

**UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA
SEDE CONCEPCION – REY BALDUINO DE BELGICA**

**“DISEÑO RUTAS LUBRICACION SECTOR TRATAMIENTO
EFLUENTES, CELULOSA ARAUCO”**

Trabajo de Titulación para optar al Título
Profesional de Ingeniero de Ejecución en
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Alumno:

Sr. Lucas Ignacio Solar Martínez

Profesor Guía:

Ing. Wilfried Maser Lockenvitz

2021

RESUMEN

Al cabo de unos meses inaugurado el nuevo sector de tratamiento de efluentes correspondiente a la línea 3 (divido en dos subsectores), en celulosa Arauco Horcones, se da inicio al proceso de confección de rutas de lubricación para el subsector dos del área, a pedido del departamento de mantenimiento planta, ya que el sector no presentaba ningún plan de mantención diseñado por el hecho de ser un área relativamente nueva dentro de la planta. El diseño de rutas, contempla una duración de 3 meses para el segundo subsector y posee como objetivo principal la optimización de procesos, asegurar la disponibilidad de equipos y disminuir al rango mínimo las fallas que pudieran ocurrir por falta o mal proceso de lubricación de equipos. Con la implementación de este sistema se obtendrá la recuperación de la inversión en un plazo no muy extenso dentro del mismo funcionamiento del área, ya que el sector dispondrá de una regulación de acciones y procesos de mantención asegurando el máximo provecho en cada uno de los equipos, basados en un mantenimiento de confiabilidad.

Para aplicar mantenimiento centrado en confiabilidad primero se debe tener claro los equipos (activos fijos) con los cuales se va a trabajar, en este caso son equipos del área de tratamiento de efluentes. Para lograr mayor claridad se hará un estudio del área, con el objetivo de conocer el proceso y saber con claridad el funcionamiento de cada uno de los activos involucrados. De acuerdo a lo señalado y teniendo ya claridad del proceso, dentro de los 3 tratamientos de agua presentes en el área, primario, secundario y terciario, los flujos de cada uno de ellos y los activos pertenecientes al área, se consultará posteriormente por los equipos mecánicos que están incluidos en las pautas provisorias de mantención mecánica, se buscara información de cada uno de ellos en SAP, catálogos, visualizando cada uno de estos componentes en terreno, a fin de tener orientación geográfica clara y sus costos asociados a cada equipo, órdenes de trabajo generadas a cada uno de ellos; en términos generales, datos que servirán como referencia al grupo de trabajo para el diseño de rutas y la determinación de los equipos críticos y no críticos del área.

INDICE

INTRODUCCION 1

OBJETIVOS 2

 OBJETIVO GENERAL 2

 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....2

CAPITULO 1: “MARCO TEÓRICO” 3

 1.1 CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCION S.A.....4

 1.1.1 Objeto social.....4

 1.1.2 Celulosa Arauco Horcones S.A.....6

 1.2 SECTOR PLANTA TRATAMIENTO EFLUENTES (PTE).....6

 1.2.1 Tratamiento primario 8

 1.2.2 Tratamiento secundario 8

 1.2.3 Tratamiento terciario 9

 1.2.4 Gestión en medio ambiente 10

 1.3 FUNDAMENTOS SOBRE LUBRICACION.....11

 1.3.1 Lubricación 11

 1.3.2 Película lubricante 12

 1.3.3 Aditivos de lubricantes.....12

 1.3.4 Tipos de lubricación 13

 1.3.5 Tipos de lubricantes 16

 1.3.6 Rutas de lubricación 19

 1.3.7 Plan de lubricación 20

 1.3.8 Cartillas de lubricación 20

CAPITULO 2: “PROCESO CONFECCION RUTAS DE LUBRICACION” 21

 2.1. MEJORA EN MANTENIMIENTO AL SECTOR 22

 2.1.1. Objetivos del mantenimiento centrado en confiabilidad.....23

 2.2. DISEÑO Y CONFECCION DE RUTAS 24

 2.2.1. Conceptos generales dentro de una ruta de lubricación 24

2.2.2. Pasos proceso confección rutas de lubricación 31

CAPITULO 3: “CRITERIOS PARA RUTAS Y LUBRICACION DENTRO DEL SECTOR” 36

3.1. CRITERIOS PARA RUTAS.....37

3.1.1. Criterio por frecuencia de lubricación.....37

3.1.2. Criterio por tipos de equipos 37

3.1.3. Criterio de ubicación en terreno 37

3.1.4. Criterio de duración o tiempo estimado por ruta 38

3.1.5. Criterio por tipo de lubricante 38

3.1.6. Criterio de cantidad de lubricante 39

3.2. LUBRICACION DE EQUIPOS PRESENTES EN EL AREA Y SUS ESPECIFICACIONES 39

3.2.1. Motores eléctricos 39

3.2.2. Reductores de velocidad 41

3.2.3. Sopladores.....45

3.2.4. Bombas.....47

3.2.5. Otros equipos 52

CAPITULO 4: “COSTOS ASOCIADOS” 55

4.1. COSTO TOTAL CONFECCION RUTAS 56

3.3. COSTO TOTAL ANUAL EN LUBRICANTES 56

3.4. COSTO TOTAL ANUAL PRIMER AÑO 57

3.5. COSTO TOTAL ANUAL DEL SECTOR.....57

CONCLUSION 58

BIBLIOGRAFIA 59

ANEXOS 60

INDICE DE IMAGENES

1. CAPITULO 1: “MARCO TEÓRICO” 3

1.1 Celulosa Arauco Horcones 6

1.2 Sector planta tratamiento efluentes, Celulosa Arauco Horcones 7

1.3 Representación general tratamiento primario 8

1.4 Representación general tratamiento secundario 9

1.5 Representación general tratamiento terciario 10

1.6 Lubricación de engranajes 11

1.7 Lubricación límite o sólida..... 13

1.8 Lubricación hidrostática o mixta..... 14

1.9 Lubricación hidrodinámica o fluida 15

1.10 Lubricación de cadena por dispensador (líquido) 17

1.11 Lubricación de rodamiento por grasa..... 19

2. CAPITULO 2: “PROCESO CONFECCION RUTAS DE LUBRICACION” 21

2.1 Representación visual del número de ruta..... 24

2.2 Representación visual del nombre de ruta..... 24

2.3 Representación visual de la frecuencia 25

2.4 Representación visual del tiempo estimado 25

2.5 Representación visual de la fecha de creación 25

2.6 Representación visual del número de plan de mantenimiento 26

2.7 Representación visual del puesto de trabajo responsable..... 26

2.8 Representación visual de instrumentos necesarios..... 26

2.9 Representación visual del número dentro de ruta 27

2.10 Representación visual de ubicación técnica 27

2.11 Representación visual del sector 28

2.12 Representación visual de criticidad (KPO) 28

2.13 Representación visual de la descripción del equipo.....	28
2.14 Representación visual del punto de lubricación.....	29
2.15 Representación visual del tipo de lubricante.....	29
2.16 Representación visual de la cantidad de puntos.....	29
2.17 Casilla cantidad de lubricante en relubricación.....	30
2.18 Representación visual del total de lubricante en el equipo.....	30
2.19 Representación visual de observaciones.....	30
2.20 Representación visual de observaciones generales.....	31
2.21 Ejemplo de conceptos relevantes que deben ir incluidos en la base de datos.....	32
2.22 Equipo a ingresar en ruta con su número de identificación (TAG).....	32
2.23 Representación del orden lógico a seguir para la lubricación de equipos.....	33
2.24 Ejemplo del diseño de ruta utilizado.....	34
2.25 Aprobación mediante firma del jefe de lubricación del área.....	34
2.26 Conceptos relevantes que deben ir incluidos en la base de datos.....	35
2.27 Ruta terminada con su respectivo número de identificación y plan de mantenimiento dentro del sistema SAP.....	35

3. CAPITULO 3: “CRITERIOS PARA RUTAS Y LUBRICACION DENTRO DEL SECTOR” 38

3.1 Orden lógico de lubricación utilizado en terreno.....	38
3.2 Motor de corriente continua.....	40
3.3 Reductor de velocidad coaxial.....	42
3.4 Reductor de engranajes ortogonal.....	42
3.5 Soplador de desplazamiento positivo.....	46
3.6 Bomba centrífuga.....	48
3.7 Sistema central, lubricación brazos accionadores de rastra.....	53
3.8 Tornillo sin fin en compuertas.....	53
3.9 Acoplamiento rígido.....	54

SIGLAS Y SIMBOLOGIA

- S.A. = Sociedad Anónima
- CELCO = Celulosa Arauco y Constitución
- DBO = Demanda bioquímica de oxígeno
- EP = Presión extrema
- EHL = Lubricación elastohidrodinámica
- MCC = Mantenimiento centrado en confiabilidad
- SAP = Sistemas, aplicaciones y productos
- KPO = Criticidad
- K = Alta criticidad
- P = Criticidad media
- O = Baja criticidad
- TAG = Fórmula de lenguaje de marcado
- UT = Ubicación técnica

INTRODUCCION

El proyecto consiste en diseñar e implementar rutas de lubricación para el área tratamientos de efluentes en Celulosa Arauco Horcones, con el fin de establecer un sistema de mantención regularizado que permita regularizar la cantidad de fallas y costos de mantenimiento, aumentando así también la disponibilidad de equipos. La necesidad del proyecto surge ya que es un sector nuevo y exige un plan de mantenimiento por la falta de un sistema ordenado para lubricación de equipos, fallas que puedan presentarse en un futuro por frecuencia errónea y cantidad de lubricación.

Hoy en día la lubricación de los equipos tanto principales como secundarios es de gran importancia en una planta de producción continua, ya que esto garantiza en su mayor parte la vida útil de los equipos, lo cual para nosotros como ingenieros en mantenimiento industrial es uno de los objetivos principales para cualquier desarrollo en proyectos de mantenimiento.

Al ver la situación del sector tratamiento de efluentes, sin presentar plan de mantención es necesario tener en cuenta lo indicado por el fabricante en cada equipo a ingresar en rutas; el primer mantenedor y facilitador de información sería el propio mecánico lubricador en terreno, los supervisores y los jefes encargados del área. Tomando en cuenta tanto los periodos de cambio o frecuencia de lubricación, la re lubricación de equipos, los cambios de aceite, así como también los tipos de lubricantes utilizados teniendo en cuenta sus propiedades. Todo este conjunto forma la mayor parte del plan de mantenimiento preventivo del sector.

En resumen, el objetivo que se pretende es desarrollar rutas de lubricación eficientes que generen en la empresa una mayor eficiencia en los trabajos y disponibilidad de equipos, además de un importante ahorro económico en relación a costos de mantenimiento.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Diseñar propuesta de rutas de lubricación, para optimizar procesos y disminuir costos de mantenimiento, en el área tratamientos de efluentes, Celulosa Arauco Horcones.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Analizar situación actual de mantenimiento, aplicado a la lubricación, en sector tratamiento efluentes, Celulosa Arauco.
- Detallar y explicar formato a utilizar en rutas de lubricación.
- Presentar criterios claves utilizados para confección de rutas.
- Exponer y especificar equipos presentes en el área.
- Realizar análisis de impacto económico.

CAPITULO 1: “MARCO TEÓRICO”

1. MARCO TEÓRICO

1.1 CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCION S.A.

Celulosa Arauco y Constitución S.A. como razón social (conocida como Celco, Celulosa Arauco o simplemente Arauco) es una empresa chilena dedicada a la fabricación de pulpa de celulosa y derivados como madera aserrada y paneles, parte del grupo económico de Anacleto Angelini. Actualmente, Arauco posee una planta en Perú y cinco plantas de celulosa dentro del territorio nacional, tales como, planta Nueva Aldea, Constitución, Licancel, Valdivia y Horcones. Además de las pasteras, Celulosa tiene cuatro plantas de fabricación de madera reconstituida, dos en Argentina y dos en Brasil.

Celulosa Arauco y Constitución es una sociedad anónima constituida en septiembre de 1979 como resultado de la fusión de Celulosa Arauco S.A. (1967) y Celulosa Constitución S.A. (1969), ambas empresas de la Corporación de Fomento de la Producción privatizadas en 1977 y 1979, respectivamente.

1.1.1 Objeto social

La sociedad tiene por objeto:

- a) Fabricar celulosa, papel y sus derivados, subproductos y productos afines; adquirir, administrar, manejar y explotar, por cuenta propia o ajena, predios forestales o de aptitud forestal; adquirir y explotar aserraderos y otras industrias que elaboren materias primas para la producción de papel, celulosa y sus derivados y/o maderas en todas sus formas; enajenar, exportar, y, en general, comerciar dentro o fuera del país, los referidos productos, especialmente la madera, celulosa y papel en todas sus formas.
- b) Adquirir, administrar, manejar y explotar, por cuenta propia o ajena, bienes raíces agrícolas y transformar, industrializar y comercializar productos agrícolas, como, asimismo, producir, elaborar y comercializar alimentos, y bebidas de cualquier clase u origen.
- c) Adquirir, administrar, manejar y explotar, por cuenta propia o ajena, bienes raíces no agrícolas, como también realizar la industria de la construcción y desarrollar negocios inmobiliarios.
- d) Importar, exportar, comprar, vender, distribuir y, en general comerciar por cuenta propia o ajena, vehículos motorizados y maquinarias, elementos, equipos y demás

artículos para fines agrícolas, mineros, pesqueros, industriales, comerciales, de computación electrónica y de uso doméstico, sus accesorios y repuestos.

e) El transporte terrestre, aéreo, marítimo y fluvial, por cuenta propia o ajena, y la promoción y desarrollo de la actividad turística en el país.

f) Fabricar, distribuir y comerciar en general, envases de todo tipo.

g) Explotar equipos de computación electrónica, en todas sus formas, pudiendo al efecto prestar asesorías de administración y organización de empresas, estudio de mercado y de factibilidad e investigación operativas.

h) Realizar también actividades y negocios relacionados con: La minería, incluyendo entre otros, la prospección, reconocimiento, exploración y explotación de yacimientos mineros; y, la pesca o caza de seres u organismos que tienen en el agua su medio normal de vida, pudiendo comerciar con ello en cualquier forma.

i) Participar, en conformidad a la Ley, en empresas de objeto bancario, de servicios financieros, de seguros, de warrants, y, en general, de almacenamiento y depósito de mercaderías, y, en la administración de fondos mutuos y previsionales.

j) La realización, por cuenta propia o ajena, de operaciones portuarias comprendiéndose dentro de ellas, especialmente, labores de muellaje, lanchaje, movilización de carga, almacenaje, estiba y desestiba de naves.

k) La producción, compra, venta, transporte y distribución de energía eléctrica y vapor de agua.

l) La generación, compra, venta y comercialización en general de Reducciones Certificadas de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, denominados “Bonos de Carbono”.

m) La prestación de todo tipo de servicios a terceros, incluyendo servicios de administración de empresas; servicios en materias de informática; servicios de administración y mantención de todo tipo de equipos y maquinarias industriales; servicios de tratamiento, transporte, transformación y disposición de efluentes, residuos y desechos, ya sean estos industriales o de cualquier tipo; y la prestación de todo tipo de servicios relacionados con la ingeniería.

n) El arrendamiento en calidad de arrendadora, de bienes inmuebles con o sin muebles incluidos, y de equipos, maquinarias y otros bienes muebles.

1.1.2 Celulosa Arauco Horcones S.A.

Celulosa Arauco Horcones, ubicada en la región del Biobío, comuna de Arauco, es una de las cinco plantas de Arauco de fabricación de celulosa funcionando dentro del territorio nacional. Dentro de Celulosa Arauco podemos encontrar diferentes áreas o sectores que son generales y poseen una función principal e importante dentro del proceso. En Arauco Horcones y demás plantas podemos encontrar seis sectores de gran importancia en el proceso, como lo son el sector de maderas, caustificación y horno, licor, maquinas, área química y tratamiento de efluentes.

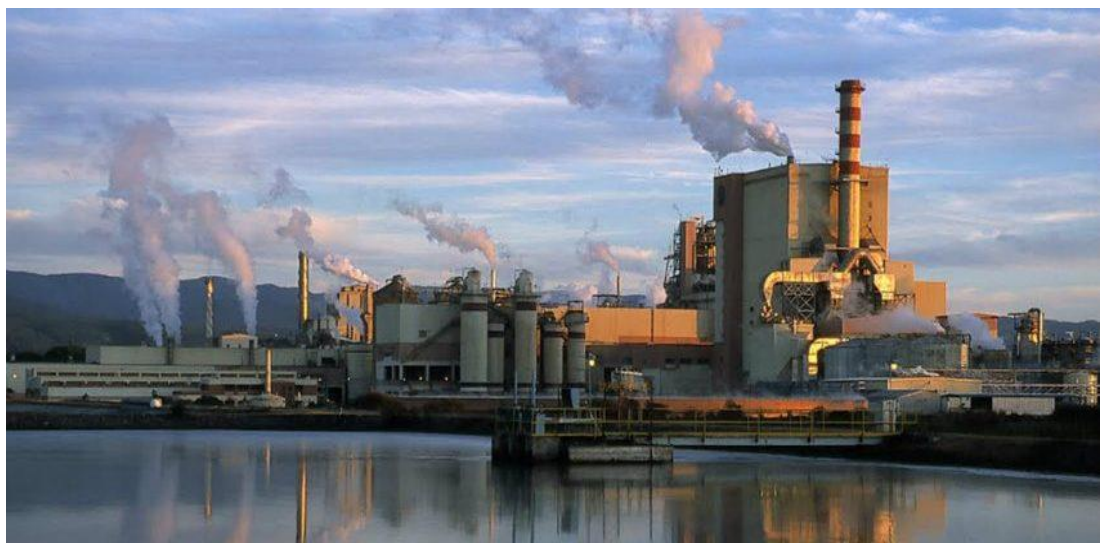


FIGURA 1.1: Celulosa Arauco Horcones.

Fuente: <https://www.terram.cl>

1.2 SECTOR PLANTA TRATAMIENTO EFLUENTES (PTE)

Planta tratamiento de efluentes tiene como objetivo principal el procesamiento de todos los tipos de fluidos utilizados dentro del proceso de celulosa, con el fin de permitir su máxima purificación y disminuir su nivel de contaminación, para luego ser devuelto al mar sin ocasionar un impacto ambiental. El nuevo sector de tratamiento de efluentes en Celulosa Arauco Horcones fue inaugurado en el año 2018, y forma parte de la modernización de Planta Arauco que considera un conjunto de mejoras al sistema de tratamiento de efluentes, como la construcción de una nueva planta de última generación sobre la base de tratamiento biológico, que permita procesar de forma más eficiente los efluentes que se generen durante la operación de planta, dando servicios en conjunto a las líneas de producciones, a la futura línea 3 y a otras instalaciones del complejo.



FIGURA 1.2: Sector planta tratamiento efluentes, Celulosa Arauco Horcones.

Fuente: <https://www.arauco.cl>

La función del tratamiento de efluentes es adecuar los líquidos tal que permita satisfacer los requerimientos y parámetros ambientales exigidos por la legislación chilena y, en particular, de las exigencias propias de la planta Horcones.

Este sistema de tratamiento de efluentes tiene como objetivo:

- Clarificar el efluente, sedimentando los lodos.
- Neutralizar el efluente.
- Bajar la temperatura del efluente.
- Disminuir la carga orgánica y los compuestos clorados del efluente, disminuir nitrógeno y fósforo.
- Disminuir el color del efluente.
- Tratar los lodos primarios, secundarios y terciarios.

Los sistemas que son parte de la planta de tratamiento de efluentes se presentan a continuación:

1.2.1 Tratamiento primario

La función principal del sistema de tratamiento primario es la separación de sólidos, clarificación, neutralización y enfriamiento del efluente.

La separación de sólidos se realiza en dos etapas:

- Separación mecánica gruesa.
- Separación fina por diferencia de densidad de las partículas con respecto al agua.

La neutralización del efluente se realiza adicionando soda o ácido sulfúrico, y la etapa de enfriamiento se realiza a través de dos torres de enfriamiento. Además, cuenta con una piscina de derrames, para canalizar emergencias operacionales.

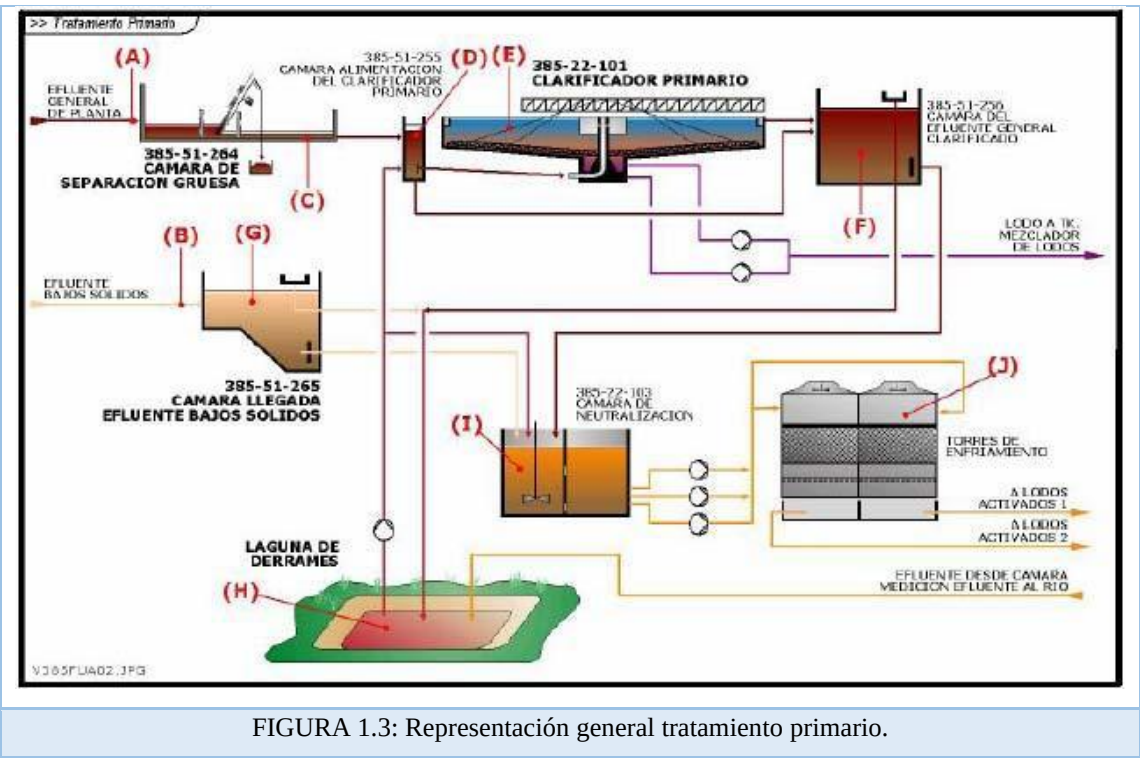


FIGURA 1.3: Representación general tratamiento primario.

Fuente: <https://www.industriaminera.cl>

1.2.2 Tratamiento secundario

Este sistema tiene por finalidad reducir la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) del efluente mediante un proceso de degradación biológica, es decir, disminuye la carga orgánica del efluente, a través de una degradación microorgánica. Además, cuenta con un clarificador secundario el cual sedimenta los lodos y obtiene un efluente clarificado.

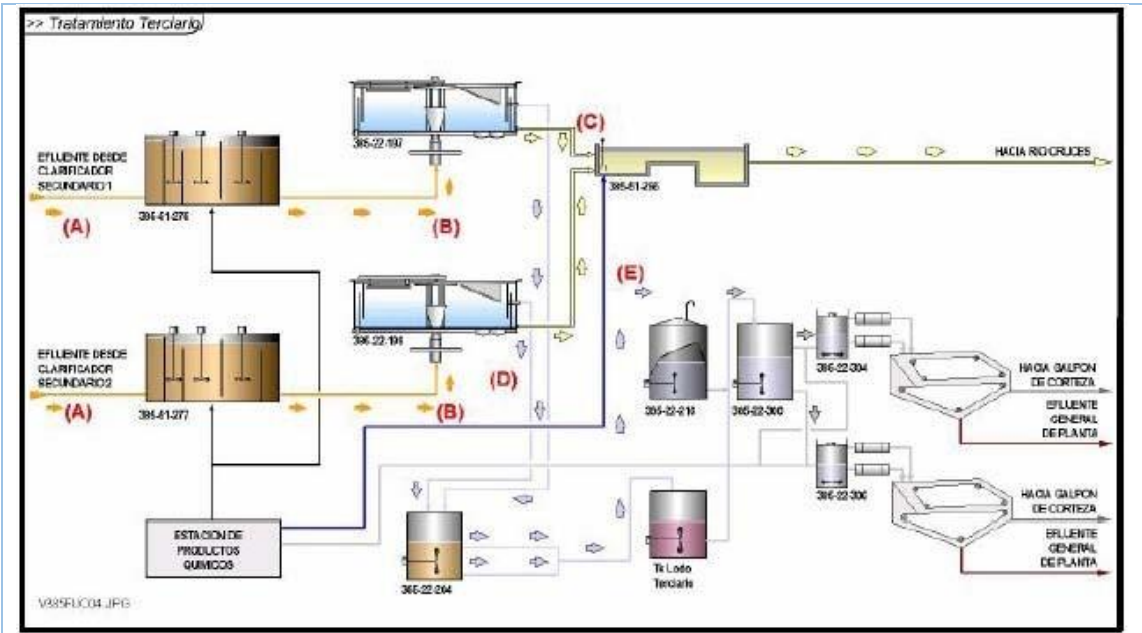


FIGURA 1.5: Representación general tratamiento terciario.

Fuente: <https://www.industriaminera.cl>

1.2.4 Gestión en medio ambiente

Para Arauco, la sostenibilidad se traduce en una estrategia de gestión que incorpora valores, compromisos, estándares, junto con la adopción de las mejores prácticas y tecnologías disponibles en la industria, en busca de la mejora continua de la gestión ambiental de la empresa. Es el área de medio ambiente, con sus especialistas en cada área de negocios, la que vela por que estos lineamientos sean llevados a la práctica en el día a día de la operación. Todas las unidades productivas de Arauco, cuentan con sistemas de gestión ambiental certificados que refuerzan el compromiso con el desempeño ambiental y aseguran la trazabilidad de las materias primas. Arauco utiliza en sus procesos productivos diversos insumos como madera, productos químicos, agua, entre otros; los que a su vez generan emisiones líquidas y gaseosas. Como una forma de hacer más eficiente la gestión de la empresa se han realizado importantes avances en la reducción del consumo y emisiones. Se realizaron inversiones medioambientales relativas a control de emisiones atmosféricas, mejoramiento de procesos, manejo de aguas, manejo de residuos y nuevos sectores de tratamiento de efluentes más avanzados, con el fin de mejorar el desempeño ambiental de las unidades de negocio de la planta.

1.3 FUNDAMENTOS SOBRE LUBRICACION

1.3.1 Lubricación

La lubricación es el proceso o técnica empleada para reducir el rozamiento entre dos superficies que se encuentran muy próximas y en movimiento una respecto de la otra, interponiendo para ello una sustancia entre ambas denominada lubricante que soporta o ayuda a soportar la carga (presión generada) entre las superficies enfrentadas. La película de lubricante interpuesta puede ser un sólido, (por ejemplo, grafito, MoS₂), un líquido (aceite o grasa) o excepcionalmente un gas.

Una adecuada lubricación permite un funcionamiento continuo y suave de los equipos mecánicos, con un ligero desgaste, y sin excesivo estrés o ataque a las partes móviles (rodamientos y engranajes). Cuando falla la lubricación, los metales y otros materiales pueden rozar, desgastarse, perdiendo eficacia que causan desprendimiento de calor, pudiendo generar degradación entre piezas, causando daños irreparables, y fallas en general.



FIGURA 1.6: Lubricación de engranajes.

Fuente: <https://aceites-lubricantes.com>

1.3.2 Película lubricante

La película de lubricante permite separar rugosidades de dos superficies que se mueven una respecto a otra, evitando que entren en contacto directo metal-metal. La película lubricante puede ser sólida en el momento de la puesta en marcha de un mecanismo o constituida por la unión de capas laminares cuyo número es alto, si la lubricación es fluida y bajo, si es lubricación por presión esta es hidrodinámica.

1.3.3 Aditivos de lubricantes

La base de un lubricante por sí sola no ofrece toda la protección que necesita un motor o componente industrial, por lo que en la fabricación del lubricante se añaden ciertos aditivos atendiendo a las necesidades del fabricante del equipo (homologación o nivel autorizado) o al uso al que va a ser destinado el lubricante en cuestión.

Los aditivos usados en el lubricante son:

- Antioxidantes: Retrasan el envejecimiento prematuro del lubricante.
- Antidesgaste Extrema Presión (EP): Forman una fina película en las paredes a lubricar. Se emplean mucho en lubricación por barboteo (cajas de cambio y diferenciales)
- Antiespumantes: Evitan la oxigenación del lubricante por cavitación reduciendo la tensión superficial y así impiden la formación de burbujas que llevarían aire al circuito de lubricación.
- Antiherrumbre: Evita la formación de óxido en las paredes metálicas internas del motor y la condensación de vapor de agua.
- Detergentes: Son los encargados de arrancar los depósitos de suciedad fruto de la combustión.
- Dispersantes: Son los encargados de transportar la suciedad arrancada por los aditivos detergentes hasta el filtro o cárter del motor.
- Espesantes: Es un compuesto de polímeros que por acción de la temperatura aumentan de tamaño aumentando la viscosidad del lubricante para que siga proporcionando una presión constante de lubricación.
- Diluyentes: Es un aditivo que reduce los microcristales de cera para que fluya el lubricante a bajas temperaturas.

1.3.4 Tipos de lubricación

La lubricación se presenta en distintos tipos que destacan un proceso o consecuencias diferentes, dependen de los diversos puntos en los que difieren cada sistema, tomando en cuenta los elementos que actúan en dicho proceso. Entre los tipos de lubricación se encuentran:

- Lubricación límite.
- Lubricación hidrostática.
- Lubricación hidrodinámica.
- Lubricación elastohidrodinámica (EHL).

Lubricación límite o sólida

Uno de los momentos más delicados en un equipo es la puesta en marcha, ya sea por primera vez o cada vez que se ponga en funcionamiento. Cuando la velocidad de operación de un mecanismo disminuye, la capa de lubricación por consecuencia también disminuye acercando las rugosidades de las dos superficies hasta finalmente unirse, cuando la velocidad es igual a cero, y si la capa de lubricante se disminuye demasiado pueden existir fracturas por el contacto directo de las superficies metálicas.

Al momento de arrancar un equipo un sin número de rugosidades de las dos superficies se encuentran en contacto, y la separación dependerá de la de los aditivos anti desgaste que presente el lubricante utilizado, esta propiedad del lubricante se conoce como película sólida o límite, la cual evita el contacto metálico entre ambas superficies permitiendo la puesta en marcha del equipo.

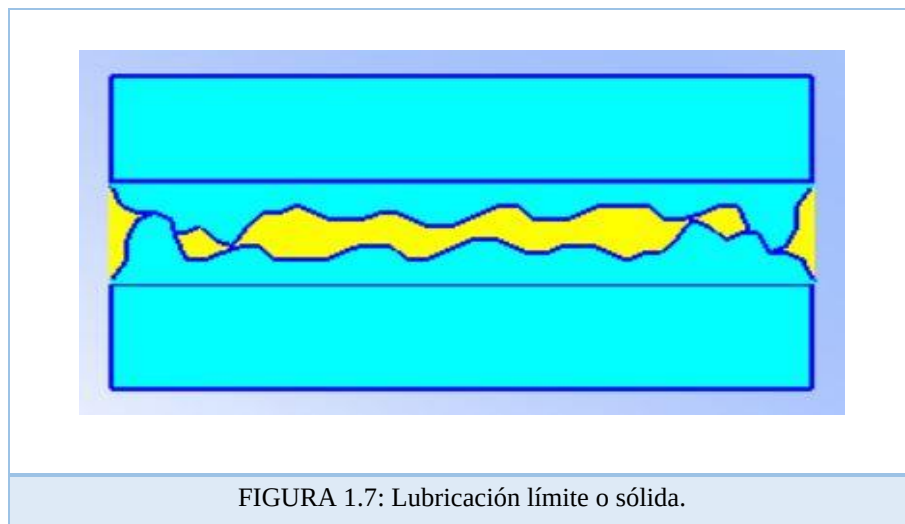


FIGURA 1.7: Lubricación límite o sólida.

Fuente: <https://es.slideshare.net>

Lubricación hidrostática o mixta

En la lubricación hidrostática se destaca una capa por parte del lubricante el cual permite conservar y garantizar el suministro de un líquido o fluido en un proceso de presión que llega al punto o a la zona donde se presenta el contacto, la presión que es generada, presenta la función de permitir la separación entre los elementos. En lubricación mixta el desgaste y el consumo de energía dependen tanto de las características de la película límite como de la resistencia a la cizalla dura de la película fluida y de su estabilidad.

Este tipo de lubricaciones es la indicada cuando se quieren generar velocidades diversas para los deslizamientos, así como se puede hacer uso de las mismas en el inicio de arranque de distintos tipos de mecanismos, los cuales se presentan en máquinas y artefactos, para ello se toma en cuenta el rozamiento y el nivel que este presenta el cual se destaca que es muy bajo.

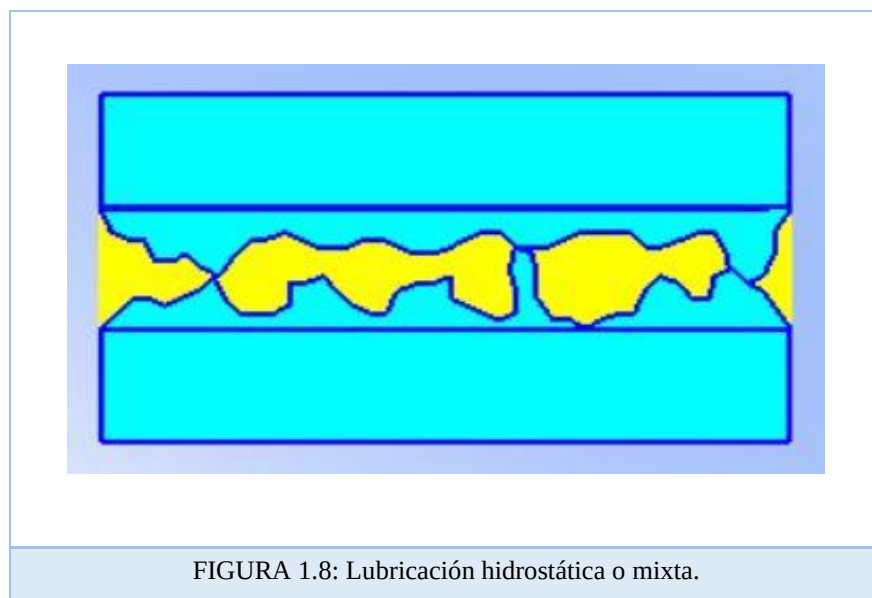


FIGURA 1.8: Lubricación hidrostática o mixta.

Fuente: <https://es.slideshare.net>

Lubricación hidrodinámica o fluida

Se presenta cuando la acción del movimiento relativo entre dos superficies lubricadas, se crea una película lubricante lo suficientemente gruesa como para impedir todo contacto metal-metal. Esto significa que el espesor mínimo de la película es algo superior a la suma promedio de las irregularidades de ambas superficies y que la resistencia al movimiento viene dada sólo por la fricción entre las capas del lubricante, siendo este último el que soporta totalmente la carga.

En este caso, las condiciones de la lubricación serán óptimas y el mecanismo podrá funcionar durante largo tiempo sin desgaste alguno, siempre y cuando se mantengan estas condiciones de operación.

La lubricación hidrodinámica requiere de un flujo adecuado de lubricante para mantener separada las dos superficies. Cuando uno de los elementos (o ambos) están movimiento relativo, la acción hidráulica del aceite produce una cuña convergente, que desarrolla presiones por encima de 50.000 psi en la zona de trabajo, evitando el contacto metálico entre ambas superficies.

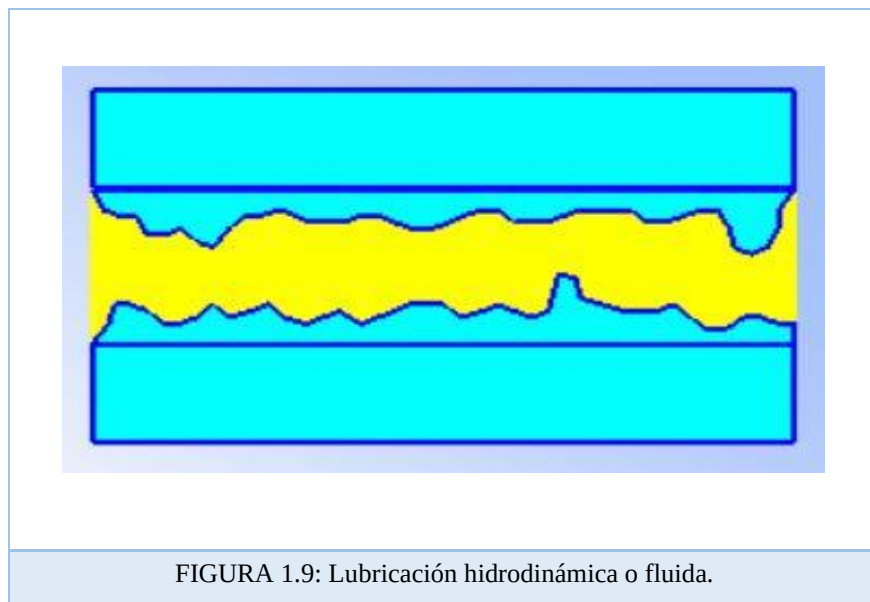


FIGURA 1.9: Lubricación hidrodinámica o fluida.

Fuente: <https://es.slideshare.net>

Lubricación elastohidrodinámica (EHL)

La lubricación elastohidrodinámica se aplica en elementos altamente cargados donde la presión es tal que la deformación elástica de las superficies metálicas influye considerablemente en la formación del espesor de película. Por lo tanto, debe involucrarse en los cálculos de ingeniería. En las prácticas actuales del diseño de máquinas es importante estimar las presiones y los espesores de película a los que se someterán los elementos de máquina que se diseñan porque este conocimiento permite al ingeniero predecir si bajo las condiciones particulares de trabajo, el elemento de máquina funcionará adecuadamente o no.

No obstante, el problema de lubricación elastohidrodinámica representó por muchos años un reto en ingeniería antes del desarrollo de las computadoras. El cálculo del espesor de película y presiones de contacto bajo esta situación, y con el mínimo número

de consideraciones, involucra la solución de un sistema de tres ecuaciones que formulan el problema y dos ecuaciones más que toman en cuenta el cambio de viscosidad y densidad del lubricante con la presión. Las ecuaciones que formulan el problema son: la ecuación diferencial hidrodinámica de Reynolds, la ecuación integral de elasticidad y la ecuación integral de equilibrio de carga.

1.3.5 Tipos de lubricantes

Los lubricantes que son derivados del petróleo están clasificados de acuerdo con el servicio a presentar. Algunos de ellos se destinan a usos especiales, mientras que otros pueden emplearse en gran variedad de aplicaciones múltiples.

Existen distintas sustancias lubricantes dependiendo de su composición y presentación:

- Líquidos: De origen mineral o vegetal. Son necesarios para la lubricación hidrodinámica y son usados comúnmente en la industria, motores y como lubricantes de perforación.
- Semisólidos: Son las denominadas "grasas". Su composición puede ser mineral o vegetal y frecuentemente son combinadas con muchos tipos de lubricantes sólidos como el grafito, molibdeno o litio.
- Sólidos: Es un tipo de material que ofrece mínima resistencia molecular interna por lo que por su composición ofrece óptimas condiciones de lubricación sin necesidad de un aporte lubricante líquido o semisólido. El más común es el grafito, aunque la industria está avanzando en investigación en materiales de origen metálico.

Los lubricantes también se clasifican por su naturaleza en tres tipos:

- Minerales: Son los aceites provenientes del refinado del petróleo.
- Sintéticos: Son creados de forma sintética y no tienen origen natural. Tienen mayor resistencia Térmica y mejores propiedades anti-desgaste.
- Semisintéticos: Son mezclas de ambos aceites lo cual le da propiedades diferentes a las que poseen cada uno en forma individual.

El uso de lubricantes es esencial para gran parte de los procesos dentro de una industria, para ello se toma en consideración los tipos de lubricantes a nivel general, los cuales se presentan de cuatro formas distintas que pueden ser empleados para diversos casos, estos son:

- Líquidos
- Solidos
- Grasas
- Gases

Líquidos

Los líquidos presentan un funcionamiento para poder ser empleados como lubricantes, entre los cuales se presentan los aceites minerales que fueron explicados anteriormente. Se presentan diversos tipos de líquidos, los cuales según sus características, composición y procesos de fabricación pueden ser empleados como lubricantes ya que cuentan con las propiedades requeridas. Además de los aceites minerales, también se emplean aceites naturales y los aceites sintéticos.

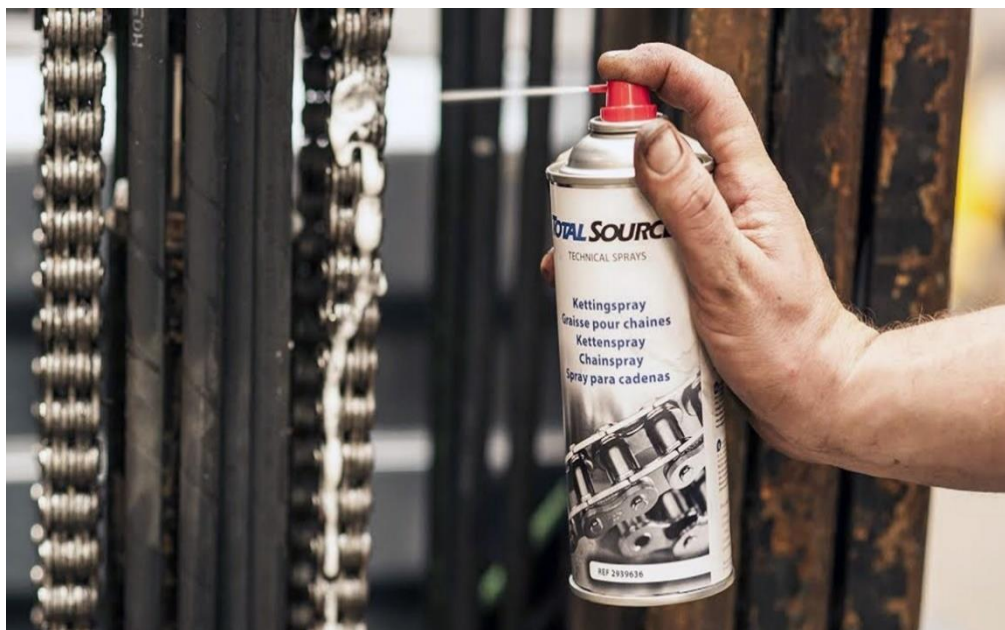


FIGURA 1.10: Lubricación de cadena por dispensador (líquido).

Fuente: <https://montacargasy servicios.medium.com>

Sólido

Los sólidos se presentan como tipos de lubricantes con son muy usados, entre los sólidos que más se emplean se destacan el gráfico, el politetrafluoruroetileno, bisulfuro de molibdeno, para este tipo de compuestos se presentan un alto uso como sólidos, sin embargo, los sólidos en general son muy poco empleados en comparación a los líquidos y las grasas, ya que en ciertas condiciones los sólidos no pueden ser empleados, tomando en cuenta en que presentan limitaciones.

Generalmente se hace uso de los sólidos en condiciones extremas, donde se presentan temperaturas excesivas, así como presencia de químicos de manera destacada y relevante, debido a que cuenta con propiedades que son útiles para este tipo de condiciones que no son normales, por lo tanto, se considera que se emplean los sólidos para condiciones específicas.

Grasas

Las grasas se presentan como lubricantes con un carácter semifluido, normalmente estos se presentan formados y elaborados a partir del uso de aceites minerales, así como la adición de agentes que generan espesor, entre ellos se puede destacar el uso de arcilla o en otros casos puede presentarse el uso de jabón, el hacer uso de agentes que generan espesor permite que el lubricante pueda retenerse en las zonas que se realiza la lubricación.

Se considera el uso de grasas como muy efectivas para el caso de superficies que pueden llegar a presentar contaminantes externamente, pero en esos casos se destaca que las grasas no se presentan con una fluidez como en el caso de los aceites, por ello son considerados como menos refrigerantes, por lo tanto, se presenta con mayor complejidad su uso como lubricante, en el momento de ser empleado en el mecanismo que se encuentra operando.



FIGURA 1.11: Lubricación de rodamiento por grasa.

Fuente: <https://www.lubritec.com>

Gases

Los gases pueden ser empleados como lubricantes en los procesos de tipos de lubricación, así como también se presenta el uso del aire como lubricante. Generalmente cuando se hace uso de este tipo de lubricantes se presenta un proceso donde se destacan velocidades muy altas, por lo tanto, las cargas que se obtienen son mínimas.

Por ello cuando se requieren de altas velocidades y de condiciones que le atribuyen se hacen uso de los gases, pero generalmente se destaca más el uso del aire en los tipos de lubricación. Sin embargo, en comparación a otro tipo de lubricante estos no son tan empleados, pero presentan un funcionamiento y uso esencial para ciertas ocasiones que se les requiere.

1.3.6 Rutas de lubricación

Una ruta de lubricación, es una guía creada por medio de un plan de mantenimiento en lubricación para los equipos dentro una planta, en la cual se encuentran cada uno de los pasos que se deben efectuar para lograr un buen mantenimiento en los diferentes equipos, disminuyendo costos de mantención, asegurando la disponibilidad de los equipos y efectividad de proceso.

1.3.7 Plan de lubricación

El plan de lubricación es aquel que define en forma genérica las tareas a realizar o desarrollar en una planta con el fin de obtener un mantenimiento efectivo y ordenado. Este sistema se debe llevar a cabo día a día siguiendo las diferentes instrucciones de las cartillas de lubricación.

1.3.8 Cartillas de lubricación

La cartilla de lubricación es la misma ruta de lubricación, pero adaptada con información netamente para su ejecución en terreno, donde se agrupan todas las tareas a desarrollar en la mantención dentro de un sector específico, como son el código de equipo, sector de ubicación, criticidad, nombre del equipo, punto de lubricación, tipo de lubricante, cantidad de puntos a lubricar, cantidad de lubricante, frecuencia de lubricación y observaciones

CAPITULO 2: “PROCESO CONFECCION RUTAS DE LUBRICACION”

2. PROCESO CONFECCION RUTAS DE LUBRICACION

2.1. MEJORA EN MANTENIMIENTO AL SECTOR

Al cabo de un año aproximadamente inaugurado el nuevo sector de tratamiento de efluentes (divido en dos subsectores) en celulosa Arauco Horcones, se da inicio al proceso de confección de rutas de lubricación para el subsector dos del área, a pedido del departamento de mantenimiento planta, ya que el sector no presentaba ningún plan de mantención diseñado por el hecho de ser un área relativamente nueva dentro de la planta. El diseño de rutas, contempla una duración de 3 meses para el segundo subsector y posee como objetivo principal la optimización de procesos, asegurar la disponibilidad de equipos y disminuir al rango mínimo las fallas que puedan ocurrir por falta o mal proceso de lubricación de equipos. Con la implementación de este sistema se obtendrá la recuperación de la inversión en un plazo no muy extenso dentro del mismo funcionamiento del área, ya que el sector dispondrá de una regulación de acciones y procesos de mantención asegurando el máximo provecho en cada uno de los equipos, basados en un mantenimiento de confiabilidad.

Para aplicar mantenimiento centrado en confiabilidad primero se debe tener claro los equipos (activos fijos) con los cuales se va a trabajar, en este caso son equipos del área de tratamiento de efluentes. Para lograr mayor claridad se hará un estudio del área, con el objetivo de conocer el proceso y saber con claridad el funcionamiento de cada uno de los activos involucrados. De acuerdo a lo señalado y teniendo ya claridad del proceso, como se explicó anteriormente respecto al funcionamiento tanto en el proceso de tratamiento primario, secundario y terciario, los flujos de cada uno de ellos y los activos pertenecientes al área, se consultará posteriormente por los equipos mecánicos que están incluidos en las pautas provisorias de mantención mecánica, se buscara información de cada uno de ellos en SAP, catálogos, visualizando cada uno de estos componentes en terreno, a fin de tener orientación geográfica clara y sus costos asociados a cada equipo, órdenes de trabajo generadas a cada uno de ellos; en términos generales, datos que servirán como referencia al grupo de trabajo para el diseño de rutas y la determinación de los equipos críticos y no críticos del área.

2.1.1. Objetivos del mantenimiento centrado en confiabilidad

Los objetivos de mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC) son los siguientes:

- Mayor seguridad e integridad ambiental: Consiste en minimizar o eliminar todos los riesgos identificables relacionados con la seguridad de los equipos y el medio ambiente.
- Mejor funcionamiento operacional (cantidad, calidad de producto y servicio al cliente): El mantenimiento basado en confiabilidad reconoce que todos los tipos de mantenimiento tienen algún valor y proveen reglas para decidir cuál es el más adecuado en cada situación, lo que significa que actúan para minimizar o eliminar todos los riesgos identificables relacionados con la seguridad de los equipos y el medio ambiente.
- Mayor costo - eficiencia del mantenimiento: Si el MCC es aplicado correctamente a los sistemas de mantenimiento ya existentes, reduce la cantidad de tareas de mantenimiento hechas cíclicamente de cada período entre un 40 a un 70 por ciento. En el caso de que el mantenimiento basado en confiabilidad se utilice para desarrollar un nuevo programa de mantenimiento, la cantidad de trabajo resultante será mucho más baja, así el programa se desarrolla con los procedimientos habituales.
- Mayor vida útil de componentes costosos: Esto se debe al cuidadoso énfasis en el uso de las técnicas de mantenimiento.
- Una base de datos global: Permite a quienes utilizan el equipo, demostrar que sus programas de mantenimiento están hechos sobre una base racional. La información almacenada en las hojas de trabajo de este tipo de mantenimiento reduce los efectos de la rotación de personal y la pérdida de experiencia que esto provoca. Provee una clara visión de las habilidades necesarias para mantener cada activo físico, y para decidir qué repuestos deben tenerse en stock.
- Mayor motivación del personal: Lleva a un mayor entendimiento general del activo en su contexto operacional, con un sentido de pertenencia más amplio de los problemas de mantenimiento y sus soluciones, al igual que aumenta la posibilidad de que las soluciones perduren.
- Mejor trabajo de equipo: Esto se genera ya que el lenguaje técnico es fácil de entender para cualquier persona que esté relacionada con mantenimiento del área o subsectores similares.

2.2. DISEÑO Y CONFECCION DE RUTAS

2.2.1. Conceptos generales dentro de una ruta de lubricación

- Número de ruta: Corresponde al número general de la ruta dentro del programa principal de mantenimiento de la planta.

araucoco

N° RUTA	7010201086		
NOMBRE DE RUTA	RUTA (6) RELUBRICACION RODAMIENT		
FRECUENCIA LUBRICACION	8 SEMANAS		
TIEMPO ESTIMADO	2 HORAS		
N°	UBICACIÓN TÉCNICA	SECTOR	K P

FIGURA 2.1: Representación visual del número de ruta.

- Nombre de ruta: Determina el nombre específico de la ruta dentro del sector de la planta principalmente, y va asociado al trabajo en general que se deberá realizar con dicha ruta.

araucoco

N° RUTA	7010201086			
NOMBRE DE RUTA	RUTA (6) RELUBRICACION RODAMIENTOS			
FRECUENCIA LUBRICACION	8 SEMANAS			
TIEMPO ESTIMADO	2 HORAS			
N°	UBICACIÓN TÉCNICA	SECTOR	K P O	DESCRIPCIÓN

FIGURA 2.2: Representación visual del nombre de ruta.

- Frecuencia de lubricación: Determina la frecuencia en relación de tiempo (semanas) con que el lubricador realiza esa ruta dentro de la planificación del mantenimiento.

arauco			
N° RUTA		7010201086	
NOMBRE DE RUTA		RUTA (O) REUBRICACION RODAMIENTOS	
FRECUENCIA LUBRICACION		8 SEMANAS	
TIEMPO ESTIMADO		2 HORAS	
N°	UBICACIÓN TÉCNICA	SECTOR	K P O
		SISTEMA CLARIFICADOR	

FIGURA 2.3: Representación visual de la frecuencia.

- **Tiempo estimado:** Determina el tiempo en horas de trabajo específico que se demora la realización en terreno de la ruta.

N° RUTA	7010201086
NOMBRE DE RUTA	RUTA (6) RELUBRICACION ROD.
FRECUENCIA LUBRICACION	3 SEMANAS
TIEMPO ESTIMADO	2 HORAS

N°	UBICACIÓN TÉCNICA	SECTOR
1	CA03 785 008 000003 31310	SISTEMA CLARIFICADOR

FIGURA 2.4: Representación visual del tiempo estimado.

- Fecha: Representa la fecha oficial de creación y carga de la ruta dentro del programa de mantenimiento de planta (SAP).

The image shows a portion of a form with several rows. The second row from the top of the form contains the text 'FECHA: 17 de junio, 2019'. This text is enclosed in a red rectangular box. The third row contains 'IN PLAN DE MANTENIMIENTO' and '20102049'. The fourth row contains 'PUESTO DE TRABAJO RESPONSABLE' and 'Tratamiento El'. The fifth row contains 'PUNTO MADRE' and is followed by two empty columns. The sixth row contains 'PUNTO DE' and is followed by two empty columns. The seventh row contains 'CAUSE' and 'CAN'. The eighth row contains 'LUB'.

FECHA: 17 de junio, 2019	
IN PLAN DE MANTENIMIENTO	20102049
PUESTO DE TRABAJO RESPONSABLE	Tratamiento El
PUNTO MADRE	
PUNTO DE	
CAUSE	CAN
LUB	

- Número plan de mantenimiento: Es el número de identificación general con que fue creada la ruta dentro del programa de mantenimiento de la planta, y se encontrará reflejado por medio del sistema SAP.

FECHA: 17 de junio, 2019					
N° PLAN DE MANTENIMIENTO			20102049		
PUESTO DE TRABAJO RESPONSABLE			Tratamiento Efluentes		
PUNTO MADRE					
DEL EQUIPO	PUNTO DE LUBRICACIÓN	TIPO LUBRICANTE	CANT. PTS.	CANT. LUBR. EN	TOTAL LUBR. EQUIPO

FIGURA 2.6: Representación visual número plan de mantenimiento.

- Puesto de trabajo responsable: Corresponde al área responsable de la ejecución de esa ruta de lubricación, sus procesos y componentes.

FECHA: 17 de junio, 2019					
N° PLAN DE MANTENIMIENTO			20102049		
PUESTO DE TRABAJO RESPONSABLE			Tratamiento Efluentes		
PUNTO MADRE					
N DEL EQUIPO	PUNTO DE LUBRICACIÓN	TIPO LUBRICANTE	CANT. PTS.	CANT. LUBR. EN RELUBR.	TOTAL LUBR. EQUIPO
ICADOR	RODAMIENTO	MOBIL POLYREX EM	2	34 g	68 g
					RE

FIGURA 2.7: Representación visual de puesto de trabajo responsable.

- Instrumentos necesarios: Pertenece a los elementos o materiales necesarios para la realización de la presente ruta de lubricación en terreno.

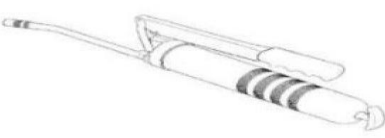
INSTRUMENTOS NECESARIOS	
	
TOTAL LUBR. EQUIPO	OBSERVACIONES

FIGURA 2.8: Representación visual de instrumentos necesarios.

- **Número (N°):** Corresponde al número de equipo ordenado de forma lógica que determina la posición de lubricación en terreno del componente dentro de esa ruta, con el fin de disminuir al máximo la distancia de traslado entre equipos y evitar pérdidas de tiempo.

FRECUENCIA LUBRICACION		8 S
TIEMPO ESTIMADO		2 H
N°	UBICACIÓN TÉCNICA	
1	CA03-785-008-000002-31210	SIS SEC
2	CA03-785-008-000002-31211	SIS SEC

FIGURA 2.9: Representación visual del número dentro de ruta.

- **Ubicación Técnica:** Es una unidad organizativa dentro de logística que estructura los objetos de mantenimiento de una empresa por medio de un código alfanúmero que representa su ubicación dentro de la planta, el tipo de equipo y su número de equipo en específico de acuerdo con criterios funcionales relativos a procesos espaciales y representa el lugar donde se debe efectuar una medida de mantenimiento.

NOMBRE DE RUTA		RUTA (6) RELUBRIC
FRECUENCIA LUBRICACION		8 SEMANAS
TIEMPO ESTIMADO		2 HORAS
N°	UBICACIÓN TÉCNICA	SECTOR
1	CA03-785-008-000002-31210	SISTEMA CLARIFICA SECUNDARIO #3
2	CA03-785-008-000002-31211	SISTEMA CLARIFICA SECUNDARIO #3
		SISTEMA CLARIFICA

FIGURA 2.10: Representación visual de ubicación técnica.

- **Sector:** Corresponde al lugar específico dentro del área de la ruta donde se encuentra el equipo a lubricar.

RUTA (6) RELUBRICACION RODAMIENTOS			
FRECUENCIA		8 SEMANAS	
DURACION		2 HORAS	
TÉCNICA	SECTOR	K P O	DESCR
0002-31210	SISTEMA CLARIFICADOR SECUNDARIO #3	K	MOTOR C SECUNDA
0002-31211	SISTEMA CLARIFICADOR SECUNDARIO #3	K	MOTOR C SECUNDA

FIGURA 2.11: Representación visual del sector.

- KPO (criticidad): Es un indicador proporcional al riesgo que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas, equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas. Permite direccionar el esfuerzo y los recursos a las áreas donde es más necesario mejorar la confiabilidad y administrar el riesgo. En Arauco se clasifican en tres tipos de criticidad:
- K = Criticidad alta
 - P = Criticidad media
 - O = Criticidad baja

8 SEMANAS		
2 HORAS		
SECTOR	K P O	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO
SISTEMA CLARIFICADOR SECUNDARIO #3	K	MOTOR CLARIFICADOR SECUNDARIO N°3 L3
SISTEMA CLARIFICADOR SECUNDARIO #3	K	MOTOR CLARIFICADOR SECUNDARIO N°3 L3

FIGURA 2.12: Representación visual de criticidad (KPO).

- Descripción del equipo: Se define como el nombre específico del equipo donde se encuentran los puntos a lubricar de la ruta.

EN RODAMIENTOS		N° PLAN DE MANTENIMIENTO	
		PUESTO DE TRABAJO	
		PUNTO MADRE	
K P O	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	PUNTO DE LUBRICACIÓN	
K	MOTOR CLARIFICADOR SECUNDARIO N°3 L3	RODAMIENTOS	
K	MOTOR CLARIFICADOR SECUNDARIO N°3 L3	RODAMIENTOS	

FIGURA 2.13: Representación visual de la descripción del equipo.

- Punto de lubricación: Corresponde al lugar o parte específica del equipo que deberá recibir la lubricación.

PUESTO DE TRABAJO RESPONSABLE		
PUNTO MADRE		
NOMBRE DEL EQUIPO	PUNTO DE LUBRICACIÓN	TIPO LUBRICANTE
ICADOR Nº 3 L3	RODAMIENTO	MOBIL POLYREX EM
ICADOR Nº 3 L3	RODAMIENTO	MOBIL POLYREX EM

FIGURA 2.14: Representación visual del punto de lubricación.

- Tipo de lubricante: Nombre específico del lubricante que se utiliza en dicho equipo dentro de la ruta para el proceso de lubricación.

PUESTO DE TRABAJO RESPONSABLE		Tratamiento Efluentes	
PUNTO MADRE			
PUNTO DE LUBRICACIÓN	TIPO LUBRICANTE	CANT. PTS.	CANT. LUBR. EN RELUBR.
RODAMIENTO	MOBIL POLYREX EM	2	34 g
RODAMIENTO	MOBIL POLYREX EM	2	34 g

FIGURA 2.15: Representación visual del tipo de lubricante.

- Cantidad de puntos: Corresponde a la cantidad total de puntos específicos de lubricación que posee el equipo nombrado dentro de la ruta.

RESPONSABLE		Tratamiento Efluentes	
TIPO LUBRICANTE	CANT. PTS.	CANT. LUBR. EN RELUBR.	TOTAL LUBR. EQUIPO
MOBIL POLYREX EM	2	34 g	68 g
MOBIL POLYREX EM	2	34 g	68 g

FIGURA 2.16: Representación visual de la cantidad de puntos.

- Cantidad de lubricante en relubricación: Corresponde a la cantidad total de lubricante que utiliza únicamente un solo punto del equipo descrito.

Tratamiento Efluentes				
BRICANTE	CANT. PTS.	CANT. LUBR. EN RELUBR.	TOTAL LUBR. EQUIPO	
OLYREX EM	2	34 g	68 g	REVI
OLYREX EM	2	34 g	68 g	REVI

FIGURA 2.17: Casilla cantidad de lubricante en relubricación.

- Total de lubricante en equipo: Se define como la cantidad total de lubricante necesario para la lubricación de todos los puntos presentes en el equipo descrito y se calcula mediante la multiplicación de la cantidad de puntos por la cantidad de lubricante en relubricación.

Tratamiento Efluentes				
E	CANT. PTS.	CANT. LUBR. EN RELUBR.	TOTAL LUBR. EQUIPO	OB
M	2	34 g	68 g	REVISAR FUNCION
M	2	34 g	68 g	REVISAR FUNCION

FIGURA 2.18: Representación visual total de lubricante en el equipo.

- Observaciones: Corresponde a información relacionada al equipo en específico para detallar alguna objeción dentro de la ruta.

es	
TOTAL LUBR. EQUIPO	OBSERVACIONES
68 g	REVISAR FUNCIONAMIENTO DE ACOPLAMIENTO
68 g	REVISAR FUNCIONAMIENTO DE ACOPLAMIENTO

FIGURA 2.19: Representación visual de observaciones.

- Observaciones generales: Se detalla toda información relevante respecto a equipos o ruta en si por parte del encargado que realiza la lubricación.

		SECUNDARIO #2		SECU
5	CA03-785-007-000002-31184	SISTEMA CLARIFICADOR	K	MOT
		SECUNDARIO #1		SECU
6	CA03-785-007-000002-31183	SISTEMA CLARIFICADOR	K	MOT
		SECUNDARIO #1		SECU
OBSERVACIONES GENERALES:				

FIGURA 2.20: Representación visual de observaciones generales.

2.2.2. Pasos proceso confección rutas de lubricación

El proceso de confección en rutas de lubricación se divide un 70% de trabajo en terreno y un 30% de trabajo en oficina. Los pasos a seguir para la elaboración de las rutas de lubricación son los siguientes:

- 1) Visita a terreno: Reconocimiento, identificación y recopilación de información de equipos y partes a lubricar presentes en el área.
- 2) Recolección de información relevante: Recopilación de toda información relevante acerca de equipos, partes o directamente del área a trabajar que pueda contribuir a la creación de la ruta, entre ellos, planos del área, base de datos, historial y especificaciones de los equipos presentes.
- 3) Creación base de datos específica de área: Se realiza la elaboración de una base de datos que corresponderá al área en la que se realizará el trabajo, la cual se presentará como proveedora de información y registro de equipos presentes en el área (los conceptos a evaluar e ingresar dependerán de la planta o unidad de mantenimiento dependiendo de los requerimientos necesarios). Dentro de la base de datos se incluye nombre o descripción de equipo, espacio para nombre de ruta, número de ruta, frecuencia de lubricación y tiempo estimado de lubricación del equipo; tipo de lubricante, cantidad de lubricante, cantidad de puntos, ubicación técnica, sector, criticidad, punto de lubricación y observaciones generales. En la base de datos se dejará registro e ingreso de toda información relevante recopilada que puedan ayudar a la creación de una ruta o plan de mantenimiento. La información faltante deberá ser obtenida tanto de las placas o adhesivos presentes

en los equipos en terreno, operadores, planificadores, trabajadores, o personal responsable perteneciente al área y en caso de ser necesario obtener información en departamento de mantenimiento general planta.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Plan Preventivo	AREA	UBICACIÓN TECNICA.	Area	DESCRIP. FAMILIA EQUIPOS	Equipo	TAG	RUTA SAP	NOMBRE RUTA
216	146232	LICOR 2	CA02-100-106-011-23121395	231	BOMBA	21	231-21395	8305	Ruta Lubricación 8305 F16S Área 231 LC2
226	145293	FIBRA 2	CA02-200-201-012-24121066	241	BOMBA	21	241-21066	5672	Ruta Lub 5672, F 52S, Área 241
227	N/E	MADERA L2 PINO	CA02-100-108-011-23021039	230	BOMBA	21	230-2139	8151	Ruta Lubricación 8151, F48S, Área 231MAD
228	128217	MADERA L2 PINO	CA02-100-112-013-23116378	231	HUINCHE	16	231-16378	8151	Ruta Lubricación 8151, F48S, Área 231MAD
229	128217	MADERA L2 PINO	CA02-100-112-013-23116380	231	HUINCHE	16	231-16380	8151	Ruta Lubricación 8151, F48S, Área 231MAD
230	128218	MADERA L2 PINO	CA02-100-106-012-23151469	231	BOMBA	21	231-21469	8152	Ruta Lubricación 8152, F48S, Área 231MAD
231	128217	MADERA L2 PINO	CA02-100-112-010-23151500	231	REDUCTOR	24	231-2410	8151	Ruta Lubricación 8151, F48S, Área 231MAD
237	128219	MADERA L2 PINO	CA02-100-104-012-23151250	231	REDUCTOR	24	231-24251	8153	Ruta Lubricación 8153, F48S, Área 231MAD

FIGURA 2.21: Ejemplo de conceptos relevantes que deben ir incluidos en la base de datos.

- 4) Confirmación en terreno de datos obtenidos de equipos: En este punto se realiza la confirmación de datos en cada uno de los equipos obtenidos mediante la información recopilada, tanto en ubicación técnica y física respecto al nombre de equipo, tipo de lubricante, cantidad de lubricante, punto a lubricar, cantidad de puntos y se modifica en caso de ser necesario para la elaboración de ruta.



- 5) Inicio confección de rutas: Utilizando la base de datos ya creada, se realiza un descarte comenzando a filtrar solamente por frecuencia de lubricación, siguiendo del tipo de lubricante con el criterio donde el lubricador del área debería movilizar un solo tipo de lubricante y a lo mucho dos, esto se debe a priorizar un mínimo esfuerzo físico del personal y su comodidad al momento de realizar la tarea respecto al traslado de objetos o materiales.
- 6) Orden lógico de equipos en terreno: Ya teniendo los equipos filtrados por frecuencia y tipo de lubricante se realiza el orden de la ruta en terreno teniendo siempre presente que la ruta debe ser lo más acotada posible en relación a distancia recorrida entre equipos por el lubricador del área, con el objetivo de no generar pérdidas de tiempo.

Se considera también que la cantidad de lubricante transportado debe ser adecuada para que la persona responsable pueda trasladarse junto al lubricante sin ningún inconveniente, se debe considerar el terreno dependiendo de su complejidad respecto a la movilidad, así mismo, considerar criterio de corte o fin de rutas entre 3 a 5 horas como máximo por cada una, esto debido a las horas disponibles de trabajo dentro del día, tanto en la mañana como en la tarde y considerando el tramo de descanso en horario de almuerzo.

FRECUENCIA LUBRICACION		8 SEMAN
TIEMPO ESTIMADO		2 HORAS
Nº	UBICACIÓN TÉCNICA	
1	CA03-785-008-000002-31210	SISTEMA SECUNDA
2	CA03-785-008-000002-31211	SISTEMA SECUNDA
3	CA03-785-007-000002-31199	SISTEMA SECUNDA
4	CA03-785-007-000002-31198	SISTEMA SECUNDA
		SISTEMA

FIGURA 2.23: Representación del orden lógico a seguir para la lubricación de equipos.

- 7) Diseño de rutas: Realizada la visita a terreno y confirmada la ruta a ejecutar se efectúa el traspaso de información de cada ruta completa a su planilla de ruta de lubricación para terreno, con lo que finalmente nos dará el número total de rutas para dicho sector.

9) Termino confección base de datos: Luego de ser aprobadas cada una de las rutas se realiza el último ingreso de información dentro de la base de datos, agregando el número y nombre de ruta definida, con el cual será cargada al programa de mantenimiento planta (SAP) dando por finalizada la base de datos correspondiente al área.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Plan Preventivo	AREA	UBICACIÓN TECNICA	Area	DESCRIP. FAMILIA EQUIPOS	Equipo	TAG	RUTA SAP	NOMBRE RUTA
216	146232	LICOR 2	CA02-100-106-011-23121395	231	BOMBA	21	231-21395	8305	Ruta Lubricación 8305 F16S Área 231 LC2
226	145293	FIBRA 2	CA02-200-201-012-24121066	241	BOMBA	21	241-21066	5672	Ruta Lub 5672, F 52S, Área 241
227	N/E	MADERA L2 PINO	CA02-100-108-011-23021039	230	BOMBA	21	230-2139	8151	Ruta Lubricación 8151, F48S, Área 231MAD
228	128217	MADERA L2 PINO	CA02-100-112-013-23116378	231	HUINCHE	16	231-16378	8151	Ruta Lubricación 8151, F48S, Área 231MAD
229	128217	MADERA L2 PINO	CA02-100-112-013-23116380	231	HUINCHE	16	231-16380	8151	Ruta Lubricación 8151, F48S, Área 231MAD
230	128218	MADERA L2 PINO	CA02-100-106-012-23151469	231	BOMBA	21	231-21469	8152	Ruta Lubricación 8152, F48S, Área 231MAD
231	128217	MADERA L2 PINO	CA02-100-112-010-23151500	231	REDUCTOR	24	231-2410	8151	Ruta Lubricación 8151, F48S, Área 231MAD
237	128219	MADERA L2 PINO	CA02-100-104-012-23151250	231	REDUCTOR	24	231-24251	8153	Ruta Lubricación 8153, F48S, Área 231MAD

FIGURA 2.26: Conceptos relevantes que deben ir incluidos en la base de datos.

10) Evaluación de rutas: Terminadas tanto las rutas como la base de datos se da entrega en su totalidad al planificador del área correspondiente, el cual las evaluara, exigirá mejoras y/o aprobara solicitando a confiabilidad un número como ruta para cada una de ellas dentro del plan de mantenimiento general planta que posteriormente será cargado al sistema SAP y podrán verse reflejadas en el programa semanal de mantenimiento.

arauco									
N° RUTA		7010201086		FECHA: 17 de junio, 2019					
NOMBRE DE RUTA		RUTA 10, REVISOR UBICACION RODAMIENTOS		N° PLAN DE MANTENIMIENTO		20102049			
FRECUENCIA LUBRICACION		8 SEMANAS		PUNTO DE TRABAJO RESPONSABLE		Tratamiento Clientes			
TIEMPO ESTIMADO		2 HORAS		PUNTO MADRE					
N°	UBICACIÓN TÉCNICA	SECTOR	K P O	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	PUNTO DE LUBRICACIÓN	TIPO LUBRICANTE	CANT. PTS.	CANT. LUBR. EN RELUBR.	TOTAL LUBR. EQUIPO
1	CA03-785-008-000002-31210	SISTEMA CLARIFICADOR SECUNDARIO #3	K	MOTOR CLARIFICADOR SECUNDARIO N°3 L3	RODAMIENTO	MOBIL POLYREX EM	2	34 g	68 g
2	CA03-785-008-000002-31211	SISTEMA CLARIFICADOR SECUNDARIO #3	K	MOTOR CLARIFICADOR SECUNDARIO N°3 L3	RODAMIENTO	MOBIL POLYREX EM	2	34 g	68 g
3	CA03-785-007-000002-31199	SISTEMA CLARIFICADOR SECUNDARIO #2	K	MOTOR CLARIFICADOR SECUNDARIO N°2 L3	RODAMIENTO	MOBIL POLYREX EM	2	34 g	68 g
4	CA03-785-007-000002-31198	SISTEMA CLARIFICADOR SECUNDARIO #2	K	MOTOR CLARIFICADOR SECUN	RODAMIENTO	MOBIL POLYREX EM	2	34 g	68 g
5	CA03-785-007-000002-31184	SISTEMA CLARIFICADOR SECUNDARIO #1	K	MOTOR CLARIFICADOR SECUN	RODAMIENTO	MOBIL POLYREX EM	2	34 g	68 g

FIGURA 2.27: Ruta terminada con su respectivo número de identificación y plan de mantenimiento dentro del sistema SAP.

**CAPITULO 3: “CRITERIOS PARA RUTAS Y LUBRICACION DENTRO
DEL SECTOR”**

3. CRITERIOS PARA RUTAS Y LUBRICACION DENTRO DEL SECTOR

3.1. CRITERIOS PARA RUTAS

3.1.1. Criterio por frecuencia de lubricación

Este criterio es el primero a evaluar, ya que todos los equipos incluidos dentro de una ruta deben poseer la misma frecuencia de lubricación para que sea aprobada e ingresada dentro de un plan de mantenimiento. Esto se debe, a que las rutas serán incluidas y planificadas para su ejecución dentro de un periodo establecido, generalmente dentro del año actual y su frecuencia de lubricación debe ser única para cada ruta con el fin de asegurar la correcta planificación de mantenimiento en el ciclo de funcionamiento definido. El criterio por frecuencia generalmente va asociado al criterio por tipo de equipos, esto se debe a que regularmente equipos de la misma naturaleza poseen la misma frecuencia de lubricación dentro de un área específica, aunque en algunos casos podría variar, pero predominando siempre el criterio por frecuencia.

3.1.2. Criterio por tipos de equipos

El criterio por tipo de equipos se define por incluir principalmente equipos de la misma naturaleza dentro de una ruta, esto debido a que generalmente poseen los mismos puntos de lubricación dentro de un área específica, facilitando así, un procedimiento similar de lubricación de equipos dentro de la ruta y proporcionado un mejor entendimiento para el encargado lubricador, además de, en cierto modo, optimizar los tiempos.

3.1.3. Criterio de ubicación en terreno

Dentro del criterio de ubicación en terreno o también llamado seguimiento de orden lógico, se debe considerar en el proceso de lubricación y en cada una de las rutas que la distancia recorrida entre un equipo a otro sea la mínima posible sin despreciar los demás criterios. Este orden se define mediante una numeración presente en la ruta como (N°) y va desde 1 hasta el número necesario que determina el equipo final a lubricar y el corte de ruta. En este criterio se prioriza la menor distancia posible entre equipos que deba

recorrer el encargado del área, con el fin de optimizar los tiempos de trabajo al máximo y asegurar el mínimo esfuerzo posible respecto al traslado realizado por el lubricador.



Fuente: Obtención personal en Celulosa Arauco Horcones

3.1.4. Criterio de duración o tiempo estimado por ruta

El criterio de duración o tiempo estimado por ruta corresponde al lapso en relación de horas que se demora la realización completa de la ejecución de la ruta. Este criterio se define por el tiempo disponible de trabajo diario y considera un momento de descanso que corresponde al horario de colación, de acuerdo a esto, el criterio está definido con 3 a 5 horas como máximo de duración por ruta, para asegurar el tiempo de colación del ejecutor dentro del horario laboral y facilitar su planificación personal de trabajo diario.

3.1.5. Criterio por tipo de lubricante

Dentro del criterio por tipo de lubricante se prioriza principalmente solo una clase de lubricante dentro de la ruta, esto, con el fin de facilitar el transporte de lubricante, pretendiendo minimizar al máximo la cantidad de recipientes, equipos o maquinarias que se deban trasladar para la realización de la ruta, y mejorando la comodidad del ejecutor. En algunos casos pueden ser hasta 2 tipos de lubricantes, o 3 en muy pocas ocasiones y dependiendo de la cantidad de lubricante a transportar.

3.1.6. Criterio de cantidad de lubricante

En el criterio de cantidad de lubricante se debe tener en consideración la cantidad total de lubricante a transportar, el medio de transporte para este o bien los medios de transporte presentes en el área que puedan facilitar la comodidad del traslado, considerando siempre que el máximo peso permitido para cargas manuales por ley para hombres, es de 25 kilogramos y 20 kilogramos para mujeres. En caso de poseer carro de transporte se deben considerar las condiciones del área, condiciones de la ruta a realizar y otras complicaciones que puedan presentarse en la realización de esta, tanto en traslado como en peso transportado.

3.2. **LUBRICACION DE EQUIPOS PRESENTES EN EL AREA Y SUS ESPECIFICACIONES**

3.2.1. Motores eléctricos

Los motores eléctricos son máquinas eléctricas rotatorias que transforman la energía eléctrica en energía mecánica. Existe una gran variedad de tipos motores, cada uno de ellos para distintos tipos de usos, a continuación, se mencionará el motor utilizado dentro del sector de tratamiento de efluentes.

Motores de corriente continua: Dentro de los motores de corriente continua se pueden encontrar diferentes variedades, en función del bobinado del inducido y del inductor. Estos tipos son el motor de excitación en serie, en paralelo o mixto. Los motores de corriente continua se utilizan en aplicaciones donde es necesario variar y controlar con precisión las revoluciones por minuto.



Fuente: Obtención personal en Celulosa Arauco Horcones

Características:

- Partes principales: Inductor, inducido y colector.
- Pierde velocidad de giro con la carga y posee velocidad variable.
- Se pueden utilizar tanto para aplicaciones de baja potencia y de alta potencia.
- Son motores monofásicos y aptos para carga pesada.
- La velocidad aumenta con la tensión aplicada.

Puntos de lubricación

Dentro de los motores de corriente continua en el sector, se deben lubricar los 2 rodamientos internos que posee, ubicados en la parte delantera y trasera. En ocasiones puede ser solamente un punto de estos, ya que algunas veces trae un solo punto de lubricación.

Lubricante de motores

La grasa de súper alta calidad Mobil Polyrex EM está especialmente formulada para cojinetes de motores eléctricos. La avanzada formulación del espesante y las técnicas de fabricación de dominio privado proporcionan un desempeño mejorado de los cojinetes y protección para brindar una larga vida útil a los motores eléctricos.

Las grasas Mobil Polyrex EM son recomendadas por muchos fabricantes importantes de cojinetes y de motores eléctricos para la lubricación de larga duración de cojinetes de bolas y de rodillos en motores eléctricos. Así también, se ha demostrado que

las grasas Mobil Polyrex EM son compatibles con varias grasas de complejos de litio de Mobil.

Las aplicaciones claves incluyen:

- Cojinetes de motores eléctricos, cojinetes de ventiladores de aletas.
- Cojinetes de altas temperaturas para bombas.
- Cojinetes de bola llenados en fábrica y sellados de por vida.
- Cojinetes de bolas o de rodillos que funcionan a altas temperaturas en los que se requiere una baja separación del lubricante y que funcionan en ambientes sensibles al ruido.

Frecuencia de lubricación

Su frecuencia de lubricación en motores eléctricos dentro del sector es de 8 semanas.

3.2.2. Reductores de velocidad

Se denomina reductor a toda máquina cuyo movimiento sea generado por un motor, cuya velocidad proveniente se adapte a la necesaria para el buen funcionamiento de la máquina. Además de esta adaptación de velocidad, se deben contemplar otros factores como la potencia mecánica a transmitir y rendimientos mecánicos (estáticos y dinámicos). Esta adaptación se realiza generalmente con uno o varios pares de engranajes que se adecuan a la velocidad y potencia mecánica, montados en un cuerpo denominado reductor de velocidad o caja reductora.

Reductor de engranaje coaxial: Donde la posición los engranajes de entrada de salida están alineados, se utilizan cuando se requiere transmitir el movimiento de un eje a otro paralelo y cercano. Son utilizados con éxito en numerosos sectores, desde el sector alimentario, industria fotovoltaica y sistemas de compuertas, a todas las aplicaciones de potencia fraccionada o mediana.



FIGURA 3.3: Reductor de velocidad coaxial.

Fuente: <https://www.indiamart.com>

Reductor de engranaje ortogonal: Con engranajes ortogonales, los ejes están posicionados formando un ángulo de 90° . Los podemos encontrar en aquellas aplicaciones donde el reductor sinfín corona no puede dar el factor de servicio deseado, como por ejemplo ciertas cintas transportadoras donde la carga a transportar requieren un mayor esfuerzo, industria eléctrica, construcción, etc.



FIGURA 3.4: Reductor de engranajes ortogonal.

Fuente: <https://www.indiamart.com>

Puntos de lubricación

Dentro de los reductores presentes en el área, solo se lubrica la caja reductora interna que contiene los engranajes del equipo.

Lubricante de reductores

Existen diferentes tipos de lubricantes utilizados en el sector para reductores, dependiendo del trabajo a realizar, capacidad de carga y velocidad. Estos lubricantes son los siguientes:

- Mobil Gear 600 XP680
- Mobil Spartan 220
- Funchs Renolyn Unisyn 320

Mobil Gear 600 XP 680: Aceites de extra alto desempeño para engranajes que tienen sobresalientes características de extrema presión al igual que extraordinarias propiedades de soporte de carga, destinados a ser utilizados en todo tipo de transmisiones de engranajes cerradas con sistemas de lubricación por circulación o por salpicadura. Esta serie está diseñada para adelantarse a las necesidades cambiantes de la tecnología de las cajas de engranajes. Las tendencias de diseño de la tecnología de las cajas de engranajes se dirigen hacia unidades más pequeñas con un rendimiento de potencia similar. Este aumento en la densidad de potencia aumenta las exigencias sobre los aceites para engranajes. Los aceites Mobilgear 600 XP Series están formulados para enfrentar los esfuerzos resultantes al proporcionar protección adicional para los engranajes, cojinetes y sellos.

Aplicaciones:

Los lubricantes Mobilgear 600 XP se utilizan en una amplia gama de aplicaciones industriales y marinas, especialmente en engranajes rectos, helicoidales, cónicos y sinfín. Aplicaciones específicas incluyen:

- Engranajes industriales para transportadoras, agitadores, secadores, ventiladores, mezcladores, prensas, despulpadoras, bombas (incluyendo bombas de pozos de petróleo), cernidores, extrusores y otras aplicaciones de servicio pesado.
- Engranajes marinos incluyendo la propulsión principal, centrífugas, maquinarias de cubierta como güinches, cabrestantes, grúas, engranajes de giro, bombas, elevadores y soportes del timón.
- Aplicaciones diferentes a los engranajes entre ellas acoplamientos de ejes, tornillos y cojinetes lisos y de rodillos altamente cargados que operan a baja velocidad.

Mobil Spartan 220: Los lubricantes Spartan EP son una familia de lubricantes industriales de extrema presión para engranajes. Están formulados con aceites minerales de alta calidad, que ayudan a reducir la formación de lodos y a incrementar la vida útil del aceite. Los aceites Spartan EP contienen un sistema de aditivos de presión extrema a base de azufre/fósforo que brinda una alta capacidad de carga y protección contra el desgaste.

Además, estos aceites proporcionan una fuerte protección contra la corrosión de las aleaciones que contienen acero y cobre y resisten la formación de espuma. Los aceites Spartan EP tienen buenas propiedades de manejo del agua, de modo que el agua se separa rápidamente del aceite para una fácil eliminación de esta.

Los aceites Spartan EP se pueden usar en sistemas de salpicadura o de circulación. Los aceites para engranajes Spartan EP son aptos para utilizarse donde se requiera un aceite para engranajes industriales. Los grados Spartan EP son aptos para la lubricación de conjuntos de engranajes cerrados muy cargados que incluyen diseños rectos, helicoidales y biselados y proporcionan protección en aplicaciones donde se producen cargas de impacto. Spartan EP también se puede usar en engranajes helicoidales cuando sea especificado para tal uso. También se pueden usar para la lubricación de cojinetes lisos y en cojinetes de contacto rodante (antifricción).

Aplicaciones:

Los aceites para engranajes Spartan EP son utilizados en una amplia gama de engranajes helicoidales, cónicos y sinfín de acero sobre acero.

Aplicaciones específicas incluyen:

- Mecanismos impulsores de transportadoras, agitadores, secadores, ventiladores, mezcladores, prensas, despulpadoras, bombas, cernidores, extrusoras, bombas de pozos de petróleo.
- Cojinetes industriales: chumaceras rectas y de contacto de rodadura, especialmente aquellos que operan a muy bajas velocidades y altas cargas.

Funchs Renolyn Unisyn 320: Lubricante homologado para engranajes de turbinas eólicas. Lubricantes para engranajes totalmente sintéticos y lubricantes generales, con una excelente estabilidad térmica y frente al envejecimiento, muy alto índice de viscosidad (estable frente al cizallamiento), excepcionales características de baja temperatura, buenas propiedades de fluidez en frío, muy buena liberación de aire, poca formación de espuma, buena protección contra fluidos, buen rendimiento, buen desemulsionante y sin zinc ni aceites de silicona.

Aplicaciones:

Para la lubricación de rodamientos y engranajes sometidos a elevadas cargas térmicas. Los lubricantes Renolyn Unisyn están indicados para aplicaciones de lubricación de por vida y en reductoras con intervalos de drenaje extensos. Miscible y compatible con aceites minerales. Excelentes características de baja temperatura, alto índice de viscosidad, estable frente al cizallamiento.

El lubricante para engranajes Renolyn Unisyn CLP 320 “Energía Eólica” cumple y supera los requerimientos de los más destacados fabricantes de rodamientos y engranajes. Renolyn Unisyn está recomendado para los engranajes de turbinas eólicas instaladas en todo el mundo.

Frecuencia de lubricación

En el sector, todos los reductores independiente del tipo o proceso donde este inserto, se utiliza la misma frecuencia de lubricación, siendo esta, de 26 semanas.

3.2.3. Sopladores

Se define a cualquier maquina capaz de desplazar gas o vapor desde una zona hacia otra, forzándolo a circular a través de un Venturi (o conducto de menor dimensión). Las diferentes definiciones de la palabra soplador suelen incluir características como aspas móviles, compresiones entre 11 y 3 y flujos desde 500 hasta 10.000 m³/h.

Los sopladores tienen aplicaciones tanto industriales como comerciales y residenciales, suelen utilizarse en sistemas de refrigeración, enfriamiento de motores eléctricos, en máquinas de soplado de plástico, circulación de gases hacia calderas y máquinas de vapor, tienen aplicaciones en sistemas de transporte neumático, en procesos industriales como la siderúrgica, la criogenia, entre otros. Existen diferentes tipos de sopladores dependiendo de la aplicación donde será utilizado, dentro del área de tratamiento de efluentes se encuentra el siguiente tipo de soplador:

Soplador de desplazamiento positivo: Los sopladores de desplazamiento positivo son empleados para diversas aplicaciones que por lo general manejan presiones elevadas de descarga, la cuales van de más de 0.56 kg/cm² y de capacidades inferiores de aire libre

de 85 m³/min. Otra de las aplicaciones de los sopladores de desplazamiento es en la prevención de variaciones sustanciales al nivel de agua.

Los sopladores de desplazamiento positivo son dispositivos o máquinas de capacidad constante a presión variable, los cuales no permiten una obstrucción de la sección de entrada y agilizan un control de la capacidad. Son elementos rotatorios que se encargan de desplazar un volumen fijo con cada revolución. Es de suma importancia instalar silenciadores a la entrada y salida de un soplador de desplazamiento positivo.



FIGURA 3.5: Soplador de desplazamiento positivo.

Fuente: Obtención personal en Celulosa Arauco Horcones

El funcionamiento de un soplador de desplazamiento positivo se basa en el propulsor que contiene, ya que cuando se encuentran elementos móviles, se genera de manera positiva un volumen independiente de la contrapresión en la salida, es decir, logran un desplazamiento de cantidad constante (fluido) sin afectar la presión del sistema.

Puntos de lubricación

En ambos extremos de los sopladores de desplazamiento positivo se encuentran 2 conjuntos rotores que deben ser llenados mediante aceite, aquí es donde se ubican los rodamientos y engranajes internos los cuales serán lubricados.

Lubricante de sopladores

Aerzen Delta Lube 06: Gama de aceites originales para sopladores de émbolos rotativos de tiene al alcance de su mano la solución adecuada para todas las condiciones operativas. Estos lubricantes son aceites actualizados de alto rendimiento, seleccionados y probados a lo largo de millones de horas de funcionamiento en máquinas para garantizar su fiabilidad. La alta estabilidad térmica y gran resistencia a la oxidación, el comportamiento consistente de la viscosidad y la temperatura, y la excelente vertibilidad a baja temperatura garantizan una lubricación completa en todas las fases de operación y por lo tanto prolongan la vida útil de sus sopladores y compresores. Una selección equilibrada de aditivos garantiza una protección contra la corrosión y el envejecimiento del aceite y las máquinas.

Ventajas:

- Menor mantenimiento con vidas útiles más largas.
- Alta temperatura y estabilidad a la oxidación.
- Comportamiento comprobado de la viscosidad y la temperatura.
- Excelente vertibilidad a baja temperatura.
- Protección perfecta contra la corrosión y el envejecimiento.
- Garantía de una operación óptima y vida útil más larga de sus sopladores.
- Resistencia a la temperatura, humedad y cargas mecánicas de operación.
- No es necesario cambiar el aceite después de 500 horas de funcionamiento horas.
- Intervalo de cambio de aceite ampliado hasta 16 horas de funcionamiento.

Frecuencia de lubricación

Los sopladores dentro del área de tratamiento de efluentes poseen una frecuencia de lubricación de 8 semanas.

3.2.4. Bombas

En las empresas se llevan a cabo diferentes procesos donde es necesaria la implementación de bombas industriales. El objetivo principal de las bombas es convertir energía mecánica en cinética por medio de la elaboración de presión y velocidad de fluido.

Para ello existen diferentes sistemas de bombeo, cada uno con una aplicación distinta. Sectores como el cosmético, farmacéutico, alimenticio o petrolero entre otros requieren manejar procesos donde el trabajo de las bombas es imprescindible. Entre las bombas industriales se encuentran diferentes tipos según las necesidades concretas que tenga esa empresa, dentro del sector de tratamiento de efluentes existe solo un tipo de bomba presentada a continuación:

Bomba centrífuga: Las bombas centrífugas transforman otro tipo de energía en energía cinética, es decir, aumentan la velocidad del fluido para poder transportarlo. Son muy utilizadas para el transporte de líquidos que contienen partículas sólidas en suspensión. Los tipos de bombas centrífugas se pueden clasificar según distintos parámetros:

- Dirección de flujo: según la dirección en la que el fluido atraviesa la bomba (axial, radial o mixta).
- Posición del eje de rotación: horizontales, verticales e inclinados.
- Por diseño de la coraza: voluta o de turbinas.
- Forma de succión: simple o doble.



FIGURA 3.6: Bomba centrífuga.

Fuente: Obtención personal en Celulosa Arauco Horcones

Puntos de lubricación

Dentro de las bombas centrífugas presentes en el sector existen 2 tipos de lubricación, una por grasa en caso de rodamientos y la otra por aceite para conjunto rotor. En la lubricación por grasa se deben lubricar los 2 rodamientos internos que poseen algunas de ellas. Para la lubricación por aceite se debe rellenar la caja del conjunto rotor de las bombas para mantener su nivel en óptimas condiciones.

Lubricante de bombas

Existen diferentes tipos de lubricantes utilizados en el sector para las bombas centrífugas, dependiendo del punto a lubricar y si posee rodamientos o conjunto rotor. Estos lubricantes son los siguientes:

- Mobilith SHC PM 460 (Rodamientos)
- Mobil DTE Heavy Medium (Conjunto rotor)
- Mobil Spartan 460 (Conjunto rotor)
- Mobil SHC 634 (Conjunto rotor)

Mobilith SHC PM 460: La grasa Mobilith SHC 460 es un producto de máximo rendimiento diseñado para una amplia variedad de aplicaciones bajo temperaturas extremas. Combina las características exclusivas de un fluido de base de polialfaolefina (PAO) sintética con las de un espesante complejo de litio de alta calidad y proporcionan excelente capacidad de bombeo a baja temperatura, un par de arranque y marcha muy bajo. Este producto ofrece potencial de ahorro de energía y puede reducir las temperaturas de trabajo en la zona de carga de los cojinetes de elementos rodantes. El espesante de complejo de litio contribuye a una excelente adherencia, estabilidad estructural y resistencia al agua. La grasa tiene un elevado nivel de estabilidad química y está formulada con combinaciones de aditivos especiales para proporcionar una excelente protección frente al desgaste, oxidación, corrosión a temperaturas altas y bajas.

Aplicaciones:

Mobilith SHC 460 se recomienda para un rendimiento prolongado en casi todas las aplicaciones de grasas de a bordo. Proporciona una protección especialmente destacada de cojinetes bajo cargas pesadas a velocidades moderadas y en aplicaciones donde la resistencia al agua es un factor crítico. Tiene un rango de temperatura de trabajo recomendada de 40°C a 180°C.

Mobil DTE Heavy Medium: La serie de lubricantes Mobil DTE son lubricantes circulantes de supremo desempeño diseñados para aplicaciones que incluyen turbinas de vapor e hidráulicas y otros sistemas en los que se requiere una larga vida útil de servicio del lubricante. Los lubricantes de la serie Mobil DTE están formulados a partir de materiales base altamente refinados y un sistema de aditivos que proporcionan un nivel extremadamente alto de estabilidad química y térmica, una separación rápida y completa del agua y una alta resistencia a la emulsión. Proporcionan una excelente protección contra

el óxido y la corrosión, incluida la resistencia al agua salada y buenas propiedades anti-desgaste. Tienen un alto índice de viscosidad que garantiza una variación mínima del espesor de la película con la temperatura y una pérdida de potencia mínima durante el período de calentamiento. Estos grados tienen excelentes propiedades de liberación de aire que permiten que el aire atrapado se separe, evitando así la cavitación de la bomba y la operación errática.

Aplicaciones:

La serie de lubricantes Mobil DTE son lubricantes de circulación de supremo desempeño diseñados para aplicaciones donde se requiere una larga vida útil del lubricante. Aplicaciones específicas incluyen:

- Sistemas de circulación de turbinas de vapor marinas y de tierra firme, de turbinas hidráulicas y de algunas turbinas a gas, incluyendo sus bombas, válvulas y demás equipos auxiliares.
- Servicio continuo en cojinetes lisos y de rodillos y en engranajes de ejes paralelos.
- Turbinas con aceite suministrado por medio de lubricación por salpicadura, baño, anillo u otros medios mecánicos.
- Bombas hidráulicas en aplicaciones de severidad moderada.
- Compresores y bombas de vacío que manejan aire, gas natural y gases inertes, y con temperaturas de descarga que no excedan 150°C.

Mobil Spartan 460: Los lubricantes Spartan son una familia de lubricantes industriales de extrema presión para engranajes. Están formulados con aceites minerales de alta calidad, que ayudan a reducir la formación de lodos y a incrementar la vida útil del aceite. Los aceites Spartan contienen un sistema de aditivos de presión extrema a base de azufre y fósforo que brinda una alta capacidad de carga y protección contra el desgaste. Además, estos aceites proporcionan una fuerte protección contra la corrosión de las aleaciones que contienen acero y cobre y resisten la formación de espuma. Los aceites Spartan tienen buenas propiedades de manejo del agua, de modo que el agua se separe rápidamente del aceite para una fácil eliminación de esta.

Aplicaciones:

Los aceites para engranajes Spartan son utilizados en una amplia gama de engranajes helicoidales, cónicos y sinfín de acero sobre acero.

Aplicaciones específicas incluyen:

- Mecanismos impulsores de transportadoras, agitadores, secadores, ventiladores, mezcladores, prensas, despulpadoras, bombas, cernidores, extrusoras, bombas de pozos de petróleo.
- Cojinetes industriales: chumaceras rectas y de contacto de rodadura, especialmente aquellos que operan a muy bajas velocidades y altas cargas.

Mobil SHC 634: Los lubricantes de la serie 600 de Mobil SHC son aceites de excepcional desempeño para engranajes y cojinetes diseñados para proporcionar un servicio sobresaliente en términos de protección de los equipos, de vida útil del aceite y de una operación sin problemas, lo que ayuda a aumentar la productividad de los clientes. Estos aceites científicamente diseñados están formulados utilizando la tecnología de vanguardia Mobil SHC, de propiedad exclusiva y pendiente de patente, para proporcionar un desempeño excepcional y equilibrado en aplicaciones exigentes a altas y bajas temperaturas. Los productos Mobil SHC 600 se caracterizan por sus excelentes propiedades a bajas temperaturas, así como por su mejor rendimiento de liberación de aire en los grados de viscosidad más bajos. Estos productos son resistentes al cizallamiento mecánico, incluso en aplicaciones con engranajes muy cargados y de cojinetes de alto cizallamiento, de modo que prácticamente no hay pérdida de viscosidad.

Aplicaciones:

Los lubricantes de la serie Mobil SHC 600 se recomiendan para su uso en una amplia variedad de aplicaciones de engranajes y cojinetes donde se encuentran temperaturas altas o bajas, o donde las temperaturas de operación o las temperaturas globales del aceite son tales que los lubricantes convencionales no proporcionan una vida útil satisfactoria, o donde se desea mejorar la eficiencia. Son especialmente eficaces en aplicaciones en las que los costos de mantenimiento de reemplazo de los componentes, limpieza del sistema y cambios de lubricante son elevados. Las aplicaciones específicas requieren la selección del grado de viscosidad apropiado e incluyen:

- Cajas de engranajes llenadas de por vida, especialmente los engranajes helicoidales de alta relación y baja eficiencia.
- Cajas de engranajes ubicadas en puntos remotos, donde el cambio de aceite es difícil.
- Aplicaciones de bajas temperaturas, como los telesillas de esquí, donde se pueden evitar los cambios estacionales de aceite.
- Rodamientos de rodillos para mezcladores y rodamientos de cuello de cilindro donde se encuentran altas temperaturas.
- Calandras de plástico.
- Aplicaciones severas de movimientos centrífugos, incluyendo las centrífugas marinas.
- Motores de tracción de corriente alterna de ferrocarriles.

Frecuencia de lubricación

La frecuencia de lubricación en bombas centrifugas dentro del sector es de 8 semanas, independiente de su punto de lubricación.

3.2.5. Otros equipos

Dentro del sector de tratamiento de efluentes, además de los equipos ya nombrados, podemos encontrar tres tipos más que son lubricados mediante una única grasa, los cuales son los siguientes:

- Sistema rastra de clarificadores: Sistema encargado de generar de forma giratoria la limpieza y extracción de componentes del agua tratada. Sus puntos de lubricación son los brazos accionadores de la rastra y su frecuencia de lubricación es de cada 26 semanas.



FIGURA 3.7: Sistema central, lubricación brazos accionadores de rastra.

Fuente: Obtención personal en Celulosa Arauco Horcones

- Compuertas: Sistema de apertura y cierre de un espacio a otro entre fluidos presentes en el sector, presentan un tornillo sin fin, el cual debe ser lubricado manualmente por medio de grasa, y se presenta como mecanismo de deslizamiento para la compuerta. Su frecuencia de lubricación también es de 26 semanas.



FIGURA 3.8: Tornillo sin fin en compuertas.

Fuente: Obtención personal en Celulosa Arauco Horcones

- Acoplamiento: Sistema de sujeción entre reductores y motores de accionamiento, poseen entre sus ejes un mecanismo de acople que se presenta de forma rígida y es lubricado manualmente por medio de grasa. Su frecuencia de lubricación es de 26 semanas.

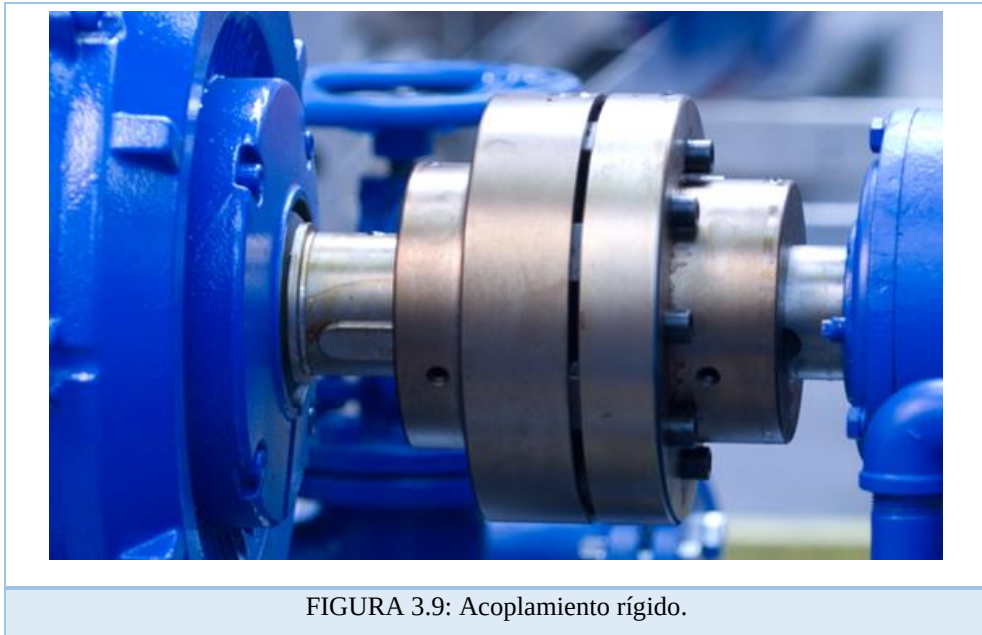


FIGURA 3.9: Acoplamiento rígido.

Fuente: <http://rotordyn.com>

Lubricante homologado

Mobilux EP2: Es una grasa de tipo industrial de alto rendimiento para uso general. Esta grasa a base de hidroxidoestearato de litio está formulada para proporcionar protección extra frente al desgaste, corrosión y daños de lavado por agua.

Aplicaciones:

Mobilux EP2 es recomendada para fines multiuso en aplicaciones marinas normales a pesadas, incluida la lubricación de cojinetes lisos y antifricción, casquillos y pasadores en condiciones normales de operación. Especialmente recomendada donde estén presentes cargas de choque elevadas, o donde las vibraciones importantes son un problema. Mobilux EP2 es adecuada para la lubricación de acoplamientos flexibles. Es capaz de lubricar cojinetes a temperaturas ambiente que van de -20°C a 130°C. Para el servicio continuo a temperaturas por encima de 95°C, son críticas unas frecuencias de purgado y relubricación adecuadas para mantener la protección correcta del cojinete.

CAPITULO 4: “COSTOS ASOCIADOS”

4. COSTOS ASOCIADOS

4.1. COSTO TOTAL CONFECCION RUTAS

DESCRIPCION	COSTO MENSUAL	COSTO TOTAL
INGENIERO RUTAS	\$920.000	\$2.760.000
APOYO INGENIERO RUTAS	\$550.000	\$1.650.000
ALIMENTACION	\$110.968	\$332.904
TRANSPORTE	-	\$200.000
OTROS GASTOS	-	\$120.000
COSTO TOTAL RUTAS		\$5.062.904

- Costo total calculado en base a la confección y diseño de rutas de lubricación para el sector de tratamiento de efluentes (considerando 3 meses de trabajo).

3.3. COSTO TOTAL ANUAL EN LUBRICANTES

N°	LUBRICANTE	TIPO	VALOR (Kg/L)	CANTIDAD TOTAL (ANUAL)	Kg/L	VALOR TOTAL (ANUAL)
1	MOBILGEAR 600 XP 680	ACEITE	\$1.164	105	L	\$122.220
2	MOBILUX EP2	GRASA	\$1.360	1,2	Kg	\$1.632
3	MOBILITH SHC PM 460	GRASA	\$8.748	6	Kg	\$52.488
4	MOBIL POLYREX EM	GRASA	\$5.430	16	Kg	\$86.880
5	MOBIL DTE HEAVY MEDIUM	ACEITE	\$950	14	L	\$13.300
6	SHELL OMALA 460	ACEITE	\$1.230	6	L	\$7.380
7	MOBIL SHC 634	ACEITE	\$6.126	12	L	\$73.512
8	DELTA LUBE 06	ACEITE	\$5.740	1000	L	\$5.740.000
9	FUNCHS RENOLYN UNISYN 320	ACEITE	\$3.780	260	L	\$982.800
10	MOBIL SPARTAN 220	ACEITE	\$950	10	L	\$9.500
COSTO TOTAL (ANUAL)						\$7.089.712

- Costo total calculado de los lubricantes utilizados dentro del área en base a un año de funcionamiento.

3.4. COSTO TOTAL ANUAL PRIMER AÑO

DESCRIPCION	COSTO MENSUAL	COSTO TOTAL ANUAL
INGENIERO RUTAS	\$920.000	\$2.760.000
APOYO INGENIERO RUTAS	\$550.000	\$1.650.000
ALIMENTACION	\$110.968	\$332.904
TRANSPORTE	-	\$200.000
OTROS GASTOS	-	\$120.000
LUBRICADOR ENCARGADO	\$1.070.000	\$12.840.000
APOYO LUBRICACION	\$740.000	\$2.960.000
ALIMENTACION	-	\$887.744
LUBRICANTES	-	\$7.089.712
OTROS GASTOS E INSUMOS	-	\$780.000
COSTO TOTAL ANUAL		\$29.620.360

- Costo total anual calculado en el primer año, incluyendo el costo total de confección de rutas de lubricación calculado.

3.5. COSTO TOTAL ANUAL DEL SECTOR

DESCRIPCION	COSTO MENSUAL	COSTO TOTAL ANUAL
LUBRICADOR ENCARGADO	\$1.070.000	\$12.840.000
APOYO LUBRICACION	\$740.000	\$2.960.000
ALIMENTACION	-	\$887.744
LUBRICANTES	-	\$7.089.712
OTROS GASTOS E INSUMOS	-	\$780.000
COSTO TOTAL ANUAL		\$24.557.456

- Costo total anual en general, considerando un año normal de funcionamiento sin presentarse fallas respecto a lubricación dentro del sector.

CONCLUSION

Dentro de lo que es el mantenimiento industrial, las rutas de lubricación hacen referencia a un papel sumamente importante dentro de la planificación y orden de un sistema de mantención basado en la confiabilidad de los equipos y funcionamiento constante en el tiempo dentro de cualquier sector del área industrial, permitiendo obtener un registro respecto a su lubricación, habilitando la posibilidad de estudiar mejoras y minimizando lo más posible fallas en equipos.

Las rutas de lubricación se pueden realizar para dos situaciones en particular, una para áreas antiguas que no poseen rutas y presenten fallas basadas en lubricación dentro de sus equipos, donde se puede realizar análisis de fallas, entre otros estudios; y la segunda situación, es la que fue exhibida dentro de este proyecto, la cual se presenta como un área nueva donde se solicitaron rutas de lubricación con el fin de implementar un sistema ordenado de mantenimiento.

Centrándonos en el proyecto que fue realizado por mi persona dentro del primer semestre de 2019 en Celulosa Arauco Horcones, y destacando la aprobación del total de las 19 rutas de lubricación diseñadas, por parte de jefe de área, departamento de mantenimiento, departamento de confiabilidad y planificación, siendo cargadas a SAP de la empresa e implementada su ejecución; hoy en día se puede comprobar que ha sido totalmente un éxito y ayuda dentro del área, ya que, al cabo de un año y medio de funcionamiento de las rutas dentro del sector (desde mediados de 2019), no se han presentado fallas de ningún tipo respecto a lo que es lubricación, por consiguiente, la inversión realizada dentro de este periodo para lo que es mantenimiento de equipos ha sido nula, por lo cual, queda demostrada la efectividad de la confección de rutas, cumpliendo el objetivo de asegurar la confiabilidad de los equipos y su funcionamiento prolongado en el tiempo dentro del proceso, así mismo disminuyendo costos asociados al mínimo posible.

BIBLIOGRAFIA

❖ Información marco teórico y general

- [https://es.wikipedia.org/wiki/Celulosa_Arauco_y_Constituci%C3%B3n#Otras plantas](https://es.wikipedia.org/wiki/Celulosa_Arauco_y_Constituci%C3%B3n#Otras_plantas)
- <https://www.arauco.cl/chile/wp-content/uploads/sites/14/2019/04/Reporte-avance-medida-capacitacio%CC%81n-y-empleo-local-MAPA-Enero-2017.pdf>
- <https://www.bnamericas.com/es/perfil-proyecto/nuevo-sistema-de-tratamiento-de-efluentes-en-la-planta-de-celulosa-arauco-nuevo-sistema-de-tratamiento-de-efluentes-en-la-planta-de-celulosa-arauco>
- <http://ingesaerospace-mechanicalengineering.blogspot.com/2011/06/tribologia-lubricacion.html>
- <https://es.wikipedia.org/wiki/Lubricaci%C3%B3n>
- [https://siaguanta.com/c-tecnologia/tipos-de-lubricacion/#Tipos de lubricantes](https://siaguanta.com/c-tecnologia/tipos-de-lubricacion/#Tipos_de_lubricantes)
- <https://es.wikipedia.org/wiki/Lubricante>

❖ Información respecto a rutas de lubricación

- Gestionada y obtenida de forma presencial mediante colaboración de personal planta Arauco Horcones (jefes de mantenimiento oleohidráulico, jefes de áreas, operadores, planificadores, entre otros).

arauco										INSTRUMENTOS NECESARIOS	
N° RUTA		FECHA:									
NOMBRE DE RUTA		RUTA (1) CAMBIO DE ACEITE			N° PLAN DE MANTENIMIENTO						
FRECUENCIA LUBRICACIÓN		26 SEMANAS			PUESTO DE TRABAJO RESPONSABLE						
TIEMPO ESTIMADO		4,5 HORAS			PUNTO MADRE						
N°	UBICACIÓN TÉCNICA	SECTOR	K P O	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	PUNTO DE LUBRICACIÓN	TIPO LUBRICANTE	CANT. LUBR. EN RELUBR.	CANT. PTS.	TOTAL LUBR. EQUIPO	OBSERVACIONES	
1	CA03-785-008-000002	BIOREACTORES LIMPIADORES N°3	K 208A	REDUCTOR DE RASTRIA N°1	CAJA REDUCTORA	MOBILGEAR 600 XP 680	16 L	1			
2	CA03-785-007-000002	BIOREACTORES LIMPIADORES N°2	K 196A	REDUCTOR DE RASTRIA N°1	CAJA REDUCTORA	MOBILGEAR 600 XP 680	16 L	1			
3	CA03-785-006-000002	BIOREACTORES LIMPIADORES N°1	K 181A	REDUCTOR DE RASTRIA N°1	CAJA REDUCTORA	MOBILGEAR 600 XP 680	16 L	1			
OBSERVACIONES GENERALES:											

arauco										INSTRUMENTOS NECESARIOS	
N° RUTA			FECHA:								
NOMBRE DE RUTA			N° PLAN DE MANTENIMIENTO								
FRECUENCIA LUBRICACION			PUESTO DE TRABAJO RESPONSABLE								
TIEMPO ESTIMADO			PUNTO MADRE								
8 SEMANAS											
2 HORAS											
N°	UBICACIÓN TÉCNICA	SECTOR	K P O	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	PUNTO DE LUBRICACIÓN	TIPO LUBRICANTE	CANT. PTs.	CANT. LUBR. EN RELUBR.	TOTAL LUBR. EQUIPO	OBSERVACIONES	
1	CA03-785-008-000002-31210	SISTEMA CLARIFICADOR SECUNDARIO #3	K	MOTOR CLARIFICADOR SECUNDARIO N°3 L3	RODAMIENTO	MOBIL POLYREX EM	2	68 g		POR PUNTO 34 g	
2	CA03-785-008-000002-31211	SISTEMA CLARIFICADOR SECUNDARIO #3	K	MOTOR CLARIFICADOR SECUNDARIO N°3 L3	RODAMIENTO	MOBIL POLYREX EM	2	68 g		POR PUNTO 34 g	
3	CA03-785-007-000002-31199	SISTEMA CLARIFICADOR SECUNDARIO #2	K	MOTOR CLARIFICADOR SECUNDARIO N°2 L3	RODAMIENTO	MOBIL POLYREX EM	2	68 g		POR PUNTO 34 g	
4	CA03-785-007-000002-31198	SISTEMA CLARIFICADOR SECUNDARIO #2	K	MOTOR CLARIFICADOR SECUNDARIO N°2 L3	RODAMIENTO	MOBIL POLYREX EM	2	68 g		POR PUNTO 34 g	
5	CA03-785-007-000002-31184	SISTEMA CLARIFICADOR SECUNDARIO #1	K	MOTOR CLARIFICADOR SECUNDARIO N°1 L3	RODAMIENTO	MOBIL POLYREX EM	2	68 g		POR PUNTO 34 g	
6	CA03-785-007-000002-31183	SISTEMA CLARIFICADOR SECUNDARIO #1	K	MOTOR CLARIFICADOR SECUNDARIO N°1 L3	RODAMIENTO	MOBIL POLYREX EM	2	68 g		POR PUNTO 34 g	
OBSERVACIONES GENERALES:											

[illegible]

