98.6	65.6600%	4.5911	0.0666
60.-	102.1	66.7785%	4.6260	0.0971
61.-	105.6	67.8971%	4.6597	0.1277
62.-	109.1	69.0157%	4.6923	0.1584
63.-	113.1	70.1342%	4.7283	0.1893
64.-	117.1	71.2528%	4.7630	0.2204
65.-	121.1	72.3714%	4.7966	0.2518
66.-	125.1	73.4899%	4.8291	0.2834
67.-	129.2	74.6085%	4.8614	0.3154
68.-	133.7	75.7271%	4.8956	0.3477
69.-	138.2	76.8456%	4.9287	0.3805
70.-	143.2	77.9642%	4.9642	0.4138
71.-	148.2	79.0828%	4.9986	0.4476
72.-	153.2	80.2013%	5.0317	0.4822
73.-	158.7	81.3199%	5.0670	0.5174
74.-	164.2	82.4385%	5.1011	0.5536
75.-	169.7	83.5570%	5.1340	0.5907
76.-	175.7	84.6756%	5.1688	0.6290
77.-	181.7	85.7942%	5.2024	0.6686
78.-	188.2	86.9128%	5.2375	0.7098
79.-	194.7	88.0313%	5.2715	0.7528
80.-	201.2	89.1499%	5.3043	0.7980
81.-	207.7	90.2685%	5.3361	0.8458
82.-	214.7	91.3870%	5.3692	0.8969
83.-	221.7	92.5056%	5.4013	0.9520
84.-	228.7	93.6242%	5.4324	1.0126
85.-	236.2	94.7427%	5.4647	1.0803
86.-	244.7	95.8613%	5.5000	1.1584
87.-	253.7	96.9799%	5.5362	1.2527
88.-	262.7	98.0984%	5.5710	1.3769
89.-	273.7	99.2170%	5.6120	1.5789

### Valores de las abscisas X e Y, para el trazado de la recta de regresión

En el gráfico siguiente permite conformar una línea recta, a partir de la cual se logra obtener los parámetros propios de la función de Weibull para la mantenibilidad.



Trazado de la recta de regresión ( $\delta = 0$ ), para hallar los parámetros de Weibull

Por consiguiente, tenemos el siguiente cuadro de parámetros de la función de Weibull:

PARAMETROS DE WEIBULL	VALOR
Parametro de forma ( $\beta$ )	0.7411
Parametro de escala ( $\theta$ )	84.6510
Parametro de localizacion ( $\delta$ )	0

### Estimación de parámetros de la función de Weibull

Ya teniendo los valores de los parámetros ya hallados, pasamos a determinar la función mantenibilidad  $M(t)$  de Weibull:

N°	TTR ACUMULATIVO (HORAS)	MANTENIBILIDAD $M(t)$ (%)
1.-	0.1	0.67%
2.-	0.2	1.12%
3.-	0.3	1.52%
4.-	0.8	3.11%
5.-	1.3	4.43%
6.-	1.8	5.60%
7.-	2.3	6.68%
8.-	3.3	8.63%
9.-	4.3	10.41%
10.-	5.3	12.04%
11.-	6.3	13.57%
12.-	7.3	15.01%
13.-	8.3	16.38%
14.-	9.3	17.68%
15.-	10.3	18.93%
16.-	11.3	20.14%
17.-	12.3	21.29%
18.-	13.5	22.63%
19.-	14.7	23.91%
20.-	15.9	25.14%
21.-	17.1	26.33%
22.-	18.3	27.49%
23.-	19.8	28.87%
24.-	21.3	30.21%
25.-	22.8	31.50%
26.-	24.3	32.74%
27.-	25.8	33.94%
28.-	27.3	35.10%
29.-	28.8	36.22%
30.-	30.3	37.31%
31.-	31.8	38.37%
32.-	33.5	39.53%
33.-	35.5	40.85%
34.-	37.5	42.13%
35.-	39.5	43.36%
36.-	41.5	44.55%
37.-	43.5	45.69%
38.-	45.5	46.81%
39.-	47.5	47.88%
40.-	49.5	48.93%

41.-	51.5	49.94%
42.-	53.5	50.92%
43.-	55.5	51.87%
44.-	57.5	52.80%
45.-	59.5	53.70%
46.-	61.5	54.58%
47.-	63.5	55.43%
48.-	65.5	56.26%
49.-	67.8	57.19%
50.-	70.1	58.09%
51.-	72.8	59.11%
52.-	75.6	60.13%
53.-	78.6	61.19%
54.-	81.6	62.21%
55.-	84.6	63.20%
56.-	88.1	64.30%
57.-	91.6	65.36%
58.-	95.1	66.38%
59.-	98.6	67.36%
60.-	102.1	68.30%
61.-	105.6	69.21%
62.-	109.1	70.09%
63.-	113.1	71.05%
64.-	117.1	71.97%
65.-	121.1	72.85%
66.-	125.1	73.70%
67.-	129.2	74.54%
68.-	133.7	75.42%
69.-	138.2	76.26%
70.-	143.2	77.15%
71.-	148.2	78.01%
72.-	153.2	78.82%
73.-	158.7	79.67%
74.-	164.2	80.48%
75.-	169.7	81.26%
76.-	175.7	82.06%
77.-	181.7	82.82%
78.-	188.2	83.60%
79.-	194.7	84.34%
80.-	201.2	85.04%
81.-	207.7	85.70%
82.-	214.7	86.37%
83.-	221.7	87.01%
84.-	228.7	87.62%
85.-	236.2	88.23%
86.-	244.7	88.88%
87.-	253.7	89.52%
88.-	262.7	90.12%
89.-	273.7	90.80%

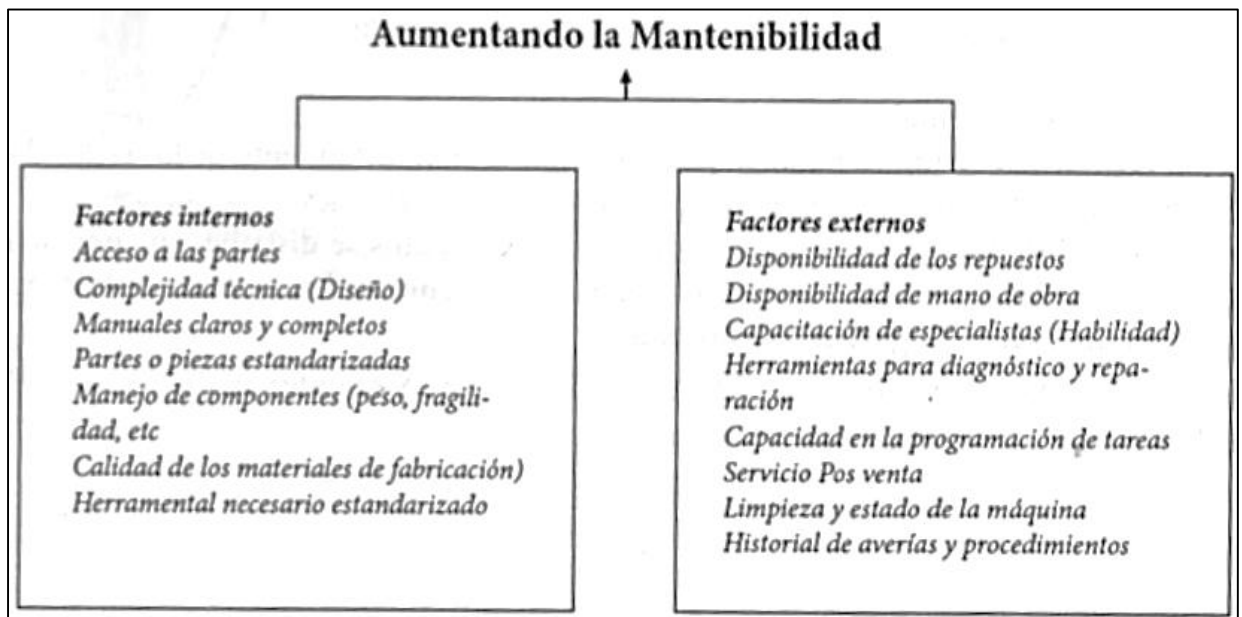
### La función mantenibilidad $M(t)$ de Weibull en el tiempo

Por lo tanto, para los datos calculados previamente, se puede interpretar de la siguiente manera:

$$M_{(273.7)} = 1 - e^{-\left(\frac{273.7}{84.6510}\right)^{0.7411}}$$

$$M_{(273.7)} = 90.80\%$$

Es decir que la probabilidad de que el equipo del área de chancado primario esté listo para operar en 273.7 horas o menos, tras la realización de las diferentes tareas de mantenimiento es de 90.80%.



**Criterios para incrementar la mantenibilidad (Ing. Alejandro J. Pistarelli,  
“Mantenibilidad”, año 2010)**

## CALCULO DE LA DISPONIBILIDAD OPERATIVA

Previamente antes de calcular la disponibilidad mediante la fórmula n° 11, para la Chancadora de Mandíbula Comesa 24" x 36", debemos determinar los siguientes valores tanto para el tiempo medio entre fallas (MTBF), como para el tiempo medio para reparar (MTTR).

### ➤ Calculo del tiempo medio entre fallas (MTBF)

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Tiempo total de funcionamiento}}{\text{Numero de fallas}} \dots (13)$$

Matemáticamente la expresión quedaría de la siguiente manera:

$$\text{MTBF} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{TBF}_i}{n} \dots \dots \dots (14)$$

Donde:

TBF: Time Between Failures o tiempo entre fallas.

n: Número total de tiempo entre fallos.

Por lo tanto, calculando obtenemos:

$$\text{MTBF} = \frac{9062.3}{89} = 101.824 \text{ horas}$$



➤ **Calculo del tiempo medio para reparar (MTTR)**

$$\mathbf{MTTR = \frac{\mathbf{T tiempo total de inactividad}}{\mathbf{Numero de fallas}} \dots (15)}$$

Matemáticamente la expresión quedaría de la siguiente manera:

$$\mathbf{MTTR = \frac{\sum TTR}{m} \dots \dots \dots (16)}$$

Donde:

TTR: Time To Repair o tiempo para reparar.

m: Número total de tiempo de reparación.

Por lo tanto, calculando obtenemos:

$$\mathbf{MTTR = \frac{273.7}{89} = 3.075 \text{ horas}}$$

Ya teniendo los valores requeridos, pasamos a determinar la disponibilidad D(t) de la máquina, para un tiempo de funcionamiento establecido, mediante la aplicación de la formula n° 10, y como mostraremos a continuación:

$$\mathbf{D(9062.3) = \frac{101.824}{101.824 + 3.075} * 100\% = 97.07\%}$$

Esto se puede interpretar de la siguiente forma, la disponibilidad para un tiempo de funcionamiento de 9062.3 horas, es de 97.07%

## ANEXO N° 2 ANÁLISIS RCM DE LA CRITICIDAD Y AMFEC DE LA CHANCADORA DE MANDÍBULA 24" X 36"

### ANÁLISIS RCM DE LA CRITICIDAD Y AMFEC DE LA CHANCADORA DE MANDIBULA 24" X 36"

Continuando con el desarrollo del RCM, partimos por reconocer los principales partes que se distinguen en la chancadora de mandíbula, por ello, los listaremos a continuación, para su posterior uso:

- ◆ Sistema de mandíbulas
- ◆ Sistema eje excéntrico
- ◆ Sistema eje secundario
- ◆ Cuerpo de la chancadora (pitman)
- ◆ Puentes de articulación (toggles)
- ◆ Sistema de lubricación: Las tuberías y conexiones; filtro de aceite, y el manómetro
- ◆ Sistema de movimiento, constituido por: el motor (la polea del motor; la faja V, y la volante.

### ELABORACION DEL DIAGRAMA DE PARETO

Se ha logrado identificar y determinar cuáles son los componentes críticos de la chancadora de mandíbula, en función de los en los registros generados, como las reparaciones o sustitución de partes y mantenimientos constantes.

SUBSISTEMA	FRECUENCIA DE FALLAS	FREC. RELATIVA (%)	FREC. ACUMULADA (%)
LUBRICACION	38	42.70%	42.70%
MANDIBULAS	19	21.35%	64.04%
EJE SECUNDARIO	15	16.85%	80.90%
SISTEMA DE MOVIMIENTO (MOTOR)	7	7.87%	88.76%
PUENTES DE ARTICULACION (TOGGLES)	5	5.62%	94.38%
EJE EXCENTRICO	3	3.37%	97.75%
CUERPO DE CHANCADORA (PITMAN)	2	2.25%	100.00%
<b>TOTAL</b>	<b>89</b>	<b>100.00%</b>	

Registro de frecuencias de paralización de trabajo

# DIAGRAMA DE PARETO - CHANCADORA DE MANDIBULA 24" x 36"

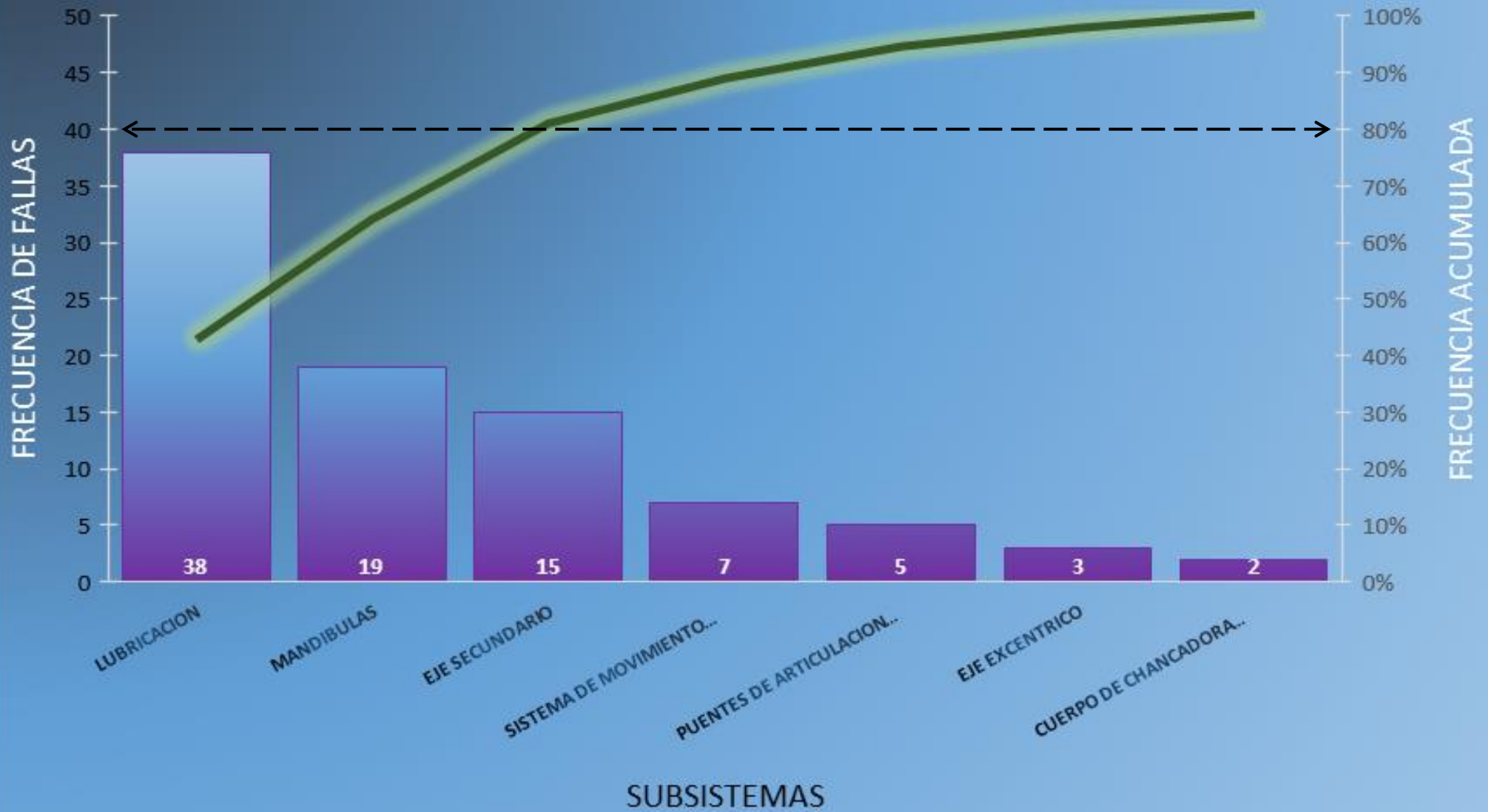


Diagrama de Pareto de frecuencia de fallas de la Chancadora de Quijada 24" x 36"

## DESARROLLO DE LA HOJA DE TRABAJO DE INFORMACION AMFEC Y CALCULO DEL NPR

Debido a la amplitud de este análisis, a continuación, se ha realizado el AMFEC, para cuatro subsistemas de la Chancadora de mandíbula mod. 1020:

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACION AMFEC - RCM				AREA:	EQUIPO DE TRABAJO, A CARGO DE:	N° AMFEC: 1 DE 4				
SISTEMA: CHANCADORA DE MANDIBULA COMESA 24" X 36"				CHANCADO	EMILIO CAPARACHIN CONDORI	FECHA: 19/06/2019				
SUBSISTEMA	FUNCION	MODOS DE FALLOS	EFECTOS DE FALLO	CAUSAS DE FALLO	INDICE			NPR	RECOMENDACION	
					SEVERIDAD	OCURRENCIA	DETECCION			
Mandíbula (Forros)	1 Permiten ejercer el esfuerzo de flexión sobre las rocas	A	Excesivo desgaste de forros	Fisura o rotura de mandíbulas	Material duro, abrasivo	6	8	2	96	Cambio de composición de chaquetas.
		B	Forros quebrados		Mal montaje (Incorrecto ajuste)	8	6	6	288	Supervisión de manto.
		C	Forros quebrados		Contaminación (elementos extraños en la cámara de chancado)	8	4	6	192	Supervisor operador.

**AMFEC aplicado al subsistema Mandíbulas fija y móvil**

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACION AMFEC - RCM				AREA:	EQUIPO DE TRABAJO, A CARGO DE:	N° AMFEC: 2 DE 4				
SISTEMA: CHANCADORA DE MANDIBULA COMESA 24" X 36"				CHANCADO	EMILIO CAPARACHIN CONDORI	FECHA: 19/06/2019				
SUBSISTEMA	FUNCION	MODOS DE FALLOS	EFECTOS DE FALLO	CAUSAS DE FALLO	INDICE			NPR	RECOMENDACION	
					SEVERIDAD	OCURENCIA	DETECCION			
Puentes de articulación (Toggles)	1 Transmite el movimiento de la biela a la mandíbula oscilante hacia la estacionaria	A	Placa basculante cae fuera de su asiento	Atoro de cámara de trituración	Material de alimentación excesivamente grande	5	7	2	70	Alimentar la trituradora con material del tamaño adecuado.
		B	Perdida de movimiento oscilante de la mandíbula móvil	Rotura de placa basculante	Fragmentos de hierro u otro material no triturable atrapados en el fondo de la cavidad de trituración	5	6	6	180	Vacía la cavidad de trituración para eliminar los fragmentos de hierro y de material no triturable.
		C	Juego axial del soporte con la placa basculante	Desgaste prematura de la superficie del soporte de la placa	Muelle tensor demasiado sueltos	4	8	5	160	Apriete el muelle tensor.

**AMFEC aplicado al subsistema Puente de articulación (toggles)**

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACION AMFEC - RCM					AREA:	EQUIPO DE TRABAJO, A CARGO DE:	N° AMFEC: 3 DE 4			
SISTEMA: CHANCADORA DE MANDIBULA COMESA 24" X 36"					CHANCADO	EMILIO CAPARACHIN CONDORI	FECHA: 19/06/2019			
SUBSISTEMA	FUNCION	MODOS DE FALLOS	EFECTOS DE FALLO	CAUSAS DE FALLO	INDICE			NPR	RECOMENDACION	
					SEVERIDAD	OCURRENCIA	DETECCION			
Lubricación	1 Lubrica las partes mecánicas en movimiento (elementos de transmisión)	A	Aceite impuro	Desgaste de partes mecánicas	Filtro dañado	4	6	4	96	Cambio periódico de filtro.
		B	Filtros obstruidos	Perdida de presión en conductos	Filtros plagados	6	7	5	210	Cambio periódico de filtros.
		C	Bomba aspira aire	Deficiente bombeo	Presencia de cavitación		5	3	6	90

### AMFEC aplicado al subsistema Lubricación

HOJA DE TRABAJO DE INFORMACION AMFEC - RCM				AREA:	EQUIPO DE TRABAJO, A CARGO DE:	N° AMFEC: 4 DE 4				
SISTEMA: CHANCADORA DE MANDIBULA COMESA 24" X 36"				CHANCADO	EMILIO CAPARACHIN CONDORI	FECHA: 19/06/2019				
SUBSISTEMA	FUNCION	MODOS DE FALLOS	EFECTOS DE FALLO	CAUSAS DE FALLO	INDICE			NPR	RECOMENDACION	
					SEVERIDAD	OCURRENCIA	DETECCION			
Motor eléctrico	1 Transforma la energía eléctrica en mecánica, transmitiendo así movimiento a la excéntrica	A	Nivel excesivo de vibración	Desalineamiento	Desgaste prematuro de componentes	7	3	4	84	Verificar conexiones, estado de correa, e indicadores básicos.
		B	Corto circuito	Quemadura de bobina	Bajo nivel de asilamiento del motor	9	1	7	63	
		C	Excesivo nivel de envolvente en lado de acoples	Problemas de rodamiento	Error de diseño	8	1	6	48	

**AMFEC aplicado al subsistema Motor eléctrico**

## DESARROLLO DE LA HOJA DE TRABAJO DE DECISION

En esta etapa, responderemos a las preguntas del Diagrama de decisión, para los modos de falla de cada subsistema:

HOJA DE TRABAJO DE DECISION - RCM										AREA:	EQUIPO DE TRABAJO, A CARGO DE:	Nº HD: 1 DE 4		
SISTEMA: CHANCADORA DE MANDIBULA COMESA 24" X 36"										CHANCADO	EMILIO CAPARACHIN CONDORI	FECHA: 19/06/2019		
SUBSISTEMA: MANDÍBULAS (FORROS)														
REFERENCIA DE INFORMACION		EVALUACION DE LAS CONSECUENCIAS				H1	H2	H3	ACCION "A FALTA DE"			TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA	A REALIZARSE POR:
F	MF	H	S	E	O	S1	S2	S3	O1	O2	O3			
						N1	N2	N3	H4	H5	S4			
1	A	S	N	N	S	S						Incrementar la frecuencia de inspección de los forros (espesor)	60 H	MECANICO
1	B	S	N	N	S	S						Inspección constante de chaquetas	A condición	MECANICO
1	C	S	N	N	S	S						Inspección permanente	3 H	MECANICO

**Aplicación de la hoja de decisión al subsistema Mandíbulas de la Chancadora de Quijada 24" x 36"**



HOJA DE TRABAJO DE DECISION - RCM										AREA:	EQUIPO DE TRABAJO, A CARGO DE:	Nº HD: 2 DE 4		
SISTEMA: CHANCADORA DE MANDIBULA COMESA 24" X 36"										CHANCADO	EMILIO CAPARACHIN CONDORI	FECHA: 19/06/2019		
SUBSISTEMA: PUENTES DE ARTICULACIÓN (TOGGLES)														
REFERENCIA DE INFORMACION		EVALUACION DE LAS CONSECUENCIAS				H1	H2	H3	ACCION "A FALTA DE"			TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA	A REALIZARSE POR:
						S1	S2	S3						
F	MF	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4			
1	A	N				S						Monitoreo constante de la cámara de chancado	3 H	OPERARIO
1	B	S	N	N	S	S						Monitoreo constante de la cámara de chancado	3 H	OPERARIO
1	C	N				S						Inspección y monitoreo de las riostras	200 H	MECANICO

Aplicación de la hoja de decisión al subsistema Puente de articulación (Toggles) de la Chancadora de Quijada 24" x 36"

HOJA DE TRABAJO DE DECISION - RCM										AREA:	EQUIPO DE TRABAJO, A CARGO DE:	Nº HD: 3 DE 4		
SISTEMA: CHANCADORA DE MANDIBULA COMESA 24" X 36"										CHANCADO	EMILIO CAPARACHIN CONDORI	FECHA: 19/06/2019		
SUBSISTEMA: LUBRICACIÓN														
REFERENCIA DE INFORMACION		EVALUACION DE LAS CONSECUENCIAS				H1	H2	H3	ACCION "A FALTA DE"			TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA	A REALIZARSE POR:
						S1	S2	S3						
F	MF	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4			
1	A	N				S						Cambio de filtros	900 H	MECANICOS
1	B	N				S						Cambio de filtros	1200 H	MECANICOS
1	C	N				S						Inspección de bomba antes de arranque	40 H	MECANICOS

**Aplicación de la hoja de decisión al subsistema Lubricación de la Chancadora de Quijada 24" x 36"**

HOJA DE TRABAJO DE DECISION - RCM										AREA:	EQUIPO DE TRABAJO, A CARGO DE:	Nº HD: 4 DE 4		
SISTEMA: CHANCADORA DE MANDIBULA COMESA 24" X 36"										CHANCADO	EMILIO CAPARACHIN CONDORI	FECHA: 19/06/2019		
SUBSISTEMA: MOTOR ELÉCTRICO														
REFERENCIA DE INFORMACION		EVALUACION DE LAS CONSECUENCIAS				H1	H2	H3	ACCION "A FALTA DE"			TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA	A REALIZARSE POR:
						S1	S2	S3						
F	MF	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4			
1	A	S	S			S						Análisis espectral	700 H	MECANICO/ELECTRICO
2	B	S	S			N	S					Inspección de conexiones eléctricas	2500 H	ELECTRICOS
3	C	N				N	S					Monitoreo y análisis de vibraciones del motor	600 H	MECANICO/ ELECTRICO

**Aplicación de la hoja de decisión al subsistema Motor Eléctrico de la Chancadora de Quijada 24" x 36"**

## **EVALUACION DE CRITICIDAD DE LA CHANCADORA DE QUIJADA COD. 1020**

Como parte del proceso del RCM, se realizó un análisis de criticidad al sistema como bloque, como es en este caso la Chancadora Primaria Comesa 24” x 36”, tomando como base la tabla de criterios de criticidad, las cuales estarán en un orden cronológico para su respectiva evaluación:

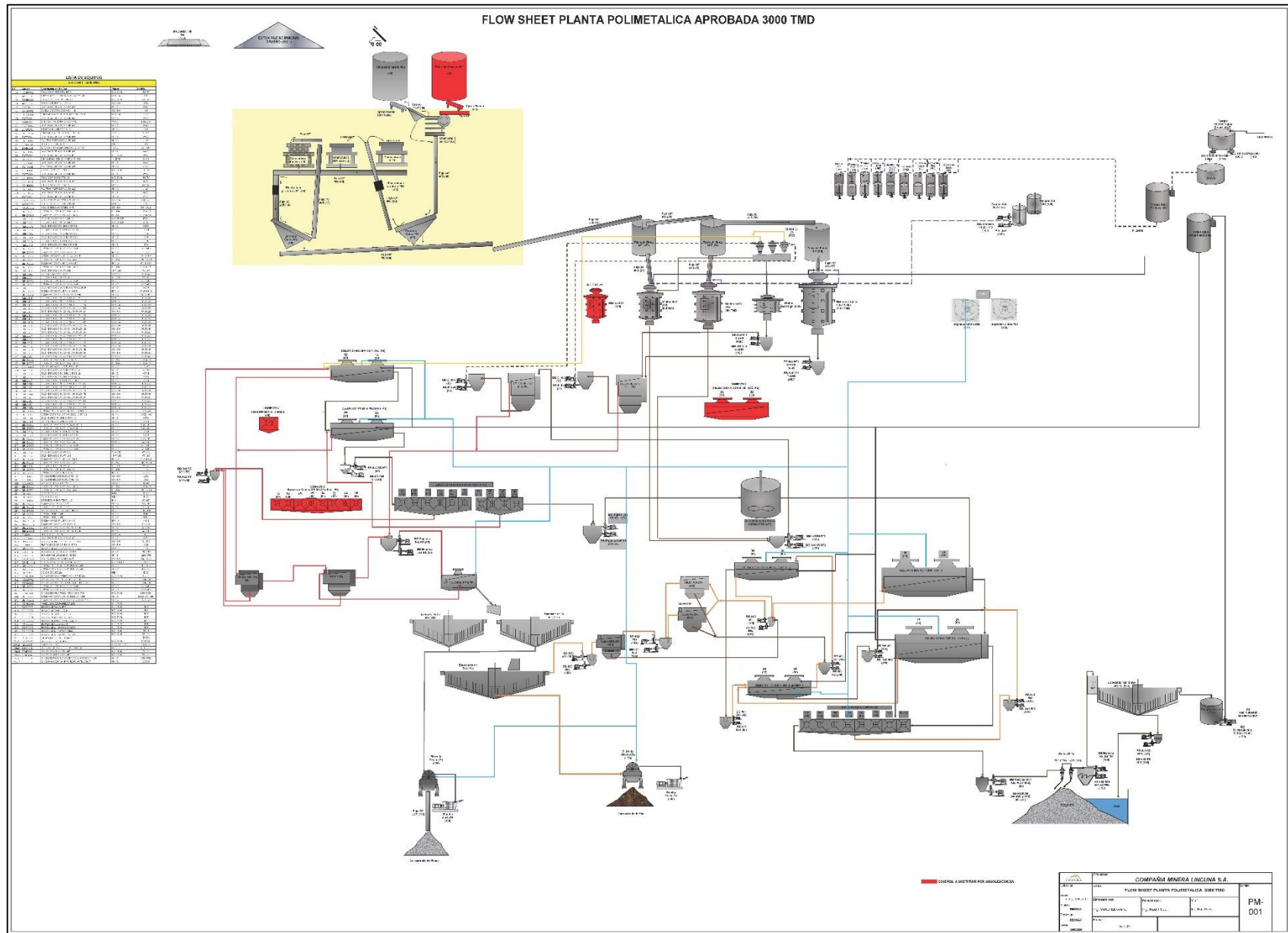
- ❖ Si falla el equipo, se detiene el proceso de la planta concentradora; por lo cual le corresponde 4 puntos.
- ❖ El costo de la Chancadora de Quijada asciende a más de 30 000 dólares, por lo que le corresponde 3 puntos.
- ❖ Si falla compromete a otros componentes de la chancadora, pero no afecta en ningún sentido la seguridad de los operadores u otras personas, ni otros equipos; por lo que le corresponde un puntaje de 1 punto.
- ❖ Actualmente su probabilidad de falla del equipo es elevada, por lo cual acumula le corresponde un ponderado de 2 puntos.
- ❖ Si falla no existe otro igual, el proceso no admite by pass de este equipo; por lo cual le corresponde un puntaje de 2 puntos.
- ❖ Los repuestos utilizados en el equipo son originales por lo que deben ser importados con anticipación (meses); debido a esto le corresponde 2 puntos.
- ❖ La reparación del equipo se puede realizar con el mismo personal técnico de mantenimiento o con un tercero (contrata); por lo cual le corresponde 1 punto.

- ❖ Su reparación en muchos casos es compleja, debido a muchos factores como la demora en conseguir repuestos, el espacio de trabajo, personal inadecuado, etc., que podría llegar a demorar, más de 24 horas; por lo que le corresponde 1 punto.

Contabilizando la cantidad de puntos obtenidos para la chancadora de Mandíbula o Quijada 24" x 36", observamos que su ponderación asciende a 16 puntos, considerándolo respecto a la escala referencial, como un equipo Crítico de suma importancia para la Compañía Minera Lincuna.

De la misma forma que anteriormente se ha comprobado el nivel de importancia de este equipo, también puede ser aplicado a los subsistemas en sí que le corresponden o son parte de la propia máquina, describiendo así un listado de componentes críticos, importantes o normales.

# ANEXO N° 3 FLOW SHEET PLANTA POLIMETALICA APROBADA 3000 TMD – U. M. LINCUNA



## ANEXO N° 4 ORDENES DE TRABAJO DEL ÁREA DE CHANCADO DE LA PLANTA CONCENTRADORA

En lo que prosigue se presenta el reporte de órdenes de trabajo (OT) extraídos del SAP, de la Chancadora de Quijada Comesa 24” x 36”.

Se tomó como referencia, las OT ocurridas del 01 de junio del 2018 al 04 de junio del 2019:

O.T.	Fecha O.T.	Creado por	Supervisor	Tipo de mantenimiento	Denom.conjunta	Sociedad	Denominacion	Parada de equipo	Turno	Descripcion	Estado	Tecnico	Horas parada de equipo
104032	1/05/2018	PLANNER_LINC.	T.VELARDE	CORRECTIVO NO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	DÍA	Cambio de perno tensor del Pitman	OPERATIVO	Trejo/Molina	3.5
104036	2/05/2018	PLANNER_LINC.	T.VELARDE	CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	DÍA	Inspeccion de perno tensor del Pitman	OPERATIVO	Calero/Trejo	0.5
104046	4/05/2018	PLANNER_LINC.	T.VELARDE	CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	DÍA	Cambio de bociana momentanea de HDPE en la volante de la trituradora	OPERATIVO	Lopez/Martinez	6
104048	5/05/2018	PLANNER_LINC.	PISCOYA	CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	NOCHE	Cambio de pernos del brazo seguro de la trituradora y plancha	OPERATIVO	TREJO/ROJAS	1.2
104057	6/05/2018	PLANNER_LINC.	PISCOYA	CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	NOCHE	INSPECCION GENERAL DE CHANCADORA DE QUIJADA, SE INSPECCIONA QUE TIENE MUCHA VIBRACION EN LA POLEA Y FALTA PERNO QUE AJUSTA LA MANDIBULA FIJA.	OPERATIVO	TREJO/ROJAS	0.1
104066	7/05/2018	PLANNER_LINC.	C HERRERA	CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	DÍA	SE INTERVINO , EL FLUJOMETRO SE ENCONTRABA EN ROJO , SE DESMONTO LA COMPUERTA DE INSPECCION ENCONTRADO A 115°C ,LA SEMIBIELA Y EL BABIT, SE CAMBIO LA SEMIBIELA ,SE CAMBIO ACEITE	OPERATIVO	WILINGTON/MOLINA OLMER/NAYCOL	5
104068	7/05/2018	PLANNER_LINC.	PISCOYA	CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	NO	NOCHE	INSPECCION GENERAL DE CHANCADORA , SE OBSERVO LAS TEMPERATURAS CON PIROMETRO LADO LIBRE 34.5° Y LADO POLEA 21° Y TABLERO A 35.7° CON UN AMPERAJE DE 56 AMP	OPERATIVO	TREJO/ROJAS	0.1
104077	8/05/2018	PLANNER_LINC.	C HERRERA	CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	DÍA	SE REALIZO CAMBIO DE BOMBA DE LUBRICACION GEAR PUMP , MODELO RCB33.3MS ; SE INSTALO TUBERIA DE ALIMENTACION Y DESCARGA SE ADICIONO ACEITE 10 GLN 600XP 150, SE ENCUENTRA	OPERATIVO	WILINGTON/GARCIA /CERVANTES	1
104092	9/05/2018	PLANNER_LINC.	C HERRERA	CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	DÍA	SE CAMBIO ZAPATA DE SEGURIDAD , SE RELLENO EL BRAZO SE CAMBIO MUELLE DE SEGURIDAD .DEJANDO OPERATIVO	OPERATIVO	WILINGTON/ LUIS OCAMPO	2
104097	9/05/2018	PLANNER_LINC.	PISCOYA	CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	NOCHE	SE SOLDÓ BARRA TENSORA DE MUELA MOVIBLE Y SE INSTALO DEJANDO OPERATIVO, SE RECOMIENDA CAMBIAR NUEVAS BARRAS TENSORAS.	OPERATIVO	TREJO/ROJAS	4
104114	11/05/2018	PLANNER_LINC.	C HERRERA	CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	DÍA	SE CAMBIO BARRA TENSORA , RESORTE LADO DERECHO DEJANDO OEPRATIVO	OPERATIVO	GARCIA CALDERON/ MOLINA	1.7
104125	20/05/2018	PLANNER_LINC.	PISCOYA	CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	NOCHE	CAMBIO DE BARRA TENSORA Y RESORTE DE LADO IZQUIERDO; SE CAMBIO BARRA PORQUE PRESENTO ROTURA.	OPERATIVO	TREJO/ROSALES	1.5
104137	3/06/2018	PLANNER_LINC.	PISCOYA	CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	DÍA	VOLTEAR MUELA FIJA DE CHANADORA DE 24X36	OPERATIVO	ROJAS/WILLINTON	6
104138	3/06/2018	PLANNER_LINC.	PISCOYA	CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	NOCHE	RETIRO DE UNA LAINA DE LA CHANCADORA 24x36	OPERATIVO	TREJO/ROSALES	1
104298	7/07/2018	PLANNER_LINC.	PISCOYA	CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	DÍA	Fabricacion de guarda para chacadora 24x36, se avanzo un 50% falta culminar	OPERATIVO	GRANADOS/MARTINEZ	4
104319	10/07/2018	PLANNER_LINC.	PISCOYA	CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	NOCHE	Inspeccion del sistema de lubricacion de la chancadora 24x36, se observo que el aceite necesitaba cambio estaba contaminado.	OPERATIVO	ROJAS/MACEDO	1
104323	10/07/2018	PLANNER_LINC.	C.Miñano	CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	DÍA	cambio de muela mobil de la chancadora 24x36, quedando perativo	OPERATIVO	NELSON/OCAMPO/CALDERON	4
104324	10/07/2018	PLANNER_LINC.	PISCOYA	CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	DÍA	Inspeccion del sistema de lubricacion, se observo que faltó aceite se le coloco un balde del aceite 600 xp 150, presenta fuga de aceite por diafragma y requiere de cambio ya que se encuentra contaminado.	OPERATIVO	MACEDO/ROJAS	1.5
104334	13/07/2018	PLANNER_LINC.	PISCOYA	CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	NO	NOCHE	Se inspecciono temperatura, la chancadora 24x36 aumento la temperatura y se mantenido a 42 °	OPERATIVO	MACEDO/ROJAS	9
104355	19/07/2018	PLANNER_LINC.	C.Miñano	CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	DÍA	Cambio de 30 galones de aceite omala 150, cambio empáquetadura de la tapa del frame y ajuste de los pernos el cuña de ajuste de la laina movil	OPERATIVO	N RIMAC / O GARCIA / O ROBLES	2
104379	25/07/2018	PLANNER_LINC.	PISCOYA	CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	DÍA	Monitoreo de chancadora, necesita cambio de aceite ya que se encuentra contaminado y reforzar orejeras de la tapa de lubricacion.	OPERATIVO	MOLINA	1.5
104388	27/07/2018	PLANNER_LINC.	YURI	CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	DÍA	Cambio de muela fija y regulacion de setting queda en 2 -3/4	OPERATIVO	NARBAJA/SALAZAR/TREJO	4
104399	28/07/2018	PLANNER_LINC.	YURI	CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	DÍA	Limpieza del sistema de lubricacion	OPERATIVO	LOPEZ/SANTOS	2
104425	2/08/2018	PLANNER_LINC.		CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	DÍA	SE INSTALO 02 PERNOS DE ANCLAJE EN BASE DE CHANCADORA . CON ESPARRAGO DE 1 1/4" X 960MM , SE AJUSTO EN BASE	OPERATIVO	WILLIGTON/MAYCOL	2
104449	8/08/2018	PLANNER_LINC.		CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	DÍA	Se realizo la instalacion de cortinas a la descarga de la chancadora primaria con faja usada.	OPERATIVO	WALTER GARCIA ,GARCIA OSAR, SALAZAR	1
104468	16/08/2018	PLANNER_LINC.	C HERRERA	CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	DÍA	SE INTERVINO POR ALARMA DEL SISTEMA DE LUBRICACION , SE DESTAPO ENCONTRANDO FILTRO DE SUCCION OBSTRUIDO , SE ENCONTRO EL ACEITE CONTAMINADO . SE ENCONTRO EL FILTRO DE AIRE CONTAMINADO. SE REQUIERE CAMBIO DE ACEITE Y FILTROS	OPERATIVO	OLMER /MOLINA	1.5





105028										Cambio de componentes de desgaste: resortes 7 juegos, puente de soportes de los togles, canaleta de desgate de togle inferior. Semi biela, diafragma, marcos de ajuste de superior e inferior del diafragma, 30 galones de aceite, empaquetadura cuadrada de 1 1/4" en la tapa del frame			
	4/12/2018	PLANNER_LINC.	C MIÑANO	CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	DIA	se regulo seting, apertura de 12mm, debido a presentarse deficiencia en tiempo de chancado	OPERATIVO	J RONDAN / NTREJO / W MOLINA/O RI	7.5
105038	5/12/2018	PLANNER_LINC.	WALTER	CORRECTIVO NO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	NOCHE	Regulación del set de la chancadora se agrego una lana de 1/2" quedando en 2 1/2" el set final de la chancadora	OPERATIVO	ROSALES/ MACEDO	1
105090	12/12/2018	PLANNER_LINC.	C MIÑANO	CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	DIA	Agregar 7 baldes de aceite 600xp 150, presento fuga de aceite por la valvula de descarga de la chancadora 24x36.	OPERATIVO	J LOPEZ / A SALAZAR /	2
105145	21/12/2018	PLANNER_LINC.	PISCOYA	CORRECTIVO NO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	NOCHE	Apoyo con el mantenimiento de chancadora de quijadas	OPERATIVO	MACEDO/ROJAS	1.2
105166	23/12/2018	PLANNER_LINC.	WALTER	CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	NOCHE	SE INSTALO 02 PERNOS DE ANCLAJE EN BASE DE CHANCADORA . CON ESPARRAGO DE 1 1/4" X 960MM ,SE AJUSTO EN BASE	OPERATIVO	AVELINO	1.5
105243	2/01/2019	PLANNER_LINC.		CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	DIA	Se realizo la instalacion de cortinas a la descarga de la chancadora primaria con faja usada.	OPERATIVO	WILLIGTON/MAYCOL	2
105267	8/01/2019	PLANNER_LINC.		CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	DIA	SE INTERVINO POR ALARMA DEL SISTEMA DE LUBRICACION , SE DESTAPO ENCONTRANDO FILTRO DE SUCCION OBSTRUIDO , SE ENCONTRÓ EL ACEITE CONTAMINADO . SE ENCONTRÓ EL FILTRO DE AIRE CONTAMINADO. SE REQUIERE CAMBIO DE ACEITE Y FILTROS	OPERATIVO	WALTER GARCIA ,GARCIA OSAR, SALAZAR	1
105286	16/01/2019	PLANNER_LINC.	C HERRERA	CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	DIA	SE CAMBIO ACEITE 600XP150 ,25 GALONES , SE REALIZO LIMPIEZA DE TANQUE . SE CAMBIO ACEITE POR CONTAMINACION DE POLVO SE REQUIERE CAMBIO DE FILTRO DE AIRE , Y HERMETIZACION EN TAPA.	OPERATIVO	OLMER /MOLINA	1.5
105295	17/01/2019	PLANNER_LINC.	C HERRERA	CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	DIA	SE INTERVINO LA CHANCADORA POR ROTURA DE MUELLES , SE DESMONTÓ LAS ZAPATA, EL BRAZO DE MANDO DE SEGURIDAD . SE INSTALO NUEVOS MUELLES . SE AJUSTO PERNOS	OPERATIVO	OLMER /MOLINA	3.5
105341	21/01/2019	PLANNER_LINC.	C HERRERA	CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	NOCHE	SE INTERVINO POR SEGUNDA VEZ , SE ENCONTRÓ MUELLE ROTO , ZAPATAS CON ROTURA , SE RECUPERO MEDIANTE SOLDADURA , SE INSTALO MUELLES , SE TEMPLO CORREAS DE TRANSMISION . SE REALIZO PRUEBAS SE ENCONTRÓ INCHANCABLE ALAMBRES , SE RETIRO SE LIBERO LA CHANCADORA. DEJANDO OPERATIVO	OPERATIVO	TREJO/MACEDO	1.5
105342	21/01/2019	PLANNER_LINC.	C HERRERA	CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	NOCHE	SE INSPECCIONO EL SISTEMA DE LUBRICACION SE ADICIONO ACEITE 600XP150 5 GLNS	OPERATIVO	TREJO/MACEDO	4
105357	23/01/2019	PLANNER_LINC.	C HERRERA	PREVENTIVO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	DIA	SE TEMPLO CORREAS DE TRANSMISION	OPERATIVO	OLMER /CALERO	0.5
105382	26/01/2019	PLANNER_LINC.	C HERRERA	CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	DIA	SE INSTALO PERNOS EN ZAPATA , SE AJUSTO LOS PERNOS . SE INTERVINO POR DESAJUSTE EN LOS MUELLES. SE DEJO OPERATIVO	OPERATIVO	WALTER GARCIA /WILLINGTON/ MARTINEZ	2
105414	28/01/2019	PLANNER_LINC.	C HERRERA	CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	NOCHE	Templada de fajas de transmision el de la volante	OPERATIVO	ANTUNEZ/OLMER	1
105426	31/01/2019	PLANNER_LINC.	T.VELARDE	PREVENTIVO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	DIA	Cambio de seguro de chancadora por ingreso de una cuña de chancadora de bancos	OPERATIVO	Martinez/Trejo	1
105427	31/01/2019	PLANNER_LINC.	T.VELARDE	CORRECTIVO NO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	DIA	Cambio de perno tensor del Pitman	OPERATIVO	Granados/Mejia E Trejo/Molina	2
105431	1/02/2019	PLANNER_LINC.	T.VELARDE	CORRECTIVO NO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	DIA	Inspeccion de perno tensor del Pitman	OPERATIVO	Calero/Trejo	5.5
105435	2/02/2019	PLANNER_LINC.	T.VELARDE	CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	DIA	Cambio de bocina momentanea de HDPE en la volante de la trituradora	OPERATIVO	Calero/Trejo	1.5
105445	4/02/2019	PLANNER_LINC.	T.VELARDE	CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	DIA	Cambio de pernos del brazo seguro de la trituradora y plancha	OPERATIVO	Lopez/Martinez	2.7
105447	5/02/2019	PLANNER_LINC.	PISCOYA	CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	NOCHE	INSPECCION GENERAL DE CHANCADORA DE QUIJADA	OPERATIVO	TREJO/ROJAS	1.5
105456	6/02/2019	PLANNER_LINC.	PISCOYA	CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	NOCHE	SE CAMBIO LA SEMIBIELA ,SE CAMBIO ACEITE 600XP150 30 GALONES , SE REALIZO PRUEBAS , CON DEFICIENCIA DE BOMBEO , SE REALIZA	OPERATIVO	TREJO/ROJAS	0.1
105465	7/02/2019	PLANNER_LINC.	C HERRERA	CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	DIA	INSPECCION GENERAL DE CHANCADORA , SE OBSERVO LAS TEMPERATURAS CON PIROMETRO LADO LIBRE 32.5" Y LADO POLEA 20.4" Y TABLERO A 35.7" CON UN AMPERAJE DE 53 AMP	OPERATIVO	WILINGTON/MOLINA OLMER/NAYCOL	4
105467	7/02/2019	PLANNER_LINC.	PISCOYA	CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	NO	NOCHE	SE INSTALO TUBERIA DE ALIMENTACION Y DESCARGA SE ADICIONO ACEITE 10 GLN 600XP 150 , SE ENCUENTRA FUGA EN EL DIAFRAGMA REQUIRIENDO SU CAMBIO	OPERATIVO	TREJO/ROJAS	0.1
105476	8/02/2019	PLANNER_LINC.	C HERRERA	CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	DIA	SE CAMBIO ZAPATA DE SEGURIDAD. DEJANDO OPERATIVO	OPERATIVO	WILINGTON/GARCIA /CERVANTES	1.2
105491	9/02/2019	PLANNER_LINC.	C HERRERA	CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	DIA	SE INSPECCIONO LA BARRA TENSORA DE MUELA MOVIBLE, SE RECOMIENDA CAMBIAR NUEVAS BARRAS TENSORAS.	OPERATIVO	WILINGTON/ LUIS OCAMPO	2
105496	9/02/2019	PLANNER_LINC.	PISCOYA	CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	NOCHE	SE CAMBIO BARRA TENSORA , RESORTE LADO DERECHO DEJANDO OEPRATIVO	OPERATIVO	TREJO/ROJAS	1.5
105513	11/02/2019	PLANNER_LINC.	C HERRERA	CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	DIA	CAMBIO DE BARRA TENSORA Y RESORTE DE LADO IZQUIERDO; SE CAMBIO BARRA PORQUE PRESENTO ROTURA.	OPERATIVO	GARCIA CALDERON/ MOLINA	2.3
105524	20/02/2019	PLANNER_LINC.	PISCOYA	CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	NOCHE	VOLTLEAR MUELA FIJA DE CHANCADORA DE 24X36	OPERATIVO	TREJO/ROSALES	2
105536	3/03/2019	PLANNER_LINC.	PISCOYA	CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	DIA	RETIRO DE UNA LAINA DE LA CHANCADORA 24x36	OPERATIVO	ROJAS/WILLINTON	6
105537	3/03/2019	PLANNER_LINC.	PISCOYA	CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	NOCHE	Fabricacion de guarda para chancadora 24x36, se avanzo un 50% falta culminar	OPERATIVO	TREJO/ROSALES	0.5
105697	7/04/2019	PLANNER_LINC.	PISCOYA	CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	DIA	Inspeccion del sistema de lubricacion de la chancadora 24x36, se observo que el aceite necesitaba cambio estaba contaminado.	OPERATIVO	GRANADOS/MARTINEZ	4
105719	10/04/2019	PLANNER_LINC.	PISCOYA	CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	NOCHE	Cambio de muela movil de la chancadora 24x36, quedando operativo	OPERATIVO	ROJAS/MACEDO	1
105723	10/04/2019	PLANNER_LINC.	C.Miñano	CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	DIA	Inspeccion del sistema de lubricacion, se observo que faltó aceite se le coloco un balde del aceite 600 xp 150, presenta fuga de aceite por diafragma y requiere de cambio ya que se encuentra contaminado.	OPERATIVO	NELSON/OCAMPO/CALDERON	4
105724	10/04/2019	PLANNER_LINC.	PISCOYA	CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	DIA	Se inspecciono temperatura, la chancadora 24x36 aumento la temperatura y se mantenido a 42 °	OPERATIVO	MACEDO/ROJAS	1.5
105734	13/04/2019	PLANNER_LINC.	PISCOYA	CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	NO	NOCHE	Cambio de 30 galones de aceite omala 150, cambio empaquetadura de la tapa del frame y ajuste de los pernos el cuña de ajuste de la lana movil	OPERATIVO	MACEDO/ROJAS	9
105755	19/04/2019	PLANNER_LINC.	C.Miñano	CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	DIA		OPERATIVO	N RIMAC / O GARCIA. / O ROBLES	2

105779	25/04/2019	PLANNER_LINC.	PISCOYA	CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	DÍA	Monitoreo de chancadora, necesita cambio de aceite ya que se encuentra contaminado y reforzar orejeras de la tapa de lubricacion.	OPERATIVO	MOLINA	1
105788	27/04/2019	PLANNER_LINC.	YURI	CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	DÍA	Cambio de muela fija y regulacion de setting queda en 2 -3/4	OPERATIVO	NARBAJA/SALAZAR/TREJO	4.5
105799	28/04/2019	PLANNER_LINC.	YURI	CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	DÍA	Limpieza del sistema de lubricacion	OPERATIVO	LOPEZ/SANTOS	2
105825	1/05/2019	PLANNER_LINC.	C MIÑANO	CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	DÍA	Inspeccion del sistema de lubricacion : encontrandose la semi biela con desgaste del babit..	OPERATIVO	O. ROBLES / W MOLINA	1
105826	1/05/2019	PLANNER_LINC.	C MIÑANO	CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	DÍA	Inspeccion del sistema de lubricacion : encontrandose el desgaste mas prolongado de la clavija, los togles estan chocando entre si produciendo mas desgaste entre ellos.	OPERATIVO	O. ROBLES / W MOLINA	1
105830	2/05/2019	PLANNER_LINC.	C MIÑANO	CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	si	DIA	Intervencion del equipo por temperatura elevada, se saco la tapa encontrandose el diafragma roto en la parte inferior se acondiciono tapando los agujero rotos por prevencion y asi poder dar pase a operacion para que trabaje	OPERATIVO	J RONDAN / NTREJO / W MOLINA /O R	7
105840	3/05/2019	PLANNER_LINC.	C MIÑANO	CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	DIA	Habilitacion de togles, y en la semi biela se acondiciono los canales de lubricacion	OPERATIVO	J RONDAN / O. GARCIA	3
105852	4/05/2019	PLANNER_LINC.	C MIÑANO	CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	DIA	Cambio de componentes de desgaste: resortes 7 juegos, puente de soportes de los togles, canaleta de desgaste de togle inferior. Semi biela, diafragma, marcos de ajuste de superior e inferior del diafragma, 30 galones de aceite, empaquetadura cuadrada de 1 1/4" en la tapa del frame	OPERATIVO	J RONDAN / NTREJO / W MOLINA /O R	8.5
105862	5/05/2019	PLANNER_LINC.	WALTER	CORRECTIVO NO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	NOCHE	Se regulo seting, apertura de 12mm, debido a presentarse deficiencia en tiempo de chancado	OPERATIVO	ROSALES/ MACEDO	1.2
105915	12/05/2019	PLANNER_LINC.	C MIÑANO	CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	DIA	Regulacion del set de la chancadora se agrego una laina de 1/2" quedando en 2 1/2" el set final de la chancadora	OPERATIVO	J LOPEZ / A SALAZAR /	2
105971	21/05/2019	PLANNER_LINC.	PISCOYA	CORRECTIVO NO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	NOCHE	Agregar 7 baldes de aceite 600xp 150, presento fuga de aceite por la valvula de descarga de la chancadora 24x36.	OPERATIVO	MACEDO/ROJAS	1.2
105992	23/05/2019	PLANNER_LINC.	WALTER	CORRECTIVO PROGRAMADO	CHANCADO_PRIMARIO	1000	CHANCADORA DE QUIJADA 24X36	SI	NOCHE	Apoyo con el mantenimiento de chancadora de quijadas	OPERATIVO	AVELINO	2

# ANEXO N° 5 VISTA DE SECCIÓN Y PARTES A DETALLE DE LA TRITURADORA COMESA 24" X 36"

## (MANUAL DE INSTALACION CIA. LINCUNA S. A.)

**NOTA**  
 EL JUEGO DE FORROS LATERALES CODIGO N° 1020 77 SE DIVIDE EN:  
 -FORRO LATERAL SUPERIOR CODIGO N° 1020-77-1  
 -FORRO LATERAL INTERMEDIO CODIGO N° 1020-77-2  
 -FORRO LATERAL INFERIOR CODIGO N° 1020-77-3

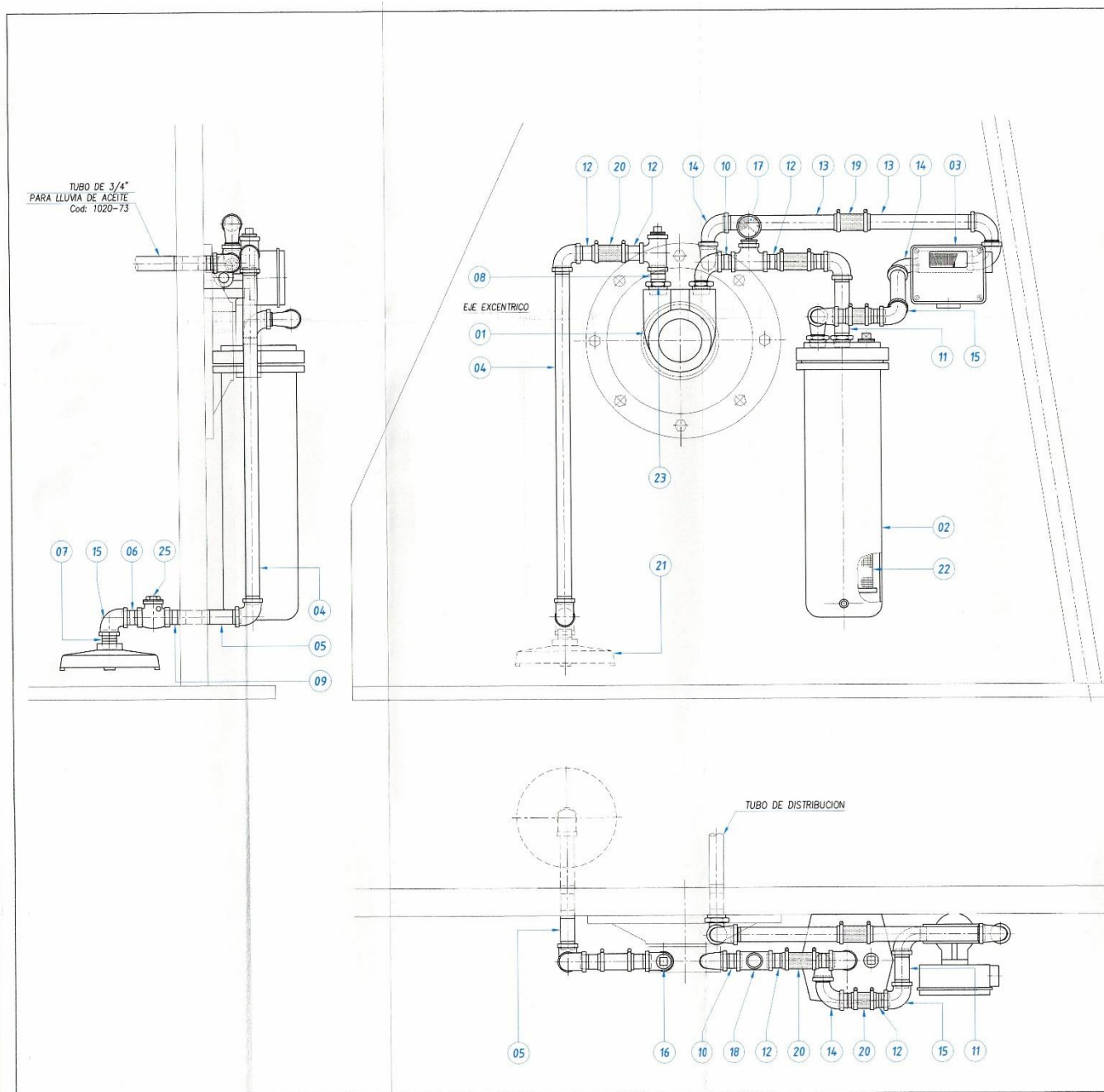
POS	CANT	DESCRIPCION	CODIGO
1	1	TAPON 3/8" N.P.T.	1020-101
2	1	TUERCA 3/4" N.C.	1020-84
3	2	PERNO 3/4" N.C. x 10"	1020-102
4	1	BRASO DE MANO DEL ESCAPE DE SOBRECARGA	1020-83
5	1	RESORTE DE LAMINA	1020-82
6	4	TUERCA 7/8" N.C.	1020-81
7	1	CHAVETA 32 x 32 x 10"	1020-41
8	1	GRAPPA DEL RESORTE DE LAMINA	1020-41
9	1	PERNO 1 1/2" N.C. x 10" (GRANJA DEL BRAZO)	1020-41
10	3	RETEN 1/2" x 1/2" x 13	1020-41
11	1	ZAPATA 3/8" N.P.T.	1020-41
12	1	BOTON PARA VOLANTE	1020-41
13	1	TUERCA M 24 Y ARANDELA M 24	1020-41
14	1	TAPA DE RODAJE (LADO PULVA)	1020-41-1
15	4	PIN GDM DE 3/8" x 2"	1020-41
16	2	EMPALME ADNA 2608 x 308 x 0.5mm	1020-48
17	16	PERNO 1/2" N.C. x 2 1/4"	1020-41
18	1	PLACA DE RETENCION DEL EJE EXCENTRICO	1020-51-1
19	4	PERNO 1/2" N.C. x 2"	1020-41
20	1	TAPA DE RODAJE (LADO BOMBA)	1020-41-1
21	2	RODAJE 27304C	1020-41
22	5	TUERCA 1" N.C.	1020-41
23	1	PLACA DE RETENCION DE MUELA FIJA	1020-89
24	5	PERNO PARA FIJAR PLACA RETENCION SOAJADA FIJA 1" N.C. x 1 1/4"	1020-34
25	2	PLANCHAS LATERAL DE DESGASTE (1.200 DEP - 1.200 ID)	1020-77
26	1	PLACA DE RETENCION DE MUELA MOVIL	1020-89
27	20	PERNO PARA FIJAR PLANCHAS LATERALES 1" N.C. x 7/8"	1020-59
28	5	PERNO PARA FIJAR CON PROTECTOR DEL PIVOTE 3/4" N.C. x 7/8"	1020-48
29	1	DEPENSA DEL PIVOTE	1020-71
30	5	TUERCA 3/4" N.C.	1020-41
31	4	PERNO 1" N.C. x 8"	1020-41
32	4	TUERCA 1" N.C.	1020-41
33	1	FUNDA SUPERIOR DE QUIJADA MOVIL	1020-49
34	12	PERNO 3/8" N.C. x 1"	1020-52
35	1	QUIJADA MOVIL	1020-50
36	1	FUNDA POSTERIOR DE QUIJADA MOVIL	1020-50
37	15	PERNO 3/8" N.C. x 1"	1020-19
38	5	PERNO PARA FIJAR PLACA RETENCION (QUIJADA MOVIL) 1" N.C. x 10"	1020-19
39	1	TUERCA 1" N.C.	1020-41
40	1	TAPA DEL RESERVOIR DE ACEITE	1020-78
41	1	PURIFICADOR DE AIRE 2" N.P.T.	1020-78
42	1	SEMBOLA	1020-94
43	2	PRISIONERO 3/8" N.C. x 2"	1020-36
44	2	BARNA TEMPLADORA DE QUIJADA MOVIL	1020-26
45	4	TUERCA 1 1/2" N.C.	1020-26
46	2	ARANDELA DE RESORTE (TEMPLADOR)	1020-24
47	2	RESORTE (TEMPLADOR DE QUIJADA MOVIL)	1020-25
48	1	PLACA RESPALDO DEL ASIENTO DEL TOGUE POSTERIOR	1020-892
49	1	ASIENTO DEL TOGUE POSTERIOR	1020-892
50	1	CLAVIA DE ARTICULACION	1020-97
51	1	TOGUE POSTERIOR	1020-96
52	1	TOGUE DELANTERO	1020-95
53	32	PERNO 3/8" N.C. x 1 1/4"	1020-23
54	1	MARCO (CRO) PARA FIJAR GUARAFRAGA	1020-23
55	1	PERNO 3/8" N.C. x 1 1/4"	1020-23
56	1	MARCO (CRO) PARA FIJAR GUARAFRAGA	1020-23
57	1	GUARAFRAGA	1020-21-1
58	1	ASIENTO DEL TOGUE DELANTERO	1020-891
59	1	PLACA RESPALDO DEL ASIENTO DEL TOGUE DELANTERO	1020-891
60	4	SEGURO PARA PIN (QUIJADA MOVIL)	1020-12
61	2	PIN PARA TEMPLADOR 38.1" x 162"	1020-27
62	4	ANILLO PLANO PARA PASADOR (QUIJADA MOVIL)	1020-28
63	2	PERNO 3/4" N.C. x 3"	1020-19
64	2	TUERCA 3/4" N.C.	1020-41
65	1	BARRA LIMITADORA	1020-16
66	2	MUELA MOVIL Y FIJA	1020-66-1
67	2	PERNO (S) C/ET 3/8" N.C. x 1 1/2"	1020-55
68	1	ASIENTO PIVOTANTE DE LAS LAMINAS DE REGULACION	1020-35
69	8	LAMINA ESPACIADORA REGULACION DE QUIJADA FIJA	1020-35
70	8	SEGURO PARA PIN (QUIJADA FIJA)	1020-12
71	4	PIN PARA TEMPLADOR SUP. E INF. DE QUIJADA FIJA 38.1" x 158"	1020-38
72	8	ANILLO PLANO PARA PASADOR (QUIJADA FIJA)	1020-28
73	2	TEMPLADOR 8" DE QUIJADA FIJA 1 1/2" N.C. x 308"	1020-36
74	1	QUIJADA FIJA	1020-83
75	4	CABEZA PARA TEMPLADOR SUP. E INF. DE QUIJADA FIJA	1020-39
76	4	PRISIONERO 3/8" N.C. x 1"	1020-36
77	8	ANILLO PLANO PARA ASIENTO DE RESORTE	1020-41
78	2	TEMPLADOR SUP. DE QUIJADA FIJA 1 1/2" N.C. x 325"	1020-37
79	4	TUERCA 1 1/2" N.C.	1020-41
80	4	RESORTE PARA TEMPLADOR SUP. E INF. DE QUIJADA FIJA	1020-40
81	1	ARRAZON	1020-41

**CONSORCIO METALURGICO S.A.**  
 LINA - PERU

CHANGADORA DE QUIJADA DE DOBLE PUENTE "COMESA" 24" x 36"  
 LISTA DE PARTES

REVISADO: M. CARRERA  
 DISEÑADO: SVE  
 N° LP-1020-1

## ANEXO N° 6 COMPONENTES DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN DE LA TRITURADORA COMESA 24" X 36" (MANUAL DE INSTALACION CIA. LINCUNA S. A.)



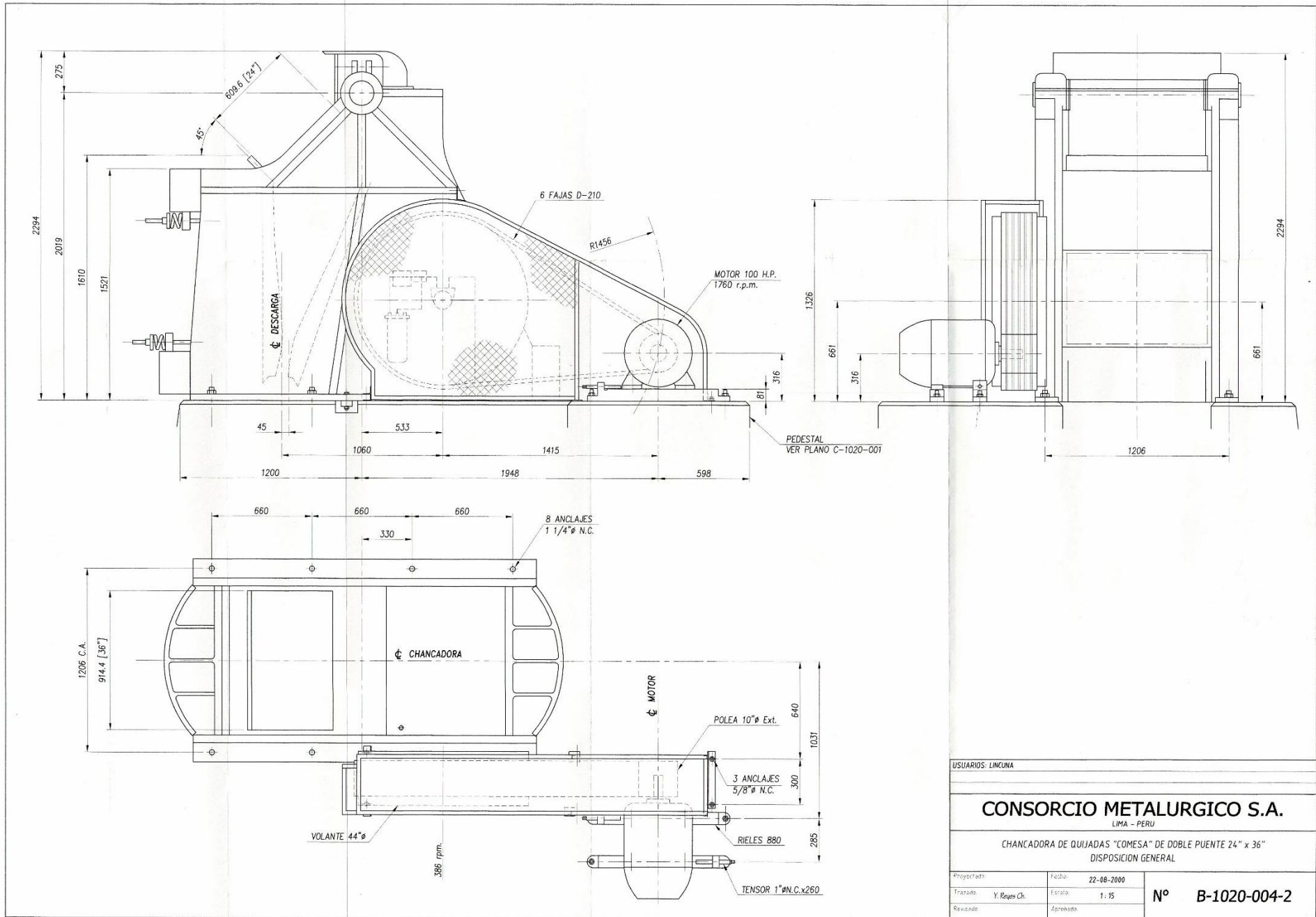
25	1	VALVULA DE NO RETORNO	
24	8	ABRAZADERA TIPO TITAN (T) / DE 34 A 36	
23	4	BUSHING DE 1" A 3/4"	
22	1	ELEMENTO DE FILTRO N°33-037-207	80001-113
21	1	FILTRO CRANE MODELO "PLATO 7"	1020-62
20	3	MANGUERA DE 3/4"Ø x 65 mm.	
19	1	MANGUERA DE 3/4"Ø x 100 mm.	
18	2	TEE DE 3/4"Ø	
17	1	MANOMETRO 0 A 15 PSI.	
16	2	TAPON MACHO DE 3/4"Ø NPT.	
15	5	CODO 3/4"Ø x 90°	
14	8	CODO CACHAMBA DE 3/4"Ø	
13	2	NIPLE DE 3/4"Ø x 216 mm. ROSCA UN LADO	
12	6	NIPLE DE 3/4"Ø x 50 mm. ROSCA UN LADO	
11	2	NIPLE DE 3/4"Ø x 85 mm. ROSCA AMBOS LADOS	
10	1	NIPLE DE 3/4"Ø x 45 mm. ROSCA AMBOS LADOS	
09	1	NIPLE DE 3/4"Ø x 38 mm. ROSCA AMBOS LADOS	
08	1	NIPLE DE 3/4"Ø x 40 mm. ROSCA AMBOS LADOS	
07	1	NIPLE DE 3/4"Ø x 35 mm. ROSCA AMBOS LADOS	
06	1	NIPLE DE 3/4"Ø x 45 mm. ROSCA AMBOS LADOS	
05	1	NIPLE DE 3/4"Ø x 70 mm. ROSCA AMBOS LADOS	
04	1	NIPLE DE 3/4"Ø x 625 mm. ROSCA AMBOS LADOS	
03	1	INDICADOR DE FLUJO SN-ASB-SQM-6 (5 Gl/min)	80001-123
02	1	FILTRO 1576-IRH-SY-6 CF (18")	80001-111
01	1	BOMBA MODELO A 2RC-2FA-RH	80001-107
POS	CANT	DESCRIPCION	CODIGO

**CONSORCIO METALURGICO S.A.**  
LIMA - PERU

CHANCADORA DE QUIJADAS ""COMESA DOBLE PUENTE 24" x 36"  
LUBRICACION DEL EJE EXCENTRICO, PUENTES Y ASIENTOS  
LISTA DE PARTES

Proyectado:	Fecha:	14-05-2002	N° LP-1020-02-1
Trazado: D. Corder	Escalón:	S/E	
Revisado:	Aprobado:		

**ANEXO N° 7 DISPOSICION GENERAL DE LA TRITURADORA COMESA 24" X 36"**  
**(MANUAL DE INSTALACION CIA. LINCUNA S. A.)**



USUARIOS: LINCUNA		
<b>CONSORCIO METALURGICO S.A.</b> LIMA - PERU		
CHANCADORA DE QUIJADAS "COMESA" DE DOBLE PUENTE 24" x 36" DISPOSICION GENERAL		
Proyectado:	Fecha:	22-08-2000
Trabajo:	Elaborado:	1-15
Revisado:	Aprobado:	
		N° B-1020-004-2

## ANEXO N° 8 PAPEL DE WEIBULL (CALCULO MANUAL)

