UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERÍCO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA

PROPUESTA DE MEJORA A PLAN DE MANTENIMIENTO DE EQUIPO CRÍTICO DE CORMECANICA S.A

Trabajo de Titulación para optar al Título de Ingeniero de ejecución en MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Alumno:
Sebastián Andrés Álvarez Muñoz

Profesor Guía:
Ing. Andrés Aránguiz Garrido

2019

RESUMEN

KEYWORDS: PLANIFICAR – CRITICO - ACTIVIDADES

Es común hoy en día encontrar una mala coordinación dentro de las industrias, esto es debido a la falta o poca planificación. Para el área de mantención es de vital importancia tener un programa de actividades, para estar en coordinación con los otros departamentos. En Cormecanica S.A Industria de Conjuntos Mecánicos Aconcagua, no se tiene una planificación clara debido que los tiempos que se tienen para realizar la mantención son limitados por la producción y varios de los trabajos preventivos se van corriendo por dar prioridad a la producción.

Para lograr coordinar las actividades a realizar por mantención, existe una herramienta conocida como plan de mantención, el cual permite programar y planificar órdenes de trabajos preventivos, predictivos y correctivos.

Existen varias metodologías para lograr el desarrollo del plan de mantención que cumplan con las necesidades de la empresa. A continuación, se utilizarán herramientas de la metodología denominada RCM, o mantenimiento centrado en la confiabilidad, la cual por medio del conocimiento del equipo critico permite identificar funciones, y como éstas se pueden ver afectadas, utilizando una de sus herramientas conocida como FMECA, análisis de modo y efectos de falla y criticidad. Basado en dichos resultados es posible planificar y programar actividades enfocadas a las fallas identificadas.

Gracias a estas herramientas se identifica el equipo crítico CUC05, el cual es un centro de usinado de la línea de cárter. Con el historial de fallas de este equipo mediante una herramienta llamada JACK NIFFE, se identifica el sistema crítico (unidad hidráulica). Las fallas ocurridas últimamente han llevado a generar pérdidas diarias por no producción aproximadas a los $12.000.000.

El desarrollo de la planificación se centró en tres actividades debido a que su reparación requiere mayor cantidad de tiempo.

ÍNDICE

PROPUESTA DE MEJORA A PLAN DE MANTENIMIENTO DE EQUIPO CRÍTICO DE CORMECANICA S.A

RESUMEN

ÍNDICE

SIGLAS Y SIMBOLOGÍA

INTRODUCCIÓN 1

OBJETIVOS 3

OBJETIVO GENERAL 3

OBJETIVOS ESPECÍFICOS 3

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES Y DETERMINACIÓN DE EQUIPO CRÍTICO

1. ANTECEDENTES GENERALES Y DETERMINACIÓN DE EQUIPO CRÍTICO ... 7

1.1. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA 7

1.1.1. Ubicación geográfica 7

1.1.2. Descripción de trabajo realizado 8

1.1.3. Departamento de mantención 9

1.2. CAJAS DE CAMBIO 12

1.2.1. Función de la caja de cambio 12

1.2.2. Constitución de cajas de cambio 12

1.3. problemática 13

1.4. ANALISIS DE CRITICIDAD 13

1.4.1. Matriz cualitativa de Riesgo (Criticidad) 14

1.4.2. Criterio y valor 14

1.4.3. Análisis de criticidad para las líneas de procesos 16

1.4.4. Análisis de criticidad para los equipos de línea de proceso crítica (Cárter) 16

CAPÍTULO 2: ANALISIS FUNCIONAL Y DESARROLLO DEL FMECA

2. ANALISIS FUNCIONAL Y DESARROLLO DEL FMECA 21

2.1. DESCRIPCION DEL EQUIPO CRITICO 21

2.1.1. Análisis de criticidad para el sistema critico 22

2.1.2. Descripción del sistema critico 23

2.2. Diagrama SIPOC.....26

2.3. ANÁLISIS FUNCIONAL.....26

2.3.1. Análisis de modos de falla y efectos de falla 27

2.3.2. Jerarquización de los modos de falla según NPR 29

CAPÍTULO 3: PROGRAMA DE ACTIVIDADES

3. PROGRAMA DE ACTIVIDADES 37

3.1. DIAGRAMA DE decisión DEL RCM.....37

3.1.1. Fallas evidentes 38

3.1.1.1. Consecuencia para la seguridad y el medio ambiente.....38

3.1.1.2. Consecuencias operacionales 39

3.1.1.3. Consecuencias no operacionales 39

3.1.2. Actividades de mantenimiento 39

3.1.2.1. Actividades de sustitución cíclicas.....39

3.1.2.2. Actividades programadas predictivas o sujetas a condición 39

3.1.2.3. Actividades reactivas.....39

3.2. HOJA DE DECISIÓN DEL RCM 40

3.3. RESULTADOS OBTENIDOS 40

3.4. PROCEDIMIENTO DE LA PLANIFICACION 42

3.4.1. Bomba hidráulica 42

3.4.2. Control de temperatura.....50

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....63

BIBLIOGRAFÍA.....65

ANEXOS.....67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Empresa Renault Cormecanica. 7

Figura 1-2: Vista aérea de la ubicación de Cormecanica S.A. 8
Figura 1-3: Líneas de proceso con piezas fabricadas. 9
Figura 1-4: Organigrama departamento de mantención. 10
Figura 1-5: Distribución de responsabilidad. 10
Figura 1-6: Flujo de trabajo de órdenes correctivas (SAP). 11
Figura 1-7: Flujo de trabajo mantenimiento preventivo (SAP). 11
Figura 1-8: Arboles (primario, secundario, intermediario). 12
Figura 2-1: Maquina CUC05 (Urane 25). 21
Figura 2-2: Diagrama Jack Knife de los sistemas de la maquina CUC05. 23
Figura 2-3: Depósito de aceite. 23
Figura 2-4: Filtro de aceite. 24
Figura 2-5: Bomba de engranajes Rexroth. 24
Figura 2-6: Sistema hidráulico de la maquina CUC05. 25
Figura 2-7: Diagrama SIPOC sistema hidráulico. 26
Figura 3-1: Diagrama de decisión del RCM. 38
Figura 3-2: Hoja de decisión del RCM. 40
Figura 3-3: Mantención de bomba hidráulica. 44
Figura 3-4: Mantención de bomba hidráulica. 45
Figura 3-5: Mantención de bomba hidráulica. 46
Figura 3-6: Mantención de bomba hidráulica. 47
Figura 3-7: Mantención de bomba hidráulica. 48
Figura 3- 8: Pauta de trabajo-Mantención a bomba hidráulica. 49
Figura 3- 9: Check list-Mantención a bomba hidráulica. 50
Figura 3-10: Planificacion revisión de temperatura de carcaza del motor hidráulico. 51
Figura 3-11: Planificacion revisión de temperatura de carcaza del motor hidráulico. 52
Figura 3-12: Registro uso de cámara termográfica. 53
Figura 3-13: Mantención a motor hidráulico. 54
Figura 3-14: Mantención a motor hidráulico. 55
Figura 3-15: Mantención a motor hidráulico. 55
Figura 3-16: Mantención a motor hidráulico. 56
Figura 3-17: Mantención a motor hidráulico. 57
Figura 3-18: Pauta de trabajo motor hidráulico. 58
Figura 3-19: Check list diario motor hidráulico. 59
Figura 3-20: Programa de mantención Unidad hidráulica. 60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Criterio Frecuencia de fallos y valor. 14
Tabla 1-2: Criterio Impacto operacional y valor. 14
Tabla 1-3: Criterio Flexibilidad Operacional y valor. 15
Tabla 1-4: Criterio Costo de mantenimiento y valor. 15
Tabla 1-5: Criterio de impacto en SAH y valor. 15
Tabla 1-6: Resultado de análisis de criticidad línea de procesos Cormecanica. 16
Tabla 1-7: Resultado de análisis de criticidad de equipos de línea de procesos cárter. ...17
Tabla 2-1: Criterio Frecuencia de fallos y valor. 22
Tabla 2-2: Resultado de análisis de criticidad de los sistemas de la maquina CUC05. ...22
Tabla 2-3: Funciones del sistema hidráulico. 27
Tabla 2-4: FMECA, Función principal sistema hidráulico. 27
Tabla 2-5: FMECA, Función secundaria #1 sistema hidráulico. 28
Tabla 2-6: FMECA, Función secundaria #2 sistema hidráulico. 28
Tabla 2-7: FMECA, Función secundaria #3 sistema hidráulico. 29
Tabla 2-8:Grado de ocurrencia de la falla. 29
Tabla 2-9: Grado de detección de la falla. 30
Tabla 2-10: Grado de severidad. 31
Tabla 2-11: NPR realizado a los modos de falla del sistema hidráulico. 32
Tabla 2-12: NPR realizado a los modos de falla del sistema hidráulico. 32
Tabla 2-13: NPR realizado a los modos de falla del sistema hidráulico. 33
Tabla 2- 14: NPR realizado a los modos de falla del sistema hidráulico. 33
Tabla 3-1: Desarrollo hoja de decisión para cada modo de falla. 41
Tabla 3-2: Valores de bomba de engranajes. 42
Tabla 3-3: Produccion programada versus producción realizada. 43
Tabla 3-4: Caracteristicas cámara termográfica. 51

SIGLAS Y SIMBOLOGÍA

A. SIGLAS

JU	:	Jefe de unidad
GATM	:	Gestión y asistencia técnica de mantenimiento
OT	:	Orden de trabajo
BIC	:	Bebidas instantáneas calientes
FMECA	:	Análisis de modos de falla, efectos y criticidad
RCM	:	Mantenimiento centrado en la confiabilidad
NPR	:	Número prioritario de riesgos

B. SIMBOLOGIA

°C	:	Grados Celsius
M	:	Metro
Kg	:	Kilogramos
L	:	Litros
m2	:	Metro cuadrado
m3	:	Metro cúbico
N	:	Newton
N/m	:	Newton metro
Min	:	Minuto
Pulg	:	Pulgada
Rpm	:	Revoluciones por minuto
Bar	:	Kilo Newton/m2
Mm	:	Milímetros
Hr	:	Hora
Kw	:	Kilowatt
V	:	Volt

INTRODUCCIÓN

Los vehículos auto motorizados desde su invención son uno de los transportes más utilizados a lo largo de la historia, hasta el día de hoy, no dejan de perder su popularidad. Una de las partes esenciales de los “autos” (como son llamados coloquialmente) es la caja de cambios o caja de velocidades, la cual es la encargada de obtener desde el motor la potencia y el torque deseado para el desplazamiento conveniente del automóvil.

Para las empresas encargadas de producir y fabricar las cajas de cambio es de vital importancia un proceso con un mínimo de fallas en sus máquinas (aspirando a la perfección), en el cual cada procedimiento debe hacerse con un monitoreo constante.

Cormecanica S.A es una empresa dedicada al rubro de las cajas de cambio.

Se define al mantenimiento como actividades destinadas a mantener en buen estado un equipo o en condiciones dadas para su buen funcionamiento. Cuando una máquina o equipo sufre a lo largo de su vida útil una serie de averías debido al tiempo de uso, desgaste de sus partes móviles, deficiente manipulación, operación, el objetivo para el que fue creado ese equipo ya no se cumple , y su vida útil disminuye.

El mantenimiento centrado en la confiabilidad es una de las técnicas más utilizadas para desarrollar planes de mantención, ya que permite adelantarse a fallas y/o estar preparados para cuando ocurra. Este trabajo su objetivo principal es generar la propuesta de mejora al plan de mantenimiento de equipo crítico.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Proponer una mejora al plan de mantenimiento de equipo crítico de CORMECANICA S.A para reducción de fallas por medio de mantenimiento centrado en la confiabilidad.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir función de la empresa para la determinación de equipo crítico mediante una matriz cualitativa de riesgo.
- Realizar análisis funcional para la identificación de los modos y efectos de fallo de equipo critico mediante el desarrollo de un FMECA
- Definir tareas mediante diagrama de decisión RCM para obtención de los procedimientos de las tareas de mantención.

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES Y DETERMINACIÓN DE EQUIPO CRÍTICO

1. ANTECEDENTES GENERALES Y DETERMINACIÓN DE EQUIPO CRÍTICO

1.1. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

La empresa Cormecanica S.A Industria de Conjuntos Mecánicos Aconcagua fue instaurada el año 1969 en la comuna de Los Andes, con el objetivo de la fabricación y el montaje de las cajas de cambio, en la figura1-1 se muestra el frontis de la empresa.

Figura 1-1: Empresa Renault Cormecanica.
Fuente: *Google* imágenes.

1.1.1. Ubicación geográfica

La empresa Cormecanica S.A Industria de Conjuntos Mecánicos Aconcagua se encuentra ubicada en Av. San Rafael Nº 1769, Los Andes. La superficie total del terreno de la empresa es de 96.000 metros cuadrados, en donde solo tiene construido un total de 23.300 metros cuadrados, en la figura 1-2 se muestra una imagen aérea de la empresa.

Figura 1-2: Vista aérea de la ubicación de Cormecanica S.A.

Fuente: *Google* imágenes.

1.1.2. Descripción de trabajo realizado

Su actividad principal es la fabricación de piezas mecánicas y cajas de velocidades para Renault y Nissan, donde un 92% específicamente es para autos Renault y el 8% restante para Nissan. Esta empresa perteneciente al grupo Renault fabrica alrededor de 1200 cajas de cambio diarias para vehículos de la Región latinoamericana y Malasia, produciendo un aproximado de 402.574 cajas al año.

Consta de 503 máquinas (tornos, fresadoras, soldadoras, etc.) para lograr la producción de las piezas mecánicas y el ensamblaje de las cajas de cambio, en este trabajo se involucra una cantidad de personal aproximada de 427 personas (operadores, soldadores, mecánicos, electricistas, etc.).

Tiene 9 líneas de proceso, las cuales son:

- Tratamientos Térmicos.
- Piñoneria.
- Árbol Primario Duro.
- Árbol Primario Blando.
- Árbol secundario.
- Diferencial.
- Sincro.
- Cárteres.
- Línea de armado y ensamblajes de las cajas.

Además cuenta con una serie de líneas de servicio, las cuales son:

- Sistema de agua tratada
- Sistema de aire comprimido
- Sistema de gas Natural
- Sistema de Filtración

Todas estas líneas de proceso y servicio son esenciales para la finalización optima de la caja de cambio, en la línea de armado es donde se debe tener precaución al momento de ensamblar y verificar que las piezas provenientes de las distintas líneas de proceso sean las correctas, en esta línea de proceso no se permiten errores ya que generaría grandes pérdidas para la empresa. En la figura 1-3 se muestra la ubicación de las líneas de proceso.

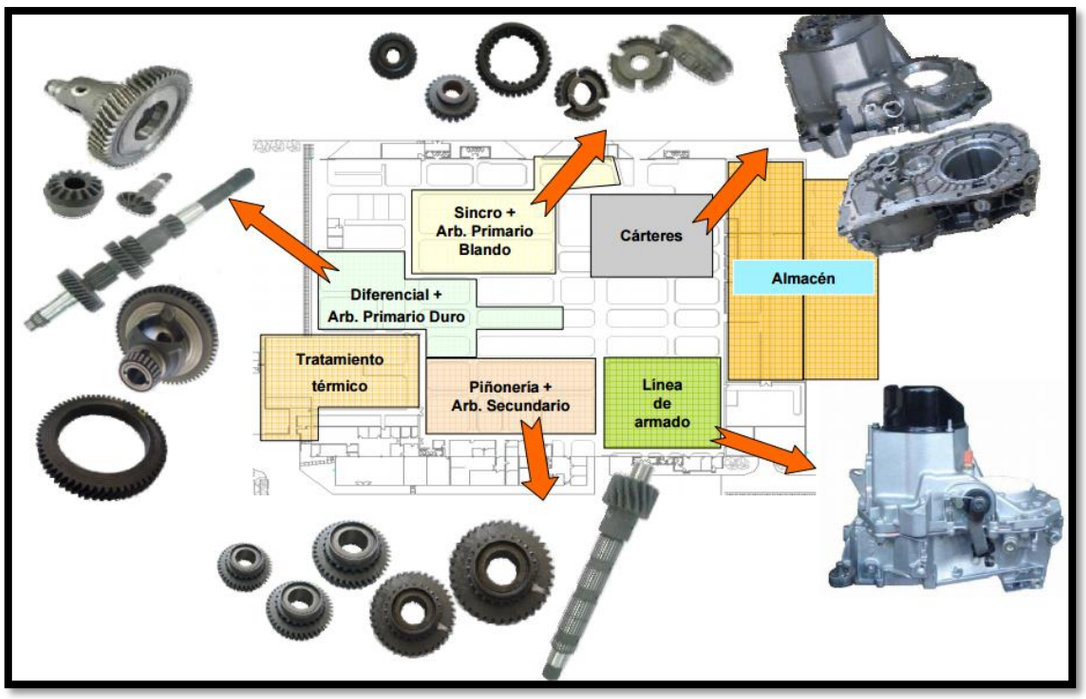


Figura 1-3: Líneas de proceso con piezas fabricadas.

Fuente: *Google* imágenes.

1.1.3. Departamento de mantención

La organización del área de mantención se puede ver en la figura 1-4.En donde el Jefe de módulo de mantención es el nexo entre gerencia y los JU de mantenimiento los cuales están bajo su mando, se encarga de priorizar los trabajos asignados y de recibir

informes de tareas realizadas. Cada JU tiene mecánicos, eléctricos y electrónicos asignados para las dos áreas de mantención.

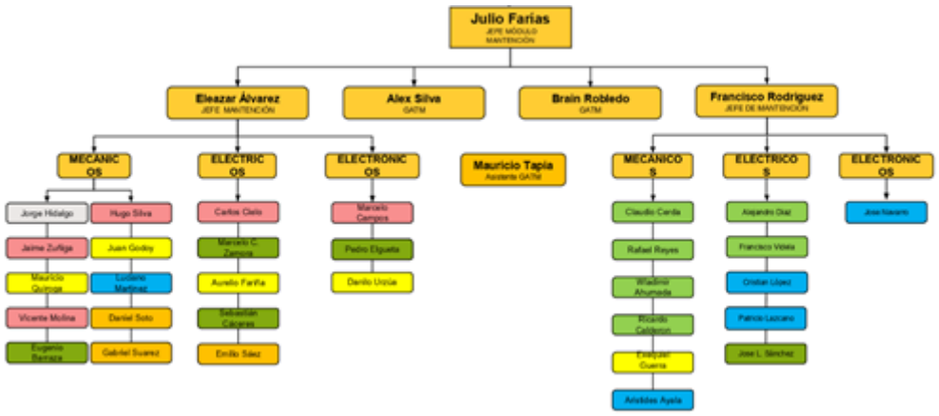


Figura 1-4: Organigrama departamento de mantención.

Fuente: Entregado por la empresa.

La mantención de la empresa está dividida entre los 2 JU de mantenimiento y GATM, estos tienen la responsabilidad de las diferentes líneas de proceso que se pueden apreciar en la figura 1-5.

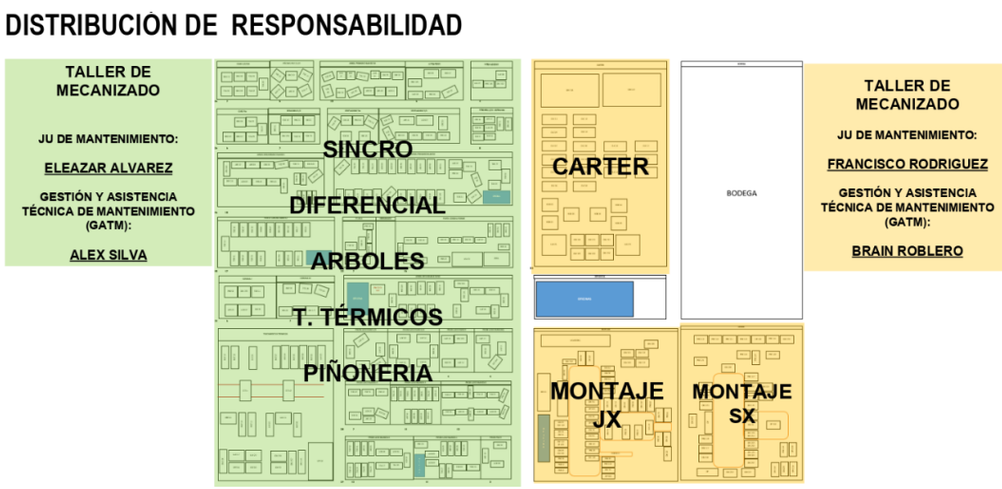


Figura 1-5: Distribución de responsabilidad.

Fuente: Entregado por la empresa.

El departamento de mantención trabaja con un portal informático para la gestión de órdenes de trabajo preventivo y correctivo (SAP Maintenance, llamado “SIMON”), este portal permite guardar la información técnica digital de cada equipo, la información puede ser consultada por los usuarios habilitados de mantención.

Cuando se produce una falla en un equipo, se realiza un mantenimiento llamado correctivo en el cual el técnico interviene ese equipo, terminada la intervención el técnico respalda los datos de la OT en el software.

Figura 1-6: Flujo de trabajo de órdenes correctivas (SAP).

Fuente: Elaboración propia.

El software al tener los datos ingresados de reparaciones correctivas genera OT's preventivas, las cuales se asignan a los técnicos.

Figura 1-7: Flujo de trabajo mantenimiento preventivo (SAP).

Fuente: Elaboración propia.

Al contar con los registros respaldados en el software, permite mejorar los tiempos que demoran las reparaciones, y limitar las fallas recurrentes. En los ANEXO A y B se pueden ver las OT de ingreso de datos (correctiva), y la entregada por el software (preventiva). En el ANEXO C se muestra el ejemplo de un plan de mantención el cual corresponde a las tareas a realizar dentro del sector de cárter.

1.2. CAJAS DE CAMBIO

1.2.1. Función de la caja de cambio

En los vehículos, la caja de cambios o caja de velocidades (suele ser llamada sólo "caja") es el elemento el cual es el encargado de acoplar el motor y el sistema de transmisión con diferentes relaciones de engranajes.

1.2.2. Constitución de cajas de cambio

La caja de cambios está constituida por una serie de ruedas dentadas o engranes dispuestos en tres árboles:

- Árbol primario.
- Árbol intermedio.
- Árbol secundario.
- Eje de marcha atrás.

Figura 1-8: Arboles (primario, secundario, intermediario).
Fuente: SlideShare.

Los árboles y eje de marcha atrás se apoyan sobre rodamientos, los cuales están montados sobre una carcasa llamada cárter de embriague, y se sujetan con el cárter de mecanismo, ambos son de una fundición gris. El cárter de embriague sirve de

alojamiento para los engranajes, dispositivos de accionamiento y de recipiente para el aceite de lubricación.

1.3. PROBLEMÁTICA

La empresa Cormecanica S.A, como se dijo anteriormente, es encargada de producir una gran cantidad de cajas de cambio anualmente, por lo cual es de mucha importancia que no se generen grandes pérdidas en la producción.

Actualmente, la empresa ha tenido una disminución en la producción, esta disminución ha sido gatillada de cierto modo por fallas reiteradas y averías a largo plazo, y a pesar de que se realizan mantenimientos correctivos y preventivos, estos son deficientes y no logran eliminar la causa raíz de las fallas.

Las fallas reiteradas solo se les aplica la corrección de momento para no parar la producción, pero esto trae como consecuencia que a lo largo del tiempo se produzca una avería de mayor severidad, por lo que ya no solo pierde un poco de producción, esto trae consigo agotar stock de bodega de la "pieza" que no se está fabricando debido a esta avería, hasta llegar el punto de parar el ensamblado de las cajas, lo cual es una mayor perdida en cuanto a producción.

1.4. ANALISIS DE CRITICIDAD

"El proceso de realizar el Análisis Cualitativo de criticidad, consiste en evaluar cuál es el impacto y la probabilidad de ocurrencia de cada uno de los riesgos identificados".

A continuación se muestra el análisis de criticidad realizado por medio de una matriz cualitativa de riesgo. En este caso se realizaran 4 análisis de riesgo mediante la matriz, el primero se hará tomando en cuenta 4 líneas de proceso de la empresa (Cárter, Diferencial, Línea de armado, Sincro), para identificar cuál de estas es la línea de proceso más crítica. Al obtener mediante la matriz la línea de proceso más crítica, se realizara otra matriz para identificar el equipo que requiere más atención. Seguido a esto se buscara mediante la matriz el sistema crítico del equipo, y finalizando la última matriz será para identificar el sub-sistema crítico del equipo seleccionado.

1.4.1. Matriz cualitativa de Riesgo (Criticidad)

RIESGO=FRECUENCIA x CONSECUENCIA

- **Frecuencia:** Número de fallos en tiempo determinado.
- **Consecuencia :**

((Impacto operacional x flexibilidad operacional) + costo de mantenimiento correctivo + impacto SAH)

Riesgo= FF x ((IO x FO) + CM + SAH)

1.4.2. Criterio y valor

En la tabla 1-1 se muestra el valor con respecto a la cantidad de fallos ocurridos, los datos de fallos están divididos en dos partes, línea es para frecuencia de fallos en las líneas de proceso, equipo para la frecuencia de fallos de las maquinas, los valores corresponden a ponderación de fallas en un tiempo de 5 meses.

Tabla 1-1: Criterio Frecuencia de fallos y valor.

Frecuencia de Fallos(FF)	Valor
Igual o mayor a 187 (línea)/30 (equipo) fallas*5meses	4
Entre 139 y 186 (línea)/20 y 29 (equipo) fallas*5 meses	3
Entre 94 y 138 (línea)/10 y 19 (equipo) fallas*5 meses	2
Menor a 93 (línea)/ 9 (equipo) fallas*5 meses	1

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 1-2 se muestra el valor con respecto al impacto operacional que produce la falla tanto en las líneas de proceso como general y equipos de estas.

Tabla 1-2: Criterio Impacto operacional y valor.

Impacto Operacional(IO)	Valor
Parada inmediata de producción (salida del producto)	4
Parada de la unidad asistencial (proceso)	3
Repercute en costes operacionales asociados a la indisponibilidad	2
No genera ningún efecto significativo sobre la actividad	1

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 1-3 se muestra el criterio de flexibilidad operacional el cual se considera la capacidad de tener un repuesto en el caso de equipos, las líneas de proceso se consideran como que no existe opción de servicio.

Tabla 1-3: Criterio Flexibilidad Operacional y valor.

Flexibilidad Operacional(FO)	Valor
No existe opción de servicio y no hay función de repuesto	3
Hay opción de repuesto compartido	2
Función de repuesto disponible	1

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 1-4 se muestra el criterio asociado al costo de mantenimiento, para poder asignar un valor con respecto a las líneas se tomó un valor máximo aproximado con los mantenimientos realizados en los últimos 5 meses.

Tabla 1-4: Criterio Costo de mantenimiento y valor.

Costo de Mantenimiento(CM)	Valor
Alto entre 1 y 5 millones	3
Regular entre 500.000 y 1 millón	2
Bajo entre 0 y 500.000	1

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 1-5 se muestra el criterio de impacto tanto para la seguridad humana, medio ambiente.

Tabla 1-5: Criterio de impacto en SAH y valor.

Impacto en SAH (SAH)	Valor
Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere la notificación a entes externos de la organización	5
Afecta al ambiente produciendo daños irreversibles	4
Afecta las instalaciones causando daños severos	3
Provoca daños menores (accidentes e incidentes) personal propio	2
Provoca un impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas ambientales	1
No provoca ningún tipo de daño a personas, instalaciones o al ambiente	0

Fuente: Elaboración propia.

1.4.3. Análisis de criticidad para las líneas de procesos

A continuación en la tabla 1-6 se muestra el resultado del análisis de criticidad, realizado por medio de una matriz cualitativa de riesgos, este análisis dio como resultado que la línea de procesos más crítica según la jerarquización es la línea de Cárter. Este análisis se realizó con los datos obtenidos desde la empresa con un periodo de 5 meses, datos obtenidos con fecha desde el 15 de enero 2018 hasta el 14 de mayo del 2018.

Tabla 1-6: Resultado de análisis de criticidad línea de procesos Cormecanica.

Procesos	FF	IO	FO	CM	SAH	Consecuencia	Total	Jerarquización
CARTER	4	4	3	3	5	20	80	CRITICO
DIFERENCIAL	2	3	3	1	2	12	24	SEMICRITICO
LINEA DE ARMADO	1	4	3	2	2	16	16	NO CRITICO
SINCRO	3	2	3	1	2	9	27	SEMICRITICO

Fuente: Elaboración propia.

- Escala con valores de criticidad:

- Crítico: Sobre 40
- Semicrítico: entre 20 y 39
- No critico: O a 19

1.4.4. Análisis de criticidad para los equipos de línea de proceso crítica (Cárter)

A continuación en la tabla 1-7 se muestra el análisis de criticidad de los equipos de la línea de procesos de cárter, realizado mediante una matriz cualitativa de riesgos.

Tabla 1-7: Resultado de análisis de criticidad de equipos de la línea de procesos cárter.

Equipos	FF	IO	FO	CM	SAH	Consecuencia	Total	Jerarquización
CUC16	1	3	2	1	5	12	12	NO CRITICO
CUC05	4	3	2	3	5	14	56	CRITICO
CUC06	3	3	2	2	5	13	39	SEMICRITICO
CUC07	3	3	2	2	5	13	39	SEMICRITICO
CUC08	2	3	2	2	5	13	26	SEMICRITICO
CUC15	2	3	2	2	5	13	26	SEMICRITICO
CUC04	3	3	2	2	5	13	39	SEMICRITICO
CUC01	1	3	2	1	5	12	12	NO CRITICO
CUC10	1	3	2	1	5	12	12	NO CRITICO
CUC02	1	3	2	1	5	12	12	NO CRITICO
CUC18	1	3	2	1	5	12	12	NO CRITICO
CUC12	1	3	2	1	5	12	12	NO CRITICO
CUC11	1	3	2	1	5	12	12	NO CRITICO
CUC03	1	3	2	1	5	12	12	NO CRITICO

Fuente: Elaboración propia.

Con el resultado obtenido mediante la matriz cualitativa de riesgos, se concluye que el equipo critico dentro del sector cárter es la maquina CUC05, la cual es la encargada de la producción de los cárteres para las cajas de cambio, por lo cual la propuesta de mejora al plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad se hará respecto a este equipo.

CAPÍTULO 2: ANALISIS FUNCIONAL Y DESARROLLO DEL FMECA

2. ANALISIS FUNCIONAL Y DESARROLLO DEL FMECA

2.1. DESCRIPCION DEL EQUIPO CRITICO

La máquina CUC05 (URANE 25), fue incorporada al parque de máquinas de Cormecanica el año 2008, este centro de usina o mecanizado se diseñó para realizar trabajos en fundición de aluminio, específicamente para mecanizar el cárter o carcaza de la caja de cambio, en estas máquinas se realizan varios procesos, los cuales son:

- Refrentado de las caras de sellado o estanqueidad de la caja de cambio.
- Perforado con brocas de carburo, especiales para realizar estos trabajos a altas velocidades de los alojamientos de los pernos de bloqueo de la caja.
- Perforado y bruñido de los alojamientos de los rodamientos.
- Mecanizado de los diferentes hilos para bloqueo y sellado de la caja.

Un centro de mecanizado es una máquina con un alto grado de automatización, esta máquina es capaz de realizar distintas operaciones usando herramientas de corte. La ventaja de este sistema es la velocidad con la que se realiza la producción y la desventaja son los altos costos.

Figura 2-1: Maquina CUC05 (Urane 25).

Fuente: Google imágenes.

2.1.1. Análisis de criticidad para el sistema critico

A continuación en la tabla 2-2 se muestra el análisis de criticidad de los sistemas de la maquina CUC05, realizado mediante una matriz cualitativa de riesgos. A demás se realizara un diagrama Jack knife (Figura 2-2) para demostrar que el sistema critico entregado por la matriz coincide con el entregado por método del diagrama. Cabe señalar que para la selección del sistema la tabla 2-1 para obtener el valor con respecto a la cantidad de fallos.

Tabla 2-1: Criterio Frecuencia de fallos y valor.

Frecuencia de Fallos(FF)	Valor
Entre 11 y 16 fallas	3
Entre 6 y 10 fallas	2
Entre 0 y 5 fallas	1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2-2: Resultado de análisis de criticidad de los sistemas de la maquina CUC05.

Sistema	FF	IO	FO	CM	SAH	Consecuencia	Total	Jerarquización
Refrigeración	1	2	1	1	1	4	4	NO CRITICO
Hidráulico	3	2	2	2	2	8	24	CRITICO
Eléctrico	2	2	2	2	2	8	16	SEMICRITICO
Electrónico	2	2	2	2	2	8	16	SEMICRITICO
Neumático	3	2	1	1	1	4	12	SEMICRITICO
Transmisión	2	2	1	2	1	5	10	SEMICRITICO

Fuente: Elaboración propia.

- Escala con valores de criticidad:

- Crítico: Sobre 20
- Semi crítico: entre 10 y 19
- No critico: O a 9

Según el análisis hecho mediante la matriz se concluye que el sistema hidráulico es crítico dentro de la maquina CUC05.

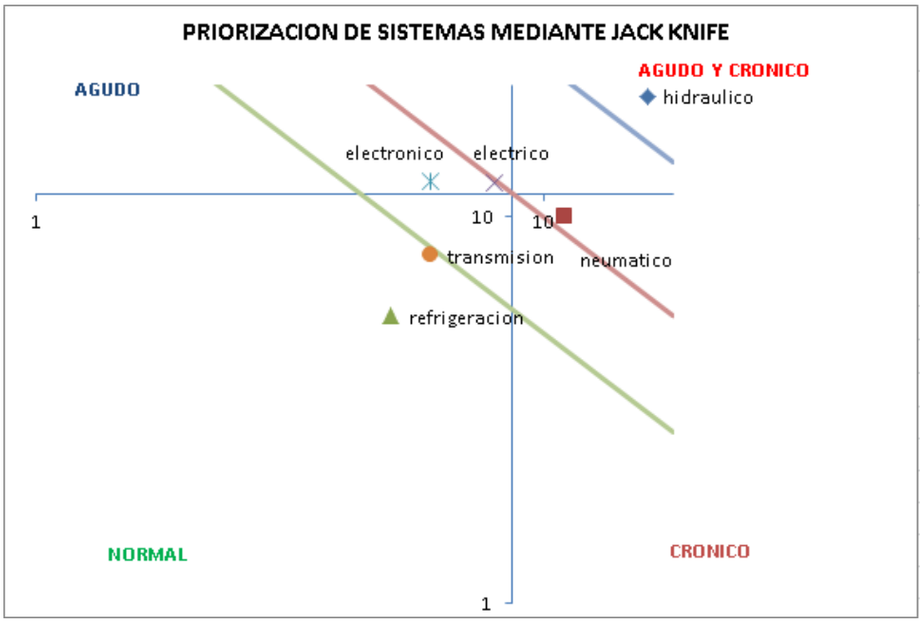


Figura 2-2: Diagrama Jack Knife de los sistemas de la maquina CUC05.

Fuente: Elaboración propia

2.1.2. Descripción del sistema critico

El sistema hidráulico es un circuito en el cual hay distintos componentes interconectados, con la función de transportar un líquido, estos sistemas generalmente están designados para controlar el flujo del fluido o controlar la presión del fluido.

Tienen distintos componentes los cuales son:

- Deposito: Almacena el líquido, y disipa el calor. Estos cuentan con un filtro interno de malla para evitar que ingresen impurezas al sistema, tapón de llenado, drenaje, compuerta para limpieza, medición de nivel. Posee una válvula de seguridad para evitar que la presión aumente.

Figura 2-3: Depósito de aceite.

Fuente: Google imágenes.

- Filtros: Su función es que no penetren contaminantes dentro del sistema, las partículas son atrapadas en el elemento filtrante. Estos filtros cuentan con una válvula de desvío para permitir el paso del aceite si es que se llegara a saturar.

Figura 2-4: Filtro de aceite.
Fuente: Google imágenes.

- Bomba de engranajes: Este tipo de bombas consta con 2 engranajes encerrados en un alojamiento compacto, la bomba recibe el aceite del depósito y lo empuja hacia el sistema hidráulico. El recorrido del aceite por este tipo de bombas es por el exterior de los engranajes, en el Anexo C se ven sus dimensiones.

Figura 2-5: Bomba de engranajes Rexroth.
Fuente: Imagen propia.

- Acumuladores: Son una ayuda para la bomba cuando hay variaciones de carga, actúan como amortiguadores o suplemento de la bomba. Cuando la carga aumenta la presión que se genera llena el acumulador, lo cual produce que actúe como amortiguador, en cambio si la carga baja, baja la presión por lo tanto el acumulador envía aceite hacia la carga actuando como suplemento, estos pueden ser cargado con un resorte, peso o gas.
- Válvulas: Son utilizadas para controlar el funcionamiento de los actuadores y se agrupan en 3 categorías: las de control flujo del aceite, la presión o la dirección.
- Cilindros: El cilindro es un actuador lineal que convierte la energía hidráulica en energía mecánica, transmite esta energía al vencer una carga de forma rectilínea, estos pueden ser cilindros de simple o doble efecto.
- Enfriadores: En este caso usa una unidad enfriadora, la cual está constituida por una bomba de circulación de glicol (esta unidad es parte del sistema de refrigeración, pero también circula por el sistema hidráulico para ayudar a eliminar el calor). También tiene un serpentín por donde circula el aceite (el serpentín tiene laminas para eliminar el calor)
- Motor hidráulico: Es un actuador rotativo que convierte la energía hidráulica en energía mecánica.
- Tuberías: son los conductos por los que se distribuye el fluido. Pueden ser de cualquier forma o largo, metálicas o flexibles

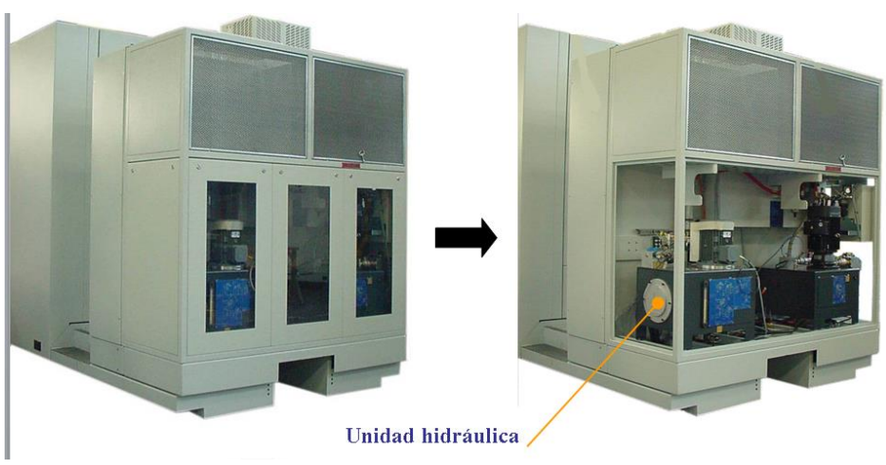


Figura 2-6: Sistema hidráulico de la maquina CUC05.

Fuente: Cormecanica.

2.2. DIAGRAMA SIPOC

A continuación, se muestra en la Figura 2-7 el diagrama SIPOC del sistema hidráulico, en donde es posible identificar los elementos principales y las funciones. Con el desarrollo del SIPOC se facilita el desarrollo del análisis funcional, puesto que en este se observan de manera clara teniendo en cuenta las características del servicio que se desea entregar.

Proveedor	Entrada	Proceso	Salida	Cliente
Energia electrica	Señal electrica	Generar potencia hidraulica para enviar aceite a presión hacia el cilindro para que este actue,donde el cilindro moverá las cargas del sistema: (presión 20 bar)	Aceite a presion 20 bar	Bloqueo y desbloqueo eje b
				Giro de eje b
			Caudal de aceite 35 L/m	Bridage de pieza
				Ascenso y descenso de eje b

Figura 2-7: Diagrama SIPOC sistema hidráulico.
Fuente: Elaboración propia.

2.3. ANÁLISIS FUNCIONAL

Con la ayuda del diagrama SIPOC es posible determinar las funciones del sistema hidráulico de la maquina CUC05, tanto primarias como secundarias. La realización de un estudio FMECA permite identificar aquellos componentes críticos en los que debe enfatizarse el mantenimiento, con esto se evalúa modos y causas de falla, y efectos de la aparición de los modos de fallo. Este estudio permite realizarlo a varios niveles tanto como componente, equipo y sistema

A continuación, en la Tabla 2-3 se muestran las funciones primarias y secundarias del sistema hidráulico del equipo de mecanizado.

Tabla 2-3: Funciones del sistema hidráulico.

Funciones del sistema hidráulico		
Función Principal	1	Generar una presión constante 20 bar para las diferentes funciones hidráulicas requeridas por la máquina.
Funciones secundarias	1	Realizar los movimientos hidráulicos
	2	Mantener la presión de trabajo a 20 bar
	3	Mantener el caudal de aceite de 35 L/m en el sistema

Fuente: Elaboración propia.

2.3.1. Análisis de modos de falla y efectos de falla

Una vez establecidas las funciones primarias y secundarias del equipo, se establecen los modos de falla. Una vez obtenidos los modos de falla de cada función se establecen los efectos de falla.

Los resultados obtenidos en base a las funciones principales y secundarias se muestran en las tablas 2-4, 2-5, 2-6 y 2-7.

Tabla 2-4: FMECA, Función principal sistema hidráulico.

Funciones			Falla funcional		Modos de falla		Efectos de falla	
PRINCIPAL	1	Generar una presión constante de 20 bar para las diferentes funciones hidráulicas requeridas por la máquina.	**A**	No es capaz de generar una presión constante de 20 bar	1	Fisura en el depósito del aceite	A	Perdida de nivel de aceite
							B	Contaminación del aceite
							C	Cavitación en la bomba
					2	Acumulador de presión roto	A	Perdida de nivel de aceite
							B	Perdida de presión
					3	Presencia de aire en el circuito	A	Perdida de presión
							B	Cavitación de la bomba
							C	Calentamiento de la bomba
					4	Tubos fisurados	A	Perdida de nivel de aceite
							B	Filtros obstruidos
							C	Incrustaciones en los tubos
					5	Acoplamiento en mal estado	A	Perdida de presión
							B	Rotura de engranes de la bomba
							C	Acoplamiento bomba-Motor torcido
			B	sistema eléctrico no funciona	1	Motor quemado	A	Conexión en mal estado
							B	Contaminación del aceite
							C	Calentamiento de la bomba
					2	Motor funcionando con temperatura excesiva	A	Corto circuito en el motor
							B	Ruido excesivo
							C	Vibraciones

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2-5: FMECA, Función secundaria #1 sistema hidráulico.

Funciones			Falla funcional		Modos de falla		Efectos de falla	
SECUNDARIA	1	Realizar los movimientos hidráulicos	A	No se genera bloqueo y desbloqueo del eje b	1	Bomba hidráulica dañada	A	No hay succión
							B	Calentamiento del aceite
					2	Cilindros rotos	A	No hay movimiento
							B	Filtración de aceite
					3	Fisura en el deposito	A	Filtración de aceite
							B	Disminución de la presión
			B	No se genera el bridaje	1	Cilindros rotos	A	No hay movimiento
							B	Filtración de aceite
					2	Tubos fisurados	A	Filtración de aceite
							B	Disminución de la presión
					3	Fisura en el deposito	A	Filtración de aceite
							B	Disminución de la presión

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2-6: FMECA, Función secundaria #2 sistema hidráulico.

Funciones			Falla funcional		Modos de falla		Efectos de falla	
SECUNDARIA	2	Mantener presión de trabajo de 20 bar	A	No hay presión	1	Tubos fisurados	A	Filtración de aceite
							B	Filtros tapados
							C	Aceite no ingresa a presión
					2	Válvula mal estado	A	Caudal de aceite menor
							B	Aceite no ingresa a presión
							C	Cierre defectuoso de la válvula
					3	Sensor de nivel de aceite mal estado	A	Bomba no enciende
							B	Válvula de regulación se cierra
							C	Caudal de aceite menor
			B	Presión mayor a 20 bar	1	Tubos deformados	A	Incrustaciones en los tubos
							B	Sobreesfuerzo de la bomba
							C	Sobrecalentamiento
					2	Válvula de seguridad mal estado	A	Agujeros de drenaje obstruidos
							B	Muelle de la válvula sin movimiento
					3	Filtros obstruidos	A	Sobreesfuerzo de la bomba
							B	Sobrecalentamiento
							C	Deterioro sellos de la válvula
							D	Deterioro sellos de los cilindros

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2-7: FMECA, Función secundaria #3 sistema hidráulico.

Funciones			Falla funcional		Modos de falla		Efectos de falla	
SECUNDARIA	3	Mantener el caudal de aceite de 35 L/m en el sistema	A	No hay caudal de alimentación	1	Tubos fisurados	A	Temperatura aumenta
							B	Filtración de aceite
							C	Incrustación en los tubos
					2	Bomba bloqueada	A	Bomba disminuye presión de succión
							B	filtración de aceite por las uniones
							C	Ruido en la bomba
					3	Sensor de nivel descalibrado	A	Bomba no enciende
							B	Aumento de temperatura interna
							C	Válvula de regulación cerrada
			B	Caudal de alimentación menor a 35 L/m	1	Bomba disminuye su capacidad	A	filtración de aceite por las uniones
							B	Ruido en la bomba
							C	Bomba disminuye presión de succión
					2	Tubos fisurados	A	Aceite contaminado
							B	Aumento de temperatura interna
							C	Disminuye caudal
					3	Válvula de entrada con filtración	A	Perdida de hermeticidad
							B	Brida mal ajustada
							C	Rompimiento de empaquetadura

Fuente: Elaboración propia

2.3.2. Jerarquización de los modos de falla según NPR

El número de prioridad de riesgo (NPR) corresponde a un valor que permite jerarquizar qué modo de falla se debe trabajar en base a tres parámetros los que corresponden a la ocurrencia, severidad y detección.

En la Tabla 2-8 se establece la probabilidad de que ocurra el modo de falla, siendo 10 el valor otorgado para aquella falla que es inevitable que ocurra.

Tabla 2-8:Grado de ocurrencia de la falla.

Probabilidad de falla	Tasa de falla	Ranking
Muy alta: La falla es casi inevitable	≥1 en 2	10
	1 en 3	9
Alta: Generalmente asociadas a procesos previos, que presentan fallas con frecuencia	1 en 8	8
	1 en 20	7
Moderada: Generalmente asociadas a procesos similares o procesos previos que experimentan fallas ocasionales, pero en mayores proporciones	1 en 80	6
	1 en 400	5
	1 en 2.000	4
Bajas: Fallas asociadas con procesos similares	1 en 15.000	3
Muy bajas: Solo fallas aisladas asociadas con procesos casi idénticos.	1 en 150000	2
Remota: La falla es poco probable. No se repiten las fallas de procesos casi idénticos	≤ 1 en 1.500.000	1

Fuente: Norma SAE JI739.

En la Tabla 2-9 se observa el ranking basado en el grado de detección de las fallas, el cual está basado en el en la probabilidad de que el modo de falla sea detectado antes de que llegue al cliente, siendo el máximo, el número 10 el cual corresponde al hecho de que es imposible detectar la falla antes de que llegue al cliente.

Tabla 2-9: Grado de detección de la falla.

Detección	Criterios: Probabilidad de detección de un modo de fallo.	Ranking
Casi imposible	No existen controles disponibles para detectar el modo de falla.	10
Muy remota	Muy remota probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla.	9
Remota	Remota probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla.	8
Muy baja	Muy baja probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla.	7
Baja	Baja probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla.	6
Moderada	Moderada probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla	5
Moderadamente alta	Moderadamente alta probabilidad de que os controles actuales puedan detectar el modo de falla.	4
Alta	Alta probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla.	3
Muy alta	Muy alta probabilidad de que los controles actuales puedan detectar el modo de falla.	2
Casi cierta	Los actuales controles son casi certeros para detectar el modo de falla. Detección confiable	1

Fuente: Norma SAE JI739.

En la Tabla 2-10 se detalla el grado de severidad de la falla el que es considerado como el efecto de la falla en el cliente. Está explicado desde la mayor a la menor satisfacción del cliente producto de la degradación parcial o pérdida total de la función primaria.

Tabla 2-10: Grado de severidad.

Efecto	Criterio: Severidad del efecto	Ranking
Peligros sin advertencia	Pone en peligro la seguridad del operario. Muy alto ranking de severidad, cuando el modo de falla afecta la seguridad operativa y/o envuelve el no cumplimiento de regulaciones guarniciónales. La falla se advierte al ocurrir	10
Peligros con advertencia	Pone en peligro la seguridad del operario. Muy alto ranking de severidad, cuando el modo de falla afecta la seguridad operativa y/o envuelve el no cumplimiento de regulaciones gubernamentales. La falla se advierte al ocurrir.	9
Muy alto	Perturbación grave a la línea productiva. Las perdidas pueden alcanzar al 100% del producto. Equipo inoperable, pérdida de la función primaria. Cliente muy insatisfecho	8
Alto	Perturbación menor en la línea productiva. La producción puede tener que ser ordenada y una parte desechada (menor al 100%). Equipo operable, pero con un nivel de calidad reducido. Cliente insatisfecho.	7
Moderado	Perturbación menor en la línea productiva. Una porción (menor al 100%) puede tener que ser desechada (no ordenada). Equipo operable, pero con algunos ítems de confort inoperable. El cliente experimenta insatisfacción	6
Bajo	Perturbación menor en la línea productiva. 100% del producto tiene que ser adaptado. Equipo operable, pero con algunos ítems de confort con un nivel de calidad reducido. El cliente experimenta algo de insatisfacción.	5
Muy bajo	Perturbación menor en la línea productiva. El producto puede ser ordenado y una porción (menor al 100%) adaptado. Ajustes y terminaciones y sonido en el ítem no están en conformidad. Defecto notado por el promedio de los clientes.	4
Menor	Perturbación menor en la línea productiva. Una parte (menor al 100%) puede ser modificada en línea, pero fuera de la estación. Se presentan desajustes y chirridos que no están en conformidad. Defecto notado por el promedio de los clientes.	3
Muy menor	Perturbación menor en la línea productiva. Una parte (menor al 100%) puede ser modificada en línea, pero fuera de la estación. Se presentan desajustes y pequeñas vibraciones en el ítem que no están en conformidad. Defecto notado por la minoría de los clientes.	2
Ninguno	Sin efectos	1

Fuente: Norma SAE JI739.

En las tablas 2-11, 2-12, 2-13 y 2-14 se pueden observar los NPR realizados a los modos de falla del sistema hidráulico de la maquina CUC05.

Tabla 2-11: NPR realizado a los modos de falla del sistema hidráulico.

Modos de falla		O	D	S	NPR
1	Fisura en el depósito del aceite	2	2	5	20
2	Acumulador de presión roto	3	4	5	60
3	Presencia de aire en el circuito	3	4	5	60
4	Tubos fisurados	4	4	6	96
5	Acoplamiento mal estado	3	4	5	60
1	Motor quemado	5	4	8	160
2	Motor funcionando con temperatura excesiva	8	2	9	144

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2-12: NPR realizado a los modos de falla del sistema hidráulico.

Modos de falla		O	D	S	NPR
1	Bomba hidráulica dañada	5	4	8	160
2	Cilindros rotos	3	4	8	96
3	Fisura en el deposito	2	2	5	20
1	Cilindros rotos	3	4	8	96
2	Tubos fisurados	4	4	6	96
3	Fisura en el deposito	2	2	5	20

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2-13: NPR realizado a los modos de falla del sistema hidráulico.

Modos de falla		O	D	S	NPR
1	Tubos fisurados	4	4	6	96
2	Válvula mal estado	5	4	4	80
3	Sensor de nivel de aceite deteriorado	5	2	8	80
1	Tubos deformados	4	4	6	96
2	Válvula de seguridad mal estado	5	4	4	80
3	Filtros obstruidos	6	3	7	126

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2- 14: NPR realizado a los modos de falla del sistema hidráulico.

Modos de falla		O	D	S	NPR
1	Tubos fisurados	4	4	6	96
2	Bomba bloqueada	4	3	8	96
3	Sensor de nivel descalibrado	3	5	8	120
1	Bomba disminuye su capacidad	3	6	7	126
2	Tubos fisurados	4	4	6	96
3	Válvula de entrada con filtración	2	3	6	36

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO 3: PROGRAMA DE ACTIVIDADES

3. PROGRAMA DE ACTIVIDADES

3.1. DIAGRAMA DE DECISIÓN DEL RCM

Para comenzar a identificar las tareas necesarias para prevenir cada uno de los modos de fallas identificados anteriormente, es necesario conocer cómo se desarrolla la hoja de decisión del RCM la cual está basada en el diagrama de decisión del RCM.

Mediante este diagrama se deberá ir respondiendo preguntas con las consecuencias que podría generar cada modo de falla, relacionado con fallas ocultas, fallas evidentes, seguridad o medio ambiente, operacional y no operacional. Estas preguntas son guiadas por las letras (H) falla oculta, consecuencia para la seguridad (S), consecuencias operacionales (E), consecuencias no operacionales (O) las cuales definen las siguientes preguntas para posteriormente ramificarlas según sean las respuestas a elegir en cuatro o cinco niveles diferentes, véase en la figura 3-1 Diagrama de flujo de R.C.M.

- H: ¿Sera evidente a los operarios la perdida de función causada por este modo de fallo actuando por el solo en circunstancias normales?
- S: ¿Produce este modo de fallo una pérdida de función y otros daños que pudieran lesionar o matar a alguien?
- E: ¿Produce este modo de fallo una pérdida de función u otros daños que pudieran infringir cualquier normativa o reglamento del medio ambiente?
- O: ¿Ejerce el modo de fallo un efecto adverso directo sobre la capacidad operacional (producción, calidad, servicios o costos operativos además de los de operación)?
- H1-S1-O1-N1: ¿Es técnicamente factible, y merece la pena realizar, una tarea a condición?
- H2-S2-O2-N2: ¿Es técnicamente factible, y merece la pena realizar, una tardea de reacondicionamiento cíclico?
- H3-S3-O3-N3: ¿Es técnicamente factible, y merece la pena realizar, una tarea de sustitución cíclica?
- H4: ¿Es técnicamente factible, y merece la pena realizar, una tarea de búsqueda de fallos?
- S4: ¿Es técnicamente factible, y merece la pena realizar, una combinación de tareas?
- H5: ¿Podría el fallo múltiple afectar a la seguridad o el medioambiente?

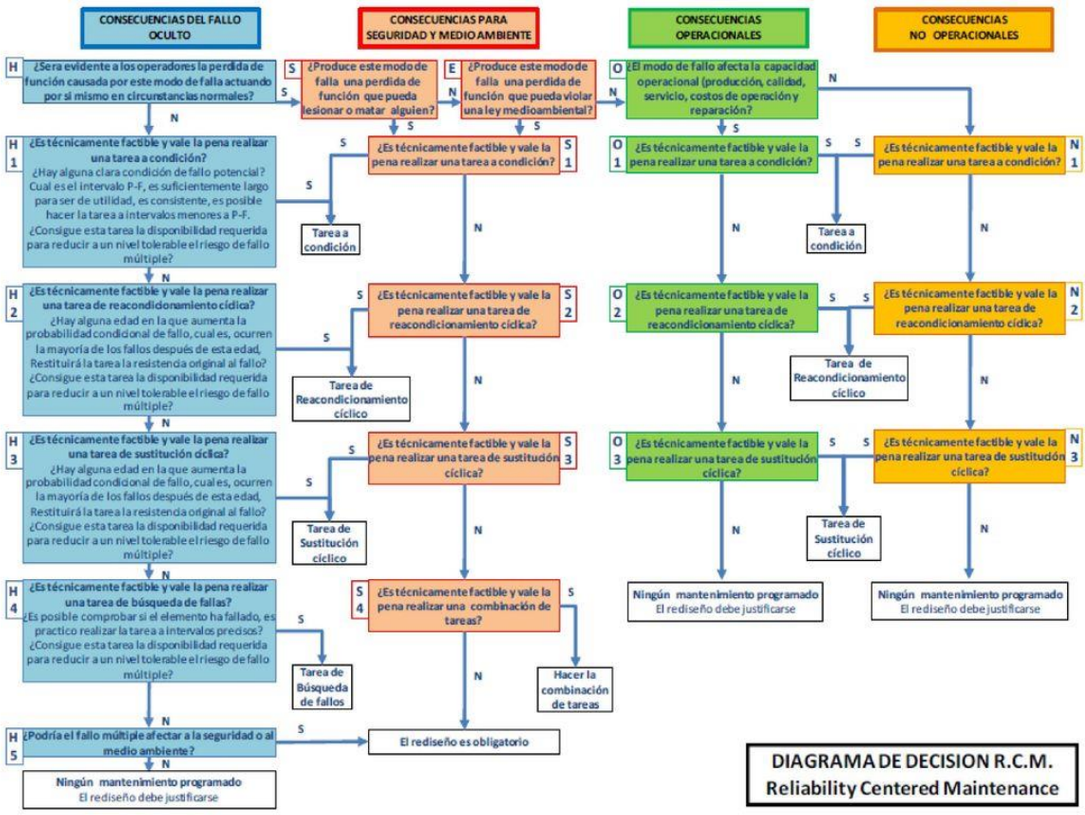


Figura 3-1: Diagrama de decisión del RCM.

Fuente: Mantenimiento centrado en confiabilidad, John Moubray

3.1.1. Fallas evidentes

Las fallas se evalúan en base a las funciones que se definen para el sistema y en base a lo mismo se pueden encontrar dos tipos de fallas, aquellas que se conocen como falla evidente que en el libro de Mantenimiento centrado en confiabilidad de John Moubray se define como “Falla que eventual e inevitablemente se hará evidente por sí sola a los operadores en circunstancias normales” de lo que se infiere que al presentarse una falla evidente, la función se verá afectada de inmediato por lo que el operador tendrá la capacidad de detectar si el activo ya no está cumpliendo con el estándar establecido. Las consecuencias de las fallas evidentes se detallarán a continuación.

3.1.1.1. Consecuencia para la seguridad y el medio ambiente

Como bien lo dice su nombre, se tendrán consecuencia para la seguridad y medio ambiente, si el modo de falla provoca la pérdida de función afectando la seguridad de los trabajadores provocando lesiones o la muerte, y si se infringe alguna normativa respecto al medio ambiente.

3.1.1.2.Consecuencias operacionales

En este tipo de consecuencias, la falla afecta directamente la capacidad, calidad y costos de la operación. Dentro de este tipo de consecuencias es de vital importancia considerar el impacto que puede tener la falla en el cliente del servicio o producto.

3.1.1.3.Consecuencias no operacionales

Las fallas que caen en esta categoría de consecuencias no provocan un impacto considerable en seguridad, medio ambiente y operación, y por lo tanto solo tienen un costo asociado a la reparación de la falla. Lo que no quita que los costos asociados sean muy altos incluso más que un modo de falla con otra consecuencia.

3.1.2. Actividades de mantenimiento

Como se mencionó anteriormente, el diagrama de decisiones nos entrega las actividades correspondientes a cada modo de falla analizado. Estas actividades se centran en mantenimientos preventivos y correctivos.

Las actividades preventivas tendrán que clasificarse en:

3.1.2.1.Actividades de sustitución cíclicas

Estas corresponden a las tareas que deberán ser realizadas en un intervalo de tiempo fijo. Estas se aplican solo cuando hay un patrón de desgaste, por lo que se deberá escoger la tarea preventiva correcta a la situación para no cambiar por piezas nuevas o que no tengan desgaste.

3.1.2.2.Actividades programadas predictivas o sujetas a condición

Estas son actividades que permiten encontrar fallas antes de que estas sucedan, a través de actividades de revisiones, análisis y monitoreo.

3.1.2.3.Actividades reactivas

Las actividades reactivas corresponderán como se mencionó anteriormente, a las actividades no programadas post-falla que afectarán las funciones del equipo. Para la

aplicación de las decisiones del diagrama de flujo y las actividades a realizar, se llenará una hoja con la información correspondiente a cada modo de falla.

3.2. HOJA DE DECISIÓN DEL RCM

En la Figura 3-2 se observa la hoja de decisión la que permite responder todas las preguntas formuladas en el diagrama de decisión mostrado en la Figura 3-1, para cada uno de los modos de falla establecidos en el capítulo anterior.

<table>
<tr><td colspan="3" rowspan="2">HOJA DE DECISIÓN RCM</td><td colspan="9">Sistema/Activo:</td><td>Sistema N°:</td><td>Facilitador:</td><td>Fecha:</td><td>Hoja N°:</td></tr>
<tr><td colspan="9">Sub-sistema/Componente:</td><td>Sub-sistema N°:</td><td>Auditor:</td><td>Fecha:</td><td>De:</td></tr>
<tr><td colspan="3" rowspan="2">Referencia de información</td><td colspan="4" rowspan="2">Evaluación de las consecuencias</td><td>H1</td><td>H2</td><td>H3</td><td colspan="3" rowspan="2">Tareas "a falta de"</td><td colspan="2" rowspan="2">Tareas Propuestas</td><td rowspan="2">Frecuencia inicial</td><td rowspan="2">A realizar por</td></tr>
<tr><td>S1</td><td>S2</td><td>S3</td></tr>
<tr><td>F</td><td>FF</td><td>MF</td><td>H</td><td>S</td><td>E</td><td>O</td><td>N1</td><td>N2</td><td>N3</td><td>H4</td><td>H5</td><td>S4</td><td colspan="2"></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td colspan="2"></td><td></td><td></td></tr>
</table>

Figura 3-2: Hoja de decisión del RCM.

Fuente: Elaboración propia en base al libro Mantenimiento centrado en confiabilidad, John Moubray

3.3. RESULTADOS OBTENIDOS

A partir de lo anteriormente explicado se desarrolla lo que se conoce como hoja de decisión del RCM la que permite establecer que tareas se van a llevar a cabo para cada modo de falla identificado en la hoja de información la cual se encuentra en la Tabla 2-8.

En esta hoja se muestra para cada modo de falla la evaluación de consecuencia basada en el diagrama de decisión del RCM, Tabla 3-1. Posterior a eso las tareas propuestas ya sea para prevenir la falla, o lo que se conoce como tareas correctivas, las que se llevan a cabo cuando la falla ya se ha presentado.

Si bien se muestran tareas propuestas para todos modos de fallas, se presentará un programa de actividades con su planificación a los que tienen el valor NPR más alto.

Tabla 3-1: Desarrollo hoja de decisión para cada modo de falla.

HOJA DE DECISIÓN RCM			Sistema/Activo: **SISTEMA HIDRAULICO**										Sistema N°: **46**	Facilitador:	Fecha: 01/12/2018	Hoja N°: 1
			Sub-sistema/Componente:										Sub-sistema N°:	Auditor:	Fecha:	De:
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1	H2 S2 O2	H3 S3 O3	Tareas "a falta de"			Tareas Propuestas		Frecuencia inicial	A realizar por
F	FF	MF	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4				
1	A	1	S	N	N	S	S						Revisar estado del estanque, que no tenga filtraciones ni fisuras		Diario	Operador
1	A	2	S	N	N	S	S						Chequear estado de los acumuladores		Semanal	Mecánico
1	A	3	S	S			S						Realizar análisis vibracional, revisar rangos normalizados (ISO 10816-1)		Semestral	Externo
1	A	4	N				S						Realizar inspecciones con ultrasonido		Semestral	Operador
1	A	5	S	N	N	S	N1	S2					Realizar cambio de acoplamiento		2 años	Mecánico
1	B	1	S	N	N	S	N1	S2					Realizar mantención completa a motor		6 meses	Eléctrico
1	B	2	N				S						Seguimiento y control con la cámara termográfica, medir temperatura del motor		Semanal	Eléctrico
2	A	1	S	N	N	N	N1	S2					Realizar mantención completa a bomba hidráulica		6 meses	Mecánico y eléctrico
2	A	2	N				N1	N2	S3				Realizar cambio de cilindros		Anual	Mecánico
2	A	3	S	N	N	S	S						Revisar estado del estanque, que no tenga filtraciones ni fisuras		Diario	Operador
2	B	1	S	N	N	S	S						Realizar cambio de cilindros		Anual	Mecánico
2	B	2	N				S						Realizar inspecciones con ultrasonido		Semestral	Operador
2	B	3	S	N	N	S	S						Revisar estado del estanque, que no tenga filtraciones ni fisuras		Diario	Operador
3	A	1	N				S						Realizar inspecciones con ultrasonido		Semestral	Operador
3	A	2	S	S			S						Revisar funcionamiento de válvula		Semanal	Operador
3	A	3	N				S	S2					Realizar mediciones eléctricas del sensor de nivel y chequear conexiones		Semanal	Eléctrico
3	B	1	N				S						Realizar inspecciones con ultrasonido		Semestral	Operador
3	B	2	S	S			S						Revisar funcionamiento de válvula de seguridad		Mensual	Operador
3	B	3	S	N	N	S	S						Realizar cambio de filtros		Mensual	Mecánico
4	A	1	N				S						Realizar inspecciones con ultrasonido		Semestral	Operador
4	A	2	S	N	N	N	N1	S2					Realizar mantención completa a bomba hidráulica		6 meses	Mecánico y eléctrico
4	A	3	N				S	S2					Realizar mediciones eléctricas del sensor de nivel y chequear conexiones		Semanal	Eléctrico
4	B	1	S	N	N	N	N1	S2					Realizar mantención completa a bomba hidráulica		6 meses	Mecánico y eléctrico
4	B	2	N				S						Realizar inspecciones con ultrasonido		Semestral	Operador
4	B	3	S	S			S						Revisar funcionamiento de válvula de entrada		Mensual	Eléctrico

Fuente: Elaboración propia, con el apoyo del desarrollo del FMECA

3.4. PROCEDIMIENTO DE LA PLANIFICACION

Se desarrollará un procedimiento de trabajo para los modos de falla con más alto número prioritario de riesgo (NPR), esto permite tener un enfoque sobre el sistema hidráulico.

3.4.1. Bomba hidráulica

Como se concluyó en la hoja de decisión se determinó la mantención completa a la bomba hidráulica, que por ser una bomba tipo de engranajes hay que tener un mayor control sobre su funcionamiento y un monitoreo constante ya que no tienen reparación, sólo se pueden cambiar los elementos deformables en su interior (retenes, o'rings) o si el desgaste es excesivo se tiene que remplazar la bomba.

Se realizó la cotización de 2 bombas en base a las características de la unidad hidráulica. A continuación en la tabla 3-2 se muestra un resumen de ambas cotizaciones. Cabe destacar que la unidad trabaja con la bomba Rexroth y que no hay que hacer ningún tipo de ajuste a comparación de instalar la bomba marzocchi.

Tabla 3-2: Valores de bomba de engranajes.

Bomba de engranajes				
	Modelo	Valor	Accesorios	Total
Opción 1	Rexroth	310.700	98.000	408.700
Opción 2	Marzocchi	245.000	72.000	317.000

Fuente: Elaboración propia.

Considerando que la ganancia que se tiene en una planta productiva de este tipo es de aproximadamente $7.054.550.000 mensual, lo cual se detalla en Tabla 3-3. Es posible considerar la inversión de tener bombas para realizar de manera programada el cambio si alguno la requiriese, debido a que la pérdida diaria es de aproximadamente $11.799.410, lo que en el caso fue bomba dañada, reparación de 6 horas y 20 min, por no tener stock de bombas en bodega (desde encontrar falla y realizar la corrección), tomando en cuenta que el tiempo de ciclo de un cárter es de aproximado de 6.5 min en un turno de 8 hrs.

Tabla 3-3: Produccion programada versus producción realizada.

Producción						
	Unidad	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
Programada	Cajas	40.000	34.000	41.000	37.000	41.000
Realizada	Cajas	34.700	32.300	38.700	34.850	36.700
Cumplimiento	%	86,75	95	94,3902439	94,189189	89,512195
No-cumplimiento	%	13,25	5	5,6097561	5,8108108	10,487805

Fuente: Elaboración propia.

En las figuras 3-3, 3-4, 3-5, 3-6 y 3-7 se entrega la planificación del trabajo para la preparación del equipo y que deben realizar los encargados de la mantención. La planificación de este trabajo se muestra a continuación.

Planificación mantención
Sistema hidráulico.
1. **¿Que trabajo se requiere realizar?**
1.1 Mantención completa a Bomba hidráulica
2. **¿Porque se debe realizar?**
2.1 Mantención correctiva.
2.2 Mantención correctiva
2.3 Mantención preventiva diaria.
3. **¿Cuáles son las recomendaciones de Vendors o Especialistas para esta actividad? ¿Se consideraron en el alcance del trabajo?**
3.1 Mantenimiento de rutina
3.2 Inspección de rutina
3.3 Inspección trimestrales
3.4 Inspección anuales
3.5 Inspección de temperatura
3.6 Cambio de aceite
3.7 Inspección de presión
3.8 Inspección de conexiones
4. **¿Cómo se debe realizar el trabajo?**
----------Mantención completa a bomba Hidráulica ----------
2.4 Cierre válvula de descarga.
2.5 Apague y bloqueo de elemento conductor para impedir rotaciones accidentales.
2.6 Desconectar Energía eléctrica del tablero.
2.7 Colocar candado de seguridad en el tablero.
2.8 Colocar identificación que muestre que se esté realizando la mantención.
2.9 Drenar la bomba.
2.10 Retirar los pernos tapa de la bomba.
2.11 Extracción de tuercas del pasador del acople.
2.12 Ajuste uniformemente los tornillos sin fin, utilizando un patrón alternante, para extraer el ensamblado de desmontaje trasero.
2.13 Limpiar superficies de la junta
2.14 Marca el cubo de acople si sobresale del eje.
2.15 Retire cubo de acople utilizando un tirador de tipo de arco.
2.16 Afloje tornillos de fijación de engranes.
2.17 Afloje y extraiga tuercas de fijación de engranes.
2.18 Retirar conjunto de engranes.
2.19 Retirar anillo de engrane de la bomba con cuidado.

Figura 3-3: Mantención de bomba hidráulica.

Fuente: Elaboración propia.

Planificación mantención
4. **¿Cómo se debe realizar el trabajo?**
2.20 retirar sellador de la bomba con cuidado.
2.21 Proceder a lavar piezas.
2.22 Realizar inspección de componentes de la bomba.
2.23 Realizar inspección visual de desgastes en los dientes del engranaje, anillo, paredes de la bomba y asentamientos de los engranajes.
2.24 Medir holgura radial entre cuerpo y rotor externo 1.
2.25 Medir holgura entre las puntas del rotor interno 1 y el rotor externo 2.
2.26 Medir holgura entre el cuerpo y rotor interno 3
2.27 Medir holgura axial entre el cuerpo y rotor externo 4.
2.28 En caso de que la holgura entre puntas exceda el límite, sustituir conjunto de rotores.
2.29 Si las holguras entre el cuerpo y el rotor exceden el límite, sustituir cubierta delantera
2.30 Tener en cuenta la posición y marca de los engranajes de la bomba y proceder a colocarlos nuevamente en su posición original.
2.31 Montar cubierta delantera.
2.32 Montar las piezas en orden inverso al desmontaje.
2.33 Al montar la bomba de aceite, aplicar aceite a los rotores.
2.34 Montar rotor interno y externo con las marcas en el lado de la tapa de la bomba.
2.35 Instalar anillo de engranaje en el engranaje de la bomba, lubricándolo con aceite.
2.36 Colocar tapa de la bomba.
2.37 Atornille los tornillos de la tapa de la bomba.
2.38 Coloque el embolo de la válvula de descarga, lubricándolo con aceite.
2.39 Instalar resorte del embolo.
2.40 Apriete tapón de la válvula de descarga.
2.41 Realizar pruebas de funcionamiento.
2.42 Encender energía eléctrica, y poner aviso de pruebas de mantención.
2.43 Abrir válvula de succión.
2.44 Abrir tuberías de recirculación y de enfriamiento.
2.45 Abra en parte la válvula de descarga.
2.46 Encienda elemento motriz.
2.47 Abra lentamente la válvula de descarga hasta que la bomba alcance el flujo deseado.
2.48 Revisar manómetro para verificar que la bomba alcanza la presión de desc. Adecuada
2.49 Si la bomba no alcanza la presión deseada siga los siguientes pasos:
a) Detener elemento motriz
b) Cebar la bomba
c) Volver a arrancar el elemento conductor
2.50 Supervisar la bomba mientras esté funcionando.
a) Controle temperatura, vibraciones o ruido mientras esté funcionando la bomba
b) Si la bomba supera los niveles normales deténgala y solucione el problema
2.51 Repetir punto 2.48 y 2.49 hasta que la bomba funcione correctamente.
2.52 Retirar candando, identificación del tablero eléctrico.
2.53 Desactivar bloqueo.
2.54 Limpieza zona de trabajo

Figura 3-4: Mantención de bomba hidráulica.

Fuente: Elaboración propia.

5.	**¿Cuál es la secuencia correcta de las actividades asociadas al trabajo?**
5.1	Cerrar válvula de descarga.
5.2	Apague y bloqueo de elemento conductor.
5.3	Desconectar energía eléctrica.
5.4	Desmontar tapa de la bomba
5.5	Marcar cubo de acople si sobresale del eje
5.6	Retirar cubo de acople.
5.7	Inspección de ranuras y componentes.
5.8	Desmontar engranes.
5.9	Desmontar anillos de engranes.
5.10	Desmontar sellador de la bomba.
5.11	Medición de holguras.
5.12	Montar cubierta delantera.
5.13	Montar piezas inverso al desmontaje.
5.14	Montar tapa de la bomba.
5.15	Montar embolo de descarga.
5.16	Pruebas de funcionamiento.
5.17	Detener y comprobar eventuales fugas.
5.18	Reconectar energía eléctrica.
5.19	Limpieza zona de trabajo
6.	**¿Qué errores o fallas se han cometido en mantenciones anteriores en este equipo, cuáles y como se evitaran?**
6.1	Mal cebado de la bomba, filtración de aceite por engranajes mal colocados, motor con problemas de aislamiento por mal armado. Se evitarán con pautas de trabajo.
7.	**¿Qué trabajos previos se deben realizar?**
7.1	Verificar repuestos en bodega.
7.2	Retirar repuestos de bodega.
7.3	Comprobar estado de herramientas
7.4	Comprobar estado del lugar de trabajo
7.5	Solicitar permisos si es necesario
8.	**¿El inicio de este trabajo depende del termino o entrega de otras actividades, cuáles?**
8.1	No depende
9.	**¿El término de este trabajo afecta el inicio de otro trabajo?**
9.1	Partida de sistema hidráulico.
10.	**¿Existen otros trabajos paralelos que deben realizarse en este equipo?**
10.1	Verificar niveles de aceite
10.2	Estado de cañerías
10.3	Revisar conexiones eléctricas
10.4	Estado de manómetros

Figura 3-5: Mantención de bomba hidráulica.

Fuente: Elaboración propia.

11.¿Qué herramientas se necesitan?					
·	Llaves Allen				
·	Punzón mandril de latón				
·	Productos de limpieza y solventes				
·	Indicadores de cuadrante				
·	Taladro				
·	Calibradores de separadores				
·	Calentador por inducción				
·	Estrobo de elevación				
·	Micrómetro				
·	Llaves fijas				
·	Prensa				
·	Martillo suave				
·	Llave de ajuste				
·	Tirador de tipo de arco				
·	Llave				
·	Torquímetro con dados				
·	Perno de izado (depende del tamaño de la bomba)				
12. Indique (seleccione) que competencias técnicas requiere el trabajo?					
12.1	Mecánica motores diésel X				
12.2	Mecánica industrial X				
12.3	Maquinas Herramientas X				
12.4	Rodamientos X				
12.5	Sellos Mecánicos				
12.6	Empaquetaduras flanges X				
12.7	Empaquetaduras prensaestopas X				
12.8	Grúa				
12.9	Maniobras < 1 ton				
12.10	Cambio cadenas arrastre				
12.11	Cambio cadenas transmisión				
12.12	Cambio correas transmisión X				
12.13	Desmontaje/montaje equipos mecánicos y eléctricos				
12.14	Aislación				

Figura 3-6: Mantención de bomba hidráulica.

Fuente: Elaboración propia.

13.	**¿Cuáles son los documentos que aseguran la calidad del trabajo?**
13.1	Pauta de Trabajo.
13.2	Check list de Recepción.
14.	**Instrucciones de Seguridad**
14.1	Antes de iniciar todo tipo de trabajos se debe bloquear el(los) motor de arranque asociados al trabajo.
14.2	Antes de iniciar los trabajos, solicite autorización de intervención en el equipo al ITO asignado para este trabajo.
14.3	Antes de iniciar el trabajo cortar la energía, o mayor seguridad colocar candado de seguridad.
14.4	Riesgo de lesiones corporales. Deje que todos los componentes del sistema y de la bomba se enfríen antes de manipularlos.
14.5	Si el fluido bombeado no es conductor, drene la bomba y lávela con un fluido conductor en condiciones que no permitan que salten chispas.
14.6	Las conexiones eléctricas deben ser realizadas por electricistas titulados de acuerdo con todas las normativas locales, estatales, nacionales e internacionales.
14.7	Consulte los manuales de instalación y funcionamiento (IOM) de los fabricantes del motor, el acoplamiento y el engranaje para ver instrucciones y recomendaciones.
14.8	Riesgo de lesiones personales graves. La aplicación de calor a impulsores, propulsores o sus dispositivos de sujeción puede provocar que el líquido atrapado se expanda rápidamente y resultar en una explosión violenta.
14.9	La manipulación de equipos pesados representa un peligro de aplastamiento. Ejerza precaución durante la manipulación y utilice equipos de protección personal (PPE) adecuados como calzado con punta de acero, guantes, etc. en todo momento. Deben tomarse precauciones para evitar lesiones físicas. La bomba puede manejar fluidos tóxicos y/o peligrosos. Debe vestirse equipo protector personal adecuado. El bombeo debe manejarse y desecharse de acuerdo con las normativas ambientales correspondientes.
14.10	Riesgo de lesiones corporales graves o de muerte por despresurización rápida. Asegúrese de que la bomba esté aislada del sistema y de que la presión se libere antes de desmontar la bomba, quitar los tapones, abrir ventilaciones, drenar válvulas o desconectar las tuberías.
14.11	Riesgo de lesiones personales graves por la exposición a líquidos peligrosos o tóxicos. Al desmontarla, en determinadas áreas habrá una pequeña cantidad de líquido, como en la cámara de sellado.
14.12	Riesgo de lesiones corporales graves o de muerte por la explosión de líquido atrapado. Nunca use calor para extraer piezas.
14.13	Realizar los trabajos de mantenimiento y reparaciones varias de acuerdo con el tipo o fabricante de para no sufrir lesiones.
14.14	Antes de iniciar el trabajo confirme con el ITO, que el equipo ha sido drenado.
14.15	Antes de iniciar el trabajo, delimite el área de trabajo para evitar que personas ajenas a la actividad pueda resultar lesionadas.

Figura 3-7: Mantención de bomba hidráulica.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se muestra en la figura 3-8, la pauta de trabajo que se debe llevar a cabo por el área de mantención. Y en la figura 3-9, el Check list para realizar la recepción completa del trabajo.

Pauta de trabajo-Mantencion a bomba hidraulica						
Lista de actividades			Ejecutor	Nombre	Fecha	Firma
1	Cerrar valvula de descarga		Mantencion			
2	Bloquear parte movil		Mantencion			
3	Desconectar energia electrica		Mantencion			
4	Desmontar tapa de la bomba		Mantencion			
5	Marcar cubo de acople		Mantencion			
6	Retirar cubo de acople		Mantencion			
7	Inspeccion de ranuras y componentes		Mantencion			
8	Desmontar	Engranes	Mantencion			
		Anillos de engranes	Mantencion			
		Sellador de la bomba	Mantencion			
9	Medir holgura	Radial (cuerpo y R.externo 1)	Mantencion			
		Puntas (R.interno 1 y R.externo 2)	Mantencion			
		Cuerpo y rotor interno 3	Mantencion			
		Axial (cuerpo y R.externo 4)	Mantencion			
10	Montar	Cubierta delantera	Mantencion			
		piezas inverso al montaje	Mantencion			
		tapa de la bomba	Mantencion			
		embolo de descarga	Mantencion			
11	Pruebas de funcionamiento		Mantencion			
12	Detener y comprobar eventuales fugas		Mantencion			
13	Reconectar energia electrica		Mantencion			
14	Limpieza zona de trabajo		Mantencion			

Figura 3- 8: Pauta de trabajo-Mantención a bomba hidráulica.

Fuente: Elaboración propia.

CHECK LIST EQUIPO HIDRAULICO

Revisar el nivel de aceite

	máx.		SI	NO
		¿Rellenó el nivel?		
NIVEL DE LA INSPECCION	1/2			
		Cantidad de relleno		
	mín.			

Revisar bomba.

REVISAR MANOMETROS, FUGAS.				OK
	SI	NO	Realizar limpieza carcasas y compartimientos .	
¿Registra bien el manómetro?				
¿Se ven fugas o filtraciones?				
		OK		
REVISAR FILTRO				

Revisar filtraciones

	SI	NO
¿Se observa filtracion en lineas		
¿Se observa filtracion en fitting?		

Revisar estado conexiones

	SI	NO
¿Se observa una buena conexión?		
¿Estan rotos los conectores?		

Revisar temperatura bomba

Utilizar camara termografica

Temperatura en carcaza

OBSERVACIONES :

Figura 3- 9: Check list-Mantención a bomba hidráulica.

Fuente: Elaboración propia.

3.4.2. Control de temperatura

Como se concluyó en la hoja de decisión, se deben realizar monitoreo de temperatura en la unidad hidráulica. La inspección se realizará a la parte externa de los componentes, en donde se observarán las variaciones de temperatura en el tiempo. Si estos valores se incrementan se debe evaluar la reparación de estos por pérdida de hermeticidad (motor hidráulico, bomba hidráulica, cañerías).

Para la revisión de temperatura de diferentes equipos, el departamento de mantención posee una cámara termográfica lo cual por falta de responsabilidades delegadas no se encuentra a disposición de mantención, por lo mismo se propone un procedimiento de uso y personal a cargo para los turnos de trabajo.

Las características de dicha cámara se encuentran en la Tabla 3-4. Es un modelo de cámara térmica que por sus rangos permisibles de temperatura permiten la implementación en este equipo, teniendo un rango de temperatura de -20ºC a 250ºC.

Tabla 3-4: Caracteristicas cámara termográfica.

Equipo	Cámara termográfica
Modelo	Flir E5
Serial	63905-0501
Precisión	±2 °C
T min	-20ºC
T máx.	250ºC

Fuente: Elaboración propia, desde ficha técnica.

En las figuras 3-10 y 3-11 se entrega la planificación de revisión de temperatura para la preparación del equipo y que deben realizar los encargados de la mantención. La planificación de este trabajo se muestra a continuación.

Planificación revisión de temperatura de Carcaza del motor hidráulico
1 ¿Que trabajo se quiere realizar?
1.1 Inspección de temperatura en carcaza de motor
1.2 Registro de temperatura obtenidos en la inspección
2 ¿Por qué se debe realizar?
2.1 Por una mantención preventiva diaria
3 ¿Cómo se debe realiza el trabajo?
3.1 Llenar registro de uso de cámara termográfica, registro que se encuentra
a cargo del asistente de mantención (registro código xx.xx.xx)
3.2 Comenzar a utilizar cámara termográfica según procedimiento de uso
cámara termográfica
3.3 Llenar registro de temperatura
4 ¿Cuál es la secuencia correcta de las actividades asociadas?
4.1 Solicitar cámara termográfica
4.2 Completar registro de temperatura

Figura 3-10: Planificacion revisión de temperatura de carcaza del motor hidráulico.

Fuente: Elaboración propia.

5 ¿Existen otros trabajos paralelos que deben realizarse en este equipo?
5.1 Operación normal del mecanizado
6 ¿Qué equipos se necesitan?
6.1 Cámara termográfica
7 CompetenciasTécnicas
7.1 Técnico nivel superior
8 ¿Quién o quienes realizan el trabajo?
8.1 Técnico eléctrico en turno
9 ¿Quién será el responsable del trabajo?
9.1 Supervisor del departamento de mantención
10 ¿Como asegura UD. Que las personas que ejecutan el trabajo sabrán como realizar el trabajo?
10.1 Con capacitaciones sobre el uso de la cámara termográfica a los técnicos
11 ¿Cómo se recepcionará el trabajo?
11.1 El supervisor recolectará una vez al mes la información para su respectivo análisis
12 Tiempo necesario
12.1 10 [min]
13 Horario de realización
13.1 Turno día
14 Análisis de riesgo de la actividad
14.1 Si los límites de temperatura son superiores o inferiores a los permisibles,avisar de manera inmediata al supervisor de mantención, de no encontrarse, avisar al supervisor de turno, si este periodo excede un máximo de 15 [min], realizar apagado unidad hidráulica
15 Documentos necesarios
15.1 Procedimiento de uso de cámara termográfica
15.2 Registro de temperaturas
16 Instrucciones de seguridad
16.1Utilizar elementos de seguridad obligatorios en el sector (zapatos seguridad, protectores auditivos y guantes)
16.2 Exposición a superficies calientes

Figura 3-11: Planificacion revisión de temperatura de carcaza del motor hidráulico.

Fuente: Elaboración propia.

En la planificación del trabajo que se muestra se piden dos registros necesarios para poder realizar la revisión de temperatura (ºC), por lo mismo, en la Figura 3-12 se muestra el registro de uso cámara termográfica el cual estará a cargo mantención, como se especifica en el procedimiento y debe ser llenado con todos los datos que se soliciten, dicho registro permite saber en qué momento y que persona hizo uso de este activo.

Cormecanica				Registro uso cámara termografica				Registro	xx.xx
								Departamento	Mantencion
								Supervisor	
Nº	Fecha	Turno	Hora	Solicitante	Firma	Entrega	Firma	Observaciones	

Figura 3-12: Registro uso de cámara termográfica.

Fuente: Elaboración propia.

2.1.1. Motor hidráulico

Como se concluyó en la hoja de decisión se determinó la mantención al motor de la unidad hidráulica, es un motor vertical trifásico el cual es una parte importante del sistema hidráulico ya que es el que realiza gran parte del trabajo. Por lo cual, hay que tener un control sobre su funcionamiento y un monitoreo constante ya que la reparación toma tiempo si no se cuenta con un motor de cambio. Para tener una idea en el Anexo D se muestra las partes del motor, y en el Anexo E el despiece del mismo.

En la siguiente serie de figuras se entrega la planificación de la mantención del motor para la preparación del equipo y que deben realizar los encargados de la mantención, la planificación de este trabajo, pauta de trabajo y check list.

Planificación mantención	
Sistema hidráulico.	
1.	**¿Que trabajo se requiere realizar?**
1.1	Mantención a motor hidraúlico
2.	**¿Porque se debe realizar?**
2.1	Mantención correctiva.
2.2	Mantención preventiva
3.	**¿Cuáles son las recomendaciones de Vendors o Especialistas para esta actividad? ¿Se consideraron en el alcance del trabajo?**
3.1	Mantenimiento de rutina
3.2	Inspección de rutina
3.3	Inspección trimestrales
3.4	Inspección anuales
3.5	Inspección de temperatura
3.8	Inspección de conexiones
4.	**¿Cómo se debe realizar el trabajo?**
2.4	Desenergizar energia electrica.
2.5	Desconexión de cables de alimentación.
2.6	Desacoplamiento del conjunto motor-bomba.
2.7	Desmontaje del motor.
2.8	Desamblado de partes.
2.9	Destapar caja de conexión.
2.10	Desmontar ventilador..
2.11	Desacoplamiento de tapas.
2.12	Lavar devanado y hornear.
2.13	Inspección visual de bobinas, estator y rotor
2.14	Limpieza con solvente dielectrico
2.15	Secado en horno de luz infrarroja
2.16	Medir holguras entre pistas externas y alojamientos.
2.17	Medir holguras entre pistas internas y flechas
2.18	Determinar el ajuste de flechas y alojamientos, según recomendaciones de fabricantes.
2.19	Rectificado de partes en caso de no cumplir las tolerancias especificadas.

Figura 3-13: Mantención a motor hidráulico.

Fuente: Elaboración propia.

Planificación mantención	
4.	**¿Cómo se debe realizar el trabajo?**
2.20	Revisar ajustes de rodamiento del rotor.
2.21	Revision de la pista de rodamientos.
2.22	Revision de ajustes en tapa
2.23	Revisar ajuste de caja de rodamientos.
2.24	Limpieza de orilla de tapas
2.25	Desmontaje de rodamientos.
2.26	Inspeccion visual de rodamiento nuevo
2.27	Lubricacion en caso de rodamientos desarmables
2.28	Realizar pruebas de resistencia y conductividad.
2.29	Aplicar barniz a devanado
2.30	Secado a temperatura ambiente.
2.31	Se ensambla motor
2.32	Se retira pintura antigua
2.33	Se pinta con una capa de pintura anticorrosiva
2.34	Se conecta a las lineas de alimentacion electrica
2.35	Se verifica que el equipo se encuentre en condiciones de arranque
2.36	Se mide voltaje
2.37	Se arranca el equipo por un instante para verificar sentido de giro
2.38	Se realiza prueba de funcionamiento con arranque en vacio conectado a un amperimetro
2.39	Se acopla conjunto motor bomba
2.40	Se mide amperaje y se verifica que los parametros sean correctos.
2.41	Realizar pruebas de funcionamiento.
2.42	Retirar candando, identificación del tablero eléctrico.
2.43	Desactivar bloqueo.
2.44	Limpieza zona de trabajo

Figura 3-14: Mantención a motor hidráulico.

Fuente: Elaboración propia.

5.	**¿Cuál es la secuencia correcta de las actividades asociadas al trabajo?**
5.1	Desconectar energia electrica
5.2	Colocar candado de seguridad
5.3	Desconectar cables de alimentacion.
5.4	Desmontar el motor
5.5	Desamblar motor
5.6	Lavar devanado y hornear
5.7	Verificar ajustes
5.8	Medicion de holguras
5.9	Sustitucion de rodamientos
5.10	Prueba de resistencia de aislante y conductividad
5.11	Barnizar el devanado
5.12	Ensamble y pintura
5.13	Pruebas de arranque
5.14	Acoplar motor-bomba
5.15	Medicion de voltaje y amperaje
5.16	Retirar candado de seguridad
5.17	Reconectar energía eléctrica.
5.18	Limpieza zona de trabajo
6.	**¿Qué errores o fallas se han cometido en mantenciones anteriores en este equipo, cuáles y como se evitaran?**
6.1	Mal barnizado del devando, Rodamientos mal colocados, motor con problemas de aislamiento por mal armado. Se evitarán con pautas de trabajo.
7.	**¿Qué trabajos previos se deben realizar?**
7.1	Verificar repuestos en bodega.
7.2	Retirar repuestos de bodega.
7.3	Comprobar estado de herramientas
7.4	Comprobar estado del lugar de trabajo
7.5	Solicitar permisos si es necesario
8.	**¿El inicio de este trabajo depende del termino o entrega de otras actividades, cuáles?**
8.1	No depende
9.	**¿El término de este trabajo afecta el inicio de otro trabajo?**
9.1	Partida de sistema hidráulico.
10.	**¿Existen otros trabajos paralelos que deben realizarse en este equipo?**
10.1	Verificar niveles de aceite
10.2	Estado de acople de motor-bomba
10.3	Revisar conexiones eléctricas

Figura 3-15: Mantención a motor hidráulico.

Fuente: Elaboración propia.

11.¿Qué herramientas se necesitan?	
·	Llaves Allen
·	Punzón mandril de latón
·	Productos de limpieza y solventes
·	Indicadores de cuadrante
·	Taladro
·	Calibradores de separadores
·	Calentador por inducción
·	Estrobo de elevación
·	Extractor
·	Llaves fijas
·	Prensa
·	Martillo suave
·	Llave de ajuste
·	Tirador de tipo de arco
·	Llave
·	Torquímetro con dados
·	Perno de izado (depende del tamaño de la bomba)
12. Indique (seleccione) que competencias técnicas requiere el trabajo?	
12.1	Mecánica motores diésel X
12.2	Mecánica industrial X
12.3	Maquinas Herramientas X
12.4	Rodamientos X
12.5	Sellos Mecánicos
12.6	Empaquetaduras flanges X
12.7	Empaquetaduras prensaestopas X
12.8	Grúa
12.9	Maniobras < 1 ton
12.10	Cambio cadenas arrastre
12.11	Cambio cadenas transmisión
12.12	Cambio correas transmisión X
12.13	Desmontaje/montaje equipos mecánicos y eléctricos
12.14	Aislación

Figura 3-16: Mantención a motor hidráulico.

Fuente: Elaboración propia.

13.	**¿Cuáles son los documentos que aseguran la calidad del trabajo?**
13.1	Pauta de Trabajo.
13.2	Check list de Recepción.
14.	**Instrucciones de Seguridad**
14.1	Antes de iniciar todo tipo de trabajos se debe bloquear el(los) motor de arranque asociados al trabajo.
14.2	Antes de iniciar los trabajos, solicite autorización de intervención en el equipo al ITO asignado para este trabajo.
14.3	Antes de iniciar el trabajo cortar la energía, o mayor seguridad colocar candado de seguridad.
14.4	Riesgo de lesiones corporales. Deje que todos los componentes del sistema y de la bomba se enfríen antes de manipularlos.
14.5	Si el fluido bombeado no es conductor, drene la bomba y lávela con un fluido conductor en condiciones que no permitan que salten chispas.
14.6	Las conexiones eléctricas deben ser realizadas por electricistas titulados de acuerdo con todas las normativas locales, estatales, nacionales e internacionales.
14.7	Consulte los manuales de instalación y funcionamiento (IOM) de los fabricantes del motor, el acoplamiento y el engranaje para ver instrucciones y recomendaciones.
14.8	Riesgo de lesiones personales graves. La aplicación de calor a impulsores, propulsores o sus dispositivos de sujeción puede provocar que el líquido atrapado se expanda rápidamente y resultar en una explosión violenta.
14.9	La manipulación de equipos pesados representa un peligro de aplastamiento. Ejerza precaución durante la manipulación y utilice equipos de protección personal (PPE) adecuados como calzado con punta de acero, guantes, etc. en todo momento. Deben tomarse precauciones para evitar lesiones físicas. La bomba puede manejar fluidos tóxicos y/o peligrosos. Debe vestirse equipo protector personal adecuado. El bombeo debe manejarse y desecharse de acuerdo con las normativas ambientales correspondientes.
14.10	Riesgo de lesiones corporales graves o de muerte por despresurización rápida. Asegúrese de que la bomba esté aislada del sistema y de que la presión se libere antes de desmontar la bomba, quitar los tapones, abrir ventilaciones, drenar válvulas o desconectar las tuberías.
14.11	Riesgo de lesiones personales graves por la exposición a líquidos peligrosos o tóxicos. Al desmontarla, en determinadas áreas habrá una pequeña cantidad de líquido, como en la cámara de sellado.
14.12	Riesgo de lesiones corporales graves o de muerte por la explosión de líquido atrapado. Nunca use calor para extraer piezas.
14.13	Realizar los trabajos de mantenimiento y reparaciones varias de acuerdo con el tipo o fabricante de para no sufrir lesiones.
14.14	Antes de iniciar el trabajo confirme con el ITO, que el equipo ha sido drenado.
14.15	Antes de iniciar el trabajo, delimite el área de trabajo para evitar que personas ajenas a la actividad pueda resultar lesionadas.

Figura 3-17: Mantención a motor hidráulico.

Fuente: Elaboración propia.

Pauta de trabajo-Mantencion a Motor hidraulico							
Lista de actividades			Ejecutor	Nombre	Fecha	Firma	Datos (si es necesario)
1	Desconectar energia electrica		Mantencion				
2	Colocar candado de seguridad		Mantencion				
3	Desconectar cables de alimentacion		Mantencion				
4	Desmontar motor		Mantencion				
5	Desamblar motor		Mantencion				
6	Lavar devanado y hornear		Mantencion				
7	Inspeccion visual rotor,estator,bobina		Mantencion				
8	Verificar ajustes	Caja de rodamientos	Mantencion				
		Pista de rodamientos	Mantencion				
		En tapa	Mantencion				
9	Medir holgura	pista externa y alojamientos	Mantencion				
		pista interna y flechas	Mantencion				
		flechas y alojamientos	Mantencion				
10	Sustitucion	rodamientos	Mantencion				
		ventilador	Mantencion				
11	Pruebas de Resistencia y aislamiento		Mantencion				
12	Barnizar el devanado		Mantencion				
13	Ensamble y pintura		Mantencion				
14	Pruebas de arranque		Mantencion				
15	Acoplar motor-bomba		Mantencion				
16	Medicion de voltaje y amperaje		Mantencion				
17	Reconectar energia electrica		Mantencion				
18	Limpieza zona de trabajo		Mantencion				

Figura 3-18: Pauta de trabajo motor hidráulico.

Fuente: Elaboración propia.

Check list diario motor hidraúlico			
Tareas diarias	Si	No	Datos
Medir temperatura de			
Inspeccione el motor en intervalos de tiempo regulares			
Elimine depósitos de polvo, aceite y suciedad en la tapa del ventilador para mantener una buena ventilación y permitir un correcto enfriamiento del motor			
Controle las condiciones de las conexiones eléctricas y mecánicas y de los pernos de fijación			
Controle las condiciones de los rodamientos prestando atención a ruidos anómalos o vibraciones			
Medir voltaje de linea			
Medir voltaje entre fases			
Medir voltaje entre fase y carcaza			
Medir corriente			
Observaciones			
			Firma

Figura 3-19: Check list diario motor hidráulico.

Fuente: Elaboración propia.

Programa de mantención				Emisor:	Supervisor	CORMECANICA
				Periodo:	2019	
Equipo	CUC05	Sistema	Unidad Hidraúlica			
Codigo	C-05					

Tareas Propuestas	Frecuencia inicial	A realizar por	Tipo de actividad	Mantenimiento	Fecha de mantencion	Vence	Julio					Agosto					Septiembre				
							1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Revisar estado del estanque, que no tenga filtraciones ni fisuras	Diario	Operador	Revision	Predictivo	01/07/2019	jul-19															
Chequear estado de los acumuladores	Semanal	Mecánico	Revision	Predictivo	01/07/2019	jul-19															
Realizar análisis vibracional, revisar rangos normalizados (ISO 10816-1)	Semestral	Externo	Inspeccion	Predictivo	01/07/2019	dic-19															
Realizar inspecciones con ultrasonido	Semestral	Operador	Inspeccion	Predictivo	01/07/2019	dic-19															
Realizar cambio de acoplamiento	2 años	Mecánico	Cambo	Preventivo	01/07/2019	jul-21															
Realizar mantención completa a motor	6 meses	Eléctrico	Varios	Preventivo	01/07/2019	dic-19															
Seguimiento y control con la cámara termográfica, medir temperatura del motor	Semanal	Eléctrico	Revision	Predictivo	01/07/2019	jul-19															
Realizar mantención completa a bomba hidráulica	6 meses	Mecánico y eléctrico	Varios	Preventivo	01/07/2019	dic-19															
Realizar cambio de cilindros	Anual	Mecánico	Cambio	Preventivo	01/07/2019	jul-20															
Revisar estado del estanque, que no tenga filtraciones ni fisuras	Diario	Operador	Revision	Predictivo	01/07/2019	jul-19															
Realizar cambio de cilindros	Anual	Mecánico	Cambio	Preventivo	01/07/2019	jul-20															
Realizar inspecciones con ultrasonido	Semestral	Operador	Inspeccion	Predictivo	01/07/2019	dic-19															
Revisar estado del estanque, que no tenga filtraciones ni fisuras	Diario	Operador	Revision	Predictivo	01/07/2019	jul-19															
Realizar inspecciones con ultrasonido	Semestral	Operador	Inspeccion	Predictivo	01/07/2019	dic-19															
Revisar funcionamiento de válvula	Semanal	Operador	Revisión	Predictivo	01/07/2019	jul-19															
Realizar mediciones eléctricas del sensor de nivel y chequear conexiones	Semanal	Eléctrico	Medicion	Preventivo	01/07/2019	jul-19															
Realizar inspecciones con ultrasonido	Semestral	Operador	Inspeccion	Predictivo	01/07/2019	dic-19															
Revisar funcionamiento de válvula de seguridad	Mensual	Operador	Revisión	Predictivo	01/07/2019	ago-19															
Realizar cambio de filtros	Mensual	Mecánico	Cambio	Preventivo	01/07/2019	ago-19															
Realizar inspecciones con ultrasonido	Semestral	Operador	Inspeccion	Predictivo	01/07/2019	dic-19															
Realizar mantención completa a bomba hidráulica	6 meses	Mecánico y eléctrico	Varios	Preventivo	01/07/2019	dic-19															
Realizar mediciones eléctricas del sensor de nivel y chequear conexiones	Semanal	Eléctrico	Medicion	Preventivo	01/07/2019	jul-19															
Realizar mantención completa a bomba hidráulica	6 meses	Mecánico y eléctrico	Varios	Preventivo	01/07/2019	dic-19															
Realizar inspecciones con ultrasonido	Semestral	Operador	Inspeccion	Predictivo	01/07/2019	dic-19															
Revisar funcionamiento de válvula de entrada	Mensual	Eléctrico	Revisión	Predictivo	01/07/2019	ago-19															

Figura 3-20: Programa de mantención Unidad hidráulica.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 3-20 se muestra el programa del plan de mantenimiento con su respectiva frecuencia y por lo tanto su próxima fecha de realización de cada actividad, la

cual se debe ir actualizando en la fecha de mantención y marcar en el calendario el mes y la semana en la que se realizó cada actividad. Éste mismo calendario será generado por el software en el cual será ingresado el plan de mantención y con ello se generarán las ordenes de trabajo de acuerdo con la frecuencia que tiene cada una de ellas. Si bien no se especifican herramientas, repuestos e insumos que serán necesarios, en el programa se encuentra una sección, en la cual aparecen los repuestos, herramientas a utilizar en la actividad.

Es importante señalar que este programa está enfocado en aquellos modos de falla que se ingresan por personal de mantención cuando terminan algún trabajo en particular, así el programa genera las OT preventivas para realizarlas con posterioridad.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El funcionamiento actual en planta, específicamente en el departamento de mantención, requiere una implementación paulatina de este tipo de planes de mantención que favorezcan el crecimiento a nivel productivo de la compañía.

El análisis de criticidad se desarrolla en primera instancia para las 4 líneas de proceso, dando como resultado la línea de proceso de Carter, ésta fábrica los cárter de mecanismo y embriague. La línea de procesos de cárter está compuesto por varios equipos que realizan la misma función, para lograr la producción diaria de cárter. Por lo que se realiza otro análisis de criticidad, con los mismos parámetros utilizados para los procesos, dando como resultado la maquina CUC05, principalmente por ser un equipo con componentes críticos que no cuentan con repuestos que permitan realizar una mantención más rápida y eficaz. Una falla de éste tiene consecuencias bastante significativas en lo que respecta a la seguridad de trabajadores, además de un tiempo considerable en su reparación, ya que la gran parte de las últimas fallas ha llevado a la destrucción de rodamientos de alta velocidad los cuales, los repuestos son escasos debido a su valor, además que cada intervención significa parada total del equipo y no producción.

Debido a que éste equipo si presenta historial de fallas, se realiza una clasificación por sistema de cada una de ellas, lo que por medio de un gráfico denominado Jack Knife, en donde la cantidad de fallas ocurridas se relaciona con el tiempo medio entre reparación, se conoce el sistema con mayor impacto de sus fallas en el tiempo, siendo éste el sistema hidráulico lo cual se valida con el hecho de que reparaciones que se realizan en este sistema son lentas.

Si bien, la unidad hidráulica tiene como función principal enviar un líquido a presión al sistema para realizar algún tipo de movimiento, ésta no puede funcionar si alguno de sus componentes no se encuentra operando en óptimas condiciones. Para conocer los modos de fallas con respecto a las funciones que posee el sistema crítico, se utiliza el análisis denominado FMECA, por medio del cual se determina que las fallas funcionales que puede sufrir el sistema, es causada por falla en el funcionamiento de otros elementos. Por lo que la mayoría de las actividades que se establecieron están orientadas a la revisión, cambio y control de elementos que están en la unidad.

Con el apoyo de la hoja de decisiones del RCM, se determinaron actividades predictivas, preventivas con una frecuencia determinada en conjunto con personal del departamento de mantención y el historial que se tiene. Se desarrollaron tres programas

de mantenimiento, los cuales se relacionan con mantenimiento a la bomba hidráulica, mantenimiento al motor hidráulico y revisión rutinaria de la temperatura en la unidad.

Para la mantención de bomba-motor se desarrolló una pauta de trabajo que comienza desde la parada del sistema hasta la puesta en marcha. Ambos procedimientos requieren de repuestos específicos. Se recomienda tener stock determinado de repuestos en la planta que permitan agilizar el procedimiento y disminuir los tiempos de parada. Para la revisión de temperatura en la unidad, se desarrolló un registro de control el cual debe ser llenado por cada uso, identificando nombre, firma y valores tomados.

La inspección visual de la unidad se debe realizar en cada inicio de turno y con esto identificar alguna anomalía.

Se sugiere que por medio de los resultados obtenidos en el análisis de criticidad, se desarrollen nuevas pautas y procedimientos de trabajo para que la programación de las intervenciones en los equipos sea coordinada, con tiempos de intervención reducidos y así se mantenga un control de las actividades realizada en cada uno de los equipos para mejorar la gestión de los mantenimientos realizados.

BIBLIOGRAFÍA

SAE JA1012, N. S (2002) Una Guía para la Norma del Mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC). Prácticas recomendadas

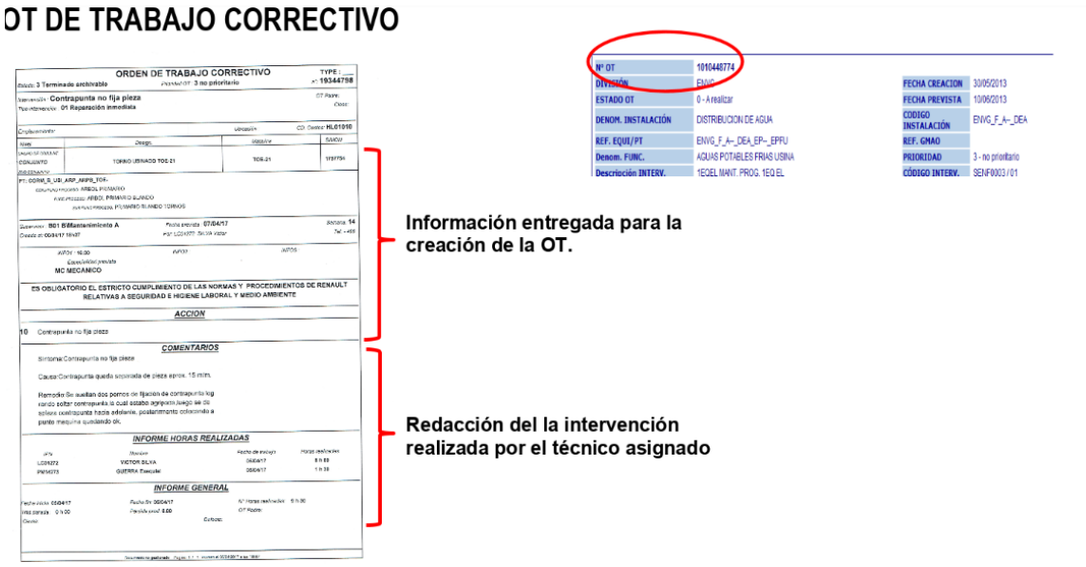
MOUBRAY, J. RCM Mantenimiento centrado en confiabilidad. Edición en español. Asheville, North Carolina, USA: Aladon LLC. ISBM 09539603-2-3.

JOSÉ R. AGUILAR-OTERO, ROCÍO TORRES-ARCIQUE y DIANA MAGAÑA-JIMÉNEZ, Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad, Tecnol. Ciencia Ed, 2010, pp 15-26.

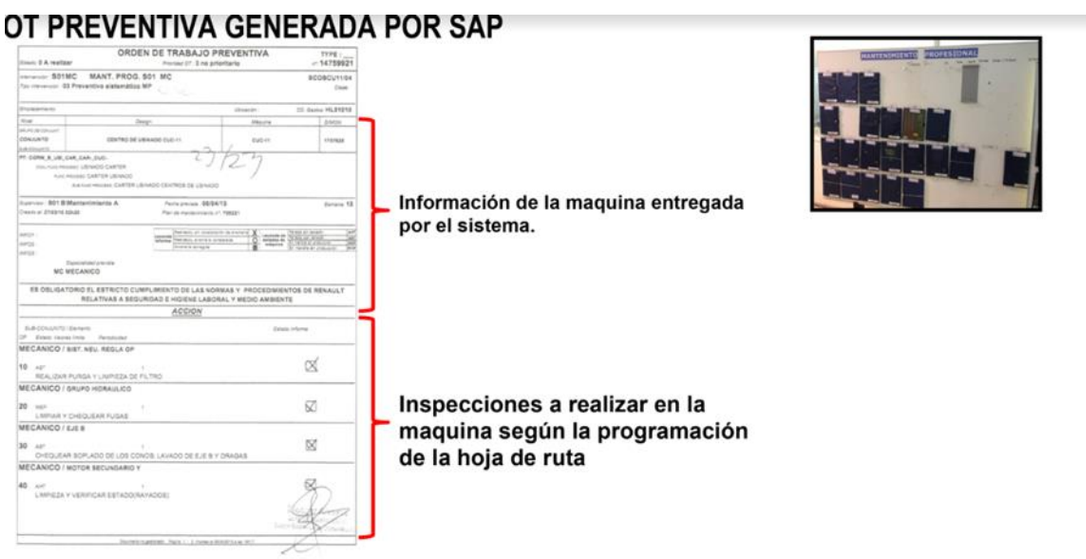
PRANDO, Raúl, Manual de gestión de mantenimiento a la medida, Montevideo, Uruguay: Piedra Santa S.A de C.V, 1996. ISBM 8-1-8377-399-6.

ANEXOS

ANEXO A: Ejemplo de ingreso de datos a SAP OT correctivo



ANEXO B: Ejemplo de entrega de datos desde SAP OT preventiva



ANEXO C: Ejemplo de plan de mantenimiento

ACCIONES CORRECTIVAS DE : MANTENIMIENTO DE MONTAJE.

RENAULT
Passion for life

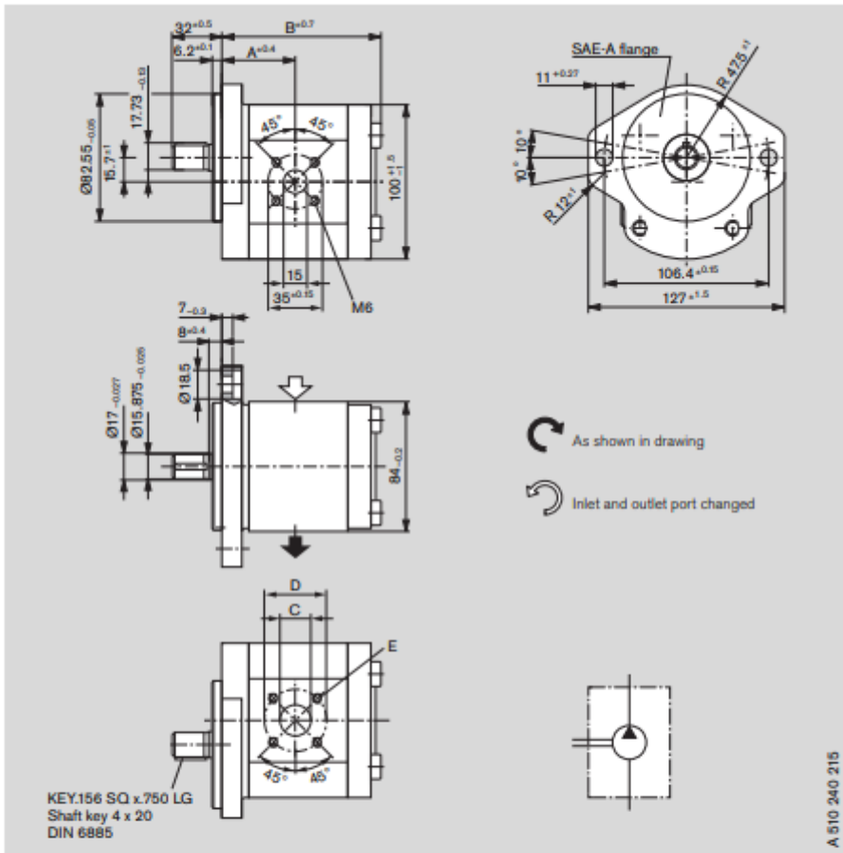
Acciones : I = Immediata C = Correctiva P = Preventiva

FECHA INGRESO	MAQUINA	DESVIACIONES:	CAUSAS:	I	C	P	ACCIONES	PILOTO RESPONSABLE	PLAZO	Estado avance 1	2	3	4	5	Fecha Cierre
04/05/2015	CUC-05	BAJA PRESION DE ARROSAGE	BOMBA DE ARROAGE DAÑADA	X			CAMBIAR BOMBA Y CAMBIAR VALVULA	C.CERDA	SEM-19	X	X	X	X	X	05/05/2015
05/05/2015	CUC-01/12	BAJA PRESION DE ARROSAGE	BAJA REGULACION EN V/v			X	CHEQUEAR PRESION EN TODOS LOS CUC Y REGULAR	O.REYES	SEM-19	X	X	X	X	X	07/05/2015
07/05/2015	CUC-03	ELECTROBROCHA CUMPLE CICLO DE BRIDAGE				X	REALIZAR MANTENCION A ELECTROBROCHA	R.REYES	SEM-19	X	X	X	X	X	08/05/2015
07/05/2015	CUC-08	BRIDAGE CON DEFECTO	FUGA HIDRAULICA EN EJE B			X	CAMBIAR EJE B, PROGRAMADO	C.CERDA	SEM-19	X	X	X	X	X	07/05/2015
08/05/2015	CUC-01	BAJA PRESION DE ARROSAGE	V/v LIMITADORA CON DEFECTO		X		RETIRAR V/v Y LIMPIAR	C.CERDA	SEM-20	X	X	X	X	X	08/05/2015
08/05/2015	CUC-03	BAJA PRESION DE ARROSAGE	V/v LIMITADORA CON DEFECTO		X		CAMBIAR V/v	O.REYES	SEM-20	X	X	X	X	X	10/05/2015
11/05/2015	DIV-136	ALARMA DE BAJA PRESION	FILTROS SATURADOS		X		LIMPIAR BATERIA DE FILTROS	J.TAHA	SEM-20	X	X	X	X	X	13/05/2015
12/05/2015	CUC-05	FIABILIZACION	PERDIDA DE RO			X	REALIZAR MANTENIMIENTO PROGRAMADO	W.AHUMADA	SEM-22	X	X				
13/05/2015	CUC-05	FIABILIZACION	PERDIDA DE RO			X	REALIZAR LIMPIEZA DE TABLERO	D.FERNANDOIS	SEM-22	X	X				
14/05/2015	CUC-05	FIABILIZACION	PERDIDA DE RO			X	VERIFICAR ENTRE HIERRO	W.AHUMADA	SEM-23	X	X				
15/05/2015	CUC-05	FIABILIZACION	PERDIDA DE RO			X	TERMOGRAFIA A TABLERO	J.SANTIBAÑES	SEM-23	X	X				
16/05/2015	CUC-05	FIABILIZACION	PERDIDA DE RO			X	REFRIGERACION DE MOTOR Q2	W.AHUMADA	SEM-24	X	X				
17/05/2015	CUC-05	FIABILIZACION	PERDIDA DE RO			X	VERIFICAR HUMEDAD Y VIRUTA	W.AHUMADA	SEM-24	X	X				
18/05/2015	CUC-05	FIABILIZACION	PERDIDA DE RO			X	T° Y VIBRACION DE MOTORES	H.VILLALEIVA	SEM-25	X	X				

ANEXO D: Dimensiones de bomba Rexroth.

Dimensions

Standard range



Ordering code

AZPF – 10 – □□□ □ Q R 20 M B

Displacement [cm³/rev]	Ordering-No. L	Ordering-No. R	Max. operating pressure [bar]	Max. rotation speed [rpm]	kg	Dimension [mm] A	B	C	D	E
4	–	**0 510 225 014**	280	4000	3.2	39.9	84.5	15	40	M6 depth 13
5.5	–	**0 510 325 016**	280	4000	3.3	41.1	87.0	15	40	
8	–	**0 510 425 025**	280	4000	3.3	43.2	91.1	20	40	
11	–	**0 510 525 033**	280	3500	3.5	47.0	96.1	20	40	
16	–	**0 510 625 042**	200	3000	3.8	47.5	104.5	20	40	
19	–	**0 510 625 043**	170	3000	3.9	47.5	109.5	20	40	
22.5	**0 510 725 396**	**0 510 725 060**	140	2500	3.9	55.1	114.9	20	40	

ANEXO E: Guía de uso de cámara termográfica

Guía de inicio rápido

5.1 Procedimiento

Lleve a cabo el siguiente procedimiento:

1. Cargue la batería. Lo puede hacer de tres formas:
   - Carga de la batería mediante el cargador de batería independiente externo FLIR.
   - Carga de la batería mediante la fuente de alimentación FLIR.
   - Carga de la batería mediante un cable USB conectado a un PC.

   NOTA

   La carga de la cámara mediante un cable USB conectado a un PC necesita *bastante* más tiempo que con la fuente de alimentación FLIR o el cargador de batería independiente externo FLIR.

2. Pulse el botón de encendido y apagado para encender la cámara.
3. Abra la tapa de protección de la lente pulsando la palanca.
4. Apunte con la cámara al objeto de interés.
5. Pulse el disparador para guardar una imagen.

(Pasos opcionales)

6. Instale FLIR Tools en el equipo.
7. Inicie FLIR Tools.
8. Conecte la cámara al PC mediante el cable USB.
9. Importe las imágenes en FLIR Tools.
10. Cree un informe PDF en FLIR Tools.

Lista de accesorios y servicios

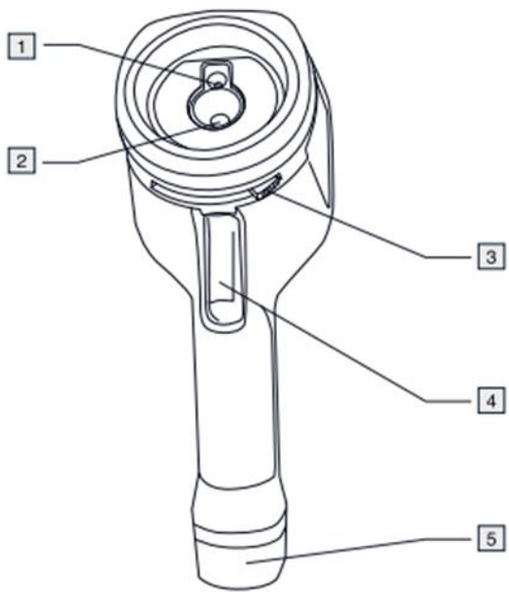
Product name	Part number
Battery	T198530
Battery charger incl power supply	T198531
Car charger	T198532
FLIR Tools+ (license only)	T198583
Hard transport case FLIR Ex-series	T198528
One year extended warranty for Ex or ix series	T199806
Pouch FLIR Ex and ix series	T198529
Power supply USB-micro	T198534
Tool belt	T911093
USB cable Std A <-> Micro B	T198533

NOTA

FLIR Systems se reserva el derecho a dejar de fabricar modelos, piezas y accesorios, así como otros elementos, o a cambiar las especificaciones en cualquier momento sin previo aviso.

7.1 Partes de la cámara

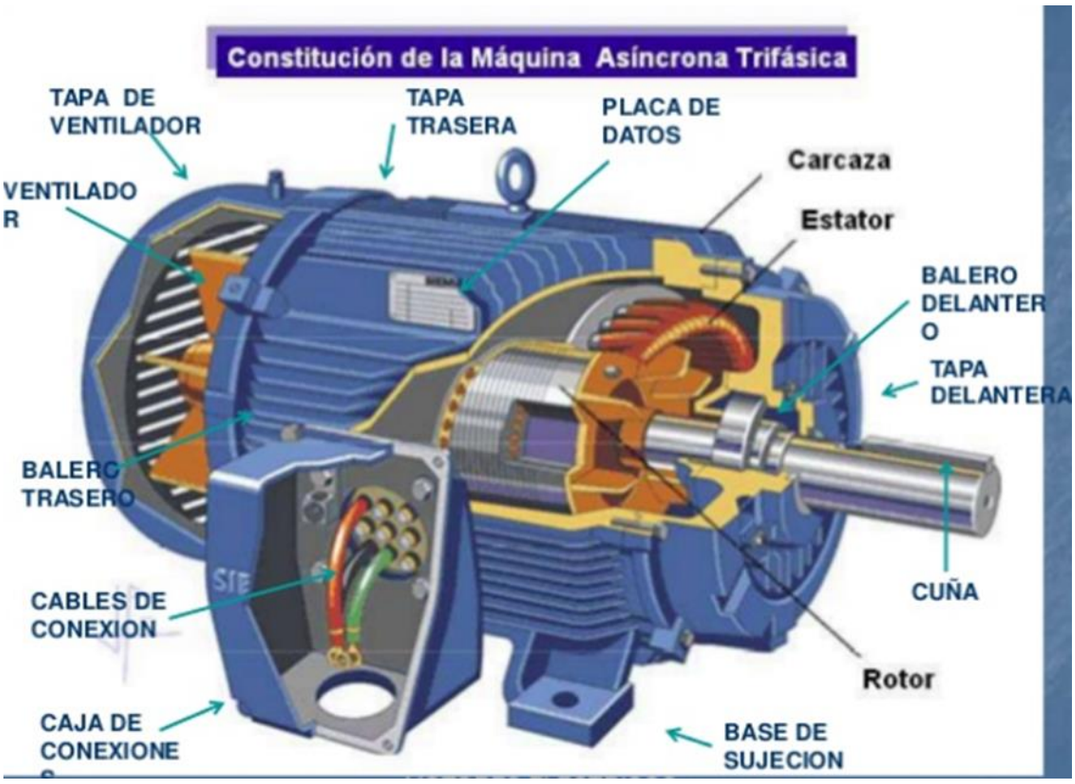
7.1.1 Figura



7.1.2 Explicación

1. Lente de cámara digital.
2. Lente de infrarrojos.
3. Palanca para abrir y cerrar la tapa de protección de la lente
4. Disparador para guardar imágenes.
5. Batería.

ANEXO F: Partes del motor hidráulico



ANEXO G: Despiece del motor.