

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica

Trabajo de Suficiencia Profesional

**Implementación de sistema de lavado de rodillo en el
filtro Larox FLO01 para mejorar su disponibilidad en una
empresa de producción de cobre de la región
Arequipa 2024**

Walther Huayto Benito

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Mecánico

Arequipa, 2025

Repositorio Institucional Continental
Trabajo de suficiencia profesional



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

**INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE
INVESTIGACIÓN**

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : MSc. Daysy Yanina Cabrera Choccata
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 30 de Abril de 2025

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

Implementación de sistema de lavado de rodillo en el filtro Larox FL001 para mejorar su disponibilidad en una empresa de producción de cobre de la región Arequipa 2024

Autor:

Walther Huayto Benito – EAP. Ingeniería Mecánica

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 18 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- | | | |
|---|--|-----------------------------|
| • Filtro de exclusión de bibliografía | SI ☒ | NO ☐ |
| • Filtro de exclusión de grupos de palabras menores
Nº de palabras excluidas (en caso de elegir "SI"):10 | SI ☒ | NO ☐ |
| • Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante | SI ☐ | NO ☐ |

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,



Asesor de trabajo de investigación
MSc. Daysy Yanina Cabrera Choccata

AGRADECIMIENTO

A mi familia, por su confianza en mí y por brindarme siempre un hogar lleno de cariño y comprensión, incluso en los momentos más desafiantes.

Su apoyo y palabras de aliento fueron fundamentales para alcanzar este logro.

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía y fortaleza en cada paso de este camino, por brindarme salud, sabiduría y perseverancia para alcanzar mis metas.

A mis padres, Isabel Benito y Sabino Huayto, por su amor incondicional, sus sacrificios y su apoyo constante. Ustedes son la razón de mi esfuerzo y mi mayor fuente de inspiración.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iii
INDICE DE CONTENIDO	iv
RESUMEN EJECUTIVO	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCCIÓN	xi
1. CAPÍTULO I ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA	1
1.1. DATOS GENERALES DE LA EMPRESA	1
1.2. ACTIVIDADES PRINCIPALES DE EMPRESA	2
1.3. RESEÑA HISTÓRICA DE LA EMPRESA	4
1.3.1. Valores de la empresa Kampfer S.A.C.	4
1.4. ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA	4
1.5. VISION Y MISION	4
1.6. BASES LEGALES O DOCUMENTOS ADMINISTRATIVOS.....	6
1.7. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DONDE REALIZA SUS ACTIVIDADES PROFESIONALES	6
1.8. DESCRIPCIÓN DE CARGO Y DE LAS RESPONSABILIDADES DEL BACHILLER EN LA EMPRESA.....	7
1.8.1. Descripción del cargo	7
1.8.2. Responsabilidades del bachiller	7
2. CAPÍTULO II ASPECTOS GENERALES DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES....	10
2.1. ANTECEDENTES O DIAGNÓSTICO SITUACIONAL	10
2.2. IDENTIFICACIÓN DE OPORTUNIDAD O NECESIDAD EN EL ÁREA DE ACTIVIDAD PROFESIONAL	12
2.3. OBJETIVOS DE LA ACTIVIDAD PROFESIONAL	13
2.3.1. Objetivo General.....	13
2.3.2. Objetivos Específicos	13
2.4. JUSTIFICACIÓN DE LA ACTIVIDAD PROFESIONAL	13
2.4.1. Justificación técnica.....	13
2.4.2. Justificación económica.....	13
2.4.3. Justificación social	14
2.4.4. Justificación profesional.....	14
2.5. RESULTADOS ESPERADOS	14
3. CAPÍTULO III MARCO TEORICO.....	26
3.1. BASES TEÓRICAS DE LAS METODOLOGÍAS O ACTIVIDADES REALIZADAS..	10

3.1.1.	Filtros de Cobre	13
3.1.2.	Tipos de Filtros de Cobre.....	13
3.1.3.	Componentes del Filtro.....	13
3.1.4.	Tipos de Mantenimiento	30
3.1.5.	Indicadores de Mantenimiento	31
4.	CAPÍTULO IV DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES.....	34
4.1.	BASES TEÓRICAS DE LAS METODOLOGÍAS O ACTIVIDADES REALIZADAS..	34
4.1.1.	Enfoque de las actividades profesionales	34
4.1.2.	Alcance de las actividades profesionales	34
4.1.3.	Entregables de las actividades profesionales	35
4.2.	ASPECTOS TECNICOS DE LA ACTIVIDAD PROFESIONAL	35
4.2.1.	Metodologías	35
4.2.2.	Técnicas	36
4.2.3.	Instrumentos	38
4.2.4.	Equipos y materiales utilizados en el desarrollo de las actividades	38
4.3.	ASPECTOS TECNICOS DE LA ACTIVIDAD PROFESIONAL	39
4.3.1.	Fases de implementación de sistema de lavado	39
4.3.2.	Proceso y secuencia operativa de las actividades profesionales.....	42
5.	CAPÍTULO V RESULTADOS.....	43
5.1.	RESULTADOS FINALES DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS	43
5.2.	LOGROS ALCANZADOS	55
5.3.	DIFICULTADOS ENCONTRADAS	56
5.4.	PLANTEAMIENTO DE MEJORAS	57
5.4.1.	Metodologías propuestas.....	57
5.4.2.	Descripción de la implementación	57
5.5.	ANÁLISIS	58
5.6.	APORTE DE BACHILLER EN LA EMPRESA.....	58
	CONCLUSIONES	61
	RECOMENDACIONES	62
	BIBLIOGRAFIA.....	63
	ANEXOS.....	65

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Frases de la empresa Kampfer S.A.C.....	1
Figura 2. Proyectos ejecutados en empresa minera	3
Figura 3. Organigrama de la empresa KAMPFER SAC.	5
Figura 4. Preparativos para intervención de filtro FL001	11
Figura 5. Rotura producida por desgaste de tela filtrante.....	11
Figura 6. Rodillos y placas de filtro Larox.....	12
Figura 7. Filtro Larox	17
Figura 8. Filtro Larox.....	18
Figura 9. Proceso de retiro de calicha acumulada en raspador	31
Figura 10. Desgaste de forro del rodillo detectado.....	32
Figura 11. Desmontaje de rodillo para dimensionamiento de sistema	33
Figura 12. Toma de datos para dimensionamiento de manifold	33
Figura 13. Identificación de sistema de lavado	34
Figura 14. Proceso de fabricación de manifold	34
Figura 15. Preparacion de manifold de distribución	35
Figura 16. Instalación completada de sistema de lavado	35
Figura 17. Capacitacion a personal de mantenimiento	36
Figura 18. Evaluacion de funcionamiento de sistema de lavado.....	36
Figura 19. Proceso y secuencia operativa de las actividades realizadas	38
Figura 20. Ficha técnica de filtro FL001	39
Figura 21. Longitudes de recorrido hacia Filtro Larox FL001 (1/2).....	40
Figura 22. Longitudes de recorrido hacia Filtro Larox FL001 (2/2).....	40
Figura 23. Diseño final de instalación de sistema de lavado	47
Figura 24. Diseño de rocío de agua sobre rodillos	47
Figura 25. Bifurcación en Y, de tubería de alimentación	48
Figura 26. Diseño de manifold propuesto.....	48
Figura 27. Diseño de instalación para fijación de manifold y sistema de lavado	49
Figura 28. Conexión de propuesta con arranque habilitado	50
Figura 29. Proceso de verificación de propuesta proyectada.....	50

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Actividades de mantenimiento semanales en área húmeda.....	7
Tabla 2. Cronograma de actividades de sistema implementado	37
Tabla 3. Registros de operatividad de filtro FL001 en año 2024	52
Tabla 4. Horas disponibles y producción de filtro Larox FL001	54
Tabla 5. Costos de fabricación de sistema de lavado	55
Tabla 6. Costos de Mano de Obra	56
Tabla 7. Aspectos aportados comparativo	56

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Planos habilitados	64
Anexo 2. Tabla de especificaciones mangueras Balflex	67
Anexo 3. Especificaciones técnicas Acero Inoxidable	68
Anexo 4. Protocolo registrado pre – implementación	69
Anexo 5. Protocolo registrado Post - Implementación.....	72

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de suficiencia profesional titulado "Implementación de sistema de lavado de rodillo en filtro Larox FL001 para mejorar su disponibilidad en una empresa de producción de cobre de la región Arequipa 2024" aborda una problemática crítica en el sector minero: la optimización de los procesos operativos en el filtrado de concentrados de cobre. La investigación se desarrolla en el contexto de una empresa minera líder en la región de Arequipa, donde la eficiencia en el filtrado es esencial para garantizar una producción constante y de alta calidad.

El estudio identifica como principal inconveniente la acumulación de material en los rodillos del filtro Larox FL001, lo que genera paradas no programadas, disminución de la productividad y un impacto negativo en los costos operativos. En respuesta a esta situación, se propone la implementación de un sistema automatizado de lavado, diseñado para reducir los tiempos de limpieza manual y aumentar la disponibilidad del equipo.

La metodología empleada incluye un análisis detallado del estado actual del filtro, la identificación de cuellos de botella en el proceso, y el diseño e instalación de un sistema de lavado eficiente y sostenible. Se consideraron criterios técnicos, económicos y ambientales para garantizar que la solución propuesta sea viable y alineada con los objetivos de la empresa.

Los resultados obtenidos evidenciaron un aumento de la disponibilidad y durabilidad de los rodillos en filtro Larox.

Este trabajo concluye destacando la importancia de la innovación tecnológica en la industria minera y su contribución al aumento de la competitividad y sostenibilidad operativa. Se presentan recomendaciones para la replicabilidad del proyecto en otras áreas de la planta, así como propuestas para futuras investigaciones en la optimización de equipos críticos.

Palabras Clave: Filtro Larox, sistema de lavado, disponibilidad operativa, optimización de procesos en minería.

ABSTRACT

The present professional sufficiency work entitled "Implementation of a roller and plate washing system in the Larox FL001 filter to improve its availability in a copper production company in the Arequipa region 2024" addresses a critical problem in the mining sector: the optimization of operational processes in the filtering of copper concentrates. The research is carried out in the context of a leading mining company in the Arequipa region, where filtering efficiency is essential to ensure constant and high-quality production.

The study identifies the accumulation of material on the rollers and plates of the Larox FL001 filter as the main drawback, which generates unscheduled stops, decreased productivity and a negative impact on operating costs. In response to this situation, the implementation of an automated washing system is proposed, designed to reduce manual cleaning times and increase equipment availability.

The methodology used includes a detailed analysis of the current state of the filter, the identification of bottlenecks in the process, and the design and installation of an efficient and sustainable washing system. Technical, economic and environmental criteria were considered to ensure that the proposed solution is viable and aligned with the company's objectives

The results obtained resulted in an increase in the availability and reliability of the rollers

This work concludes by highlighting the importance of technological innovation in the mining industry and its contribution to increasing competitiveness and operational sustainability. Recommendations are presented for the replicability of the project in other areas of the plant, as well as proposals for future research in the optimization of critical equipment.

Keywords: Larox filter, washing system, operational availability, process optimization, mining.

INTRODUCCIÓN

La industria minera es un pilar fundamental para el desarrollo económico del Perú, y la región de Arequipa se destaca como una de las principales zonas productoras de cobre a nivel nacional. En este contexto, las empresas mineras enfrentan el desafío constante de optimizar sus procesos productivos para mantener su competitividad y sostenibilidad en un entorno global cada vez más exigente. Un factor clave en la cadena productiva es la eficiencia operativa de los equipos críticos, como el filtro Larox FL001, utilizado en el proceso de filtrado de concentrados de cobre.

El presente trabajo de suficiencia profesional tiene como objetivo mejorar la disponibilidad operativa de este equipo y optimizar el proceso de filtrado en una empresa productora de cobre en la región de Arequipa. El informe se organiza en capítulos que detallan las actividades desarrolladas.

El capítulo I aborda los aspectos principales de la empresa Kampfer S.A.C., incluyendo información sobre sus actividades, antecedentes, identificación de oportunidades, objetivos, justificación del proyecto y los resultados previstos.

El capítulo II se centra en el marco teórico, donde se analizan las bases teóricas y los métodos empleados en el diseño del sistema de lavado sugerido.

El capítulo III presenta un análisis detallado de las actividades profesionales realizadas, destacando los aspectos técnicos y la aplicación de las estrategias de mantenimiento.

Finalmente, el capítulo IV analiza los resultados obtenidos, mostrando los logros alcanzados, las mejoras implementadas y un examen exhaustivo de las actividades realizadas, concluyendo con las conclusiones y recomendaciones pertinentes.

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA

1.1. DATOS GENERALES DE LA EMPRESA

Kämpfer S.A.C. es una empresa peruana fundada el 9 de febrero de 2015, con sede en Arequipa. Se especializa en servicios de mantenimiento mecánico para la industria minera, enfocándose en áreas como molienda, flotación, espesadores, relaves y chancado.

- **RUC:** 20600121503
- **Nombre de la empresa:** KAMPFER SAC
- **Nombre anterior:** Kampfer EIRL
- **Tipo de empresa:** Sociedad Anónima Cerrada
- **Estado:** Activo

Entre sus actividades comerciales:

- Servicios de arquitectura e ingeniería
- Fabricación de productos metálicos para uso estructural
- Transporte de carga por carretera
- Código CIIU: 74218
- Número de empleados: 612
- Dirección legal: Mz. B, Lote 24
- Urbanización: Campiña Dorada (frente a la Institución Educativa Santa Dorotea)
- Distrito / Ciudad: Arequipa
- Departamento: Arequipa, Perú



Figura 1. Frases de la empresa Kampfer S.A.C.
Fuente: Tomado de la empresa (1)

1.2. ACTIVIDADES PRINCIPALES DE LA EMPRESA

Somos una empresa contratista minera especializada en mantenimiento mecánico, con una sólida trayectoria en áreas clave como molienda, flotación y relaciones. Nuestra experiencia abarca una amplia gama de servicios esenciales para el sector minero, incluyendo trabajos de alta complejidad en chancado, así como la fabricación y mantenimiento de estructuras metalmecánicas, tuberías, carretes, canaletas, barandas y otros componentes críticos. Nos destacamos por ofrecer soluciones eficientes y personalizadas, adaptadas a las necesidades operativas de cada proyecto.

- a) En lo que respecta a zarandas, nuestro equipo está capacitado para realizar cambios de zarandas y excitadores, reparaciones de travesaños y un mantenimiento general exhaustivo, que incluye el reemplazo de mallas, liners y paneles. Además, llevamos a cabo la reparación de los sistemas de agua y la supervisión de todos los elementos mecánicos involucrados, garantizando un funcionamiento óptimo y prolongando la vida útil del equipo.
- b) El mantenimiento de bombas Wet End es otra de nuestras especialidades. Nos encargamos del desmontaje y montaje de bombas, inspección minuciosa de piezas críticas, reemplazo de impulsores, reductores y sellos, así como de la calibración del sistema de lubricación. Cada paso se realiza con altos estándares de seguridad y eficiencia para minimizar los tiempos de inactividad y asegurar la continuidad operativa.
- c) En el área de nidos de ciclones, nuestra experiencia abarca desde el mantenimiento y reparación de distribuidores hasta el cambio y mantenimiento de hidrociclones y sus componentes internos, como apex, vortex y revestimientos. Realizamos estas actividades con un enfoque preciso, asegurando que los equipos funcionen dentro de los parámetros óptimos de operación.
- d) Para el mantenimiento de nidos de ciclones, también ejecutamos el cambio de insertos, donas y liners, garantizando la correcta operación del sistema. Además, nos especializamos en el mantenimiento del chute de alimentación, lo que incluye el reemplazo de Spout Feeder, anillos cerámicos y la reparación integral del carro porta chute.
- e) En los sistemas Spider y Porta Spider, nuestro equipo de expertos está capacitado para el retiro, instalación y reparación, asegurando un desempeño seguro y confiable de estos componentes esenciales en la operación minera.

- f) Dentro de las salas de lubricación, brindamos un servicio integral que incluye el cambio de divisores, mantenimiento de bombas e intercambiadores de calor, garantizando un sistema de lubricación en óptimas condiciones, crucial para la protección de equipos clave.
- g) En cuanto a las celdas de flotación, nuestras actividades incluyen desde la reparación de falsos pisos, inspección de mecanismos de flotación, hasta el cambio de mecanismos de agitación, armado de reductores y el mantenimiento preventivo para maximizar la vida útil y eficiencia de las celdas.
- h) Además, ofrecemos servicios complementarios como el armado y desarmado de andamios, cambio de válvulas, reparación de tuberías y silenciadores, alquiler de camiones grúa y limpieza de tanques de almacenamiento de agua. Estos servicios están diseñados para brindar soluciones integrales que apoyen todas las fases operativas de nuestros clientes.
- i) Por último, nuestra experiencia en el desmontaje y montaje de estructuras y carretes de gran diámetro nos permite abordar proyectos de gran envergadura, tanto en plantas Moly como en áreas de relaciones, con un enfoque en eficiencia, seguridad y calidad.



Figura 2. *Proyectos ejecutados en empresa minera*
Fuente: Supervisión de Mantenimiento de filtro Larox (1)

En la figura 2, se muestra una de las actividades diarias del personal de mantenimiento e la empresa Kampfer, que realiza en una unidad minera de la Región Arequipa.

1.3. RESEÑA HISTÓRICA DE LA EMPRESA

Kampfer S.A.C. es una empresa contratista industrial enfocada en el sector minero, que inició sus operaciones en el año 2015. El emprendimiento fue fundado por Alexander Marroquín Salinas, quien, inspirado por la idea de establecer nuevos estándares de servicio y motivado por el deseo de ofrecer un mejor futuro a su familia, decidió dar inicio a este proyecto. Desde el comienzo, el enfoque estuvo claro: la empresa seguiría los principios de esfuerzo, disciplina y compromiso, tomando como referencia la ética de trabajo alemana. Así surgió el nombre Kämpfer, que en español significa “guerreros”.

En esta aventura inicial, Marroquín fue acompañado por un grupo de amigos profesionales, comenzando en una modesta oficina. Durante el primer año, la empresa experimentó un crecimiento notable, y gracias a su enfoque en la responsabilidad y el compromiso, logramos integrarnos en uno de los procesos más críticos de las operaciones de Cerro Verde: el área húmeda. Desde entonces, nuestro crecimiento ha sido continuo y especializado, posicionándonos como la primera opción cuando se trata de resolver problemas de mantenimiento. Siempre estamos preparados, como verdaderos guerreros, para enfrentar cualquier desafío, apoyando y protegiendo a nuestros clientes.

1.3.1. Valores de la empresa Kampfer S.A.C.

Entre los valores que integra Kampfer S.A.C., se tiene: Calidad, Puntualidad, Eficiencia, trabajo en equipo, disponibilidad, responsabilidad.

1.4. ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA

La empresa Kampfer S.A.C. cuenta con un organigrama de alta gerencia, tal como se muestra en la figura. El área específica de labores se presenta en la gerencia de operaciones-área de Operaciones Mantenimiento, en especial en el área húmeda de la empresa procesadora de Cobre en la Región Arequipa.

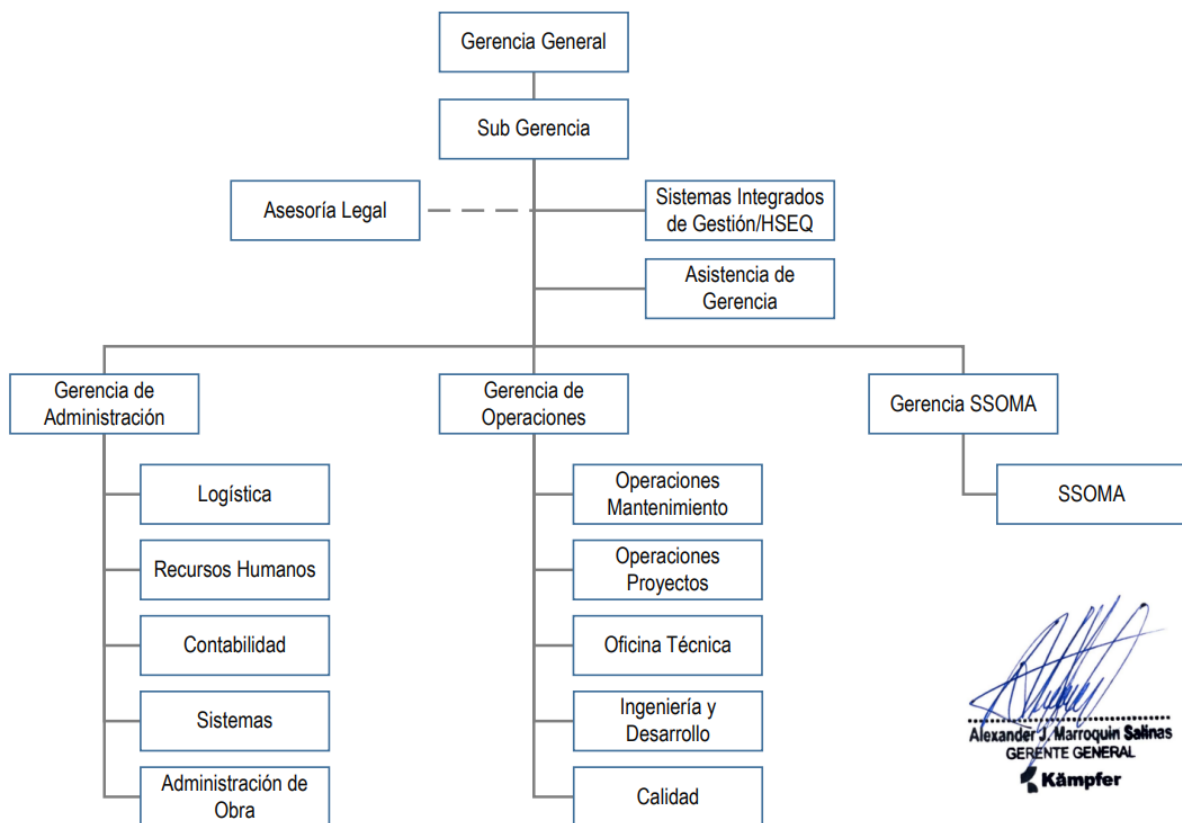


Figura 3. Organigrama de la empresa KAMPFER SAC.

Fuente: Elaboración realizada dentro de las instalaciones de la empresa.

En la figura 3, se podrá visualizar el organigrama de la empresa Kampfer, donde se detallara el área de Operaciones de Mantenimiento, como el área que laboro como Supervisor de mantenimiento.

1.5. VISIÓN Y MISIÓN

1.5.1. Misión de Kampfer S.A.C.

Nuestra misión es impulsar el crecimiento y éxito de nuestros clientes, brindando soluciones inmediatas, precisas y eficientes a sus necesidades, permitiendo que las empresas y personas con las que colaboramos puedan continuar protegiendo lo que más valoran.

1.5.2. Visión de Kampfer S.A.C.

Aspiramos a ser la principal referencia en el sector minero, ofreciendo un servicio especializado, eficiente y puntual en la región sur del Perú.

1.6. BASES LEGALES O DOCUMENTOS ADMINISTRATIVOS

- **Ley N° 29783, Ley General de Seguridad y Salud en el Trabajo**

La empresa debe asegurar un entorno seguro para prevenir riesgos laborales, fomentando la salud y el bienestar de los trabajadores.

- **D.S 005-2012- TR, Reglamento de la Ley General de Seguridad y Salud en el Trabajo**

Especifica los requisitos de salud y seguridad que la empresa debe cumplir, abarcando la gestión de sistemas y la supervisión constante.

- **D.S 024-2012- EM, Reglamento de Seguridad y Salud Ocupación en Minería**

Dirigido al sector minero, fija las normas de seguridad y salud laboral para resguardar a los trabajadores en operaciones mineras, aplicable a las actividades de la empresa Kampfer S.A.C.

- **Reglamento Interno de Trabajo, Reglamento Interno de Seguridad y Salud Ocupacional de Kampfer S.A.C.**

Archivos internos que detallan las normas y procesos para garantizar un entorno laboral seguro y saludable según la legislación vigente.

1.7. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DONDE REALIZA SUS ACTIVIDADES PROFESIONALES

La empresa de producción de Cobre, que se encuentra ubicada en el departamento de Arequipa, es un proyecto en el que la empresa Kampfer S.A.C. ejecuta servicios de mantenimiento, en especial en el área húmeda, en las que se desarrolla actividades profesionales como Supervisor de Operaciones y se realiza la implementación del sistema de lavado, en la que se desarrollan planificaciones de intervención programadas de manera semanal como se detalla a continuación:

Tabla 1. Actividades de mantenimiento semanales en área húmeda

			Lunes		Martes		Miércoles		Jueves		Viernes	
Equipo (TAG)	C2-AH MEC - Grupo 1	Major job	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
	Supervisores		2		2		2		2		2	
	Conductores		2		2		2		2		2	
	Andamios											
CF701-707	INSTALACION DE ARRANQUE DE LINEA DE AGUA FRESCA	WALTHER HUAYTO	6		6		6		6		6	
CF701-708	LUBRICACION DE RODILLOS	WALTHER HUAYTO	6		6		6		6		6	
CF701-709	LIMPIEZA DE ASPERSORES Y BOQUILLAS	WALTHER HUAYTO	6		6		6		6		6	
CF701-710	ARMADO DE VALVULA PINCH	WALTHER HUAYTO	6		6		6		6		6	
CF701-711	INSTALACION DE GUARDAS, CONTRAPESO Y PLATAFORMAS CV44	WALTHER HUAYTO	6		6		6		6		6	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 1, se muestra las actividades de mantenimiento semanal en el área húmeda de una unidad minera, en la cual se me programa, para sus respectivas actividades con el personal de mantenimiento a cargo.

1.8. DESCRIPCIÓN DE CARGO Y DE LAS RESPONSABILIDADES DEL BACHILLER EN LA EMPRESA

1.8.1. Descripción del cargo.-

Entre las actividades que se realizó, fueron vinculadas al área húmeda de la Planta de concentrado de Cobre, en donde las labores de mantenimiento, se venían dando según la programación diaria en cada cambio de turno.

Se realizó el mantenimiento preventivo, correctivo, y predictivo en los equipos y maquinas del área húmeda, para su correcto funcionamiento de los componentes como bombas, mangueras y filtros a cargo.

1.8.2. Responsabilidades del bachiller

- Instruir y asegurar que los trabajadores comprendan y sigan los estándares y procedimientos, así como utilizar correctamente el equipo de protección personal (EPP) adecuado para cada tarea.
- Mantener el orden y la limpieza en las áreas de trabajo bajo su responsabilidad.

- Tomar las precauciones necesarias para proteger a los trabajadores, verificando y analizando que se cumpla con el IPERC (Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos) de manera continua realizado por los trabajadores en su área, con el objetivo de eliminar o minimizar los riesgos.
- Informar a los trabajadores sobre los peligros presentes en el lugar de trabajo.
- Ser responsable tanto de su propia seguridad como de la de los trabajadores bajo su supervisión.
- Asegurarse de que las máquinas cuenten con las protecciones adecuadas.
- Actuar de inmediato ante cualquier peligro reportado en el lugar de trabajo.
- Detener las operaciones o trabajos cuando existan situaciones de alto riesgo, hasta que dichos riesgos sean eliminados o minimizados.
- Verificar que se cumplan los procedimientos de bloqueo y señalización en las maquinarias que están en mantenimiento.
- Garantizar la presencia permanente de un supervisor en trabajos mineros de alto riesgo, conforme a la evaluación de riesgos.
- Coordinar, asignar, ejecutar y supervisar la correcta ejecución de los programas de mantenimiento correctivo y preventivo en los sistemas, maquinarias y equipos bajo su responsabilidad.
- Distribuir las actividades al equipo operativo en función del perfil o experiencia de cada trabajador.
- Recoger información para la gestión de confiabilidad en coordinación con el supervisor de mantenimiento y el supervisor de operaciones de la unidad minera, y participar en análisis de fallas.
- Capacitar continuamente al equipo operativo.

- Evaluar el desempeño del personal a cargo.
- Redactar informes de turno y registrar las actividades realizadas.
- Implementar procedimientos para los trabajos.
- Optimizar tareas y procesos con el objetivo de aumentar la disponibilidad de los equipos en la planta concentradora, según las directrices establecidas.

CAPÍTULO II

ASPECTOS GENERALES DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES

2.1. ANTECEDENTES O DIAGNÓSTICO SITUACIONAL

La empresa Kampf S.A.C. es una contratista industrial especializada en mantenimiento mecánico para el rubro minero, ofreciendo servicios en áreas como Molienda, Flotación, Filtro Larox y Relaves. El caso de estudio del presente informe se centra en las operaciones realizadas en una empresa de producción de cobre, que requería mejorar la disponibilidad de varios factores, siendo uno de los primordiales el estado de los componentes internos del Filtro Larox.

Durante el desarrollo de las funciones como Supervisor de Operaciones, se detectó una constante acumulación de pulpa en los rodillos y raspadores, lo que generaba una mayor frecuencia de mantenimiento en el Filtro Larox FL001 y resultaba en una baja disponibilidad del equipo. De esta manera, se evidenció la problemática que se describe a continuación:

- **Fallas operativas frecuentes:** El filtro Larox FL001 sufre interrupciones regulares debido a la acumulación de residuos de concentrado de pulpa en los rodillos y raspadores. Estas interrupciones generan costos adicionales en términos de tiempo y recursos para realizar limpiezas manuales.
- **Eficacia limitada:** Los métodos de limpieza manual actualmente implementados no son completamente eficaces y requieren largos tiempos de inactividad, lo que afecta negativamente la capacidad de producción de torta de cobre (concentrado de cobre).
- **Desgaste prematuro:** La falta de limpieza adecuada ocasiona un desgaste acelerado de los componentes del filtro, aumentando los costos de mantenimiento y reduciendo la vida útil del equipo.
- **Impacto en la disponibilidad:** La disponibilidad promedio del filtro se encuentra por debajo de los estándares requeridos por la empresa, afectando el cumplimiento de los objetivos de producción anual.



Figura 4. Preparativos para intervención de filtro FL001

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4, se puede visualizar las actividades de los preparativos en la intervención en el filtro FL001, mediante charlas de seguridad y difusión de las actividades de mantenimiento a realizar cada personal a cargo.



Figura 5. Rotura producida por desgaste de tela filtrante

Fuente: Elaboración propia

En la figura 5, se visualiza una rotura en la tela filtrante del filtro FL001, y que se deberá realizar su cambio correspondiente, para la reanudación de actividades del filtro respectivo.

2.2. IDENTIFICACIÓN DE OPORTUNIDAD O NECESIDAD EN EL ÁREA DE ACTIVIDAD PROFESIONAL

Durante los servicios brindados a la empresa de producción de cobre, se ha identificado una oportunidad para implementar un sistema de lavado de rodillos en los filtros Larox, debido a las limitaciones que presenta la infraestructura actual por la falta de un sistema de lavado, lo cual afecta la efectividad de la operación del filtro. Esta problemática también generaba un ciclo de obstrucciones frecuentes en el proceso de filtrado, lo que a su vez provocaba fallas en los diafragmas de los filtros y un mayor desgaste de los equipos.

La implementación de un sistema de lavado ofrece una solución que mejora significativamente el flujo y la presión del agua. Esta medida no solo corrige el problema de la acumulación de pulpa en los rodillos y raspadores, que genera un desgaste en los componentes del sistema de filtrado, sino que también reduce la frecuencia de fallas, prolonga la vida útil de los equipos y minimiza los tiempos de inactividad por mantenimiento. Esta oportunidad representa un avance importante en términos de eficiencia operativa.

Al implementar el sistema de lavado, se optimiza el rendimiento general de los rodillos, raspadores y tela, lo que permite mantener una producción más estable y continua. Además, el uso de una línea de agua fresca con un sistema de reducción de tuberías y la aspersion de 3 mm optimizará la vida útil de cada componente que se venía presentando con fallas, lo que se traducirá en una reducción de los costos operativos.



Figura 6. Rodillos y placas de filtro Larox
Fuente: Elaboración propia

En la figura 6, se realizara el cambio del rodillo motriz auxiliar, por la carga acumulada o desgaste del rodamiento, ocasionando que no gire y se amarre y se paralice la producción.

2.3. OBJETIVOS DE LA ACTIVIDAD PROFESIONAL

2.3.1. Objetivo General

Implementar un sistema de lavado de rodillos y raspadores en el filtro Larox FL001, para mejorar su disponibilidad en una empresa de producción de Cobre de la región Arequipa, 2024.

2.3.2. Objetivos Específicos

- a. Determinar los componentes para el sistema de lavado, para mejorar la disponibilidad del sistema de filtrado en el Filtro Larox FL001.
- b. Reducir las obstrucciones en los rodillos y raspadores , minimizando fallas en la tela filtrante y asegurando una operación más estable.
- c. Disminuir los tiempos de inactividad operativa al implementar un proceso de lavado, contribuyendo a una mayor continuidad y eficacia en el sistema de filtrado pulpa de cobre.

2.4. JUSTIFICACIÓN DE LA ACTIVIDAD PROFESIONAL

2.4.1. Justificación técnica

La instalación de línea para el sistema de lavado y suministro de agua fresca es técnicamente viable y necesaria para optimizar el proceso de lavado de rodillos y raspadores en los filtros de cobre. Actualmente, la falta de un sistema de lavado, provoca un mantenimiento frecuente y afecta la eficiencia del sistema de filtrado, generado por las obstrucciones en los componentes del filtro Larox. Al implementar un sistema de lavado, se logrará un lavado eficaz, reduciendo las fallas en los equipos y prolongando su vida útil.

2.4.2. Justificación económica

Desde una perspectiva económica, la mejora en el sistema de lavado resultará en una disminución de los costos operativos a largo plazo. Al evitar roturas en las telas filtrante y acumulación carga de pulpa en rodillos, se reducen los tiempos de inactividad y las intervenciones de mantenimiento correctivo, lo que contribuye a una operación eficaz y continua. Además, el uso de tuberías flexibles, reducirá los costos asociados para

la instalación del sistema de lavado y su reemplazo frecuente de componentes, incrementando la rentabilidad general del proceso. Esta inversión inicial se justifica por los ahorros en mantenimiento y la optimización de la producción.

2.4.3. Justificación social

La implementación de un sistema de lavado eficiente contribuye a la sostenibilidad de las operaciones mineras, mejorando la gestión del recurso hídrico. Al implementar el uso del agua fresca a presión, se minimizan los desperdicios, lo que reduce el impacto ambiental de la operación. Esto tiene un efecto positivo en la comunidad local, al promover una operación más responsable y sostenible en términos de consumo de recursos, lo que fortalece la relación entre la empresa y su entorno social.

2.4.4. Justificación profesional

La implementación del proceso de lavado de filtros de cobre mediante la instalación de línea de agua, no solo responde a una necesidad técnica, sino que también representa una oportunidad de desarrollo profesional para los ingenieros y técnicos involucrados. Este tipo de proyectos les permite aplicar y mejorar sus habilidades en diseño de sistemas de tuberías, optimización de procesos industriales y gestión de recursos hídricos. Asimismo, fortalece el compromiso de los profesionales con la mejora continua y la innovación en el sector minero-industrial.

2.5. RESULTADOS ESPERADOS

- a. Mejora en la eficacia del lavado:** Se espera que la instalación de un sistema de lavado, la presión y el flujo de agua fresca, permita un lavado efectivo de los rodillos y raspadores, lo que reducirá las obstrucciones y mejorará el desempeño general del sistema de filtrado.
- b. Reducción de fallas y mantenimientos:** Con un suministro de agua a presión, se prevé una disminución de roturas en tela filtrante y otros componentes del sistema, lo que reducirá la frecuencia de intervenciones de mantenimiento correctivo y prolongará la vida útil de los equipos.
- c. Mayor continuidad operativa:** Al minimizar los tiempos de inactividad por obstrucciones y fallas, el proceso de filtrado de cobre operará de manera más continua y estable, aumentando la productividad y reduciendo las interrupciones no planificadas.
- d. Optimización de los costos operativos:** Se espera una reducción en los costos de mantenimiento y operación, gracias a la mayor durabilidad del sistema y la disminución

en la necesidad de mantenimientos frecuentes. Esto resultará en un uso más eficiente de los recursos y una mayor rentabilidad.

- e. **Contribución a la sostenibilidad:** El uso a presión del agua fresca no solo mejorará la eficacia del sistema, sino que también contribuirá a un manejo más responsable y sostenible de los recursos hídricos, alineándose con las metas ambientales de la operación minera.

CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO

3.1. BASES TEÓRICAS DE LA METODOLOGÍAS O ACTIVIDADES REALIZADAS

3.1.1. Filtros de Cobre

Los filtros de cobre son dispositivos de filtración utilizados en diversas aplicaciones industriales y científicas, cuyo objetivo es eliminar impurezas o contaminantes de líquidos o gases. Están hechos de cobre o una aleación basada en este metal, que posee propiedades antibacterianas, antimicrobianas y anticorrosivas, lo que los hace especialmente útiles en la purificación de agua, en sistemas de climatización y en aplicaciones médicas y ambientales. En la industria, los filtros de cobre también se emplean en procesos de purificación de aire, en sistemas de tratamiento de agua o procesos de soldadura, donde la eliminación de impurezas es crucial para asegurar la eficiencia y calidad de los productos. (2 pág. 45)

3.1.2. Tipos de Filtros de Cobre

a. Filtro Prensa

Utiliza placas filtrantes cubiertas con telas filtrantes. Un pistón hidráulico comprime las placas, y la presión separa el agua del concentrado.

Aplicaciones: Ideal para concentrados de cobre con bajo contenido de partículas finas.

Ventajas:

Alta capacidad de deshidratación.

Bajo contenido de humedad en el producto final.

Limitaciones:

Operación por lotes.

Mayor tiempo de ciclo en comparación con otros tipos.

b. Filtro Larox (Filtro de Presión Vertical)

Es un filtro automatizado que utiliza placas verticales cubiertas con telas filtrantes. Aplica presión y vacío para lograr la separación sólido-líquido.

Los filtros Larox trabaja bajo parámetros de operación que se puede apreciar a detalle, a cerca de las dimensiones del filtro, dimensiones de tela filtrante,

cantidad de placas de filtrado y dimensiones. El filtro opera con dos presiones, una de alta presión que puede llegar a los 16 bar y la de baja presión que opera a 4 a 6 bar.



Figura 7. Filtro Larox
Fuente: Tomado de (1)

En la figura 7. Se visualizara el diseño de un filtro Larox, fabricado y construido por la empresa METSO OUTOTEC, en una unidad minera.

Aplicaciones: Muy utilizado en unidades mineras debido a su capacidad para manejar partículas finas y altas tasas de producción.

Ventajas:

- Operación continua.

- Bajos costos operativos.

- Integración sencilla con sistemas automatizados.

Limitaciones:

- Requiere un mantenimiento regular de las placas y rodillos.

Sensible a condiciones extremas de operación.

c. Filtro de Vacío de Tambor Rotatorio

Utiliza un tambor giratorio recubierto de telas filtrantes que opera bajo vacío para separar los sólidos del líquido.

Aplicaciones: Común en concentrados de partículas más gruesas.

Ventajas:

Costo inicial relativamente bajo.

Operación simple y robusta.

Limitaciones:

Mayor contenido de humedad en el producto final.

Limitado para partículas finas o arcillosas.

3.1.3. Componentes de filtro

De este desarrollo del trabajo, se abocará en los componentes rodillos(9) y placas(2 y 4) del filtro Larox, y en el que se podrá visualizar en la figura 9.:

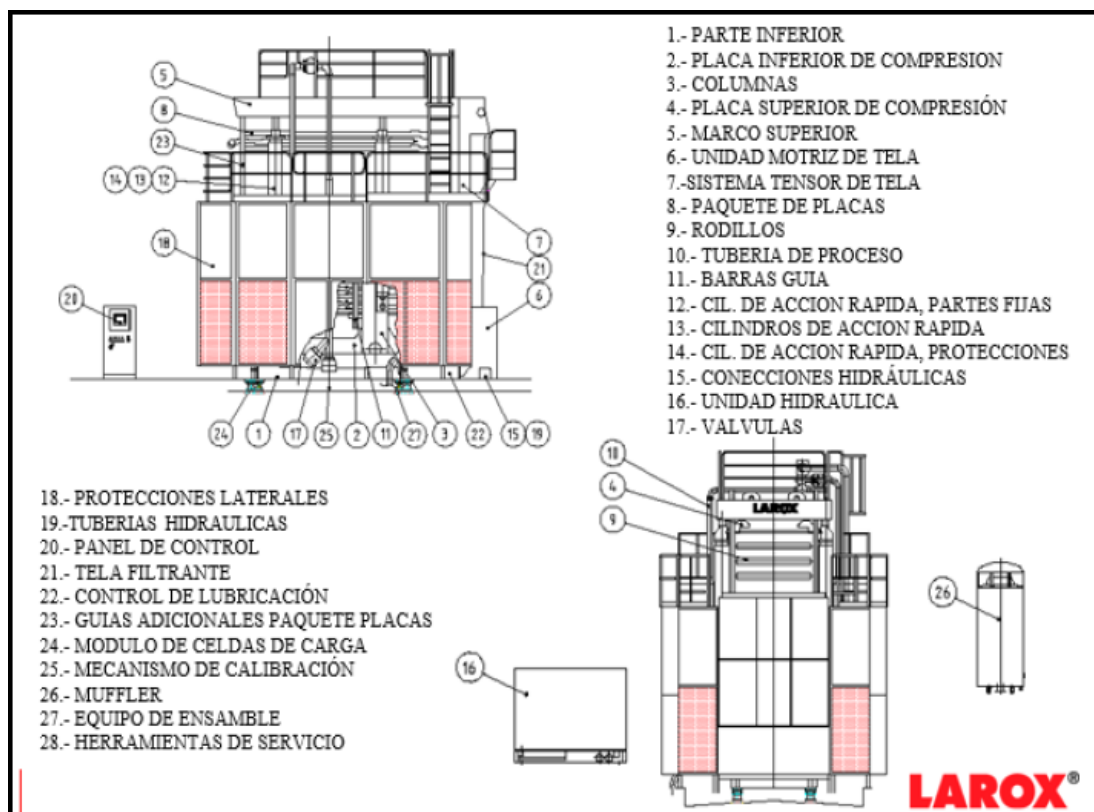


Figura 8. Filtro Larox

Fuente: Manual de mantenimiento y operación filtro Larox, 2020

En la figura 8, se visualiza las partes y componentes de un filtro Larox, compuesta por los 28 ítems descriptos.

a) Placas Filtrantes

Las placas filtrantes son elementos esenciales donde se lleva a cabo la separación sólido-líquido. Están dispuestas horizontalmente y forman cámaras de filtración cuando se cierran. Cada placa tiene una superficie cubierta por una tela filtrante que retiene los sólidos y permite el paso del líquido. Las placas pueden estar fabricadas en materiales como acero inoxidable o polipropileno, dependiendo de la aplicación y las características del material a filtrar.

b) Diafragmas

Los diafragmas son membranas flexibles ubicadas en cada cámara de filtración. Durante el ciclo de filtración, se inflan con aire a alta presión para comprimir la torta de filtración, expulsando el líquido restante y reduciendo el contenido de humedad de los sólidos. Este proceso mejora la eficiencia de deshidratación y permite obtener una torta más seca. (2)

c) Tela Filtrante

La tela filtrante es el medio que cubre las placas y permite la separación de sólidos y líquidos. Debe ser resistente y adecuada para el tipo de material a filtrar. La tela se limpia automáticamente después de cada ciclo mediante un sistema de lavado integrado, lo que asegura una filtración uniforme y prolonga su vida útil. (3)

d) Colectores de Filtrado: Estos componentes recolectan el líquido filtrado que pasa a través de la tela y las placas. El filtrado se dirige hacia los colectores y se evacúa del sistema para su posterior procesamiento o disposición. Los colectores están diseñados para manejar el volumen y la presión del filtrado de manera eficiente (3).

e) Rodillos y Sistema de Transporte de Tela

El sistema de rodillos permite el movimiento continuo de la tela filtrante a través de las placas. Este movimiento es crucial para la descarga de la torta de filtración y para el lavado de la tela. Los rodillos deben estar alineados y en buen estado para asegurar un funcionamiento suave y evitar daños en la tela (2).

f) Mecanismo de Cierre y Sellado

Este mecanismo es responsable de abrir y cerrar el paquete de placas, formando las cámaras de filtración. Utiliza cilindros hidráulicos para aplicar la presión necesaria que asegura un sellado hermético durante el proceso de filtración, evitando fugas y garantizando la eficiencia del sistema. (2)

g) Sistema Hidráulico

El sistema hidráulico controla los movimientos de apertura y cierre de las placas, así como la operación de los diafragmas. Debe mantener una presión adecuada y constante para asegurar el correcto funcionamiento del filtro. Un mantenimiento regular del sistema hidráulico es esencial para prevenir fallas y garantizar la disponibilidad del equipo. (2)

h) Unidad de Control y Automatización

El filtro Larox está equipado con un sistema de control que automatiza las diferentes etapas del ciclo de filtración: alimentación, prensado, lavado, secado y descarga. Este sistema permite monitorear y ajustar parámetros operativos, optimizando el rendimiento y facilitando la operación del equipo. (2)

3.1.4 Tipos de Mantenimiento

El mantenimiento es un conjunto de actividades destinadas a conservar o restaurar el funcionamiento de equipos, sistemas o infraestructuras. Existen diferentes tipos de mantenimiento, los cuales varían según el enfoque y la programación de las actividades de mantenimiento. A continuación, se describen los principales tipos:

a) Mantenimiento Correctivo:

Este tipo de mantenimiento se realiza cuando un equipo o sistema presenta una falla o avería. El objetivo es reparar el fallo y restaurar el equipo a su estado operativo. Generalmente, es reactivo y no se planifica con antelación (5).

b) Mantenimiento Preventivo:

El mantenimiento preventivo se lleva a cabo de manera programada para evitar fallas o averías en los equipos antes de que ocurran. Este tipo de mantenimiento está basado en inspecciones regulares, lubricación, ajustes y sustitución de piezas. Busca aumentar la vida útil de los equipos y minimizar el riesgo de fallos inesperados (5).

c) Mantenimiento Predictivo:

El mantenimiento predictivo utiliza tecnologías avanzadas para monitorizar el estado de los equipos en tiempo real y predecir cuándo se necesita mantenimiento. Esto se logra mediante el uso de sensores y análisis de datos, como termografía, vibración, y análisis de aceite. Permite realizar intervenciones solo cuando realmente se necesitan, optimizando los costos (5).

d) Mantenimiento Proactivo:

Se enfoca en la eliminación de las causas raíz de las fallas en lugar de solo abordar los síntomas. El mantenimiento proactivo busca mejorar los procesos y modificar las condiciones para evitar que se repitan problemas similares en el futuro (5).

e) Mantenimiento Autónomo:

Este tipo de mantenimiento es llevado a cabo por los operadores de las máquinas o equipos. Implica actividades simples como la limpieza, lubricación, y ajustes menores, lo que reduce la carga de trabajo del personal de mantenimiento especializado (5).

3.1.5 Indicadores de mantenimiento

Los indicadores de mantenimiento son métricas que permiten evaluar el desempeño de las actividades de mantenimiento dentro de una organización. Estos indicadores ayudan a medir la eficiencia, efectividad y costo de las operaciones de mantenimiento, y son fundamentales para la toma de decisiones y la mejora continua de los procesos. A continuación, se describen algunos de los principales indicadores de mantenimiento:

a) Disponibilidad

La disponibilidad puede definirse como la proporción de tiempo durante el cual un equipo, máquina o sistema está operativo y listo para ser utilizado en comparación con el tiempo total (6).

$$AO(\%) = \frac{\text{Tiempo Operativo}}{\text{Tiempo Total}} \times 100$$

b) Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF)

Este indicador mide el promedio de tiempo que un equipo o sistema funciona sin experimentar una falla. Se utiliza para evaluar la fiabilidad de los equipos (6).

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo Total de operation}}{\text{Numero de fallas}}$$

c) Tiempo Medio para Reparar (MTTR)

Mide el tiempo promedio requerido para reparar un equipo o sistema después de que ha fallado. Este indicador es clave para evaluar la rapidez del mantenimiento correctivo (6)

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo Total de reparacion}}{\text{Numero de reparaciones}}$$

d) Eficiencia global de mantenimiento (OEE)

Es un indicador clave utilizado para medir la eficiencia total de un equipo o sistema de producción. Se basa en la combinación de tres componentes principales:

- **Disponibilidad:** La proporción de tiempo en que el equipo está disponible para operar en comparación con el tiempo total de operación, considerando paradas no planificadas o fallas (7).
- **Rendimiento:** La velocidad a la que el equipo produce en comparación con su capacidad máxima, teniendo en cuenta las paradas planificadas o pérdidas de velocidad durante la operación (7).

El cálculo de OEE es la multiplicación de estos tres componentes:

$$OEE = \text{Disponibilidad} \times \text{Rendimiento} \times \text{Calidad}$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo Operativo}}{\text{Tiempo Total}}$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Produccion Real}}{\text{Produccion Ideal}}$$

3.1.6 Principios de la Mecánica de Fluidos

La mecánica de fluidos es fundamental en el diseño de sistemas hidráulicos para el lavado del filtro Larox FL001. En este caso, los principios que gobiernan el flujo de fluidos, como el agua utilizada para el lavado, se aplican para garantizar un caudal

adecuado, presión efectiva y distribución uniforme. A continuación, se describen los principios que se aplican al sistema de lavado.

3.1.7 Ecuación de Continuidad

La ecuación de continuidad establece que el caudal (Q) de un fluido a través de una tubería debe permanecer constante, lo que implica que el caudal que entra en una sección de la tubería es igual al caudal que sale de ella. Esta ley se expresa como:

$$Q = A_1 * v_1 = A_2 * v_2$$

donde:

- Q es el caudal volumétrico,
- A son las áreas de las secciones transversales de las tuberías.
- v son las velocidades del fluido en las secciones 1 y 2, respectivamente.

3.1.7. Ecuación de Bernoulli

La ecuación de Bernoulli describe la conservación de la energía para un fluido en movimiento y es útil para calcular la presión, la velocidad y la altura de los fluidos dentro del sistema. Para el sistema de lavado, la ecuación aplicada fue la siguiente:

$$P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gh = constante$$

donde:

- P es la presión del fluido,
- ρ es la densidad del fluido,
- v es la velocidad del fluido,
- g es la aceleración debida a la gravedad,
- h es la altura del fluido.

3.1.8. Numero de Reynolds

El número de Reynolds (Re) es un parámetro adimensional utilizado para predecir el tipo de flujo en una tubería (laminar o turbulento). Para el sistema de lavado, el número de Reynolds se calculó utilizando la fórmula:

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu}$$

donde:

- ρ es la densidad del fluido,
- v es la velocidad del fluido,
- D es el diámetro de la tubería,
- μ es la viscosidad dinámica del fluido.

3.1.9. Pérdidas de Carga por Fricción

La pérdida de carga por fricción en una tubería se calcula usando la ecuación de Darcy-Weisbach:

$$\Delta P = f * \frac{L}{D} * \frac{\rho v^2}{2}$$

donde:

- ΔP es la pérdida de presión debido a fricción,
- f es el factor de fricción, determinado por la ecuación de Swamee-Jain,
- L es la longitud de la tubería,
- D es el diámetro de la tubería,
- ρ es la densidad del fluido,
- v es la velocidad del fluido.

3.1.10. Normativas Técnicas y Estándares

- **ASME B36.10M:** Establece las dimensiones y especificaciones de tuberías de acero, incluyendo las tuberías SCH40, para garantizar que sean aptas para su uso en sistemas industriales.
- **ASTM A53:** Regula las tuberías de acero al carbono para aplicaciones de baja y media presión, asegurando que sean resistentes a la corrosión y al desgaste.
- **API 5L:** Especifica las normas para las tuberías utilizadas en sistemas de transporte de petróleo y gas, y puede servir de referencia para sistemas hidráulicos de alta presión.

CAPÍTULO IV: DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES

4.1. BASES TEÓRICAS DE LAS METODOLOGÍAS O ACTIVIDADES REALIZADAS

4.1.1. Enfoque de las actividades profesionales

El enfoque de las actividades profesionales está orientado a desarrollar una mejora continua en los procesos de mantenimiento, sin interrumpir el proceso de producción o filtrado en la empresa de producción de Cobre, por parte de Kampffer S.A.C.

Para lograr ejecutar estas actividades como supervisor de operaciones, se realizó las siguientes actividades:

- Reconocimiento visual de partes y componentes del filtro Larox FL001
- Inspección de componentes con daño frecuente para su intervención
- Toma de datos para dimensionamiento de sistema de lavado y tomas de alimentación de agua fresca
- Verificación de dimensiones de componentes a integrar en interior de filtro Larox FL001
- Observación de soportes de sujeción de tuberías y mangueras de sistema de lavado
- Presentación de memoria de cálculo de mejora a implementar.
- Verificar la correcta instalación del sistema de lavado a implementar en filtro Larox
- Comprobación de funcionamiento de sistema de lavado

4.1.2. Alcance de las Actividades Profesionales

Las actividades profesionales realizadas en la etapa de filtrado de pulpa de cobre como supervisor de operaciones en una empresa de producción de Cobre, tuvieron el alcance descrito a continuación:

- Proceso de identificación del trabajo: Mediante este proceso se estableció la identificación de la problemática en el proceso de operación y mantenimiento del filtro Larox 01, dando el inicio con la toma de datos de la disponibilidad actual del filtro, lo que permitió la identificación de la necesidad.
- Proceso de diseño de sistema de lavado: Basándose en cálculos del dimensionamiento de los componentes del sistema de lavado, como los

adaptadores para la tubería de 14" y la integración del manifold de agua fresca en el área de los rodillos del filtro Larox.

- Proceso de planificación de la instalación: Los trabajos se programaron de manera que no se afecte la producción y operación de los filtros FL002 y FL003, de la empresa productora de Cobre.
- Ejecución del trabajo: Esta fase activa de implementación gestionó recursos y servicios necesarios para su eficiente funcionamiento, sin afectar la producción.
- Cierre de implementación: Al finalizar la implementación del sistema de lavado, se creará un proceso de retroalimentación para evaluar resultados, recopilar datos y supervisar el mantenimiento, para medir los indicadores correspondientes.

4.1.3. ENTREGABLES DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES.

Antes de comenzar con las actividades de implementación del sistema de lavado en el filtro Larox, se deberá tener en cuenta las alturas y dimensiones para la presión mínima requerida de agua fresca al manifold que se ubicará cerca a los rodillos, raspadores y placas, y a su vez las tomas de distribución puedan realizar la disminución de la acumulación de la pulpa en rodillos y raspadores, también se tendrá que tener en cuenta los documentos y permisos respectivos para la aprobación de la mejora implementada.

- Memoria de cálculo.
- ATS. Análisis de Trabajo Seguro.
- IPERC. Herramienta de gestión.
- PETS. Procedimiento Escrito de Trabajo Seguro.
- Permiso de trabajo en caliente.
- Informe técnico de actividades realizadas.

4.2. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES

4.2.1. Metodología

- **Tipo de investigación:** En el presente trabajo de suficiencia profesional, el tipo de investigación fue aplicada y cuantitativa, teniendo como objetivo principal de solucionar el problema de disponibilidad por mantenimientos en los filtros Larox FL001, enfocándose en la mejora del proceso de limpieza en los rodillos y raspadores, para mejorar su eficacia de funcionamiento.

- **Diseño de investigación:** El diseño del trabajo de investigación fue cuasiexperimental, debido que se realizó una intervención en el proceso productivo, y se realizó un análisis comparativo antes y después de la implementación del sistema de lavado, recopilando los datos de rendimiento del filtro Larox FL001, y su disponibilidad antes de instalar y después de su instalación.
- **Enfoque de la investigación:** El enfoque de investigación será experimental, ya que permitió realizar una intervención controlada en el filtro Larox FL001 para evaluar la mejora de la disponibilidad gracias al sistema de lavado de rodillos y raspadores de tela.
- **Nivel de investigación:** El nivel de investigación será explicativo y descriptivo, ya que se buscó describir el sistema actual y sus problemas operativos, para su explicación de los efectos de la intervención en la mejora de la eficacia del filtro. Se describió el proceso de la implementación del nuevo sistema de lavado, detallando los componentes, las fases de instalación y procedimientos operacionales a realizar. Se analizó como la intervención afecta las variables como la frecuencia de fallos, el tiempo de inactividad y la eficacia en el proceso de filtración.

4.2.2. Técnicas

En las técnicas utilizadas tenemos:

- **Revisión bibliográfica y documental**

Objetivo: Identificar antecedentes, fundamentos teóricos y buenas prácticas relacionadas con sistemas de lavado en filtros Larox y equipos similares.

Fuentes: Artículos científicos, manuales técnicos del fabricante, normas aplicables, y experiencias documentadas en la industria minera.

Resultado esperado: Construcción del marco teórico y base técnica.

- **Análisis de ingeniería (Modelado y simulación)**

Objetivo: Diseñar y optimizar el sistema de lavado antes de la implementación.

Métodos:

- Diseño de sistema de línea de agua para su conexión al área del filtro Larox mediante software.

- Cálculos de carga conexión en componentes del sistema de lavado a implementar en el filtro Larox FL001.

Resultado esperado: Validación de diseño y minimización de fallas.

- **Estudio de campo (Diagnóstico inicial)**

Objetivo: Identificar problemas actuales en el filtro Larox FL001 y establecer un punto de referencia para la disponibilidad operativa.

Métodos:

- Observación directa del funcionamiento del filtro en condiciones reales.
- Consulta con demás supervisores y técnicos.
- Toma de datos en planta (tiempos de inactividad, frecuencia de limpieza, eficiencia del proceso).

Resultado esperado: Diagnóstico técnico y operacional.

- **Experimentación y pruebas piloto**

Objetivo: Probar el sistema de lavado en condiciones reales o simuladas.

Métodos:

- Implementación de componentes del sistema.
- Mediciones de eficiencia de lavado, consumo de agua, tiempo requerido y mejora en la disponibilidad del filtro.

Resultado esperado: Validación práctica del diseño propuesto.

- **Análisis de resultados**

Objetivo: Cuantificar la mejora en la disponibilidad del filtro Larox FL001 y evaluar la efectividad del sistema de lavado.

Métodos:

- Cálculo de indicadores de mantenimiento y disponibilidad del filtro Larox FL001.
- Comparación de datos antes y después de la implementación.

Resultado esperado: Evaluación objetiva del impacto.

4.2.3. Instrumentos

- **Software de simulación y diseño**

Herramientas: SolidWorks, AutoCAD de versión libre.

Uso: Diseñar el sistema de lavado para su implementación en el área del Filtro Larox FL001.

- **Equipos de medición en planta**

Medidores y cálculos de presión y flujo: Para analizar la eficiencia del sistema hidráulico.

Cámaras térmicas: Para monitorear posibles problemas de fricción o acumulación de calor en los rodillos y placas.

Cronómetros y sensores: Para medir tiempos de operación y limpieza.

- **Instrumentos de recolección de datos operativos**

Hojas de registro: Para documentar manualmente tiempos de inactividad y frecuencia de limpieza.

4.2.4. Equipos y materiales utilizados en el desarrollo de las actividades

A continuación, se detallan los equipos y materiales utilizados para el montaje del sistema de lavado a implementar en el filtro Larox 001:

- Ratchet de 24 enc $\frac{3}{4}$
- Medidor de exteriores de 18"
- Llave mixta de 30mm
- Llave mixta de 19mm
- Llave mixta de 22mm
- Llave mixta de 24mm
- Llave mixta de 17mm
- Llave mista de 14mm
- Alicata universal
- Tacle de 1 $\frac{1}{2}$ Tn.
- Dado de 46mm enc. $\frac{3}{4}$
- Dado de 36 enc. $\frac{3}{4}$
- Dado de 30 enc. $\frac{3}{4}$
- Llave francesa de 18"

- Llave francesa de 24"
- Desarmadores de golpe
- Nivele de 36"
- Arco de sierra
- Gata hidráulica ENERPAC
- Pastilla hidráulica ENERPAC de 10 tan (bombín)
- Martillo de bola
- Escobilla para fierro
- Linterna para casco
- Espátulas de 3"
- 01 Manguera de alta presión 15mts
- Electrodo Chamfercord
- Electrodo Cellocord
- Inox
- Disco de corte
- Aflojatodo
- Trapo industrial
- Rachet enc 1/2"
- Eslinga de 2x4m
- Flexómetro metálico de 5m
- 01 Pistola de impacto neumática enc. 3/4"
- Dado Allen en mm 17,14, 10 enc. De 1/2"
- Máquina de soldar
- Esmeriles

4.3. EJECUCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES.

4.3.1. Fases de implementación de sistema de lavado

- **FASE 1: Análisis inicial y planificación**

En esta fase, se requería del diagnóstico de las necesidades, evaluando el estado actual, para identificar los problemas en los rodillos y raspadores, para la justificación de la mejora a implementar. En la figura 9 se visualizara como se realizó la identificación del problema de acumulación de calicha en el raspador y en la figura 10, sobre el desgaste del forro del rodillo.



Figura 9. Proceso de retiro de calicha acumulada en raspador
Fuente: Elaboración propia



Figura 10. Desgaste de forro del rodillo detectado
Fuente: Elaboración propia

- **FASE 2 Diseño del sistema a implementar**

Para la implementación del sistema de lavado, se realizó la selección de materiales y componentes, toma de datos para el dimensionamiento de los cálculos mecánicos e hidráulicos, para la consideración de la presión, caudal y compatibilidad en la mejora del sistema de lavado de los rodillos y placas, analizando también la integración con el filtro Larox, sin que interfiera con el proceso de filtración y su mantención sea fácil de aplicar. (Ver figura 11. 12 y 13)



Figura 11. Desmontaje de rodillo para dimensionamiento de sistema
Fuente: Elaboración propia



Figura 12. Toma de datos para dimensionamiento de manifold
Fuente: Elaboración propia

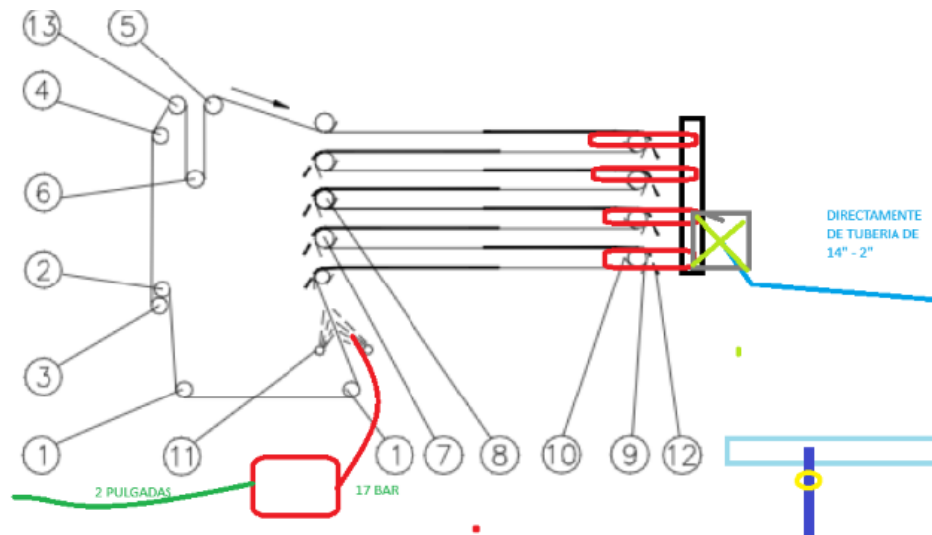


Figura 13. Identificación de sistema de lavado
Fuente: Elaboración propia

- **FASE 3 Instalación y adaptación de sistema de lavado**

Una vez realizado el diseño y verificado su integración, se procede a realizar la adquisición de los componentes del sistema de lavado, con la adaptación de tomas de agua de la tubería de 14" de agua fresca, para la conexión de las tuberías a elegir hasta la integración de un manifold que estará integrado en el filtro Larox. (Ver figura 14, 15 y 16)



Figura 14. Proceso de conexión de mangueras
Fuente: Elaboración propia

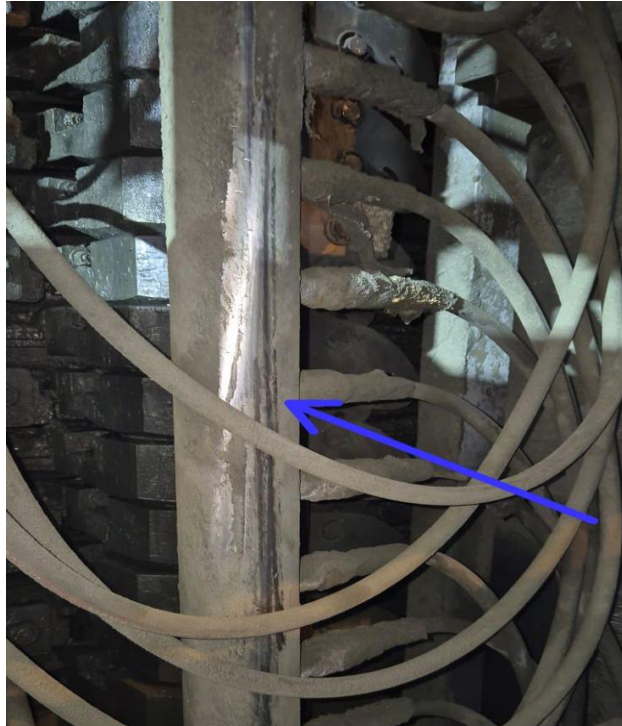


Figura 15. Proceso de verificación de instalación
Fuente: Elaboración propia



Figura 16. Instalación completada de sistema de lavado
Fuente: Elaboración propia

- **FASE 4 Pruebas y capacitación de personal**

Con la integración del sistema de lavado, se realizó la inspección de las conexiones para la seguridad esté garantizada en el diseño, procediendo a actualizar la documentación respectiva para la capacitación del personal para su uso y mantenimiento como se visualizara en la figura 17.



Figura 17. Capacitación a personal de mantenimiento
Fuente: Elaboración propia

- **FASE 5 Operación y monitoreo para una mejora continua**

Puesta en marcha en los ciclos de operación del filtro Larox, se aseguró que no se produjeran interrupciones en el proceso de producción, con una evaluación de los indicadores clave como la eficiencia de limpieza, reducción de residuos y tiempos de inactividad, para la optimización del rendimiento del sistema. El monitoreo del sistema de lavado se visualizara en la figura 18.



Figura 18. Evaluación de funcionamiento de sistema de lavado
Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Cronograma de actividades de sistema implementado

N°	ACTIVIDADES	2024															
		Julio				Agosto				Setiembre				Octubre			
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16
1	Diagnóstico de filtro Larox																
2	Toma de datos																
3	Selección de materiales y componentes																
4	Dimensionamiento de sistema de lavado																
5	Simulación y dibujo CAD del diseño																
6	Presentas de propuesta de mejora																
7	Aprobación de propuesta																
8	Coordinación de propuesta aprobada																
9	Requerimiento de materiales e insumos																
10	Fabricación de componentes de sistema de lavado																
11	Adaptación de conexiones de componentes																
12	Instalación de sistema de lavado																
13	Inspección de instalación																
14	Pruebas de funcionamiento de sistema																
15	Capacitación a personal de sistema implementado																
16	Puesta en funcionamiento de sistema																
17	Monitoreo de sistema implementado																
18	Informe de resultados de mejora implementada																

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 2, se brinda el cronograma de actividades del sistema implementado, que se dará desde el diagnóstico del filtro Larox, hasta la emisión del informe de resultados de la mejora implementada.

4.3.2. Proceso y secuencia operativa de las actividades profesionales

A continuación, se dará mediante un diagrama de procesos y secuencia operativa, las actividades realizadas en la figura 19.

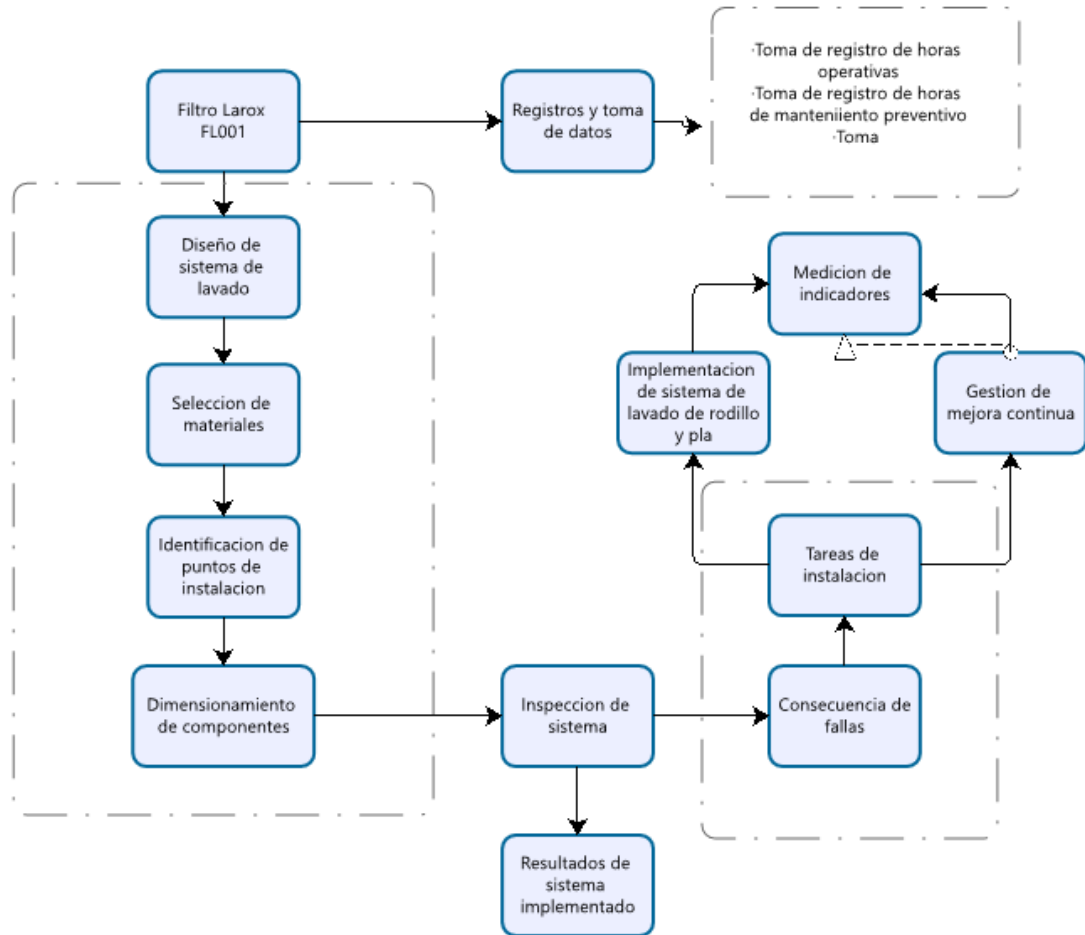


Figura 19. Proceso y secuencia operativa de las actividades realizadas
Fuente: Elaboración propia

En la figura 19, se brinda el proceso y secuencia operativa de las actividades de mantenimiento en un filtro Larox, que va desde el diseño del sistema de lavado, hasta el análisis de su dimensionamiento y los resultados del sistema implementado.

CAPÍTULO V: RESULTADOS

5.1. RESULTADOS FINALES DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

Como resultado de la implementación del sistema de lavado en el Filtro Larox FL001, se realizaron las siguientes actividades para conseguir los resultados.

5.1.1. Toma de datos

La toma de datos se dará con las especificaciones técnicas del filtro Larox FL001, en donde se realizará la implementación del sistema de lavado propuesto.

Tipo OUTOTEC PF 60 SERIES			156/156
Área de filtración		m ²	156
Tamaño del marco			156
Tamaño de la placa		mm	1500 x 4010
Cantidad de placas del filtro		pzs.	26
Volumen de la cámara		m ³	9,36
Dimensiones principales (con plataformas de servicio)	longitud	mm	7880
	ancho	mm	5440
	altura	mm	7605
Área de piso requerida		m ²	110
Peso (filtro sin equipo auxiliar)		t	109
Tela del filtro	ancho	mm	1700
	longitud	m	148
Motores eléctricos (460 V, 60 Hz) -unidad hidráulica		kW - r/min	110-1800
Presiones			
- Alimentación de lechada		bar	2,0 - 10,0
- Aire con presión		bar	2,0 - 16,0
- Aire con presión (accionadores de válvulas)		bar	6,0 - 12,0
- Secado por soplado de aire		bar	4,0 - 12,0
- Agua para lavado de la tela		bar	10,0 - 16,0

Figura 20. Ficha técnica de filtro FL001

Fuente. Tomado de (3)

En la figura 20, se muestra la ficha técnica del filtro FL001, en el cual se detallarán sus medidas y potencia requerida para su intervención.

5.1.2. Dimensionamiento

Para el dimensionamiento, se toma en cuenta el caudal y la presión brindada por la empresa de productora de Cobre, en donde nos brindarán un arranque o toma de agua, derivada de una tubería de 14", y se tendrá en cuenta, el recorrido de la manguera BALFLEX AIRMASTER AIR WATER 300PSI (Ver figura 12 y 13), con sus respectivos conectores, para su instalación al filtro Larox FL-001.

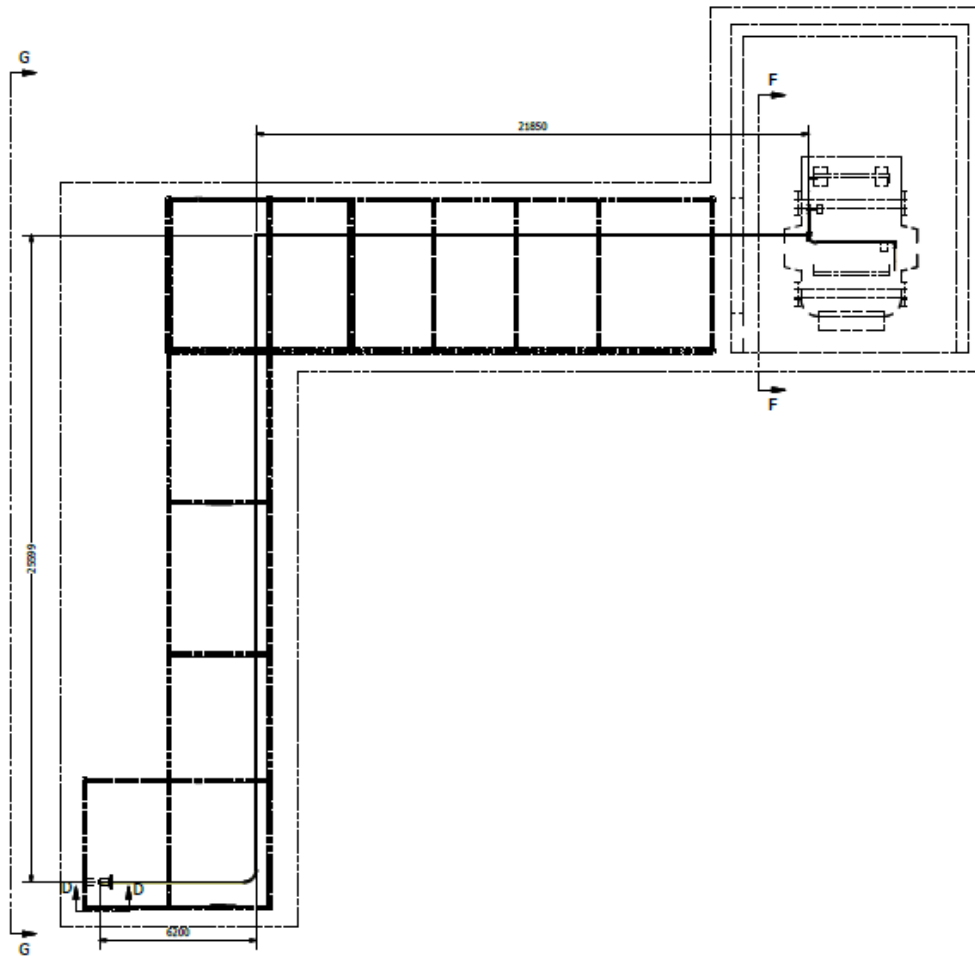


Figura 21. Longitudes de recorrido hacia Filtro Larox FL001 (1/2)
Fuente: Elaboración propia

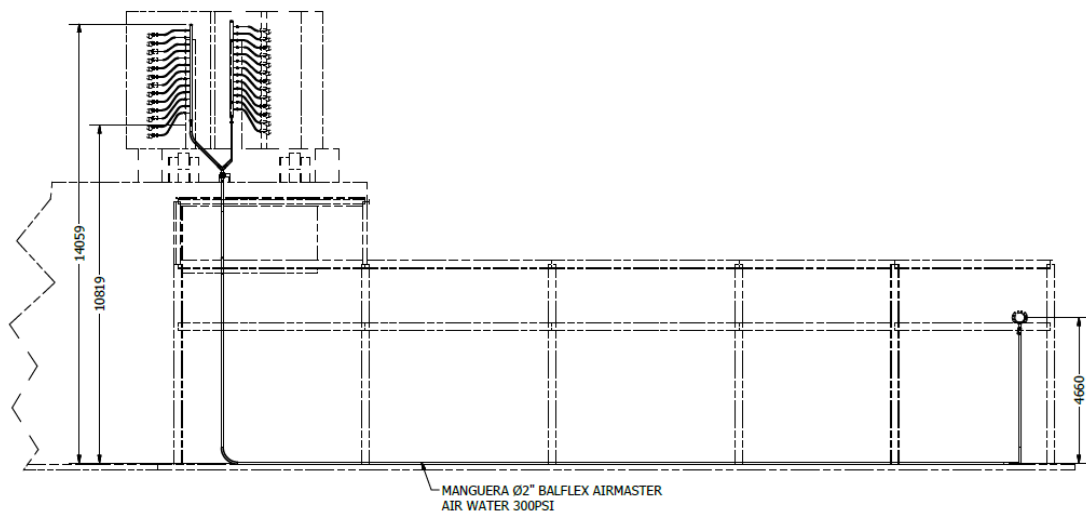


Figura 22. Longitudes de recorrido hacia Filtro Larox FL001 (2/2)
Fuente: Elaboración propia

Según las medidas tomadas, se realizó el bosquejo (ver figura 21 y 22) del sistema de lavado, desde la toma de 14", hasta el filtro Larox de su instalación.

Datos iniciales:

- **Caudal inicial:** $Q=1.5 \text{ L/s} = 0.0015 \text{ m}^3/\text{s}$
- **Presión inicial:** $P_{\text{inicial}}=200 \text{ PSI} = 1378.95 \text{ kPa}$
- **Diámetro de la manguera:** $D=2''=0.0508 \text{ m}$
- **Longitud total de la manguera:** $L=4.660+6.2+25.599+8.819+21.850= 67.128 \text{ m}$.
- **Diferencia de altura:**

Descenso: 4.660 m

Ascenso: 8.819 m

- **Diferencia neta:**

$$\Delta z = z_2 - z_1 = 8.819 - 4.660 = 4.159 \text{ m}$$

- **Codo de 90°:** Coeficiente de pérdida $K= 0.9$

Cálculo de la velocidad en la manguera

La velocidad del fluido en la manguera se calcula con la ecuación de continuidad:

$$v = Q/A$$

Donde el área de la sección transversal de la manguera es:

$$A = \frac{\pi}{4} D^2$$

Sustituyendo los valores:

$$A = \frac{\pi}{4} 0.0508^2 = 0.0020268 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{0.0015}{0.0020268} = 0.740 \text{ m/s}$$

Cálculo de la pérdida de carga por fricción

Se usa la ecuación de Darcy-Weisbach:

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

- f es el factor de fricción (calculado con Swamee-Jain para tubos lisos)
- $L=67.128 \text{ m}$ (Longitud total)

- $D=0.0508 \text{ m}$
- $g=9.81 \text{ m/s}^2$
- $v=0.740 \text{ m/s}$

El número de Reynolds (Re) se calcula como:

$$Re = \frac{vD}{\nu}$$

Con $\nu=1.003 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ (viscosidad cinemática del agua):

$$Re = \frac{0.740 * 0.0508}{1.003 * 10^{-6}} = 37466$$

Se usa la ecuación de Swamee-Jain para el factor de fricción:

$$f = \frac{0.25}{\frac{e}{D} \left(\log_{10} \left(\frac{D}{3.7} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right)^2}$$

Donde $e/D=0.00015/0.0508=0.00295$, entonces:

$$f = 0.0253$$

Sustituyendo en la ecuación de Darcy-Weisbach:

$$h_f = 0.0253 * \frac{67.128}{0.0508} * \frac{(0.740)^2}{2(9.81)} = 1.091 \text{ m}$$

Pérdida de carga por altura

Se usa la ecuación:

$$h_z = \Delta z = 4.159 \text{ m}$$

Pérdida de carga por codo de 90°

Se usa la ecuación para pérdidas localizadas:

$$h_c = 0.9 * \frac{(0.740)^2}{2(9.81)} = 0.0251 \text{ m}$$

Pérdida de carga total

$$h_{total} = h_f + h_z + h_c$$

$$h_{total} = 1.091 + 4.159 + 0.0251 = 5.275 \text{ m}$$

Conversión de pérdida de carga a presión perdida

Usamos la ecuación:

$$P_{perdida} = \rho g h_{total}$$

Donde $\rho=1000 \text{ kg/m}^3$ para el agua:

$$P_{perdida} = (1000)(9.81)(5.275)/1000 = 51.75 \text{ kPa}$$

Cálculo de la presión final

$$P_{final} = P_{inicial} - P_{perdida}$$

$$P_{final} = 1375.95 + 51.75 = 1327.20 \text{ kPa}$$

Convertimos a PSI:

$$P_{final} = \frac{1327.20}{6.89476} = \mathbf{192.49 \text{ PSI}}$$

Luego se halló la presión y caudal que llegara a cada manifold, que se instaló en el filtro Larox, y se controla con una válvula Pinch electroneumática, se tendrán los siguientes resultados:

- **Caudal antes de la bifurcación:** Q inicial =1.5L/s = **0.0015 m³/s**
- **Presión antes de la bifurcación:** Pinicial=192.49PSI =1327.2 kPa
- **Tubería antes de la bifurcación:**
 - Diámetro: D1=2"=0.0508 m
 - Longitud: L1=2m
- **Tuberías después de la bifurcación:**
 - Número de tuberías: **2**
 - Diámetro de cada tubería: D2=3"=0.0762 m
 - Longitud de cada tubería: L2=3 m
- **Manifold:** SCH40 (Schedule 40)

El caudal en cada tubería tras la bifurcación en Y, será:

$$Q_2 = \frac{Q_{inicial}}{2} = \frac{0.0015}{2} = 0.00075 \text{ m}^3/\text{s}$$

Velocidades en las tuberías

Usamos la ecuación de continuidad para encontrar la velocidad en cada sección.

$$v = \frac{Q}{A}$$

Área de la tubería inicial (D1=2"):

$$A = \frac{\pi}{4} D_1^2 = \frac{\pi}{4} (0.0508)^2 = 0.0020268 m^2$$

$$v = \frac{0.0015}{0.0020268} = 0.740 \text{ m/s}$$

Área de cada tubería bifurcada (D2=3"):

$$A = \frac{\pi}{4} D_2^2 = \frac{\pi}{4} (0.0762)^2 = 0.00456 m^2$$

$$v = \frac{0.00075}{0.00456} = 0.164 \frac{m}{s}$$

Pérdidas de carga por fricción

Usamos la ecuación de Darcy-Weisbach:

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$$

Para la tubería inicial (D1=2"), serán los mismos, hallados anteriormente.

Con el caudal hallado, y una pérdida de presión mínima, se procederá a hallar el caudal y presión final, por cada una de las 13 ramificaciones.

Presión y caudal en cada ramificación del manifold:

Datos iniciales:

Caudal antes del manifold (de cada tubería bifurcada): $Q_{\text{manifold}} = 0.00075 \text{ m}^3/\text{s}$
(0.75 L/s)

Presión antes del manifold: $P_{\text{manifold}} = 192.44 \text{ PSI}$ (1326.86 kPa)

Manifold: SCH40

Número de ramificaciones: 13 por cada manifold

Diámetro de cada ramificación:

Antes de la salida final: $D_{\text{ram}} = 1/2" = 0.0127 \text{ m}$

Salida final: $D_{\text{salida}} = 3 \text{ mm} = 0.003 \text{ m}$

Longitud de cada ramificación:

Total: 0.4 m

Recorrido hasta la salida: 0.2 m

División del caudal en cada ramificación

El caudal en cada ramificación es:

$$Q_{ram} = \frac{Q_{manifold}}{13} = \frac{0.00075}{13} = 0.0000577 m^3/s$$

Velocidades en la ramificación y en la salida

Se usa la ecuación de continuidad para encontrar las velocidades en cada sección.

$$v = \frac{Q}{A}$$

Área de la ramificación ($D_{ram}=1/2''$):

$$A_{ram} = \frac{\pi}{4} D_{ram}^2 = \frac{\pi}{4} (0.0127)^2 = 1.266 * 10^{-4} m^2$$

$$v = \frac{0.0000577}{1.266 * 10^{-4}} = 0.456 m/s$$

Área de la salida final ($D_{salida}=3 mm$):

$$A_{salida} = \frac{\pi}{4} D_{salida}^2 = \frac{\pi}{4} (0.003)^2 = 7.068 * 10^{-6} m^2$$

$$v = \frac{0.0000577}{7.068 * 10^{-6}} = 8.17 m/s$$

Pérdidas de carga en la ramificación de 1/2"

$$Re = \frac{0.456 * 0.0127}{1.003 * 10^{-6}} = 5778$$

Factor de fricción (f_{ram}) con Swamee-Jain:

$$f_{ram} = 0.028$$

$$h_f = 0.028 * \frac{0.4}{0.0127} * \frac{0.456 * 0.456}{2 * 9.81} = 0.18 m$$

Para la salida de 3 mm

Número de Reynolds:

$$Resalida = \frac{8.17 * 0.003}{1.003 * 10^{-6}} = 24442$$

Factor de fricción (f_{salida}):

$$f_{salida} = 0.029$$

$$h_{f_{salida}} = 0.029 * \frac{0.2}{0.003} * \frac{8.17 * 8.17}{2 * 9.81} = 18.6 \text{ m}$$

Pérdida total de presión

$$h_{total} = h_{fram} + h_{f_{salida}}$$

$$h_{total} = 0.18 + 18.6 = 18.78 \text{ m}$$

Convertimos a presión:

$$P_{perdida} = \frac{(1000)(9.81)(18.78)}{1000} = 184.2 \text{ kPa}$$

Presión final en cada salida

$$P_{final} = P_{manifold} - P_{perdida}$$

$$P_{final} = 1326.86 - 184.2 = 1142.66 \text{ kPa}$$

$$P_{final} = \frac{1142.66}{6.89476} = 165.76 \text{ PSI}$$

Con la velocidad de chorro de agua y la presión de salida final, se pudo determinar un trabajo a presión, logrando cumplir con la tarea encomendada para el sistema de lavado para los rodillos y raspadores en el filtro Larox FL001.

La unión de los componentes del manifold y la reducción 2" a 3", será Tipo SMAW, ya que el espesor del manifold será de 5.49mm.

5.1.3. Verificación de sistema

Para la adaptación, se tomó en cuenta la presión hallada, para poder lograr tener una presión y caudal equitativa en cada ramificación, que se proyectara sobre los rodillos y raspadores de los filtros Larox.

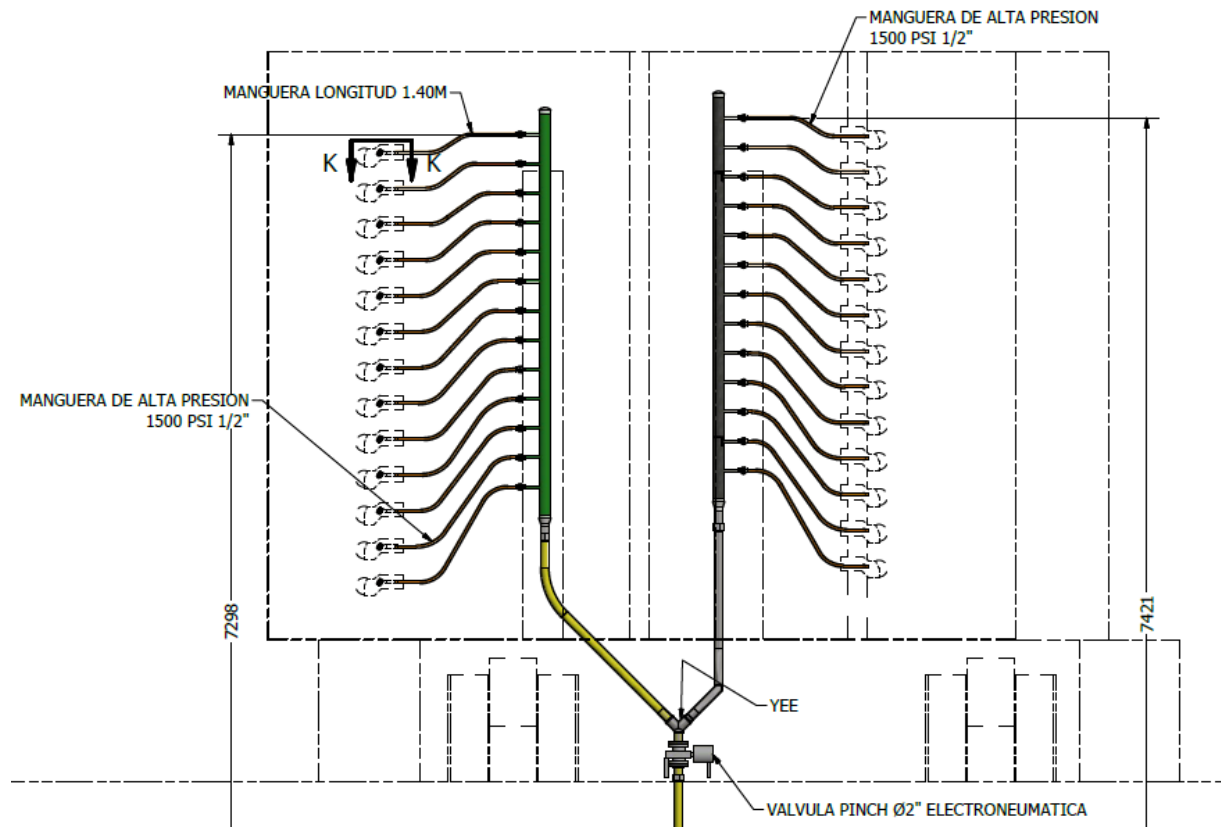


Figura 23. Diseño final de instalación de sistema de lavado
Fuente: Elaboración propia

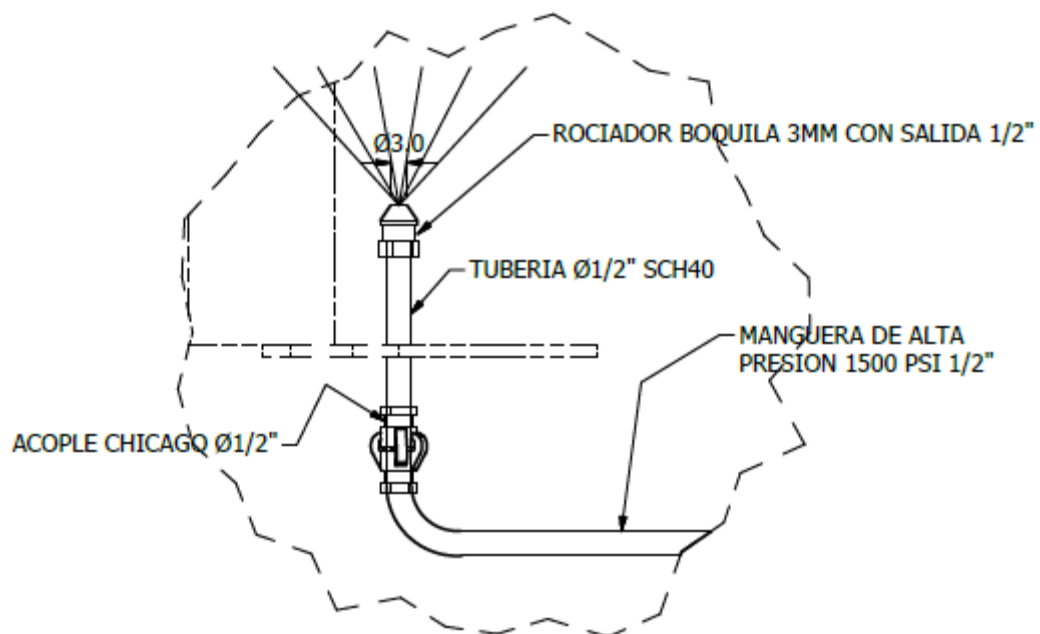


Figura 24. Diseño de rocío de agua sobre rodillos
Fuente: Elaboración propia

5.1.4. Adaptación de componentes

La adaptación de las tuberías y mangueras se realizó utilizando bridas roscadas y niples con especificación SCH40, adecuados para soportar altas presiones de trabajo. En la Figura 25 se muestra la bifurcación en "Y", la cual alimentará a los dos manifolds que serán implementados en el filtro Larox.

La Figura 26 presenta el diseño técnico del manifold a instalar, mientras que en la Figura 27 se visualiza el diseño final del sistema de lavado, tal como será instalado en el filtro Larox FL-001.

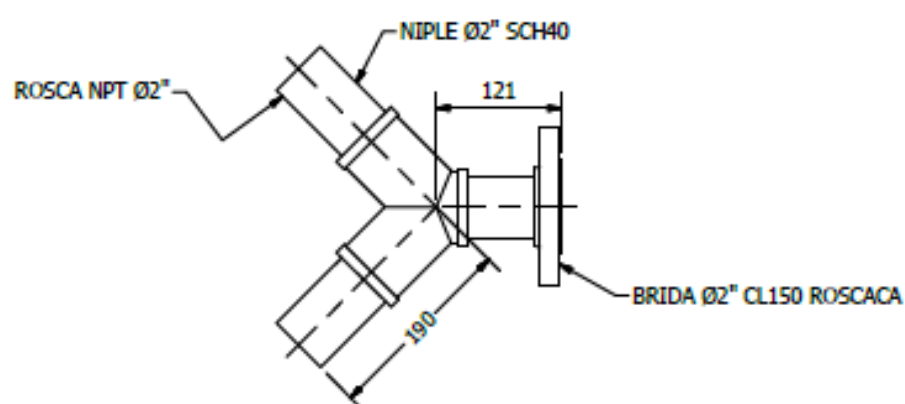


Figura 25. Bifurcación en Y, de tubería de alimentación
Fuente: Elaboración propia

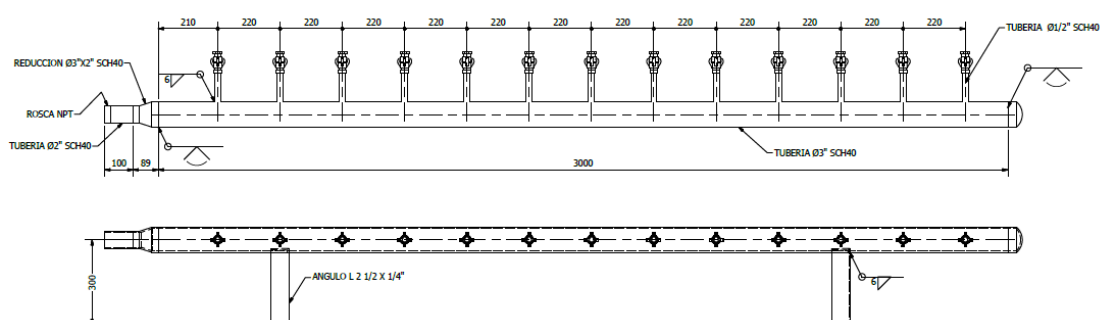


Figura 26. Diseño de manifold propuesto
Fuente: Elaboración propia

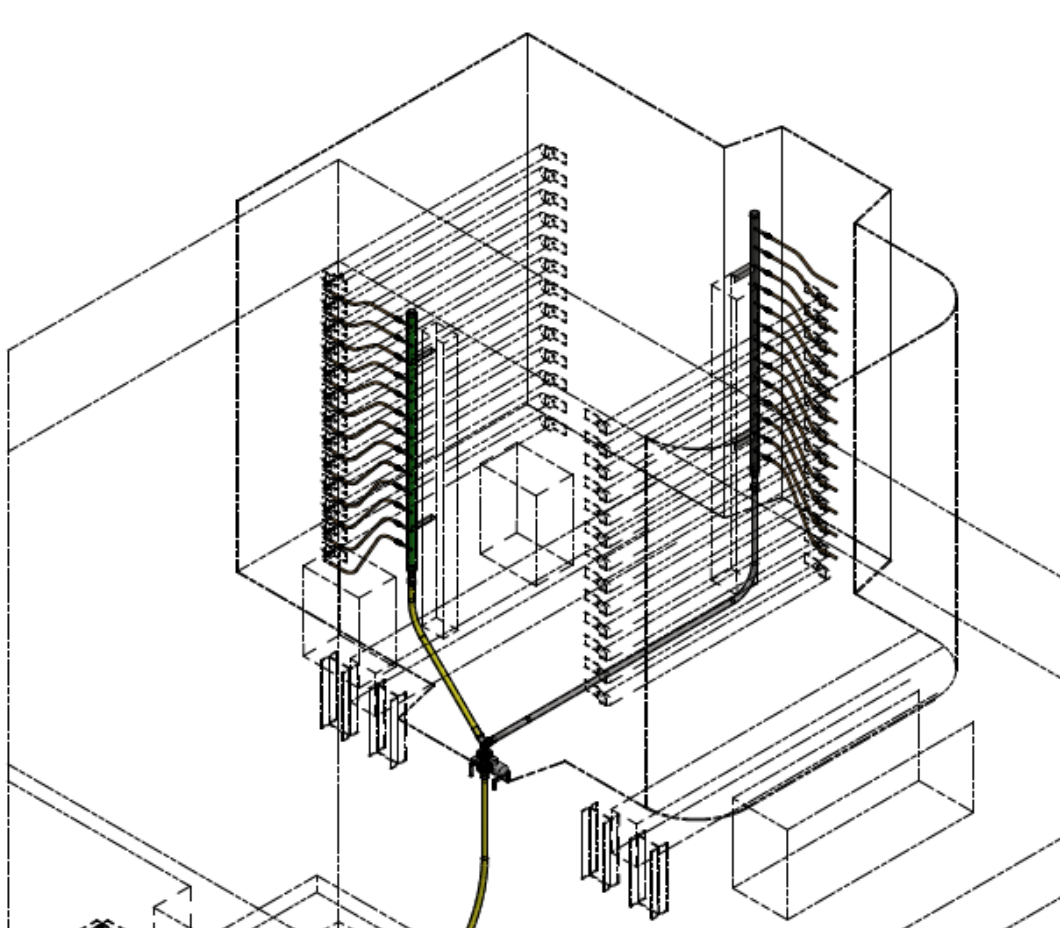


Figura 27. Diseño de instalación para fijación de manifold y sistema de lavado
Fuente: Elaboración propia

5.1.5. Instalación de sistema de lavado

La instalación de la propuesta implementada, se realizó mediante el arranque brindado por la empresa productora de Cobre, logrando reducir los tiempos de implementación en el filtro FL001, como se visualizara en la figura 28. Y se realizara la prueba de inspección como en dio en la figura 29.



Figura 28. Conexión de propuesta con arranque habilitado
Fuente: Elaboración propia



Figura 29. Proceso de verificación de propuesta proyectada
Fuente: Elaboración propia

5.2. LOGROS ALCANZADOS

Los logros alcanzados tras la implementación del sistema de lavado en el filtro Larox FL001 se reflejan en los siguientes aspectos clave:

- **Mejora en la Disponibilidad Operativa:** El sistema de lavado ha contribuido a una mayor disponibilidad operativa del filtro, como se observa en los registros de operatividad. La implementación permitió una significativa reducción de las horas de mantenimiento y limpieza manual, lo que a su vez optimizó las horas de operación.
- **Reducción de Tiempos de Inactividad:** La mejora en el proceso de lavado y la limpieza automatizada ha reducido los tiempos de inactividad causados por obstrucciones en los rodillos y raspadores. Este avance se refleja en una mayor cantidad de horas de operación en los meses posteriores a la implementación, destacándose un incremento en la disponibilidad general de la maquinaria.
- **Optimización de Costos Operativos:** La disminución de la necesidad de intervenciones de mantenimiento correctivo ha permitido una reducción significativa en los costos operativos. Esto se ha logrado principalmente por la mayor durabilidad de los componentes del filtro, como los rodillos y las telas filtrantes.
- **Indicadores de Mantenimiento Mejorados:** Los indicadores de mantenimiento, como el Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF) y el Tiempo Medio para Reparar (MTTR), han mostrado una mejora notable. Se ha alcanzado una disminución del MTTR, lo que implica una respuesta más rápida a las fallas, y un incremento en el MTBF, lo que refleja una mayor fiabilidad del sistema.

La tabla a continuación muestra los registros de operatividad del filtro FL001 en el año 2024, destacando la mejora en la disponibilidad y eficiencia operativa:

Tabla 3. Registros de operatividad de filtro FL001 en año 2024

MES	HORAS DISPONIBLES	HORAS INSPECCIÓN	HORAS MANTTO	HORAS DE LAVADO ANTERIOR	PAR.	HORAS DE OPERACIÓN	MTTR	MTBF	DISPON.
ENERO	744	15.5	60	31	35	637.5	3.04	18.21	85.69%
FEBRERO	696	14.5	32	29	35	620.5	2.16	17.73	89.15%
MARZO	744	15.5	40	31	37	657.5	2.34	17.77	88.37%
ABRIL	720	15	32	30	36	643	2.14	17.86	89.31%
MAYO	744	15.5	16	30	37	710.5	2.79	18	90.40%
JUNIO	720	15	16	30	35	687	3	21	89.95%
JULIO	744	15.5	16	2	13	710.5	2.58	54.65	95.50%
AGOSTO	744	15.5	16	2	8	710.5	4.19	88.81	95.50%
SEPTIEMBRE	720	15	16	2	10	687	3.3	68.7	95.42%
OCTUBRE	744	15.5	16	2	12	710.5	2.79	59.21	95.50%
NOVIEMBRE	720	15	16	2	8	687	4.13	85.88	95.42%
DICIEMBRE	744	15.5	16	2	9	710.5	3.72	78.94	95.50%

Fuente: Elaboración propia a base de registros de enero a diciembre del año 2024

5.3. DIFICULTADOS ENCONTRADAS

Entre las dificultades encontradas como supervisor de operaciones en la empresa de producción de cobre, fueron:

- Poco tiempo para toma de datos de mediciones y componentes interiores por la criticidad de los filtros Larox.
- Falta de controles de presión en cada toma de agua fresca, que permita llevar un control estricto del consumo de agua fresca en los procesos de producción de cobre.
- Corto tiempo para implementación de la mejora propuesta, en la que se tuvo que realizar en cada mantenimiento programado en el filtro Larox FL-001.

5.4. PLANTEAMIENTO DE MEJORAS

Según lo recabado, en la ejecución de la propuesta implementada, se planteará como mejora, los siguientes puntos:

- Manejo correcto para los registros de datos de los tiempos operativos del filtro Larox
- Control en los registros de fallas y de reparación de los componentes de producción de cobre
- Manejo correcto de los cronogramas y trabajos de mantenimientos programados según el plan de mantenimiento ejecutados por parte de la empresa de producción de cobre

5.4.1. Metodologías propuestas

- Capacitación e inducción del personal de mantenimiento en fundamentos de cuidado y mantenimiento de los filtros Larox.
- Inducción de correcto llenado de formatos y registros de los mantenimientos de los filtros Larox.
- Actualización de los PETS, IPERC continuo e informes llenados.
- Instalación de propuesta implementada con personal capacitado.

5.4.2. Descripción de la implementación

- **Capacitación e inducción del personal de mantenimiento en fundamentos de cuidado y mantenimiento de los filtros Larox.**

Se desarrollaron capacitaciones programadas a personal destinado en el mantenimiento del filtro Larox.

Se programaron inducciones para actualización de procedimientos de trabajo seguro en el área húmeda de la empresa productora de cobre.

- **Inducción de correcto llenado de formatos y registros de los mantenimientos de los filtros Larox.**

Se brindó inducción para el correcto llenado de los formatos, para un correcto control de operación del sistema de lavado implementado.

- **Actualización de los PETS, IPERC continuo e informes llenados.**

Notificación para la actualización de los procedimientos de trabajo seguro, y formatos de seguridad preestablecidos.

- **Instalación de propuesta implementada con personal capacitado.**

Procedimiento de instalación de tuberías y mangueras, previa autorización para los trabajos internos de adaptación de tuberías para la alimentación de agua fresca, hasta el filtro Larox.

5.5. ANÁLISIS

Desde inicios del año 2024, durante el ejercicio de la función como Supervisor de Operaciones en la empresa Kampfer S.A.C., se evidenciaron deficiencias en la producción de cobre asociadas al funcionamiento de los filtros Larox. Aunque estos contaban con un sistema de lavado para las telas filtrantes, se presentaban constantes mantenimientos no programados en sus componentes.

A partir de junio de 2024, se procedió con el diagnóstico y la evaluación técnica para la instalación de un sistema de lavado específico para los rodillos y raspadores del filtro Larox FL-001 (ver Anexo 4).

En el mes de septiembre, tras la aprobación de la propuesta presentada, se ejecutó la mejora del filtro Larox FL-001. Esta intervención incluyó la adaptación de tuberías de 2 pulgadas hasta el manifold ubicado en el interior del filtro, permitiendo la distribución del agua a presión mediante boquillas de aspersión orientadas a cada rodillo y placa correspondiente.

Posteriormente, se llevó a cabo el monitoreo y ajuste de los componentes instalados, utilizando los formatos diseñados para tal fin (ver Anexo 5).

5.6. APOORTE DE BACHILLER EN LA EMPRESA

Como Supervisor de Operaciones, además de bachiller en ingeniería mecánica, los aportes que se lograron en proyectos realizados en la empresa Kampf S.A.C. fueron:

- Desarrollo e implementación del sistema de lavado en el filtro Larox FL-001 de la empresa de producción de cobre.
- Se diagnosticó y se redujo los mantenimientos que causaban largas horas de parada de producción en el área de filtrado de cobre.
- Se establecieron cronogramas de mantenimiento actualizados con los componentes instalados, asegurando su correcto funcionamiento según lo propuesto.
- Se realizó la implementación adecuada del sistema de lavado de rodillos y raspadores.

Con la mejora del plan de mantenimiento, se logró mejorar la producción del filtro Larox FL-001, el cual había experimentado interrupciones en sus operaciones, como se muestra a continuación:

Tabla 4. Horas disponibles y producción de filtro Larox FL001

MES	HORAS DISPONIBLES	HORAS DE OPERACIÓN	PRODUCCIÓN X HORA (TON)	PRODUCCIÓN MENSUAL (TON)	COSTO X TON (AL 55%)	COSTO DE PRODUCCIÓN
ENERO	744	637.5	66.67	42502.125	\$ 150.00	\$6,375,318.75
FEBRERO	696	620.5	66.67	41368.735	\$ 150.00	\$6,205,310.25
MARZO	744	657.5	66.67	43835.525	\$ 150.00	\$6,575,328.75
ABRIL	720	643	66.67	42868.81	\$ 150.00	\$6,430,321.50
MAYO	744	710.5	66.67	47369.035	\$ 150.00	\$7,105,355.25
JUNIO	720	687	66.67	45802.29	\$ 150.00	\$6,870,343.50
JULIO	744	710.5	66.67	47369.035	\$ 150.00	\$7,105,355.25
AGOSTO	744	710.5	66.67	47369.035	\$ 150.00	\$7,105,355.25
SEPTIEMBRE	720	687	66.67	45802.29	\$ 150.00	\$6,870,343.50

OCTUBRE	744	710.5	66.67	47369.035	\$ 150.00	\$7,105,355.25
NOVIEMBR E	720	687	66.67	45802.29	\$ 150.00	\$6,870,343.50
DICIEMBRE	744	710.5	66.67	47369.035	\$ 150.00	\$7,105,355.25

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4, se puede visualizar los registros del año 2024, en los que de enero a abril, las bajas horas disponible del filtro Larox FL001, y de mayo de 2024 a diciembre de 2024, presentó una mejora por más de \$/500,000.

Con la determinación de los costos de implementación, se requerirá lo siguiente:

Tabla 5. Costos de fabricación de sistema de lavado

ITEM	MATERIALES Y COMPONENTES	CANT.	UNID.	COSTO		COSTO TOTAL	
				UNIT.			
1	Manguera de ø2" Balflex Airmaster	80	ml	S/	38.57	S/	3,085.60
2	Manguera de ø1/2" Balflex Airmaster	20	ml	S/	21.45	S/	429.00
3	Acople Inox de chicao de ø1/2"	104	Unds	S/	18.42	S/	1,915.68
4	Niple Inox de ø2" x 0.10 largo	9	Unds	S/	9.45	S/	85.05
5	Niple Inox de ø1/2" X 0.10 m de largo	52	Unds	S/	6.27	S/	326.04
6	Válvula bola de ø2" INOX	1	und	S/	122.00	S/	122.00
7	Válvula pinch de ø 2"	1	Unds	S/	2,045.00	S/	2,045.00
8	Tubería SCH40 de ø3" x 6 metros	1	Unds	S/	425.00	S/	425.00
9	Rociador con salidas de 1/2" - 3mm	26	Unds	S/	14.56	S/	378.56
10	Brida roscada de ø2"	2	Unds	S/	60.00	S/	120.00
11	Reducción con salidas de ø3" - ø2"	2	Unds	S/	75.00	S/	150.00
12	Soldadura Inox de 3/32	10	kg	S/	50.00	S/	500.00
13	Chamfercord 1/8	5	kg	S/	40.00	S/	200.00
14	thredolet en Inox de ø2 pulg	1	und	S/	55.00	S/	55.00
15	disco de corte de ø4 1/2 por 1/8 de espesor	10	Unds	S/	5.50	S/	55.00
16	disco de desbaste de ø4 1/2 por 1/4 de espesor	6	Unds	S/	6.50	S/	39.00
17	disco de corte de ø7 por 1/8 de espesor	6	Unds	S/	6.00	S/	36.00
18	disco de desbaste de ø4" 1/2 por 1/4 de espesor	4	Unds	S/	6.00	S/	24.00
19	escobilla circular de ø 4 1/2"	6	Unds	S/	6.00	S/	36.00
20	soga de ø 1/2" por 10 m	2	Unds	S/	25.00	S/	50.00
21	Pernos de 5/8	4	und	S/	2.75	S/	11.00
22	Tuercas	4	Unds	S/	1.00	S/	4.00
23	Arandelas	8	Unds	S/	1.00	S/	8.00
TOTAL						S/	10,099.93

Fuente: Elaboración propia

Con la mejora implementada, también se redujo los costos de mano de obra hasta en S/11,118.00, como se visualiza en la tabla 6.

Tabla 6. Costos de Mano de Obra

ITEM	MANO DE OBRA	COSTO HORA/HOMBRE	HORAS DE TRABAJO	COSTO TOTAL
1	Supervisor de operaciones	S/ 12.50	204	S/ 2,550.00
2	Supervisor de seguridad	S/ 12.50	204	S/ 2,550.00
3	Líder mecanico	S/ 10.00	204	S/ 2,040.00
4	operario mecanico	S/ 9.50	204	S/ 1,938.00
5	operario soldador	S/ 10.00	204	S/ 2,040.00
TOTAL				S/ 11,118.00

Fuente: Elaboración propia

Tras la implementación del sistema de lavado, se pudo evidenciar los siguientes aspectos aportados como Supervisor de Operaciones en la empresa minera en la región Arequipa, tal como detalla en la siguiente tabla:

Tabla 7. Aspectos aportados: comparativo

Aspecto Aportados	Antes de la Implementación	Después de la Implementación
Disponibilidad Operativa	Baja disponibilidad debido a frecuentes paradas por limpieza manual.	Aumento de la disponibilidad operativa debido a la automatización del lavado.
Tiempo de Inactividad	Altos tiempos de inactividad debido a la acumulación de pulpa y limpieza manual.	Reducción significativa de tiempos de inactividad, con mantenimiento más eficiente.
Frecuencia de Mantenimiento Correctivo	Mantenimiento correctivo frecuente debido a la acumulación de pulpa en los rodillos.	Disminución de mantenimiento correctivo gracias a la reducción de acumulación de pulpa.
Vida Útil de los Componentes	Desgaste acelerado de rodillos, raspadores y telas filtrantes por falta de limpieza eficaz.	Aumento en la vida útil de los componentes, al prevenir el desgaste prematuro.
Costos Operativos	Altos costos operativos asociados a mantenimiento correctivo y reemplazo de componentes.	Reducción de costos operativos a largo plazo debido a la menor frecuencia de intervenciones y mayor durabilidad de los componentes.
Eficiencia del Proceso de Filtrado	Baja eficiencia en la filtración debido a la obstrucción de los rodillos y raspadores.	Mejora en la eficiencia del proceso de filtrado gracias a un lavado efectivo de los rodillos y raspadores.
Sostenibilidad Ambiental	Uso ineficiente del agua, con posibles desperdicios durante el proceso de limpieza manual.	Uso más eficiente del agua con el sistema de lavado a presión, reduciendo el desperdicio de agua.

Impacto en la Productividad	Pérdida de productividad debido a las paradas no programadas para limpieza.	Aumento en la productividad gracias a la mayor continuidad operativa del filtro.
Gestión de Recursos Hídricos	El agua fresca se usaba de manera no controlada, con pérdidas innecesarias.	Optimización en el uso del agua, con control de presión y flujo para un consumo más eficiente.

Fuente: Elaboración propia, según resultados obtenidos.

CONCLUSIONES

- En conclusión, la implementación de un sistema de lavado en los rodillos y raspadores del filtro Larox FL001 resultó en una notable mejora en la disponibilidad operativa del filtro. La instalación del sistema de lavado automatizado permitió reducir significativamente las paradas no programadas, lo que se traduce en un aumento en la eficiencia operativa de la planta. Esta optimización mejoró la continuidad del proceso de filtrado de concentrados de cobre, garantizando una mayor disponibilidad y reduciendo los costos asociados con mantenimientos imprevistos.
- Se concluye que la determinación de los componentes necesarios para mejorar la disponibilidad del filtro Larox FL001, así como el diseño y la integración del sistema de lavado, fueron fundamentales. El dimensionamiento preciso de las tuberías, el manifold y los componentes de la línea de agua fresca permitió asegurar una distribución eficaz del agua a presión. Esta intervención permitió reducir las obstrucciones causadas por la acumulación de pulpa en los rodillos y raspadores, mejorando el rendimiento del sistema de filtrado.
- La reducción de las obstrucciones en los rodillos y raspadores mediante la implementación del sistema de lavado resultó en una disminución notable de fallas en los componentes del filtro, como la tela filtrante. El lavado efectivo de los rodillos y raspadores redujo la frecuencia de mantenimientos correctivos y prolongó la vida útil de las partes críticas del sistema, lo que permitió una operación más estable y continua. Esto también contribuyó a la reducción de los tiempos de inactividad y a una mayor eficiencia en la producción.
- Se concluye que la minimización de la acumulación de pulpa gracias al sistema de lavado implementado permitió que el proceso de filtrado se mantuviera en

funcionamiento durante períodos más largos, sin interrupciones frecuentes por mantenimiento. La automatización del lavado no solo optimizó la disponibilidad del filtro, sino que también resultó en una importante reducción de los costos operativos derivados de las intervenciones de mantenimiento preventivo y correctivo. La mayor durabilidad de los componentes del filtro también contribuyó a la optimización de los recursos en la planta.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda la instalación del sistema de lavado automatizado en los filtros Larox FL002 y FL003 de la empresa minera de la región Arequipa, ya que se ha demostrado una mejora significativa en la disponibilidad operativa del filtro Larox FL001. Esta intervención permite optimizar el rendimiento y reducir los tiempos de inactividad no programados, lo que mejora la eficiencia operativa general.
- Se sugiere mantener las presiones de trabajo de agua altas en el sistema de lavado, conforme a los resultados obtenidos en el filtro Larox FL001. La correcta presión asegura una distribución eficaz del agua, optimizando la limpieza de los rodillos y raspadores, lo que reduce las obstrucciones y previene fallas en los componentes, garantizando una operación más estable.
- Se recomienda continuar utilizando el sistema de lavado implementado, ya que se ha logrado reducir significativamente las obstrucciones en los rodillos y raspadores. Este sistema no solo minimiza las fallas en la tela filtrante, sino que también prolonga la vida útil de los componentes, reduciendo la frecuencia de mantenimientos correctivos y optimizando la estabilidad operativa.
- Es importante continuar con la implementación del sistema de lavado para minimizar la acumulación de pulpa, lo que reduce el desgaste en los rodillos y raspadores. Esta mejora permite un ciclo de mantenimiento más eficiente, con intervalos que pueden extenderse hasta 15 días, disminuyendo los tiempos de inactividad y optimizando los costos operativos asociados con las intervenciones de mantenimiento.

BIBLIOGRAFÍA

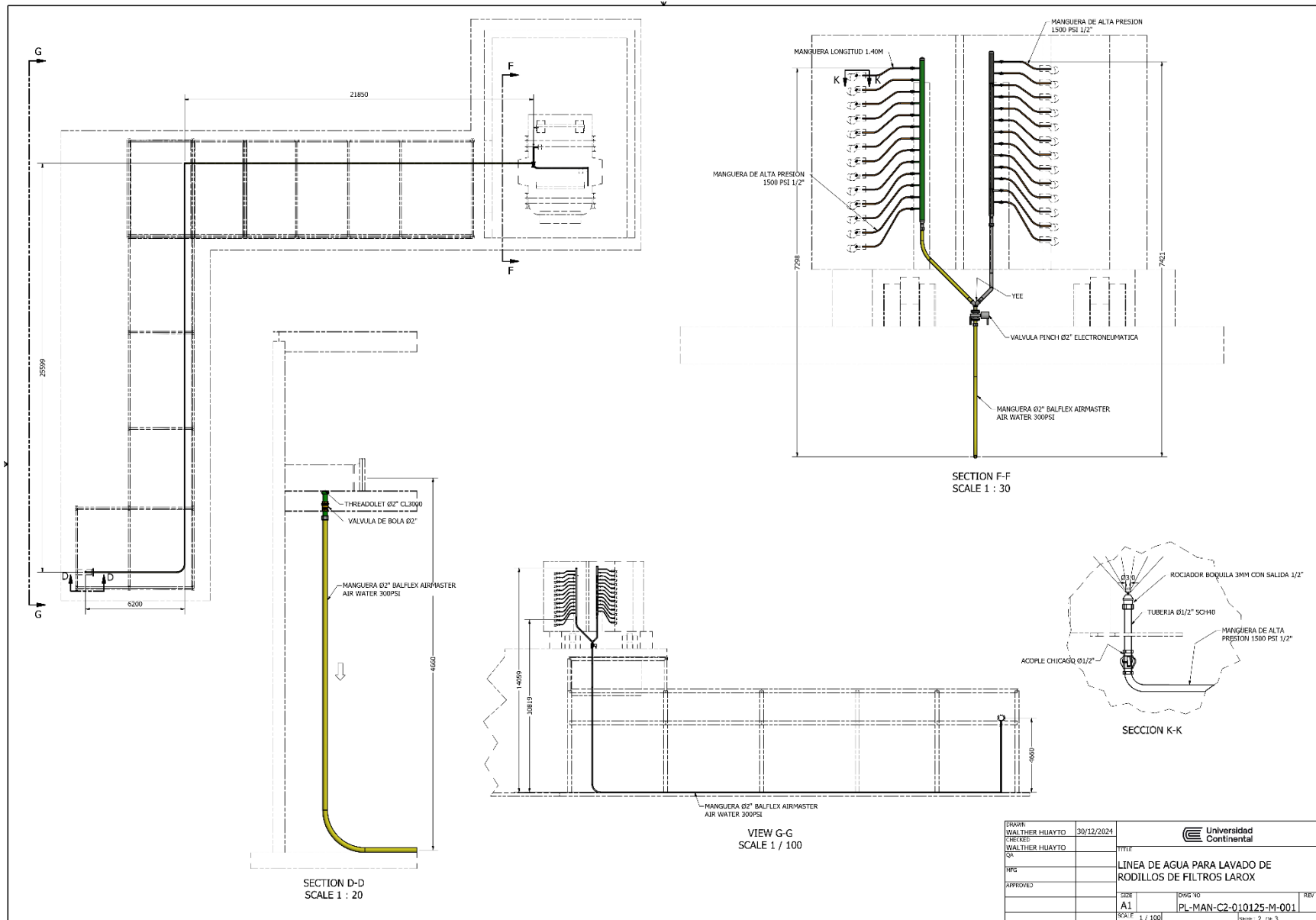
1. Kampfer SAC. *Sistema de lavado para filtros industriales*. [En línea] 2024. <https://kampfer.pe/> [Accedido: 24 de marzo de 2024]
2. Rodríguez, J. *Filtros de cobre en la industria moderna: Aplicaciones y beneficios*. 2ª ed. Lima: Editorial Tecnológica, 2020.
3. Metso. *Filtro Larox PF*. 2024. https://www.metso.com/es/portafolio/filtro-larox-pf/?utm_source. [Accedido: 24 de diciembre de 2024]
4. IDOCPUB. Curso mantenimiento filtro Larox. [En línea] 2016. https://idoc.pub/documents/curso-mantenimiento-filtro-larox-componentes-mecanismo-sistemas-reemplazo-ajustes-respuestaspdf-wl1pd35jg1lj?utm_source [Accedido: 20 de marzo de 2024].
5. Martínez, J. *Gestión de mantenimiento industrial: Estrategias y tipos de mantenimiento en la industria moderna*. s.l. : Editorial Ingeniería, 2017.
6. González, L. *Gestión de mantenimiento industrial: Indicadores clave para la mejora continua*. s.l. : Editorial Innovación, 2019.
7. Martínez, J. *Mantenimiento industrial: Indicadores y su impacto en la eficiencia operativa*. s.l. : Editorial Técnica, 2018.
8. Chicaiza Oña, Ronald Manolo y González Jiménez, Humberto. *Sistema de Monitoreo en Nube Para el Diagnóstico Predictivo de Fallos de Motores Eléctricos*. Guayaquil. : Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2021.
9. Huertas Mora, Alexander. *Algoritmos de aprendizaje supervisado utilizando datos de monitoreo de condiciones: un estudio para el pronóstico de fallas en máquinas*. 2020.
10. Vargas Fernández, Álvaro. *Detección de anomalías en un motor eléctrico mediante inteligencia computacional*. [ed.] Universidad de Valladolid. Escuela de Ingenierías Industriales. 2021.
11. Albornoz Cabello, Gerson. *Aplicación del aprendizaje automático supervisado en el mantenimiento predictivo de los motores eléctricos de inducción en las empresas mineras del Perú*. 2021.
12. Aduato Arana, Ricardo. *Aplicación de la inteligencia artificial en la detección de fallas en los motores eléctricos de corriente continua de imán permanente*. 2021.

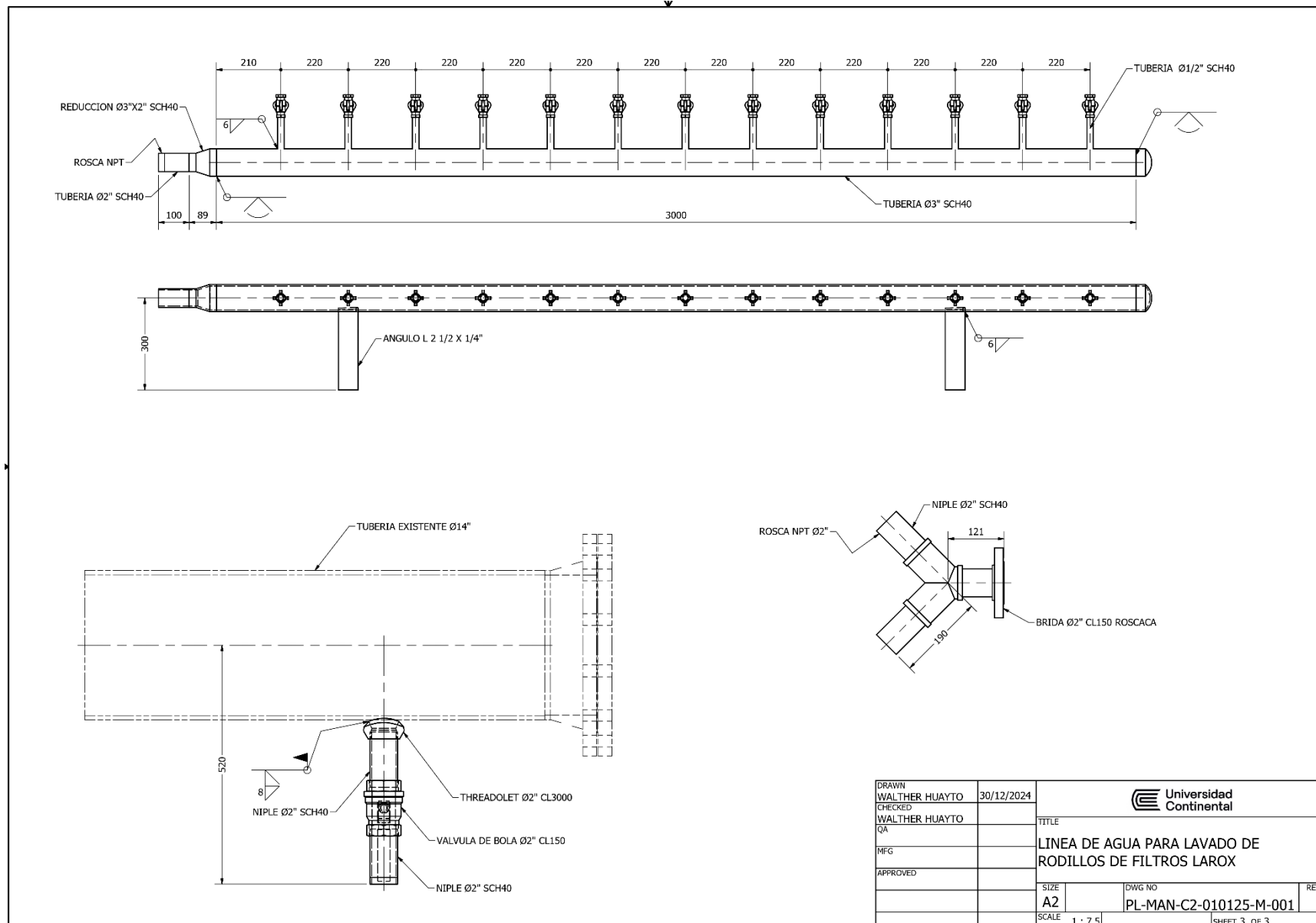
13. Contreras Álvarez, José . Diseño de un modelo para mantenimiento predictivo en motores de inducción utilizando técnicas de la Industria 4.0. Lima : s.n., 2020.
14. Salas Hernández, José. Propuesta de un Modelo de Gestión de Mantenimiento RCM para la máquina de producción inyectora Haitian 250 de la empresa Industrias Plásticas Gr. 2024.
15. Pérez, M. "Avances en el diseño de sistemas hidráulicos en minería". *Revista de Ingeniería Mecánica*, 15(3), 2019, pp. 25-30

ANEXOS

DETAIL B
SCALE 1 : 25

PROYECTO	WALTER HUAYTO	30/12/2024	Universidad Continental
DISEÑO	WALTER HUAYTO		
VERIFICADO			
APROBADO			
TÍTULO			LÍNEA DE AGUA PARA LAVADO DE RODILLOS DE FILTROS LAROX
SOL			A1
Escala			1 / 100
Hoja			1 de 3





Anexo 2. Tabla de especificaciones mangueras Balflex

Tabla 1: Presión nominal de trabajo a 20°C (+68°F) de mangueras hidráulicas con malla textil de Balflex® (MPa / PSI)

Balflex	Norma	3/16"	1/4"	5/16"	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	3 1/2"	4"
		-3	-4	-5	-6	-8	-10	-12	-16	-20	-24	-32	-40	-48	-56	-64
		DN5	DN6	DN8	DN10	DN12	DN16	DN19	DN25	DN31	DN38	DN51	DN63	DN76	DN90	DN100
TEXMASTER 1	DIN EN 854 1TE / ISO 4079 / SAE J517 R6	3.4	2.8	2.8	2.8	2.8	2.4	2.1	1.7							
		500	410	410	410	410	350	310	250							
TEXMASTER 2	DIN EN 854 2TE / ISO 4079	8.0	7.5	6.8	6.3	5.8	5.5	4.5	4.0							
		1200	1100	990	920	850	730	660	580							
TEXMASTER 3	DIN EN 854 1TE / ISO 4079 / SAE J517 R3	16.0	14.5	13.0	11.0											
		2400	2200	1900	1600											
TEXMASTER 3	SAE J517 R3 / ISO 4079					7.0	6.1	5.2	3.9	2.6						
						1100	950	800	600	400						
TEXMASTER 3T	DIN EN 854 1TE / ISO 4079					9.3	8.0	7.0	5.5	4.5	4.0	3.3				
						1400	1200	1100	800	660	580	480				
MULTIPURPOSE		2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0				
		300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300				
PUSH-ON			2.4	2.4	2.4	2.1	2.1	2.1	1.4							
			350	350	350	310	310	310	210							
TORNARE	SAE J517 R4							2.1	1.7	1.4	1.05	0.7	0.4	0.4	0.3	0.25
								310	250	210	160	110	60	60	50	40

Anexo 3. Especificaciones técnicas Acero Inoxidable



Tubos ASTM A53 / ASTM A106 / API 5L Gr. B SCH STD / 40 / XS / 80 / 160

Tubo de acero negro sin costura, tri-norma A53 / ASTM A106 / API 5L grado B x 6 metros de largo.

Desde 1/4" a 11/2" en corte recto, y desde 2" a 24" con extremos biselados¹.

Esta tubería está destinada a aplicaciones mecánicas y de presión y también es aceptable para usos ordinarios en la conducción de vapor, agua, gas, y las líneas de aire. Este tipo de tubería es apta para ser soldada y roscada. La vida útil corresponde al uso en condiciones normales para lo que fue fabricada.

* Opcional extremos planos



TUBERÍA DE ACERO

Tolerancia Dimensional

Espesor mínimo	-12.5% del valor nominal
Peso	+/-10% del valor nominal
Diámetro	1/8" hasta 1 1/2": +/- 1/64"; 2" hasta 24": +/-1% del valor nominal

Propiedades Mecánicas

Resistencia a la Tracción, min	60000 PSI (415 MPa)
Fluencia, min	35000 PSI (240 MPa)

Diámetro Nominal	Dimen. Exterior	STD				SCH-40			XS			SCH-80			SCH-160		
		Espesor Nominal	Peso		Espesor Nominal	Peso		Espesor Nominal	Peso		Espesor Nominal	Peso		Espesor Nominal	Peso		
Pulg.	mm	mm	kg/m	kg	mm	kg/m	kg	mm	kg/m	kg	mm	kg/m	kg	mm	kg/m	kg	
1/4	13.7	2.24	0.63	3.78	2.24	0.63	3.78	3.02	0.80	4.8	3.02	0.80	4.8	-	-	-	
3/8	17.1	2.31	0.84	5.04	2.31	0.84	5.04	3.20	1.10	6.6	3.20	1.10	6.6	-	-	-	
1/2	21.3	2.77	1.27	7.62	2.77	1.27	7.62	3.73	1.62	9.72	3.73	1.62	9.72	4.78	1.95	11.7	
3/4	26.7	2.87	1.69	10.14	2.87	1.69	10.14	3.91	2.20	13.2	3.91	2.20	13.2	5.56	2.90	17.4	
1	33.4	3.38	2.50	15	3.38	2.50	15	4.55	3.24	19.44	4.55	3.24	19.44	6.35	4.24	25.44	
1 1/4	42.2	3.56	3.39	20.34	3.56	3.39	20.34	4.85	4.47	26.82	4.85	4.47	26.82	6.35	5.61	33.66	
1 1/2	48.3	3.68	4.05	24.3	3.68	4.05	24.3	5.08	5.41	32.46	5.08	5.41	32.46	7.14	7.25	43.5	
2	60.3	3.91	5.44	32.64	3.91	5.44	32.64	5.54	7.48	44.88	5.54	7.48	44.88	8.74	11.11	66.66	
2 1/2	73.0	5.16	8.63	51.78	5.16	8.63	51.78	7.01	11.41	68.46	7.01	11.41	68.46	9.53	14.92	89.52	
3	88.9	5.49	11.29	67.74	5.49	11.29	67.74	7.62	15.27	91.62	7.62	15.27	91.62	11.13	21.35	128.1	
4	114.3	6.02	16.07	96.42	6.02	16.07	96.42	8.56	22.32	133.92	8.56	22.32	133.92	13.49	33.54	201.24	
5	141.3	6.55	21.77	130.62	6.55	21.77	130.62	9.53	30.97	185.82	9.53	30.97	185.82	15.88	49.12	294.72	
6	168.3	7.11	28.26	169.56	7.11	28.26	169.56	10.97	42.56	255.36	10.97	42.56	255.36	18.26	67.57	405.42	
8	219.1	8.18	42.55	255.3	8.18	42.55	255.3	12.70	64.64	387.84	12.70	64.64	387.84	23.01	111.27	667.62	
10	273.0	9.27	60.29	361.74	9.27	60.29	361.74	12.70	81.55	489.3	15.09	95.98	575.88	28.58	172.27	1033.62	
12	323.8	9.53	73.88	443.28	10.31	79.71	478.26	12.70	97.46	584.76	17.48	132.05	792.3	33.32	238.69	1432.14	
14	355.6	9.53	81.33	487.98	11.13	94.55	567.3	12.70	107.39	644.34	19.05	158.11	948.66	35.71	281.72	1690.32	
16	406.4	9.53	93.27	559.62	12.70	123.31	739.86	12.70	123.30	739.8	21.44	203.54	1221.24	40.49	365.38	2192.28	
18	457	9.53	105.16	630.96	14.27	155.81	934.86	12.70	139.15	834.9	23.83	254.57	1527.42	45.24	459.39	2756.34	
20	508	9.53	117.15	702.9	15.09	183.43	1100.58	12.70	151.2	930.72	26.19	311.19	1867.14	50.01	564.85	3389.1	
22	559	9.53	129.13	774.78	-	-	-	12.70	171.09	1026.54	28.58	373.85	2243.1	53.98	672.30	4033.8	
24	610	9.53	141.12	846.72	17.48	255.43	1532.58	12.70	187.06	1122.36	30.96	442.11	2652.66	59.54	808.27	4849.62	

* Fotos y datos referenciales. No aceptamos responsabilidad por usos incorrectos o mal interpretaciones de estos datos.

Anexo 4. Protocolo registrado pre – implementación

PROTOCOLO PM 1500HRs			Equipos C2-3610-FL001-002-003
Codificación Equipo:	FILTRO FL #01	Turno:	A
Lider del trabajo:	Efraim Huiza	Empresa Contratista:	Kampfer SAC
Supervisor:	WALTER HUAYTO B	Fecha:	06/06/2024
1.- SISTEMA DE SEGURIDAD			
Estado Antes del Mantenimiento		Observaciones	
Puertas de Seguridad	☒ Buen estado ☐ Defectuoso _____		
Observaciones y comentarios (Puertas de seguridad del #1 al #8): <i>SE recomienda limpieza de solidos de concentrado</i>			
2.- SISTEMA DE FILTRADO Y PAQUETE DE PLACAS			
	Condicion	Anotar observación	
Sellos del paquete de placas (especificar cambio)	☐ Buen estado ☒ Requiere Reemplazo	<i>placa 7 se cambio</i>	
Diafragmas (especificar cambio)	☒ Buen estado ☐ Requiere Reemplazo		
Rodillos y Motores Auxiliares	☐ Buen estado ☒ Requiere Reemplazo	<i>placa 8 se cambio</i>	
Raspadores	☐ Buen estado ☒ Requiere Reemplazo	<i>placa 14, 15, 16, 18, cambio</i>	
Parrillas	☒ Buen estado ☐ Requiere Reemplazo		
Boquillas de alimentación	☒ Buen estado ☐ Requiere Reemplazo		
Observaciones y comentarios: <i>Rodillo motriz Auxiliar de placa 8, se cambio por desgaste del forro, los Raspadores, Rodillo Guía en placa 9, 10, 11, 17, 19 de las placas 14, 15, 16, 18 se cambio por desgaste (por acumulacion de solidos de concen)</i>			
3.- SISTEMA DE TRACCIONAMIENTO Y CONDUCCIÓN DE TELA			
Componente	Condicion	Anotar observación	
Rodillo motriz principal (1)	☒ Buen estado		
Rodillo motriz auxiliar (6)	☒ Buen estado		
Rodillo Centrador de tela	☒ Buen estado		
Rodillo Expansor de tela	☒ Buen estado		
Rodillo Tensor de tela y chumaceras	☒ Buen estado		
Rodillo de presion	☒ Buen estado		
Rodillos guía (20)	☒ Buen estado		
Condicion de tela	☐ Buen estado	CICLOS TRABAJADOS: <i>3516 ciclos de trabajo</i> <i>Cambio de Tela</i>	

Cilindro hidráulico de centrado de tela	☒ Buen estado	_____
Rodillos batea int. / chumaceras	☒ Buen estado	_____

Rodillos batea ext. y chumaceras	☒ Buen estado	_____
Rodillo de impulso	☒ Buen estado	_____
Lubricacion en cadenas rodillo tensor / sprocket	☒ Realizado	_____

Observaciones y comentarios:

4.- MECANISMO DE CIERRE

Componente	Condicion	Anotar observación
Cilindros de acción rápida QAC #1	☒ Buen estado	_____
Cilindros de acción rápida QAC #2	☒ Buen estado	_____
Cilindros de acción rápida QAC #3	☒ Buen estado	_____
Cilindros de acción rápida QAC #4	☒ Buen estado	_____
Pines de bloqueo y lubricacion #1	☒ Buen estado	_____
Pines de bloqueo y lubricacion #2	☒ Buen estado	_____
Pines de bloqueo y lubricacion #3	☒ Buen estado	_____
Pines de bloqueo y lubricacion #4	☒ Buen estado	_____
Protectores de vástago en cilindros QAC	☒ Buen estado	_____
Cilindros de sellado #1	☒ Buen estado	_____
Cilindros de sellado #2	☒ Buen estado	_____
Cilindros de sellado #3	☒ Buen estado	_____
Cilindros de sellado #4	☒ Buen estado	_____
Cilindros de sellado #5	☒ Buen estado	_____
Cilindros de sellado #6	☒ Buen estado	_____
Cilindros de sellado #7	☒ Buen estado	_____
Cilindros de sellado #8	☒ Buen estado	_____

Observaciones y comentarios:

5. TUBERIAS DE PROCESO

Componente	Condicion	Anotar observación
Tuberías de proceso	[] Buen estado	<u>presenta fuga en la parte inferior</u>
Mangueras de alimentación y secado	[✓] Buen estado	<u>Filtro, Se Realiza Reparación</u>
Mangueras de aire de prensado	[✓] Buen estado	
Tubería de lavado de tela / aspersores	[✓] Buen estado	

Observaciones y comentarios:

6.- VALVULAS Y ACTUADORES

Componente	Rango de presiones	Condicion	Anotar observación
1. V02 /12 Alimentación	4-8bar	[✓] Buen estado	
2. V07 /17 Drenaje		[✓] Buen estado	
3. V05 Lavado de tuberías y mangueras	5-9bar	[✓] Buen estado	
4. V06 Aire de secado	8-10bar	[✓] Buen estado	
5. V16 Control aire de secado		[✓] Buen estado	
6. V09 / 09x Lavado de tela	10-20bar	[✓] Buen estado	
7. V27 Venteo		[✓] Buen estado	
8. V03 Aire de prensado		[✓] Buen estado	
9. V04 Drenaje aire de prensado		[✓] Buen estado	
10. V24 Válvula bola venturi		[✓] Buen estado	

Observaciones y comentarios:

7. SISTEMA HIDRAULICO

Componente	Condicion	Anotar observación
Motor hidráulico & Bomba hidráulica	[✓] Buen estado	
Mangueras hidráulicas	[✓] Buen estado	
Fuga de aceite	[✓] Buen estado	

Observaciones y comentarios:

9. CORROSION

Componente	Condicion	Anotar observación
Columnas y estructuras	[✓] Buen estado	

Observaciones y comentarios:

Se recomienda Limpieza permanente, para evitar la corrosión Forzada

Anexo 5. Protocolo registrado Post - Implementación

PROTOCOLO PM 1500HRs		Equipos	
		C2-3610-FL001-002-003	
Codificación Equipo:	Filtro cobre FL # 01	Turno:	A
Lider del trabajo:	EFRAIN HULSA	Empresa Contratista:	Kampfer Sae
Supervisor :	WALTER HUAYTO B	Fecha:	18-12-2024
1.- SISTEMA DE SEGURIDAD			
Estado Antes del Mantenimiento		Observaciones	
Puertas de Seguridad	[✓] Buen estado [] Defectuoso		
Observaciones y comentarios (Puertas de seguridad del #1 al #8):			
2.- SISTEMA DE FILTRADO Y PAQUETE DE PLACAS			
	Condicion	Anotar observación	
Sellos del paquete de placas (especificar cambio)	[✓] Buen estado [] Requiere Reemplazo		
Diafragmas (especificar cambio)	[] Buen estado [✓] Requiere Reemplazo	Se cambio en placa 18	
Rodillos y Motores Auxiliares	[✓] Buen estado [] Requiere Reemplazo		
Raspadores	[✓] Buen estado [] Requiere Reemplazo		
Parrillas	[✓] Buen estado [] Requiere Reemplazo		
Boquillas de alimentación	[✓] Buen estado [] Requiere Reemplazo		
Observaciones y comentarios: se f/a Realizado cambio de diafragma en placa #18			
3.- SISTEMA DE TRACCIONAMIENTO Y CONDUCCIÓN DE TELA			
Componente	Condicion	Anotar observación	
Rodillo motriz principal (1)	[✓] Buen estado		
Rodillo motriz auxiliar (6)	[✓] Buen estado	No presenta Anomalías	
Rodillo Centrador de tela	[✓] Buen estado		
Rodillo Expansor de tela	[✓] Buen estado		
Rodillo Tensor de tela y chumaceras	[✓] Buen estado		
Rodillo de presión	[✓] Buen estado		
Rodillos guía (20)	[✓] Buen estado		
Condicion de tela	[✓] Buen estado	CICLOS TRBAJADOS: 5200 ciclos	
Cilindro hidráulico de centrado de tela	[✓] Buen estado		
Rodillos batea int. / chumaceras	[✓] Buen estado		

Rodillos batea ext. y chumaceras	☒ Buen estado	_____
Rodillo de impulso	☒ Buen estado	_____
Lubricacion en cadenas rodillo tensor / sprocket	☒ Realizado	_____

Observaciones y comentarios:

4 - MECANISMO DE CIERRE

Componente	Condicion	Anotar observación
Cilindros de acción rápida QAC #1	☒ Buen estado	_____
Cilindros de acción rápida QAC #2	☒ Buen estado	_____
Cilindros de acción rápida QAC #3	☒ Buen estado	_____
Cilindros de acción rápida QAC #4	☒ Buen estado	_____
Pines de bloqueo y lubricacion #1	☒ Buen estado	_____
Pines de bloqueo y lubricacion #2	☒ Buen estado	_____
Pines de bloqueo y lubricacion #3	☒ Buen estado	_____
Pines de bloqueo y lubricacion #4	☒ Buen estado	_____
Protectores de vástago en cilindros QAC	☒ Buen estado	_____
Cilindros de sellado #1	☒ Buen estado	_____
Cilindros de sellado #2	☒ Buen estado	_____
Cilindros de sellado #3	☒ Buen estado	_____
Cilindros de sellado #4	☒ Buen estado	_____
Cilindros de sellado #5	☒ Buen estado	_____
Cilindros de sellado #6	☒ Buen estado	_____
Cilindros de sellado #7	☒ Buen estado	_____
Cilindros de sellado #8	☒ Buen estado	_____

Observaciones y comentarios:

5 TUBERIAS DE PROCESO

Componente	Condicion	Anotar observación
Tuberías de proceso	☒ Buen estado	_____
Mangueras de alimentación y secado	☒ Buen estado	_____
Mangueras de aire de prensado	☒ Buen estado	_____
Tubería de lavado de tela / aspersores	☐ Buen estado	<u>SE Realizo el cambio</u>

Manguera de lavado de rodillos y raspadores de tela.

☐

Se Realizo mantenimiento de mangueras

Observaciones y comentarios:

6 - VALVULAS Y ACTUADORES

Componente	Rango de presiones	Condicion	Anotar observación
1. V02 /12 Alimentación	4-8bar	☐ Buen estado	<u>cambio</u>
2. V07 /17 Drenaje		☐ Buen estado	<u>cambio</u>
3. V05 Lavado de tuberías y mangueras	5-9bar	☐ Buen estado	<u>cambio</u>
4. V06 Aire de secado	8-10bar	☐ Buen estado	<u>cambio</u>
5. V16 Control aire de secado		☒ Buen estado	
6. V09 / 09x Lavado de tela y lavado de rodillos y placas	10-20bar	☒ Buen estado	
7. V27 Venteo		☒ Buen estado	
8. V03 Aire de prensado		☒ Buen estado	
9. V04 Drenaje aire de prensado		☒ Buen estado	
10. V24 Válvula bola venturi		☒ Buen estado	

Observaciones y comentarios:

7 SISTEMA HIDRAULICO

Componente	Condicion	Anotar observación
Motor hidráulico & Bomba hidráulica	☒ Buen estado	
Mangueras hidráulicas	☒ Buen estado	
Fuga de aceite	☒ Buen estado	

Observaciones y comentarios:

9. CORROSION

Componente	Condicion	Anotar observación
Columnas y estructuras	☒ Buen estado	

Observaciones y comentarios: