
TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

REHABILITACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE DIP 2

**TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA
PROFESIONAL**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERÍA MECATRÓNICA**

PRESENTA:
GEOVANNI BENÍTEZ GUTIÉRREZ

NOMBRE DEL ASESOR:
MTRO. BENJAMÍN DARÍO RAMÍREZ ANGULO



Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Apizaco
Metal-Mecánica

Tzompantepec, Tlaxcala, **26/noviembre/2025**

Oficio No. MM-741/2025

Asunto: Liberación de Proyecto para Titulación Integral.

LIC. CECILIA YARELLY ARREGUIN LARA
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
P R E S E N T E

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para Titulación integral:

Alumno (a):	GEOVANNI BENÍTEZ GUTIÉRREZ
Carrera:	INGENIERÍA MECATRÓNICA
No. De Control:	20370766
Nombre del Proyecto:	"REHABILITACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE DIP 2".
Producto:	TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL.

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE
Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DEPARTAMENTO DE
METAL MECÁNICA

MTRO. JORGE AGUILAR VÁZQUEZ
JEFE DEL DEPTO. DE METAL-MECÁNICA

MTRO. BENJAMÍN DARÍO RAMÍREZ ANGULO
ASESOR

c.p.- Archivo.
JAV*petry.



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec,
Municipio de Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel.
[241] 4172010 Ext. 124, e-mail: mecanica@apizaco.tecnm.mx
tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx





Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Apizaco
División de Estudios Profesionales

Tzompantepec, Tlaxcala **09/Diciembre/2025**

GEOVANNI BENITEZ GUTIERREZ
EGRESADO(A) DE LA CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA
CON NÚMERO DE CONTROL 20370766.
P R E S E N T E.

Por este medio, me permito informar a usted que por aprobación de la comisión revisora asignada para valorar el trabajo que mediante la opción **TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL** y cuyo tema es: **"REHABILITACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE DIP 2"**, conforme a lo establecido en el procedimiento para la obtención del Título Profesional en el Instituto Tecnológico, la División de Estudios Profesionales a mi cargo le otorga la:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Debiendo entregar **1 USB** del mismo, apropiadamente empastado, a la brevedad, para presentar su Acto de Recepción Profesional.

Sin otro particular por el momento me despido.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®

CECILIA YARELY ARREGUÍN LARA
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES

CYAL/Gsc*

ccp. Archivo



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec,
Municipio de Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel. [241] 4172010
Ext. 304, e-mail: dep_titulacion@apizaco.tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx



Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer a mi madre María Leticia Gutiérrez Cahuantzi. Gracias por tu amor incondicional y tus palabras de aliento en los momentos más difíciles. Eres el corazón de mi vida y la inspiración que me ha impulsado a nunca rendirme.

A mi padre Santos Benítez Rugerio por enseñarme el valor del trabajo duro, la disciplina y el compromiso. Tus consejos han sido guía constante incluso cuando el camino parecía incierto.

A mi asesor de proyecto, el ingeniero Benjamín Darío Ramírez Angulo por su paciencia, conocimiento y orientación durante cada etapa de este trabajo. Su acompañamiento fue clave para convertir ideas en resultados concretos.

Particularmente, agradezco al ingeniero José Adolfo Aguilar Alviso asesor externo, por su tiempo, visión y forma de afrontar los retos diarios que me permitieron entender lo que significa el liderazgo. Sus valiosas aportaciones fueron esenciales para enriquecer este proyecto.

Aunado a mi asesor externo, debo extender mis agradecimientos al Ingeniero José Vázquez Hernández, su experiencia y disposición para compartir conocimientos fueron fundamentales para que pudiera entender y desempeñar con seguridad y eficiencia cada una de las actividades realizadas en el área. Gracias por su paciencia, enseñanzas y por fomentar en mí una mentalidad más sólida y aplicada.

De manera muy especial, quiero agradecer al ingeniero Félix Ávila. Gracias por motivarme, por los consejos más allá del plano técnico y por ayudarme a fortalecer tanto mi carácter como mi responsabilidad profesional.

Resumen

El presente proyecto tiene como objetivo describir el desarrollo de la rehabilitación y puesta en marcha del área de pastas 2 (DIP 2) de la empresa Convertidor de Papel S.A. DE C.V, la cual se dedica a la fabricación de papel tissue.

La propuesta de este proyecto nace a causa de la inactividad de esta área debido a la mejora y rehabilitación de la máquina 4. Se realizó la evaluación del estado de los equipos, así como el desmontaje y la limpieza exhaustiva de los componentes que la conforman. De igual manera, se realizaron las acciones necesarias para el reacondicionamiento y sustitución de las piezas deterioradas.

Las acciones realizadas incluyeron desmontajes, reparaciones, reemplazo de componentes como lo son rodamientos, bandas, válvulas y sellos de neopreno, además de la fabricación de piezas específicas. También se llevaron a cabo acciones como la alineación precisa de motores con los acoplamientos de las bombas, todo ello orientado a optimizar el rendimiento operativo del sistema y extender la vida útil de los equipos involucrados.

A lo largo del desarrollo del proyecto, se intervinieron diversos equipos fundamentales para la producción del papel, incluyendo bombas centrífugas, celdas de flotación, equipos de destintado (FLOTTANK), sistema DAF de Krofta, separadores Multinet, Tailnet, Kriba vertical, limpiadores de alta consistencia (HDC), así como distintos tipos de agitadores y válvulas.

Adicionalmente, se desarrolló un calendario automatizado en Excel para la lubricación de motores y bombas, el cual integra fórmulas que determinan la cantidad precisa de grasa y el periodo necesario para el reengrase, todo esto basándose en parámetros técnicos específicos.

Esta herramienta permitirá a la empresa mantener un control sobre el estado de sus equipos a largo y a corto plazo, de esta forma se logrará reducir el riesgo de fallas mecánicas imprevistas. El proyecto ejecutado durante un periodo de cuatro meses pone en evidencia el valor y la necesidad del mantenimiento

industrial como una estrategia clave para optimizar la eficiencia operativa, disminuir los costos asociados a paros o inactividad no planificadas y asegurar el cumplimiento de los estándares de calidad. La recuperación funcional de DIP 2 no solo permitió reactivar el área, sino que también marcó el inicio de una nueva gestión técnica más eficiente y sostenible dentro del proceso de producción de papel. Como resultado, se lograron restablecer las condiciones necesarias para una operación continua y eficiente de DIP 2, fortaleciendo así la competitividad de la empresa en el sector del papel tissue.

Índice

Agradecimientos.....	2
Resumen	3
Índice.....	5
Índice de ilustraciones.....	9
Índice de tablas	12
1. Descripción del proyecto.....	13
1.1. Introducción	13
1.1. Objetivos	14
1.1.1. Objetivo general	14
1.1.2. Objetivos específicos	14
1.2. Justificación	15
1.3. Alcances y limitaciones.....	16
1.4. Información de la empresa	17
1.4.1. Misión de la empresa.....	17
1.4.2. Visión de la empresa	17
1.4.3. Valores	17
1.4.4. Política de calidad	17
1.4.5. Ubicación.....	18
1.5. Caracterización del área.....	19
1.6. Problemáticas por resolver	21
1.6.1. Seguridad del personal y de equipos	21
1.6.2. Deterioro de equipos por paro prolongado	21
1.6.3. Lubricaciones intermitentes o no periódicas	21
1.6.4. Descoordinación con otras áreas relacionadas	21

1.6.5.	Pérdidas económicas por inactividad prolongada	22
2.	Marco Teórico	23
2.1.	Bombas centrífugas.....	23
2.1.1.	Ventajas de las bombas centrífugas	23
2.1.2.	Tipos de bombas centrífugas	23
2.1.3.	Partes de una bomba centrífuga	24
2.2.	DAF de Krofta	25
2.3.	Criba	26
2.3.1.	Cómo funciona:.....	26
2.4.	EKONO-CICLON	28
2.4.1.	Construcción	28
2.4.2.	Instalación	28
2.4.3.	Montaje.....	29
2.4.4.	Características	29
2.4.5.	Conexiones.....	29
2.4.6.	Dimensiones generales	29
2.5.	Equipo de destintado FLOTTANK	31
2.5.1.	Funcionamiento FLOTTANK- 1 A (1 AIREACION)	31
2.5.2.	Funcionamiento FLOTTANK- 2ª (2 A IREACIONES)	31
2.6.	Multinet	33
2.6.1.	Funcionamiento	33
2.6.2.	Características	33
2.7.	Tailnet	35
2.7.1.	Condiciones de funcionamiento.....	35
2.7.2.	Concentración de alimentación	35
2.7.3.	Presión de alimentación.....	35

2.7.4.	Presión de aguas blancas y aguas claras	35
2.7.5.	Mantenimiento	36
2.8.	Limpiador de alta consistencia	39
2.8.1.	Partes principales	39
2.9.	Lubricantes	41
2.10.	Aceites	41
2.11.	Tipos de aceites	42
2.11.1.	Aceites minerales	42
2.11.2.	Aceites sintéticos	42
2.12.	Grasas	42
2.13.	Tipos de grasas industriales	42
2.13.1.	Grasa de aluminio	43
2.13.2.	Grasa de litio	43
2.13.3.	Grasa sódica	43
2.13.4.	Grasa sintética	43
2.14.	Definiciones de mantenimiento	44
2.14.1.	Mantenimiento	44
2.14.1.1.	Mantenimiento correctivo	44
2.14.1.2.	Mantenimiento preventivo	45
2.14.1.3.	Mantenimiento predictivo	45
2.14.2.	Plan de mantenimiento	45
3.	Desarrollo	46
3.1.	Cambio de neoprenos a KROFTA	46
3.2.	Mantenimiento de equipo Multinet	49
3.2.1.	Desmontaje	49
3.2.2.	Montaje de equipo Multinet	56

3.3.	Mantenimiento equipo TAILNET	58
3.4.	Mantenimiento y cambio de bandas de Kriba vertical.....	61
3.5.	Mantenimiento y soldado de equipo HDC	64
3.5.1.	Montaje de equipo HDC.....	66
3.6.	Celda de flotación	68
3.7.	Mantenimiento a bombas de DIP 2.....	71
3.7.1.	Desmontaje de bombas	71
3.7.2.	Mantenimiento y cambio de rodamientos.....	74
3.7.3.	Montaje de bombas.....	78
3.7.4.	Bomba de ASR.....	81
3.8.	Limpieza a DIP 2	86
3.9.	Elaboración de calendarios de lubricación de bombas y motores	88
3.9.1.	Cálculo de la cantidad de grasa en gramos	88
3.9.2.	Cálculo de la frecuencia de reengrase de rodamientos	88
3.9.3.	Formulas en Excel	90
4.	Resultados	91
4.1.	Comparativa del estado de los equipos	98
4.1.1.	DAF.....	98
4.1.2.	Criba vertical	100
4.1.3.	Multinet	101
4.1.4.	Tailnet	102
4.1.5.	Equipo HDC	104
5.	Conclusiones.....	106
6.	Bibliografía.....	107
	Anexo A calendario de lubricación de bombas	109
	Anexo B Calendario de lubricación de motores	110

Índice de ilustraciones

Ilustración 1-1	Ubicación de la empresa en Google maps	18
Ilustración 1-2	Proceso de depuración y tratamiento de papel.....	20
Ilustración 2-1	Partes de una bomba centrífuga	24
Ilustración 2-2	Clarificador Krofta	25
Ilustración 2-3	Diagrama de dimensiones de Zaranda	27
Ilustración 2-4	Medias generales Ekono-ciclon	30
Ilustración 2-5	Medias generales de Flottank	32
Ilustración 2-6	Medidas Generales de Multinet.....	34
Ilustración 2-7	Plano de Tailnet.....	36
Ilustración 2-8	Medidas generales de Tailnet	37
Ilustración 2-9	Esquema de funcionamiento Tailnet	38
Ilustración 2-10	Limpiador de alta consistencia	39
Ilustración 2-12	Medidas generales del limpiador de alta consistencia	40
Ilustración 2-13	Componentes básicos de los aceites	41
Ilustración 2-14	Grasa Toxi-plus usada para la lubricación de bombas	44
Ilustración 3-1	Neoprenos colocados en tanque interior de Daf.....	46
Ilustración 3-2	Fijación de sellos de neoprenos con tornillos M10.....	47
Ilustración 3-3	Instalación de neoprenos en el sistema de arrastre.....	47
Ilustración 3-4	Limpieza de Daf.....	48
Ilustración 3-5	Desmontaje de impulsor de Multinet	49
Ilustración 3-6	Multinet sin impulsor	50
Ilustración 3-7	Desmontaje de chumaceras.....	50
Ilustración 3-8	Rodamiento, mango de fijación, tuerca de fijación y seguro	51
Ilustración 3-9	Extracción de rodamiento y demás elementos	52
Ilustración 3-10	Manguito de fijación aro de fijación y tuerca de fijación extraídos	53
Ilustración 3-11	Rotor y flecha desmontada del Multinet	54

Ilustración 3-12 Multinet desmontado	55
Ilustración 3-13 Multinet montado	56
Ilustración 3-14 Guarda trasera montada	57
Ilustración 3-15 Limpieza de Tailnet	58
Ilustración 3-16 Válvula de descarga en mal estado	59
Ilustración 3-17 Válvula de purga cambiada	59
Ilustración 3-18 Limpieza de equipo Tailnet	60
Ilustración 3-19 Desmontaje de rotor de Kriba	61
Ilustración 3-20 Cambio y engrasado de rodamientos	62
Ilustración 3-21 Kriba montada	63
Ilustración 3-22 Desmontaje de equipo HDC	64
Ilustración 3-23 Limpieza de HDC	64
Ilustración 3-24 Corte de cono con pulidora	65
Ilustración 3-25 Unión por bridas de acero inoxidable	65
Ilustración 3-26 Montaje de equipo HDC	66
Ilustración 3-27 Colocación de válvulas	66
Ilustración 3-28 Colocación de tuberías de entrada de agua	67
Ilustración 3-29 Equipo armado	67
Ilustración 3-30 Ajuste de la posición del motor para la colocación de bandas ...	68
Ilustración 3-31 Colocación de bandas y ajuste de tensión	69
Ilustración 3-32 Colocación de la tapa lateral	69
Ilustración 3-33 Limpieza de la celda de flotación	70
Ilustración 3-34 Desmontaje de bombas de Dip2	71
Ilustración 3-35 Desmontaje de bombas	72
Ilustración 3-36 Desmontaje de bomba P1	72
Ilustración 3-37 Desmontaje de bomba de cleaners	73
Ilustración 3-38 Desarmado de bombas	74
Ilustración 3-39 Extracción de impulsores	74
Ilustración 3-40 Extracción de rodamientos	75
Ilustración 3-41 Oxido y corrosión en rodamientos extraídos	75
Ilustración 3-42 Cambio de rodamientos	76
Ilustración 3-43 Armado de bomba P14	77

Ilustración 3-44	Bombas armadas y listas para montaje.....	77
Ilustración 3-45	Montaje de bombas	78
Ilustración 3-46	Limpieza de volutas	78
Ilustración 3-47	Modificaciones en base de motor	79
Ilustración 3-48	Alineación de bombas con motores	79
Ilustración 3-49	Montaje de bomba de cleaners segunda etapa	80
Ilustración 3-50	Piezas de la bomba	81
Ilustración 3-51	Rectificado de flecha.....	81
Ilustración 3-52	Calentamiento de rodamientos.....	82
Ilustración 3-53	Rodamientos montados en flecha	82
Ilustración 3-54	Flecha montada en cajón de rodamientos.....	83
Ilustración 3-55	Montaje de voluta	83
Ilustración 3-56	Bomba armada por completo	84
Ilustración 3-57	Transporte de bomba Dip 2.....	84
Ilustración 3-58	Montaje y alineación de bomba AS	85
Ilustración 3-59	Limpieza de bases de bombas y volutas.....	86
Ilustración 3-60	Desmontaje y limpieza de guardas de agitadores	86
Ilustración 3-61	Limpieza de Dip 2	87
Ilustración 3-62	Limpieza de piso Dip 2.....	87
Ilustración 4-1	Daf con neoprenos llenos de polvo y agrietados	98
Ilustración 4-2	Daf limpio y con cambio de neoprenos.....	99
Ilustración 4-3	Kriba sin polea y sucia	100
Ilustración 4-4	Kriba armada y limpia	100
Ilustración 4-5	Multinet desmontado sin limpieza	101
Ilustración 4-6	Multinet armado y limpio	101
Ilustración 4-7	Cajon de rodamientos con polvo Tailnet	102
Ilustración 4-8	Cuerpo de Tailnet sucio	102
Ilustración 4-9	Tailnet limpio	103
Ilustración 4-10	Equipo HDC en mal estado.....	104
Ilustración 4-11	Equipo HDC montado y limpio	105

Índice de tablas

Tabla 1 Partes del depurador de alta consistencia	39
Tabla 2 Bandas de todos los equipos.....	91
Tabla 3 Refacciones Multinet	92
Tabla 4 Refacciones de chumaceras Agitador M-105.....	93
Tabla 5 Refacciones de chumaceras Agitador M-103.....	94
Tabla 6 Refacciones de chumaceras Agitador M-50.....	95
Tabla 7 Refacciones de chumaceras Agitador M-49.....	96
Tabla 8 Refacciones de chumaceras Agitador M-104.....	97
Tabla 9 Calendario de lubricación de bombas Dip 2.....	109
Tabla 10 Calendario de lubricación motores 1	110
Tabla 11 Calendario de lubricación motores 2.....	111
Tabla 12 Calendario de lubricación motores 3.....	111
Tabla 13 Calendario de lubricación motores 4.....	112
Tabla 14 Calendario de lubricación motores 5.....	112

1. Descripción del proyecto

1.1. Introducción

El proceso de reciclaje se ha vuelto muy importante en los últimos años debido al consumo en exceso de productos de uso diario. Según la secretaria de medio ambiente y recursos naturales, define el reciclar como “la transformación de los residuos a través de distintos procesos que permiten restituir su valor económico, evitando así su disposición final siempre y cuando esta restitución favorezca un ahorro de energía y materias primas sin perjuicios para la salud, los ecosistemas o sus elementos”.

El área de pastas es muy importante en el proceso de fabricación del papel, ya que es la encargada de eliminar todas las impurezas de la materia prima como grapas, plásticos, hules, partículas suspendidas e incluso la tinta que pudiera afectar a la calidad del producto terminado.

Pastas 2 (DIP 2) tiene como objetivo principal la depuración y tratamiento de pasta reciclada mediante procesos fisicoquímicos que mejoran su pureza, resistencia y consistencia. Actualmente el DIP 2 se encuentra fuera de operación debido a la rehabilitación de la máquina 4 la cual depende de DIP 2. Esta inactividad ha generado desgaste en los equipos y máquinas ya que, si esta se arrancase sin un debido mantenimiento, causaría problemas como la seguridad de los operadores, daño a los equipos, su eficiencia y la calidad del producto terminado.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Rehabilitar el área de pastas 2 mediante labores de mantenimiento preventivo y correctivo, con el fin de restablecer su operatividad y producción garantizando un buen funcionamiento.

1.1.2. Objetivos específicos

1. Diagnosticar el estado de las máquinas y componentes para su posible mantenimiento o remplazo.
2. Realizar labores de limpieza profunda para eliminar polvo y garantizar un buen funcionamiento.
3. Reacondicionar las máquinas y zonas de trabajo.
4. Aplicar mantenimiento preventivo en las máquinas y equipos para garantizar y prolongar su vida útil.
5. Implementar calendarios de lubricación para los motores y bombas correspondientes del área.

1.2. Justificación

El mantenimiento y rehabilitación de esta área no solo nos ayudará a la mejora de la vida útil de las máquinas y equipos, sino también a la reducción de los tiempos de inactividad no programados causados por fallas mecánicas. Esto dará paso a una producción sin interrupciones, optimizando al máximo los recursos y reduciendo costos por mantenimientos correctivos.

El mantener a los equipos y máquinas en buenas condiciones libres de polvo y humedad, contribuirá a cumplir con los estándares de calidad y seguridad exigidos por normativas industriales como lo es la norma ISO 9001:2015. Esto garantizará la calidad del producto terminado, sin riesgos de contaminación y ofreciendo un producto de calidad a los consumidores capaz de competir como una de las mejores opciones en el mercado.

1.3. Alcances y limitaciones

Este proyecto se llevará a cabo en el área de pastas 2 del Departamento de Producción de CONVERTIDOR DE PAPEL S.A. DE C.V, durante un período de cuatro meses, acumulando un total de 500 horas. Las actividades de mantenimiento se realizarán según el cronograma considerando las especificaciones técnicas de los manuales de cada máquina. Se aplicarán técnicas de mantenimiento preventivo, así como procedimientos de limpieza con el objetivo de lograr una rehabilitación integral del área, en consecuencia, aumentar la eficiencia y la capacidad de producción de la empresa.

Esta rehabilitación se centra en el mantenimiento mecánico, ya que el desuso prolongado del área y el agua estancada en algunos equipos han provocado desgaste en los componentes internos de las máquinas. Entre los principales problemas detectados se encuentran la oxidación, la corrosión, la falta de lubricación y en el caso de las correas de transmisión, el agrietamiento por envejecimiento del material.

Si bien el proyecto de rehabilitación del área en cuestión ya contaba con la planificación estructural, técnica y de recursos necesaria para su implementación, no fue posible iniciar las obras programadas debido a una serie de complicaciones operativas surgidas durante la fase previa a la puesta en marcha. Entre los factores determinantes se encontraba la falta de disponibilidad de una máquina esencial para el proceso general, la cual lleva el nombre de DNT; esta es parte integral del sistema de producción que depende directamente de la pulpa tratada previamente. Esta máquina aún no se encuentra 100% habilitada, lo que imposibilita la correcta ejecución del proceso de producción de papel. Por lo tanto, se decidió posponer la puesta en marcha hasta que se resolvieran las limitaciones mencionadas.

Aun así, el calendario de lubricación de los equipos está completo y listo para añadir la fecha de inicio y así se programen automáticamente las fechas posteriores de lubricación de cada equipo.

1.4. Información de la empresa

1.4.1. Misión de la empresa

Proveer a nuestros clientes y consumidores, una alternativa de productos de papel tissue 100% mexicanos hechos con la más alta calidad a un precio competitivo.

1.4.2. Visión de la empresa

Consolidarnos como una empresa líder en el país, siendo reconocida por su calidad y servicio; fomentando a su vez el consumo de nuestros productos a nivel nacional.

1.4.3. Valores

- **Atención al cliente:** Buscamos cubrir las expectativas y necesidades de nuestros clientes, dándoles un servicio de calidad y excelencia en toda nuestra cadena de valor.
- **Honestidad:** Somos leales a nuestros principios, reflejándolo hacia nuestros clientes y colaboradores.
- **Compromiso:** ser un aliado en la economía de las familias mexicanas, dándoles productos de alta calidad a un precio competitivo.
- **Respeto:** Reconocemos los derechos de nuestros clientes, colaboradores y medio ambiente; tratándolos con dignidad y justicia.

1.4.4. Política de calidad

En convertidor de papel S.A. de C.V. tenemos el firme compromiso de satisfacer los requerimientos y expectativas de las partes interesadas; elaborando, almacenando, distribuyendo y comercializando productos de calidad de papel Tissue para el hogar; garantizando una mejora continua en cada uno de nuestros procesos rigiéndonos bajo los lineamientos de normatividades nacionales e internacionales; así como de la ISO 9001:2015.

1.4.5. Ubicación

se puede visualizar la ubicación de la empresa en Google maps en la ilustración 1-1

Oaxaca S/N COL. Mena, C.P. 90401 Atlangatepec, Tlaxcala

Tel. 01 (241) 4127264 y 65

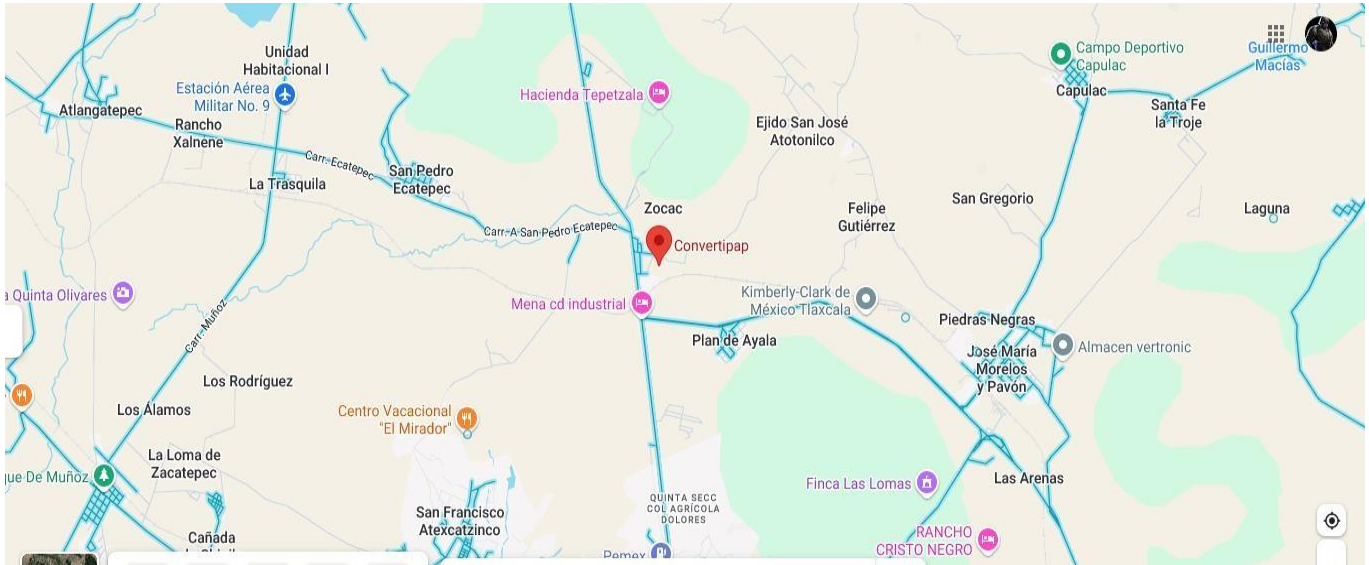


Ilustración 1-1 Ubicación de la empresa en Google maps

Nota: Imagen tomada desde Google maps

1.5. Caracterización del área

El DIP 2 cuenta con dos plantas la planta alta cuenta con los equipos de depuración y tratamiento de la pulpa de papel, como el equipo Multinet, Tailnet, cleaners, zarandas, Daf o clarificador, etc.

En la planta baja se encuentran los tanques que contienen la pasta, así como todas las bombas que trasladan la pasta para los diferentes equipos. A su vez se encuentran los agitadores y tanques de químicos.

La ilustración 1-2 muestra un diagrama de flujo del proceso de depuración y tratamiento del papel. El proceso inicia con la entrada de la materia prima a una banda transportadora, la cual conduce el papel en bloques hacia el *Pulper*, encargado de triturar el papel y eliminar las impurezas más grandes que pueda contener.

Posteriormente, mediante un sistema de bombeo, el material es transportado a los tanques C8 y C7, donde se realiza una depuración inicial con equipos como el HDC, Multinet, Tailnet, criba y zaranda.

Luego, los tanques C9 y C10 se encargan de almacenar la pulpa y redirigirla nuevamente al Tailnet y a la criba para continuar con el proceso de limpieza.

Después, el material pasa por una máquina de destintado y por una etapa de depuración más fina, utilizando equipos como los *Cleaners* y el *Ekono Cilcon*. Finalmente, el proceso continúa con el tratamiento en la máquina DNT, hasta llegar al clarificador DAF, donde se completa la depuración del material.

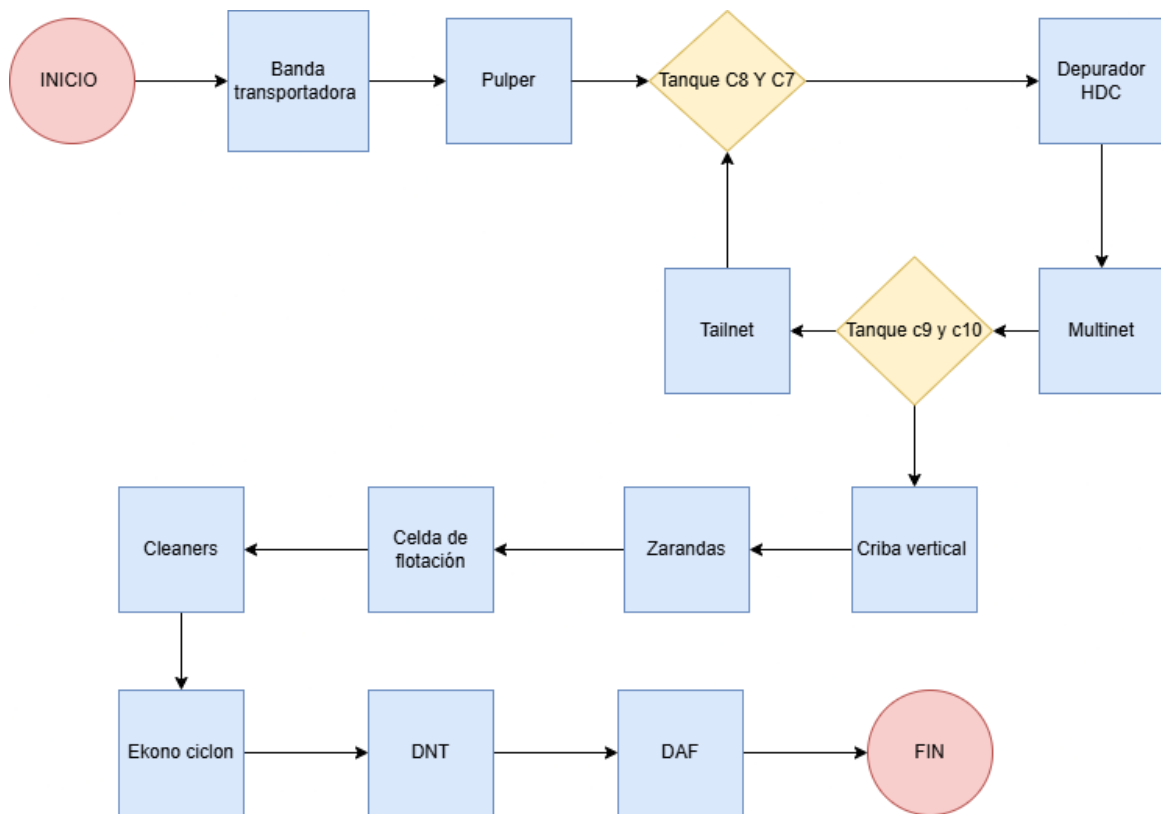


Ilustración 1-2 Proceso de depuración y tratamiento de papel
Nota: Elaboración propia con información de la empresa Convertipap

1.6. Problemáticas por resolver

Hay varios aspectos que se deben considerar para lograr una rehabilitación lo más apegada a aspectos de seguridad, calidad e higiene.

1.6.1. Seguridad del personal y de equipos

El arranque sin un previo mantenimiento puede causar accidentes a los operarios o al personal, considerando que la seguridad es lo más importante y uno de los aspectos a priorizar en esta rehabilitación.

1.6.2. Deterioro de equipos por paro prolongado

Al trabajar con una mezcla de papel con agua y químicos, estos son muy abrasivos con los equipos y pueden sufrir un deterioro hasta el punto de dejarlos inservibles o en los menores de los casos que estos no arranquen con la misma facilidad causando atascos o fugas.

1.6.3. Lubricaciones intermitentes o no periódicas

La implementación del plan de lubricación de motores y bombas cumple con el debido mantenimiento preventivo a estos equipos. Al trabajar con las mezclas mencionadas, estos equipos deben estar lubricados con grasa especial que resista el agua y las condiciones de polvo. Esto disminuirá el reemplazo de los rodamientos dentro de un periodo corto de tiempo afectando la producción y convirtiéndose en un mantenimiento correctivo teniendo que reemplazar los rodamientos e incluso las flechas o camisas de estos equipos debido a estas faltas de lubricación.

1.6.4. Descoordinación con otras áreas relacionadas

El área que depende de la producción de pasta del DIP 2 al estar también en rehabilitación, por el momento no causa una descoordinación; el inconveniente se podría generar cuando la otra área necesite del abastecimiento de DIP 2 y este aún se encuentre en rehabilitación o que surjan fallas por el mal mantenimiento que se le dio durante la rehabilitación, afectando así la producción y que no cumpla con la cantidad de pasta requerida.

1.6.5. Pérdidas económicas por inactividad prolongada

Al no cumplir con el arranque en tiempo y forma, la producción no abastecería la cantidad de productos que se pretendan vender, por lo cual surgirían pérdidas económicas lo suficientemente significativas.

2. Marco Teórico

Para dimensionar la rehabilitación y tener en claro los objetivos que se desean alcanzar, es necesario conocer los equipos que hacen posible la fabricación de un papel que cumpla con las necesidades del mercado. Como es el caso de Convertidor de papel.

Todo el proceso depende de bombear la pasta, los químicos y el agua para su mezcla o tratamiento, debido a eso se utilizan bombas centrífugas.

2.1. Bombas centrífugas

“Las bombas centrífugas son un tipo de bomba hidráulica que transforma energía mecánica en energía cinética de presión a un fluido. Las bombas centrífugas aumentan la velocidad de los fluidos para que estos puedan desplazarse grandes distancias” (SEGUAS, S.F).

2.1.1. Ventajas de las bombas centrífugas

- No tienen órganos articulados y los mecanismos de acoplamiento son muy sencillos.
- Para una operación definida, el gasto es constante y no se requiere de un mecanismo regulador.
- Se adapta con facilidad a muchas circunstancias.
- Cuentan con un peso relativamente pequeño y dimensiones reducidas.

2.1.2. Tipos de bombas centrífugas

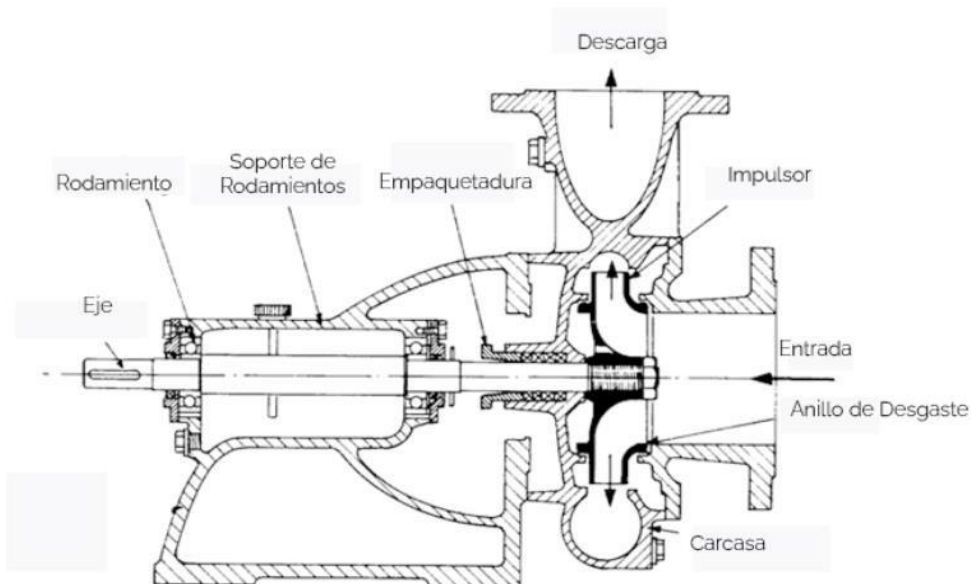
- Por dirección de flujo
 - Radial: en este caso el flujo circula de forma paralela al eje de rotación. Bombas muy eficientes y versátiles además de ser las más comunes.
 - Axial: en este caso el flujo circula de forma paralela al eje de rotación. Son bombas muy eficientes a la hora de elevar grandes caudales a poca altura.
 - Mixto: combinación de las bombas axiales con las radiales.
- Por la posición al eje de rotación.
- Por la posición del eje de rotación.

- Horizontales
 - Verticales
 - Inclutados
- Otras clasificaciones
- Por el diseño de la coraza
 - Por la forma de succión

2.1.3. Partes de una bomba centrifuga

Las bombas hidruicas constan de varias partes que la componen (SEGUAS, S.F).

- “Carcasa: Parte que protege todos los mecanismos y componentes internos de la bomba.”
- “Entrada y salida, conductos por donde circula el agua, el de entrada se conoce como tubería de aspiración y el de salida como tubería de impulsn.”
- “Impulsor: parte de la bomba utilizada para impulsar el agua, este va unido al eje por medio de una cuña y una de las partes móviles de las bombas.”
- “Eje o flecha: elemento móvil que sostiene el impulsor, el cual está anclado al motor por un acoplamiento o Catarina.”
- “Cojinetes o rodamientos: elementos mecánicos que sostienen el eje”.



Ilustración 2-1 Partes de una bomba centrifuga

Fuente: Imagen tomado de Conceptos básicos de bombas centrifugas, Bulton Pumps
<https://www.boultonpumps.com/conceptos-basicos-sobre-las-bombas-centrifugas-i-9-es>

2.2. DAF de Krofta

El clarificador es un aparato diseñado para obtener las máximas ventajas de los principios de flotación por aire disuelto. Esta tecnología se puede aplicar en el proceso de fabricación de papel, ya que la máquina añade aire para que la separación de agua y lodo sea la correcta.

En el DIP 2, es de las máquinas más importantes porque se encarga del tratamiento del agua y del lodo.

Los sistemas DAF (Flotación por Aire Disuelto) de Krofta se basan en la separación por flotación; este proceso se utiliza en la suspensión de sólidos de tratamiento de aguas residuales. Se diluye aire comprimido en el agua mediante el Tubo Disuelto de Aire (TDA), que genera microburbujas adhiriéndose a las partículas sólidas, haciéndolas más ligeras para que suban a la superficie del tanque. Los sólidos flotantes son retirados en forma de lodo, mientras que el agua clarificada se reutiliza o se destina a un tratamiento adicional (Kofta, S.F.).

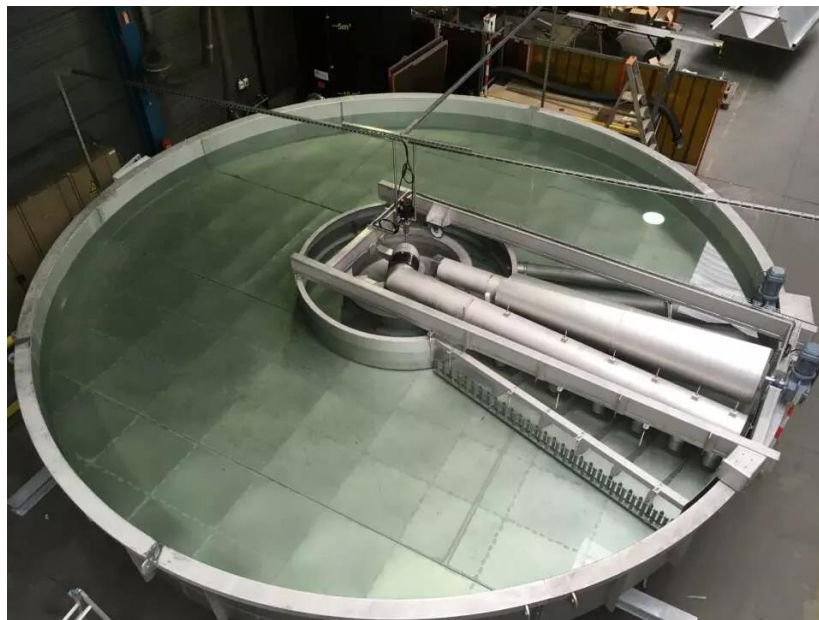


Ilustración 2-2 Clarificador Krofta

Nota: Imagen tomada de Kofta Supracell Daf por (Korfta2025) <https://www.krofta.com/products/krofta-supracell-daf>

2.3. Criba

La criba Jonsson de FINCKH es el diseño avanzado desarrollado a partir de la criba Jonsson original: FINCKH ha fabricado la criba Jonsson como licenciataria durante muchas décadas. Miles de las famosas cribas Jonsson fabricadas por FINCKH están en funcionamiento en la industria de la pulpa y el papel en todo el mundo.

2.3.1. Cómo funciona:

La criba Jonsson de FINCKH es una criba de tipo abierto que sirve para cribar todo tipo de residuos, cartón y pulpa.

El material se dirige a la placa de la criba a través de la entrada de material. El material aceptado pasa a través de los orificios de la placa hasta la cuba de aceptación, mientras que los rechazos son retenidos por la placa y transportados a la salida de rechazos mediante la acción vibratoria de la artesa de la criba.

Las fibras adheridas a los rechazos se descargan hacia la cuba de aceptación mediante la doble cortina de agua proporcionada por las dos tuberías de ducha. Las tuberías de ducha están ubicadas en una posición tal que no hay pérdida de agua del sistema. Los rechazos están prácticamente libres de fibras buenas y no es necesario volver a tamizarlos.

La acción vibratoria de la artesa de la criba se consigue mediante un peso excéntrico montado en el eje giratorio. De este modo, la artesa se pone en movimiento elíptico. La placa de la criba se sumerge parcialmente en el material aceptado. Los orificios de la placa se lavan y se mantienen abiertos gracias al movimiento elíptico vibratorio (FINCKH, s.f.).

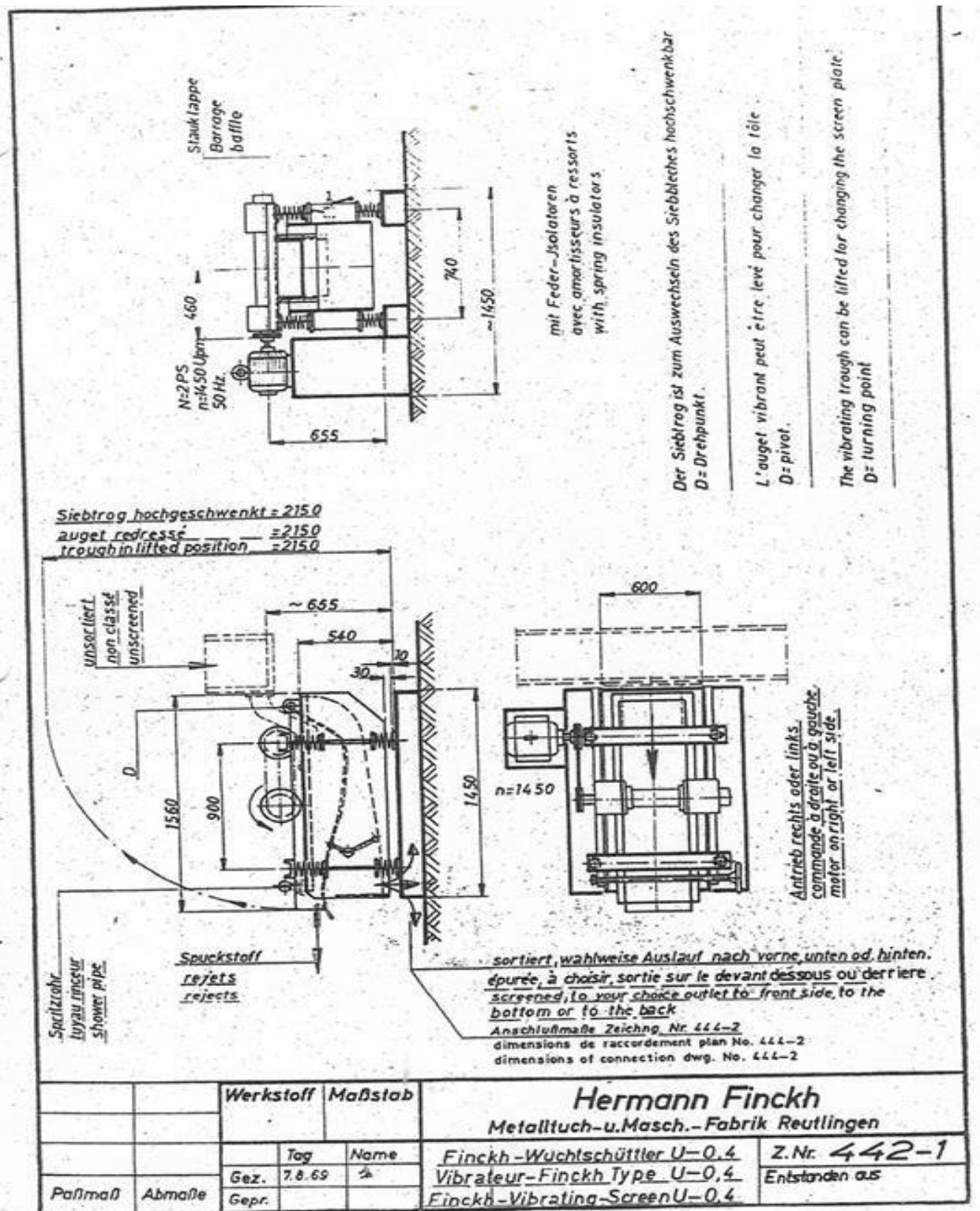


Ilustración 2-3 Giagrama de dimensiones de Zaranda
 Nota: Plano técnico proporcionado por la empresa Convertipap

2.4. EKONO-CICLON

LICAR define el Ekono-ciclon como un aparato concebido para la recuperación de las fibras celulósicas existentes en el rechazo producido en la materia prima tratada en la depuración fina de los circuitos de cabeza de máquina.

Normalmente, estos rechazos proceden de la segunda fase o tercera fase de la depuración centrífuga fina de los circuitos cabeceros de máquina. Estas depuraciones trabajan normalmente a baja consistencia.

2.4.1. Construcción

El aparato consta de depuradores centrífugos conectados en serie.

El primer depurador trata directamente el rechazo procedente de la fase de depuración que le precede en el circuito. El rechazo es diluido y presurizado con una adición de agua colada a una presión entre 3-4 bar, en la entrada del cabezal del depurador. La materia celulósica aceptada sale por la vertical del cabezal para ser tratada nuevamente en una etapa de depuración, antes de ser introducida al circuito como materia aceptada (LICAR, s.f.)

El rechazo producido por este depurador es introducido directamente en el segundo depurador, nuevamente diluido y presurizado con una adición de agua colada.

Nuevamente, la materia aceptada es enviada a una etapa anterior de depuración con el fin de ser tratada nuevamente, antes de ser enviada al circuito principal.

El rechazo final producido con un mínimo de materia celulósica es el evacuado como materia no aceptada en el circuito.

2.4.2. Instalación

LICAR sugiere que el aparato puede ser suministrado montado sobre un chasis metálico con una estructura de apoyo al suelo, conforme se indica en el plano de dimensiones generales.

También puede ser suministrado en forma de armario totalmente cerrado con una puerta de dos hojas que da acceso a los depuradores. Esta ejecución mantiene los depuradores fuera de la vista exterior.

2.4.3. Montaje

LICAR indica que la maquina se fija al suelo por medio de 4 pernos de anclaje incluidos en el suministro del aparato.

La estructura del aparato en su fijación al suelo suele hacerse sobre un recrecido tal como se indica en el plano de obra civil que se adjunta de forma que las eventuales limpiezas del suelo, fugas de agua o humedades, no afecten al buen estado de la base de fijación.

2.4.4. Características

El aparato recibe un caudal a tratar variable en función de la fase de depuración que le procede; no obstante, el caudal nominal a tratar en el primer depurador es del orden de 500 l/min, es decir $30 \frac{m^3}{h}$, siendo el caudal tratado en el segundo depurador el rechazo del anterior que es de 150 l/min, aproximadamente entre 9 y $10 \frac{m^3}{h}$ (LICAR, 1995).

El caudal de la bomba de alimentación de las fibras celulósicas debe ser de $30m^3/h$ con una altura manométrica suficiente para disponer de $3Kg/cm^2$ max, en la entrada del depurador.

2.4.5. Conexiones

Las conexiones de entrada y salida de pasta aceptada en el depurador son de DN80, brida loca aluminio-epoxy, según norma DIN-2642, PN10. La salida de pasta aceptada del segundo depurador (secundario) es de DN50, rosca gas.

La salida de rechazos del segundo depurador se realiza mediante un embudo cuyo final es un tubo sin brida DN80 (LICAR, 1995).

2.4.6. Dimensiones generales

LICAR menciona que el aparato tiene las siguientes dimensiones:

- Longitud : 1.200mm.
- Ancho o fondo : 400 mm

- Altura : 1.400mm puede ser disminuida en 300 mm.)

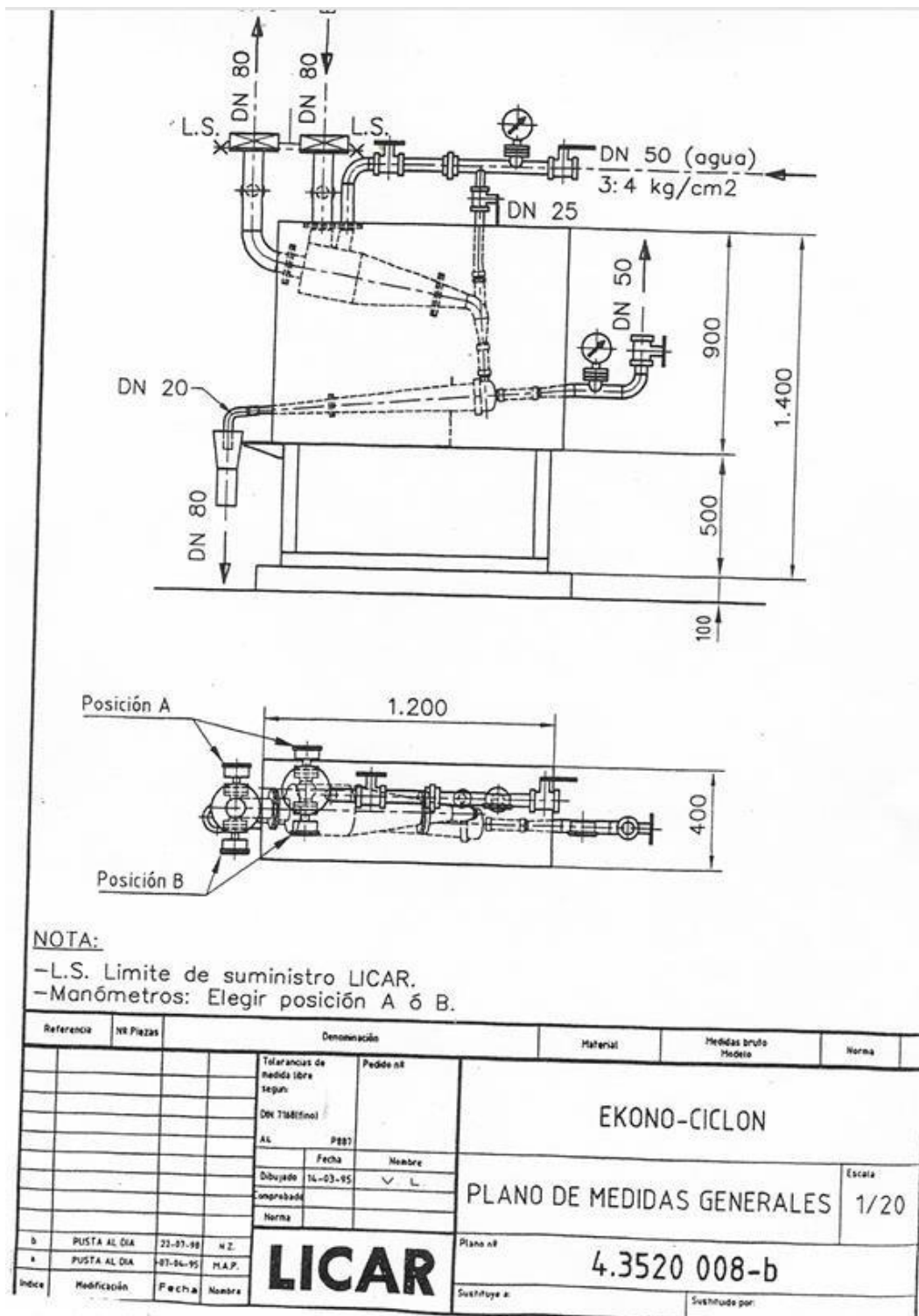


Ilustración 2-4 Medias generales Ekono-cyclon
 Fuente: Plano técnico proporcionado por la empresa Convetipap

2.5. Equipo de destintado FLOTTANK

2.5.1. Funcionamiento FLOTTANK- 1 A (1 AIREACION)

La primer aireación LICAR la describe como una mezcla de aire a presión atmosférica y de pasta a destintar se introduce en el cuerpo de la celda por medio de inyectores calibrados especialmente, de forma a conseguir una cantidad de aire en la pasta que genere un tamaño de burbujas óptimo para el destinado.

En su camino hacia la superficie las partículas de tinta hidrofugas quedan atrapadas en el interior de las burbujas creadas por el inyector.

Se forma así en la superficie un colchón de espuma flotante cargada de tinta.

LICAR indica que la pasta, desprovista ya de tinta, adquiere un movimiento ascendente. Al

llegar a la parte superior del cuerpo de la celda, se desborda y cae a una cámara exterior, con lo que se evita que las fibras buenas puedan ser absorbidas con las espumas en flotación.

Un ventilador aspira y evacua dichas espumas cargadas de tinta a través de un separador, mediante aspiradores situados justo por encima del nivel del líquido.

Las Flottank van equipadas también con un sistema de contra-aireación, que consiste en inyectar, mediante inyectores especiales, una mezcla de aire y pasta previamente destintada en un primer paso por la celda. Esta operación favorece el incremento de la blancura.

El diseño de las celdas llamadas "de una (1) aireación" que se acaba de describir, permite obtener una ganancia máxima de blancura si se instalan 2 ó 3 celdas en serie, según la naturaleza de las materias a tratar y en función de las características generales de la instalación (LICAR, s.f.).

2.5.2. Funcionamiento FLOTTANK- 2ª (2 A IREACIONES)

El cuerpo de las celdas Flottank llamadas "de dos (2) aireaciones" es similar al de las celdas de una (1) aireación. Sin embargo, en las de dos (2) aireaciones

hay una bomba que recoge, en el fondo de la celda, toda la pasta a tratar y la inyecta en la cuba por encima de la zona del primer paso de pasta, mediante otra serie de inyectoros que efectúan una nueva mezcla de aire y pasta.

Gracias a este principio, la pasta sufre dos (2) aireaciones sucesivas, mejorando notoriamente la eficacia de cada celda.

De esta forma, la ganancia en blancura que se obtiene con dos celdas de dos (2) aireaciones es equivalente e incluso superior en algunos casos a la que se obtendría con 3 celdas de una (1) aireación.

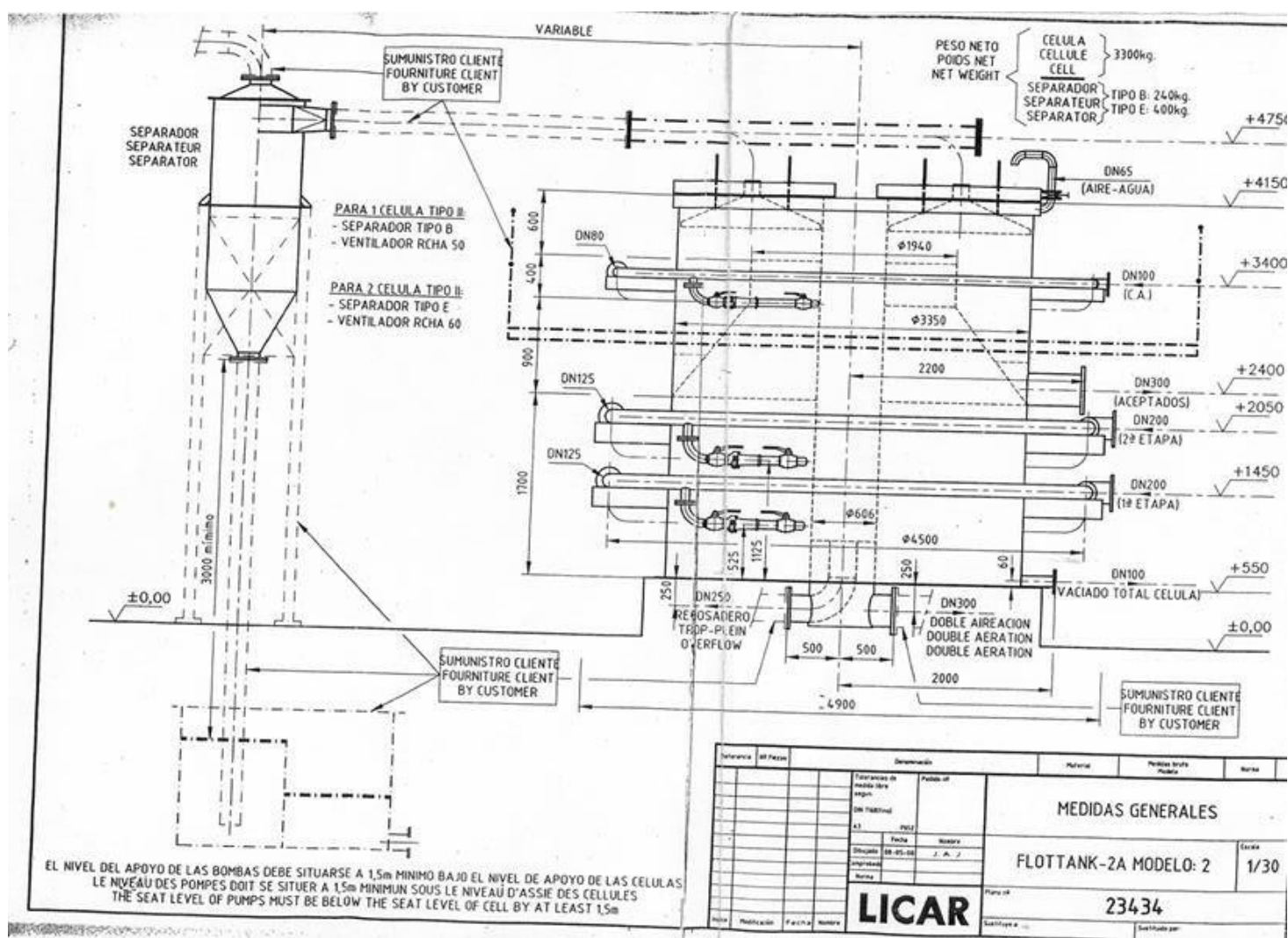


Ilustración 2-5 Medias generales de Flottank
Fuente: Plano técnico proporcionado por la empresa Convertipap

2.6. Multinet

El doble separador Multinet tiene dos funciones.

- Pre-depuración de la pasta a través de una rejilla (agujeros).
- Depuración más fina gracias a un tamiz (de ranuras o agujeros).

Un único aparato permite realizar una depuración excelente de las pastas fuertemente contaminadas, gracias a estas dos acciones conjugadas (LICAR, s.f.).

2.6.1. Funcionamiento

LICAR describe el funcionamiento de la siguiente forma, ya que la pasta a tratar es introducida en el aparato a través de la tubería.

La pasta sufre una aceleración por la acción mecánica de Foil.

La rejilla, descolmatada por el Foil para las impurezas gruesas y deja pasar las fibras.

Los contaminantes pesados se acumulan en la cuba y son evacuados intermitentemente por la tubería situada en la base de la cuba los demás contaminantes se evacúan en continuo por la tubería situada en el centro de la tapa bombeada.

La pasta Pre-depurada se vuelve a diluir si se presenta el caso entre la rejilla y el tamiz horizontal.

La pasta aceptada sale por la tubería.

Los rechazos de la segunda zona son evacuados por la tubería separada.

2.6.2. Características

- Presión de entrada al aparato:
 - Mínima: 1,8 -2 bar
 - Máxima: 3 bar
- Presión de salida mínima del aparato:
 - 1 bar
- Caída de presión máxima (Delta P):
 - 0,5-0,8 bar (0,8 bar máx.)
- Concentración de la pasta a la entrada de la 1ra cámara:
 - 3,5-4 %
- Concentración de la pasta a la salida de la 2da cámara:

- 2,5 – 3 % (dependiendo del contenido en cargas)
- Rechazos 1ra cámara:
 - 10 – 12 % en peso con respecto al peso de la entrada.
- Salida 2 cámara (Multinet fraccionador):
 - 40 – 60 % en peso (normal 50%) para FRACCION CORTA LIMPIA
 - 60 – 40 % en peso (normal 50%) para FRACCION LATGA SUCIA

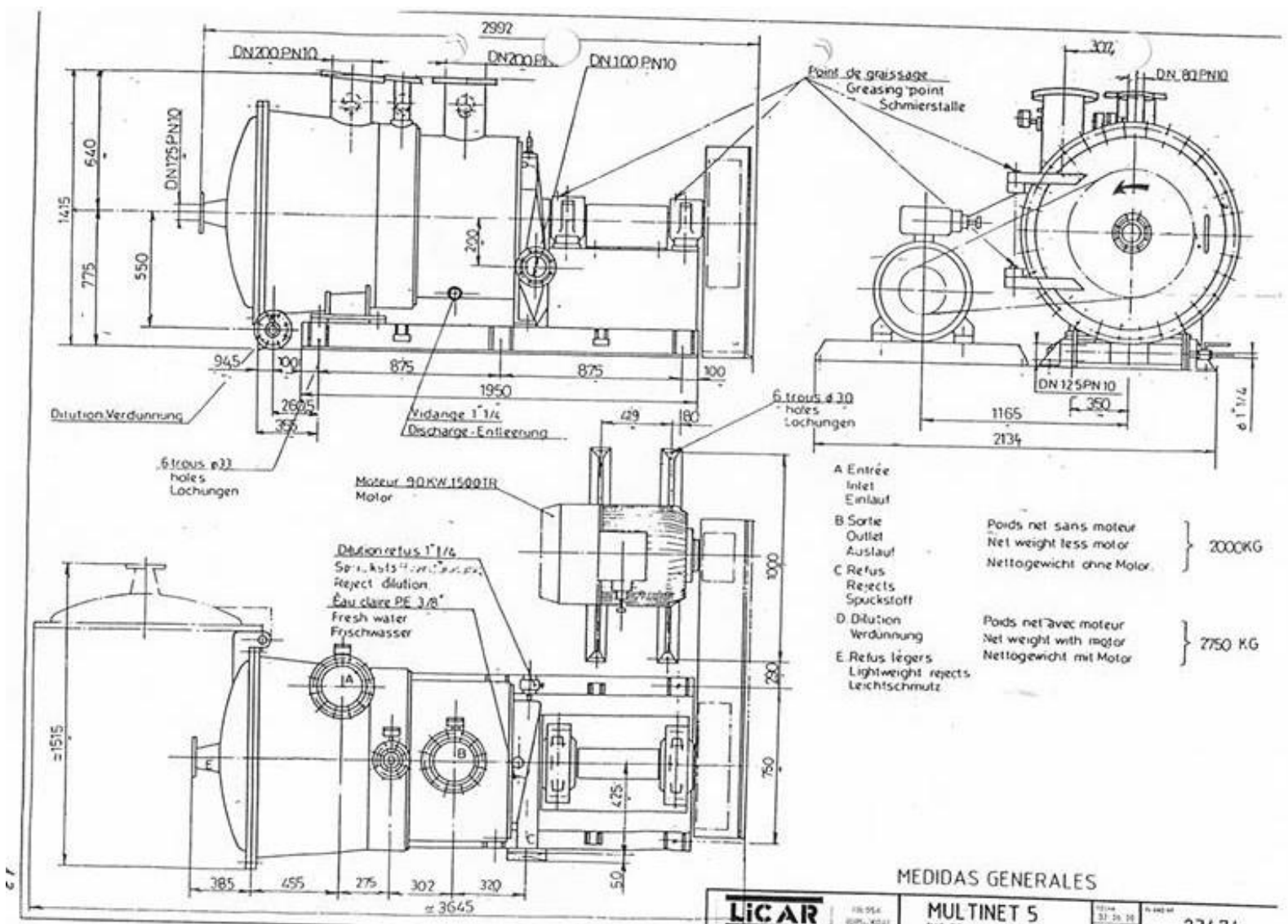


Ilustración 2-6 Medidas Generales de Multinet
Fuente: Plano técnico proporcionado por la empresa Convertipap

2.7. Tailnet

Es un aparato concebido para tratar los rechazos en la última etapa de la depuración, particularmente reemplazando a los tamices vibrantes con la ventaja de funcionar bajo presión (Licar, 2000).

Es importante instalar una válvula en cada tubería de entrada, salida de rechazos y de by-pass inmediatamente cerca del aparato.

2.7.1. Condiciones de funcionamiento

Cualquiera que sea el circuito en el que se vaya a integrar el Tailnet, es necesario observar las recomendaciones siguientes.

2.7.2. Concentración de alimentación

De acuerdo con Licar (2000), se recomienda alimentar el Tailnet a una concentración entre el 2 y 2.5% según la aplicación.

Esta concentración debe ser constante, fuertes fluctuaciones pueden perjudicar su buen funcionamiento.

2.7.3. Presión de alimentación

Licar considera que, el Tailnet puede ser conectado directamente en la salida de los rechazos del aparato de trata o alimentación por bomba (presión 1 bar aprox.). Funciona a la presión de alimentación de este último (mínimo 0,6 kg/cm^2).

La caída de presión en el interior del Tailnet es débil y no debe exceder de los 0,3 Kg/cm^2 .

Los rechazos salen a la presión atmosférica, a la base del aparato.

2.7.4. Presión de aguas blancas y aguas claras

El agua blanca utilizada en el lavado de los rechazos, y el agua clara para la alimentación del prensaestopas deben mantenerse a una presión de 0.5 bar mínimo, superior a la presión interna del clasificador, pero sin sobrepasar 3 bar máximo.

El caudal aproximado del presaestopas es de 20 litros/minuto (Licar, 2000).

2.7.5. Mantenimiento

Según licar, las consideraciones para el mantenimiento de la maquina son los siguientes.

- Una vez por mes, proceder al engrase moderado de los rodamientos con la grasa SKF28 O 65 (O equivalente).
- Verificar regularmente la tensión de las correas.
- Apretar o cambiar las trenzas de la estopada del prensaestopas, si fuese necesario.
- Todos los años, verificar los rodamientos, el anillo de desgaste, etc.

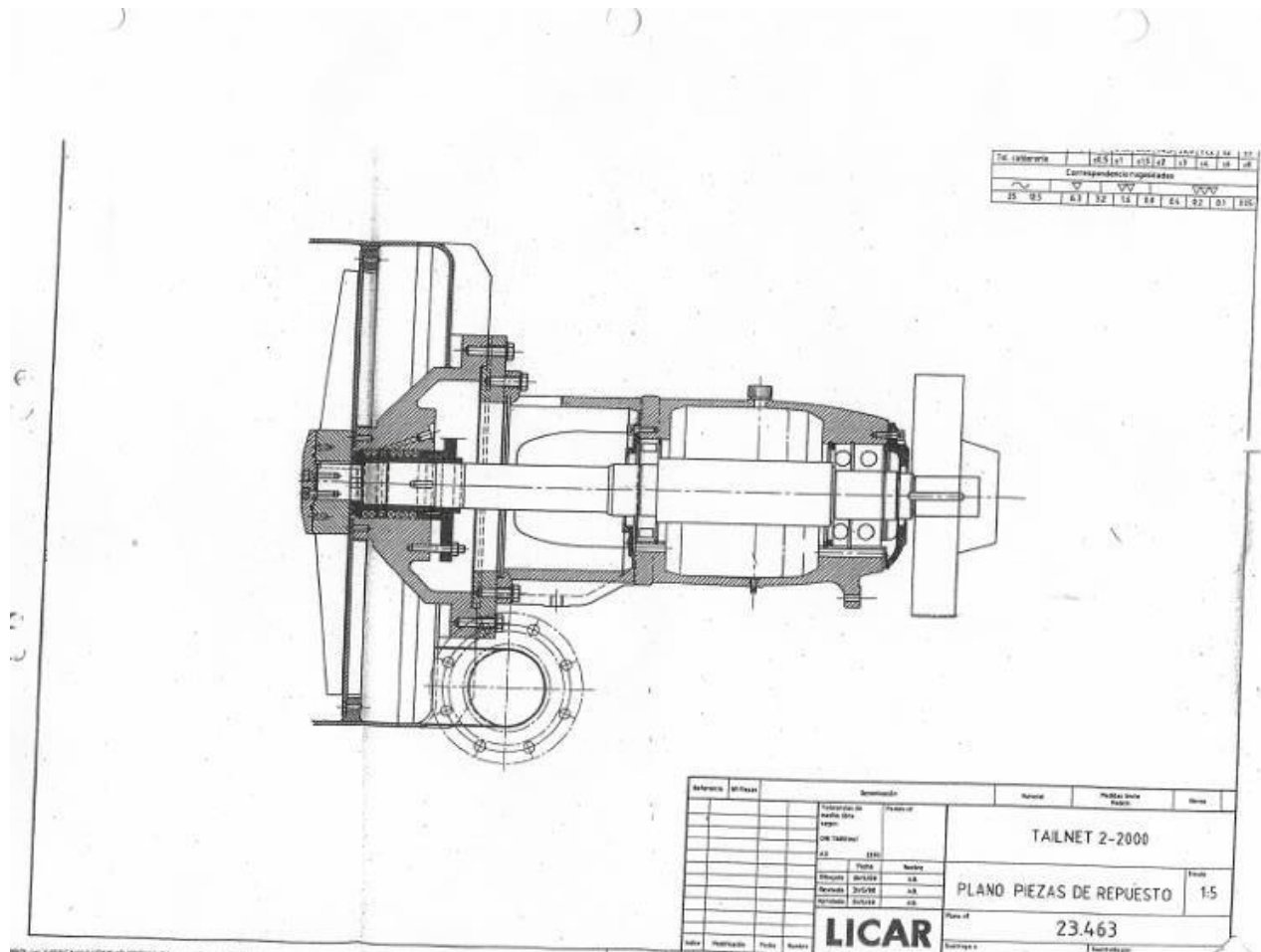


Ilustración 2-7 Plano de Tailnet
Fuente: Plano técnico proporcionado por la empresa Convetipap

La ilustración 2-8 corresponde a un plano del equipo Tailnet en una vista superior, mostrando sus componentes internos, como la flecha, los rodamientos, la polea y el impulsor.

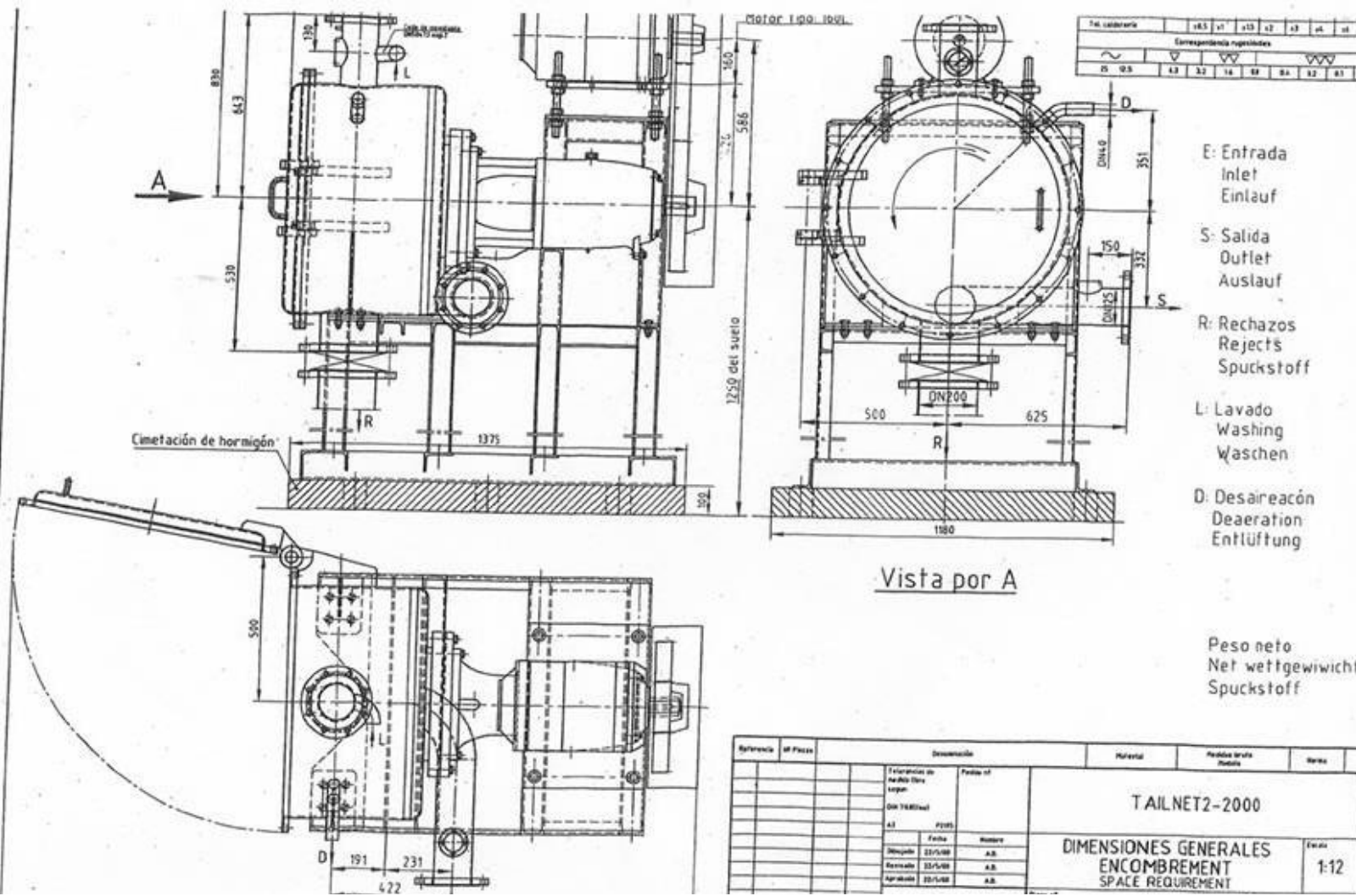


Ilustración 2-8 Medidas generales de Tailnet
Fuente: Plano técnico proporcionado por la empresa Convertipap

Se tomaron en cuenta las dimensiones originales de este equipo para su propio montaje una vez realizado el mantenimiento.

The diagram illustrates the TAILNET 2000 system's operation. It shows the flow of wastewater from the 'TUBERIA DE AGUAS COLADAS' (Wastewater Pipe) through a 'BY-PASS' valve (RV CLIENTE) and a check valve (NV2 LICAR) to the 'ENTRADA PASTA' (Sludge Inlet). The sludge then passes through a pump (PI) and a check valve (NV1 LICAR) into the main unit. A 'LLENADO DE AGUA DE LAVADO' (Washing Water Filling) line with valve RV1 LICAR and check valve NV3 LICAR also feeds into the unit. The unit includes a 'TAILNET 2000' filter and a 'RECHAZOS' (Rejects) outlet with valve NV4 LICAR. The 'SALIDA PASTA' (Sludge Outlet) is controlled by valve RV2 LICAR and check valve NV5 LICAR. A 'PASTA ACEPTADA' (Accepted Sludge) line leads to the 'TUBERIA DE AGUAS LIMPIAS' (Clean Water Pipe). A 'DESAREACION' (Deaeration) line is also shown. A 'AGUA A ESTOPADA' (Water Stop) line is connected to the bottom of the unit. The diagram is labeled with various components and their functions.

Fuente: Plano técnico proporcionado por la empresa Convertipap

2.8. Limpiador de alta consistencia

Por parte de la rehabilitación se determinó el cambio del equipo HDC por un depurador nuevo, aunque el DIP 2 se arrancara con el equipo HDC se tendrá en cuenta el cambio cuando el equipo llegue. Se puede observar el equipo en la ilustración 2-10.

Como equipo de cribado y limpieza de material grueso, el limpiador de alta consistencia serie ZSC suele ser un equipo posterior al hidropulper. También puede instalarse como un equipo importante para proteger el funcionamiento de los equipos de procesamiento posteriores (NMFC, 2025).



Ilustración 2-10 Limpiador de alta consistencia

Fuente: Tomado del manual técnico del H.C Cleaner, por NMFC (2025).

2.8.1. Partes principales

Las partes principales para el armado de este equipo son:

Tabla 1 Partes del depurador de alta consistencia

Fuente: Tomado del manual técnico del H.C Cleaner, por NMFC (2025).

Cuerpo	Dos válvulas neumáticas
Una válvula de limpieza	Soportes
Trampa de basura	Dos unidades de retro lavado
Pernos de cimentación	PLC

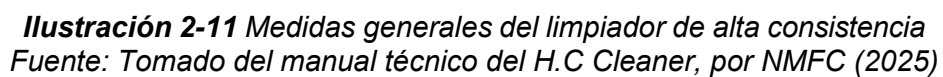


Ilustración 2-11 Medidas generales del limpiador de alta consistencia
Fuente: Tomado del manual técnico del H.C Cleaner, por NMFC (2025)

2.9. Lubricantes

Un lubricante es toda sustancia que se coloca entre dos superficies móviles para disminuir la fricción y el desgaste (Afton Chemical & Conuee, 2018).

Existen varios tipos de lubricantes que se pueden utilizar en la industria; se abordarán los principales tipos, remarcando los que se utilizaron para lograr el objetivo de este proyecto de rehabilitación.

2.10. Aceites

De acuerdo con Afton Chemical y la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de energía (2018), define los aceites como una mezcla de aceites básicos y aditivos que le proporcionan cualidades requeridas para una determinada aplicación.

La composición de un aceite suele ser como lo muestra la ilustración 2-2.

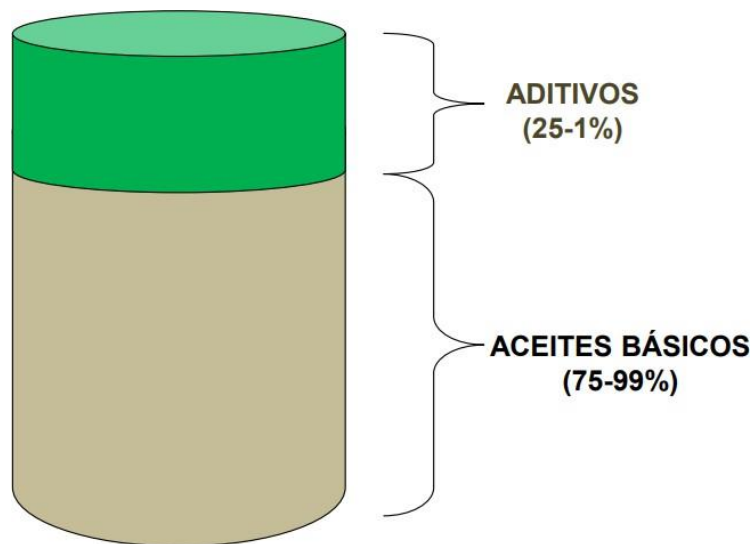


Ilustración 2-12 Componentes básicos de los aceites

Fuente: Tomado de Aceites lubricantes: Principios básicos por Afton Chemical y Conuee (2018)

2.11. Tipos de aceites

2.11.1. Aceites minerales

Los aceites minerales se originan del petróleo y se producen tras someterlo a varios procesos en las refinerías. Dependiendo de su composición, el petróleo crudo puede utilizarse para diferentes fines, siendo el tipo parafínico el más conveniente para la fabricación de aceites (Liceos U de Santiago, s.f.).

2.11.2. Aceites sintéticos

Los aceites sintéticos no se derivan directamente del crudo o petróleo, sino que se obtienen a partir de subproductos petrolíferos mediante procesos realizados en laboratorio. Debido a que su fabricación es más extensa y compleja, su costo es mayor en comparación con los aceites minerales (Liceos U de Santiago, s.f.).

2.12. Grasas

En la parte del mantenimiento de las bombas del DIP 2 se utilizó principalmente grasa como lubricante, pero para entender por qué se utiliza debemos saber qué es y cómo funciona.

Para la empresa RS, la grasa industrial es una sustancia aceitosa y espesa que se utiliza habitualmente como lubricante la cual está constituida por un aceite derivado del petróleo o aceite sintético que gracias a un agente espesante, mantiene su estructura y suele estar formado por los siguientes tres componentes.

- Espesante: 5% a 20%.
- Aceite base: 80% a 95%.
- Aditivos: 0% a 10%.

2.13. Tipos de grasas industriales

Se abordarán los principales tipos de grasas industriales; estas varían dependiendo de sus características y aplicación.

2.13.1. Grasa de aluminio

Dirigida a aplicaciones de alta temperatura con resistencia al agua, además de buena estabilidad de cizallamiento. Su uso está más dirigido a la maquinaria de grado alimenticio y puede aplicarse a todo tipo de espárragos, tuercas y pernos.

2.13.2. Grasa de litio

Antala specialty chemicals es una empresa especializada en productos químicos y lubricantes. Define la grasa de litio como una grasa multipropósito, se caracteriza por su buena durabilidad, alta viscosidad y estabilidad. Diseñada para proteger mecanismos contra la oxidación, la corrosión y altas temperaturas.

Otras de sus características son:

- Excelente lubricación.
- Buena resistencia al agua.
- Capacidad de soportar altas presiones y cargas de impacto.

2.13.3. Grasa sódica

Wurh otra empresa fabricante de grasas considera esta grasa como una grasa especialmente para rodamientos específicos, con buena estabilidad al cizallamiento contando con un punto de goteo alto y protección contra el desgaste. Las desventajas de esta grasa son que es muy poco resistente al agua y estabilidad de oxidación.

2.13.4. Grasa sintética

Uno de los productos que maneja la empresa RS es la grasa sintética; ellos la definen como un lubricante para componentes de maquinaria rotativa. Se caracteriza por contar con una mayor tolerancia a las temperaturas extremas y entornos que podrían ser demasiado hostiles, además de su resistencia a la oxidación.

Teniendo en cuenta las condiciones en las que las maquinas del DIP 2 se encuentran, la empresa siempre ha realizado sus lubricaciones con este tipo de grasa, ya que es la más adecuada que cumple con las necesidades.

El polvo, el agua y los químicos son muy abrasivos para los equipos y una de las marcas que la empresa suele utilizar es HOBOLUB y en específico su grasa

TOXI-PLUS #2 la cual se muestra en la ilustración. Esta cuenta con las características necesarias para estas condiciones.

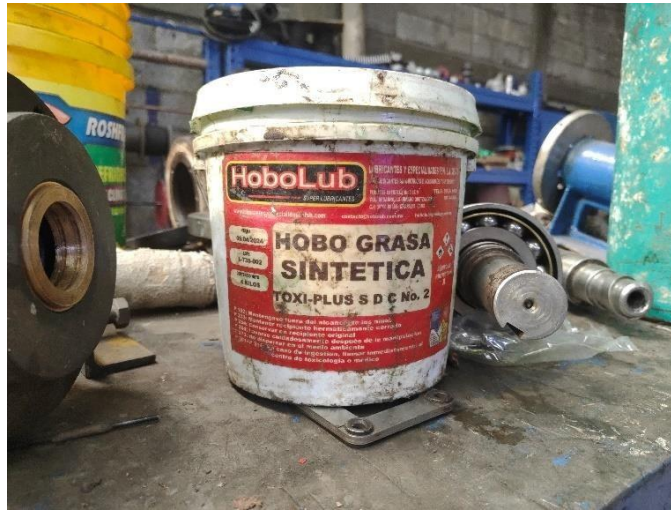


Ilustración 2-13 Grasa Toxi-plus usada para la lubricación de bombas
Fuente: Elaboración propia

2.14. Definiciones de mantenimiento

El proyecto se basa sobre los principios del mantenimiento industrial, uno de los objetivos más importantes es mantener en perfectas condiciones los equipos del área a rehabilitar, la principal herramienta para lograr este objetivo es el calendario de lubricación para estos equipos. Revisaremos algunos conceptos para comprender y llevar el proyecto a cumplir con sus objetivos.

2.14.1. Mantenimiento

Toda actividad necesaria para mantener el equipo e instalaciones en condiciones deseadas para lo que fueron fabricadas; además de mejorar la producción buscando la máxima disponibilidad y confiabilidad de los equipos e instalaciones (Luquez Bornachera, 2012).

Hay varios tipos de mantenimiento; vamos a abordar unas breves definiciones de los mantenimientos más importantes.

2.14.1.1. Mantenimiento correctivo

Se basa en permitir que un equipo funcione hasta el punto en que no puede desempeñar normalmente su función. Se somete a reparación hasta corregir el defecto y vuelva a tener una falla (Luquez Bornachera, 2012).

2.14.1.2. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo se basa en la ejecución de actividades planificadas con antelación, realizadas a intervalos definidos. Su objetivo principal es garantizar que las máquinas o equipos mantengan un rendimiento funcional adecuado dentro del entorno operativo, contribuyendo así a una mayor eficiencia de los procesos. Este tipo de mantenimiento busca anticipar posibles fallos en componentes, equipos o sistemas e incluye diversas acciones como inspecciones, evaluaciones, restauraciones, adaptaciones, sustituciones y otras intervenciones programadas según un calendario establecido (Pinzón, s.f.).

2.14.1.3. Mantenimiento predictivo

Es un tipo de mantenimiento, donde se relaciona el desgaste o estado de un activo; en este se tiene en cuenta la medición, el seguimiento y el monitoreo de parámetros y las condiciones de operación de un activo empresarial.

2.14.2. Plan de mantenimiento

La planeación se basa en definir anticipadamente todos los recursos y elementos necesarios para llevar a cabo una tarea antes de su ejecución. A su vez, la planeación se puede definir como establecer el momento exacto en el que se realizarán dichas tareas, dividiéndolas en etapas específicas, además de incluir las órdenes de trabajo, su supervisión, control y registro de su progreso (Ramírez Hernández, 2007).

Juan Francisco Ramírez Hernández considera que para una buena planeación y programación eficaces se deben tener en cuenta los siguientes puntos.

- Reducción de costos de mantenimiento: Los estudios desarrollados por varios investigadores, han demostrado que existe un vínculo claro entre el mantenimiento.
- Mejor utilización de la fuerza de trabajo al reducir demoras e interrupciones: mejora la coordinación y supervisión.
- Mejor calidad del trabajo de mantenimiento: asignar a los trabajadores más capacitados para el trabajo.

3. Desarrollo

3.1. Cambio de neoprenos a KROFTA

El neopreno al ser un material derivado del cloropreno y ser muy resistente al agua, químicos y temperaturas altas, es ideal para hacer sellos en equipos como el Daf el cual trabaja en estas condiciones por el tratado de la pasta en lodo del papel.

Los sellos del tanque y del sistema de arrastre contaban con grietas y deformaciones, se procedió al reemplazo cortando el neopreno de 5/8" de grosor en rectángulos de 12 cm de ancho y 1.2 metros de largo.



Ilustración 3-1 Neoprenos colocados en tanque interior de Daf
Fuente: Elaboración propia

Los sellos de neopreno de 12cm x 1.2 metros fueron agujerados con un sacabocados de 12 ml equidistantes entre sí a 13cm. Para su respectiva fijación se utilizaron tornillos M10 x 60 con tuercas M10, como se puede ver en la ilustración 3-2.



Ilustración 3-2 Fijación de sellos de neoprenos con tornillos M10
Fuente: Elaboración propia

Para el sistema de arrastre se instalaron 2 tiras neoprenos de la misma medida que los utilizados en el tanque (ver ilustración 3-3).



Ilustración 3-3 Instalación de neoprenos en el sistema de arrastre
Fuente: Elaboración propia

Primeramente, se retiró el máximo polvo posible con un recogedor y una escoba en todo el tanque, después con agua se lavó el tanque y el agua con papel se tiró por la tubería de descarga del mismo equipo (ver ilustración 34).



Ilustración 3-4 Limpieza de Daf
Fuente: Elaboración prop

3.2. Mantenimiento de equipo Multinet

3.2.1. Desmontaje

Se destapó la tapa delantera del equipo y se retiró la tuerca tipo cono, las aspas y la rejilla para poder sacar la flecha y el rotor. Al estar el rotor unido a la flecha por una camisa y una cuña, se llevó al taller para poder realizar el desmontaje del rotor y la posterior fabricación de la camisa junto con las cuñas nuevas.



Ilustración 3-5 Desmontaje de impulsor de Multinet
Fuente: Elaboración propia



Ilustración 3-6 Multinet sin impulsor
Fuente: Elaboración propia

Se desmontaron las dos chumaceras de la parte de atrás de Multinet, las cuales sostenían la flecha. A pesar de su desgaste a causa de anteriores mantenimientos y desmontajes, se determinó que la flecha estaba en buen estado; por lo tanto, no se procedió con el maquinado de una nueva.



Ilustración 3-7 Desmontaje de chumaceras
Fuente: Elaboración propia

Teniendo las chumaceras de este equipo desmontadas, se revisó el estado de los rodamientos; estos presentaban un desgaste tal que se optó por un remplazo junto con sus demás elementos, tales como manguito de fijación, arandela de fijación y aro de fijación. En la ilustración 3-8 se pueden observar estos elementos.



Ilustración 3-8 Rodamiento, mango de fijación, tuerca de fijación y seguro
Fuente: Elaboración propia

La extracción se realizó de la siguiente manera, en la ilustración 3-9 se muestra la extracción de la tuerca de fijación y los demás elementos

- Se retiró la guarda de la parte trasera.
- Se levantó la flecha con un diferencial.
- Las chumaceras fueron retiradas.
- Con ligeros golpes a la tuerca de fijación en contra de las manecillas del reloj se aflojó la tuerca.
- Con un ligero golpe al anillo interno del rodamiento se separó del manguito.
- Se retiró el seguro de fijación.

- El manguito de fijación fue empujado con un cincel hacia afuera de la flecha para su extracción.



Ilustración 3-9 Extracción de rodamiento y demás elementos
Fuente: Elaboración propia

El reemplazo de estos elementos es necesario, ya que la máquina estuvo en paro el suficiente tiempo como para producir óxido en ellos; el arranque sin su previa lubricación o reemplazo puede causar daños a la flecha.

En la ilustración 3-10 se pueden observar los elementos que conforman el interior de las chumaceras.



Ilustración 3-10 Manguito de fijación aro de fijación y tuerca de fijación extraídos
Fuente: Elaboración propia

La extracción de la flecha del multinet junto con el rotor de este se realizó de la siguiente manera.

En la ilustración 3-11 se muestra la flecha desmontada del equipo.

- Con ayuda de un diferencial y una eslinga se sostuvo la flecha de la parte de adelante del equipo.
- Se dieron golpes en la parte trasera de la flecha para extraerla de la parte de adelante.
- Se colocó un tubo en la parte trasera de la flecha para que, a medida que saliera, esta rodara y ayudara a cargar el peso, cuidando no dañar el equipo.
- Una vez que la mayoría de la flecha salió, con otro diferencial se sostuvo del centro de la flecha para cargar el peso y jalar con el primer diferencial hacia afuera para extraerla por completo.



Ilustración 3-11 Rotor y flecha desmontada del Multinet
Fuente: Elaboración propia

Se retiró la válvula de descarga y se desconectó la válvula de entrada, esto para asegurar que en todo momento del mantenimiento no entrara agua o pasta

que pudiera causar algún accidente o algún inconveniente con los cables eléctricos de las electroválvulas.

Además, se fabricaron los sellos de neoprenos para las válvulas a las medidas de las bridas de las tuberías.



Ilustración 3-12 Multinet desmontado
Fuente: Elaboración propia

3.2.2. Montaje de equipo Multinet

- La flecha y el rotor se montaron en el taller, así como sus respectivas camisas y cuñas fabricadas.
- Se subió la flecha con el rotor por medio de la grúa que se encuentra en la máquina 5.
- Una vez ubicada en la parte superior del DIP 2, con ayuda de un diferencial y eslingas se montó la flecha.
- Se montaron los rodamientos con sus chumaceras para sostener la flecha y que estuviera fija.
- Se monto la canastilla posteriormente las aspas y hasta el final se limpió el interior del equipo y se selló.

En la ilustración 3-13 se puede observar el equipo montado junto con la válvula de descarga y sus tuberías.



Ilustración 3-13 Multinet montado
Fuente: Elaboración propia

Se limpió la base de las chumaceras, así como todo el equipo con agua, espátula, cepillo de alambre y con escoba.

En la ilustración 3-14 se pueden observar las chumaceras colocadas y ajustadas en su posición con las laines que le dan la altura necesaria. Estas laines eran 2, una en cada chumacera; estas laines tienen un grosor de 1cm.

Además, se observa la guarda limpia y colocada con nuevos tornillos de acero inoxidable para evitar su corrosión y que sus futuros mantenimientos no se vean retrasados por motivos de tornillos apretados o barridos.



Ilustración 3-14 Guarda trasera montada
Fuente: Elaboración propia

3.3. Mantenimiento equipo TAILNET

El mantenimiento preventivo que se le dio a este equipo fue limpieza y lubricación a de los rodamientos, las bandas estaban en buenas condiciones y el interior del equipo no presentaba daños ni rebabas. El buen estado del equipo se puede observar en la ilustración 3-15.



Ilustración 3-15 Limpieza de Tailnet
Fuente: Elaboración propia

La válvula de purga del Multinet, no contaba con la manija para poder cerrarla y abrirla, se realizó un remplazo por otra de las mismas dimensiones. El mal estado de la válvula se observa en la ilustración 3-16.



Ilustración 3-16 Válvula de descarga en mal estado
Fuente: Elaboración propia

Se puede observar en la ilustración el cambio de la válvula por una en buen estado, en este caso fue una válvula de 5 pulgadas y se fabricaron sus juntas de neopreno para lograr el sello adecuado y evitar fugas, ver ilustración 3-17.



Ilustración 3-17 Válvula de purga cambiada
Fuente: Elaboración propia

La limpieza de este equipo se realizó en sus partes principales, como en la parte del cajón de rodamientos, el prensaestopas, las válvulas de entrada y salida, su respectiva polea y banda; a su vez, por dentro del equipo se limpió la tapa para darle un buen sello, ver ilustración 3-18.

Las bandas de este equipo están registradas en la tabla 2.



Ilustración 3-18 Limpieza de equipo Tailnet
Fuente: Elaboración propia

3.4. Mantenimiento y cambio de bandas de Kriba vertical

Se desmontó el rotor de la Kriba junto con la flecha para poder acceder a los rodamientos y posteriormente a su respectivo reemplazo. Para poder acceder a los rodamientos, se desmontó la polea y se desarmó en el taller.

Se desmontó el equipo con ayuda de un diferencial y una eslinga, tomando como puntos de apoyo las aspas del rotor.

Se levantó y se extrajo junto con el rotor, ya que no podían salir separados debido a las tolerancias de ajuste; esto se puede observar en la ilustración 3-19.



Ilustración 3-19 Desmontaje de rotor de Kriba
Fuente: Elaboración propia

Una vez desmontada la flecha, se separó del rotor y se trasladó al taller solo con el cajón de rodamientos.

En la figura 3-20 se muestra cómo se cambiaron los rodamientos por otros nuevos.



Ilustración 3-20 Cambio y engrasado de rodamientos

Fuente: Elaboración propia

Se montó la fleca junto con el cajón de rodamientos; después se colocó el rotor y, al final, la polea. Este equipo cuenta con un ajuste para la distancia entre la polea del motor y la polea del equipo; estas bandas están señalizadas en la Tabla 2.

El equipo armado y montado se muestra en la ilustración 3-21.



Ilustración 3-21 Kriba montada
Fuente: Elaboración propia

3.5. Mantenimiento y soldado de equipo HDC

La primera parte del desmontaje de este equipo fue la desconexión de las tuberías de entrada de agua y las tuberías neumáticas de las válvulas de descarga de los deshechos, como se puede observar en la ilustración 3-22.



Ilustración 3-22 Desmontaje de equipo HDC
Fuente: Elaboración propia

La limpieza de este equipo se realizó por medio de un cepillo de alambre, espátulas y una pulidora con un disco de desbaste para las partes oxidadas o con un papel muy adherido. Observar imagen 3-23.



Ilustración 3-23 Limpieza de HDC
Fuente: Elaboración propia

La unión del cono superior con el cono inferior originalmente está hecha por un tipo de metal diferente; en este caso se trataba de bronce, al estar soldado por puntos y por unas soleras solamente. Para el desmontaje y mantenimiento, se tuvieron que retirar las soleras y los puntos; esto se visualiza en la imagen 3-24.



Ilustración 3-24 Corte de cono con pulidora
Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la ilustración 3-25, se realizó una modificación a este equipo, ya que, a la hora de volver a unir los conos, la soldadura no se unía por completo al material. Se cortó la parte de cobre, se soldó una tubería con una brida de acero inoxidable en cada cono y se unió por medio de tornillos. Además de unas soleras soldadas en los extremos para darle mayor soporte al cono inferior.



Ilustración 3-25 Unión por bridas de acero inoxidable
Fuente: Elaboración propia

3.5.1. Montaje de equipo HDC

Para la instalación de este equipo se necesitó un diferencial y ayuda de dos mecánicos debido al peso del equipo. Primero se fijó el equipo a las bases y a la brida de entrada superior, esto se puede observar en la ilustración 3-26.



Ilustración 3-26 Montaje de equipo HDC

Fuente: Elaboración propia

Después se colocaron las válvulas de descarga junto con sus juntas de neopreno para lograr un sello uniforme y sin fugas.



Ilustración 3-27 Colocación de válvulas

Fuente: Elaboración propia

Las tuberías de entrada de agua de este equipo estaban muy deterioradas y con mucho óxido, así que se buscó una alternativa para su reemplazo, teniendo

en cuenta que la presión de entrada no es demasiada; se pueden reemplazar sin contar con posibles fugas, ver ilustración 3-28.



Ilustración 3-28 Colocación de tuberías de entrada de agua
Fuente: Elaboración propia

Se reemplazaron las tuberías de acero inoxidable por tuberías de plástico; el equipo armado se puede observar en la ilustración 3-29.



Ilustración 3-29 Equipo armado
Fuente: Elaboración propia

3.6. Celda de flotación

El mantenimiento realizado para este equipo constó de un cambio de bandas y una limpieza en la parte interior y exterior del equipo. El número de la banda y sus características están especificados en la tabla 1.

Se retiró la tapa lateral del equipo y se empujó el motor hacia la derecha para dar espacio para la colocación de las bandas nuevas; se puede ver el proceso en la ilustración 3-30.

Además, se retiraron las conexiones de lubricación del equipo de la tapa con una llave de ½ pulgada de medida.



Ilustración 3-30 Ajuste de la posición del motor para la colocación de bandas

Fuente: Elaboración propia

La tensión de las bandas de esta máquina es ajustable gracias a que la base del motor cuenta con dos carretes en los cuales se puede desplazar el motor. Ajustada la posición, solo basta con el reapriete de los tornillos de la base para fijar

esa posición, además de dos tornillos en los extremos que sirven como topes ajustables.

Se alinearon ambas poleas con ayuda de un alineador de poleas electrónico marca SKF. Una vez alineadas, se colocaron las bandas de la máquina y se procedió al ajuste de tensión (ver ilustración 3-31).



Ilustración 3-31 Colocación de bandas y ajuste de tensión
Fuente: Elaboración propia

Una vez terminado el cambio de bandas, se colocó la tapa lateral del equipo y se conectaron los conductos de lubricación (ver ilustración 3-32).



Ilustración 3-32 Colocación de la tapa lateral
Fuente: Elaboración propia

Antes de empezar con la limpieza, se colocó plástico de empaque alrededor del motor para no dañar las conexiones eléctricas y a la estructura interna del motor.

Terminado el mantenimiento a las bandas, se realizó la limpieza de esta máquina, tanto de la parte interior como exterior, con una escoba para retirar el máximo polvo posible (ver ilustración 3-33).



Ilustración 3-33 Limpieza de la celda de flotación
Fuente: Elaboración propia

3.7. Mantenimiento a bombas de DIP 2

A cada una de las bombas del DIP 2 se le realizó un mantenimiento correctivo. Este mantenimiento constó de un cambio de rodamientos, de retenes y engrasado; en algunos casos las bombas requerían la fabricación de sus camisas o, si se determinaba la flecha en mal estado, esta era maquinada.

3.7.1. Desmontaje de bombas

Se desmontaron todas las bombas centrífugas del Dip 2, empezando por la planta baja; algunas bombas se desmontaron junto con su voluta debido a la incomodidad para maniobrar en la extracción.

Primeramente, se desacoplaron los motores de las bombas. Algunas de las bombas estaban muy pegadas por el óxido y se necesitó ayuda de diferencial y eslingas para jalar las bombas hacia afuera (ver ilustraciones 3-34, 3-35).

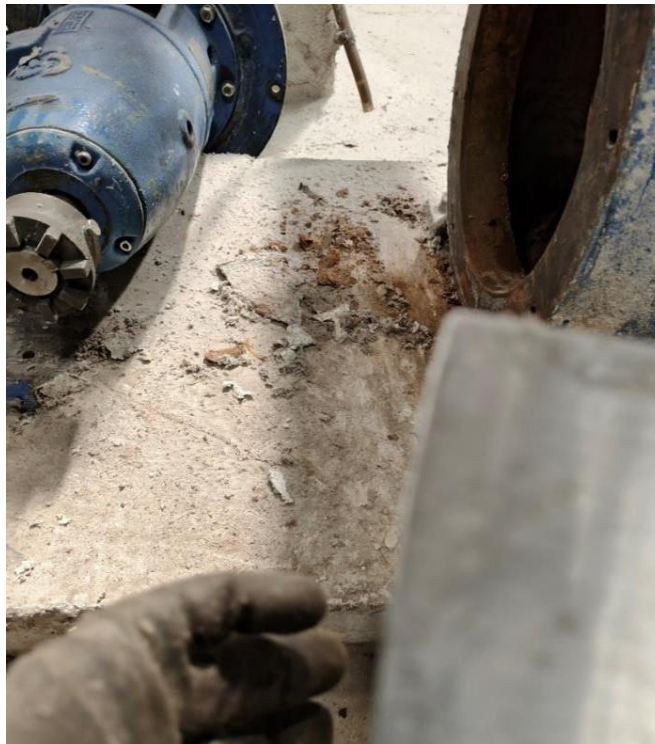


Ilustración 3-34 Desmontaje de bombas de Dip2
Fuente: Elaboración propia

También se les retiró la manguera de entrada de agua sin antes cerrar las válvulas de succión y descarga para evitar que el agua o pasta acumulada en las tuberías saliera y causara inconvenientes para realizar los desmontajes.



Ilustración 3-35 Desmontaje de bombas
Fuente: Elaboración propia

En el tanque TRK solo se contaba con una bomba; originalmente, ese tanque lleva dos bombas, pero no está colocada la motobomba P13A, la cual se puede visualizar en la ilustración 3-36.



Ilustración 3-36 Desmontaje de bomba P1
Fuente: Elaboración propia

La bomba de la segunda etapa de cleaners presentaba un daño severo en su impulsor. Se buscó otra bomba para su reemplazo con las mismas características de funcionamiento para reemplazarla; se observa la extracción de esta bomba en la ilustración 3-37.



Ilustración 3-37 Desmontaje de bomba de cleaners
Fuente: Elaboración propia

3.7.2. Mantenimiento y cambio de rodamientos

El desarmado de las bombas se realizó en el taller en orden de extracción para no causar confusión y perder algunas de las partes de las bombas.



Ilustración 3-38 Desarmado de bombas
Fuente: Elaboración propia

En la ilustración 3-39 se observa cómo se extrajeron los impulsores de las bombas. Se calentaban los impulsores con el equipo de oxicorte y con leves golpes se empujaban hacia afuera.



Ilustración 3-39 Extracción de impulsores
Fuente: Elaboración propia

Se quitaron las tapas traseras y delanteras, además de retirar la tuerca de fijación y seguro de fijación que algunas bombas tenían en su flecha, esto para poder retirar los rodamientos (ver ilustración 3-40).



Ilustración 3-40 Extracción de rodamientos
Fuente: Elaboración propia

Al no estar en funcionamiento las bombas, estos rodamientos presentaron óxido y desgaste, como se puede notar en la ilustración 3-41. Por lo cual, todos los rodamientos, tanto del lado impulsor como del lado transmisión fueron remplazados.



Ilustración 3-41 Óxido y corrosión en rodamientos extraídos
Fuente: Elaboración propia

A medida que se iban extrayendo los rodamientos de cada bomba, se registraron todos los rodamientos de las bombas, así como sus retenes y deflectores correspondientes en la tabla 8, que corresponde al calendario de lubricación de estos equipos.

En la ilustración 3-42 se pueden observar los rodamientos extraídos y a un lado los nuevos.



Ilustración 3-42 Cambio de rodamientos
Fuente: Elaboración propia

Se les fabricaron sus camisas correspondientes a todas las bombas; estas camisas sirven para darle el diámetro necesario a los prensaestopas para lograr el sello con los empaques.

La bomba P14 del tanque T20 se rompió en el desmontaje. La tapa trasera presentaba mucho óxido y dada la fuerza de la extracción, esta sufrió un agrietamiento y se rompió. Se maquinó una tapa nueva y se armó.

En la ilustración 3-34 se puede observar la pieza de acero inoxidable maquinada y montada en la bomba.



Ilustración 3-43 Armado de bomba P14
Fuente: Elaboración propia

Todas las bombas se limpiaron con cepillo, espátula, agua y desengrasante para poder retirarle la suciedad, el óxido y todo el papel pegado posible. Esto se puede observar en la ilustración 3-44.



Ilustración 3-44 Bombas armadas y listas para montaje
Fuente: Elaboración propia

3.7.3. Montaje de bombas

Una vez realizado el mantenimiento a las bombas, se montaron conforme se iban terminando de armar para no confundirlas de lugar, ya que algunas eran parecidas físicamente, además de que en el taller también se encontraban en mantenimiento otras bombas de otras áreas (ver ilustración 3-45).



Ilustración 3-45 Montaje de bombas
Fuente: Elaboración propia

Se limpiaron las volutas de las bombas por dentro con agua a presión para eliminar algún rastro de pasta o agua estancada que hubiera quedado adentro desde el momento en el que el área fue inhabilitada, como se observa en la ilustración 3-36.



Ilustración 3-46 Limpieza de volutas
Fuente: Elaboración propia

En la ilustración 3-47 se observa cómo se desoldó la placa del motor de la bomba P26 del tanque T20, ya que al montar de nuevo la bomba esta no se alineaba

correctamente con el acoplamiento del motor. Esto ocurrió debido a que al limpiar la base de la bomba y quitarle el óxido, esta bajó unos milímetros de más y unos milímetros hacia la izquierda.



Ilustración 3-47 Modificaciones en base de motor
Fuente: Elaboración propia

Se alinearon las bombas con los motores por medio de los acoplamientos y elementos flexibles; esta alineación se realizó en su mayoría manualmente hasta que los acoplamientos de ambos equipos coincidieran. Con ayuda de laines en la base del motor, se ajustó la altura y moviendo hacia la izquierda o derecha el motor se ajustó la posición horizontalmente (ver ilustración 3-48).

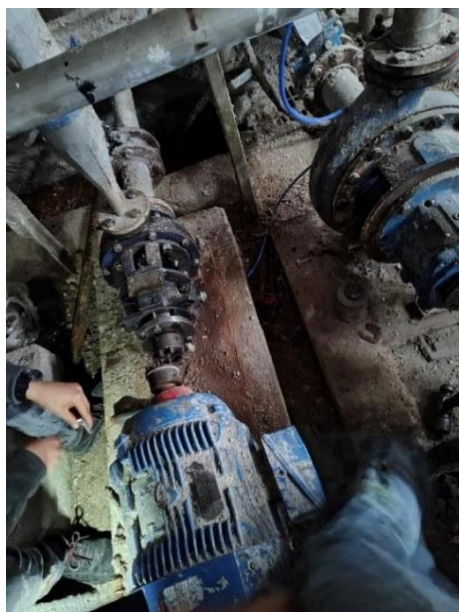


Ilustración 3-48 Alineación de bombas con motores
Fuente: Elaboración propia

Se reemplazó la bomba dañada por una bomba con las mismas características de funcionamiento que la anterior, además se le realizó una modificación a la tubería de salida de la bomba ya que, por el cambio de altura de la voluta no coincidía con la brida para hacer la unión (ver ilustración 3-49).



Ilustración 3-49 Montaje de bomba de cleaners segunda etapa
Fuente: Elaboración propia

3.7.4. Bomba de ASR

No se contaba con la bomba P23 del tanque C13 de agua a tratar; se seleccionó y montó una bomba con sus mismas características de funcionamiento. Esta bomba se puede visualizar en la ilustración 3-50.



Ilustración 3-50 Piezas de la bomba
Fuente: Elaboración propia

Para determinar si la flecha estaba en buenas condiciones se checaron los ajustes de esta, además de la fabricación de su camisa, ya que la flecha presentaba un desgaste en la parte del prensaestopas, esto con el fin de recuperar el diámetro original.



Ilustración 3-51 Rectificado de flecha
Fuente: Elaboración propia

La ilustración 3-52 muestra que para el montaje de rodamientos fue necesario calentarlos a 120 grados centígrados para que en la colocación no se dañara la flecha o el rodamiento.



Ilustración 3-52 Calentamiento de rodamientos
Fuente: Elaboración propia

Ya contando con la flecha lista, se montaron los rodamientos junto con la tuerca y arandela de fijación (ver ilustración 3-53).



Ilustración 3-53 Rodamientos montados en flecha
Fuente: Elaboración propia

Una vez montados los rodamientos y engrasados, se procedió al montaje en el cajón de rodamientos.



Ilustración 3-54 Flecha montada en cajón de rodamientos
Fuente: Elaboración propia

Al cambiar de bomba, las medidas de las bridas no coincidían además de que no se contaba con la válvula de 5 pulgadas necesaria para la descarga de esta bomba. La bomba conectada y montada se puede visualizar en la ilustración 3-55.



Ilustración 3-55 Montaje de voluta
Fuente: Elaboración propia

En la ilustración 3-56 se puede observar la bomba armada con los sellos mecánicos y sus respectivos laberintos.



Ilustración 3-56 Bomba armada por completo
Fuente: Elaboración propia

Se traslado la bomba para el Dip 2 con ayuda de un diablo (ver ilustración 3-57).



Ilustración 3-57 Transporte de bomba a DIP 2
Fuente: Elaboración propia

En la ilustración 3-58 se muestra la bomba montada en la voluta junto con su alineación hacia los acoplamientos del motor.



Ilustración 3-58 Montaje y alineación de bomba AS
Fuente: Elaboración propia

3.8. Limpieza a DIP 2

Por medio de una Karcher se limpiaron las volutas de las bombas, las tuberías, las bases de los equipos junto con las válvulas de succión y de descarga (ver ilustración 3-59).



Ilustración 3-59 Limpieza de bases de bombas y volutas

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la ilustración 3-60, para el mantenimiento de los agitadores se les desmontó sus guardas y se limpiaron con agua a presión, así como la base de los agitadores.



Ilustración 3-60 Desmontaje y limpieza de guardas de agitadores

Fuente: Elaboración propia

En las ilustraciones 3-61 y 3-62 se muestra cómo con ayuda de una hidrolavadora Karcher se lavó el piso del área ya que tenía mucho papel incrustado. También se lavaron las tuberías de succión y descarga, así como las volutas junto con sus bases.



Ilustración 3-61 Limpieza de Dip 2

Fuente: Elaboración propia

Las guardas de las bombas y del agitador del tanque de pasta también se limpiaron tal cual se observa en la ilustración 3-62.



Ilustración 3-62 Limpieza de piso Dip 2

Fuente: Elaboración propia

3.9. Elaboración de calendarios de lubricación de bombas y motores

Se recopilaron datos generales de las bombas y motores para estandarizar sus refacciones como retenes, baleros, seguros, tipo de grasa, etc. Con el fin de tener un control para posibles mantenimientos ya sean preventivos o correctivos, ya que pudiese haber un desgaste y perder la señalización grabada de estas refacciones y así reducir tiempos en futuros mantenimientos.

Al realizar un formato en Excel, se usaron condiciones y fórmulas con el fin de automatizar las fechas de los próximos engrases para todos los equipos, tanto bombas centrífugas como motores eléctricos.

Se utilizaron dos fórmulas esenciales para este objetivo, el cálculo de la cantidad de grasa y el cálculo de la frecuencia de reengrase.

3.9.1. Cálculo de la cantidad de grasa en gramos

Para el cálculo de la cantidad de grasa se tomaron en cuenta características físicas de cada rodamiento, tales como el ancho y el diámetro exterior dados en milímetros y multiplicados por 0.005 que es la constante que se multiplica para que la cantidad de grasa sea en gramos.

$$G = (A \cdot D_{ext})0.005$$

Donde

G= a la cantidad de grasa en gramos

A= es el ancho del rodamiento

D_{ext} = es el diámetro exterior del rodamiento

3.9.2. Cálculo de la frecuencia de reengrase de rodamientos

$$T = K \left[\left(\frac{14,000,000}{n\sqrt{d}} \right) - 4d \right]$$

Donde:

T=Frecuencia en horas

K=El producto de todos los factores de corrección ($F_t * F_c * F_h * F_v * F_p * F_d$)

n=Velocidad (RPM)

d=diámetro interior (mm)

Esta fórmula la modificamos ya que en lugar de una frecuencia en horas estuviera en días dado que la frecuencia de los equipos es grande y así poderla ajustar a un calendario donde nos marcara el día exacto en cada mes que correspondería a esa frecuencia.

La fórmula modificada es la siguiente.

$$T = \left[\left(\frac{14,000,000}{n\sqrt{d}} \right) - 4d \right] \left(\frac{K}{24} \right)$$

Otra forma de escribirlo sería.

$$T = K \left[\left(\frac{14,000,000}{n\sqrt{d}} \right) - 4d \right] \left(\frac{1}{24} \right)$$

La fórmula en Excel se expreso de la siguiente manera.

=REDONDEAR(((14000000/(1750*RAIZ(J6)))-4*J6)
*(0.84/24),)

Teniendo en cuenta que la variable (J6) es el diámetro interior del rodamiento correspondiente cuando la fórmula sea recorrida para toda la tabla en Excel.

El comando redondear se utilizó para darle un valor entero a la frecuencia, así puede ser un valor exacto y se podrá ajustar a la condición de igualdad en la fórmula del calendario.

3.9.3. Formulas en Excel

La fórmula para marcar los días en los que correspondería al mantenimiento se compone de varias partes.

=SI(RESIDUO(DIAS(Z\$5, \$S6),\$R6)=0, "✖"," ")

- DIAS(Z\$5, \$S6): Calcula los días entre la fecha de un día del calendario (Z\$5) y la fecha de inicio de la lubricación.
- RESIDUO(....., \$R6): este valor corresponde a la frecuencia determinada por la formula antes mencionada. La función residuo evalúa los días transcurridos desde la fecha de inicio (\$S6) hasta una fecha en el calendario por ejemplo (Z\$5) si son múltiplos exactos de la frecuencia(\$R6).
- SI(.....=0, , "✖"," "): Este comando señala que si el resultado de RESIDUO(.....) es igual a 0, ese día se debe de realizar la lubricación, además Excel mostrara el símbolo (✖).

4. Resultados

Tabla 2 Bandas de todos los equipos

Nota: Elaboración propia con datos de la empresa Convertipap

Bandas de maquinaria					
Cantidad	Maquinaria	Tipo	Imagen	Dimensiones	MM
4	Multinet	SPC-4000		Ancho	22
				Espesor	18
				Longitud	4000
4	Criba vertical	SPB-2360 LW		Ancho	17
				Espesor	13
				Longitud	2360
3	Tailnet	B-84		Ancho	17
				Espesor	11
				Longitud	2180
5	Lavador	SPC-4500		Ancho	22
				Espesor	18
				Longitud	4500
3	Celda de flotacion	SPA-1900		Ancho	12.7
				Espesor	10
				Longitud	1900
4	Agitador 109 M-	SPB-3150		Ancho	17
				Espesor	13
				Longitud	3150
4	Agitador 108 M-	SPB-3150		Ancho	17
				Espesor	13
				Longitud	3150
4	Agitador 105 M-	SPB-3150		Ancho	17
				Espesor	13
				Longitud	3150
5	Agitador 103 M-	XPB4000/5VX1579		Ancho	16.3
				Espesor	13
				Longitud	4000
4	Agitador M-50	SPB-3150		Ancho	17
				Espesor	13
				Longitud	3150
4	Agitador 49 M-	SPB-3150		Ancho	17
				Espesor	13
				Longitud	3150

Tabla 3 Refacciones Multinet

Nota: Elaboración propia con datos de la empresa Convertipap

REQUERIMIENTOS DIP-2							
Area	Canti dad	Descripcion	Tipo	Código UNSPSC	Imagen	Dimensiones	MM
Multinet	2	Chumacera	SNL 522-619	31171519		Diámetro del asiento	200
						Ancho del asiento del rodamiento	80
						Altura del centro (soporte de pie)	125
						Distancia del centro entre los orificios para tornillos	350
						Diámetro de los tornillos de fijación	24
	2	Rodamiento	23222 CCK/W33	31171510		Diámetro interno	110
						Diámetro externo	200
						Ancho	69.8
	2	Manguito de fijacion	H 2322	31163218		Diámetro interno	100
						Ancho	105
						Designación de la rosca	M110X 2
	2	Tuerca de fijacion	KM 22	31163218		Designación de la rosca	M110x 2
						Diámetro interno	110
						Diámetro exterior	145
						Ancho	19
	2	Arandela de fijacion	MB 22	31163218		Diámetro interno	110
						Diámetro exterior	154
						Ancho de la lengüeta interior	12
						Dimensión interior	105.5
	2	Aro de fijacion	FRB 5.1/200	31171519		Diámetro exterior	200 mm
						Diámetro interior	187 mm
Ancho						5.1 mm	
4	Banda en V Métrica	SPC4000	N/A		Longitud	4046	
					Altura correa	23	
					Grosor	18	

Tabla 4 Refacciones de chumaceras Agitador M-105

Nota: Elaboracion propia con datos de la empresa Convertipap

Ar ea	Canti dad	Descripcion	Tipo	Código UNSPSC	Imagen	Dimensione s	MM
Agitador M-105	2	Chumacera	SNL 524-620	31171519		Diámetro del asiento	215
						Ancho del asiento del rodamiento	86
						Altura del centro del asiento del rodamiento	140
						Distancia del centro entre los orificios para tornillos	350
						Ancho del agujero del tornillo de fijación	26
	2	Rodamiento	22224 EK	31171510		Diámetro interno	120
						Diámetro externo	215
						Ancho	58
	2	Manguito de fijacion	H 3124	31163218		Diámetro interno	110
						Ancho	88
						Designación de la rosca	M120X 2
	2	Tuerca de fijacion	KM 24	31163218		Designación de la rosca	M120X 2
						Diámetro interno	120
						Diámetro exterior	155
						Ancho	20
	2	Arandela de fijacion	MB 24	31163218		Diámetro interno	120
						Diámetro exterior	164
						Ancho de la lengüeta interior	14
						Dimensión interior debajo de la lengüeta interior	115
	2	Aro de fijacion	FRB 10/215	31171519		Diámetro exterior	215
						Diámetro interior	202
						Ancho	10
	4	Banda en V Métrica	SPB-3150	N/A		Longitud	3150
						Altura correa	13
						Seccion correa	SPB

Tabla 5 Refacciones de chumaceras Agitador M-103

Nota: Elaboración propia con datos de la empresa Convertipap

0	Canti dad	Descripcion	Tipo	Código UNSPSC	Imagen	Dimensio nes	MM
Agitador M-103	2	Chumacera	SNL 524-620	31171519		Diámetro del asiento	215
						Ancho del asiento del rodamiento	86
						Altura del centro del asiento del rodamiento	140
						Distancia del centro entre los orificios para tornillos	350
						Ancho del agujero del tornillo de fijación	26
	2	Rodamiento	22224 EK	31171510		Diámetro interno	120
						Diámetro externo	215
						Ancho	58
	2	Manguito de fijacion	H 3124	31163218		Diámetro interno	110
						Ancho	88
						Designación de la rosca	M120X 2
	2	Tuerca de fijacion	KM 24	31163218		Designación de la rosca	M120X 2
						Diámetro interno	120
						Diámetro exterior	155
						Ancho	20
	2	Arandela de fijacion	MB 24	31163218		Diámetro interno	120
						Diámetro exterior	164
						Ancho de la lengüeta interior	14
						Dimensión interior debajo de la lengüeta interior	115
	2	Aro de fijacion	FRB 10/215	31171519		Diámetro exterior	215
						Diámetro interior	202
						Ancho	10
	4	Banda en V Métrica	XPB4000/5V X1579	N/A		Longitud	4000
						Marca	Gates
						Seccion correa	XPB

Tabla 6 Refacciones de chumaceras Agitador M-50

Nota: Elaboración propia con datos de la empresa Convertipap

Ar ea	Canti dad	Descripcion	Tipo	Código UNSPSC	Imagen	Dimensio ne s	MM
Agitador M-50	2	Chumacera	SNL 524-620	31171519		Diámetro del asiento	215
						Ancho del asiento del rodamiento	86
						Altura del centro del asiento del rodamiento	140
						Distancia del centro entre los orificios para tornillos	350
						Ancho del agujero del tornillo de fijación	26
	2	Rodamiento	22224 EK	31171510		Diámetro interno	120
						Diámetro externo	215
						Ancho	58
	2	Manguito de fijacion	H 3124	31163218		Diámetro interno	110
						Ancho	88
						Designación de la rosca	M120X 2
	2	Tuerca de fijacion	KM 24	31163218		Designación de la rosca	M120X 2
						Diámetro interno	120
						Diámetro exterior	155
						Ancho	20
	2	Arandela de fijacion	MB 24	31163218		Diámetro interno	120
						Diámetro exterior	164
						Ancho de la lengüeta interior	14
						Dimensión interior debajo de la lengüeta interior	115
	2	Aro de fijacion	FRB 10/215	31171519		Diámetro exterior	215
						Diámetro interior	202
						Ancho	10
	4	Banda en V Métrica	SPB-3150	N/A		Longitud	3150
						Altura correa	13
						Sección correa	SPB

Tabla 7 Refacciones de chumaceras Agitador M-49

Nota: Elaboración propia con datos de la empresa Convertipap

Ar ea	Canti dad	Descripcion	Tipo	Código UNSPSC	Imagen	Dimensio nes	MM
Agitador M-49	2	Chumacera	SNL 524-620	31171519		Diámetro del asiento	215
						Ancho del asiento del rodamiento	86
						Altura del centro del asiento del rodamiento	140
						Distancia del centro entre los orificios para tornillos	350
						Ancho del agujero del tornillo de fijación	26
	2	Rodamiento	22224 EK	31171510		Diámetro interno	120
						Diámetro externo	215
						Ancho	58
	2	Manguito de fijacion	H 3124	31163218		Diámetro interno	110
						Ancho	88
						Designación de la rosca	M120X 2
	2	Tuerca de fijacion	KM 24	31163218		Designación de la rosca	M120X 2
						Diámetro interno	120
						Diámetro exterior	155
						Ancho	20
	2	Arandela de fijacion	MB 24	31163218		Diámetro interno	120
						Diámetro exterior	164
						Ancho de la lengüeta interior	14
						Dimensión interior debajo de la lengüeta interior	115
	2	Aro de fijacion	FRB 10/215	31171519		Diámetro exterior	215
						Diámetro interior	202
						Ancho	10
	4	Banda en V Métrica	SPB-3150	N/A		Longitud	3150
						Altura correa	13
						Seccion correa	SPB

Tabla 8 Refacciones de chumaceras Agitador M-104

Nota: Elaboración propia con datos de la empresa Convertipap

Ar ea	Canti dad	Descripcion	Tipo	Código UNSPSC	Imagen	Dimensione s	MM
Agitador M-104	2	Chumacera	SNL 524-620	31171519		Diámetro del asiento	215
						Ancho del asiento del rodamiento	86
						Altura del centro del asiento del rodamiento	140
						Distancia del centro entre los orificios para tornillos	350
						Ancho del agujero del tornillo de fijación	26
	2	Rodamiento	22224 EK	31171510		Diámetro interno	120
						Diámetro externo	215
						Ancho	58
	2	Manguito de fijacion	H 3124	31163218		Diámetro interno	110
						Ancho	88
						Designación de la rosca	M120X 2
	2	Tuerca de fijacion	KM 24	31163218		Designación de la rosca	M120X 2
						Diámetro interno	120
						Diámetro exterior	155
						Ancho	20
	2	Arandela de fijacion	MB 24	31163218		Diámetro interno	120
						Diámetro exterior	164
						Ancho de la lengüeta interior	14
						Dimensión interior debajo de la lengüeta interior	115
	2	Aro de fijacion	FRB 10/215	31171519		Diámetro exterior	215
						Diámetro interior	202
						Ancho	10
	4	Banda en V Métrica	SPB-3150	N/A		Longitud	3150
						Altura correa	13
						Seccion correa	SPB

4.1. Comparativa del estado de los equipos

En este apartado se comparará el estado de los equipos a través de fotografías del antes y después de la rehabilitación.

4.1.1. DAF

En la ilustración 4-1 se puede observar el estado en el que se encontraba el Daf junto con los neoprenos viejos. Además, el tanque interior estaba lleno de polvo.



Ilustración 4-1 Daf con neoprenos llenos de polvo y agrietados
Fuente: Elaboración propia

En la ilustración 4-2 se puede observar los neoprenos colocados y el tanque exterior lo más limpios posibles ya que, por la cantidad de polvo en las naves este nunca se retira del todo.



Ilustración 4-2 Daf limpio y con cambio de neoprenos
Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Criba vertical

Este equipo no contaba con la polea para la transmisión del movimiento del motor al equipo; además, tenía mucho polvo incrustado, como se puede observar en la ilustración 4-3.

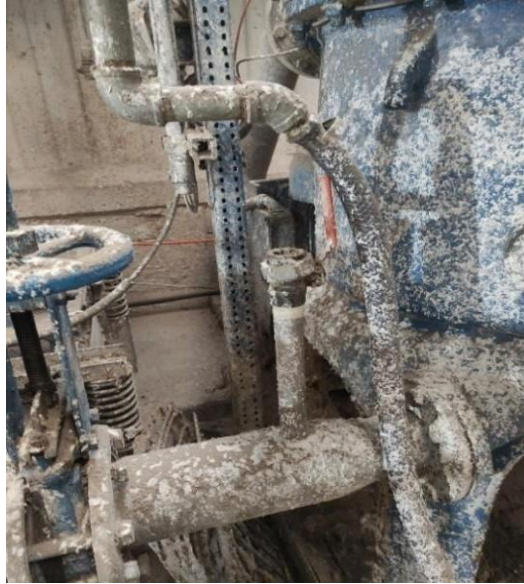


Ilustración 4-3 Kriba sin polea y sucia

Fuente: Elaboración propia

Después del mantenimiento y la limpieza, la criba quedó libre de polvo en su mayoría y con la polea y bandas colocadas listas para funcionar (ver ilustración 4-4).



Ilustración 4-4 Kriba armada y limpia

Fuente: Elaboración propia

4.1.3. Multinet

Se puede observar en la ilustración 4-5 el equipo lleno de polvo con la guarda trasera y la base de las chumaceras sucias.



Ilustración 4-5 Multinet desmontado sin limpieza
Fuente: Elaboración propia

Una vez realizado el mantenimiento y limpieza, el equipo se encuentra en mejores condiciones y libre de polvo.



Ilustración 4-6 Multinet armado y limpio
Fuente: Elaboración propia

4.1.4. Tailnet

Este equipo contaba con mucho polvo a su alrededor como se puede visualizar en las ilustraciones 4-7 y 4-8.



Ilustración 4-7 Cajon de rodamientos con polvo Tailnet
Fuente: Elaboración propia del equipo



Ilustración 4-8 Cuerpo de Tailnet sucio
Fuente: Elaboración propia

Se limpió todo el equipo, se cambió la válvula de purga y se reemplazaron los empaques que van en el prensaestopas (ver ilustración 4-9).



Ilustración 4-9 Tailnet limpio
Fuente: Elaboración propia

4.1.5. Equipo HDC

Este equipo se encontraba en mal estado ya que el cono interior estaba roto y sus componentes principales estaban llenos de polvo, las tuberías estaban cuarteadas y en algunas partes tenían óxido y corrosión (ver ilustración 4-10).



Ilustración 4-10 Equipo HDC en mal estado
Fuente: Elaboración propia

Después del mantenimiento pertinente, el equipo se encontraba en su totalidad libre de polvo y óxido, con una nueva unión por bridas de acero inoxidable para evitar el óxido y asegurar su funcionamiento. La ilustración 4-11 muestra el equipo con las tuberías de entrada de agua nuevas y las válvulas de descarga junto con su plástico de empaque para evitar llenarse de polvo nuevamente.



Ilustración 4-11 Equipo HDC montado y limpio
Fuente: Elaboración propia

5. Conclusiones

Como objetivo principal, la rehabilitación de los equipos se cumplió en un 95%; tanto bombas, equipos de refinación de pulpa, agitadores y Daf se encuentran en condiciones para arrancar operativamente

Además, se cuenta con el registro de las refacciones de los equipos para facilitar el trabajo del mantenimiento preventivo y correctivo, ya que en los paros programados y no programados se facilitaría el cambio de estas refacciones sin necesidad de desmontar todo el equipo para revisar cuáles son las refacciones por cambiar, reduciendo significativamente los tiempos de mantenimiento sin tener en paro el equipo o la producción.

La implementación del calendario de lubricación ayudará a tener un mejor control del estado de los equipos y a su vez prolongar su vida útil. Debido a las condiciones de operación de estos equipos, es necesario que el calendario se ajuste a estas condiciones ya que en cualquier momento pueden cambiar. Sí las condiciones cambiarán solo basta con ajustar el valor de corrección y se ajustará para que no haya ni un desgaste excesivo en los equipos ni un uso desproporcional del lubricante, reduciendo el desperdicio de este, aumentando la vida de los componentes y reduciendo gastos.

En la tabla 9 y tabla 10 en el apartado de fecha de inicio todos los equipos se registran como pendientes ya que, debido a las razones mencionadas anteriormente en los alcances y limitaciones, estos equipos arrancarán hasta que la máquina DNT se encuentre en condiciones. Sin embargo, el calendario está listo para poner las fechas de inicio y actualizar las lubricaciones futuras.

Se toma como anexo debido a que no sería posible visualizar todo el calendario de lubricación con el calendario completo.

A lo largo de estos 4 meses de realización de este proyecto, he adquirido conocimientos y actitudes que me forman como ingeniero mecatrónico.

Actitudes como el trabajo en equipo, el liderazgo, el compromiso y el respeto fueron esenciales para cumplir con los objetivos del proyecto. Estas actitudes las fui adquiriendo mientras se presentaban diversos retos; sin embargo, se pudo concretar el proyecto satisfactoriamente.

6. Bibliografía

1. Seguas. (s.f.). *Bombas centrífugas y su uso en instalaciones hidráulicas*.
<https://www.seguas.com/bombas-centrifugas-instalaciones-hidraulicas/>
2. Krofta. (s. f.). *Air Dissolved Flotation by Krofta*. Recuperado el 21 de abril de 2025, de <https://www.krofta.com/technologies/air-dissolved-flotation-by-krofta>
3. Liceo Industrial de Angol. (2020). *Tipos y clasificación de los aceites lubricantes*. Universidad de Santiago de Chile
<https://industrialangol.cl/wp-content/uploads/recursos/Tipos%20y%20clasificaci%C3%B3n%20de%20los%20aceites%20lubricantes.pdf>
4. RS(2023) Guía de grasas industriales. <https://es.rs-online.com/web/content/blog-rs/ideas-consejos/guia-grasas-industriales>
5. Würth Argentina. (2024, julio 24). *Tipos de grasas lubricantes: cuáles son las más populares y para qué se utilizan*.
<https://www.wurth.com.ar/blog/grasas/tipos-de-grasas-lubricantes-cuales-son-las-mas-populares-y-para-que-se-utilizan/>

6. Ramírez Hernández, J. F. (2007). *Plan de lubricación para el mantenimiento mecánico para la maquinaria pesada utilizada en movimiento de tierra, en la industria de la construcción, por TOPSA Construcciones S.A.* [Tesis de ingeniería no publicada]. Guatemala.<http://www.repositorio.usac.edu.gt/5140/1/JULIO%20FRANCISCO%20RAMIREZ%20HERNANDEZ.pdf>
7. Pinzón, C. (2023). *Tipos de mantenimiento que pueden ser aplicados a cualquier organización.* CMMSHere. <https://cmmshere.com/wp-content/uploads/2023/01/art-CMMShere-tipos-mantenimiento.pdf>
8. Luquez, E. A., & [Segundo autor]. (2023). *Elaboración y ejecución del programa de mantenimiento para camiones y equipo de lubricación de la empresa Central de Herramientas* [Trabajo de grado, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña]. Repositorio Institucional UFPSO.
<https://repositorioinstitucional.ufpso.edu.co/bitstream/handle/20.500.14167/1084/Cuerpo%20del%20trabajo%20ELABORACION%20Y%20EJECUCION%20DEL%20PROGRAMA%20DE%20MANTENIMIENTO%20%20PARA%20CAMIONES%20Y%20EQUIPO%20DE%20LUBRICACION%20DE%20 removed.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
9. Boulton Pumps. (s. f.). Conceptos básicos sobre las bombas centrífugas. Recuperado el 12 de abril de 2025, de Boulton Pumps sitio web: <https://www.boultonpumps.com/conceptos-basicos-sobre-las-bombas-centrifugas-i-9-es>
10. Afton Chemical y comisión Nacional para el Uso Eficiente de Energía. (2018). Aceites Lubricantes Principios básicos. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/395704/2_Lubricantes.pdf

Anexo A calendario de lubricación de bombas

Tabla 9 Calendario de lubricación de bombas Dip 2

Nota: Elaboración propia con datos de la empresa Convertipap

		Fecha	18/05/2025	CALENDARIO DE MANTENIMIENTO DE BOMBAS PASTAS 2														
AREA	UBICACION	EQUIPO	ESTATUS	TAG	RPM	RETEN	Operación/Transmisión	Rodamiento	Diametro interior (mm)	Ancho (mm)	Diametro exterior (mm)	Rodamiento o en almacén	Check	Observaciones	Grasa (gr)	Tipo de lubricante	Frecuencia en días	FECHA INICIO
DIP2 PLANTA BAJA	C-11	Bomba cleaners 1 etapa	Montada	M-19	1750	52x68x8	LO	6311	55	29	120	En existencia	✓	Completado	17.4	Toxi Plus	30	pendiente
						55x85x8	LT	7311	55	29	120	En existencia			17.4	Toxi Plus	30	
		Bomba recirculacion DAF	Montada	M-6	1750	52x68x8	LO	6311	55	29	120	En existencia	✓	Completado	17.4	Toxi Plus	30	pendiente
						55x85x8	LT	7311	55	29	120	En existencia			17.4	Toxi Plus	30	
	AGUA A TRATAR	Bomba Agua para Draft	Montada	M-22	1175	45x75x10	LO	6309	45	25	100	En existencia	✓	Completado	12.5	Toxi Plus	56	pendiente
						45x75x10	LT	6209	45	19	85	En existencia			8.075	Toxi Plus	56	
		Bomba Celda agua	Montada		1475	55x85x10	LO	6313	65	33	140	En existencia	✓	Completado	23.1	Toxi Plus	32	pendiente
						70x100x13	LT	NUP 313	65	33	140	En existencia			23.1	Toxi Plus	32	
		Bomba Agua ASR	Montada	M-23	3600	laberinto	LO	6307	35	21	80	En existencia	✓	Completado	8.4	Toxi Plus	64	pendiente
						laberinto	LT	6309	45	25	100	En existencia			12.5	Toxi Plus	55	
	PASTA	Bomba TP3 TFV	Montada	M-24	1500	APT 55	LO	7312	60	31	130	En existencia	✓	Completado	20.15	Toxi Plus	34	pendiente
						APT 55	LT	NUP 311	55	29	120	En existencia			17.4	Toxi Plus	36	
		Bomba TP3 TFV1	Montada	M-9	1776	50x80x8	LO	7310	50	27	110	En existencia	✓	Completado	14.85	Toxi Plus	32	pendiente
						48x72x8	LT	NUP 310	50	27	110	En existencia			14.85	Toxi Plus	32	
	T20	MotoBomba Agua cleaners celdas	SELLADA	M-14	2955		LO		SELLADA			No existencia	□	Sellado	0	Toxi Plus	#¡VALOR! #¡DIVI!	pendiente
							LT					No existencia			0	Toxi Plus		
		Bomba AGUA DVSIO	En mantenimiento	M-12	3530	laberinto	LO	3307 ANR	35	34.9	80	En existencia	✓	Completado	13.96	Toxi Plus	19	pendiente
						laberinto	LT	6208/C3	40	18	80	En existencia			7.2	Toxi Plus	16	
	TRK	Bomba TQ ISO	Lista para montaje		1165	CR 17651	LO	3309	45	39.7	100	En existencia	✓	Completado	19.85	Toxi Plus	56	pendiente
						28x50x7	LT	6309	45	25	100	En existencia			12.5	Toxi Plus	56	
		Bomba P13 A	Sin bomba				LO		EN REQUESICION			No existencia	□	Falta de bomba y motor	0	Toxi Plus	#¡VALOR! #¡DIVI!	pendiente
							LT					No existencia			0	Toxi Plus		
	C-10	Bomba P13 B	Montada		3505	APT45	LO	7310	50	27	110	En existencia	✓	Completado	14.85	Toxi Plus	13	pendiente
						APT45	LT	NUP 309	45	25	100	En existencia			12.5	Toxi Plus	15	
		Bomba depurador vertical	Montada	M-4	1750	35x47x7	LO	308 CE	40	23	90	En existencia	✓	Completado	10.35	Toxi Plus	39	pendiente
						40x52x10	LT	6408	40	27	110	En existencia			14.85	Toxi Plus	39	
	C-9	BOMBA P3	Falta de alineacion	M-3		35x47x7	LO	NUP 309	45	25	100	En existencia	✓	Completado	12.5	Toxi Plus	55	pendiente
						40x52x10	LT	308 CE	40	23	90	En existencia			10.35	Toxi Plus	59	
	C-7	BOMBA PT03 P2	Montada	M-2	1473/1775	APT55	LO	NUP 311	55	29	120	En existencia	✓	Completado	17.4	Toxi Plus	37	pendiente
						APT55	LT	7312	60	31	130	En existencia			20.15	Toxi Plus	35	
	C-12		SELLADA						SELLADA			No existencia	□	Sellado		Toxi Plus	#¡VALOR! #¡DIVI!	pendiente
												No existencia				Toxi Plus		
PLANTA ALTA	CLEANER	Bomba cleaner 1	Montada	M-7	1750	50x80x8	LO	7310 BEP	110	50	27	En existencia	✓	Completado	14.85	Toxi Plus	64	pendiente
						50x80x8	LT	UN 310	110	50	27	En existencia			14.85	Toxi Plus	64	
		Bomba cleaner 2	Montada	M-8	2955		LO	NUP 307	35	21	80	En existencia	✓	Completado	14	Toxi Plus	67	pendiente
							LT	7308 ECP	40	23	90	En existencia			18	Toxi Plus	63	
	SEPARADOR DE ESPUMA	Bomba separador	Montada	M20	1750	40x52x10	LO	7308 BEC BY	90	40	23	En existencia	✓	Completado	10.35	Toxi Plus	76	pendiente
						38x50x7	LT	6308-22	90	40	23	En existencia			10.35	Toxi Plus	76	

Anexo B Calendario de lubricación de motores

Tabla 10 Calendario de lubricación motores 1

Nota: Elaboración propia con datos de la empresa Convertipap

CALENDARIO DE MANTENIMIENTO DE MOTORES PASTAS 2															
AREA	UBI	EQUIPO	ESTATUS	TAG	V	I	Kw	Hz	IP	RPM	UBI	ROD	GRAS A gr	F DIAS	FECHA INICIO
	C-11	MOTOR CELDAS AGUA	Sellado				30			1750	LO		0	#;DIV/0!	Pendiente
											LT		0	#;DIV/0!	
		MOTOR RECIRCULACION C.D	En paro				30			1750	LO	N/O	0	#;DIV/0!	Pendiente
											LT		0	#;DIV/0!	
	AGUA A TRATAR	Agua para Draft	En paro	1512ET3EM284TV	208	39.6	15	60	55	1175	LO	6211-C3	10.5	49	Pendiente
											LT	6311-C3	17.4	49	
		MOTOR cleaners 1 etapa	En paro	BF3 225 M4 4	380	85.5	45	50	44	1475	LO	6313	23.1	32	Pendiente
											LT	NU 313	23.1	32	
		MOTOR Agua ASR	Sellado								LO		0	#;DIV/0!	Pendiente
											LT		0	#;DIV/0!	
		MOTOR TP3 TFV M-24	Sellado	E3 M2BAX180MLB			22	60	55	1500	LO	6209-2Z	8.075	42	Pendiente
											LT	6210-2Z	9	39	

Tabla 11 Calendario de lubricación motores 2

Nota: Elaboración propia con datos de la empresa Convertipap

S 2 PLANTA BAJA	PASTA	MOTOR TP3 TFV1 M9	Sellado		440	34				1776	LO	6209	8.075	35	Pendiente
											LT	6311	17.4	30	
	T20	PASTA AGITADOR	En paro	M-105	06/698.4/31	15	50	55	1171		LO	6209	8.075	56	Pendiente
											LT	6210	9	52	
		Agua cleaners celdas	Sellado	LM160B34S3/322			22	50	55	2955	LO		0	#iDIV/0!	Pendiente
											LT		0	#iDIV/0!	
		AGUA DVSIO MOS Y MOD	Sellado	GP100	30/466.0/18	11.2	60	55	3530		LO	6209 ZZ	8.075	14	Pendiente
											LT	6209ZZ	8.075	14	
	TRK	MOTOR TQ ISO	Sellado	150168253	20/4442/21		60			1165	LO	6311-2Z	17.4	49	Pendiente
											LT	6209-2Z	8.075	56	
		MOTOR P13A	Sellado								LO		0	#iDIV/0!	Pendiente
											LT		0	#iDIV/0!	
		MOTOR P13 B	Sellado	CCV	20/2449/24.5		60			3505	LO	6309-2Z	12.5	15	Pendiente
											LT	6207-2Z	6.12	19	

Tabla 12 Calendario de lubricación motores 3

Nota: Elaboración propia con datos de la empresa Convertipap

PASTAS	C-10	Depurador vertical	Sellado	M-4	440	19.4	11	60		1750	LO	N/O	0	#iDIV/0!	Pendiente
											LT	N/O	0	#iDIV/0!	
		MOTOR Agitador	Sellado	M-50	40/698.4/27	15	50/60	55	971/1171		LO	6209-2Z	8.075	56	Pendiente
											LT	6210-2Z	9	55	
	C-9	MOTOR P3	Sellado	160M-4			11				LO	N/O	0	#iDIV/0!	Pendiente
											LT	N/O	0	#iDIV/0!	
		MOTOR Agitador	Sellado	M-49	40/698.4/27	15	50/60	55	971/1171		LO	6209-2Z	8.075	56	Pendiente
											LT	6210-2Z	9	52	
	C-8	MOTOR Agitador	En paro	M-103	40/699.4/91	45/55	50	55	989/1193		LO	6316/C3	33.15	35	Pendiente
											LT	6316/C3	33.15	35	
	C-7	MOTOR PT03 P2	Sellado	E3M2BAX180MLB		4.8/37	22	50	55	473/177	LO	6209-2Z	8.075	43	Pendiente
											LT	6210-2Z	9	51	
		MOTOR Agitador	Sellado	M-104	0Y 38		15	50	55	971/1171	LO	6209-2Z	8.075	56	Pendiente
											LT	6210-2Z	9	52	
	C-12		Sellado								LO			#iDIV/0!	Pendiente
											LT			#iDIV/0!	

Tabla 13 Calendario de lubricación motores 4
 Nota: Elaboración propia con datos de la empresa Convertipap

PLANTA ALTA	QUIMICOS	OR TANQUE DE QUIMIC	Sellado	0218ET3EM145TC	30/46	52/2,7	2	60	55	1750	LO	6204-ZZ	3.29	60	Pendiente
											LT	6205-ZZ	3.9	53	
		OR TANQUE DE QUIMIC	Sellado	0218ET3EM145TC	30/46	52/2,7	2	60	55	1750	LO	6204-ZZ	3.29	60	Pendiente
											LT	6205-ZZ	3.9	53	
	CLARIFICADOR	Motor Krofta 1	Sellado		20 / 42	8 / 3.3	1.5	50/60	55	1430	LO		0	#iDIV/0!	Pendiente
											LT		0	#iDIV/0!	
		Motor Krofta 2	Sellado	M-108	30/46	8.0/4.0	2.2	60	55	1750	LO	6206-ZZ/C3	4.8	47	Pendiente
											LT	6206-ZZ/C3	4.8	47	
	LAVADOR	Motor lavador 1	Sellado	M-109							LO		0	#iDIV/0!	Pendiente
											LT		0	#iDIV/0!	
		Motor de lavador 2	En paro		380	84.3	45	50	55	1480	LO		0	#iDIV/0!	Pendiente
											LT		0	#iDIV/0!	
	CLEANER	Motor cleaner 1	Sellado	M-7	30 / 66	3.5 / 2	22	50	54	1470	LO		0	#iDIV/0!	Pendiente
											LT		0	#iDIV/0!	
		Motor Cleaner 2	Sellado	M-8	460	.8 - 20	11	50-60	55	2955	LO	6209 - 2ZC3	8.075	18	Pendiente
											LT	6209 - 2ZC3	8.075	18	

Tabla 14 Calendario de lubricación motores
 Nota: Elaboración propia con datos de la empresa Convertipap

PASTAS 2 PLANTA	CLEANER	Motor cleaner 1	Sellado	M-7	30 / 66	3.5 / 2	22	50	54	1470	LO		0	#iDIV/0!	Pendiente
											LT		0	#iDIV/0!	
		Motor Cleaner 2	Sellado	M-8	460	.8 - 20	11	50-60	55	2955	LO	6209 - 2ZC3	8.075	18	Pendiente
											LT	6209 - 2ZC3	8.075	18	
	SEPARADOR TI	Motor de separador	Sellado	M-20	690	8.8	7.5	50	55	1460	LO	6208-2ZC3	7.2	47	Pendiente
											LT	6206-2ZC3	4.8	57	
	Celda FLOTAC	Motor de celda	En paro		440	17.8	11	60	55	3520	LO	6309 2RS C3	12.5	14	Pendiente
											LT	6209 2RS C3	8.075	14	
	MULTINET	Motor multinet	En paro	M-31	30 - 83	2 - 91	90	60	55	1480	LO	6317	36.9	24	Pendiente
											LT	6317	36.9	24	
	TAILNET	Motor tailnet	Sellado	M-38	50 / 72	5 / 15	15	60	55	1460	LO		0	#iDIV/0!	Pendiente
											LT		0	#iDIV/0!	
	CRIBA VERTIC	Motor criba	Sellado	M-45	440	25	15	60	55	1200	LO	6311 2Z C3	17.4	47	Pendiente
											LT	6209 2RS C3	8.075	55	

