

DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN
CONFIABILIDAD DE LOS SISTEMAS DE TRANSMISION Y EXTRACCION PARA
EL COJUNTO DE PRENSAS INAL 700 DE LA
EMPRESA EXTRACTORA EL ROBLE S.A.S

YAN CARLOS ESTRADA ESTRADA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACUTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2018

DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN
CONFIABILIDAD DE LOS SISTEMAS DE TRANSMISION Y EXTRACCION PARA
EL COJUNTO DE PRENSAS INAL 700 DE LA
EMPRESA EXTRACTORA EL ROBLE S.A.S

YAN CARLOS ESTRADA ESTRADA

MONOGRAFÍA DE GRADO PARA OBTENER EL TÍTULO DE
ESPECIALISTA EN GERENCIA DEL MANTENIMIENTO

DIRECTOR
MAURICIO AGUILAR LEON
INGENIERO MECÁNICO
ESPECIALISTA EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACUTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA

2018

Dedico este proyecto primeramente a Dios, que me ha permitido alcanzar este logro tan anhelado.

A mis padres Aracelis Estrada y Orlando Estrada, por amor, confianza, motivación y apoyo incondicional en la realización de mis proyectos.

Al ingeniero Mauricio Aguilar, director de esta monografía, por su tiempo, dedicación y esfuerzo para la realización de este trabajo

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios por proporcionarme las facilidades y herramientas para el desarrollo y cumplimiento de este proyecto.

Al director de esta monografía, ingeniero Mauricio Aguilar, por brindarme su invaluable tiempo y conocimiento, cuyo aporte fue crucial para la realización de esta monografía.

A la Universidad Industrial De Santander, su grupo de maestros, la Corporación Universitaria de la Costa y a la facultad de ingenierías mecánicas, ya que, gracias a su esfuerzo en conjunto han facilitado las herramientas para la ejecución de este trabajo.

A la empresa Industrias Acuña Ltda., a la Extractora El Roble, su equipo directivo y los integrantes del departamento de mantenimiento, por su apoyo y participación en el desarrollo de esta monografía.

Contenido

INTRODUCCION	12
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
2. OBJETIVOS	16
2.1 OBJETIVOS GENERALES:	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	16
3 JUSTIFICACIÓN DEL PLAN PROPUESTO:	17
4 MARCO TEORICO	18
4.1 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM)	18
4.1.1. El Método De RCM.....	18
4.1.1.1 Funciones y parámetros de funcionamiento.	19
4.1.1.2 Fallas funcional.....	19
4.1.1.3 Modo de falla.	19
4.1.1.4 Tareas, frecuencias y recursos.	20
4.1.2 Prensa de extracción de aceite Expeller INAL 700.....	22
4.1.3 MARCO LEGAL.....	24
5 METODOLOGIA	25
5.1 DEFINICIÓN DE TAXONOMÍA Y FRONTERAS	25
5.2 DEFINICIÓN DE FUNCIONES	27
5.3 ANÁLISIS DE MODOS DE FALLA, EFECTO Y RIESGOS.....	40
5.4 DEFINICIÓN DE TAREAS.....	60
5.5 PLAN DE MANTENIMIENTO	70
5.5.1 Tareas por frecuencia de tiempo:	71
5.6 PROPUESTA DE IMPLEMENTACION	74
6 CONCLUSIÓN	75
BIBLIOGRAFIA	76

ILUSTRACIONES

Ilustración 1, Probabilidad condicional de falla vs edad.	20
Ilustración 2, tipos de patrón de falla	21
Ilustración 3, Intervalo P-F en curva condición vs tiempo.	22
Ilustración 4, Prensa Expeller INAL 700	23
Ilustración 5, Diagrama jerárquico del tren de potencia y sistema de acondicionamiento hidráulico	25
Ilustración 6, Fronteras de tren de potencia y sistema hidráulico	26
Ilustración 7, Equipo metodológico interdisciplinario	41
Ilustración 8, Diagrama de decisiones Ortiz Rueda Consultoría	60
Ilustración 9, Diagrama de distribución de tareas	70

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1, Características técnicas y funciones de los elementos de estudio	28
Tabla 2, Matriz de riesgos.....	43
Tabla 3, Análisis FMEA.....	45
Tabla 4, Definición de tareas	61
Tabla 5, Tareas por frecuencia de tiempo	71

RESUMEN

Título: DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD DE LOS SISTEMAS DE TRANSMISION Y EXTRACCION PARA EL COJUNTO DE PRENSAS INAL 700 DE LA EMPRESA EXTRACTORA EL ROBLE S.A.S.

Autor: Yan Carlos Estrada Estrada.

Palabra clave: Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, Sistema de transmisión de potencia, falla.

La presente monografía ilustra el desarrollo de la metodología RCM para la creación de un plan de mantenimiento basado en confiabilidad, que mejore la disponibilidad, mantenibilidad y confiabilidad, optimizando los costos para de mantenimiento en el sistema de transmisión de potencia y extracción del conjunto prensa INAL 700, de la empresa Extractora El Roble S.A.S.

Para desarrollar la parte metodológica se realizó un análisis de la información de las tres prensas INAL 700, datos de diseño, históricos de modos de fallas y efectos de fallas para los componentes de los subsistemas. Se desarrolló un análisis de modos de falla y efectos (FMEA), evaluando todas las posibles de falla, para establecer tareas necesarias para eliminar la consecuencia de las fallas, estas tareas fueron elegidas de forma estructural haciendo uso de un árbol lógico de decisiones. De esta forma se concluyeron las tareas adecuadas, sus frecuencias y se elaboró el programa de mantenimiento con tareas basadas en frecuencias de tiempo y horas de trabajo.

* Proyecto de Grado

** Facultad Facultad De Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela De Ingeniería Mecánica. Director Mauricio Aguilar Leon

ABSTRACT

Title: DEVELOPMENT OF A MAINTENANCE PLAN FOCUSED ON RELIABILITY OF THE TRANSMISSION AND REMOVAL SYSTEMS FOR THE INAL 700 PRESS JOINT OF THE EXTRACTOR COMPANY EL ROBLE S.A.S.

Authors: Yan Carlos Estrada Estrada.

Keyword: Reliability-Centered Maintenance, Power Transmission System, Maintenance, Failure.

Description: This monograph illustrates the development of the RCM methodology for the creation of a maintenance plan based on reliability, which improves the availability, maintainability and reliability, optimizing the costs for maintenance in the system of power transmission and extraction of the assembly. INAL 700 press, from the company Extractora El Roble SAS.

To develop the methodological part, an analysis of the information of the three presses INAL 700, design data, historical failure modes and fault effects for the components of the subsystems was made. An analysis of failure modes and effects (FMEA) was developed, evaluating all the possible failures, to establish necessary tasks to eliminate the consequence of the failures, these tasks were chosen in a structural way making use of a logical tree of decisions. In this way, the appropriate tasks, their frequencies were completed and the maintenance program was elaborated with tasks based on frequencies of time and hours of work.

* Graduation Project

** Faculty of Physical-Mechanical Engineering. School of Mechanical Engineering
Director Mauricio Aguilar Leon

INTRODUCCION

El trabajo a realiza contendrá los elementos necesarios para comprender de manera general como se desarrolla un modelo de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM), para dos de los sistemas principales de la Prensa INAL 700 de extractora aceite de almendra del fruto de la palma africana.

El objetivo primordial es desarrollar un plan de mantenimiento basado en la metodología de mantenimiento RCM, que permita determinar de manera sistemática las tareas necesarias a implementar para el mantenimiento del sistema de transmisión de potencia y el sistema de prensado, del conjunto de prensa INAL 700, de la sección de extracción de aceite de la planta de CPKO, con el fin asegurar la buena operación y disponibilidad de estos activos críticos para la compañía.

El desarrollo metodológico, dará respuesta a las siete preguntas básicas de la metodología de mantenimiento RCM. Para dar respuesta a cada una de estas preguntas se conformará un equipo interdisciplinario que permitirá caracterizar de manera clara los sistemas, subsistemas y componentes que conforman la Prensa INAL 700, así como las características técnicas, operacionales, ambientales, las interfaces de entrada y salida para cada elemento de estudio y con base a estos parámetros se presentara de manera detallada las funciones del sistema de transmisión de potencia y de prensado, que se espera se realice para garantizar la operación continua del proceso.

A través de este desarrollo se establecerán para cada función, las fallas funcionales, los modos de falla, los efectos y los niveles de riesgo de cada falla, con la finalidad de evitar la ocurrencia de fallas de riesgo alto y centrar esfuerzo en un plan de mantenimiento que incluya las tareas necesarias en las frecuencias adecuadas para evitar o mitigar los altos impactos que tanto pueden afectar los indicadores estratégicos de la compañía.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La empresa extractora el roble es una compañía que se dedica al procesamiento del fruto de la palma africana, para la extracción de aceite crudo vegetal de CPO, aceite de almendra CPKO, y torta de almendra para el consumo animal. La empresa se encuentra ubicada en el departamento de Magdalena a siete kilómetros del corregimiento de Tucurínca en la zona Bananera. La planta cuenta con una unidad de procesamiento de extracción de aceite del fruto de palma CPO con capacidad de 30 Ton/horas conformada por 600 equipos y maquinaria, y una unidad de procesamiento de extracción de aceite de almendra CPKO con capacidad de 2,1 Ton/horas conformada por 80 equipos.

La planta de extracción de aceite CPKO en el año 2013 quedó fuera de servicios debido a un siniestro causado por el corto eléctrico en los tableros de control, que generó el incendio que consumió por completo esta planta. Lo anterior llevó a procesar la almendra del fruto de la palma en otra extractora de la zona, repercutiendo en las utilidades de la compañía. En el año 2014 inició la fabricación y montaje de la nueva planta de CPKO en manos de la empresa INAL, esta planta cuenta en la sección de extracción con tres prensas de extracción de aceite (Expeller), con capacidad cada una de 0,7 Ton/horas de almendra. Los Expeller son los equipos primordiales de esta planta y requieren de un mantenimiento riguroso.

Al recibir la nueva planta de CPKO en el año 2015, se dejó de lado la creación y ejecución de un plan de mantenimiento acorde a los nuevos equipos, los cuales al inicio eran muy confiables, y presentaban pocas veces anomalías menores. Actualmente el mantenimiento se realiza en base a la experiencia del personal técnico capacitado y no en un programa estructurado de mantenimiento que

cuenta con tareas definidas, procedimientos e instrucciones claros que aseguren la mayor confiabilidad y disponibilidad de los mismos.

El departamento de mantenimiento de la compañía cuenta con un sistema de información básico donde se registra día a día las fallas presentadas por los equipos de las dos plantas, el Ing. Programador de mantenimiento tiene la responsabilidad de mantener actualizado este sistema a través de la información que reporte los supervisores producción y coordinadores de mantenimiento. Desde el inicio de la operación de la nueva planta de CPKO se tiene registro actualizado de todas las fallas y anomalías presentadas y las ordenes de trabajo que se ejecutaron para dar solución al problema.

Muchas de las secciones del proceso de esta planta cuentan con equipos similares a la planta de CPO como son; los elevadores de cangilones, transportadores tipo sinfín, motobombas eléctricas y tamiz circular, lo que facilita tener una idea de la frecuencia y tipo de mantenimiento a ejecutar, al tomar la información del plan de mantenimiento ya estipulado para la planta CPO. Pero para el caso de los Expeller no se cuenta con esta información por ser un equipo propio de la planta CPKO.

Por esta razón surge la necesidad de crear un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad de dos de los sistemas principales de los Expeller, que son el sistema de transmisión de potencia y el sistema de prensado de almendra, para contar con las herramientas necesarias para realizar un correcto mantenimiento que garantice disponibilidad, confiabilidad y se logre dar una mayor vida útil a este activo de la compañía.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS GENERALES:

Proponer un plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) para el sistema de transmisión de potencia y el sistema de extracción de la prensa Expeller INAL 700 de la empresa Extractora El Roble SAS.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Realizar el análisis funcional con las fallas funcionales, los requerimientos de operación y la forma como puede fallar el sistema de transmisión de potencia y el sistema de prensado, de la prensa INAL 700.
2. Realizar un análisis de modos de fallas y efectos (FMEA), del sistema de transmisión de potencia de la prensa INAL 700.
3. Realizar un análisis de modos de fallas y efectos (FMEA), del sistema de prensado, de la prensa INAL 700.
4. Seleccionar las tareas de mantenimiento utilizando la metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM).
5. Realizar una propuesta de implementación de los resultados obtenidos en el desarrollo del proyecto.

3 JUSTIFICACIÓN DEL PLAN PROPUESTO:

La empresa Extractora el roble SAS, es una de las empresas líderes en la región norte del país en la extracción y comercialización de aceite del fruto palma africana CPO y CPKO. La producción anual de almendra del fruto de palma es en promedio 3.200.000 kg anual, actualmente la planta palmiste cuenta con tres prensas Expeller INAL 700 con una capacidad total real promedio de proceso de 1.800 kg/h de almendra. El porcentaje de extracción de aceite de estos equipos es de 40% lo que representa una masa de aceite de palmiste anual en promedio de 8.000.000 kg (8.000 Toneladas).

La capacidad de producción de almendra en relación a la capacidad del procesamiento de la misma, para la extracción de aceite, está muy pareja lo que genera el acumulamiento de almendra en exceso, cuando falla una de las prensas Expeller o cualquier otro equipo de la planta palmiste CPKO. Lo anterior obliga a garantizar una alta disponibilidad de esta planta, para evitar sobre costo de producción.

La implementación de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para las prensas Expeller INAL 700, busca proponer estrategias de mantenimiento que permitan disminuir el tiempo de parada por averías imprevistas, aumentando la disponibilidad de la planta, la disminución de los costos de mantenimiento y costo de producción. También se busca mejorar la comprensión del funcionamiento de estos sistemas que conforma la prensa, analizar las posibilidades de fallas y desarrollar acciones para evitarlas. Este plan piloto busca incentivar la implementación de la metodología RCM en los demás sistemas críticos de la Prensa Expeller INAL 700 y de más equipos de la planta palmiste.

4 MARCO TEORICO

4.1 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM)

El mantenimiento centrado en la confiabilidad es un proceso utilizado para establecer que tareas y procedimientos se deben llevar a cabo para asegurar que cualquier activo físico continúe cumpliendo con sus funciones definidas previamente por sus usuarios en su contexto operacional actual.

Es una metodología de alta aplicación en las empresas que tiene como objetivos lograr mayor seguridad e integridad ambiental, un mejor funcionamiento operacional, obtener mayor costo-eficacia del mantenimiento, una mayor vida útil de los componentes costosos, una base de datos global, mayor motivación del personal y en definitiva, un mejor trabajo de equipo. (Moubray, 2004).

4.1.1. El Método De RCM.

El desarrollo del método de RCM implica dar respuesta a siete preguntas relacionadas con el equipo o sistema que se intenta revisar.

¿Cuáles son las funciones y estándares de ejecución asociados con el activo, en su actual contexto operacional?

¿En qué forma falla el equipo, con respecto a la función que cumple en el contexto operacional?

¿Qué causa la falla funcional?

¿Qué sucede (efectos) cuando falla?

¿Qué ocurre (consecuencias) si falla?

¿Qué puede hacerse para evitar la falla?

¿Qué puede hacerse si no se conoce una tarea para evitar la falla? (SAE, 1999-08).

4.1.1.1 Funciones y parámetros de funcionamiento.

El primer paso para iniciar con un RCM es definir las funciones de cada activo en su contexto operacional, junto con los parámetros de funcionamiento deseados. Existen dos clases de funciones; la primaria, que hacen referencia a las razones por las cuales se compra el activo, por las cuales existe y generalmente se identifican con el nombre del equipo, capacidad de producción, velocidad y servicio al cliente. Las funciones secundarias, son las expectativas que el cliente espera del activo, adicionales de las funciones primarias; por ejemplo, en el área de seguridad, control, confort, protección, economía, eficiencia, entre otras.

4.1.1.2 Fallas funcional.

Es la incapacidad de cualquier activo físico de cumplir una función según un parámetro de funcionamiento aceptable para el usuario. (Moubray, 2004), existen varios tipos de fallas funcionales:

Pérdida total de la capacidad; es decir, no cumple en absoluto con la función para la cual fue diseñado.

Pérdida parcial de la capacidad; aunque sigue funcionando, el desempeño no alcanza a cumplir con lo esperado en el diseño.

Funcionamiento erróneo; el equipo realiza otra función diferente para la cual fue diseñado y que no se tenía previsto realizar.

4.1.1.3 Modo de falla.

Es el evento asociado que puede dar origen a una falla funcional. Los modos de falla se pueden presentar por diferentes características que se pueden entender a partir del diseño como geometría, material inadecuado o un mal análisis estructural de esfuerzos. Así mismo; se puede dar desde la fabricación por diferentes índoles como una técnica de fundición inadecuada, composición

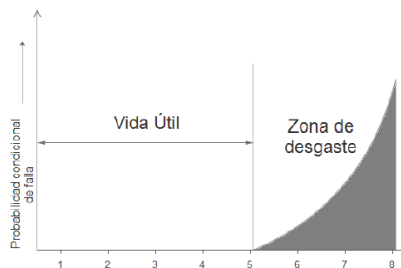
química inadecuada, mal tratamiento térmico, malos acabados o el material fue utilizado de manera errónea.

Las cinco principales causas de pérdidas de capacidad son; deterioro, fallas de lubricación, polvo o suciedad, desarme, error humano. La descripción del modo de falla debe estar escrita de tal manera que facilite la selección de tareas de mantenimiento. Se debe tener en cuenta que estos modos de falla se hayan producido antes en el equipo o en otros equipos de iguales características, que ya sean objetivo de tareas de mantenimiento y sea razonablemente probable su ocurrencia.

4.1.1.4 Tareas, frecuencias y recursos.

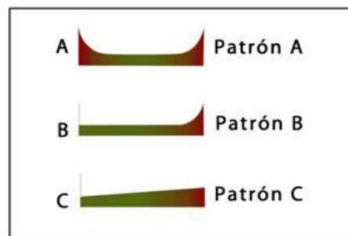
- Factibilidad técnica de una tarea: Una tarea es técnicamente factible si reduce las consecuencias del modo de falla que definimos anteriormente, siempre que mantenga las funciones del equipo en los niveles aceptables definidos por el dueño o usuario del equipo.
- Tareas de reacondicionamiento cíclico: Son tareas que busca restituir la condición inicial del equipo, basado únicamente en el límite de edad definido, y no en su estado actual. La frecuencia está definida por medio de la vida útil del elemento y se determina por la edad contra la probabilidad de falla, como se ilustra en la ilustración 1.

Ilustración 1, Probabilidad condicional de falla



Es de tener en cuenta que cuando se trata de fallas relacionadas con la edad, podemos tener al menos los tres patrones de fallas con se muestra en la ilustración 2.

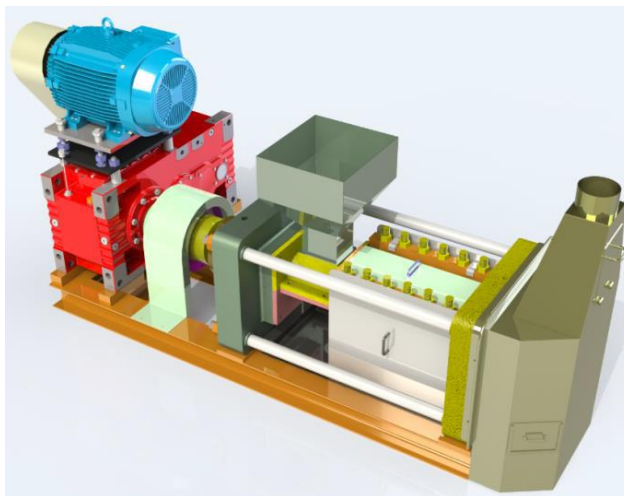
Ilustración 2, tipos de patrón de falla



Los patrones A y B muestran un punto en el que hay un rápido incremento de la probabilidad condicional de falla, mientras que el patrón C tiene un incremento constante de probabilidad de falla, pero no muestra una zona de desgaste definida.

partes con centro hexagonal, las cuales van ensambladas en un eje hexagonal que se acopla al motoreductor como se muestra en la ilustración 4. El tornillo sinfín trabaja dentro de una camisa o cuerpo ranurado conformado por platinas y placas solidarias de acero especial, lo cual permite la extracción de la máxima cantidad de aceite contenido en la almendra, que se somete a presión al avanzar por las hélices del tornillo sinfín, para luego restringir la salida con un cono metálico generador de la contra presión.

Ilustración 4, Prensa Expeller INAL 700



Instructivo prensa para Expeller de aceite de palmiste INAL 700, Bucaramanga.:
Industrias Acuñas, 2014

4.1.3 Marco legal

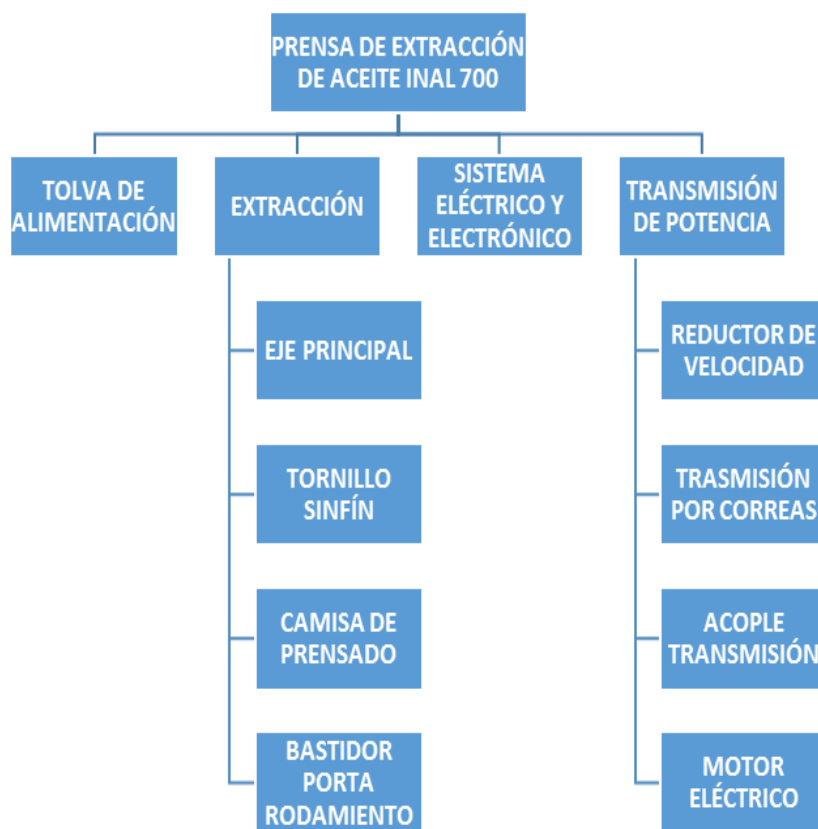
Norma SAE JA1011. La norma nos habla de criterios de evaluación para proceso de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM), es que un proceso específico identificaba las políticas que deben llevarse a cabo para manejar los modos de fallo que podrían causar el fallo funcional de cualquier recurso físico en un contexto que operación dado. Se piensa que este documento es usado para evaluar cualquier proceso que pretende para ser un proceso de RCM para determinar se es un verdadero proceso de RCM. Este documento apoya (Norma ISO 14224, 2006), tal una evaluación especificado el criterio mínimo que un proceso debe tener para ser un proceso de RCM. (Mora, 2003).

5 METODOLOGIA

5.1 DEFINICIÓN DE TAXONOMÍA Y FRONTERAS

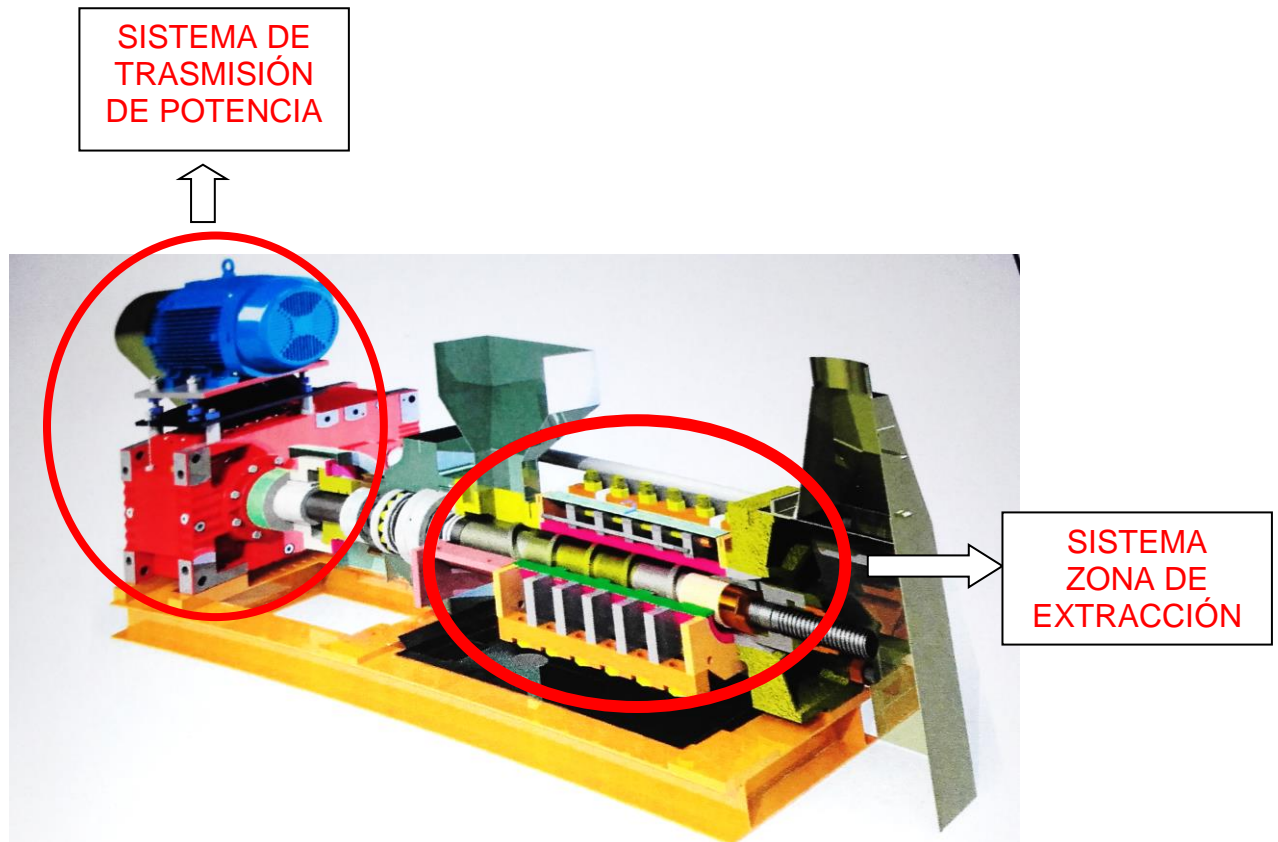
Se realizó la jerarquización del sistema de transmisión de potencia y sistema de prensado de la prensa Expeller INAL 700, a través de diagramas claros. Luego se establecerán las fronteras de cada uno de los sistemas analizar.

Ilustración 5, Diagrama jerárquico del tren de potencia y sistema de acondicionamiento hidráulico



Para cada unidad de sistema se establecen las siguientes fronteras de acuerdo al diagrama presentado a continuación.

Ilustración 6, Fronteras de tren de potencia y sistema hidráulico



Fuente: Instructivo prensa para Expeller de aceite de palmiste INAL 700, Bucaramanga.: Industrias Acuña, 2014

5.2 DEFINICIÓN DE FUNCIONES

Se definieron todas las funciones teniendo en cuenta los parámetros de funcionamiento deseados por el usuario, presentando las características técnicas, las condiciones operacionales, ambientales y las interfaces de entrada, y salidas para cada unidad definida en la jerarquía, para un posterior análisis FMEA.

Tabla 1, Características técnicas y funciones de los elementos de estudio

ELEMENTO DE ESTUDIO	CARACTERISTICA TECNICA DEL ELEMENTO		CONDICIONES OPERACIONALES	CONDICIONES AMBIENTALES	INTERFASE (Entrada y Salida)		COD. FUN.	FUNCION
BASTIDOR PORTA RODAMIENTO (A)	Modelo	INAL	Velocidad de trabajo 16 RPM	Presencia de polvo	Potencia Mec. Rotación	Potencia Mec. Rotación	A1	Brindar soporte rígido a los rodamientos y alineación del eje y tornillo sinfín con respecto a la camisa de prensado de la máquina.
	Material	Fundición	Temperatura 50°C - 70°C	Temp. Amb. 30°C - 39°C			A2	contener hermético el lubricante en los tres

								rodamientos
	Nº de rodamientos	tres					A3	Permitir el ingreso de grasa a través de graseras a cada uno de los rodamientos.
	Referencia de rodamientos	Rod. 23224 E						
		Rod. 29424 E						
		Rod. 22328 E						
	Tipo de Lubricante	Grasa Aeroshell 5000						
EJE HEXAGONAL	Material	Acero SAE 4340	alineación angular +/- 2º	Material abrasivo	Potencia Mec.	Potencia Mec.	B1	Brindar soporte a los

(B)					Rotación	Rotación		tornillos sinfín
	Longitud	1800mm	Transmite 65HP - 75HP	Temperatura 90°C - 120°C			B2	Brindar soporte a los rodamientos
	Geometría Transversal	hexagonal		Aceite de palmiste			B3	Transmitir la potencia del motoreductor al tornillo tipo sinfín.
							B4	Mantener alineado el tornillo sinfín con respecto a la camisa o cuerpo de la prensa.
TORNILLO SINFÍN (C)	Material	Fundición con recubrimiento de soldadura	Transmite 65HP - 75HP	Material abrasivo	Potencia Mec. Rotación	Par de Torsión	C1	Transporta entre 600 y 700 Kilogramos

		6710						de almendra a la salida de la prensa, al transcurrido una hora. Generando alta presiones al comprimir la almendra entre 800 psi y 900 psi contra el cono de salida, lo que permite extraer el aceite de palmiste.
	Nº de Secciones	Cinco		Temperatura 90°C - 120°C				

	de tornillo sinfín							
	Paso del tornillo	100mm		Aceite de palmiste				
	Geometría Diámetro interno	hexagonal		Altas presiones				
CAMISA DE PRENSADO (D)	Material	Acero SAE 1045	Presión de 900 psi	Temperatura 90°C - 120°C			D1	Contener Hermética la almendra durante su transporte, a alta presión a la salida.
	Diámetro Interno	185mm	Mantener espacio de ranuras en menos de 0,3mm	Aceite de palmiste			D2	Filtrar el aceite extraído de la almendra y permitir la salida a través de sus

								ranuras al exterior.
	Diámetro Externo	241mm		Material abrasivo				
	Longitud	677mm		Altas presiones				
MOTOR ELECTRICO (E)	Modelo	Motor WEG	Corriente de operación 60A - 75A	Temp. Amb. 30°C - 39°C	Potencia Eléctrica	Potencia Mec. Rotación	E1	Transformar la energía eléctrica en energía mecánica de rotación, para entregar 75 HP en el eje de salida, a una velocidad de 1775 RPM.
	Potencia	75 HP		Humedad relativa	Flujo de aire	Calor	E2	Ventilar flujo de aire a través de aletas que

								disipan el calor del cuerpo del motor, para mantener operando el motor a temperaturas entre 40°C y 50°C en condiciones normales de carga.
	Frecuencia	60 Hz		Vapores de aceite			E3	Enviar señal de forma permanente de corriente consumida a la pantalla digital en tablero de

								control.
	Polos	4		Presencia de polvo				
	Velocidad	1775 RPM						
	Factor de Servicio	1,15						
	Voltaje	440V						
REDUCTOR DE VELOCIDAD (F)	Modelo	Reductor SEW / MC3PLSF08	Temperatura 20°C - 40°C	Temp. Amb. 30°C - 39°C	Alta Velocidad de Rotación	Alto Par de Torsión	F1	Reducir velocidad angular de entrada al eje, a través de piñones al eje de salida en una relación igual a 55,6.
	Relación de Velocidad	i:55,6		Humedad relativa	Bajo Par de Torsión	Baja Velocidad de	F2	Aumentar el torque que se aplica en el

						Rotación	eje de entrada, a un mayor torque en el eje de salida en una relación igual a 55,6.
Factor de Servicio	1,93		Vapores de aceite	Aceite lubricante	vapores de aceite	F3	Mantener hermético el aceite lubricante.
Volumen de Aceite	68 Litros		Presencia de polvo			F4	Indicar el nivel máximo y mínimo de aceite en reposo en la caja reductora, atreves de mirilla de vidrio.

								F5	Permitir salir vapores de aceite a través de tapón con respiradero.
TRANSMISION POR CORREAS (I)	Polea Conductora	Polea PHP 4SPB de Cuatro Canales, Diámetro 450mm.	Tensión de correas	Temp. Amb. 30°C - 39°C		Potencia Mec. Rotación	Potencia Mec. Rotación	I1	Transmitir potencia Mecánica de rotación del motor eléctrico al reductor de velocidad, a través de poleas y correas, evitando el deslizamiento de las correas sobre

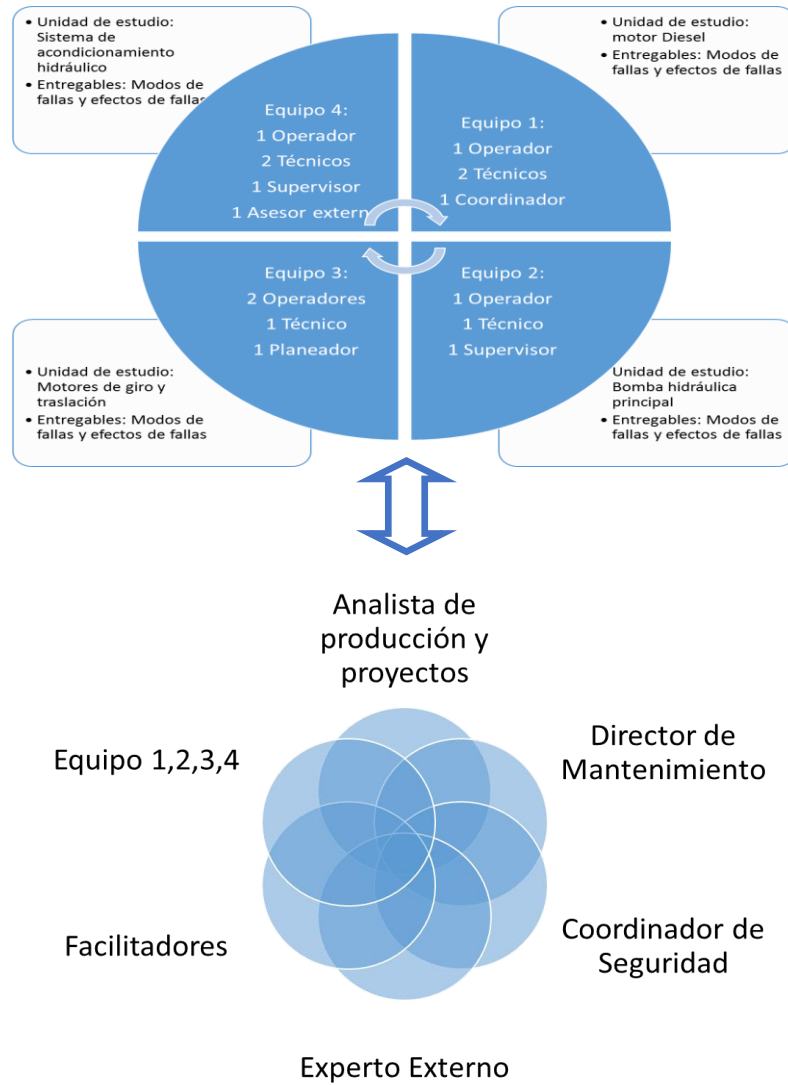
								la superficie de las poleas.
	Polea Conducida	Polea PHP de Cuatro Canales, Diámetro 335mm.	alineación entre poleas +/- 0,5mm	Presencia de polvo				
	Correas	Tipo SPB 3150 PHG		Vapores de aceite				
ACOPLE DE TRANSMISION (J)	Modelo	Acople de engranaje	Des alineamiento Axial Max. +/- 0,3mm	Temp. Amb. 30°C - 39°C	Potencia Mec. Rotación	Potencia Mec. Rotación	J1	Transmitir potencia Mecánica de rotación del reductor al eje donde van montado el tornillo sinfín de la prensa.

	Lubricación	Grasa Aeroshell 5000	Des alineamiento Angular Max. +/- 2°	Presencia de polvo	Grasa lubricante	vapores de aceite	J2	Contener hermética grasa lubricante.
--	-------------	----------------------------	--	-----------------------	---------------------	----------------------	----	---

5.3 ANÁLISIS DE MODOS DE FALLA, EFECTO Y RIESGOS

Una vez se obtenido el listadas las funciones para cada elemento de estudio, se conformó un equipo interdisciplinario, que ayudaron a definir las fallas funcionales, modos de fallas y efectos de las fallas bajo la metodología FMEA, que se contempla en la metodología del RCM.

Ilustración 7, Equipo metodológico interdisciplinario



Se evaluó la criticidad de los riesgos en función de los impactos generados por la ocurrencia de cada una de las fallas en términos de las personas, el medio ambiente, los costos operacionales y la afectación a la imagen de la compañía, dándole una escala de riesgo en base a la probabilidad de la ocurrencia de la falla.

Tabla 2, Matriz de riesgos

MATRIZ DE RIESGO PRENSA EXPELLER INAL 700									
CONSECUENCIAS					PROBABILIDAD				
HUMANAS	AMBIENTALES	COSTOS	IMAGEN	CONSECUENCIA		REMOTO	OCASIONAL	MODERADO	FRECUENTE
Más de 01 muerto	efectos irreversibles	>100	Internacional	CATASTRÓFICO	4	4,00	8,00	12,00	16,00
Incapacidad permanente	efectos irreversibles en menos de 2 años	ENTRE 100M-10M	Nacional	CRÍTICO	3	3,00	6,00	9,00	12,00
incapacidad temporal	efectos irreversibles en menos de 6 meses	ENTRE 10M-1M	Regional	GRAVE	2	2,00	4,00	6,00	8,00
lesiones	efectos pueden ser controlados	ENTRE 1M-0,5M	Local	INSIGNIFICANTE	1	1,00	2,00	3,00	4,00
						< 5 Años	< 2 Años	< 6 Meses	± 1 Mes
						C	D	E	F
						1	2	3	4

La conformación de un equipo de trabajo con personal de otras áreas de la compañía es necesario para poder establecer para cada uno de estos modos de fallas cual es el nivel de riesgo y central los esfuerzos en las tareas para aquellas fallas que representan un riesgo alto y que se deben prevenir.

Tabla 3, Análisis FMEA

COD. FUNCIÓN	FUNCION	CO D. FF	Descripción de Falla de Función	CO D. MF	Modo de Falla	Descripción Efectos
A1	Brindar soporte rígido a los rodamientos y alineación del eje y tornillo sinfín con respecto a la camisa de prensado de la máquina.	A1.1	No garantiza la rigidez necesaria para mantener en su posición los rodamientos que soportan de forma alineada el eje principal.	A1.1.1	Bastidor porta rodamiento presenta grieta en el cuerpo, y fractura en su base por sobrecarga.	se apaga el equipo al generarse sobrecalentamiento en motor eléctrico que acciona la protección térmica, esto debido a la sobrecarga producto de roce directo del tornillo sinfín con la camisa de la prensa, ocasionado por la desalineación del eje al fracturarse el cuerpo del bastidor que lo mantiene alineado. Puede ocasionar que el equipo quede fuera de servicio por dos días y por ende perdidas económicas estimadas en \$5.500.000 pesos/día, el costo de remplazar el bastidor es de \$9.000.000

						pesos.
A2	contener hermético el lubricante en los tres rodamientos	A2.1	No contiene herméticamente la grasa en los rodamientos.	A2.1.1	Desajuste en tornillería de tapa que cubre los rodamientos por vibración, no está generando el sello que evita que se salga la grasa.	Se presenta fuga de grasa por tapa de rodamientos del bastidor, lo que podría generar calentamiento en rodamientos, mayor consumo de energía eléctrica y finalmente daño en los rodamientos que generaría que se dispare protección térmica del motor eléctrico. Puede ocasionar que el equipo quede fuera de servicio por dos días y por ende pérdidas económicas estimadas en \$5.500.000 pesos/día, el costo

						de reemplazar los rodamientos es de \$4.500.000 pesos.
A3	Permitir el ingreso de grasa a través de graseras a cada uno de los rodamientos.	A3.1	no ingresa grasa a los rodamientos del bastidor	A3.1.1	daño en graseras impide el ingreso de la grasa	No se puede hacer efectivo la dosificación de grasa en cada uno de los tres rodamientos, lo que puede ocasionar el calentamiento de los mismos y posterior daños. Se debe reemplazar las graseras por nuevas, costo de graseras \$15.000 pesos.
B1	Brindar soporte a los tornillos sinfín	B1.1	el eje no brinda soporte a los tornillos sinfín	B1.1.1	Se fractura eje en la posición de soporte de los tornillos sinfín por sobrecarga de	Equipo deja de transporta almendra y se baja el amperaje de consumo de motor eléctrico, ocasiona la parada del equipo generando baja capacidad en el proceso y perdidas económicas de

					atascamiento.	\$5.500.000/día. Los costos de mantenimiento para reemplazar eje son de \$12.000.000.
B2	Brindar soporte a los rodamientos	B2.1	El eje no brinda soporte a los rodamientos.	B2.1.1	Se fractura eje en la posición de soporte de los rodamientos por sobrecarga de atascamiento.	Equipo deja de transporta almendra y se baja el amperaje de consumo de motor eléctrico, ocasiona la parada del equipo generando baja capacidad en el proceso y perdidas económicas de \$5.500.000/día. Los costos de mantenimiento para reemplazar eje y rodamientos son de \$16.500.000.
B3	Transmitir la potencia del motoreductor al tornillo tipo sinfín.	B3.1	Eje deja de transmitir potencia a los tornillos sinfín.	B3.1.1	Se fractura eje en la posición de acoplamiento con el reductor.	Equipo deja de transporta almendra y se baja el amperaje de consumo de motor eléctrico, ocasiona la parada del equipo generando baja capacidad en el proceso y perdidas económicas de

						\$5.500.000/día. Los costos de mantenimiento para reemplazar eje son de \$12.000.000.
B4	Mantener alineado el tornillo sinfín con respecto a la camisa o cuerpo de la prensa.	B4.1	el eje no garantiza alineación	B4.1.1	Se tuerce punta de eje, por sobrecarga.	Se apaga el equipo al generarse sobrecalentamiento en motor eléctrico que acciona la protección térmica, esto debido a la sobrecarga producto de roce directo del tornillo sinfín con la camisa de la prensa, ocasionado por la desalineación del eje al torcerse en extremo en punta. Puede ocasionar que el equipo quede fuera de servicio por dos días y por ende pérdidas económicas estimadas en \$5.500.000 pesos/día, el costo de reemplazar el eje es de \$12.000.000 pesos.

C1	Transporta entre 600 y 700 Kilogramos de almendra a la salida de la prensa, al transcurrido una hora. Generando alta presiones al comprimir la almendra entre 800 psi y 900 psi contra el cono de salida, lo que permite extraer el aceite de palmiste.	C1.1	Baja capacidad de procesamiento menor a 600 kilogramos/hora.	C1.1.1	Desgaste por abrasión considerable en la altura de la hélice del tornillo sinfín, por exceder las 200horas de tiempo en horas trabajo.	Elevado consumo de amperaje del motor eléctrico, baja capacidad de procesamiento del equipo, baja tasa de extracción de aceite, en ocasiones deja de transportar almendra. Se deben reconstruir con soldadura los tornillos sinfín para dar altura a la hélice que lo conforma cada 200 horas. La intervención genera que el equipo quede fuera de servicio por ocho horas, costo económico 230.000 pesos/hora, costo de mantenimiento \$750.000.
D1	Contener Hermética la almendra durante su transporte, a alta presión a la salida.	D1.1	No se contiene la almendra herméticamente dentro de la zona de extracción.	D1.1.1	Se presenta rotura y abertura excesiva entre ranuras de la camisa por daño	Fuga de almendra, baja capacidad de procesamiento, baja extracción de aceite, taponamiento en bombas que recolectan el aceite. Sale fuera de servicio equipo por cuatro horas de reparación costo por hora \$230.000 peso/horas,

					ocasionado por objeto metálico extraño en zona de extracción.	costo de repuestos y mantenimiento \$4.500.000 pesos.
D2	Filtrar el aceite extraído de la almendra y permitir la salida atreves de sus ranular al exterior.	D2.1	Alto contenido de impureza en aceite filtrado.	D2.1.1	Abertura entre ranura mayor a 0,3mm, por el tiempo de trabajo sometida a altas presiones que se generan en la zona de prensado.	Exceso de impureza en aceite filtrado genera taponamiento de tuberías y bomba de recolección de aceite. Se para todo el proceso para desmontar tubería de succión de bombas con costo de \$700.000 pesos/horas.

E1	Transformar la energía eléctrica en energía mecánica de rotación, para entregar 75 HP en el eje de salida, a una velocidad de 1775 RPM, con un consumo nominal de 85 Amperios.	E1.1	Motor no transforma energía eléctrica en mecánica de rotación.	E1.1.1	Bobinado interno del motor se encuentra en corto circuito, motor no gira al aplicarle energía eléctrica y se dispara protección térmica.	Exceso de carga repetitivas ocasiones en equipo por desgaste en hélice al final del tornillo sinfín, genera sobre presión en la zona de extracción, obligando al motor a trabaja con un amperaje superior al nominal (85 A), durante largo tiempo, aumentado la temperatura del barniz del aislamiento interno, y genera corto circuito por contacto directo entre dos cables del estator. El equipo queda fuera de servicio, se disminuye la capacidad de producción de la planta generando costos de \$5.500.000 pesos/día, el costo de reparar el motor es de \$7.500.000 pesos y el costo de remplazar el motor por nuevo es de \$30.000.000 pesos.
----	--	------	--	--------	--	---

E1	Transformar la energía eléctrica en energía mecánica de rotación, para entregar 75 HP en el eje de salida, a una velocidad de 1775 RPM, con un consumo nominal de 85 Amperios.	E1.1	Motor no transforma energía eléctrica en mecánica de rotación.	E1.1.2	Bobinado interno del motor se encuentra en corto circuito, motor no gira al aplicarle energía eléctrica y se dispara protección térmica.	Exceso de contra presión en repetidas ocasiones, en la salida de la prensa supera los 1200 psi, genera sobre presión en la zona de extracción, obligando al motor a trabajar con un amperaje superior al nominal (85 A), durante largo tiempo, aumentando la temperatura del barniz del aislamiento interno, y genera corto circuito por contacto directo entre dos cables del estator. El equipo queda fuera de servicio, se disminuye la capacidad de producción de la planta generando costos de \$5.500.000 pesos/día, el costo de reparar el motor es de \$7.500.000 pesos y el costo de remplazar el motor por nuevo es de \$30.000.000 pesos.
----	--	------	--	--------	--	--

E2	Ventilar flujo de aire a través de aletas que disipan el calor del cuerpo del motor, para mantener operando el motor a temperaturas entre 40°C y 50°C en condiciones normales de carga.	E2.1	Ventilador no impulsa un flujo de aire a través de aletas disipadoras de calor del motor eléctrico.	E2.1.1	Rejilla de respiración de la caperuza se encuentra obstruida por impurezas y polvo. Lo que genera deficiencia de flujo de aire.	Se presenta aumento en la temperatura del motor y leve aumento en el amperaje de consumo, se debe limpiar rejilla de respiración para garantizar el flujo de aire requerido para eliminar el calor generado por el motor eléctrico.
E2	Ventilar flujo de aire a través de aletas que disipan el calor del cuerpo del motor, para mantener operando el motor a temperaturas entre 40°C y 50°C en condiciones normales de carga.	E2.1	Ventilador no impulsa un flujo de aire a través de aletas disipadoras de calor del motor eléctrico.	E2.1.2	Ventilador no se encuentra fijo al eje, se suelta prisionero.	Se presenta aumento en la temperatura del motor y leve aumento en el amperaje de consumo, se debe ajustar el ventilador al eje del motor y asegurarlo con el prisionero.

E3	Enviar señal de forma permanente de corriente consumida a la pantalla digital en tablero de control.	E3.1	Pantalla digital no muestra la lectura del amperaje del motor.	E3.1.1	Se parte cable de señal eléctrica por vibraciones en soporte.	la falta de señal de consumo de amperaje, no permite saber si el equipo está trabajando en las correctas condiciones de carga, se debe reemplazar cable eléctrico por nuevo, costo de mantenimiento \$270.000
F1	Reducir velocidad angular de entrada del eje de entrada, a través de piñones al eje de salida en una relación igual a 55,6.	F1.1	Reductor no entrega velocidad de salida.	F1.1.1	Reductor no entrega velocidad en la salida de eje, por desgaste en dientes en el primer tren de engranaje.	Se presenta ruido extraño en caja reductor, se baja el amperaje del motor eléctrico, se detiene tornillo sinfín de la prensa, se baja la capacidad del proceso en un 30%, producción de la salida de servicio del equipo. El costo de tener el equipo parado es de \$5.500.000 pesos/día, esta reparación puede durar 10 días, el costo de reparación del reductor es de \$18.500.000 pesos.

F2	Aumentar el torque que se aplica en el eje de entrada, a un mayor torque en el eje de salida en una relación igual a 55,6.	F2.1	Reductor no entrega un torque de salida.	F2.1.1	Reductor no entrega momento torsor en la salida de eje, por desgaste en dientes en el primer tren de engranaje.	Se presenta ruido extraño en caja reductor, se baja el amperaje del motor eléctrico, se detiene tornillo sinfín de la prensa, se baja la capacidad del proceso en un 30%, producto de la salida de servicio del equipo. El costo de tener el equipo parado es de \$5.500.000 pesos/día, el costo de reparación del reductor es de \$18.500.000 pesos.
F3	Mantener hermético el aceite lubricante.	F3.1	No contiene herméticamente el aceite en su interior.	F3.1.1	Fuga de aceite por retenedor de eje de salida, retenedor cristalizado por tiempo de uso.	Se evidencia fuga de aceite por el retenedor del eje de salida, se baja el nivel de aceite del reductor, se aumenta la temperatura del reductor. Se debe remplazar el retenedor dañado y suministrar el aceite perdido por la fuga, el costo de este mantenimiento es de \$450.000 pesos.

F4	Indicar el nivel máximo y mínimo de aceite en reposo en la caja reductora, a través de mirilla de vidrio.	F4.1	No indica el nivel máximo y mínimo de aceite en le reductor.	F4.1.1	Mirilla de inspección rota por posible golpe.	Se evidencia la falta de mirilla de nivel de aceite en reductor, se presenta fuga de aceite. Esto afecta la integridad del equipo, se debe reemplazar mirilla rota por nueva.
F5	Permitir salir vapores de aceite a través de tapón con respiradero.	F5.1	Tapón no permite la salida de vapores de aceite del interior del reductor.	F5.1.1	Fuga de aceite por retenedor de eje de salida, presión interna de los gases aceite daña retenedor.	Se evidencia fuga de aceite por el retenedor del eje de salida, se baja el nivel de aceite del reductor, se aumenta la temperatura del reductor. Se debe cambiar retenedor, limpiar o reemplazar el tapón de respiración del reductor y suministrar el aceite perdido por la fuga, el costo de este mantenimiento es de \$450.000 pesos.

I1	Transmitir potencia Mecánica de rotación del motor eléctrico al reductor de velocidad, atreves de poleas y correas, evitando el deslizamiento de las correas sobre la superficie de las poleas.	I1.1	Correas no transmiten el total de la potencia mecánica requerida.	I1.1. 1	Deslizamiento de correas destensionadas , sobre poleas.	Se evidencia ruido extraño por deslizamiento de correas, se le baja el amperaje de consumo al motor, se recalientan correas. Esto genera la pérdida de capacidad de la prensa, se debe inspeccionar el estado de las correas, si no están agrietadas se tensionan, de lo contrario se deben remplazar por nuevas.
J1	Transmitir potencia Mecánica de rotación del reductor al eje donde van montado el tornillo sinfín de la prensa.	J1. 1	El acople no transmite potencia mecánica de rotación.	J1.1. 1	Se desgasta dientes del engranaje interno del acople.	Al prender equipo cargado con almendra (mala operación), se genera sobre cargas que deterioran los dientes del acople de la transmisión, generando fuerte ruido en el acople y desgaste excesivo en los dientes. Lo que impide la transmisión de potencia y la salida de operación de la prensa con un costo de \$5.500.000 pesos/día. Consto del

						nuevo acople \$1.500.000.
J2	Contener hermética grasa lubricante.	J2. 1	No contiene hermética la grasa.	J2.1. 1	Deterioro de empaques internos de acople permite la fuga de grasa.	Se evidencia fuga de grasa en acople de transmisión de potencia del reductor al eje de la prensa, se debe reemplazar este empaque y suministrar nueva grasa, para evitar daño en los dientes del engranaje del acople.

5.4 DEFINICIÓN DE TAREAS

Se determinó el tipo de mantenimiento a desarrollar para el sistema de transmisión de potencia y el sistema de prensado de la prensa Expeller INAL 700. Siguiendo un diagrama lógico de decisiones del RCM, recomendado por la empresa Ortiz Ruiz Consultoría (ilustración 6), para establecer para cada uno de los modos de falla, el tipo de tarea adecuada ejemplo; análisis de condición, cambio de parte, reacondicionamiento, monitoreo, rediseño, búsqueda de fallas. Las posteriores tareas se definieron al realizar análisis de los datos del histórico de falla de cada prensas, el nivel de riesgo y los intervalos P-F. También se tuvo en cuenta el recurso humano, las herramientas y materiales necesarios para la ejecución de cada tarea, como se muestra en la tabla.

Ilustración 8, Diagrama de decisiones Ortiz Rueda Consultoría

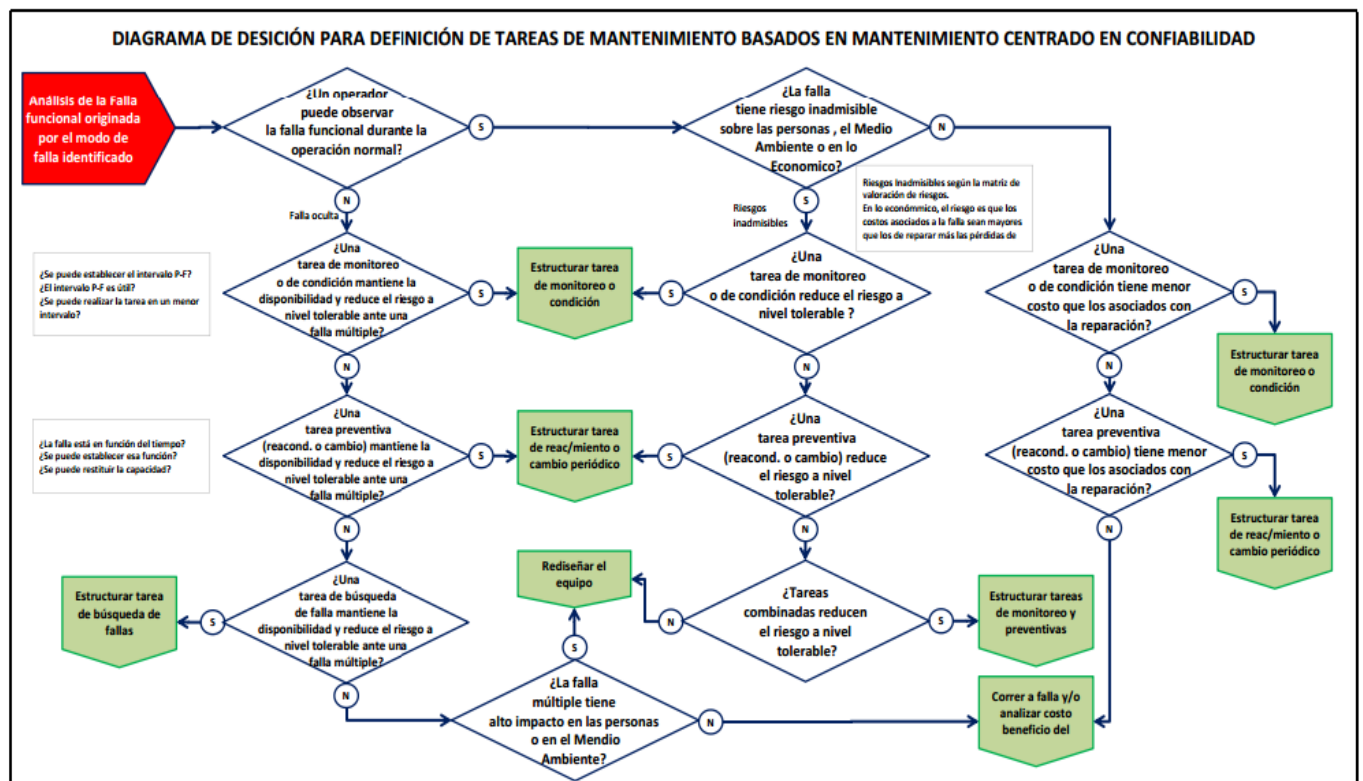


Tabla 4, Definición de tareas

Cód. MF	FALTA OCULTA	Probabilidad	Consecuencia	Valoración de Riesgo	Valor económico de riesgo (\$)	Tipo de Decisión	Descripción Tareas	Frecuencia (mes)	Recursos	Herramientas y Materiales	Cód. Tareas
A 1.1.1	NO	REMOTA	CRITICA	3	26.000.000	Cambio de parte	Cambio de bastidor porta rodamientos	60	2 Tec. Mecánico, 1 Aux. Mecánico	1 Extractor Hidráulico 1 Juego de llaves mixta 1 Diferencial de 2 Ton. 1 Gato hidráulico 5 Ton	A 1.1.1.1
A 2.1.1	NO	OCASIONAL	GRAVE	6	10.000.000	Reacondicionamiento	Reemplazar grasa y ajuste de tornillos flojos	6	1 Tec. Mecánico	1 Juego de llaves alen 1 engrasadora manual	A 2.1.1.1
A3.1.1	NO	OCASIONAL	INSIGNIFICANTE	2	15.000	Cambio de parte	Desmontar grasera en mal estado y	12	1 Tec. Mecánico	1 Juego de llaves mixta	A3.1.1.1

							Montar nueva.				
B1.1 .1	NO	OCACIONAL	CRITICA	6	23.000.000	Cambio de parte	Cambio de eje fracturado y montaje de nuevo.	36	2 Tec. Mecánico, 1 Aux. Mecánico	1 Extractor Hidráulico o 1 Juego de llaves mixta 1 Diferencial de 2 Ton. 1 Gato hidráulico o 5 Ton	B1.1.1.1
B2.1 .1	NO	REMOTA	CRITICA	3	23.000.000	Cambio de parte	Cambio de eje fracturado y montaje de nuevo.	36	2 Tec. Mecánico, 1 Aux. Mecánico	1 Extractor Hidráulico o 1 Juego de llaves mixta 1 Diferencial de 2 Ton. 1 Gato hidráulico o 5 Ton	B2.1.1.1
B3.1 .1	NO	REMOTA	CRITICA	3	23.000.000	Cambio de parte	Cambio de eje fracturado	36	2 Tec. Mecánico, 1	1 Extractor Hidráulico	B3.1.1.1

						o y montaje de nuevo.		Aux. Mecáni co	o 1 Juego de llaves mixta 1 Diferenci al de 2 Ton. 1 Gato hidráulic o 5 Ton	
B4.1 .1	NO	REMOT A	CRITI CA	3	23.000. 000	Cambio de parte	Cambio de eje torcido y montaje de nuevo.	36 2 Tec. Mecáni co, 1 Aux. Mecáni co	2 Extractor Hidráulic o 1 Juego de llaves mixta 1 Diferenci al de 2 Ton. 1 Gato hidráulic o 5 Ton	B4.1. 1.1
C1.1 .1	NO	FRECU ENTE	GRAV E	8	2.600.0 00	Reacon diciona miento	Reconst ruir con soldadur a hélice de tornillos sinfín.	200 h 1 Tec. Mecáni co, 1 Aux. Mecáni co	3 Extractor Hidráulic o 1 Juego de llaves mixta 1 Diferenci	C1.1. 1.1

										al de 2 Ton. 1 Gato hidráulic o 5 Ton	
D1.1 .1	NO	MODER ADO	GRAV E	6	7.000.0 00	Cambio de parte	Cambio de camisa en mal estado y montaje de nueva.	350 0h	1 Tec. Mecáni co, 1 Aux. Mecáni co	3 Extractor Hidráulic o 1 Juego de llaves mixta 1 Diferenci al de 2 Ton. 1 Gato hidráulic o 5 Ton	D1.1. 1.1
D2.1 .1	NO	MODER ADO	GRAV E	6	7.000.0 00	Cambio de parte	Cambio de camisa en mal estado y montaje de nueva.	350 0h	1 Tec. Mecáni co, 1 Aux. Mecáni co	3 Extractor Hidráulic o 1 Juego de llaves mixta 1 Diferenci al de 2 Ton. 1 Gato hidráulic o 5 Ton	D2.1. 1.1

E1.1 .1	SI	REMOT A	CRITI CA	3	13.000. 000	Reacon diciona miento	Rebobin ar estator del motor eléctrico	60	Contrat ar servici o		E1.1. 1.1
E1.1 .2	SI	REMOT A	CRITI CA	3	13.000. 000	Reacon diciona miento	Rebobin ar estator del motor eléctrico	60	Contrat ar servici o		E1.1. 2.1
E2.1 .1	NO	OCACIO NAL	GRAV E	4	50.000	análisis de condició n	Limpia r con cepillo rejilla de la tapa trasera del motor.	6	1 Tec. Electric ista	1 cepillo	E2.1. 1.1
E2.1 .2	SI	REMOT A	GRAV E	2	300.00 0	análisis de condició n	Inspecci onar si el ventilad or se encuentr a fijo al eje del motor	6	1 Tec. Electric ista	1 Juego de llaves mixta 1 juego de destornill ador	E2.1. 2.1

E3.1 .1	SI	REMOT A	INSIG NIFIC ANTE	1	270.00 0	Correr a falla	Remplaz ar cable eléctrico fracturad o por vibració n.	1 Tec. Electric ista	1 Juego de llaves mixta 1 juego de destornill ador 1 pinza o alicate.	E3.1. 1.1
F1.1 .1	SI	REMOT A	CRITI CA	3	73.500. 000	Reacon diciona miento	Cambio del primer tren de engranaj e por nuevo	60 1 Tec. Mecáni co, 1 Aux. Mecáni co	1 Extractor Hidráulic o 1 Juego de llaves mixta 1 Diferenci al de 2 Ton. 1 juego de rodamien to. 1 calentad or inducido	F1.1. 1.1
F2.1 .1	SI	REMOT A	CRITI CA	3	73.500. 000	Reacon diciona miento	Cambio del primer tren de engranaj e por nuevo	60 1 Tec. Mecáni co, 1 Aux. Mecáni co	1 Extractor Hidráulic o 1 Juego de llaves mixta 1	F2.1. 1.1

									Diferencial de 2 Ton. 1 juego de rodamiento. 1 calentador inducido		
F3.1.1	NO	REMOTA	INSIGNIFICANTE	1	450.000	Cambio de parte	Reemplazar retenedor de eje de salida, por nuevo.	36	1 Tec. Mecánico, 1 Aux. Mecánico	1 Extractor Hidráulico 1 Juego de llaves mixta 1 Diferencial de 2 Ton.	F3.1.1.1
F4.1.1	NO	REMOTA	INSIGNIFICANTE	1	500.000	Correr a falla	Reemplazar visor de nivel en mal estado por nuevo		1 Tec. Mecánico	1 Juego de llaves mixta	F4.1.1.1
F5.1.1	NO	REMOTA	INSIGNIFICANTE	1	450.000	Reacondicionamiento	Limpiar orificios de ventilación de	6	1 Tec. Mecánico	1 Juego de llaves mixta	F5.1.1.1

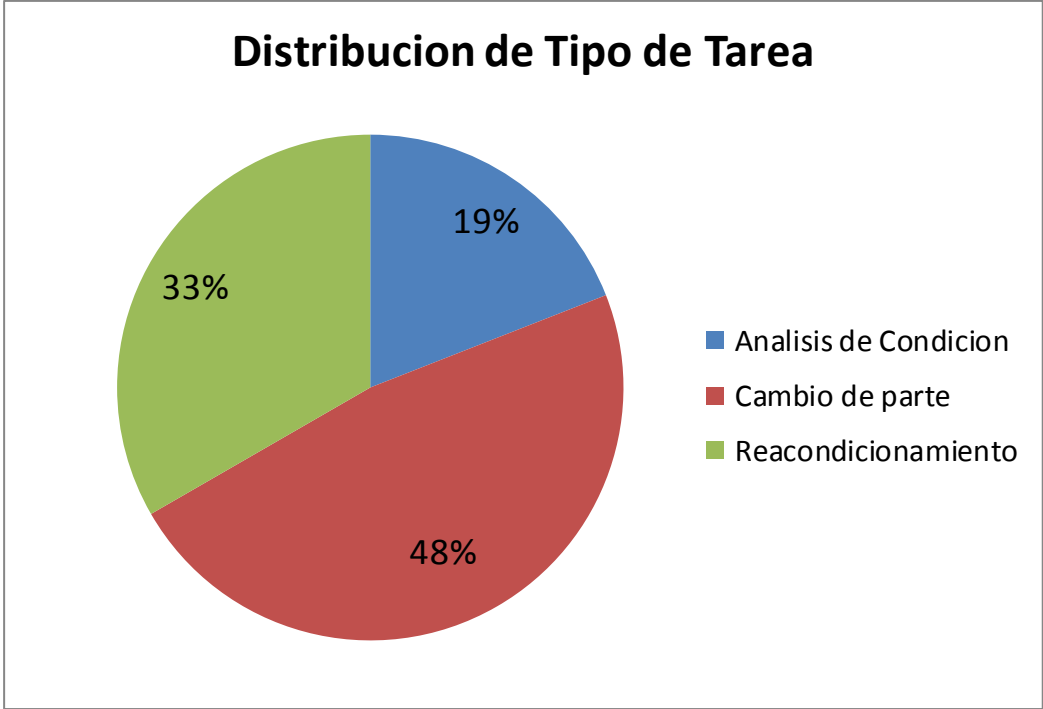
						tapón de respiración.					
I1.1.1	NO	FRECUENTE	INSIGNIFICANTE	4	350.000	análisis de condición	Inspeccionar estado de correas, tensionar y reemplazar las que presentes grietas.	1000h	1 Tec. Mecánico, 1 Aux. Mecánico	1 Juego de llaves mixta	I1.1.1.1
J1.1.1	SI	REMOTA	GRAVE	2	7.000.000	Cambio de parte	Cambiar acople en mal estado por nuevo	60	1 Tec. Mecánico, 1 Aux. Mecánico	1 Extractor Hidráulico 1 Juego de llaves mixta 1 Diferencial de 2 Ton.	J1.1.1.1
J2.1.1		OCASIONAL	INSIGNIFICANTE	2	150.000	análisis de condición	Inspeccionar en acople si se presenta	6	1 Tec. Mecánico, 1 Aux. Mecánico	2 Extractor Hidráulico 1 Juego de	J2.1.1.1

					n fugas de aceite	co	llaves mixta 1 Diferenci al de 2 Ton.	
--	--	--	--	--	-------------------------	----	---	--

5.5 PLAN DE MANTENIMIENTO

Se presenta de forma organiza la propuesta del plan de mantenimiento en base a los resultados obtenido, donde se describen las tareas a realizar, con una frecuencia basada meses, en horas de operación o condiciones que se presenten, la descripción del tipo de tarea, recurso humano, herramienta y código de la tarea, como muestra la tabla #5. Las tareas obtenidas se distribuyen de la siguiente manera como se muestra en la ilustración #7.

Ilustración 9, Diagrama de distribución de tareas



5.5.1 Tareas por frecuencia de tiempo:

Tabla 5, Tareas por frecuencia de tiempo

TAREAS SEMESTRALES				
TIPO DE DECISIÓN	DESCRIPCION DE TAREA	RECURSOS	MATERIALES Y HERRAMIENTAS	COD. TAREA
Reacondicionamiento	Reemplazar grasa y ajuste de tornillos flojos	1 Tec. Mecánico	1 Juego de llaves alen 1 engrasadora manual	A 2.1.1.1
análisis de condición	Limpiar con cepillo rejilla de la tapa trasera del motor.	1 Tec. Electricista	1 cepillo	E2.1.1.1
análisis de condición	Inspeccionar si el ventilador se encuentra fijo al eje del motor	1 Tec. Electricista	1 Juego de llaves mixta 1 juego de destornillador	E2.1.2.1
Reacondicionamiento	Limpiar orificios de ventilación de tapón de respiración.	1 Tec. Mecánico	1 Juego de llaves mixta	F5.1.1.1
análisis de condición	Inspeccionar si el acople presentan fugas de grasa	1 Tec. Mecánico, 1 Aux. Mecánico	2 Extractor Hidráulico 1 Juego de llaves mixta 1 Diferencial	J2.1.1.1

			de 2 Ton.	
TAREAS ANUALES				
TIPO DE DECISIÓN	DESCRIPCION DE TAREA	RECURSOS	MATERIALES Y HERRAMIENTAS	COD. TAREA
Cambio de parte	Desmontar grasera en mal estado y Montar nueva.	1 Tec. Mecánico	1 Juego de llaves mixta	A3.1.1.1
TAREAS CADA TRES AÑOS				
TIPO DE DECISIÓN	DESCRIPCION DE TAREA	RECURSOS	MATERIALES Y HERRAMIENTAS	COD. TAREA
Cambio de parte	Cambio de eje fracturado y montaje de nuevo.	2 Tec. Mecánico, 1 Aux. Mecánico	1 Extractor Hidráulico 1 Juego de llaves mixta 1 Diferencial de 2 Ton. 1 Gato hidráulico 5 Ton	B1.1.1.1

Cambio de parte	Cambio de eje fracturado y montaje de nuevo.	2 Tec. Mecánico, 1 Aux. Mecánico	1 Extractor Hidráulico 1 Juego de llaves mixta 1 Diferencial de 2 Ton. 1 Gato hidráulico 5 Ton	B2.1.1.1
Cambio de parte	Cambio de eje fracturado y montaje de nuevo.	2 Tec. Mecánico, 1 Aux. Mecánico	1 Extractor Hidráulico 1 Juego de llaves mixta 1 Diferencial de 2 Ton. 1 Gato hidráulico 5 Ton	B3.1.1.1
Cambio de parte	Cambio de eje torcido y montaje de nuevo.	2 Tec. Mecánico, 1 Aux. Mecánico	2 Extractor Hidráulico 1 Juego de llaves mixta 1 Diferencial de 2 Ton. 1 Gato hidráulico 5 Ton	B4.1.1.1
Cambio de parte	Remplazar retenedor de eje de salida, por nuevo.	1 Tec. Mecánico, 1 Aux. Mecánico	1 Extractor Hidráulico 1 Juego de llaves mixta 1 Diferencial de 2 Ton.	F3.1.1.1

5.6 PROPUESTA DE IMPLEMENTACION

- Para iniciar con la implementación se divulgará con el grupo de técnicos en mecánica, soldadura y electricidad que conforma el área operativa de mantenimiento. El los resultados obtenidos con esta monografía, donde se implementó la metodología RCM, para crear un plan de mantenimiento que busca garantizar la disponibilidad del 97% de la prensa Expeller.
- Se agregara a la gama de tareas obtenidas con sus frecuencias estipuladas al cronograma de mantenimiento anual de la planta, para que sea entregada a los técnicos de forma programada cada de una de las actividades a ejecutar.
- Se realizara acompañamiento a los técnicos por parte del coordinador de mantenimiento en la ejecución de estas actividades con el objetivo de aclarar posibles dudas y velar por que se cumpla la tarea.
- Se realizara análisis comparativos de disponibilidad de los equipos donde se implementará el plan de mantenimiento, con los meses de anteriores años, para ver la eficacia del mismo.

6 CONCLUSIÓN

- Se diseñó un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para el sistema de extracción y transmisión de potencia, de la prensa Expeller INAL 700, que busca mejorar la disponibilidad de estos equipos y confiabilidad de los sistemas mencionados.
- Se logró caracterizar los sistemas, subsistemas y componentes, aplicando la metodología de RCM, para la definición de las funciones requeridas que resultado del análisis FMEA del sistema de extracción y transmisión de potencia. Esto sirve de base para seguir ampliando el plan de mantenimiento de la planta de palmiste.
- El plan de mantenimiento propuesto contiene un 18% de tareas de mantenimiento correctivo, un 54% de mantenimiento preventivo y un 28% de tareas predictivas. Al compararlo con los anteriores años se encontró que el 80% de las tareas eran correctivas y el restante 20% eran preventivas. El aumento significativo de las tareas preventivas y al agregar tareas predictivas muestra la utilidad que tendrá el plan de mantenimiento en la reducción de costos asociados a largas paradas de mantenimiento y la posible mejoras en la disponibilidad de estos equipos críticos para el proceso.

BIBLIOGRAFIA

- ACUÑA ANGEL, Instructivo prensa para Expeller de aceite de palmiste INAL 700, Bucaramanga.: Industrias Acuña, 2014.
- CARRETER, J., PEREZ, J., GARCIA, F. CALDERÓN, A., FERNÁNDEZ, J., GARCIA, J., PRETE, P. Applying RCM in large scale systems: a case study with railway networks. IEEE, 2003. 273p.
- DESHPANDE, V. & MODAK, J.P. Application of RCM to a medium scale industry. IEEE, 2002. 43p.
- DURAN, J. Análisis de causa raíz. Reino Unido.: Wood House Partnership LTD, 2000.
- INTERNATIONAL STANDARDS ORGANIZATION. Norma ISO 55000. Ginebra, 2000.
- MORA, A. Norma SAE JA1011. Medellín.: Coldi limitada, 2003.
- MOUNBRAY, J. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM II. Reino Unión.: Aladon Ltd., 2004.
- NAVARRO, L., PASTOR A., & MUGABURU, J. Gestión Integral de Mantenimiento. Barcelona.: Marcombo boixareu Editores, 1997.
- ORTIZ, D. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Bogotá.: Ortiz Ruiz Consultores S.A.S, 2014.