

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

ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN MECÁNICA DE FRESADORA HORIZONTAL
INDUMA MODELO FU3 UNIVERSAL EN TALLER MECÁNICO

Trabajo de Titulación para optar
al Título de Técnico
Universitario en
MANTENIMIENTO
INDUSTRIAL

Alumnas:

Valentina Paz Aguilar P.

Victoria Daniela González P.

Profesor Guía:

Ing. Andrés Aránguiz Garrido

RESUMEN

KEYWORD: CONDICIÓN MECÁNICA, FRESADORA, INSPECCIÓN

Este trabajo consiste en un análisis de la condición mecánica de la Fresadora INDUMA modelo FU3 universal, donde se aplicaron algunas técnicas de análisis sintomático. Los antecedentes que motivaron a desarrollar este trabajo aplicado, es la problemática de la falta de mantención en las máquinas del Taller Mecánico, debido a que los operarios no siguen las recomendaciones de los fabricantes de éstos activos.

La finalidad de este trabajo, es poner en práctica el uso de herramientas del mantenimiento vistos durante la carrera, además se espera que la información sea de utilidad para una futura programación de mantención.

Las metodologías aplicadas fueron ensayos no destructivos, siendo el análisis de aceite, al cual se le dio más énfasis en el desarrollo del trabajo, debido a la información que entrega sobre la condición mecánica de la máquina. Otras herramientas complementarias utilizadas fueron el pirómetro infrarrojo, la cámara termográfica y la cámara boroscopio.

Los resultados principales fueron obtenidos mediante el análisis de lubricante, pues el aceite se encontraba degradado, debido a partículas contaminantes y desgaste, principalmente de Cobre y Plomo.

Por último, es evidente la necesidad de implementar una rutina de inspección y mantenimiento para preservar el estado de las máquinas. Los procedimientos ejecutados en la fresadora para analizar su condición mecánica, se puede aplicar a cualquier otra máquina, como el torno o rectificadora.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN..... 9

OBJETIVOS..... 2

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES, DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA Y TAREAS DE INSPECCIÓN..... 3

1.ANTECEDENTES GENERALES..... 4

1.1 ENTIDAD 4

1.1.1 Descripción de la Sede..... 4

1.2 MARCO GENERAL..... 6

1.3 PROBLEMÁTICA..... 6

1.4 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO..... 7

1.5 LA MÁQUINA FRESADORA 7

1.5.1 Descripción de la Fresadora INDUMA 9

1.5.2 Operaciones de la fresadora..... 10

1.5.3 Sistemas integrados en la fresadora..... 12

1.6 TAREAS DE INSPECCIÓN 16

1.6.1 Análisis de lubricante 16

1.6.2 Análisis con cámara termográfica 18

1.6.3 Análisis de vibraciones..... 19

1.6.4 Herramientas complementarias 19

CAPÍTULO 2: ANÁLISIS DE CONDICIÓN MECÁNICA..... 21

2.ANÁLISIS DE CONDICIÓN MECÁNICA..... 22

2.1 ENSAYOS 22

2.1.1 Inspección con cámara boroscopio..... 22

2.1.2 Análisis de lubricante 24

2.1.3 Análisis de cámara termográfica 34

2.1.4 Análisis de vibraciones..... 39

CAPÍTULO 3: ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN Y PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO 40

3.ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN Y PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO..... 41

3.1 DEFINICIÓN RUTINA DE INSPECCIÓN..... 41

3.1.1 Insumos y repuestos..... 42

3.1.2 Herramientas a utilizar..... 42

3.1.3 Personal requerido 43

3.1.4 Requisitos de seguridad 43

3.2 RECOMENDACIONES PARA EL REACONDICIONAMIENTO DE
LA FRESADORA 44

3.2.1 Programación de cambio de aceite 45

3.2.2 Toma de muestras de aceite 45

3.2.3 Prevención de derrame de aceite 45

3.2.4 Limpieza y drenaje de lubricante..... 46

3.2.5 Flushing 46

3.2.6 Lubricación 46

3.2.7 Inspección a rodamientos y puntos de engrase..... 48

3.2.8 Limpieza en área de trabajo 53

3.2.9 Inspección de poleas y cambio de correas 50

3.3 COSTOS..... 53

3.4 DOCUMENTACIÓN Y REGISTRO 57

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 58

BIBLIOGRAFÍA 59

ANEXOS 60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Mapa de la Sede José Miguel Carrera 5

Figura 1-2: Partes principales de la Fresadora..... 8

Figura 1-3: Máquina Fresadora INDUMA 10

Figura 1-4: Tipos de operaciones realizadas con la fresadora..... 11

Figura 1-5: Detalle de sistema de lubricación y tuberías..... 13

Figura 1-6: Transmisión de potencia por correa..... 14

Figura 1-7: Bomba del sistema de refrigeración 15

Figura 1-8: Análisis de aceite programado en mantenimiento preventivo 17

Figura 1-9: Rango infrarrojo utilizado en la termografía 18

Figura 2-1: Cámara boroscopio con tubo flexible 23

Figura 2-2: Inspección con cámara de celular 23

Figura 2-3: Inspección con cámara boroscopio 24

Figura 2-4: Bomba de muestreo para aceite 25

Figura 2-5: Tubos de plástico flexibles para muestreo de aceite..... 26

Figura 2-6: Frasco con tapa para muestreo de aceite..... 26

Figura 2-7: Punto de obtención de muestra en estanque 27

Figura 2-8: Bomba, frasco y tubos para muestreo de aceite..... 27

Figura 2-9: Representación de procedimiento..... 28

Figura 2-10: Representación de procedimiento..... 28

Figura 2-11: Representación de procedimiento..... 29

Figura 2-12: Representación de procedimiento..... 29

Figura 2-13: Representación real de muestreo de aceite 30

Figura 2-14: Representación de procedimiento..... 30

Figura 2-15: Representación de procedimiento para sellado 31

Figura 2-16: Paquete para muestra de laboratorio..... 31

Figura 2-17: Analizador y contador de partículas 34

Figura 2-18: Cámara termográfica FLUKE Til125..... 35

Figura 2-19: Inspección con pirómetro infrarrojo 36

Figura 2-20: Inspección con cámara termográfica 37

Figura 2-21: Termografía con emisividad de 0.97 de herramienta fresa..... 38

Figura 2-22: Termografía con emisividad de 0.97 de eje sobresaliente 38

Figura 2-23: Macilla protectora de superficie de la máquina 39

Figura 3-1: Propuesta de ruta de inspección preventiva..... 41

Figura 3-2: Punto de engrase de rodamiento 48

Figura 3-3: Puntos de engrase de la fresadora..... 49

Figura 3-4: Bomba manual de grasa..... 50

Figura 3-5: Ejemplo de cómo no ejecutar cambio de correa..... 52

Figura 3-6: Costo de tareas de inspección y mantenimiento mensual, trimestral y anual.... 57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Partes de la fresadora en general 8

Tabla 1-2: Características técnicas del reductor 15

Tabla 1-3: Características del motor eléctrico de fresadora 16

Tabla 2-1: Tareas de inspección a subsistemas de la fresadora..... 22

Tabla 2-2: Ficha técnica de muestra de aceite 32

Tabla 2-3: Comparación de viscosidades 33

Tabla 2-4: Características Principales cámara termográfica FLUKE Tl25..... 35

Tabla 3-1: Costo de tarea de Flushing..... 54

Tabla 3-2: Costo de tarea de cambio de correa 55

Tabla 3-3: Costo de tarea de cambio de lubricante 55

Tabla 3-4: Costo de tarea de engrase de rodamientos 56

SIGLAS Y SIMBOLOGÍA

SIGLAS

ISO: International Organization for Standardization

ASTM: American Society of Testing Materials

IVA: Impuesto de valor agregado

SIMBOLOGÍA

±: Símbolo matemático que se emplea a menudo para indicar la precisión de una aproximación.

°C: Grados Celsius

[Min]: Símbolo de la unidad de tiempo minuto

[M]: Símbolo de la unidad de longitud metro

[Mm]: Símbolo de la unidad de longitud milímetro

[ml]: Símbolo de la unidad de mililitro

[Lts.]: Símbolo de litro, unidad de volumen.

[A]: Unidad de intensidad de la corriente eléctrica del Sistema Internacional, denominada Ampere

[V]: Unidad derivada del Sistema Internacional para el potencial eléctrico, la fuerza electromotriz y tensión eléctrica, denominada Volt

[Hz]: Unidad de frecuencia Hertz, del Sistema Internacional

[W]: Símbolo de la unidad de potencia Watts, del Sistema Internacional

[Kg]: Símbolo de la unidad de kilogramo

cSt: Centistokes, unidad de viscosidad cinemática.

μ: Prefijo del Sistema Internacional “micro” que indica un factor de 10^{-6}

INTRODUCCIÓN

Este documento, corresponde a un trabajo aplicado realizado en el taller mecánico, en dependencias del Departamento de Mecánica, de la Universidad Técnica Federico Santa María, Sede de Viña del Mar. En este lugar se encuentran diferentes máquinas, como el torno, fresadora y rectificadora; también herramientas cortantes y no-cortantes.

El taller mecánico es el área de trabajo donde el docente y los alumnos se vinculan a diario para realizar las actividades de las asignaturas. Para que esto se cumpla, el taller debe funcionar en su totalidad, pues la programación de mantenimientos debe ser con anticipación, para no afectar las actividades que se realizan dentro de este lugar. Se aplicarán distintas técnicas de mantenimiento, principalmente pruebas no destructivas.

Es importante que las máquinas deban funcionar en buenas condiciones y de forma segura, para ello existe el mantenimiento y el monitoreo de condición. Las técnicas de monitoreo se dirigen a la medición de variables que indican la condición de la máquina y estudia la evolución de los parámetros definidos en función del tiempo, y por medio de un análisis, se efectúa la comparación de los valores de un rango normal, para determinar si se encuentra en buen estado o está en deterioro. Se debe identificar todos los elementos integrados en la máquina, con el fin de evaluar la condición. La información recopilada será útil para en un futuro, implementar acciones en mantenimiento preventivo o predictivo.

OBJETIVOS

Objetivo general

- Analizar la condición mecánica de la Fresadora Horizontal INDUMA FU3 Universal en el Taller Mecánico, por medio de técnicas de análisis sintomático, para la definición futuras acciones de mantenimiento.

Objetivos específicos

- Identificar componentes asociados para la máquina Fresadora, mediante recopilación de información técnica para la definición de tareas de inspección de su condición mecánica.
- Evaluar la condición mecánica de la máquina Fresadora, mediante la aplicación de técnicas asociadas al mantenimiento predictivo, para la determinación del estado del activo.
- Generar procedimientos de tareas de mantenimiento, por medio de herramientas del control y aseguramiento de la calidad, para estimación de costos de las tareas definidas.

**CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES, DESCRIPCIÓN DE LA
MÁQUINA Y TAREAS DE INSPECCIÓN**

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1 ENTIDAD

El trabajo de título se realiza en la Universidad Técnica Federico Santa María – Sede José Miguel Carrera, la cual está ubicada en la Avenida Federico Santa María #6090, Canal Chacao, Viña del Mar. Su casa central se encuentra en Valparaíso, además, posee otras casas de estudio en San Joaquín, Vitacura, Rancagua y Concepción.

1.1.1 Descripción de la Sede

La sede José Miguel Carrera fue creada en 1971 a continuación de la escuela de Artes y Oficios, fundada por la voluntad mediante el testamento del filántropo Federico Santa María. Actualmente la casa de estudios cuenta con 2.800 alumnos en las carreras de técnicos universitarios, programas de ingeniería y programas de diplomas. La Universidad está conformada por las siguientes Unidades Académicas:

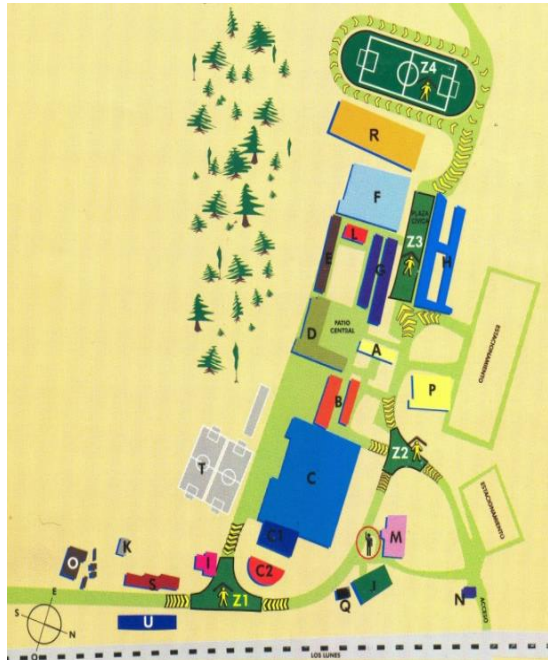
- Departamento de Ciencias
- Departamento de Construcción y Prevención de Riesgos
- Departamento de Electrotécnica e Informática
- Departamento de Mecánica
- Departamento de Química y Medio Ambiente

Siendo el Departamento de Mecánica el que tiene mayor relevancia, pues la mayoría de los alumnos de la Universidad están matriculados en distintas especiales, conformada con siete carreras. Además, las dependencias del Departamento están conformada por los siguientes Talleres y Laboratorios:

- Taller de Tecnología de Materiales
- Taller de Mantenimiento
- Taller Mecánico
- Taller CNC
- Taller Neumático

- Taller Oleo-hidráulico
- Taller de Minería
- Taller de Computación

El Taller Mecánico se ubica en el Departamento de Mecánica desde que existe la Sede, el cual se ubica en el edificio C de la Universidad, el cual se muestra en la Figura 1-1.



Fuente: <http://www.elo.jmc.utfsm.cl>

Figura 1-1: Mapa de la Sede José Miguel Carrera

Dentro de este lugar se pueden encontrar múltiples herramientas de amplio uso, que en ocasiones realizan los trabajos que las máquinas no pueden, algunas de ellas son: lima, alicate, destornilladores, martillos, sierras, llaves, entre otros. Por otro lado, también existen distintos instrumentos que son aparatos de medición y control, en función de la magnitud mide: longitud (cinta métrica, pie de metro, micrómetro, etcétera) o ángulos (goniómetro), etcétera. Por último, están presentes distintas máquinas, como el torno, taladro, rectificadora y fresadora, siendo esta última, la que será estudiada a lo largo de la investigación.

1.2 **MARCO GENERAL**

En el Taller Mecánico es donde se imparten asignaturas prácticas como Taller de Máquinas-Herramientas o Procesos de Arranque por Viruta; ciclo en los cuales los alumnos aprenden a utilizar máquinas para la fabricación de piezas. En base a las horas de trabajo en el Taller, las máquinas son constantemente utilizadas para distintas actividades, pues de acuerdo a la planificación semestral, ingresan las siguientes carreras del Departamento de Mecánica:

- Técnico Universitario en Mantenimiento Industrial
- Técnico Universitario en Mecánica Industrial
- Técnico Universitario en Diseño y Producción Industrial en Moldes y Matrices
- Ingeniería de Ejecución en Mecánica de Procesos y Mantenimiento Industrial

Esto implica, que durante el semestre, estos activos permanecen en servicio cerca de 48 horas semanales, ya que el horario desde que comienza a operar el Taller durante Lunes a Sábado es a las 8:00 horas; por otro lado, el horario estimado para que el Taller deje de funcionar, es en promedio a las 19:00 horas de lunes a viernes.

1.3 **PROBLEMÁTICA**

Dentro del Taller Mecánico, las tareas básicas de mantenimiento que se realizan son: la limpieza superficial de viruta, relleno y cambio de aceite sin una frecuencia definida. Por otro lado, tampoco se aplica la mantención recomendada por el fabricante. Esto puede significar un riesgo potencial de falla, los cuales podrían afectar en la operación de las asignaturas, incluso durante el semestre

Se desconoce el estado de los elementos mecánicos integrados en un sistema, ya que pueda impactar en la reprogramación de los talleres, sumando a la adquisición de insumos para realizar las actividades. Es evidente que no existen procedimientos establecidos de tareas ni programación del mantenimiento, ya sea rutas de inspección y monitoreo. Por ello, surge la necesidad de aplicar las herramientas sintomatológicas, pues es fundamental para un funcionamiento seguro de una máquina. Pese a la poca mantención de la fresadora, actualmente la máquina se encuentra operando.

1.4 **JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO**

Debido a la poca certeza de la condición mecánica de los componentes y los subsistemas que conforman la máquina, además de la poca mantención que se realiza en el Taller. Este trabajo aplicado se justifica bajo los siguientes factores, los cuales son:

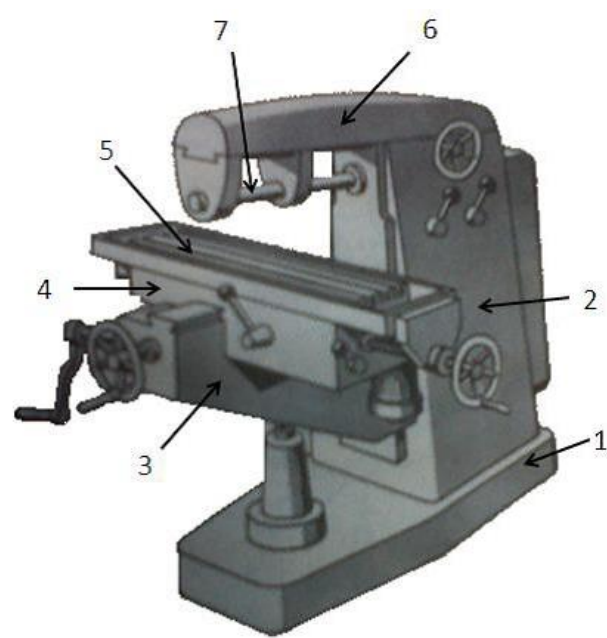
- Disponibilidad: debido a que es una de las máquinas que no tiene tantas horas de uso dentro del Taller, es posible intervenir el equipo sin afectar la programación de la asignatura.
- Variabilidad de herramientas: es posible que esta máquina trabaje a bajas y altas velocidades, ya que en su eje porta-herramienta se pueden montar fresas, brocas y carburo de tungsteno. Se pueden realizar trabajos ya sea para acabado superficial o desbaste.
- Mecanizados: las operaciones que realiza son diversas, siendo principal la actividad la elaboración de ruedas dentadas rectas, ruedas dentadas tangenciales y aplanados.
- Precisión: la fresadora tiene integrado un panel digital que permite observar con mayor precisión al operador, las coordenadas de los ejes de trabajo, los cuales son X, Y y Z.

1.5 **LA MÁQUINA FRESADORA**

Las fresadoras son máquinas que realizan trabajos de mecanizados por arranque de viruta, a través del movimiento de una herramienta rotatoria, llamada fresa. Sirve para mecanizar diversos materiales, principalmente acero, además se desplaza de tal manera que pueda fabricar piezas complejas, como ruedas dentadas, superficies planas o curvas, de ranura, entre otros, por lo que han sido máquinas de una gran ayuda en el trabajo industrial. Es una máquina de fácil operación, alta precisión, buena rigidez y es adecuada no solo para la producción de una sola pieza, sino también para la producción por lotes.

El proceso del fresado, consiste en el desprendimiento de viruta en operaciones, el cual realiza dos movimiento, uno de corte, y otro de avance. El movimiento principal o de corte, lo hace la herramienta que gira respecto a su propio eje. El movimiento secundario o de avance, lo posee la pieza y trabaja en tres ejes (transversal, longitudinal y vertical). Esta máquina consta de una columna, donde una fresa cilíndrica es soportada en un extremo y en el otro por un rodamiento.

Las máquinas fresadoras en general son de la misma estructura, sus partes y funciones se describen en la Figura 1-2 y en la tabla que aparece bajo esta.



Fuente: <http://studylib.es/doc/6782594/fresadora>

Figura 1-2: Partes principales de la Fresadora

Tabla 1-1: Partes de la fresadora en general

Número	Nombre de parte
1	Base: Zona de apoyo en el suelo de la máquina
2	Columna: Estructura de gran robustez, que integra los sistemas de la máquina para su operación., contiene guías para el movimiento de la consola, y mandos para el accionamiento y control de la máquina.
3	Ménsula: Cuerpo vertical que mediante las guías, se acopla al cuerpo de la fresadora.
4	Carro transversal: Es la parte que permite que la pieza a mecanizar se mueva sobre los tres carros, es decir, transversal, longitudinal y vertical.
5	Mesa: Parte donde se ubica pieza a mecanizar se puede operar de forma automática y/o manual en tres direcciones.
6	Puente: Elemento móvil que sostiene eje porta-herramientas
7	Husillo: Parte que sostiene la herramienta de corte y que entrega su respectivo movimiento.

Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Fresadora>

De acuerdo a las fresadoras, se dividen en tres tipos:

- Fresadora Vertical: El husillo porta-fresas es vertical, tiene movimientos de la mesa tipo longitudinal, transversal y vertical de tipo automático.
- Fresadora Horizontal: Consiste de una bancada vertical, a lo largo de cuyas caras se desplaza un cuerpo llamado ménsula, sobre la cual, a su vez se mueve un carro porta-mesa, que soporta la mesa de trabajo en la que se fija la pieza que se ha de fresar. En la zona superior de la bancada, se ubican los cojinetes, sobre los que gira eje principal, que a su vez puede ser prolongado por un eje porta fresa; esta máquina se llamada fresadora universal cuando su mesa o carro transversal puede girar alrededor de un eje vertical y al menos tener un movimiento de tipo automático (longitudinal).
- Fresadora Mixta: El husillo es orientable en cualquier sentido, o bien, tienen la posibilidad de montar un cabezal vertical u horizontal, su posición se determina mediante dos círculos graduados.

1.5.1 Descripción de la Fresadora INDUMA

La fresadora del Taller Mecánico fue adquirida el año 2015 a través de la carrera de Técnico Universitario en Mecánica Industrial, con el fin de reducir el tiempo de trabajo y al momento de realizar actividades prácticas durante las clases. En la figura 1-2 aparece la estructura completa de la fresadora. Las características técnicas de la fresadora INDUMA FU3, se puede encontrar en el anexo 1-1 del documento.

La versatilidad que tiene esta máquina, es que se puede montar dos cabezales, tanto vertical como horizontal, es decir, es una fresadora universal. Esto ha beneficiado en actividades del Taller, ya que muchas operaciones que se realizaban en el Taller de Mecánica de Banco, fueron reemplazadas por el uso de esta máquina, ya que es posible trabajar con la herramienta de corte de manera frontal y tangencial.

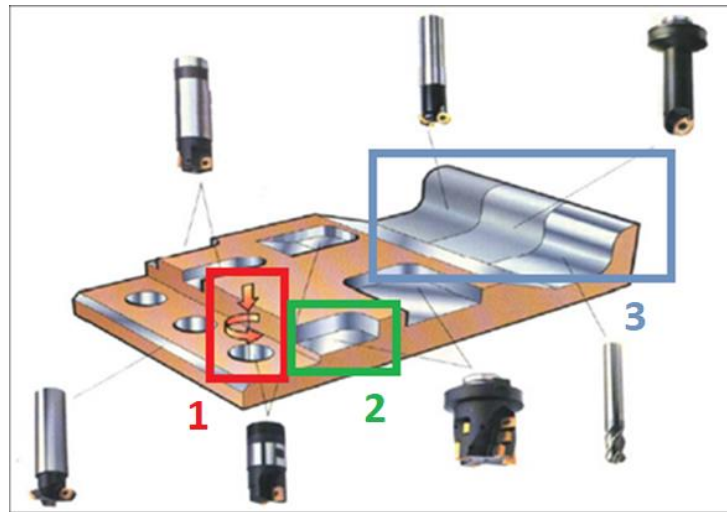


Fuente Elaboración propia

Figura 1-3: Máquina Fresadora INDUMA

1.5.2 Operaciones de la fresadora

Las máquinas fresadoras han sido de gran ayuda en el trabajo industrial debido a las diferentes piezas que pueden fabricar con un mejor acabado, algunas de estas operaciones básicas que realiza la fresadora, se representa en la figura 1-4.



Fuente: <https://image.slidesharecdn.com>

Figura 1-4: Tipos de operaciones realizadas con la fresadora

- Perforado (1): Estas operaciones se realizan habitualmente en las fresadoras con muy buena precisión y con herramientas adecuadas en función del trabajo que se desea realizar.
- Planeado (2): Para esta operación se utilizan generalmente fresas de planear de plaquitas intercambiables de metal duro, se utiliza fresa frontal.
- Mecanizados complejos (3): Este tipo de operación se origina por la demanda de mecanizados de precisión y altas velocidades de corte, por lo que se utiliza una herramienta de carburo de wolframio, conocida como widia.
- Avellanados: Es una operación donde se utiliza una fresa de punta cónica, para crear superficies biseladas.
- Escariados: Es un proceso que se aplica cuando se desea agrandar un diámetro previamente perforado, con el fin de obtener las tolerancias dimensionadas que se desea y a la vez, tener un buen acabado superficial.

Durante el fresado pueden aparecer una serie de problemas habituales que dificultan la calidad de las operaciones de fresado, las más comunes son el desgaste del filo de corte, virutas largas, rotura de dientes, deformación plástica de la herramienta de corte, entre otros.

Además, se debe tener presente los riesgos asociados al operar la máquina, ya que el operador está expuesto a atrapamientos de engranajes o correas, golpes o proyección de partículas al cuerpo, cara o extremidades, debido a los elementos cortantes. Dentro del Taller se ha establecido un protocolo de seguridad, el cual consiste en una charla de seguridad de prevención de riesgos y los procedimientos a realizar en caso de accidente. El operador de esta máquina debe tener en conocimiento los elementos de protección personal, que son indispensables para realizar trabajos. Por otro lado, debe tener en cuenta las zonas de trabajo que se deben limpiar y ordenar cada vez que finaliza una actividad dentro del Taller.

1.5.3 Sistemas integrados en la fresadora

La refrigeración, lubricación y electricidad son sistemas que integran la máquina fresadora. En este caso, la puesta en marcha de los elementos mecánicos, por un lado, se debe lubricar las superficies que estén en contacto, en este caso, los engranajes del sistema de lubricación, como también las piezas a mecanizar utilicen con refrigerante, para mantener estable la temperatura de trabajo. Los sistemas más importantes son los de refrigeración y lubricación, ya que en la puesta en marcha de los elementos mecánicos, por un lado, se debe lubricar las superficies que estén en contacto, y así mismo, disipar el calor.

1.5.3.1 Sistema de lubricación

El sistema de lubricación que utiliza esta máquina, cuenta con dos tanques de almacenamiento de aceite. Estos dispositivos, tienen como fin garantizar que la cantidad de lubricante, sea adecuado para todos los elementos de la máquina, en el caso de la fresadora: la caja de avance, los rodamientos, cojinetes de árboles y ejes. El sistema consiste en una caja de cambios de velocidades, de manera que con la manipulación de las palancas se alcanzan distintas velocidades de avance del carro porta-pieza. Esta caja tiene un baño de aceite, y su estructura consta de una serie de engranajes, que conecta el movimiento con el cabezal.

En el estanque principal, el proceso de lubricación se inicia cuando el aceite es succionado del fondo de la caja y pasa a través de un filtro para la bomba de aceite. Posteriormente, el aceite es impulsado hacia dentro de la tapa trasera del eje principal y tubo distribuidor, pasando por los rodamientos del eje de entrada, el eje principal y grupo reductor. Finalmente, por medio de canales, el aceite es conducido a los rodamientos. Las guías, las piezas del tornillo de avance y la tuerca para la alimentación se lubrican centralmente mediante una bomba manual, por lo que es fácil de operar. Al ser una unidad cerrada, trabaja con una gran variedad de velocidades, cargas y temperaturas.

La lubricación es por salpicadura, ya que el aceite que se encuentra en el cárter, se envía mediante una bomba a las zonas de lubricación de la caja de velocidades, pasando por el filtro. Por otra parte, también está presente la lubricación por goteo, la cual consiste en un recipiente, similar a una botella invertida, ya que con esto, la capa límite de aceite puede llegar a zonas de difícil acceso, especialmente en los engranajes ubicados en la zona superior de la caja reductora. En la Figura 1-5 se ve con mayor detalle el sistema de lubricación.



Fuente: Elaboración propia

Figura 1-5: Detalle de sistema de lubricación y tuberías

Respecto al husillo de la mesa y las guías de la ménsula, también cuenta con su sistema de lubricación, que es mediante bombeo manual, utilizado generalmente cuando se realizan operaciones de mecanizado en altas cargas. Esto se debe realizar, ya que la máquina puede ser programada para que realice los movimientos de la mesa de forma automática, facilitando el trabajo al operador. Esta bomba manual utiliza un filtro de membrana.

Para mayor detalle del sistema de lubricación, ver el anexo 1-2.

1.5.3.2 Sistema de transmisión

La máquina cuenta con dos sistemas de transmisión mecánica, uno compuesto por engranajes y otro por correa; pues estos se encargan de intercambiar la energía mecánica a transmisión hidráulica, lo que genera movimientos, en este caso, en los engranajes.

Este sistema cuenta con un embrague de seguridad, el cual garantiza que la máquina no sufra daños cuando ocurra un corte por sobrecarga. El motor eléctrico hasta el husillo principal, mediante poleas y correas, transmiten su movimientos a una caja de velocidades, compuesta por ruedas dentadas, a su vez el movimiento también se transmite a la caja de avances, lo que otorga desplazamientos automáticos a los carros (ménsula, transversal o mesa). La ventaja de la transmisión de potencia por medio de engranajes, es que transmite mayores fuerzas tanto a altas

como a bajas velocidades, por lo que tiene un buen rendimiento. Esto se debe a que la relación de giro que existe entre el piñón conductor, es decir, la rueda que inicia movimiento; y la rueda conducida, puede ser reductora o multiplicadora de velocidad.

El otro sistema de transmisión de potencia es mediante correas como aparece en la Figura 1-6, mecanismo el cual consiste en una correa sin fin de material flexible, que se acopla a dos poleas. En este caso, la polea motriz es la que transmite el movimiento, desde el motor eléctrico; por otra parte, la polea movida, recibe el movimiento.



Fuente: Elaboración propia

Figura 1-6: Transmisión de potencia por correa

La ventaja de la transmisión de potencia por medio de engranajes, es que transmite mayores fuerzas tanto a altas como a bajas velocidades, por lo que tiene un buen rendimiento. Esto se debe a que la relación de giro que existe entre el piñón conductor, es decir, la rueda que inicia movimiento; y la rueda conducida, puede ser reductora o multiplicadora de velocidad.

El motor eléctrico hasta el husillo principal, mediante poleas y correas, transmiten su movimientos a una caja de velocidades, compuesta por ruedas dentadas, a su vez el movimiento también se transmite a la caja de avances, lo que otorga desplazamientos automáticos a los carros (ménsula, transversal o mesa). En la Tabla 1-2 se describen las características técnicas del reductor.

Tabla 1-2: Características técnicas del reductor

Potencia	5,5 HP ~
Relación de transmisión	$Z1 \times n1 = Z2 \times n2$
Velocidad RPM	35 – 1200

Fuente: Manual de Fresadora INDUMA

1.5.3.3 Sistema de refrigeración

Un sistema de refrigeración combina elementos mecánicos que utilizan de una manera óptima las propiedades termodinámicas de la materia para trasladar energía térmica en forma de calor. En este caso, está diseñado para disminuir la temperatura al momento de realizar mecanizados. La fresadora dispone de un sistema propio de refrigeración, para mantener la temperatura de sus elementos dentro de valores admisibles para su operación. La mejora de las propiedades de los fluidos. La eficacia del refrigerante se ve perjudicada cuando se aumenta la velocidad de corte.

La bomba de refrigeración que aparece en la Figura 1-7, en la base puede suministrar varios refrigerantes para herramientas de enfriamiento, utilizados en funcionamiento, con una capacidad de 25 L/min. El refrigerante en la base se acciona presionando el interruptor de la bomba de refrigerante en la caja eléctrica, además, se puede ajustar la boquilla. El refrigerante se distribuye por el flujo de herramientas hacia el tubo de retorno, mediante las ranuras de la mesa, luego regresa el material en la base por filtración. Este es un proceso de circulación de enfriamiento para las herramientas.



Fuente: Elaboración propia

Figura 1-7: Bomba del sistema de refrigeración

1.5.3.4 Sistema eléctrico

Respecto a la tecnología usada en el motor eléctrico, se puede mencionar que tiene una fuente de alimentación de 12 (A) y de 24 (V) y pulsadores para finales de carrera. El motor principal convierte la energía eléctrica en energía mecánica, luego este la transfiere a la caja de velocidades, la cual a la misma vez, transmite al husillo mediante los engranajes y árboles de ruedas dentadas; por último, la energía mecánica pasa del husillo a la fresa. En la tabla 1-3 se detalla las características técnicas del motor eléctrico del sistema.

Tabla 1-3: Características del motor eléctrico de fresadora

Voltaje	380 (V)
Frecuencia	50 (Hz)
Fase	3
Intensidad de corriente	12 (A)
Grado de protección	IP54

Fuente: Manual fresadora INDUMA

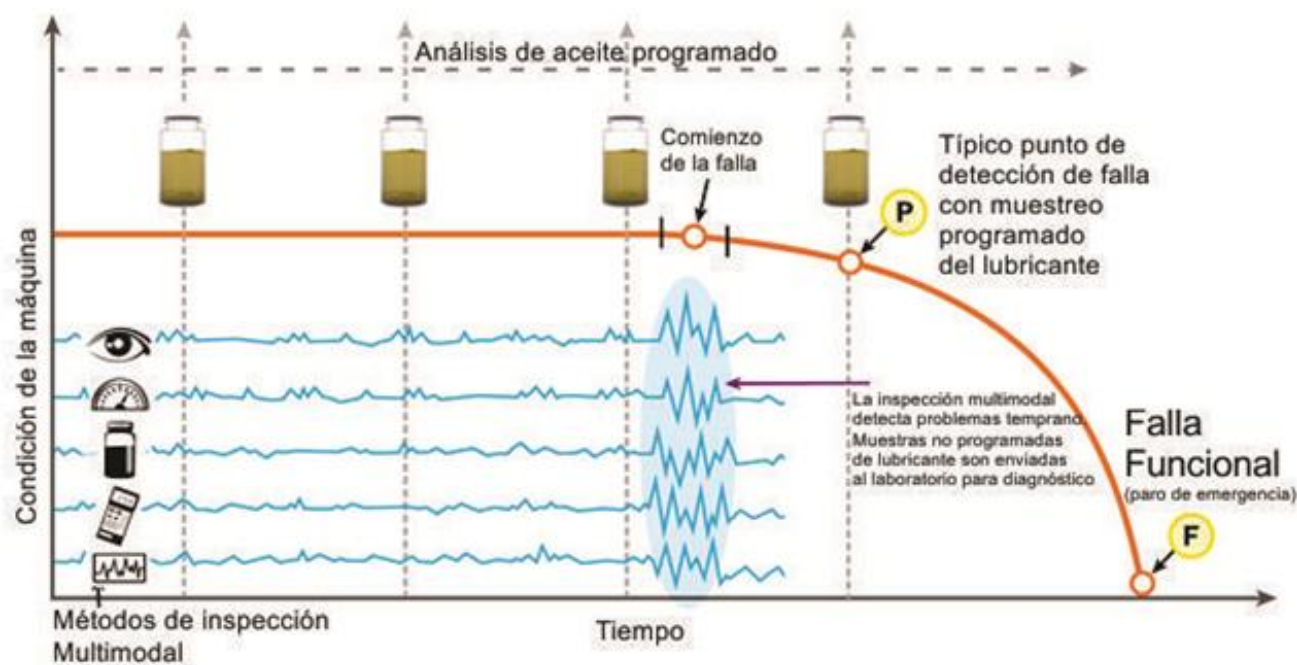
1.6 TAREAS DE INSPECCIÓN

Para realizar el monitoreo de condición mecánica, es necesario establecer las tareas y rutas de inspección para el análisis. Principalmente serán ensayos no destructivos, por lo que se utilizarán técnicas del mantenimiento predictivo, ya que es posible detectar síntomas prematuros de desperfectos en maquinaria industrial, tiempo antes de que ocurra la falla operacional. Las herramientas que se utilizarán son las siguientes:

1.6.1 Análisis de lubricante

Las técnicas modernas de análisis de aceite se usan hoy en día, no solo para evaluar la condición de los lubricantes, pues también sirve para evaluar la condición de la maquinaria. El análisis de lubricantes es una técnica complementaria de mantenimiento predictivo a la termografía y análisis de vibraciones. Es una de las herramientas más económicas para el diagnóstico del estado de un lubricante, ya que se puede establecer la frecuencia del cambio de

aceite y asegurara el lubricante adecuado para el equipo. Las variables para realizar un análisis de aceite programado, se muestra en la Figura 1-8.



Fuente: <http://noria.mx/lublearn>

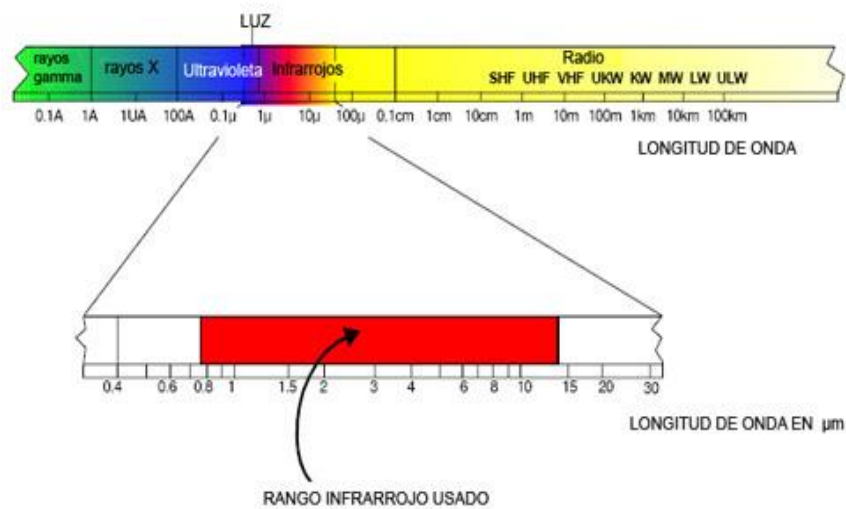
Figura 1-8: Análisis de aceite programado en mantenimiento preventivo

Usando el análisis de aceite para el monitoreo de la condición de la maquinaria los problemas relacionados con el tipo de aceite, su degradación o por contaminación. Además por problemas en la condición mecánica de la máquina, por ejemplo si está desbalanceada, sobrecalentada, entre otros. Para conocer el estado del aceite se deberá implementar un programa de análisis de aceite, es importante seleccionar las pruebas que permitan detectar anomalías en el aceite.

1.6.2 Análisis con cámara termográfica

Es una técnica de monitoreo de condición, para la detección de fallas en función de la temperatura de los componentes. Los cambios de temperatura son parámetros en el control de equipos y, dado que la termografía no necesita contacto, se puede medir rápidamente la temperatura de los equipos sin interrumpir su funcionamiento.

A diferencia de un termómetro por infrarrojos que solamente captura temperatura en un solo punto, una cámara termografía captura el perfil de temperatura de un objeto completo como una imagen bidimensional. El funcionamiento de la cámara se basa en la radiación infrarroja, la cual corresponde a un tipo de radiación electromagnética y térmica, como sale en la Figura 1-9.



Fuente: Elaboración propia

Figura 1-9: Rango infrarrojo utilizado en la termografía

Como se muestra en la figura anterior, este tipo de radiación no puede ser vista por el ojo humano, pero todos los objetos emiten una radiación infrarroja, lo que puede variar dependiendo de la temperatura y propiedad de la superficie de los cuerpos, llamada "emisividad".

La norma ISO 18343 proporciona información sobre la termografía, para identificar y registrar anomalías, con la finalidad de monitorear la condición de una máquina. Las anomalías pueden ser causa generalmente por problemas de desgaste mecánico, entre otros. Las cámaras termográficas también pueden almacenar imágenes anteriores y actuales para poder realizar una comparación, tanto o componentes importantes o una superficie de la unidad.

Algunas de sus aplicaciones en la industria son: Sistemas mecánicos, sistemas a vapor, sistemas electro-mecánicos, construcciones, etcétera. Las mediciones son capaces de detectar un problema antes que se produzca el desperfecto, además de explorar grandes áreas rápidamente y se pueden aplicar a casi todos los tipos de equipos y condiciones. Es necesario que las inspecciones termográficas se programen durante periodos de máxima carga posible. Se debe chequear los rodamientos y acoples. El equipo tiene una gama para detectar una mínima diferencia de temperatura de 1° a 30° C, por lo que debería detectar radiación emitida y convertir la radiación detectada en una fotografía térmica (termografía).

1.6.3 Análisis de vibraciones

La medición y análisis usando vibraciones es una muy buena forma de análisis no destructivo, en conjunto con otras técnicas, en todo tipo de industrias como técnica de diagnóstico de fallas y evaluación de la integridad de máquinas y estructuras. Las vibraciones pueden ser causadas por varias condiciones, que pueden actuar por separado o en combinación. Se debe tener en cuenta que los problemas relacionados con las vibraciones pueden estar ocasionados por equipos auxiliares y no solo por el equipo básico.

Un espectro de vibración es una imagen de cálculo de datos que nos muestra los datos de frecuencia/ amplitud. La frecuencia ayuda a determinar el origen de la vibración, mientras que la amplitud ayuda a determinar la severidad del problema.

Por lo general las causas de las vibraciones residen en problemas mecánicos, por ejemplo: desbalanceo de elementos rotativos, desalineación en acoplamientos, engranajes desgastados o dañados, rodamientos deteriorados, distorsión de carcasa, entre otros. Estas causas generan fuerzas que varían de dirección o de intensidad, dichas fuerzas son debidas al movimiento rotativo de las piezas de la máquina, sin embargo, cada uno de los problemas se detectan estudiando las características de la vibración.

1.6.4 Herramientas complementarias

Para realizar el análisis, se utilizarán las siguientes herramientas complementarias. En el caso para el análisis con la cámara termográfica, se requiere el uso adicional del pirómetro infrarrojo, ya que esta herramienta ayudará a la configuración de emisividad para obtener las termografías

Por otra parte, se utilizará la cámara boroscopio para hacer una inspección visual a las zonas la caja reductora que son de difícil acceso.

CAPÍTULO 2: ANÁLISIS DE CONDICIÓN MECÁNICA

2. ANÁLISIS DE CONDICIÓN MECÁNICA

2.1 ENSAYOS

Se realiza para conocer el estado actual de una máquina, por lo que puede servir como antecedente para la planificación de una mantención. Los ítems que se pueden mantener son los siguientes, de acuerdo a las tareas de inspección que se pueden realizar en la fresadora, como se muestra en la Tabla 2-1. Esto se determinó por medio de la clasificación de los sistemas integrados de esta máquina.

Tabla 2-1: Tareas de inspección a subsistemas de la fresadora

SISTEMA DE LUBRICACIÓN	CAJA REDUCTORA	INSPECCIÓN VISUAL
		ANÁLISIS DE ACEITE
SISTEMA DE TRANSMISIÓN	ENGRANAJES	INSPECCIÓN VISUAL
	RODAMIENTOS	ANÁLISIS DE VIBRACIONES
	EJE	CÁMARA TERMOGRÁFICA

Fuente: Elaboración propia

2.1.1 Inspección con cámara boroscopio

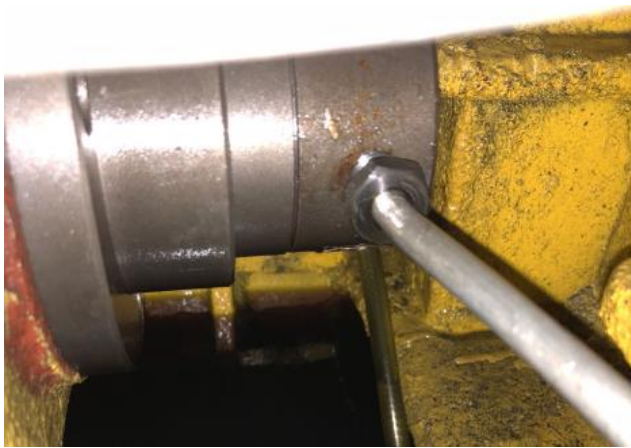
Se realiza una inspección visual mediante la cámara boroscopio mostrada en la Figura 2-1, para ver el estado de los componentes internos de la caja reductora. Esto se debe a que la zona es que difícil acceso y se requiere una cámara con tubo flexible, por la estructura compleja del sistema de transmisión.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-1: Cámara boroscopio con tubo flexible

Para realizar esta tarea de inspección, se debe conectar el cable flexible a la cámara, después encender la cámara, mediante el botón ON/OFF. Se inserta la cámara a través del ducto o zona que se desea ver, y se enciende la luz en caso de que el lugar sea muy oscuro o de difícil acceso.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-2: Inspección con cámara de celular



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-3: Inspección con cámara boroscopio

De acuerdo a lo observado en las Figuras 2-2 y 2-3; se puede notar que la caja de velocidades por dentro tiene una pintura de color aparentemente amarillo y alrededor desgastado, que puede ser producto del desprendimiento de esta pintura, o el lubricante puede estar contaminado, por lo que genera un fenómeno conocido como corrosión. Además se observan lacas pegadas en las superficies de la caja reductora, por lo que se recomienda realizar un Flushing de forma inmediata.

2.1.2 Análisis de lubricante

Se realiza análisis de aceite como herramienta complementaria a la inspección con la cámara boroscópica y la cámara termográfica. Para esto, se establece un programa con los procedimientos de muestreo e identificar la condición del lubricante. Esto es necesario para las máquinas que cuenten con un sistema de transmisión de engranaje, que trabajen a distintas velocidades.

2.1.2.1 Selección de análisis y laboratorio

Por recomendaciones por el profesor guía de la investigación y la asignatura de Tribología, se eligió el laboratorio de Mobil, debido a que la información que proporcionan sus análisis, son de mucha confiabilidad, como se muestra en el Anexo 2-2. En base a las

características generales que se conocen del sistema de lubricación, se seleccionan los siguientes análisis para estudiar el lubricante:

- **Residuos de carbón Conradson** (% en peso): Método ASTM D189/D524
- **Agua y sedimentos** (%): Método ASTM D95/96
- **Viscosidad a cSt@40 y cSt@100°C**: Método ASTM D88/D445. Para evaluar el espesor de la película de un lubricante.
- **Índice de Viscosidad**: Método ASTM D567. Para evaluar el cambio de las propiedades del lubricante y su comportamiento a variadas temperaturas.
- **Número Ácido Total (TAN)** (mgrKOH/gr.ac.us.): Método ASTM D664. Revela el grado de oxidación de aceite que fue usado. Se aplica solo para aceites de uso industrial. Este análisis es ideal para determinar en qué momento cambiar el lubricante o detectar elevadas temperaturas de funcionamiento.
- **Conteo de partículas** (μm): Método ISO 4406. Mide la limpieza del aceite, cuyas partículas se reportan por 1 ml. de fluido

2.1.2.2 Procedimiento para muestreo de aceite

Para realizar este muestreo se requiere: bomba de succión al vacío, tubos flexibles para extracción y frascos plásticos rotulados para almacenar aceite. Se debe asegurar que los tubos utilizados con las bombas son los correctos y nuevos para cada muestra. Ya que el uso de tubos usados, van a alterar los resultados de las muestras. Este procedimiento se debe realizar con mucha precaución, ya que se puede raspar el tanque o el tubo para realizar la extracción. Los elementos utilizados para el muestreo son una bomba de vacío, tubos flexibles y frascos herméticos, que aparecen en la Figura 2-4; 2-5 y 2-6.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-4: Bomba de muestreo para aceite



Fuente: Elaboración propia

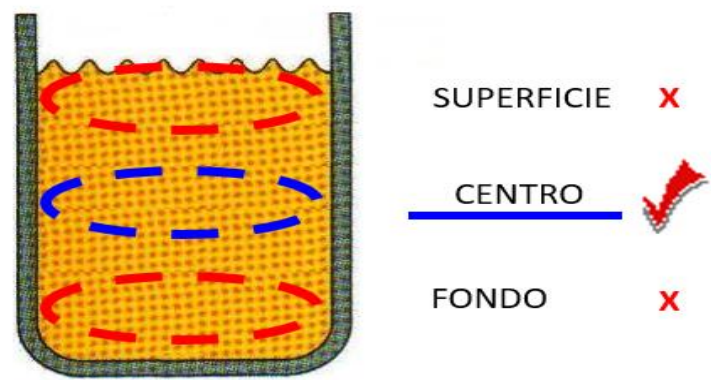
Figura 2-5: Tubos de plástico flexibles para muestreo de aceite



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-6: Frasco con tapa para muestreo de aceite

Para continuar con el procedimiento de muestreo, se debe tener en cuenta los puntos del estanque donde se obtener la muestra. Se prefiere el centro del depósito, ya que en el fondo puede haber una mayor cantidad de partículas contaminantes y desgaste, lo que puede alterar el resultado, como se representa en la figura 2-7.



Fuente: Mobil Oil Analysis

Figura 2-7: Punto de obtención de muestra en estanque

Para realizar la toma de la muestra, es necesario seguir cada paso para asegurar una buena obtención de esta, ya que algún error podría alterar los resultados de la muestra y los resultados no serían significativos para determinar el estado del lubricante. Por ello, se detalla a continuación el paso a paso para un muestreo de aceite con las figuras correspondientes.

Paso 1: Abrir caja con los elementos para realizar el muestreo, el cual contiene: dos tubos plásticos en una bolsa, dos frascos plásticos con tapas, una bomba de vacío y dos rótulos para las respectivas muestras.



Fuente: Mobil Assistance Oil Analysis

Figura 2-8: Bomba, frasco y tubos para muestreo de aceite

Paso 2: Abrir bolsa plástica, sacar manguera e introducir frasco de muestreo interior bolsa



Fuente: Mobil Assistance Oil Analysis

Figura 2-9: Representación de procedimiento

Paso 3: Destapar frasco dentro de bolsa plástica



Fuente: Mobil Assistance Oil Analysis

Figura 2-10: Representación de procedimiento

Paso 4: Colocar y ajustar la bomba de vacío en frasco



Fuente: Mobil Assistance Oil Analysis

Figura 2-11: Representación de procedimiento

Paso 5: Introducir alguna punta de la manguera en la bomba, posteriormente se aprieta la tuerca de retención para evitar fugas.



Fuente: Mobil Assistance Oil Analysis

Figura 2-12: Representación de procedimiento

Paso 6: De forma horizontal, se genera el vacío sacando el cilindro, comenzando el bombeo de aceite hacia el frasco. El contenido de aceite debe ser de al menos un 75% o 125 mL.



Fuente: Mobil Assistance Oil Analysis

Figura 2-13: Representación real de muestreo de aceite

Paso 7: Desconectar la bomba y tapar inmediatamente el frasco, para evitar que agentes externos contaminen la muestra.



Fuente: Mobil Assistance Oil Analysis

Figura 2-14: Representación de procedimiento

Paso 8: Rotular las muestras de lubricante, enguinar y guardar en la caja facilitada por el laboratorio, para evitar filtraciones.



Fuente: Mobil Assistance Oil Analysis

Figura 2-15: Representación de procedimiento para sellado

Paso 9: Colocar los frascos en la bolsa que viene en la caja y sellar esta, para su posterior envío a dependencias del laboratorio Mobil de Quintero.



Fuente: Mobil Assistance Oil Analysis

Figura 2-16: Paquete para muestra de laboratorio

2.1.2.3 Envío de muestra

Después se introducen los frascos en las bolsas plásticas y en la caja, con las solicitudes correspondientes y sellar la caja, para su posterior envío. La muestra del lubricante, debe ser rotulada, para notificar al laboratorio la información pertinente sobre la máquina para agilizar el diagnóstico, por lo que se elabora una ficha técnica con la información que aparece en la Tabla 2-2.

Tabla 2-2: Ficha técnica de muestra de aceite

Muestra N°1
Equipo: Fresadora INDUMA
Número de frasco: 88075
Lubricante: Shell Morlina 220
Fecha de muestreo: 24/05/2018
Fecha de recepción: 25/05/2018
Fecha de informe: 25/05/2018
Horas de operación: 1.600 hrs.~
Tipo de lubricación: Salpicadura y goteo
Tipo de componente: Caja reductora de velocidades
Temperatura de operación: 15°C ~

Fuente: Elaboración propia

2.1.2.4 Resultados de análisis de lubricante

En base a los resultados obtenidos en el análisis, se puede interpretar mucha información, principalmente sobre las partículas de la muestra y la condición en que se encuentra el aceite. El informe detallado se encuentra en el Anexo 2-3, el cual fue emitido por el laboratorio de Mobil el día 25 de mayo del 2018.

A) Partículas de desgaste y contaminantes:

Cobre (Cu): puede indicar problemas en las tuberías donde se traslada el lubricante, ya que están fabricadas de cobre. Por otro lado, los elementos que podrían estar desgastados son los bujes, descansos y piezas que sean de aleación de bronce o latón. El contenido de cobre es muy asociado al de plomo.

Plomo (Pb): podría indicar desgaste en sellos y pintura, lo que puede traer como consecuencia suciedad en los filtros, por lo que son partículas contaminantes del lubricante.

Zinc (Zn): puede significar un desgaste en los cojinetes o descansos, fuga de refrigerante o contaminación por grasa.

Fósforo (P): indica que los aditivos anti-desgaste aún siguen presentes en el lubricante, pero no asegura un funcionamiento en condiciones ideales, ya que puede haber una fuga del refrigerante.

La presencia de zinc y fósforo en el lubricante debido a la contaminación por el refrigerante, también se debe a que el líquido refrigerante se prepara con agua de la canilla,

y no con agua destilada. Esto es claramente perjudicial ya que el agua de la llave generalmente contiene metales pesados y muchos minerales. Debido a la gran cantidad de partículas de Cobre y Plomo, se sugiere cambiar el lubricante inmediatamente.

B) Viscosidad a cSt@40°C y cSt@100°C

El valor normal de cSt@40°C corresponde a 220, pero en el resultado de análisis arrojó 42,50. Esto quiere decir que el espesor de la película de aceite disminuyó en un 80,68%. Por otra parte, el valor normal de cSt@100°C es 25,9, mientras que el resultado arrojado fue 6,402. Este valor puede indicar que el espesor de la película de aceite disminuyó un 75,28%. A continuación, se muestra la Tabla 2-3, que muestra la comparación de viscosidades en su estado ideal y actualidad. De acuerdo a la información proporcionada por el informe de Mobil, se recomienda cambiar el lubricante de forma inmediata, ya que probablemente sus propiedades físicas se hayan deteriorado (ver el Anexo 2-5).

Tabla 2-3: Comparación de viscosidades

Propiedades	Método	Estado ideal	Estado actual
Viscosidad cinemática @40°C	ISO 3104	220	42,50
Viscosidad cinemática @100°C	ISO 3104	25,9	6,402

Fuente: Elaboración propia

Esta información quiere decir que las propiedades del aceite disminuyeron y el espesor de película de aceite que requiere la máquina es sobre un 76%.

C) Conteo de partículas

El uso de este equipo se muestra en la Figura 2-17. Los resultados arrojaron que existen partículas contaminantes y desgaste de gran tamaño, la mayoría sobre las 25 micras. En este caso, el mecanismo de desgaste es por erosión, debido a que las partículas que transportan el fluido

ICP corresponde al Espectrómetro de Plasma Inducido, que analiza los elementos metálicos, con el fin de determinar las tendencias de desgaste, contaminación y aditivos en el lubricante, representado en partícula por millón (ppm). Al tener valores altos de ICP, la tendencia de desgaste puede ser acelerada.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-17: Analizador y contador de partículas

De acuerdo a la norma ISO 4406:1999 sobre el código de limpieza, se puede interpretar la siguiente información indicada en el análisis: Para mayor detalle, ver el Anexo 2-4.

Código de limpieza de análisis: 21/19/14

21: contiene de 10.000 a 20.000 partículas/mL $\geq 4 \mu\text{m}$

19: contiene de 2.500 a 5.000 partículas/mL $\geq 6 \mu\text{m}$

14: contiene de 80 a 160 partículas/mL $\geq 14 \mu\text{m}$

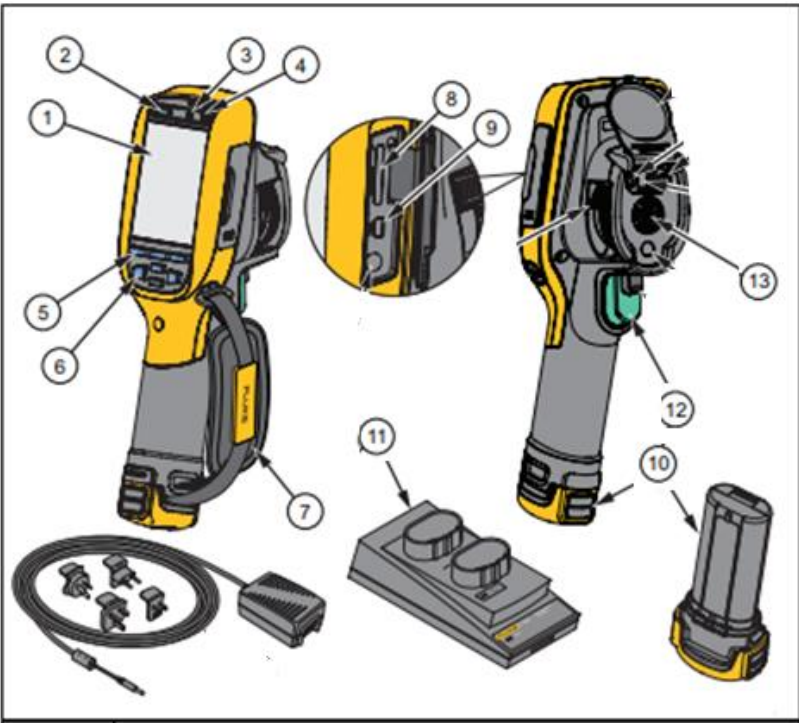
En base a esta información, el aceite se encuentra bastante contaminado y se recomienda cambiar de forma inmediata, ya que esto podría traer como consecuencia más desgaste de los elementos mecánicos, sobre todo de la caja reductora.

2.1.3 Análisis de cámara termográfica

Antes de diagnosticar los problemas de la máquina, se debe tener en conocimiento el material de referencia, por lo que se inspecciona toda la instalación. Se debe realizar varias termografías de una sola pieza de la instalación, especialmente si tiene componentes con tendencia a fallar. Teniendo una base de datos de imágenes de referencia, se determinan las temperaturas aceptables para cada pieza de la fresadora y se define un límite de alarma de temperatura. Esto permite a la cámara activar una alarma, en el caso que alguna zona de la que indique la cámara se caliente. Se toma registro de la alarma de temperatura para analizar más adelante su condición en profundidad y su funcionamiento. La versatilidad de esta cámara, es que tiene un menú de paleta de colores, utilizadas para

representar la imagen de infrarrojos en la pantalla LCD de este aparato. La paleta de colores utilizada fue la estándar, debido a la poca experiencia en el uso del equipo.

La cámara termográfica utilizada para este trabajo aplicado, corresponde a la FLUKE Til25, cuyas características principales se describen en la Figura 2-18 y Tabla 2-4 a continuación.



Fuente: <http://a.fluke.com/>

Figura 2-18: Cámara termográfica FLUKE Til125

Tabla 2-4: Características Principales cámara termográfica FLUKE Til25

1	Pantalla LCD
2	Encendido/apagado
3	Altavoz
4	Micrófono
5	Botones de función (F1, F2 y F3)
6	Botones de flecha
7	Correa para mano
8	Ranura para tarjeta de memoria SD
9	Conexión por cable USB
10	Batería
11	Cargador de batería
12	Botonera para termografía
13	Lente de la cámara

Fuente: Elaboración Propia

Para llevar a cabo las mediciones, se considera los métodos para ajustar la emisividad y el ángulo de visión.

- Emisividad: Para determinar la temperatura del objetivo utilizado, se puede medir la temperatura con el pirómetro infrarrojo y se ajusta la emisividad hasta alcanzar el valor correcto de temperatura.

- Ángulo de visión: se debe trabajar de la forma perpendicular y más cerca posible, observando las variaciones de forma del objeto. Generalmente, las orillas curvas de los objetos, están a distintas temperaturas

Al iniciar esta tarea, fue necesario utilizar como herramienta complementaria el pirómetro infrarrojo, ya que es necesario conocer la temperatura del elemento que pueda arrojar algún resultado representativo. En la Figura 2-19 se muestra el uso del pirómetro.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-19: Inspección con pirómetro infrarrojo

De forma simultánea, se enciende la cámara termográfica, se retira la tapa del lente de la cámara, verificando previamente que la batería esté cargada y la tarjeta SD tenga la capacidad suficiente para almacenar las termografías a obtener. Se establece que la temperatura opera en condiciones de altas cargas (altas RPM), el valor oscila entre los 10°C y 20°C. En la Figura 2-20 se muestra el uso de la cámara, durante una actividad en la asignatura de Máquinas-Herramientas.



Fuente: Elaboración propia

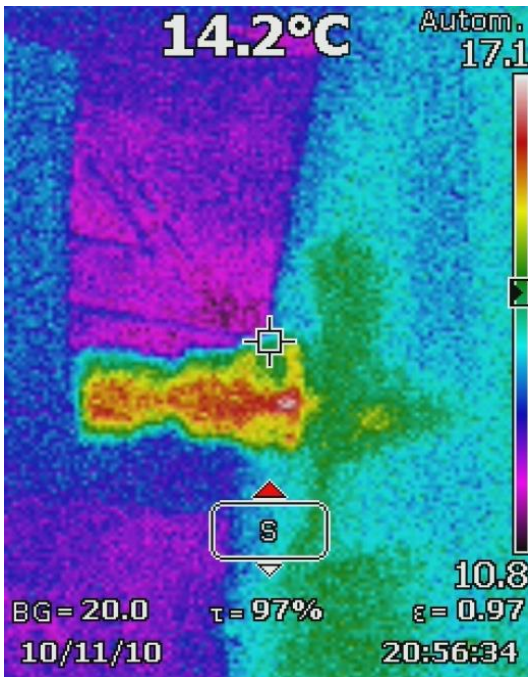
Figura 2-20: Inspección con cámara termográfica

En base a la temperatura indicada por el pirómetro infrarrojo, se utilizó un valor de emisividad de 0.97, pues era posible distinguir de mejor manera algunos elementos mecánicos de la fresadora, especialmente cuando está operando bajo esos parámetros. Aunque la actividad fue ejecutada, se puede determinar que las temperaturas son causadas por condición de operación, ya que la paleta de colores variaba cuando la máquina dejaba de operar. En las Figuras 2-21 y 2-22 se muestran las termografías obtenidas.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-21: Termografía con emisividad de 0.97 de herramienta fresa



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-22: Termografía con emisividad de 0.97 de eje sobresaliente

Algunos factores influyeron en la medición, tal como la emisividad de la superficie de arcilla de la máquina, como también las condiciones ambientales, lo que generó dificultad para interpretar la termografía de forma correcta. Pese a que se utilizaron los mismos valores de emisividad para ambas termografías, no se puede desarrollar un diagnóstico de falla, debido a la poca claridad de las termografías, pero no se observan valores de alarma, por lo que la máquina no presentaría problemas con aumento de temperatura.

2.1.4 Análisis de vibraciones

Este análisis no se realizó, pues la macilla protectora de la superficie de la fresadora, no permite colocar sensores en las zonas donde se podría obtener valores representativos. Es necesario que la carcasa de la estructura sea de alguna aleación de metal, pero en la Figura 2-23 se muestra parte de la pintura que se ha salido de la carcasa de la máquina y al fondo



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-23: Macilla protectora de superficie de la máquina

**CAPÍTULO 3: ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN Y PROCEDIMIENTOS DE
MANTENIMIENTO**

3. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN Y PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO

3.1 DEFINICIÓN RUTINA DE INSPECCIÓN Y MANTENCIÓN

Se recomienda establecer una rutina de inspección con un intervalo de tiempo definido, así se tiene un registro de la evolución de la condición de la máquina durante su tiempo de servicio. Para esto, se desarrolló una carta Gantt que aparece en la Figura 3-1, la cual propone diferentes actividades, en base a distintos intervalos de tiempo, ya con la información recopilada, servirá como una herramienta de control para el mantenimiento, con el fin de conservar el estado de la máquina.

		Diano	Semanal	Mensual	Trimestral	Anual
Máquina completa	Limpiar suciedad de estructura al finalizar operación	X				
	Lavar zona de trabajo en general			X		
	Remover viruta acumulada en zonas de difícil acceso		X			
Sistema de lubricación	Verificar nivel de aceite	X				
	Rellenar con lubricante		X			
	Revisar estado bomba de lubricación			X		
	Cambiar lubricante de caja reductora					X
	Cambiar filtros					X
	Flushing				X	
Sistema de transmisión	Verificar ruidos mecánicos	X				
	Verificar las manivelas y el automático del husillo principal		X			
	Revisar deficiencias en sistema de transmisión			X		
	Verificar funcionamiento del motor				X	
	Verificar desgaste piezas críticas (engranajes y tornillos)			X		
	Verificar fijación de la máquina					X
	Ajustar de tornillos y tuercas de la máquina					X
	Cambiar correa de transmisión					X
	Engrasar rodamientos de manivelas					X

Fuente: Elaboración propia

Figura 3-1: Propuesta de ruta de inspección preventiva

3.1.1 Insumos y repuestos

Los insumos y repuestos serán indispensables para la tarea de mantenimiento en el sistema oleo-hidráulico, y así la máquina pueda cumplir sus funciones de forma adecuada.

- Aceite lubricante Mobil SHC GEAR 220 1 galón (c/u)
- Grasa lubricante SHC 32 1 galón (c/u)
- Balde para depósito de aceite 1 (c/u)
- Papel absorbente 10 mts. (c/u)
- Solvente 2 lts. (c/u)
- Overol 2 (c/u)
- Guantes de látex 2 (c/u)
- Correa en V 2 (c/u)
- Bototos de seguridad 3 pares (c/u)
- Filtro estándar 1 (c/u)

Se recomienda el uso del lubricante sintético Mobil SHC GEAR 220, el cual tiene el mismo grado de ISO VG del aceite Shell Morlina 220; debido a que las propiedades físicas son más estables durante el tiempo, por lo que el cambio de lubricante se podría realizar en un intervalo inclusive de tres años.

3.1.2 Herramientas a utilizar

Las herramientas utilizadas se relacionan directamente con las actividades que se ejecutan en las tareas de mantenimiento. Para ello es necesario contar con herramientas para el ajuste de componentes, lubricación y limpieza de la máquina.

- Juego de llaves punta corona 10 (mm), 16 (mm), 26 (mm)
- Juego de llaves estrella 6 mm - 1 (c/u)
- Destornillador cruz 1 (c/u)
- Aceitera 1 (c/u)
- Bomba de grasa 1 (c/u)
- Martillo 1 (c/u)
- Alineador laser 1 (c/u)

3.1.3 Personal requerido

Para esto se debe determinar los recursos humanos y el tiempo que se podría disponer para esta actividad. Los operadores de las máquinas realizarán las actividades de mantención, por lo que no hay necesidad de contratar a personas para realizar dicha labor. Por otra parte, en el recurso de tiempo, el mantenimiento es tan mínimo que no refleja pérdida de trabajo para el operador en labores diarias. Los únicos costos que podría implicar horas – hombre sería en el caso que las personas encargadas de realizar la mantención reciban una capacitación.

- | | |
|-----------------------|-----------|
| • Mecánico mantenedor | 1 persona |
| • Mecánico operador | 1 persona |
| • Supervisor | 1 persona |

En el caso que se tenga que remunerar la labor realizada por los operadores de las máquinas, las horas-hombre es la estimación de una hora de trabajo por de un trabajador, con su respectiva remuneración. En base a los sueldos promedio en el mundo laboral, el cual rodea un valor de \$500.000 por 45 horas de horas trabajadas a la semana, la hora-hombre correspondería a \$2.700

3.1.4 Requisitos de seguridad

Existen riesgos y peligros que deben controlarse o eliminarse para proteger la salud de los trabajadores. Es necesario el uso de Elementos de Protección Personal (EPP) los cuales son considerados como alternativas complementarias para efectividad de cualquier plan de mantenimiento. Además, el personal que realizará esta actividad, debe tener en conocimiento los riesgos asociados a estas actividades.

3.1.4.1 Elementos de Protección Personal

Antiparras: solo cubren la zona ocular, utilizadas contra la proyección de partículas, líquidos, humos, vapores, gases, entre otros. Existen también los protectores faciales los cuales cubren el rostro completo.

Zapatos de seguridad: el calzado de seguridad es fundamental, protegen de humedad, caídas o golpes en superficies peligrosas.

Overol: utilizado para cubrir el cuerpo completo, prenda industrial para proteger de sustancias tóxicas sólidas, líquidas, gaseosas o vapores peligrosos.

3.1.4.2 Riesgos asociados a las actividades

El personal que realizará esta labor debe tener en cuenta que existen múltiples riesgos asociados, tales como: contacto eléctrico, golpe o atrapamiento. Por otro lado, la máquina donde se realizará el trabajo, debe ser bloqueada y desconectada, además colocar un aviso donde señale que se están realizando tareas de mantención.

3.2 **RECOMENDACIONES PARA EL REACONDICIONAMIENTO DE LA FRESADORA**

Con la información recopilada, se establecen rutas de inspección y recomendaciones para la conservación de la máquina. El mantenimiento a la caja reductora en general es muy complejo, por lo que se debe asegurar la instrumentación y elementos necesarios para desarrollar ese trabajo. Los trabajos de mantención y reparación deben ser realizados por personal capacitado. Para realizar una planificación de mantención adecuada, se debe tener en cuenta todos los parámetros indispensables para llevar a cabo la labor de mantención. En este caso, se utilizara el equipo crítico correspondiente al compresor, para desarrollar su planificación de mantenimiento apropiado.

Se debe aplicar un mantenimiento reactivo, con el fin de reestablecer la condición de la fresadora. Para esto es necesario ver los recursos disponibles para la intervención, con el fin de impactar de la menor manera posible las actividades del taller, para programar la reparación de la fresadora. Debido a la condición deteriorada del aceite, este trabajo no será una solución definitiva, por lo que el sistema de lubricación debe ser reacondicionado.

3.2.1 Programación de cambio de aceite

Para hacer una programación de cambio de aceite a la caja reductora, es necesario considerar el análisis de aceite, ya que se puede conocer el estado actual en el que se encuentra el lubricante y también los elementos mecánicos. La idea es seleccionar el lubricante adecuado, para mantener este térmicamente estable y que sea seguro para largos lapsos de operación, mejor desempeño y protección de los elementos. Si existe un cambio de viscosidad de +/- 15% del valor inicial ISO, el lubricante y los filtros deben ser cambiados de forma inmediata. El aumento de los valores de contaminantes indica el comienzo de desgaste de los componentes internos. La caja reductora debe ser inspeccionada con mayor frecuencia, y puede que se deba retirar del servicio para su reparación.

3.2.2 Toma de muestras de aceite

El cambio de aceite se realiza en base al mantenimiento preventivo. De lo contrario, se deben tomar muestras trimestrales de cambio de lubricante por condición. Para tomar muestras, se debe inspeccionar si hay condensación y sedimentos. En el caso de alguna condición ambiental inusual pueda causar una excesiva condensación en el interior de la caja de engranajes, se debe inspeccionar con mayor frecuencia. Esta herramienta es útil para la verificación de desgaste de piezas mecánicas, tales como engranajes y rodamientos.

3.2.3 Prevención de derrame de aceite

Por temas ambientales, se establece una actividad para manejo de derrames de lubricante, para disminuir la generación de residuos que sean peligrosos. Antes de realizar el cambio de aceite, se debe contar con elementos para efectuar este procedimiento, es decir: máquina recolectora de aceite usado, material para el control de fugas o derrames (estopas, aserrín, toallas). Para controlar un riesgo de derrame, el área donde podría ocurrir esto debe contar con un perfil de contención, por lo que debe ser mayor que el volumen almacenado en la caja reductora de aceite.

Este proceso consiste en utilizar material para absorber y retener el lubricante que es derramado. Este material puede ser reutilizado y retiene mucha cantidad de lubricante sin

saturarse. En el caso de ocupar aserrín, se generan más cantidad de residuos. El personal debe ser capacitado para esta actividad, para que tenga conocimiento de cómo realizar de forma correcta esta tarea y la manipulación de los insumos. Se debe adaptar la zona donde se manipulará el lubricante con sus recipientes, ubicando bandejas evitando derrames por el suelo. La tela oleofílica es ideal para los derrames o fugas de aceite, ya que absorben el aceite, por lo que se utiliza para absorber el lubricante. Cuando la tela esté saturada de aceite, se debe escurrir en un recipiente, para su posterior desecho.

Se debe realizar un seguimiento en el caso de derrames o fugas, para así tener un registro. Con esto se desarrollarán más actividades preventivas en el taller, evitando desperdicios. Un buen manejo del lubricante y prevención de un derrame, protege a las personas y las instalaciones del Taller. Para la eliminación de aceite usado, debe eliminarse de acuerdo a la legislación vigente, como el Decreto Supremo 78 y el Decreto 148, que corresponden reglamento sanitario sobre manejo de residuos peligrosos, con el fin de evitar la contaminación al medio ambiente. Se recomienda entregar los depósitos de lubricante usado a empresas que estén autorizadas para tal efecto.

3.2.4 Limpieza y drenaje de lubricante

Esta operación debe realizarse con la máquina detenida y desconectada de la fuente de alimentación de energía. Se deben sacar todas las lacas presentes en el sistema de transmisión, limpiar con solventes, lavando la unidad completamente.

En el caso que el aceite esté contaminado, la unidad de engranajes debe lavarse totalmente, vertiendo una cantidad de lubricante nuevo en la caja de engranajes, y drenándolo a un recipiente adecuado. Se debe limpiar a fondo, succionando el aceite usado para ser envasado al vacío por aire comprimido, evitando en su transporte las fugas o derrames.

3.2.5 Flushing

Durante la operación, el fluido puede sufrir contaminaciones que afectará los componentes de los sistemas integrados de la fresadora. El lubricante usado en el equipo sería probablemente el peor agente de limpieza, sin embargo no existiría problemas en compatibilidad. Una buena opción es usar aceites de lavado que son elaborados a base de aceites minerales.

El diésel es un hidrocarburo que se puede mezclar completamente con el aceite mineral usado en el equipo, por lo que puede ser un buen agente de limpieza. El único inconveniente es que cualquier residuo de diésel dejado en el tanque después del lavado puede diluir y disminuir la viscosidad de la nueva carga de aceite.

Un solvente o agente químico de limpieza es la mejor alternativa, se debe asegurar de sacar toda esta solución del tanque de lavado. Esto puede requerir de un llenado y drenado con el aceite nuevo a usar y luego llenar nuevamente con aceite nuevo que se usara en el equipo durante su operación. Cualquier residuo de la solución puede causar problemas, como la formación de emulsiones con agua o espuma. Adicionalmente se debe asegurar que el agente químico sea compatible con los sellos y pintura del estanque de lubricación. La temperatura y la tasa de flujo también pueden afectar la efectividad del lavado.

La necesidad de lavar un tanque puede determinarse primero durante la inspección o aparición de partículas en la mirilla de nivel, en un filtro de aceite usado o en el fondo del tanque. Esto se podrá confirmar mediante un análisis de aceite o inspecciones adicionales.

Los riesgos asociados con el lavado varían considerablemente y dependen del procedimiento de lavado de la máquina y del lubricante. Si el procedimiento de lavado implica que se utilicen productos químicos (solventes, detergente, entre otros) en el aceite o en la máquina, podría afectarse el desempeño del aceite y atacar los sellos y superficies de la máquina. Se deberán realizar ensayos de laboratorio para disminuir riesgos.

En ciertos casos, se pueden presentar problemas por la perturbación y re-suspensión de contaminantes asentados en el fondo del tanque que no fueron eliminados completamente del sistema durante el lavado. El tiempo estimado para esta actividad es de tres horas.

3.2.6 Lubricación

Se prefiere el uso lubricantes minerales con aditivos de Extrema Presión (EP), adecuados para temperaturas de funcionamiento desde -4°C hasta 93°C. Para temperaturas inferiores o para aplicaciones críticas, se puede lubricantes sintéticos adecuados para temperaturas de funcionamiento desde -32°C hasta 100°C.

Se debe rellenar el lubricante hasta el nivel indicado por la mirilla. Las líneas externas de aceite, las bombas y los intercambiadores de calor requerirán cantidades adicionales de aceite. Se procede a encender el moto-reductor durante 3 minutos, para

llenar los conductos de lubricación. En caso de ser insuficiente, se debe revisar el nivel de aceite y añadir la cantidad faltante. Se recomienda el uso de un filtro de 25 micras para filtrar el aceite antes de que entre en la caja de engranajes. Idealmente la distribución del aceite debería ser en un 30% para el eje principal y 70% para el grupo reductor. Como precaución, si se aplica demasiado aceite puede traer como consecuencia un sobrecalentamiento. Al emplear una baja cantidad de aceite, se puede originar un desgaste en los engranajes.

3.2.7 Inspección a rodamientos y puntos de engrase

La grasa es la mezcla de un aceite (fluido) con una base (espesante). Normalmente se le agregan aditivos para proveer protección y un buen comportamiento en alta velocidad. La grasa tiene la función de formar una película hidrodinámica entre las partes, para evitar el contacto directo. Los puntos de engrase corresponden a rodamientos, específicamente en las manivelas para el movimiento transversal, longitudinal y vertical de la máquina, que se puede apreciar en las Figuras 3-2 y 3-3.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3-2: Punto de engrase de rodamiento



Fuente: Elaboración propia

Figura 3-3: Puntos de engrase de la fresadora

De acuerdo a la figura mostrada anteriormente, se puede observar que están presentes tres puntos de engrase, en los movimientos de la mesa. Esto se debe a que la fresadora realiza algunos trabajos a bajas velocidades y de forma manual.

El procedimiento para inspeccionar los rodamientos y los puntos de engrase son los siguientes:

1. Verificar el bloqueo de la máquina
2. Desmontar las protecciones
3. Identificar la máquina con sus componentes a inspeccionar
4. Utilizar herramientas adecuadas para la actividad
5. Inspeccionar de forma completa la pista de aro exterior y pista de aro interior, los elementos rodantes y la jaula del rodamiento
6. Entregar equipo, retirar bloqueo
7. Emitir un informe con observaciones, en el caso de considerar anomalías por el uso de grasa

En el caso de re-lubricar algún elemento rodante, es necesario identificar la grasa recomendada por el fabricante, la cual corresponde a una Grasa Sintética SHC 32. Se debe calibrar la grasera (ver Figura 3-4), estableciendo la cantidad de grasa que sale en cada aplicación en gramos para la re-lubricación. Los procedimientos recomendados para el re-engrase de rodamientos, se detalla a continuación:



Fuente: https://http2.mlstatic.com/D_Q_NP_289601-MLM20389855397_082015-Q.jpg

Figura 3-4: Bomba manual de grasa

1. Con el motor o generador encendido (y funcionando a alta temperatura) se procede al engrase.
2. Retirar el accesorio de drenaje y si es posible, limpiar con un cepillo dentro de la cavidad.
3. Verificar el relleno de grasa que queda en la cavidad, para asegurar el espacio disponible para un posterior re-engrase.
4. Aplicar la cantidad adecuada de grasa a los rodamientos de bola, de forma lenta minimizar la acumulación de presión excesiva en la cavidad.
5. Dejar que el motor funcione durante un tiempo, al menos 20-30 minutos.
6. Después de que la grasa antigua salga por el drenaje, se instala nuevamente el tapón y se limpia la zona de salida.

El tiempo estimado en realizar esta labor, es aproximadamente dos horas, ya que los rodamientos se desmontan para su engrase y se vuelven a montar para su uso.

3.2.8 Inspección de poleas y cambio de correas

Se tener en cuenta los procedimientos de inspección para el sistema de transmisión, ya que es importante conocer el rendimiento de la transmisión, como también localizar averías y solucionarlas, para evitar fallas a largo plazo. Los pasos para la inspección rutinaria del sistema transmisión por correa son los siguientes:

1. Bloquear el motor eléctrico que acciona al sistema de transmisión
2. Verificar sonido anormal en funcionamiento de la máquina
3. Para la inspección de la protección, se debe comprobar presencia de desgaste o suciedad y verificar soportes de la protección
4. Revisar si hay fuga de algún fluido en el sistema
5. Para la inspección de correas, las señales de desgaste permiten localizar y corregir posibles problemas en la transmisión. Se deben revisar las correas de forma completa para ver si hay grietas, roturas, cortes o indicios de desgaste anormal. Se puede medir la tensión de la correa con un tensiómetro, para medir la deflexión, ya que con esto se puede determinar si la correa esta suelta o apretada
6. Para la inspección de poleas, es necesario retirar las correas de transmisión. posteriormente, se debe revisar si hay desgaste anormal o daños en las poleas. Las galgas se pueden utilizar para inspeccionar el perfil de las ranuras trapezoidales. Se debe asegurar el montaje de la polea en el eje, al igual que el apriete de los prisioneros de fijación, para esto, con reloj comparador se comprueba el montaje correcto de la polea al eje.

En el caso de localizar alguna avería en la correa, es necesario su cambio inmediato, ya que podría traer consecuencias a las poleas y ser la causa de falla catastrófica. Los procedimientos para realizar un cambio de correa y su respectivo alineamiento, se definen en los siguientes pasos:

1. Bloquear y desconectar el equipo.
2. Soltar los pernos de fijación del motor a su anclaje con su respectiva llave.
3. Soltar los tensores para facilitar el desmontaje
4. Al girar las poleas para desplazar las correas y desmontarlas de los canales, las manos se ubican sobre las correas y se empujan desde el centro hacia los extremos donde se ubican las poleas
5. Para ejecutar el montaje, se instala de una en una las correa
6. De ser necesario, mover las correas o girar las poleas, ubicando nuevamente las manos en la zona superior de la correa. Esto es para evitar atrapamientos, como aparece en la Figura 3-4.



Fuente: Instructivo de cambio de correa, Celulosa Arauco

Figura 3-5: Ejemplo de cómo no ejecutar cambio de correa

7. Comprobar la tensión adecuada con el tensiómetro, para posterior alineamiento.

8. Una vez montadas y tensadas las correas, se alinean las correas, es decir, comprobar que las caras de las poleas estén paralelas entre sí. Para determinar esta condición, existen diferentes métodos, dentro de los cuales se encuentran: el uso de una paralela metálica, una cuerda o un alineador láser de poleas. El trabajo consiste en colocar una paralela en las caras de una de las poleas y asegurar que los bordes de la otra polea también están en contacto con esta regla, el mismo principio se aplica para la utilización de la cuerda y el alineador láser.

9. Verificar la tensión de las correas con un tensiómetro que permite medir su deflexión, lo anterior de acuerdo al tipo y características que posean las correas utilizadas, para esto se debe verificar el valor de la tensión final de acuerdo a la información entregada por el fabricante de las correas.

10. Finalmente se debe instalar la protección del equipo asegurando que esta quede firmemente adosada a la estructura, para evitar con las vibraciones propias del sistema generen rozas contra las poleas o correas.

11. Retirar bloqueos de equipo, verificar condición del entorno y ordenar, para entrega de la máquina.

3.2.9 Limpieza en área de trabajo

En caso de engrase de pieza, se debe limpiar el engrasador y lo sobrante con un trapo. Se debe limpiar el recipiente de posibles residuos y comprobar que no existan partículas metálicas en el aceite. Para finalizar la tarea, se limpia pieza o zona de posibles derrames de aceite. Después de completar el mantenimiento de la caja reductora, inspeccione los siguientes puntos para garantizar un funcionamiento seguro.

- Inspeccionar el apriete de todos los pernos, tuercas y tornillos.
- Inspeccionar que el nivel de aceite es correcto en la mirilla de nivel.

Se realizó una cotización de los insumos y repuestos para las tareas de mantenimiento que fueron recomendadas, ya que con ello se busca reducir los costos del mantenimiento a largo plazo. El costo corresponde al precio remunerado por las técnicas y herramientas aplicadas para un activo, con el fin de preservar su condición mecánica.

En el mes de mayo se cotizó el análisis de aceite, en el Servicio Integral de Lubricantes del laboratorio de Mobil, el cual tiene un costo de \$13.600 CLP, que incluye: Viscosidad cinemática a @40°C y @100°C cSt; Número de Ácido Total, Contenido de Agua y Conteo de Partículas. Esta información se encuentra detallada en el Anexo 3-5.

En el caso del lubricante y la grasa, también fue cotizados en la empresa Mobil, gracias a la confiabilidad de sus productos y por recomendaciones del profesor guía. Esta gestión fue realizada de forma externa, gracias a la empresa Jucer, dedicada a la mantención de gas licuado. En base a la información facilitada por la empresa Valle Dorado, distribuidora de Mobil, dedicada a la venta de lubricantes, el valor de la tineta de grasa de 16 kgs. Mobiltemp SHC 32 corresponde a \$160.900 más IVA, mientras que el valor del lubricante Mobil SHC GEAR 220, el balde de 19 lts. Tiene un valor de \$168.000 más IVA. Para mayor detalle, ver el anexo 3-6.

El papel absorbente tiene un costo de \$58.006, el cual fue cotizado en la empresa Segurycel, para más información, ver el Anexo 3-2. Los solventes fueron cotizados en Sodimac Homecenter, la unidad tiene un costo unitario de \$2.190, pero como se requiere dos litros para la actividad, el costo total corresponde \$4.380, cuyos valores se encuentran en el Anexo 3-3. Los guantes de látex también se cotizaron en Sodimac Homecenter, el valor del conjunto de 10 pares corresponde a \$990, el detalle se encuentra en el Anexo 3-4.

El balde para depósito de aceite con su respectiva tapa, tiene un costo de \$2.360, el cual cumple los requerimientos mínimos para el posterior almacenaje y reciclaje de este. Este producto se cotizó en la empresa Haddad, para mayor detalle, ver el Anexo 3-7

El overol desechable tiene un costo de \$2590; los zapatos de seguridad \$11.990 y los guantes de látex \$990, ya que son elementos para la seguridad del personal.

Con las cotizaciones obtenidas mediante diferentes proveedores, se puede estimar los costos de las tareas de mantenimiento, como el Flushing, análisis de muestra de aceite, engrase y cambio de aceite. Los detalles se muestran en las Tablas 3-1, 3-2, 3-3 y 3-4.

Tabla 3-1: Costo de tarea de Flushing

Flushing	Valor
Horas-hombre	
1 mecánico operador	3 horas x \$2.700 = \$8.100
1 mecánico mantenedor	3 horas x \$2.700 = \$8.100
1 supervisor	3 horas x \$2.700 = \$8.100
	3 x \$8.100 = \$24.300
Insumos y repuestos	
Overol	\$2.590
Bototos de seguridad	\$11.990
Guantes de látex	\$990
Solventes	\$4.380
Papel absorbente	\$58.006
Depósito de aceite	\$2.360
Lubricante Mobil Gear 220	\$168.000 (20 lts.)
Herramientas	No se considera ya que se pueden encontrar dentro del Taller
Aceitera	
Caja de herramientas estándar	
Costo total	\$258.036

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-2: Costo de tarea de cambio de correa

Cambio de correa	Valor
Horas-hombre	
1 mecánico operador	3 horas x \$2.700 = \$8.100
1 mecánico mantenedor	3 horas x \$2.700 = \$8.100
1 supervisor	3 horas x \$2.700 = \$8.100
Insumos y repuestos	
Overol	\$2.590
Bototos de seguridad	\$11.990
Guantes	\$990
Correas en V	
Herramientas	No se considera ya que se pueden encontrar dentro del Taller
Tensiómetro	
Martillo	
Conjunto de llaves y destornilladores	
Alineador láser de poleas	
Paralela metálica	
Cuerda	
Caja de herramientas estándar	
Costo total	\$24.300

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-3: Costo de tarea de cambio de lubricante

Cambio de lubricante	Valor
Horas-hombre	
1 mecánico operador	1 hora x \$2.700 = \$2.700
1 mecánico mantenedor	1 hora x \$2.700 = \$2.700
1 supervisor	1 hora x \$2.700 = \$2.700
Total H/H	3 x \$2.700 = \$8.100
Insumos y repuestos	
Overol	\$2.590
Bototos de seguridad	\$11.990
Guantes de látex	\$990
Papel absorbente	\$58.006

Mobil Gear 220	\$168.000 + IVA (19 lts.)
Herramientas Conjunto de llaves y destornilladores Aceitera	No se considera ya que se pueden encontrar dentro del Taller
Costo total	\$235.096

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-4: Costo de tarea de engrase de rodamientos

Engrase de rodamientos	Valor
Horas-hombre 1 mecánico operador 1 mecánico mantenedor 1 supervisor Total H/H	2 horas x \$2.700 = \$5.400 2 horas x \$2.700 = \$5.400 2 horas x \$2.700 = \$5.400 3 x \$5.400 = \$16.200
Insumos y repuestos Overol Bototos de seguridad Guantes de látex Tineta de grasa Mobil SHC 32	\$2.590 \$11.990 \$990 \$160.900 + IVA (16 kgs.)
Herramientas Grasera Caja de herramientas estándar	No se considera ya que se pueden encontrar dentro del Taller
Costo total	\$177.100

Fuente: Elaboración propia

Con la información recopilada de los costos totales que conllevarían las tareas de mantenimiento, también se consideran las tareas de inspección. Para esto, se hace una propuesta de los costos indispensables: mensual, trimestral y anual; en base a la definición de rutina de inspección y mantenimiento, como aparece en la Figura 3-6.

		Mensual	Trimestral	Anual	Costo por tarea	Costo total
Máquina completa	Limpiar zona de trabajo en general	X			\$2.700	\$32.400
Sistema de lubricación	Revisar estado bomba de lubricación	X			\$2.700	\$717.932
	Cambiar lubricante de caja reductora			X	\$235.096	
	Cambiar filtros			X	\$45.000	
	Flushing			X	\$258.036	
	Engrasar rodamientos de manivelas	X			\$177.100	
Sistema de transmisión	Revisar deficiencias en sistema de transmisión	X			\$2.700	\$217.600
	Verificar funcionamiento del motor		X		\$2.700	
	Verificar desgaste piezas críticas	X			\$5.400	
	Verificar fijación de la máquina			X	\$2.700	
	Ajustar tornillos y tuercas de la máquina			X	\$2.700	
	Cambiar correa de transmisión			X	\$24.300	

Figura 3-6: Costo total de tareas de mantención

Fuente: Elaboración propia

3.3 DOCUMENTACIÓN Y REGISTRO

Se debe contar con un registro de las rutinas de inspección realizadas, principalmente con la siguiente información: temperatura de operación, si es que hay ruido o alguna condición anómala. De ser así, se debe reportar al encargado de la mantención de la máquina, para tener mayor observación con los elementos críticos del sistema. Esto ayudará a tener un historial de fallas, con el fin de que el activo opere el mayor tiempo

Fuente: Elaboración propia

Figura 3-7: Costo de tareas de inspección y mantenimiento mensual, trimestral y anual.

posible.

Se elaboró una carta Gantt con una serie de tareas; en el caso de la rutina diaria de inspección, será suficiente con un check-list para verificar las tareas cotidianas que se aplicará a la fresadora. Para el resto de las actividades, se debe mantener un registro en base a los intervalos de tiempos establecidos, es decir: semanal, mensual, trimestral y anual. El Check-list se encuentra en el Anexo 3-1. La pauta de trabajo para las tareas de inspección y mantención, se puede ver en el Anexo 3-9.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En base a la información recopilada, se logró identificar los elementos integrados en la fresadora, siendo los principales el sistema de lubricación y sistema de transmisión para el estudio de condición mecánica del activo. Por otra parte, se pudo evaluar mediante diferentes ensayos, el estado en el que se encuentra actualmente la fresadora, siendo el más crítico, el sistema de lubricación, ya que el aceite cumple una labor fundamental para evitar mecanismos de desgaste. Según los resultados obtenidos, el espesor de la película de aceite disminuyó entre un 76% y 80%, al igual que los altos índices de partículas contaminantes y desgaste, se sugiere cambiar inmediatamente el lubricante y realizar un Flushing.

El análisis de vibraciones no se realizó por la superficie arcillosa de la máquina, como también se ejecutó el análisis con la cámara termográfica, sin obtener resultados significativos debido a la poca claridad de las termografías. Se estimaron los costos que conllevarían las tareas de inspección y mantención de la fresadora, los cuales pueden variar debido a la mano de obra indirecta, materia prima, energía eléctrica, gastos originados por el engrase de la máquinas, entre otros.

El equipo no pudo ser intervenido por falta de experiencia en este tipo de trabajos. No es necesario realizar cambios de engranajes, ejes, ni poleas, ya que no representan algún riesgo de falla. Sin embargo, es urgente un cambio de lubricante y un Flushing a la caja reductora de velocidades, ya que el análisis de aceite indicó resultados asociados al desgaste y contaminación de éste; y como consecuencia, un desgaste de las piezas mecánicas que componen este sistema. Se recomienda desarmar el equipo completamente para una mejor inspección.

Pese al tiempo que lleva operando esta máquina, no ha presentado problemas, sin embargo el activo debe funcionar condiciones que preserve la seguridad de los operadores, de no cumplir las recomendaciones de precaución, podría dar origen a una falla potencial del sistema. El Taller no cuenta con un plan de mantenimiento, pero con las recomendaciones, se espera que las tareas para monitoreo del estado mecánico se aplique en otras máquinas del Taller, como el torno o la rectificadora. Los beneficios que traería al taller implementar en un futuro la programación de mantenimiento preventivo, se tendrá en conocimiento qué hacer en caso de una falla y los procedimientos a realizar. El operario además determinará con qué frecuencia realizar la mantención, por lo que habrá una mayor eficiencia de trabajo gracias a la lubricación y reemplazo de elementos que presenten desgaste.

BIBLIOGRAFÍA

- Departamento de Mecánica (2018, junio). Máquina Fresadora Modelo FU3 Universal. Manual de operación. Serial No. 16184. Viña del mar: Universidad Técnica Federico Santa María, sede José Miguel Carrera.
- International Organization for Standardization. Información y documentación - referencias bibliográficas - Documentos electrónicos o parte de ellos. ISO 18434-1:2008.
- International Organization for Standardization. Información y documentación - referencias bibliográficas - Documentos electrónicos o parte de ellos. ISO 4406:99.
- TALLER DE MÁQUINAS-HERRAMIENTAS, José Carvallo B. Unidad: fresadora y fresado [diapositiva]. Viña del Mar, Chile. Departamento de Mecánica, Universidad Técnica Federico Santa María. 2015. 37 diapositivas, col.
- American Society for Testing and Materials. Información y documentación - referencias bibliográficas - Documentos electrónicos o parte de ellos. ASTM D664
- American Society for Testing and Materials. Información y documentación - referencias bibliográficas - Documentos electrónicos o parte de ellos. ASTM D567
- American Society for Testing and Materials. Información y documentación - referencias bibliográficas - Documentos electrónicos o parte de ellos. ASTM D88/D445
- American Society for Testing and Materials. Información y documentación - referencias bibliográficas - Documentos electrónicos o parte de ellos. ASTM D189/D24
- American Society for Testing and Materials. Información y documentación - referencias bibliográficas - Documentos electrónicos o parte de ellos. ASTM D95/96
- Art. 1° del Decreto Supremo N°173, 1982, del Ministerio de Salud. Diario oficial de la República de Chile, Santiago, 18 de agosto de 1982, 310 p.
- MOBIL ASISSTANCE. Interpretación de análisis de aceite usado [diapositiva]. Santiago. Chile. Servicio integral en lubricación, Mobil assistance, Copec. 2018. 60 diapositivas, col.
- MOBIL ASISSTANCE. Procedimiento para la identificación y rotulación de muestras de lubricantes y su envío a laboratorio [diapositiva]. Santiago. Chile. Servicio integral en lubricación, Mobil assistance, Copec. 2018. 23 diapositivas, col.

ANEXOS

Anexo 1-1: Características técnicas de la fresadora

Especificaciones técnicas	
Área de trabajo (mm)	250 x 1250
N° de ranuras en T	3
Tamaño de ranuras (mm)	14
Recorrido del eje X (mm)	800
Recorrido del eje Y (mm)	235
Recorrido del eje Z (mm)	440
Máx. ángulo de rotación de mesa	45°
Cono de husillo	ISO40
Distancia del centro de la mesa a la guía vertical	30
Velocidad de husillo (r/min)	35~1600
Rango de alimentación longitudinal X (mm/min)	15~800
Rango de alimentación vertical Y (mm/min)	6~270
Rangos de alimentación rápida longitudinal (mm/min)	2100
Rangos de alimentación rápida vertical (mm/min)	800
Potencia motor principal (kW)	4
Velocidad de motor principal (r/min)	1420
Potencia motor de alimentación (kW)	0.75
Velocidad de motor de alimentación (r/min)	1460
Potencia bomba enfriamiento (kW)	0.12
Velocidad de bomba de enfriamiento (r/min)	2760
Capacidad de bomba de enfriamiento (L/min)	25
Tamaño general (Largo x Ancho x Alto)(mm)	1650 x 1540 x 1720
Peso neto (Kg)	1650

Anexo 1-2: Plano de puntos y sistemas de lubricación

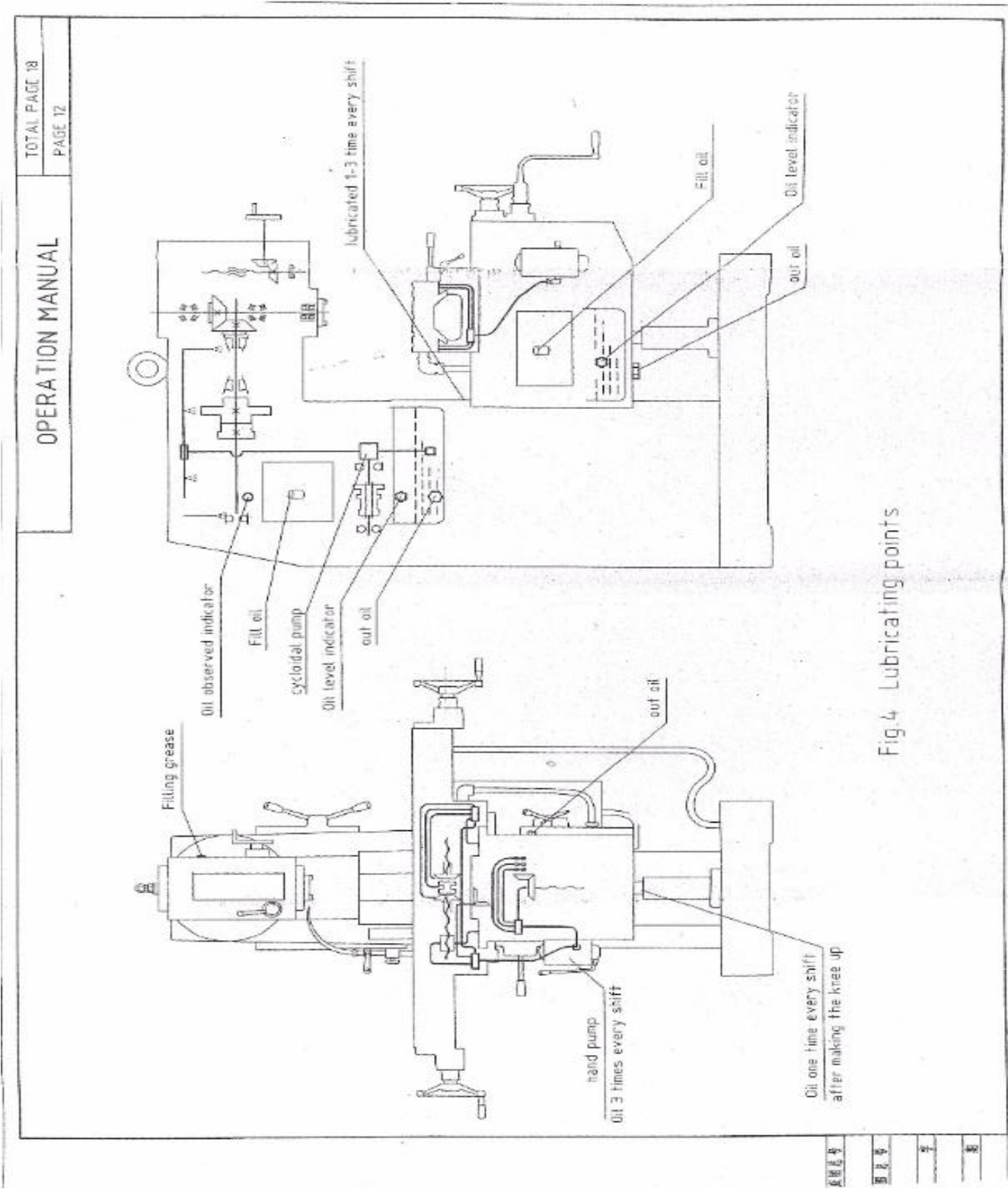


Fig.4 Lubricating points

图例
图例
图例
图例

Anexo 2-1: Valor de emisividad de materiales comunes

FLUKE.

Valores de emisividad de materiales comunes

Material Temperatura (°C)	Emisividad
Aluminio, fuertemente oxidado	0.25
Acero, fuertemente oxidado	0.88
Acero, galvanizado	0.38
Acero, laminado fresco	0.34
Acero, plancha, laminada	0.56
Acero, plancha, niquelado	0.11
Acero, rojo herrumbroso	0.69
Acero, superficie rugosa	0.96
Agua	0.98
Aluminio, pulido	0.05
Aluminio, superficie rugosa	0.02
Areilla, cocida	0.91
Asbesto, papel	0.94
Asbesto, piraxa	0.96
Asbesto, plancha	0.96
Asbesto, tela	0.78
Bronce, poroso, rugoso	0.55
Carbón vegetal, en polvo	0.96
Carbón, purificado	0.80
Cinta eléctrica, plástico negro	0.95
Cobre, bruñido comercial	0.02
Cobre, oxidado	0.65
Cobre, oxidado a negro	0.88
Cobre, pulido, recocido	0.01
Cristal	0.92
Cristal, esmerilado	0.96
Cromo, pulido	0.10
Cuarzo	0.93
Esmalte	0.90
Estañó, bruñido	0.05
Fermica	0.93
Goma	0.93
Hielo	0.97
Hierro fundido, fundición rugosa	0.81
Hierro fundido, pulido	0.21
Hierro, brillante, grabado	0.16
Hierro, forjado, pulido	0.38
Hierro, laminado en caliente	0.77

Material Temperatura (°C)	Emisividad
Hierro, oxidado	0.74
Hermigón	0.54
Hierro, plancha galvanizada, bruñida	0.23
Hierro, plancha, galvanizado, oxidado	0.28
Laca sólida, blanca	0.87
Laca sólida, negra, brillante	0.87
Laca sólida, negra, mate	0.97
Laca, baquelita	0.93
Ladrillo, común	0.85
Ladrillo, glaseado, rugoso	0.85
Ladrillo, refractario, rugoso	0.94
Latón, mate, deslustrado	0.22
Latón, pulido	0.03
Latón, pulido	0.10
Mercurio, puro	0.10
Negro de humo	0.96
Níquel, en hierro fundido	0.85
Níquel, puro pulido	0.85
Papel, blanco	0.90
Papel, negro, brillante	0.90
Papel, negro, mate	0.94
Pintura, acabado de plata	0.31
Pintura, óleo, promedio	0.94
Platino, puro, pulido	0.08
Plomo, brillante	0.88
Plomo, gris	0.28
Plomo, oxidado	0.63
Plomo, rojo, en polvo	0.93
Porcelana, glaseada	0.92
Oro, pulido	0.02
Suelo congelado	0.93
Laca líquida, negra, brillante	0.82
Laca líquida, negra, mate	0.91
Nieve	0.80
Papel alquitranado	0.92
Tungsteno	0.05
Zinc, plancha	0.20
Zinc, feuille	0.20

Anexo 2-2: Servicio de Análisis de lubricante Copec

Servicio de Analisis Copec

 Mineral  Condicionado

	Motores	Motores a gas	Transmisiones	Hidráulicos	Turbinas a gas	Turbinas a vapor	Mandos finales	Reductores	Diferenciales	Aceite de Circulación
Viscosidad a 40°C		✓		✓	✓	✓		✓		✓
Viscosidad a 100°C	✓	✓	✓				✓		✓	
Contenido de agua (Karl Fisher ppm)					✓	✓				
Contenido de Agua (Destilación %)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Hollín	✓	✓								
Oxidación	✓	✓								✓
Nitración		✓								
TAN		✓		✓	✓	✓				✓
TBN	✓	✓								
Residuos de Carbón Conradson										✓
Flash Point (copa abierta)										
Flash Point (copa cerrada)										✓
Presencia de Agua	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Presencia de Material Insoluble			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Dilución por Combustible										
Test de Parches					✓	✓				
Corteo de Partículas										
Secuencias de Espumación					✓	✓				
PQ Index	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Ferografía										
Ruler					✓	✓				
Ultracentrifugado					✓	✓				
Metales Aditivos ICP (Mg, Ca, P, Zn)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Metales Aditivos RDE (Mg, Ca, P, Zn)										
Metales Contaminantes ICP (Si, Na, K, B, V)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Metales Contaminantes RDE (Si, Na, K, B, V)										
Metales de Desgaste ICP (Fe, Cu, Pb, Al, Sn, Ag, Cr, Ni, Mo, Ti)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Metales de Desgaste RDE (Fe, Cu, Pb, Al, Sn, Ag, Cr, Ni, Mo, Ti)										

Anexo 2-3: Análisis de lubricante MOBIL



Datos de la Muestra			
Producto	SHELL MORLINA 220		
Muestra tomada de	Frezadora		
Fecha de muestreo	24-05-2018		
Resultado del Análisis			
VISCOSIDAD 40°C cSt	42.50		
VISCOSIDAD 100°C cSt	6,402		
PQ INDEX	10		
CONTENIDO DE AGUA %	NSD		
	RDE	ICP	
HIERRO ppm	7,9	5,3	
COBRE ppm	79,5	75,7	
PLOMO ppm	15,8	13,3	
ALUMINIO ppm	0,3	0,1	
ESTAÑO ppm	0,1	0,1	
PLATA ppm	0,1	0,1	
CROMO ppm	0,2	0,1	
NIQUEL ppm	0,1	0,1	
MOLIBDENO ppm	0,4	0,1	
TITANIO ppm	0,1	0,1	
SILICIO ppm	0,3	0,1	
SODIO ppm	4,7	3,3	
POTASIO ppm	0,4	0,1	
BORO ppm	1,5	0,1	
VANADIO ppm	0,2	0,1	
MAGNESIO ppm	1,2	0,1	
CALCIO ppm	15	10	
FOSFORO ppm	213	210	
CDNC ppm	272	266	
> 4 micras	16915,6		
>6 micras	4,285,5		
>14 micras	83,4		
>25 micras	10		
>50 micras	0		
>100 micras	0		
Codigo de limpieza	21/19/14		
COMENTARIOS			

Muestra presenta elevado contenido de Cobre y Plomo, verificar desgaste de piezas del componente

Anexo 2-4: Código de limpieza ISO 4406:1999

Códigos de limpieza ISO 4406:1999		
Cantidad de partículas por 1 mL de fluido		
Código ISO	Mínimo	Máximo
1	0,01	0,02
2	0,02	0,04
3	0,04	0,08
4	0,08	0,16
5	0,16	0,32
6	0,32	0,64
7	0,64	1,3
8	1,3	2,5
9	2,5	5
10	5	10
11	10	20
12	20	40
13	40	80
14	80	160
15	160	320
16	320	640
17	640	1.300
18	1.300	2.500
19	2.500	5.000
20	5.000	10.000
21	10.000	20.000
22	20.000	40.000
23	40.000	80.000
24	80.000	160.000
25	160.000	320.000
26	320.000	640.000
27	640.000	1'300.000
28	1'300.000	2'500.000

Anexo 2-5: Características físicas del lubricante SHELL MORLINA 220

Características Físicas Típicas

Propiedades		Método	Shell Morlina S4 B 220
Grado de Viscosidad		ISO 3348	220
Viscosidad cinemática @40°C	mm ² /s	ISO 3104	220
Viscosidad cinemática @100°C	mm ² /s	ISO 3104	25,9
Índice de Viscosidad (IV)		ISO 2909	149
Punto de Inflamación (COC)	°C	ISO 2592	240
Punto de Ecurrimiento	°C	ISO 3016	-48
Densidad @15°C	kg/m ³	ISO 12185	848,4
Test de Emulsión	min	ASTM D 1401	15
Test de Espuma, Secuencia II	ml espuma @0/10 min	ASTM D 892	0/0
Prueba de carga FZG	etapa de carga de falla	DIN 51534-2 A/8.3/90	>12

Los valores indicados son representativos de la producción actual y no constituyen una especificación. La producción del producto se realiza conforme a las especificaciones de Shell.

Anexo 3-1: Check-list Taller Mecánico: rutina diaria de inspección

TALLER MECÁNICO - USM SEDE VIÑA DEL MAR				
Check List Recepcion: Fresadora INDUMA FU3				
Item	Actividad	Si		No
1	Verificar nivel de aceite			
2	Inspeccionar visualmente estructura completa			
3	Verificar tuerca de tapa de estanque de lubricación			
4	Comprobar funcionamiento de la máquina			
5	Verificar retiro de bloqueos			
6	Inspeccionar botonera de accionamiento			
7	Verificar movimientos de mesa de trabajo			
8	Verificar nivel de ruido			
9	Verificar zona de trabajo limpia			
10	Revisar tuercas de la estructura en general			
Observaciones: Nombre T.O. Fecha Firma				

Anexo 3-2: Cotización de papel absorbente de aceite

	Producto	Precio	Cantidad	Total
	Paño Absorbente de Hidrocarburo de Alto Desempeño HP-156 de 3M		1	\$58.006

Anexo 3-3: Cotización de solventes

Producto	Métodos de entrega	Cantidad	Precio Unitario	Total
 Química Universa... Bencina blanca 1 l SKU: 43077-3	☒ Despacho a domicilio ☒ Retiro en tienda	2 + -	\$2.190 C/U	\$4.380
Eliminar Guardar para después				

Anexo 3-4: Cotización de guantes de látex

Precio corresponde a tienda: Sodimac Homecenter Viña del Mar.
El precio puede cambiar al modificar la ciudad de despacho o retiro.

\$ 990 C/U
Acumulas: 6 CMR Puntos

Cantidad: 1 + - Agregar al carro Agregar a mi lista

Calcula el valor de tu cuota CMR
Costo Total Crédito: \$990
CAE: 0.00%

Nº de cuotas	Valor cuotas
1	\$ 990

Disponibilidad y métodos de entrega

Disponible para despacho a domicilio

[Simular costo de despacho](#)

Disponible para retiro en tienda

[Ver tiendas disponibles](#)

Stock disponible en tiendas

[Ver stock](#)

Anexo 3-5: Cotización de Análisis de lubricante COPEC



Santiago, 19 de Abril de 2018.
GERENCIA DE LUBRICANTES

Señorita
VICTORIA GONZALEZ PONCE

Ref.: Cotización de Precios

De acuerdo a la referencia, enviamos a ustedes nuestra oferta de análisis Aceite Usado;

Análisis	Código	Precio Unitario
Assistance	600003	\$ 13.600

Observaciones:

- Valor indicado no incluye IVA.
- El volumen mínimo de análisis es de un frascos de 125 ml c/u
- El servicio se cargara en el estado de pago del mes siguiente
- Validez de esta oferta: 30 días desde acuso de recibo

Saluda atentamente,



RAÚL A. PONCE VIVACETA.
Jefe de Laboratorio Lubricantes
Cia. de Petróleos de Chile COPEC S.A.



Anexo 3-6: Cotización de lubricante y grasa a empresa Valle Dorado

----- Mensaje reenviado -----

From: Valle Dorado <empresas@valledoradosa.cl>

To: "Joel Acevedo" <jacevedo@juceringenieria.cl>

Cc:

Bcc:

Date: Fri, 13 Jul 2018 15:30:10 -0400

Subject: RE: cotizacion

Estimado

De acuerdo a lo solicitado entrego a usted valor de los siguientes productos:

MOBILTEMP SHC 32

Balde 16 kgs.

\$ 160.900 más IVA

MOBIL SHC GEAR 220

Balde 19 lts.

\$ 168.000 más IVA

Plazo de entrega: A Convenir, productos a pedido

Atte.

Giovanna

De: Joel Acevedo [<mailto:jacevedo@juceringenieria.cl>]

Enviado el: viernes, 13 de julio de 2018 14:48

Para: 'Valle Dorado'

Asunto: cotizacion

Estimados buenas tardes, favor me pueden cotizar lo siguiente :

MOBILTEMP SHC 32 (Tinetas grasas).

MOBIL SHC GEAR 220 (Galón tineta , etc.).

Anexo 3-7: Cotización de baldes de 20 litros para depósito de aceite

48 A). BALDE 20 LTS. ESTÁNDAR PRECIO NETO		CÓDIGO		
* BALDE 20 LTS. MODELO ESTÁNDAR SIN TAPA BLANCO		11480105BL	1680	Neto
* BALDE 20 LTS. MODELO ESTÁNDAR SIN TAPA NATURAL		11480105NA	1680	Neto
* BALDE 20 LTS. MODELO ESTÁNDAR SIN TAPA AMARILLO		11480105AM	1790	Neto
* BALDE 20 LTS. MODELO ESTÁNDAR SIN TAPA AZUL		11480105AZ	1830	Neto
* BALDE 20 LTS. MODELO ESTÁNDAR SIN TAPA NEGRO		11480105NE	1790	Neto
* BALDE 20 LTS. MODELO ESTÁNDAR SIN TAPA VERDE		11480105VE	1790	Neto
* BALDE 20 LTS. MODELO ESTÁNDAR SIN TAPA AZUL OSCURO		11480105AO	1830	Neto
* BALDE 20 LTS. MODELO ESTÁNDAR SIN TAPA ROJO		11480105RJ	1830	Neto
* BALDE 20 LTS. MODELO ESTÁNDAR SIN TAPA VERDE OSCURO		11480105VO	1790	Neto
* BALDE 20 LTS. MODELO ESTANDAR " E "		11480108BL	1830	Neto
47 B).TAPA PARA BALDE 20 LTS. ESTÁNDAR PRECIO NETO				
* TAPA BALDE 20 LTS. SIN VERTEDOR M/ESTÁNDAR BLANCA		11480145BL	680	Neto
* TAPA BALDE 20 LTS. SIN VERTEDOR M/ESTÁNDAR AMARILLA		11480145AM	730	Neto
* TAPA BALDE 20 LTS. SIN VERTEDOR M/ESTÁNDAR AZUL		11480145AZ	765	Neto
* TAPA BALDE 20 LTS. SIN VERTEDOR M/ESTÁNDAR NEGRO		11480145NE	730	Neto
* TAPA BALDE 20 LTS. SIN VERTEDOR M/ESTÁNDAR VERDE		11480145VC	730	Neto
* TAPA BALDE 20 LTS. SIN VERTEDOR M/ESTÁNDAR AZUL OSCURO		11480145AO	765	Neto
* TAPA BALDE 20 LTS. SIN VERTEDOR M/ESTÁNDAR ROJO		11480145RJ	765	Neto
* TAPA BALDE 20 LTS. SIN VERTEDOR M/ESTÁNDAR VERDE OSCURO		11480145VO	730	Neto
* TAPA BALDE 20 LTS. SIN VERTEDOR M/ESTÁNDAR PRECINTO BLANCA		11480144BL	680	Neto
* TAPA BALDE 20 LTS. SIN VERTEDOR M/ESTÁNDAR PRECINTO AZUL		11480144AZ	770	Neto
* TAPA BALDE 20 LTS. SIN VERTEDOR M/ESTÁNDAR PRECINTO ROJO		11480144RJ	770	Neto
* TAPA BALDE 20 LTS. SIN VERTEDOR TIPO L BLANCA		11480148BL	680	Neto
* TAPA BALDE 20 LTS. CON VERTEDOR M/ESTÁNDAR BLANCA		11480135BL	830	Neto
* TAPA BALDE 20 LTS. CON VERTEDOR M/ESTÁNDAR AMARILLA		11480135AM	900	Neto
* TAPA BALDE 20 LTS. CON VERTEDOR M/ESTÁNDAR AZUL		11480135AZ	940	Neto
* TAPA BALDE 20 LTS. CON VERTEDOR M/ESTÁNDAR NEGRO		11480135NE	900	Neto
* TAPA BALDE 20 LTS. CON VERTEDOR M/ESTÁNDAR VERDE		11480135VE	900	Neto
* TAPA BALDE 20 LTS. CON VERTEDOR M/ESTÁNDAR AZUL OSCURO		11480135AO	940	Neto
* TAPA BALDE 20 LTS. CON VERTEDOR M/ESTÁNDAR ROJO		11480135RJ	940	Neto
* TAPA BALDE 20 LTS. CON VERTEDOR M/ESTÁNDAR VERDE OSCURO		11480135VO	900	Neto
* TAPA BALDE 20 LTS. CON VERTEDOR M/ESTÁNDAR PRECINTO BLANCA		11480134BL	830	Neto
* TAPA BALDE 20 LTS. CON VERTEDOR M/ESTÁNDAR PRECINTO AZUL		11480134AZ	940	Neto
* TAPA BALDE 20 LTS. CON VERTEDOR M/ESTÁNDAR PRECINTO ROJO		11480134RJ	940	Neto
* TAPA BALDE 20 LTS. CON VERTEDOR TIPO L BLANCA		11480138BL	830	Neto
* TAPA BALDE 20 LTS. CON VERTEDOR TIPO L VENTILADA BLANCA		11480139BL	980	Neto

Anexo 3-8: Cotización de overol

Buzo desechable blanco

! Precio corresponde a tienda: Sodimac Homecenter Viña del Mar.
El precio puede cambiar al modificar la ciudad de despacho o retiro.

\$ 2.590 C/U

Acumulas: 17 CMR Puntos

Opciones Disponibles

XL

Cantidad

1

Agregar al carro

Agregar a mi lista

Calcula el valor de tu cuota CMR

Costo Total Crédito: \$2.590

CAE: 0.00%

Nº de cuotas

1

Valor cuotas

\$ 2.590

Disponibilidad y métodos de entrega

Disponible para despacho a domicilio

Disponible para retiro en tienda

Stock disponible en tiendas

Simular costo de despacho

Ver tiendas disponibles

Ver stock

Anexo 3-9: Cotización de zapatos de seguridad



❗ Precio corresponde a tienda: Sodimac Homecenter Viña del Mar.
El precio puede cambiar al modificar la ciudad de despacho o retiro.

\$ 11.990 Par

Acumulas: 79 CMR Puntos

Talla
40

Cantidad
1

Agregar al carro

Agregar a mi lista

Calcula el valor de tu cuota CMR

Costo Total Crédito: \$11.990

CAE: 0.00%

Nº de cuotas
1

Valor cuotas
\$ 11.990

Disponibilidad y métodos de entrega

Disponible para despacho a domicilio

Disponible para retiro en tienda

Stock disponible en tiendas

[Simular costo de despacho](#)

[Ver tiendas disponibles](#)

[Ver stock](#)

Imagen

Anexo 3-10: Pauta de Trabajo para Inspección y Mantenición de Fresadora INDUMA

Pauta de Trabajo - Ruta de Inspección y Mantenimiento Fresadora INDUMA

FU3

Lista de Actividades		Ejecutor	Nombre	Firma	Fecha
1	Bloquear motores eléctricos				
2	Verificar limpieza de mesa de entrada.				
	Procedimientos para muestreo de aceite				
1	Abrir caja con los elementos para realizar muestreo: tubos plásticos, frascos con tapas, bomba de vacío y rótulos				
2	Abrir bolsa plástica, sacar manguera e introducir frasco de muestreo interior bolsa				
3	Destapar frasco dentro de bolsa plástica				
4	Colocar y ajustar la bomba de vacío en frasco				
5	Introducir alguna punta de la manguera en la bomba, posteriormente se aprieta la tuerca de retención para evitar fugas				
6	De forma horizontal, se genera el vacío sacando el cilindro, comenzando el bombeo de aceite hacia el frasco.				
7	Desconectar la bomba y tapar inmediatamente el frasco, para evitar que agentes externos contaminen la muestra				

8	Rotular las muestras de lubricante, enguinchar y guardas en la caja facilitada por el laboratorio, para evitar las filtraciones				
9	Colocar los frascos en la bolsa que viene en la caja y sellar esta, para su posterior envío				
	Procedimiento para inspeccionar los rodamientos				
1	Verificar el bloqueo de la máquina				
2	Desmontar protecciones				
3	Identificar la máquina con sus componentes a inspeccionar				
4	Utilizar herramientas adecuadas para la actividad				
5	Inspeccionar de forma completa la pista de aro exterior e interior, elementos rodantes y jaula de rodamiento				
6	Entregar equipo, retirar bloqueo				
7	Emitir un informe con observaciones, en caso de anomalías				
	Procedimiento para re-engrase de rodamientos				
1	Con motor o generador encendido se procede al engrase				
2	Retirar el accesorio de drenaje y si es posible limpiar con un cepillo dentro de la cavidad				
3	Verificar el relleno de grasa que queda en la cavidad, para asegurar el espacio disponible para posterior re-engrase				
4	Aplicar la cantidad adecuada de grasa a los rodamientos de bola, de forma lenta para que no se acumule presión en exceso				
5	Dejar que el motor funcione durante un tiempo, al menos 20-30 minutos				
6	Después de que la grasa antigua salga por el drenaje, instalar tapón y limpiar zona de salida				
	Inspección de poleas y cambio de correas				
1	Bloquear el motor eléctrico que acciona al sistema de transmisión				
2	Verificar sonido anormal en funcionamiento de la maquina				
3	Para inspección de protección se debe comprobar presencia de desgaste o suciedad y verificar soportes				
4	Revisar si hay fuga de algún fluido en el sistema				
5	Para inspección de correas, el desgaste permite corregir problemas en la transmisión				
6	Revisar correas de forma completa para ver si hay grietas, roturas, cortes o indicios de desgaste anormal				
7	Medir tensión de correa con un tensiómetro, para determinar si la correa esta suelta o apretada				
8	Para inspección de poleas , retirar correar de transmisión				
9	Revisar si hay desgaste anormal o daños en las poleas				
10	Utilizar galgas para inspeccionar el perfil de ranuras trapezoidales				
11	Asegurar montaje de polea en el eje , al igual que el apriete de los prisioneros de fijación				
12	Con reloj comparador se comprueba el montaje correcto de la polea al eje				
13	Utilizar galgas para inspeccionar el perfil de ranuras trapezoidales				
14	Asegurar montaje de polea en el eje , al igual que el apriete de los prisioneros de fijación				
15	Con reloj comparador se comprueba el montaje correcto de la polea al eje				
	Procedimientos para cambio de correa y alineamiento				
1	Bloquear y desconectar equipo				

2	Soltar pernos de fijación del motor a su anclaje con su llave				
3	Soltar los tensores para facilitar el desmontaje				
4	Girar las poleas para desplazar correas y desmontarlas de sus canales, las manos se ubican en las correas y se empujan desde el centro hacia los extremos donde se ubican las poleas				
5	Para ejecutar montaje, se instala de una en una las correas				
6	Mover las correas o girar poleas, ubicando las manos en la zona superior de la correa.				
7	Comprobar tensión adecuada con el tensiómetro para poder alinear				
8	Alinear las correas, comprobar que las caras de las poleas estén paralelas				
9	Verificar tensión de las correas con un tensiómetro que mide la deflexión				
10	Instalar protección del equipo				
11	Retirar bloqueos de equipo y entregar máquina				
Nombre ITO Firma ITO Nombre Sup. MEC Firma Sup. MEC					