Universidad Nacional
SAN LUIS GONZAGA

Atribución 4.0 Internacional

Esta licencia permite que otros distribuyan, mezclen, adapten y construyan sobre su trabajo, incluso comercialmente, siempre que le reconozcan la creación original. Esta es la licencia más complaciente que se ofrece. Recomendado para la máxima difusión y uso de materiales con licencia.

http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS Y METALURGIA

“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE FILTRACIÓN PARA REDUCIR LA HUMEDAD DEL CONCENTRADO EN LA NUEVA PLANTA FILTROS DE SHOUGANG HIERRO PERÚ”

LINEA DE INVESTIGACIÓN

Desarrollo en ciencias puras, ciencias de la tierra e ingeniería de procesos

TESIS

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE

INGENIERO METALURGISTA

PRESENTADO POR

BACH. ALDAIR STUART ROMERO LAURA

NASCA – PERÚ

2026

Dedicatoria

Al más grande de todos, Dios

A mis padres, con todo mi amor y mi cariño, sin ustedes no hubiera sido posible.

Agradecimiento

A la Universidad San Luis Gonzaga de Ica

A la Facultad de Minas y Metalurgia

A los profesionales que aportaron de manera incondicional desde sus experiencias.

Índice de contenidos

Tabla de contenido

Índice de contenidos 4

Resumen 7

Abstract 8

I. INTRODUCCIÓN 9

1.1. Realidad problemática 9

1.2. Antecedentes 10

1.2.1. Antecedentes internacionales 10

1.2.2. Antecedentes nacionales 11

1.3. Bases teóricas 12

1.4. Formulación de los problemas 29

1.4.1. Problema general 29

1.4.2. Problemas específicos 30

1.5. Justificación 30

1.6. Importancia 30

1.7. Objetivos de investigación 31

1.7.1. Objetivo general 31

1.7.2. Objetivos específicos 31

1.8. Hipótesis 32

1.8.1. Hipótesis general 32

1.8.2. Hipótesis especificas 32

II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA 33

2.1. Tipo de investigación 33

2.2. Nivel de investigación 33

2.3. Diseño de investigación 33

2.4. Población y muestra 33

2.4.1. Población 33

2.4.2. Muestra 34

2.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos 34

2.6. Técnicas de análisis e interpretación de datos 34

III. RESULTADOS 36

IV. DISCUSION DE RESULTADOS 62

V. CONCLUSIONES 65

VI. RECOMENDACIONES 68

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS 70

VIII. ANEXOS _____ *77*

Anexo 1. Matriz de operacionalización de las variables _____ **77**

Anexo 2. Matriz de consistencia _____ **79**

Índice de tablas

TABLA 1. OPERACIÓN - ESPESADORES 38
TABLA 2. OPERACIÓN - FILTROS 40
TABLA 3. OPERACIÓN - FAJAS TRANSPORTADORAS 42
TABLA 4. OPERACIÓN - BOMBAS 44
TABLA 5. LIMPIEZA DE CONVEYOR Y POLINES 45
TABLA 6. CAPACIDAD OPERATIVA DE FILTROS, BOMBAS Y CAUDAL REAL EN LAS LÍNEAS 1 Y 2 51
TABLA 7. ESTADO DE LAS BOMBAS DE VACÍO 51
TABLA 8. REPORTE DE PRODUCTIVIDAD POR FILTRO 52
TABLA 9. PRODUCTIVIDAD GLOBAL DE PLANTA FILTROS 52
TABLA 10. PRODUCTIVIDAD PROMEDIO POR LÍNEA 53
TABLA 11. PRODUCTIVIDAD POR HORAS DE OPERACIÓN 53
TABLA 12. RATIO DE VACÍO 53
TABLA 13. PRODUCTIVIDAD PROMEDIO DE PLANTA FILTROS 53
TABLA 14. PRODUCTIVIDAD POR HORAS DE OPERACIÓN 54
TABLA 15. PRODUCTIVIDAD PROMEDIO POR HORAS DE OPERACIÓN 54
TABLA 16. RATE PRODUCTIVO (TMSH) POR HORAS DE OPERACIÓN 55
TABLA 17. PORCENTAJE DE HUMEDAD POR HORAS DE OPERACIÓN 55
TABLA 18. EVALUACIÓN OPERATIVA DE LA TELA GALTECH 512N EN LOS FILTROS DE VACÍO – SHOUGANG HIERRO PERÚ S.A.A 56
TABLA 19. PRODUCTIVIDAD PROMEDIO POR HORAS DE OPERACIÓN 56
TABLA 20. RATE PRODUCTIVO (TMSH) POR HORAS DE OPERACIÓN 57
TABLA 21. PORCENTAJE DE HUMEDAD (%) POR HORAS DE OPERACIÓN 57
TABLA 22. ESPECIFICACIONES DE LAS TELAS ESTANDAR VS FILTRAPOL 57

Índice de figuras

FIGURA 1. DIAGRAMA DE FLUJO DE ESPESADORES 50
FIGURA 2. PRODUCTIVIDAD PROMEDIO POR HORAS DE OPERACIÓN 54
FIGURA 3. RATE PRODUCTIVO (TMSH) POR HORAS DE OPERACIÓN 55
FIGURA 4. PORCENTAJE DE HUMEDAD POR HORAS DE OPERACIÓN 56
FIGURA 5. HRS DE OPERACIÓN VS TMS 59
FIGURA 6. HRS DE OPERACIÓN VS HUMEDAD 59

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo determinar cómo la optimización del proceso de filtración influye en la reducción de la humedad del concentrado en la Planta de Filtros de Shougang Hierro Perú S.A.A. La problemática surge de la presencia de altos niveles de humedad en el concentrado, lo que incrementa costos logísticos, energéticos y de reprocesamiento, afectando la calidad y comercialización del producto. El estudio, de tipo aplicada, nivel explicativo y diseño cuasi-experimental, evalúa variables operativas como presión de vacío, porcentaje de sólidos, velocidad de rotación del disco, tipo de tela filtrante, granulometría del mineral y eficiencia del espesamiento.

Se analizaron registros operativos y se realizaron pruebas controladas, observando que presiones de vacío entre 19 y 21 inHg y un ratio de vacío superior a 4.5 CFM/pie² reducen significativamente la humedad (7.5%–7.8%). La alimentación con sólidos de 56%–58% y el uso de telas tipo FILTRAPOL mostraron mejoras notables en productividad y estabilidad frente a las telas estándar, reduciendo la frecuencia de mantenimiento y los costos operativos. Asimismo, se identificó que un mayor contenido de finos (-325 mesh) incrementa la humedad final, requiriendo ajustes operativos.

La investigación concluye que la optimización integral del sistema de filtración, combinando mejoras en variables críticas y el uso de tecnologías avanzadas, permite alcanzar concentrados con menor humedad, mayor productividad y eficiencia operativa, contribuyendo a la rentabilidad y sostenibilidad de la operación minera.

Palabras claves: Filtración de concentrados, humedad del concentrado, presión de vacío, porcentaje de sólidos, telas filtrantes, optimización de procesos, Shougang Hierro Perú.

Abstract

This research aims to determine how the optimization of the filtration process influences the reduction of moisture in the concentrate at Shougang Hierro Perú S.A.A.'s Filter Plant. The issue arises from the presence of high moisture levels in the concentrate, which increases logistical, energy, and reprocessing costs, while also affecting the quality and marketability of the product. The study, classified as applied research, with an explanatory level and a quasi-experimental design, evaluates operational variables such as vacuum pressure, solids percentage, disc rotation speed, filter cloth type, mineral particle size distribution, and thickening efficiency.

Operational records and controlled tests were analyzed, revealing that vacuum pressures between 19 and 21 inHg and a vacuum ratio greater than 4.5 CFM/ft² significantly reduced moisture (7.5%–7.8%). Feeding pulp with 56%–58% solids and using FILTRAPOL cloths demonstrated notable improvements in productivity and stability compared to standard cloths, while reducing maintenance frequency and operating costs. Additionally, a higher content of fine particles (-325 mesh) was found to increase final moisture, requiring operational adjustments.

The research concludes that the comprehensive optimization of the filtration system, combining improvements in critical variables and the adoption of advanced technologies, enables the production of concentrates with lower moisture content, greater productivity, and operational efficiency, thus contributing to the profitability and sustainability of mining operations.

Keywords: Concentrate filtration, concentrate moisture, vacuum pressure, solids percentage, filter cloths, process optimization, Shougang Hierro Perú.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En la industria minera, uno de los desafíos más persistentes en los procesos de concentración de minerales es la adecuada eliminación del contenido de humedad en los productos finales. La presencia de altos niveles de humedad en el concentrado no solo incrementa los costos de transporte y almacenamiento, sino que también puede afectar la calidad del producto y limitar su comercialización, especialmente en mercados que exigen especificaciones técnicas rigurosas. Este problema se agrava en plantas de gran escala, donde el volumen de producción diario es significativo y los márgenes de eficiencia son determinantes para la rentabilidad operativa [1].

En el caso de Shougang Hierro Perú S.A.A., una de las principales productoras de mineral de hierro del país, el proceso de filtración en su nueva planta de filtros enfrenta limitaciones técnicas que impiden alcanzar los niveles óptimos de humedad requeridos en el concentrado final. A pesar de contar con tecnología moderna, se han identificado deficiencias en parámetros operativos, tiempos de ciclo, presión de trabajo y condiciones de alimentación que afectan directamente la eficiencia del proceso de filtrado.

Esta situación genera demoras en la entrega del producto, mayores requerimientos de energía y agua, y sobrecostos asociados al reprocesamiento del material. Por tanto, se hace necesario implementar estrategias de optimización que permitan mejorar la eficiencia del proceso de filtración, reducir significativamente la humedad del concentrado y garantizar un desempeño acorde con los estándares de calidad y productividad exigidos por la empresa y el mercado.

1.2. Antecedentes

1.2.1. Antecedentes internacionales

A nivel internacional, diversos estudios han demostrado avances importantes en la optimización del proceso de filtración de concentrados minerales, con énfasis en la reducción de la humedad final del producto. En este contexto, Rodríguez Díaz [2], en su estudio realizado en la planta minera Los Pelambres, ubicada en Chile, planteó como objetivo mejorar la eficiencia del sistema de filtrado del concentrado de cobre mediante el ajuste de parámetros operacionales. Para ello, implementó una metodología basada en el monitoreo y regulación de variables como la presión de filtrado, el tiempo de secado y la calidad del floculante utilizado. Se llevaron a cabo ensayos piloto directamente en la planta, con registros detallados de los niveles de humedad obtenidos tras cada combinación de parámetros aplicada durante tres semanas de operación continua. Los resultados evidenciaron una reducción significativa de la humedad del concentrado, que pasó del 10.5 % al 8.7 %, destacando que el control preciso de la presión y del tiempo de secado, así como la elección adecuada de floculantes, fueron determinantes para mejorar la formación de la torta filtrante y facilitar la extracción del agua retenida.

Por otro lado, MacDonald y Liu [3], en un estudio desarrollado en Labrador Iron Mines, Canadá, se enfocaron en reducir la humedad del concentrado de hierro mediante mejoras en las condiciones operativas del filtro prensa. Su enfoque metodológico se basó en un diseño experimental factorial 2^3, el cual permitió evaluar el impacto de variables como la presión de alimentación, la temperatura de la pulpa y la velocidad de llenado. Las pruebas se llevaron a cabo en condiciones reales de planta, con una muestra conformada por 18 lotes de concentrado tratados bajo diferentes configuraciones. Los autores concluyeron que se logró una disminución de la humedad del 11.2 % al 8.4 %, además

de una optimización del tiempo de ciclo en un 15 %. La temperatura de la pulpa y la presión de operación fueron identificadas como los factores más influyentes en el proceso, y el rediseño de los ciclos de presión permitió mejorar la extracción de agua sin comprometer la integridad del concentrado.

Finalmente, Singh [4], en su investigación realizada en Australia, analizó la mejora del rendimiento de deshidratación en filtros de disco rotatorio mediante la técnica de acondicionamiento de torta. Su estudio se centró en la incorporación de agentes químicos coadyuvantes y en ajustes de los tiempos de compresión durante el proceso de filtración. La metodología consistió en pruebas comparativas entre ciclos tratados y no tratados, aplicadas a 24 procesos de filtrado bajo diferentes condiciones químicas y mecánicas. Los resultados mostraron una reducción de la humedad del concentrado de 12 % a 9.1 %, evidenciando que la combinación adecuada de aditivos químicos con tiempos de compresión controlados mejoró significativamente la formación de la torta y la eficiencia del vaciado, logrando incrementar el rendimiento del proceso de desagüe en un 22 % sin afectar la capacidad de procesamiento.

1.2.2. Antecedentes nacionales

En el contexto nacional, diversas investigaciones han abordado la optimización del proceso de filtración en plantas mineras con el objetivo de reducir los niveles de humedad en los concentrados minerales. Uno de los estudios más relevantes es el desarrollado por Quispe Huamán [5], quien en su tesis titulada “Optimización del sistema de filtrado para mejorar la eficiencia de la planta concentradora de minerales en la Empresa Minera Volcan – Cerro de Pasco”, implementó mejoras tecnológicas en los filtros mediante el uso de telas filtrantes de mayor eficiencia y un sistema de control automatizado de presión. La investigación demostró que la humedad del

concentrado pudo reducirse considerablemente, optimizando así los procesos de transporte y almacenamiento del mineral.

Asimismo, Carrillo Gómez [6] realizó una investigación en la Compañía Minera Antapaccay, ubicada en la provincia de Espinar, Cusco, titulada "Mejoramiento del proceso de filtrado para reducir la humedad del concentrado en la planta de procesamiento de minerales". Su enfoque consistió en evaluar y optimizar los parámetros operativos de los filtros prensa, tales como el tiempo de ciclo, la presión de filtrado y el tipo de tela utilizada. Gracias a esta optimización, logró reducir en un 4 % la humedad del concentrado final, generando impactos positivos en los costos logísticos y en la calidad del producto entregado al cliente.

De igual manera, Ramos Medina [7] en su tesis titulada "Evaluación del rendimiento de filtros cerámicos en la disminución de humedad del concentrado de cobre en la planta de filtrado de Sociedad Minera Cerro Verde – Arequipa", estudió el desempeño de filtros cerámicos en comparación con los filtros convencionales utilizados en dicha planta. Los resultados evidenciaron que los filtros cerámicos lograron una reducción promedio de 2.5 % en el contenido de humedad, además de presentar ventajas en cuanto al ahorro energético. Esta tecnología se mostró como una alternativa eficaz y sostenible para operaciones de gran escala, donde los volúmenes de producción son altos y las exigencias de calidad más rigurosas.

1.3. Bases teóricas

CONTROL DE PARÁMETROS OPERATIVOS DEL FILTRO

El control de los parámetros operativos del filtro es un factor determinante para la eficiencia del proceso de filtración en plantas concentradoras, dado que regula la separación sólido–

líquido, la estabilidad operacional y la calidad del concentrado procesado. Una adecuada gestión de estos parámetros permite optimizar la velocidad de formación de la torta, la humedad final y el rendimiento global del equipo [8].

1. Presión de filtrado

La presión aplicada durante la filtración constituye la fuerza motriz principal del proceso. A mayores presiones, la tasa de drenaje aumenta y la torta se compacta de manera más uniforme; sin embargo, presiones excesivas generan sobrecompactación, daño en el medio filtrante y disminución de la permeabilidad [9]. Por ello, es esencial mantener este parámetro dentro de rangos operativos recomendados para asegurar una adecuada eficiencia del filtro.

2. Vacío o succión en filtros al vacío

En los filtros rotatorios o de discos, el vacío determina la rapidez de formación de la torta y el grado de desagüe. Un vacío insuficiente produce tortas delgadas y húmedas, mientras que un vacío excesivo puede causar arrastre de finos y daño prematuro del medio filtrante [10]. De acuerdo con la literatura, el control del vacío es indispensable para lograr un equilibrio entre capacidad de procesamiento y humedad final del concentrado.

3. Velocidad de rotación o ciclo del filtro

La velocidad de rotación influye en el tiempo que la superficie filtrante permanece en cada etapa del ciclo: inmersión, formación, lavado y secado. Velocidades altas aumentan la capacidad operativa pero reducen el tiempo de drenaje, generando tortas más húmedas; en cambio, velocidades bajas mejoran la eficiencia de secado pero disminuyen el rendimiento del filtro [8].

4. Caudal de alimentación y densidad de pulpa

El caudal y la densidad de la pulpa impactan directamente en la uniformidad y permeabilidad de la torta. Pulpa muy diluida ocasiona baja formación de sólidos, mientras que pulpa muy densa genera tortas gruesas con pobre drenaje. Mantener una densidad óptima permite maximizar la permeabilidad y reducir la humedad residual [9].

5. Dosificación de floculantes

El uso de floculantes contribuye a la agregación de partículas finas, facilitando la sedimentación y la correcta formación de la torta. Una dosificación inadecuada puede afectar la filtración, aumentando la humedad final y disminuyendo la tasa de drenaje. El control en la cantidad, tipo y punto de dosificación es crítico para mejorar el rendimiento del filtro [11].

6. Tiempo de secado o soplado

En filtros prensa o filtros cerámicos, el tiempo destinado al soplado o secado con aire comprimido es determinante para alcanzar la humedad especificada del proceso. Un tiempo insuficiente mantiene altos niveles de humedad, mientras que tiempos prolongados generan costos energéticos innecesarios y desgaste mecánico [10].

7. Temperatura del proceso

En ciertos concentrados, la temperatura de la pulpa o del aire de secado puede optimizar la filtración. El aumento moderado de temperatura reduce la viscosidad del líquido, favoreciendo el drenaje; sin embargo, temperaturas muy elevadas pueden dañar el medio filtrante o alterar las características físico-químicas de la pulpa [12].

8. Estado del medio filtrante

La permeabilidad y condición del medio filtrante influyen directamente en parámetros como presión, vacío y pérdida de carga. La acumulación de sólidos, desgaste o roturas disminuyen la

eficiencia del proceso y aumentan la humedad final. La revisión y limpieza periódica son esenciales para asegurar un rendimiento óptimo [8].

DESEMPEÑO DE LOS EQUIPOS DEL CIRCUITO DE FILTRACIÓN**

El desempeño de los equipos que conforman el circuito de filtración es un factor crítico para garantizar la eficiencia operativa del proceso, la estabilidad del sistema y la calidad del concentrado obtenido. Este desempeño depende tanto del estado mecánico de los equipos como de su operación dentro de los parámetros establecidos por el fabricante y por las condiciones metalúrgicas del proceso [13].

1. Capacidad operativa de los filtros

La capacidad operativa determina la cantidad de pulpa o sólidos que el equipo puede procesar por unidad de tiempo. La literatura indica que el rendimiento de un filtro depende del área filtrante disponible, la permeabilidad de la tela, la presión o vacío aplicado, y el tipo de material filtrado [14]. Un filtro trabajando por encima de su capacidad nominal incrementa la humedad final y reduce la eficiencia de drenaje.

2. Eficiencia de formación y secado de la torta

El desempeño del equipo se evalúa por su capacidad para formar tortas con estructura estable, baja humedad y adecuada permeabilidad. La eficiencia del secado depende de la integridad del medio filtrante, la uniformidad de la pulpa, la distribución del vacío o presión y el tiempo operativo asignado a esta etapa [15]. Equipos con desgaste mecánico o fallas en el sistema neumático presentan reducción significativa en la tasa de desagüe.

3. Condiciones mecánicas del equipo

La condición mecánica del filtro —sellos, válvulas, rótulas, placas, discos, bombas de vacío, cilindros hidráulicos y componentes eléctricos— influye directamente en su desempeño. El

desgaste o mal funcionamiento genera pérdidas de vacío, fugas de aire o restricciones en el caudal, afectando el rendimiento y elevando la humedad del concentrado [16]. El mantenimiento preventivo es clave para asegurar la continuidad operativa del circuito.

4. Desempeño del sistema de bombas y tuberías

El circuito de filtración depende del adecuado funcionamiento de bombas de alimentación, bombas de vacío, tuberías y válvulas. Las variaciones de caudal, cavitación, inestabilidad hidráulica o sedimentación en líneas afectan la formación de la torta y la velocidad de drenaje [17]. De acuerdo con estándares industriales, un flujo estable y continuo es imprescindible para evitar pérdidas de eficiencia en el filtro.

5. Integridad y desempeño del medio filtrante

La tela filtrante constituye un elemento crítico dentro del desempeño de los equipos. Su estado determina la pérdida de carga, la calidad del filtrado y la velocidad de operación. Un medio filtrante saturado, desgastado o roto reduce la permeabilidad, aumenta la resistencia al flujo y afecta la compactación de la torta [18]. La integridad del medio filtrante es un indicador directo del rendimiento del filtro.

6. Automatización y control del equipo

Los sistemas modernos de filtración incluyen sensores de presión, caudal, vacío, humedad y velocidad, integrados a software de control que supervisa y ajusta los parámetros de operación. La automatización mejora el desempeño al reducir errores humanos, estabilizar la operación y permitir ajustes en tiempo real para maximizar la eficiencia del filtrado [19].

7. Continuidad operativa y disponibilidad del equipo

La disponibilidad mecánica es un indicador fundamental del desempeño del circuito de filtración. Equipos con alta frecuencia de fallas o mantenimientos no programados reducen la

productividad, incrementan la humedad del concentrado y generan cuellos de botella en la línea de producción [9]. De acuerdo con la literatura, mantener una disponibilidad mayor al 90 % es esencial para garantizar la eficiencia global del proceso [19].

GESTIÓN DEL MEDIO FILTRANTE

La gestión del medio filtrante constituye un aspecto fundamental dentro del proceso de filtración, debido a que la tela filtrante es el elemento que permite la separación efectivo sólido–líquido y controla parámetros críticos como la permeabilidad, la pérdida de carga y la calidad del filtrado. Una administración adecuada del medio filtrante asegura mayor eficiencia operativa, menor humedad del concentrado y mayor vida útil de los filtros utilizados en la Planta Filtros de Shougang Hierro Perú [20].

1. Selección adecuada del medio filtrante

La elección del tipo de tela o elemento filtrante depende de la granulometría del mineral, características físico-químicas de la pulpa y condiciones operativas del filtro. Los materiales más comunes incluyen poliéster, polipropileno y nylon debido a su resistencia, permeabilidad y estabilidad química. Una selección inadecuada puede generar pérdida de finos, filtración lenta o alta humedad final [21]. La correcta selección es un requisito esencial para garantizar la eficiencia metalúrgica del proceso.

2. Permeabilidad y resistencia del medio filtrante

La permeabilidad define la capacidad del medio para permitir el paso del filtrado sin comprometer la retención de sólidos. Una tela con baja permeabilidad disminuye el flujo de drenaje, mientras que una tela demasiado abierta provoca arrastre de finos. De igual manera, la resistencia mecánica del medio filtrante determina su durabilidad frente a presiones, vacío y esfuerzos repetitivos del ciclo de filtración [22]. La gestión periódica de la permeabilidad es clave para mantener la eficiencia del filtro.

3. Limpieza y mantenimiento del medio filtrante

El mantenimiento preventivo consiste en procedimientos de lavado, regeneración y verificación de integridad del medio filtrante. La acumulación de partículas finas o incrustaciones reduce la permeabilidad, aumentando la pérdida de carga y generando tortas más húmedas. La literatura recomienda rutinas de limpieza asistidas por agua a presión, aire comprimido o soluciones químicas según el tipo de partícula adherida [20]. El mantenimiento adecuado prolonga la vida útil de la tela y disminuye los tiempos de parada.

4. Inspección de desgaste y reemplazo oportuno

El desgaste natural del medio filtrante se evidencia en roturas, pérdida de rigidez, deformaciones o disminución de su capacidad de retención. Operar con telas deterioradas genera problemas como contaminación del filtrado, fallas en la formación de torta, pérdidas de vacío y aumento de humedad del concentrado [23]. Un programa de inspección programada permite identificar defectos y ejecutar reemplazos antes de que afecten la continuidad operativa del circuito.

5. Compatibilidad química con el proceso

Los reactivos utilizados —como floculantes, dispersantes y acondicionadores— interactúan con el medio filtrante. Algunos compuestos pueden generar incrustaciones, hinchamiento o degradación química del material. Por ello, la selección del medio filtrante debe considerar la compatibilidad con los reactivos empleados en la planta y las condiciones de pH, temperatura y composición mineralógica del concentrado [24].

6. Gestión documental y monitoreo de desempeño

La gestión del medio filtrante incluye el registro de tiempos de uso, rendimiento, eficiencia de drenaje, frecuencia de limpieza y fechas de reemplazo. Este monitoreo permite identificar

tendencias de pérdida de desempeño y optimizar la planificación de mantenimiento [25]. El uso de indicadores de permeabilidad, humedad final, presión diferencial y vida útil permite evaluar la eficiencia del medio filtrante en condiciones reales de operación.

GESTIÓN OPERATIVA, SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE EN PLANTA FILTROS

La gestión operativa, la seguridad y la protección del medio ambiente constituyen pilares esenciales para el funcionamiento eficiente y sostenible de una Planta Filtros. Este enfoque integral permite asegurar la continuidad operativa del proceso de filtración, minimizar riesgos laborales, cumplir la normatividad vigente y mitigar los impactos ambientales asociados a las operaciones mineras [26]. En instalaciones como Shougang Hierro Perú, estas prácticas forman parte de los sistemas de gestión de calidad, seguridad y desempeño ambiental.

1. Gestión operativa del proceso de filtración

La gestión operativa comprende la planificación, control y supervisión de las actividades involucradas en la filtración, asegurando el uso eficiente de recursos, el cumplimiento de parámetros críticos y la disponibilidad mecánica de los equipos. Una operación eficiente exige estandarización de procedimientos, monitoreo continuo de indicadores y una adecuada comunicación entre las áreas de mantenimiento, operación y control de procesos [27]. La optimización operativa contribuye a reducir la humedad del concentrado, mejorar la productividad y disminuir costos asociados a paradas no programadas.

2. Seguridad y salud ocupacional en Planta Filtros

Las operaciones de filtración involucran riesgos asociados al uso de maquinaria pesada, manipulación de pulpa, sistemas hidráulicos y neumáticos, presencia de superficies húmedas y exposición a ruido, vibraciones y sustancias químicas. La gestión de seguridad se basa en la identificación de peligros, evaluación y control de riesgos mediante herramientas como el

IPERC, ATS y protocolos de bloqueo-etiquetado (LOTO) [28]. Una adecuada cultura de seguridad promueve el uso correcto de EPP, capacitación continua y acciones preventivas que reducen la probabilidad de accidentes y enfermedades ocupacionales.

Normativas como la Ley 29783 de Seguridad y Salud en el Trabajo y el D.S. 024-2016-EM establecen lineamientos obligatorios para la industria minera peruana, exigiendo una gestión preventiva basada en riesgos y en la participación activa de los trabajadores [29].

3. Gestión ambiental del proceso de filtración

El proceso de filtración genera efluentes, manejo de residuos, emisiones de polvo y potenciales derrames de pulpa o reactivos. La gestión ambiental se orienta a prevenir, mitigar y controlar estos impactos mediante prácticas como el manejo adecuado de residuos sólidos, impermeabilización de áreas críticas, mantenimiento de sistemas de contención y monitoreo de efluentes [30].

El uso eficiente de agua, la reducción de la humedad del concentrado, la correcta disposición de telas filtrantes usadas y el control de emisiones de partículas contribuyen al cumplimiento de estándares ambientales nacionales e internacionales [31].

4. Cumplimiento normativo y sistemas de gestión integrados

Las plantas industriales modernas adoptan sistemas de gestión integrados basados en normas ISO, tales como:

- ISO 9001 (gestión de la calidad)
- ISO 14001 (gestión ambiental)
- ISO 45001 (seguridad y salud ocupacional)

Estos sistemas permiten estandarizar procesos, asegurar la trazabilidad y mejorar el desempeño global mediante auditorías, indicadores clave y acciones correctivas [32]. En minería, la implementación de estos modelos contribuye a la gestión responsable del proceso de filtración y fortalece la sostenibilidad operativa.

5. Monitoreo de indicadores operativos, de seguridad y ambientales

La gestión integral de una Planta Filtros depende de indicadores como:

- disponibilidad y utilización del equipo,
- humedad del concentrado,
- incidentes y accidentes,
- cumplimiento de IPERC,
- consumo de energía y agua,
- generación de residuos,
- eficiencia del control de polvo.

El monitoreo continuo de estos indicadores permite detectar desviaciones, implementar mejoras y asegurar la alineación con los objetivos operativos, de seguridad y ambientales [33].

COMPORTAMIENTO DE LA HUMEDAD DEL CONCENTRADO**

El comportamiento de la humedad del concentrado es un aspecto fundamental en los procesos de filtración, dado que determina la calidad del producto final, la eficiencia del transporte, el consumo energético en etapas posteriores y el cumplimiento de las especificaciones metalúrgicas. La humedad del concentrado depende de características físico-químicas del mineral, parámetros operativos del filtro, condiciones ambientales y del desempeño del medio filtrante [34].

1. Propiedades físico-químicas del mineral

La humedad final que retiene un concentrado depende en gran medida de su granulometría, forma de las partículas, distribución de tamaños, textura superficial y composición mineralógica. Concentrados con alto contenido de finos o arcillas presentan mayor afinidad por el agua, lo que dificulta el drenaje y aumenta la humedad residual [35]. Asimismo, minerales hidrofílicos retienen mayor volumen de agua intersticial, afectando la velocidad de filtración.

2. Estructura y permeabilidad de la torta de filtración

La formación y compactación de la torta influyen directamente en la retención de humedad. Una torta más compacta ofrece menor permeabilidad, lo que reduce la tasa de drenaje durante el filtrado y aumenta el contenido de agua capilar y de superficie [36]. La estructura interna de la torta depende del tipo de filtro, de la presión aplicada, del vacío disponible y del comportamiento reológico de la pulpa.

3. Condiciones operativas del filtro

Parámetros como presión, vacío, caudal de alimentación, densidad de pulpa, velocidad de rotación y tiempo de secado determinan la cantidad de agua que puede eliminarse del concentrado antes de su descarga. Estudios indican que pequeñas variaciones en estos parámetros pueden modificar significativamente la humedad final del producto [37]. Una operación inestable o fuera de rango suele reflejarse en incrementos de humedad y disminución de la eficiencia global.

4. Rol del medio filtrante en la retención de humedad

El medio filtrante influye en la velocidad de drenaje y en la pérdida de carga a través de la torta. Telas con baja permeabilidad, desgaste o incrustaciones generan filtración lenta y mayor retención de humedad [38]. Además, la compatibilidad del medio con los reactivos utilizados

(floculantes, dispersantes y acondicionadores) puede modificar la interacción entre partículas y agua.

5. Efecto de los reactivos del proceso

El uso de floculantes y acondicionadores modifica el comportamiento de sedimentación y la estructura de los agregados, lo que afecta la formación de la torta. Dosis elevadas de floculante pueden generar tortas demasiado porosas o demasiado densas, ambas situaciones influyentes en la humedad final [39]. La correcta dosificación mejora la microestructura del lecho filtrante y facilita el drenaje.

6. Influencia de factores ambientales

La humedad relativa, temperatura ambiente y ventilación del área de filtración también influyen en la evaporación superficial y en la eficiencia del secado. Ambientes fríos o con alta humedad reducen la capacidad de evaporación, dando como resultado concentrados con humedad más alta a pesar de parámetros operativos adecuados [40].

7. Relevancia industrial del control de humedad

Un concentrado con humedad elevada genera costos adicionales en transporte, almacenamiento y secado térmico posterior. Asimismo, puede ocasionar derrames, pegajosidad, problemas de manejo y dificultades en la etapa de mezclado o peletizado en plantas siderúrgicas. Por ello, controlar el comportamiento de la humedad del concentrado es esencial para la competitividad operativa y económica del proceso minero [41].

PARÁMETROS OPERATIVOS EN LA HUMEDAD

Los parámetros operativos en la humedad comprenden el conjunto de condiciones de operación que influyen directamente en la cantidad de agua retenida en el concentrado tras el proceso de filtración. Estos parámetros determinan la velocidad de drenaje, la compactación de la torta y

la humedad final del producto, siendo fundamentales para garantizar la calidad metalúrgica del concentrado y la eficiencia del proceso industrial [42].

1. Presión o vacío aplicado durante la filtración

La presión (en filtros prensa) y el vacío (en filtros rotatorios o de discos) constituyen la fuerza motriz que impulsa la separación sólido–líquido. Estudios demuestran que un incremento moderado en la presión o vacío reduce la humedad final al mejorar la tasa de drenaje; sin embargo, niveles excesivos pueden causar sobrecompactación o daño del medio filtrante, afectando negativamente la operación [43]. El control de este parámetro es esencial para minimizar la humedad residual.

2. Caudal y densidad de pulpa

El comportamiento de la humedad está estrechamente relacionado con el caudal de alimentación y la densidad de la pulpa. Una pulpa muy diluida dificulta la formación de la torta y aumenta la retención de agua, mientras que una pulpa demasiado densa puede generar tortas gruesas de lenta evacuación [44]. La densidad óptima permite una compactación adecuada y mejora el drenaje final.

3. Tiempo de formación y secado de la torta

El tiempo asignado a la formación de la torta y a la etapa de secado determina la cantidad de agua eliminada antes de la descarga del concentrado. Tiempos insuficientes generan tortas húmedas, mientras que tiempos excesivos incrementan los costos de operación sin mejoras significativas en la humedad final [45]. La optimización temporal es clave en operaciones de alta producción.

4. Velocidad de rotación del filtro

En filtros de tambor o disco, la velocidad de rotación define el tiempo que la superficie filtrante permanece en cada etapa del ciclo. Una velocidad elevada reduce el tiempo de secado y aumenta la humedad final; en cambio, velocidades menores pueden mejorar el drenaje pero disminuir la capacidad de procesamiento [46]. Por ello, la velocidad debe balancearse entre productividad y control de humedad.

5. Dosificación de floculantes

Los floculantes modifican la estructura y permeabilidad de la torta, por lo que su dosificación influye directamente en la humedad. Dosis insuficientes producen tortas gelatinosas y de baja permeabilidad, mientras que dosis excesivas pueden generar estructura flotante o drenaje lento [47]. La literatura indica que el control adecuado de la dosificación puede reducir significativamente la humedad del concentrado.

6. Temperatura del proceso

La temperatura de la pulpa y del aire de secado influye en la viscosidad del líquido y en la eficiencia de evaporación. Temperaturas más altas favorecen el drenaje, pero incrementos excesivos pueden afectar las propiedades físicas del medio filtrante o la estabilidad de los reactivos [48]. Este parámetro es especialmente relevante en plantas ubicadas en zonas frías o húmedas.

7. Estado del medio filtrante

La permeabilidad, integridad y limpieza de la tela filtrante influyen directamente en la tasa de drenaje y en la humedad final. Telas saturadas, desgastadas o con incrustaciones aumentan la resistencia al flujo, reduciendo la eficiencia del secado [49]. La gestión operativa del medio filtrante es, por tanto, un parámetro crítico para controlar la humedad.

IMPACTO DEL MEDIO FILTRANTE EN LA HUMEDAD

El medio filtrante —generalmente constituido por telas o membranas especiales— es uno de los componentes más determinantes en la humedad final del concentrado, debido a que controla la permeabilidad, la pérdida de carga, la retención de partículas y la velocidad de drenaje. Su desempeño influye directamente en la estructura de la torta, la eficiencia del secado y el comportamiento de la humedad durante el proceso de filtración [50].

1. Permeabilidad del medio filtrante y su relación con la humedad

La permeabilidad define la capacidad del medio filtrante para permitir el paso del líquido sin perder sólidos. Una tela con baja permeabilidad dificulta el drenaje, generando tortas más húmedas; mientras que una tela muy abierta puede provocar arrastre de finos y formación irregular de la torta, afectando la humedad final [51]. Por ello, la selección de una permeabilidad adecuada es esencial para obtener concentrados con contenido de humedad estable y dentro de especificaciones.

2. Condición física del medio filtrante

El desgaste mecánico, roturas, incrustaciones y saturación del medio filtrante reducen su eficiencia hidráulica. Telas deterioradas aumentan la pérdida de carga, disminuyen la velocidad de filtrado y elevan la humedad del concentrado [52]. La acumulación de finos o reactivos modifica la microestructura del medio filtrante, afectando directamente el drenaje.

3. Interacción entre el medio filtrante y los reactivos del proceso

El comportamiento de la humedad también está influenciado por la interacción entre el medio filtrante y floculantes, dispersantes o acondicionadores utilizados en la pulpa. Algunos reactivos pueden generar depósitos gelatinosos o capas adheridas sobre la tela, disminuyendo la permeabilidad y aumentando la retención de humedad [53]. La compatibilidad química entre el medio filtrante y los reactivos es un factor clave para mantener una operación eficiente.

4. Estructura y textura del medio filtrante

La textura, patrón de tejido y espesor del medio filtrante influyen en la formación de la torta y la facilidad con que el líquido abandona el sistema. Patrones de tejido más cerrados retienen mejor las partículas finas, pero pueden dificultar la evacuación del agua; en cambio, tejidos más abiertos permiten un drenaje más rápido, pero reducen la capacidad de retención de sólidos, afectando la estabilidad de la torta y, por ende, la humedad [54].

5. Limpieza y mantenimiento del medio filtrante

La limpieza periódica del medio filtrante es determinante para evitar pérdida de permeabilidad. La falta de mantenimiento genera incrustaciones minerales o químicas que elevan la resistencia al flujo y aumentan la humedad del concentrado [55]. Métodos comunes de limpieza incluyen lavado hidráulico, lavado químico, backwashing y agitación mecánica.

6. Ciclo de vida y reemplazo oportuno

El impacto del medio filtrante sobre la humedad depende fuertemente de su vida útil. A medida que la tela envejece, su capacidad de drenaje disminuye de forma progresiva. Estudios indican que operar con telas deterioradas puede incrementar la humedad entre 2 % y 5 %, afectando significativamente el rendimiento global del proceso [56]. El reemplazo oportuno optimiza la eficiencia del secado y la calidad del concentrado.

EFECTO DE LA HUMEDAD SOBRE LA EFICIENCIA DEL PROCESO

La humedad del concentrado es un parámetro crítico que influye directamente en la eficiencia del proceso productivo en operaciones mineras. Un concentrado con humedad elevada afecta el transporte, almacenamiento, secado, manipulación y etapas posteriores del proceso metalúrgico. Su control adecuado es esencial para garantizar la continuidad operativa, reducir costos y mantener la calidad del producto final [57].

1. Impacto en la productividad del proceso

La humedad excesiva en el concentrado reduce la eficiencia del flujo de material y puede generar atascos, pegajosidad y disminución de la capacidad de movimiento en fajas transportadoras, tolvas y sistemas de carga. Estos problemas generan retrasos y aumentan los tiempos muertos, afectando la productividad general de la planta [58]. Un concentrado más seco permite un flujo continuo y estable.

2. Efecto en el consumo energético del secado

Cuando la humedad del concentrado es mayor a la especificada, se requiere una mayor cantidad de energía térmica en las etapas de secado o peletizado. Esto incrementa significativamente los costos operativos, ya que el secado térmico representa uno de los consumos energéticos más altos dentro del procesamiento mineral [59]. Controlar la humedad en planta evita sobrecargas energéticas y reduce el impacto económico del proceso.

3. Influencia en la calidad del producto y especificaciones del cliente

En industrias como la siderúrgica, la humedad del concentrado debe cumplir rangos estrictos para garantizar la eficiencia del proceso de sinterización o peletización. Un concentrado muy húmedo altera la relación agua–aglomerante, afecta la resistencia mecánica de pellet y puede generar rechazos del producto [60]. Por ello, la humedad adecuada es un requisito de calidad y competitividad.

4. Afectación en el transporte y almacenamiento

La humedad elevada genera adherencia en las superficies de transporte, compactación en tolvas y mayor riesgo de derrames. Asimismo, incrementa el peso total transportado, afectando la logística y aumentando los costos por tonelada transportada [61]. Un concentrado más seco reduce la adherencia y facilita su manipulación durante la cadena productiva.

5. Relación entre humedad y estabilidad de la torta de filtración

La estabilidad mecánica de la torta depende de su contenido de agua. Una torta demasiado húmeda tiende a desmoronarse durante la descarga, generando reprocesos y disminuyendo la eficiencia del filtro. Además, la variabilidad en la humedad afecta la predictibilidad operativa y provoca fluctuaciones en el rendimiento del circuito de filtración [62].

6. Impacto en indicadores operativos clave (KPI)

La humedad afecta indicadores como:

- Rendimiento del filtro (t/h)
- Consumo energético del secado (kWh/t)
- Disponibilidad y utilización del equipo
- Costos operativos por tonelada de concentrado
- Estudios muestran que reducciones entre 1 % y 2 % en la humedad final pueden generar mejoras significativas en los KPI globales del proceso [63].

7. Relevancia económica del control de humedad

El control adecuado de la humedad reduce costos directos (energía, combustibles, desgaste de equipos) e indirectos (reprocesos, pérdidas de producción, retrasos logísticos). Por ello, la humedad del concentrado es considerada un parámetro estratégico en la optimización de procesos de plantas mineras [64].

1.4. Formulación de los problemas

1.4.1. Problema general

¿De qué manera la optimización del proceso de filtración influye en la reducción de la humedad del concentrado en la Planta Filtros de Shougang Hierro Perú?

1.4.2. Problemas específicos

- ¿De qué manera la optimización del proceso de filtración influye en el comportamiento de la humedad del concentrado en la Planta Filtros de Shougang Hierro Perú?
- ¿De qué manera la optimización del proceso de filtración influye en los parámetros operativos de humedad en la Planta Filtros de Shougang Hierro Perú?
- ¿De qué manera la optimización del proceso de filtración influye en el impacto del medio filtrante de humedad en la Planta Filtros de Shougang Hierro Perú?
- ¿De qué manera la optimización del proceso de filtración influye en el efecto de la humedad sobre la eficiencia del proceso en la Planta Filtros de Shougang Hierro Perú?

1.5. Justificación

Es fundamental para mejorar la eficiencia operativa, reducir costos y cumplir con los estándares de calidad del producto final. La reducción de la humedad en el concentrado facilita su transporte, almacenamiento y comercialización, minimizando penalidades económicas y mejorando la sostenibilidad del proceso. Además, este estudio busca aplicar metodologías de optimización basadas en tecnologías avanzadas de filtración, siguiendo experiencias exitosas en distintas regiones del mundo. La implementación de mejoras en el sistema de filtrado contribuirá a una mayor eficiencia energética, optimización del uso de insumos y reducción del impacto ambiental, alineándose con las exigencias del sector minero en términos de sostenibilidad y rentabilidad.

1.6. Importancia

La importancia de la optimización del proceso de filtración radica en su impacto directo en la eficiencia operativa, la reducción de costos y la calidad del concentrado de mineral. Una menor humedad en el concentrado facilita su manipulación, almacenamiento y transporte, evitando penalidades económicas y mejorando su comercialización. Además, este proceso optimizado contribuye a la sostenibilidad ambiental al reducir el consumo de agua y energía, alineándose con las exigencias actuales de la industria minera. La implementación de mejoras tecnológicas en la filtración no solo incrementa la productividad de la planta, sino que también fortalece la competitividad de la empresa en el mercado global del hierro, asegurando una operación más eficiente, rentable y ambientalmente responsable.

1.7. Objetivos de investigación

1.7.1. Objetivo general

Determinar de qué manera la optimización del proceso de filtración influye en la reducción de la humedad del concentrado en la Planta Filtros de Shougang Hierro Perú.

1.7.2. Objetivos específicos

- Determinar de qué manera la optimización del proceso de filtración influye en el comportamiento de la humedad del concentrado en la Planta Filtros de Shougang Hierro Perú.
- Determinar de qué manera la optimización del proceso de filtración influye en los parámetros operativos de humedad en la Planta Filtros de Shougang Hierro Perú.
- Determinar de qué manera la optimización del proceso de filtración influye en el impacto del medio filtrante de humedad en la torta filtrada en la Planta Filtros de Shougang Hierro Perú.

- Determinar de qué manera la optimización del proceso de filtración influye en el efecto de la humedad sobre la eficiencia del proceso en la Planta Filtros de Shougang Hierro Perú.

1.8. Hipótesis

1.8.1. Hipótesis general

La optimización del proceso de filtración influye significativamente en la reducción de la humedad del concentrado en la Planta Filtros de Shougang Hierro Perú.

1.8.2. Hipótesis especificas

- La optimización del proceso de filtración influye significativamente en el comportamiento de la humedad del concentrado en la Planta Filtros de Shougang Hierro Perú.
- La optimización del proceso de filtración influye significativamente en los parámetros operativos de humedad en la Planta Filtros de Shougang Hierro Perú.
- La optimización del proceso de filtración influye significativamente en el impacto del medio filtrante de humedad en la Planta Filtros de Shougang Hierro Perú.
- La optimización del proceso de filtración influye significativamente en el efecto de la humedad sobre la eficiencia del proceso en la Planta Filtros de Shougang Hierro Perú.

II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

2.1. Tipo de investigación

El estudio es de tipo aplicada, ya que busca generar mejoras concretas en el proceso de filtración de concentrado en la planta de filtros de Shougang Hierro Perú. Su finalidad es optimizar un proceso industrial para incrementar la eficiencia operativa y reducir costos, aplicando conocimientos científicos y tecnológicos a un problema específico dentro del sector minero [65].

2.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación es explicativo, ya que analiza la relación causa-efecto entre los parámetros del proceso de filtración y la reducción de la humedad del concentrado. A través del estudio de variables operativas y su optimización, se busca explicar cómo ciertas modificaciones pueden mejorar el rendimiento del sistema de filtrado [65].

2.3. Diseño de investigación

El diseño es cuasi-experimental, dado que se realizarán pruebas controladas dentro de la planta de filtrado, modificando ciertos parámetros del proceso para evaluar sus efectos en la humedad del concentrado. Se analizarán los resultados antes y después de aplicar las mejoras, permitiendo validar la efectividad de las estrategias de optimización propuestas [65].

2.4. Población y muestra

2.4.1. Población

La población del estudio está conformada por todas las operaciones del proceso de filtración en la planta de filtros de Shougang Hierro Perú, incluyendo los equipos de filtrado, el concentrado de mineral procesado y los operadores encargados del control y monitoreo del sistema. También se consideran las variables operativas involucradas en la reducción de humedad del concentrado.

2.4.2. Muestra

La muestra estará representada por los registros operacionales de un conjunto específico de filtros de la planta, seleccionados bajo criterios de representatividad y disponibilidad de datos. Se tomarán muestras del concentrado filtrado antes y después de aplicar las mejoras en el proceso, con un enfoque en el análisis de la humedad residual y la eficiencia del filtrado. La selección se realizará mediante un muestreo no probabilístico intencional, considerando los filtros con mayor incidencia en la producción y aquellos que presenten oportunidades de optimización.

2.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas de recolección de datos:

Se utilizará la observación directa para registrar el desempeño del proceso de filtración en la planta, identificando posibles mejoras en los parámetros operativos. Asimismo, se aplicará el análisis documental mediante la revisión de reportes de producción, registros de humedad del concentrado y manuales técnicos de los equipos de filtrado. Además, se emplearán pruebas experimentales para evaluar los efectos de los ajustes realizados en el sistema de filtración.

Instrumentos de recolección de datos:

Para la medición y recopilación de datos se utilizarán hojas de registro y bitácoras operativas, donde se consignarán las variaciones en los parámetros de filtrado y los resultados obtenidos. También se emplearán balanzas de precisión para determinar el porcentaje de humedad en las muestras de concentrado. Finalmente, se utilizarán software de monitoreo industrial para analizar tendencias y comportamientos del proceso de filtración en tiempo real.

2.6. Técnicas de análisis e interpretación de datos

Se aplicará un análisis estadístico descriptivo e inferencial para evaluar la efectividad de las mejoras en el proceso de filtración. Se utilizarán medidas de tendencia central y dispersión para describir los valores de humedad antes y después de la optimización. Además, se implementará una prueba de hipótesis mediante análisis comparativo de medias para determinar si las modificaciones en los parámetros operativos generan una reducción significativa en la humedad del concentrado. Los datos serán interpretados utilizando herramientas como Microsoft Excel y software estadístico especializado para identificar tendencias y evaluar la eficiencia del proceso optimizado.

III. RESULTADOS

Variables del proceso y su impacto

Espesadores

Variables e impacto - Espesadores

VARIABLE	IMPACTO
Porcentaje de sólidos	En underflow un porcentaje de sólidos alto indica que se está sobrecargando en espesador. Si es bajo indica no se tiene mucha carga y el bombeo de la pulpa entraría en recirculación para acumular sólidos
Granulometría de pulpa proveniente del Planta Magnetica	Si la granulometría de alimentación es gruesa se puede plantar las rastras, por tal motivo se arrancaría la bomba Stand by para evacuar a mayor velocidad la pulpa, se debe coordinar directamente con la Supervisión encargada del circuito 2

Filtros

Variables e impacto - Filtros

VARIABLE	IMPACTO
Velocidad del Disco y Agitador	Si la velocidad del disco es mayor la humedad sale alta y viceversa. Una alta velocidad del eje del agitador no permite que el concentrado se adhiera a las telas filtrantes.
% solidos de Pulpa	El porcentaje de sólidos debe mantenerse de 55 - 60 %, si el porcentaje de solidos es alto, se obtiene torta gruesa en los sectores y la humedad se incrementa mayor a 8.5 %. Si él % sólidos en la pulpa es muy bajo, el filtro produce tortas delgadas y más secas, pero baja la productividad de los filtros.
Presión de Vacío	Si la presión de vacío es muy baja se obtiene una torta muy húmeda porque la bomba de vacío no tiene la fuerza suficiente para succionar la cantidad de agua necesaria.

Bombas de vacío

Variables e impacto – Bombas de vacío

VARIABLE	IMPACTO
Amperaje	Alto amperaje indica sobrecarga del sistema de vacío, revisar fugas de vacío, revisar sistema del filtro de disco.
Temperatura en reductor	Indica daño en el reductor, necesita ser revisado
Presión de agua de refrigeración.	Baja eficiencia en generación de vacío, daño al equipo, revisar las válvulas y presión de agua.

ASPECTOS GENERALES DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE

Tabla 1. Operación - Espesadores

Descripción del peligro	Riesgo	Evaluación IPERC				Medidas de control a implementar	Evaluación riesgo residual			
			A	M	B			A	M	B
Polvo (material particulado)	Exposición a material particulado			14		Utilización de respirador de Media cara,				18

en el ambiente						con filtros para polvo P100.				
Tránsito por la zona de espesadores.	Caída de personal a distinto nivel.		8			Verificar accesos con barandas Señalización del área de trabajo.			12	
Vibración de cuerpo completo	Exposición a vibración / Enfermedad disco intervertebral			14		Detener equipo de presentar excesiva vibración, Mantenimiento				18
Maquinas / equipos en movimiento	Atrapamiento entre máquinas / Arranque inesperado del equipo/ Lesión incapacitante			9		Incrementar y verificar el cumplimiento de guardas de seguridad				17

Ruido	Exposición a ruidos			14		Usar protección auditiva y en zonas de mayor índice de radio usar doble protección auditiva.				18
Actividades de Exposición al sol	Insolación / Quemaduras			14		Uso de bloqueador solar				21

Tabla 2. Operación - Filtros

Descripción del peligro	**Riesgo**	**Evaluación IPERC**				**Medidas de control a implementar**	**Evaluación riesgo residual**			
			A	**M**	**B**			**A**	**M**	**B**
Vibración de cuerpo completo	Exposición a vibración /			14		Detener equipo de presentar				18

	Enfermedad disco intervertebral					excesiva vibración, Mantenimiento				
Energía Peligrosa (Electricidad, Presión, Etc.)	Contacto directo con energía peligrosas		8			Restricción del personal ajeno a la operación			12	
Maquinas/equipos en movimiento	Atrapamiento entre máquinas/Arranque inesperado del equipo/ Lesión incapacitante			9		Incrementar y verificar el cumplimiento de guardas de seguridad				17
Tránsito en la zona trabajo	Caída de personal al mismo nivel.			14		Accesos con barandas desmontables Señalización del área de trabajo.				18
Cambio de sacas	Cansancio, estrés			13		Realizar buenas posturas ergonómicas.				17

Polvo (material particulado) en el ambiente	Exposición a material particulado			14		Utilización de respirador de Media cara, con filtros para polvo P100.				18
Ruido	Exposición a ruidos			14		Usar protección auditiva y en zonas de mayor índice de radio usar doble protección auditiva.				18

Tabla 3. Operación - Fajas Transportadoras.

Descripción del peligro	**Riesgo**	**Evaluación IPERC**				**Medidas de control a implementar**	**Evaluación riesgo residual**			
			A	**M**	**B**			**A**	**M**	**B**
Maquinas / equipos en movimiento	Atrapamiento entre máquinas / Arranque			9		Incrementar y verificar el cumplimiento				17

	inesperado del equipo/ Lesión incapacitante					de guardas de seguridad				
Polvo (material particulado) en el ambiente	Exposición a material particulado			14		Usar EPP, respirador para polvo.				18
Ruido	Exposición a ruidos			14		Usar protección auditiva y en zonas de mayor índice de radio usar doble protección auditiva.				18
Tránsito en la zona trabajo	Caída de personal a distinto nivel.		8			Accesos con barandas desmontables Señalización del área de trabajo.			12	

Tabla 4. Operación - Bombas

Descripción del peligro	Riesgo	Evaluación IPERC				Medidas de control a implementar	Evaluación riesgo residual			
			A	M	B			A	M	B
Maquinas / equipos en movimiento	Atrapamiento entre máquinas/Arranque inesperado del equipo/ Lesión incapacitante			9		Incrementar y verificar el cumplimiento de guardas de seguridad				17
Energía Peligrosa (Electricidad, Presión, Etc.)	Contacto directo con energía peligrosas		8			Restricción del personal ajeno a la operación			12	
Vibración de cuerpo completo	Exposición a vibración / Enfermedad disco intervertebral			14		Detener equipo de presentar excesiva vibración, Mantenimiento				18
Polvo (material particulado) en el ambiente	Exposición a material particulado			14		Usar EPP, respirador para polvo.				18

Ruido	Exposición a ruidos			14		Usar protección auditiva y en zonas de mayor índice de radio usar doble protección auditiva.				18

Tabla 5. Limpieza de Conveyor y Polines

Descripción del peligro	**Riesgo**	**Evaluación IPERC**				**Medidas de control a implementar**	**Evaluación riesgo residual**			
			A	**M**	**B**			**A**	**M**	**B**
Polvo (material particulado) en el ambiente	Exposición a material particulado			14		Usar EPP, respirador para polvo				18
Actividades de Exposición al sol	Insolación / Quemaduras			14		Uso de bloqueador solar				21

Maquinas / equipos en movimiento	Atrapamiento entre máquinas / Arranque inesperado del equipo/ Lesión incapacitante			9		Incrementar y verificar el cumplimiento de guardas de seguridad				17
Ruido	Exposición a ruidos			14		Usar protección auditiva y en zonas de mayor índice de radio usar doble protección auditiva.				18

EPP

Todo personal que se encuentre realizando tareas operacionales y/o mantenimiento en la planta de filtros deberá usar obligatoriamente:

EPP BÁSICO OBLIGATORIO	
	Casco de seguridad

	Guantes acordes a la tarea
	Lentes de seguridad acorde al ambiente
	Zapatos de seguridad
	Protección auditiva
	Chaleco reflectivo
	Respirador para polvos

Disposición de residuos solidos

COLOR	CLASIFICACIÓN	TIPO DE RESIDUO
	Residuos Orgánicos.	Residuos de comida, frutas, verduras
	Residuos Metálicos.	Fierros, Pernos, Tuercas, abrazaderas metálicas brocas diamantinas, cables.
	Residuos Peligrosos inflamables	Tierras y virutas contaminadas por derrames pequeños de hidrocarburos.

	Residuos Plásticos	Cintas y conos de seguridad, botellas, manqueras, tuberías de PVC
	Residuos de Papel y Cartón	Papeles y cartones.
	Residuos de vidrio	Vidrios.

Procedimiento escrito de trabajo seguro (PETS)

Operación parada y arranque de equipos - circuito 3

En planta filtros se cuenta con los siguientes PETS:

OPFC-PETS-001 OPERACION, PARADA Y ARRANQUE DE DISCOS DE FILTRO

OPFC-PETS-002 OPERACION DE BOMBAS DE VACIO

OPFC-PETS-003 OPERACION DE ESPESADOR

OPFC-PETS-004 OPERACION DE FAJAS TRANSPORTADORAS

OPFC-PETS-005 OPERACIÓN DE COMPRESORAS

OPFC-PETS-006 OPERACIÓN DE CAJONES BAROMETRICOS

OPFC-PETS-007 OPERACIÓN BOMBAS DE LICOR FILTRADO

OPFC-PETS-008 OPERACIÓN DE BOMBAS DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO

OPFC-PETS-009 OPERACIÓN DE BOMBAS SUMERGIBLES

OPFC-PETS-010 CAMBIO DE TELAS FILTRANTES CON HUECO EN OPERACIÓN

OPFC-PETS-011 CAMBIO DE TELAS FILTRANTES PROGRAMADAS EN LOS FILTROS

OPFC-PETS-012 CAMBIO DE TELAS FILTRANTES EN SECTORES

OPFC-PETS-013 OPERACIÓN DE STACKER

OPFC-PETS-014 PROCEDIMIENTO DE LIMPIEZA DE BAC

OPFC-PETS-015 PROCEDIMIENTO DE BOMBAS VERTICALES

OPFC-PETS-016 OPERACION DE ARRANQUES DESPUES DE PARADAS NO PROGRAMADAS

OPFC-PETS-017 LIMPIEZA DE FAJAS TRANSPORTADORAS

OPFC-PETS-018 OPERACIÓN DE GRUA PUENTE

OPFC-PETS-019 LIMPIEZA DE ESPESADORES

OPFC-PETS-020 OPERACIÓN DE BOMBA CENTRIFUGA 5X4 DE AGUA CALIENTE

OPFC-PETS-021 OPERACIÓN DE DESCARGA Y LLENADO DEL ESPESADOR DE CONCENTRADO

Figura 1. Diagrama de flujo de espesadores

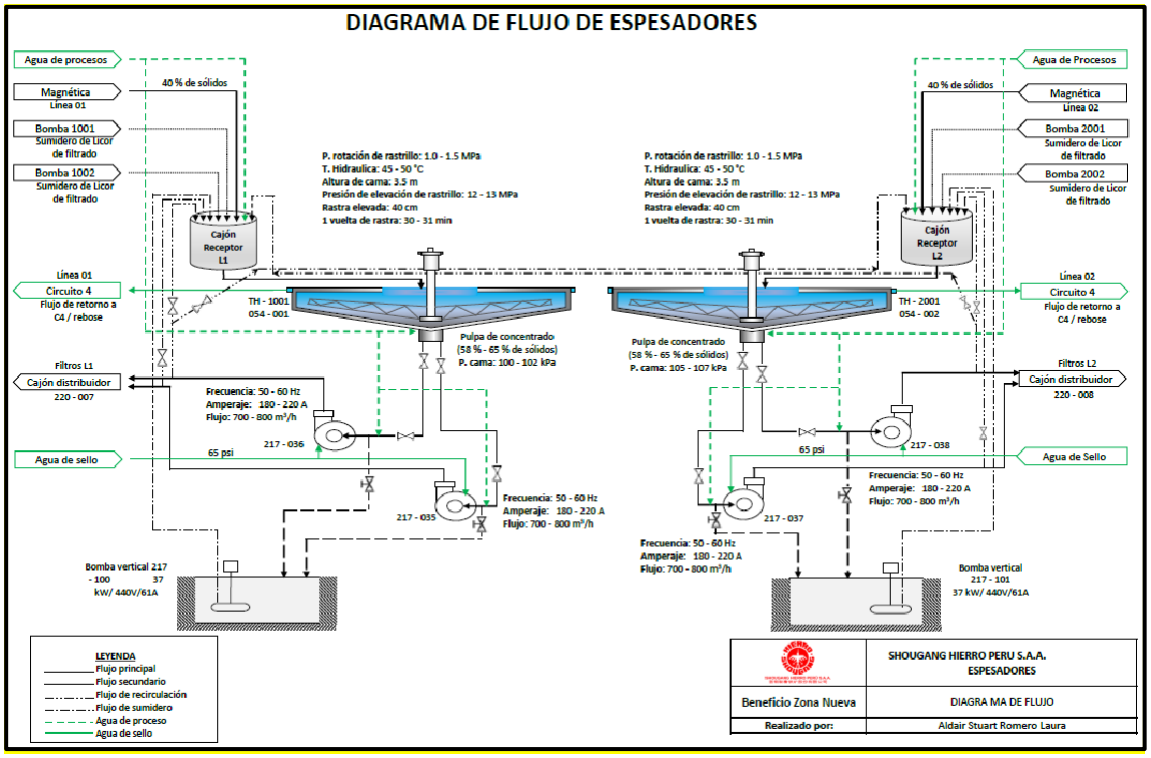


Figura 2. Diagrama de flujo de filtros

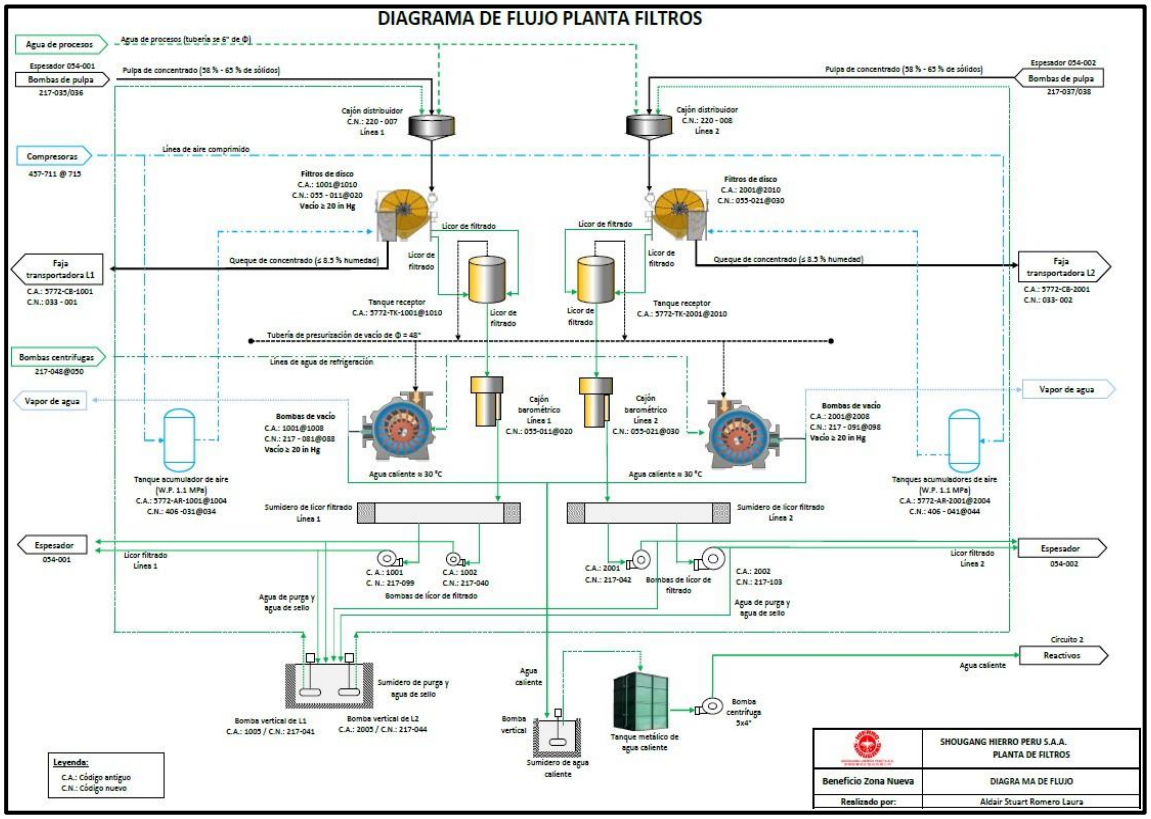


Tabla 6. Capacidad Operativa de Filtros, Bombas y Caudal Real en las Líneas 1 y 2

LINEA	FILTROS	DISCOS	AREA (pie^2)		BOMBA	CFM
			NOMINAL	EFECTIVA		REAL
	055-011	10	1292	1162	217-082	5000
	055-012	10	1292	1162	217-084	6095
	055-013	-	-	-	217-085	5000
			1292	1162	217-091	5146
			1292	1162	217-097	8000
			-	-		
			-	-		
			-	-		
			-	-		
LIN 1			-	-		
			-	-		
			-	-		
			-	-		
			-	-		
			-	-		
			-	-		
			1292	1162		
			-	-		
			1292	1162		
TO			7750	6972	5 Operativos	29241
					CFM/pie^2	4.2

1001	**217-081**	**7300**
1002	217-082	<5000
1003	217-083	<5000
1004	**217-084**	**6095**
1005	217-085	<5000
1006	217-086	-
1007	**217-087**	**3855**
1008	217-088	<5000
2001	**217-091**	**5146**
2002	**217-092**	**6339**
2003	217-093	5650
2004	**217-094**	**7141**
2005	217-095	5489
2006	217-096	-
2007	217-097	-
2008	217-098	<5000

Tabla 7. Estado de las bombas de vacío

BOMBA	CONDICIÓN	OBSERVACIÓN	EN OPERACIÓN, 6 BOMBAS CUTES			
			Vacío, lado motor (in Hg)	Vacío, lado libre (in Hg)	Corriente (A)	Presión de agua (psi)
217-081	Stand by	Rendimiento Optimo	-	-	-	<4.0
217-082	Operativo	Equipo crítico	20.0	19.0	52	-
217-083	Sin Bomba	Reparando	-	-	-	-
217-084	Operativo	Rendimiento Medio	20.5	21.0	58	<4.0
217-085	Operativo	Equipo crítico	20.0	20.0	49	<4.0
217-086	Fuera de Servicio	Sin motor ni bomba	-	-	-	-
217-087	Stand by	Rendimiento Bajo	-	-	-	-
217-088	Stand by	Equipo crítico	-	-	-	-
217-091	Operativo	Rendimiento Bajo	20.0	21.0	58	<4.0
217-092	Stand by	Rendimiento Medio	-	-	-	-
217-093	Stand by	Rendimiento Medio	-	-	-	-
217-094	Stand by	Rendimiento Optimo	-	-	-	-
217-095	Stand by	Rendimiento Bajo	-	-	-	-
217-096	Fuera de Servicio	Inoperativo	-	-	-	-
217-097	Operativo	Medicion pendiente	21.0	20.0	48	<4.0
217-098	Sin Bomba	Reparando	-	-	-	-

BOMBAS	UNIDADES EN OPERACIÓN	UNIDADES EN STAND BY	UNIDADES FUERA DE SERVICIO	DISPONIBILIDAD OPERATIVA
16	5 Operativos	7	4	75%

Tabla 8. Reporte de productividad por filtro

	FILTRO	N° DISCOS	HORAS OPERADAS EN SACAS	TELA	TIEMPO (Seg/Vuelta)	SOLIDOS (%)	HUM. (%)	PRESION (inHg)	%- 325 M	PRODUCTIVIDAD		TMSH
										Lb / pie² - h	Kg / m² - h	
LINEA 1	055-011	10	591.0	China	97	51	7.7	19.0	71.9	252.9	1235.9	133.3
	055-012	10	125.0	China	97	53	8.6	18.0		313.3	1531.0	165.1
	055-014	10	327.0	China	97	46	8.5	18.0		196.2	958.8	103.4
	055-015	10	406.0	China	97	45	7.4	18.0		216.4	1057.5	114.1
LINEA 2	055-028	10	374.0	China	97	58	7.8	Sin Vacuometro	72.5	230.7	1127.4	121.6
	055-030	10	227.0	China	96	59	8.8	19.0		245.6	1200.2	129.5

Tabla 9. Productividad global de planta filtros

PRODUCTIVIDAD	(Lb / pie^2 - h)	(Kg / m^2 - h)	%H_2O	TMSH
TORTA STOCK	242.5	1185.1	8.2	**767.0**

Tabla 10. Productividad promedio por línea

LINEAS DE PRODUCCION	Humedad (%)	- 325 Mesh (%)	Productividad		TMSH
			(Lb /pie^2 - h)	(Kg /m^2 - h)	
LINEA 1	8.1	71.9	244.7	1195.8	**515.9**
LINEA 2	8.3	72.5	238.2	1163.8	**251.1**

Tabla 11. Productividad por horas de operación

HORAS DE OPERACIÓN DE SACAS (h)	0 - 200	201 - 400	401 - 600	>600
Equipos (und)	1	3	2	0
Productividad (Lb/ pie^2-h)	313.3	224.2	234.7	-
Productividad (kg/ m^2-h)	1531.0	1095.6	1146.9	-
TMSH	165.3	354.8	247.6	-

Tabla 12. Ratio de vacío

N° BOMBAS	N° FILTROS	RATIO (CFM/pie^2)
5	6	4.2

Tabla 13. Productividad promedio de planta filtros

			LINEA 1	LINEA 2
MINERAL			DIRECTO/DC MINA 11+14+16	
CIRCUITO			DISENO	MODIFICADO
SOLIDOS ALIM. PTA CONC. (%)			55	58
CAJA DE CONCENTRADO (TMN/h			650	680
055-011			252.9	
055-012	313.3			
055-013				-
055-014		196.2		
055-015			216.4	
055-016				-
055-017				-
055-018				-
055-019				-
055-020				-
055-021				-
055-022				-
055-023				-
055-024				-
055-025				-
055-026				
055-027				-
055-028		230.7		
055-029				-
055-030		245.6		

%Operatividad Planta Filtros	
Real	30.0%

Tabla 14. Productividad por horas de operación

PRODUCTIVIDAD POR HORAS DE OPERACIÓN

)PERACIÓN I	0 - 200	201 - 400	401 - 600	>600
Equipos (und)	1	3	2	0
ctividad (Lb/	313.3	224.2	234.7	
(Kg / m^2 - h	1531.0	1095.6	1146.9	
	165.3	354.8	247.6	#¡VALOR!

Resultados de evaluación de productividad:

Tabla 15. Productividad promedio por horas de operación:

Horas de operación	*Productividad (lb / pie2-h)*				
	0 - 200 HORAS	*200 - 400 HORAS*	*400 - 600 HORAS*	*600 - 800 HORAS*	*MAYOR A 800 HORAS*
GALTECH 512 N	*208.9*	*237.7*	*257.7*	*200.2*	*187.8*

Figura 3. Productividad promedio por horas de operación:

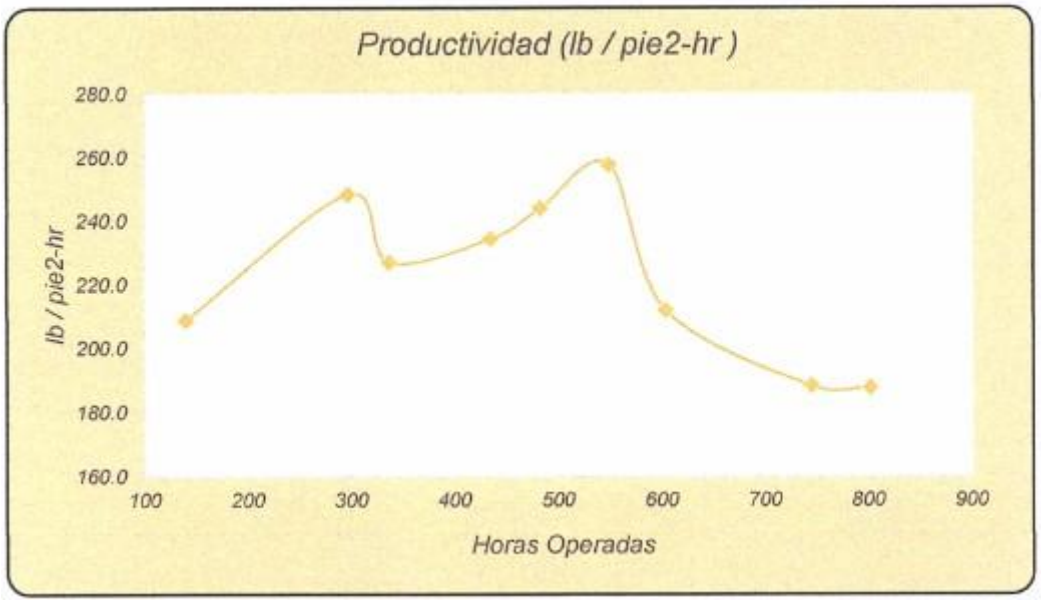


Tabla 16. Rate productivo (TMSH) por horas de operación:

Horas de operación	TMSH				
	0 - 200 HORAS	200 - 400 HORAS	400 - 600 HORAS	600 - 800 HORAS	MAYOR A 800 HORAS
GALTECH 512 N	110.1	125.3	135.8	105.5	99.0

Figura 4. Rate productivo (TMSH) por horas de operación:

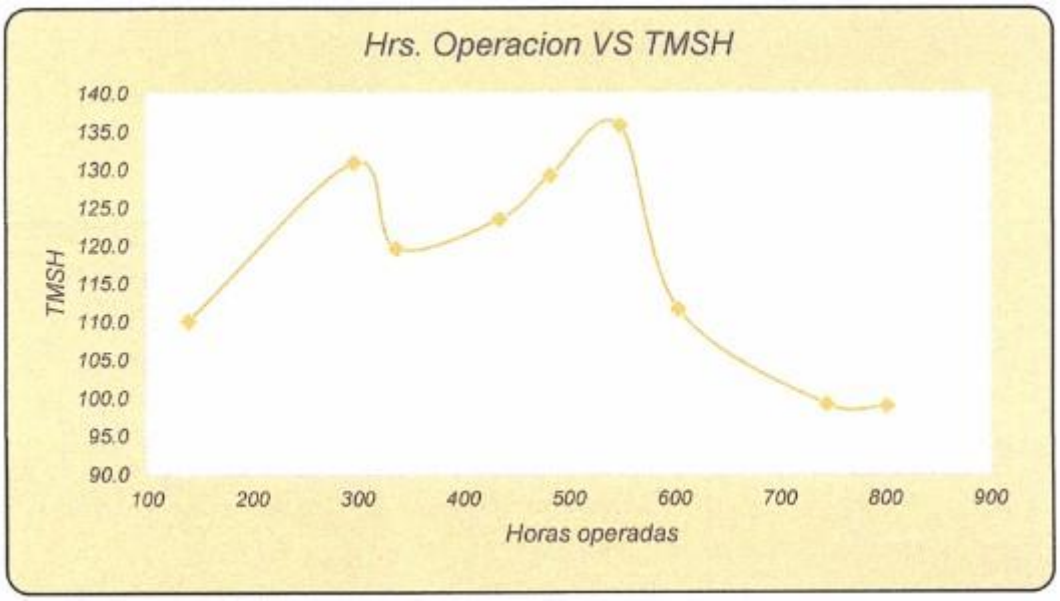


Tabla 17. Porcentaje de humedad por horas de operación:

Horas de operación	% Humedad filter cake				
	0 - 200 HORAS	200 - 400 HORAS	400 - 600 HORAS	600 - 800 HORAS	MAYOR A 800 HORAS
GALTECH 512 N	7.5	8.2	8.8	7.8	7.9

Figura 5. Porcentaje de humedad por horas de operación:

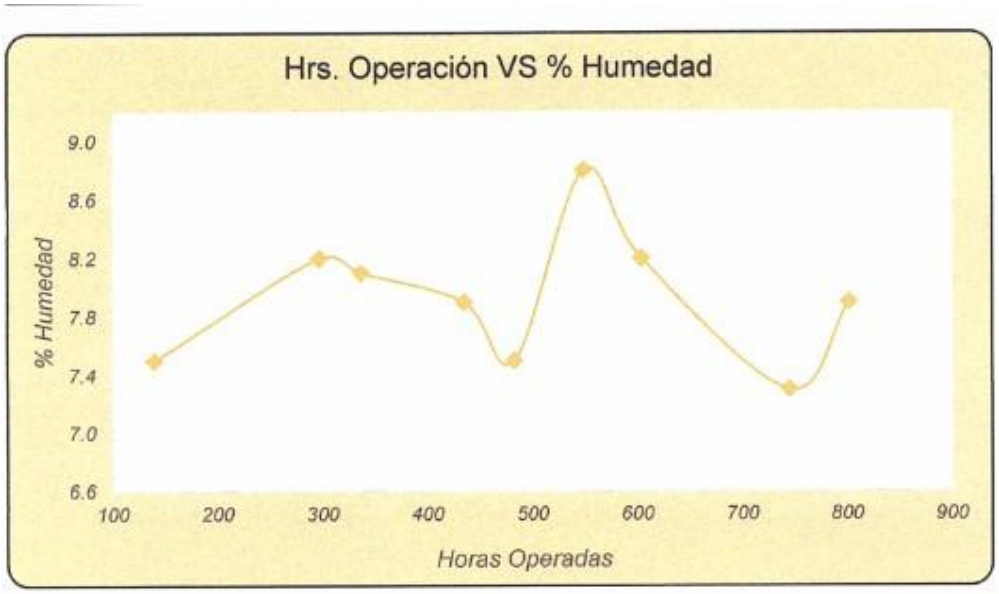


Tabla 18. Evaluación Operativa de la Tela GalTech 512N en los Filtros de Vacío – Shougang Hierro Perú S.A.A.

SHOUGANG HIERRO PERU S.A.A
Departamento de Investigación y Control de Calidad
EVALUACION DE LA TELA GALTECH 512N

FILTRO	N° DISCOS	HORAS OPERADAS EN SACAS	TIEMPO (seg/vuelta)	SOLIDOS (%)	HUMEDAD (%)	Psi (inHg)	CFM/pie2	% - 325 M	Licor Filtrado (% Solidos)	PRODUCTIVIDAD		TMSH
										Lb / pie2 - h	Kg / m2 - h	
055-013	10	140	93	59	7.5	23	5.2	63.2	2.6	208.9	1020.9	110.1
055-013	10	297	93	57	8.2	22	5.2	73.8	1.5	248.4	1213.9	130.9
055-013	10	337	93	59	8.1	22	5.2	67.2	0.1	227.0	1109.3	119.7
055-013	10	435	93	59	7.9	24	5.2	65.2	0.2	234.4	1145.5	123.6
055-013	10	483	93	58	7.5	22	5.2	63.1	0.2	244.0	1192.4	128.6
055-013	10	549	93	56	8.8	22	5.2	63.5	0.3	257.7	1259.3	135.8
055-013	10	604	93	57	8.2	22	5.2	64.3	1.0	212.0	1036.0	111.7
055-013	10	745	93	57	7.3	21	5.2	69.2	2.9	188.3	920.2	99.3
055-013	10	802	93	58	7.9	21	5.2	69.2	1.2	187.8	917.7	99.0

Tabla 19. Productividad promedio por horas de operación.

Horas de operación	Productividad (lb / pie2-h)				
	0 - 200 HORAS	201 - 400 HORAS	401 - 600 HORAS	601 - 800 HORAS	MAYOR A 800 HORAS
GALTECH 512 N	208.9	237.7	257.7	200.2	187.8

Tabla 20. Rate productivo (TMSH) por horas de operación

Horas de operación	TMSH				
	0 - 200 HORAS	201 - 400 HORAS	401 - 600 HORAS	601 - 800 HORAS	MAYOR A 800 HORAS
GALTECH 512 N	110.1	125.3	135.8	105.5	99.0

Tabla 21. Porcentaje de humedad (%) por horas de operación

Horas de operación	% Humedad filter cake				
	0 - 200 HORAS	201 - 400 HORAS	401 - 600 HORAS	601 - 800 HORAS	MAYOR A 800 HORAS
GALTECH 512 N	7.5	8.2	8.8	7.8	7.9

Tabla 22. Especificaciones de las telas ESTANDAR VS FILTRAPOL

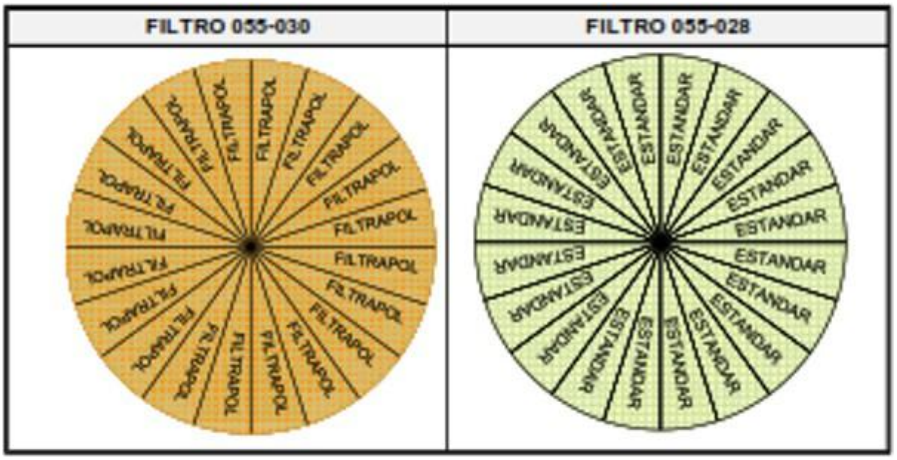
DETALLE	UND	ESTANDAR	FILTRAPOL
MATERIAL		Polypropylene nonwoven	Polipropileno
ACABADO		-	Termofijado Calandrado
PESO	Grm/M2	-	550±50
PERMEABILIDAD	dm3/min/dm2	-	200±40
RESISTENCIA AL DESGARRO DE LA TRAMA	N/mm	-	≥ 170
ELONGACIÓN TRANSVERSAL		-	<20%

Aspecto general de la evaluación: Para la evaluación se consideraron los parámetros usuales con las que opera la Planta Filtros para la obtención de filter cake como se detalla en el siguiente punto:

Condiciones de evaluación: La evaluación se ha realizado con las telas de prueba y estándar haciendo seguimiento de la productividad desde su instalación (0 horas).

Parametros	Valor
%Solidos	54-60
Presion de Vacio (inHg)	18-21
Ratio (CFM/pie2)	4.3-5.9
Velocidad (Seg/Vuelta)	97

Instalación de las telas: Se colocaron las 200 telas en cada filtro para la evaluación.



Resultados de evaluación de productividad

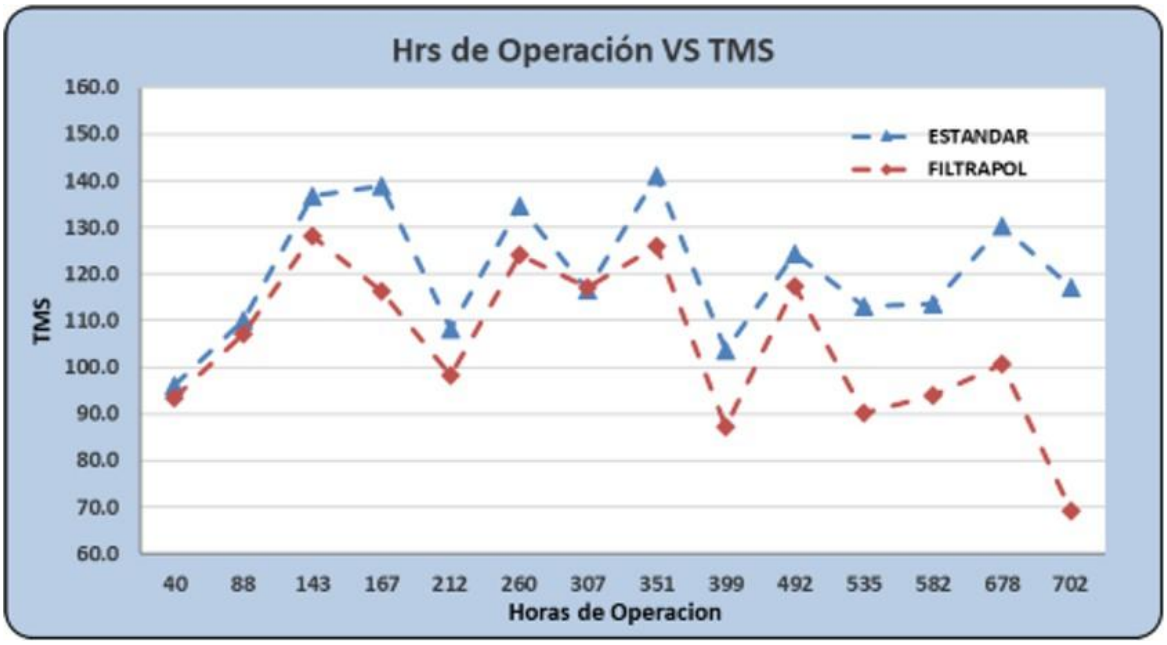
Productividad promedio:

TELAS	Humedad	Productividad		TMSH
	(%)	(Lb./pie ^{2} - h)	(Kg./m ^{2} - h)	
ESTANDAR	8.2	228.3	1115.7	120.3
FILTRAPOL	7.8	199.1	972.9	104.9

Ratio productiva (TMSH) por horas de operación:

Horas de operación	TMSH				
	0 - 100 HORAS	101 - 200 HORAS	201 - 300 HORAS	301 - 400 HORAS	MAYOR A 401 HORAS
ESTANDAR	103.2	137.8	121.4	81.9	119.7
FILTRAPOL	100.4	122.3	111.2	76.5	94.2

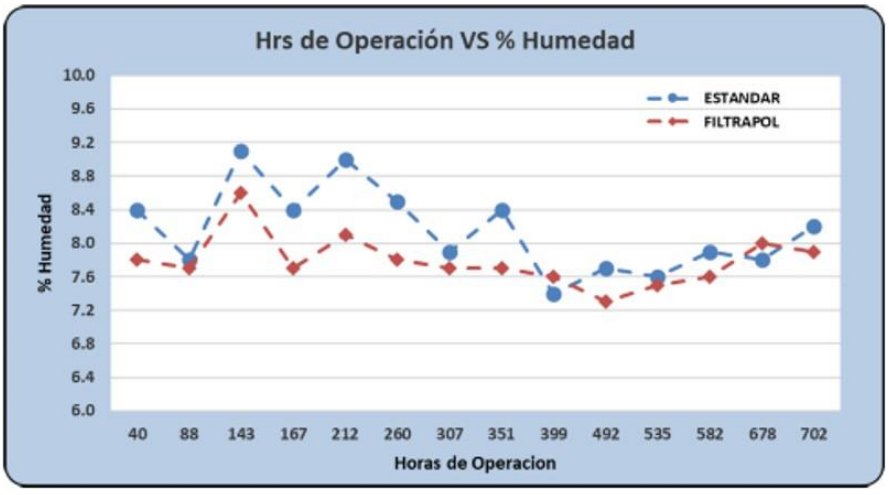
Figura 6. Hrs de operación vs TMS



Porcentaje de humedad por horas de operación:

Horas de operación	% Humedad				
	0 - 100 HORAS	101 - 200 HORAS	201 - 300 HORAS	301 - 400 HORAS	MAYOR A 401 HORAS
ESTANDAR	8.1	8.8	8.8	7.9	7.8
FILTRAPOL	7.8	8.2	8.0	7.7	7.7

Figura 7. Hrs de operación vs humedad



Telas rotas por horas de operación

Horas de operación	Total de telas					
	0 - 100 HORAS	101 - 200 HORAS	201 - 300 HORAS	301 - 400 HORAS	MAYOR A 401 HORAS	TOTAL
ESTANDAR	-	-	2.0	-	3.0	5.0
FILTRAPOL	-	4.0	4.0	7.0	6.0	21.0

SHOUGANG HIERRO PERU S.A.A
Departamento de Investigación y Control de Calidad
PRODUCTIVIDAD DE LA TELA ESTANDAR VS FILTRAPOL
FILTRO 055-028/030

TELA	HORAS OPERADAS EN SACAS	TIEMPO (seg/vuelta)	SOLIDOS (%)	HUM. (%)	Psi (inHg)	CFM/pie2	% - 325 M	PRODUCTIVIDAD		TMSH
								Lb / pie2 - h	Kg / m2 - h	
ESTANDAR	40	97	54	8.4	20	4.9	91.6	182.6	892.3	96.3
	88	97	56	7.8	20	4.9	69.7	208.9	1020.9	110.1
	143	97	55	9.1	19	4.9	82.8	259.3	1267.2	136.7
	167	97	57	8.4	19	5.2	81.8	263.5	1287.7	138.9
	212	97	56	9.0	19	5.9	80.0	205.5	1004.2	108.3
	260	97	57	8.5	18	4.9	80.0	255.3	1247.6	134.6
	307	97	56	7.9	18	4.3	74.7	221.3	1081.5	116.6
	351	97	58	8.4	19	4.9	77.0	267.6	1307.7	141.1
	399	97	55	7.4	21	5.2	78.2	196.5	960.3	103.6
	492	97	55	7.7	18	4.3	72.1	236.1	1153.8	124.4
	535	97	59	7.6	18	4.3	68.6	214.3	1047.2	113.0
	582	97	59	7.9	20	4.3	69.6	215.6	1053.6	113.6
	678	97	60	7.8	19	4.3	71.8	247.3	1208.5	130.4
	702	97	60	8.2	20	4.3	72.3	222.4	1086.8	117.2
FILTRAPOL	40	97	54	7.8	21	4.9	92.2	177.2	865.9	93.4
	88	97	55	7.7	21	4.9	70.1	203.5	994.5	107.3
	143	97	53	8.6	18	4.9	81.0	243.0	1187.5	128.1
	167	97	58	7.7	20	5.2	80.1	220.9	1079.5	116.4
	212	97	56	8.1	21	5.9	79.0	186.5	911.4	98.3
	260	97	57	7.8	19	4.9	82.1	235.4	1150.4	124.1
	307	97	57	7.7	20	4.3	73.4	222.1	1085.4	117.1
	351	97	57	7.7	21	4.9	76.5	238.9	1167.5	125.9
	399	97	53	7.6	22	5.2	77.5	165.5	808.8	87.2
	492	97	57	7.3	20	4.3	71.6	222.8	1088.8	117.4
	535	97	59	7.5	21	4.3	71.8	171.3	837.1	90.3
	582	97	59	7.6	21	4.3	71.2	178.1	870.3	93.9
	678	97	59	8.0	20	4.3	72.3	190.8	932.4	100.6
	702	97	60	7.9	20	4.3	73.5	131.2	641.2	69.2

Productividad promedio

TELAS	Humedad	Productividad		TMSH
	(%)	(Lb./pie ^{2} - h)	(Kg./m ^{2} - h)	
ESTANDAR	8.2	228.3	1115.7	120.3
FILTRAPOL	7.8	199.1	972.9	104.9

Horas de operación	(Lb / pie2 - h)				
	0 - 100 HORAS	101 - 200 HORAS	201 - 300 HORAS	301 - 400 HORAS	MAYOR A 401 HORAS
ESTANDAR	195.8	261.4	230.4	155.3	227.1
FILTRAPOL	190.4	232.0	211.0	145.1	178.8

Ratio productivo (TMSH) por horas de operación:

Horas de operación	TMSH				
	0 - 100 HORAS	101 - 200 HORAS	201 - 300 HORAS	301 - 400 HORAS	MAYOR A 401 HORAS
ESTANDAR	103.2	137.8	121.4	81.9	119.7
FILTRAPOL	100.4	122.3	111.2	76.5	94.2

Porcentaje de humedad por horas de operación:

Horas de operación	% Humedad				
	0 - 100 HORAS	101 - 200 HORAS	201 - 300 HORAS	301 - 400 HORAS	MAYOR A 401 HORAS
ESTANDAR	8.1	8.8	8.8	7.9	7.8
FILTRAPOL	7.8	8.2	8.0	7.7	7.7

Telas cambiadas en cada filtro

Horas de operación	Total de telas				
	0 - 100 HORAS	101 - 200 HORAS	201 - 300 HORAS	301 - 400 HORAS	MAYOR A 401 HORAS
ESTANDAR	-	-	2.0	-	3.0
FILTRAPOL	-	4.0	4.0	7.0	6.0

IV. DISCUSION DE RESULTADOS

Discusión sobre la Optimización del Proceso de Filtración

El análisis evidencia que los parámetros operativos del filtro constituyen uno de los determinantes más importantes para el rendimiento del proceso. Los resultados muestran que una velocidad del disco demasiado alto incrementa la humedad del concentrado, mientras que una velocidad adecuada favorece la formación de tortas más uniformes. De forma similar, una alta velocidad del agitador dificulta la adherencia del concentrado a las telas y afecta la eficiencia del filtrado, lo cual concuerda con el comportamiento operativo registrado.

El porcentaje de sólidos de pulpa también demostró ser un parámetro crítico. Según los resultados, cuando él % de sólidos se mantiene en el rango de 55–60 %, se obtienen tortas de buena consistencia; sin embargo, si este valor es demasiado alto, la torta se vuelve gruesa y la humedad supera el 8.5 %, mientras que valores demasiado bajos generan tortas delgadas y secas pero reducen la productividad del filtro. Esto confirma la necesidad de controlar cuidadosamente este parámetro para equilibrar humedad y rendimiento operativo.

El sistema de vacío, operado por bombas de vacío, también presenta un papel relevante. El documento indica que baja presión de vacío genera tortas demasiado húmedas, debido a que la bomba no logra succionar la cantidad de agua necesaria. Asimismo, variables como amperaje elevado, temperatura del reductor y presión de agua de refrigeración insuficiente señalan fallas que disminuyen la capacidad de vacío y afectan directamente la eficiencia del proceso. Estos hallazgos evidencian que la estabilidad mecánica del sistema es fundamental para optimizar la filtración.

La productividad por filtro y por horas de operación también demuestra variaciones asociadas al desempeño operativo y a las condiciones mecánicas de los equipos. El archivo presenta reportes de productividad global, productividad promedio y rate productivo (TMSH) que

muestran consistencia en las horas en que los parámetros se mantuvieron estables y disminuciones cuando existieron desviaciones en vacío, sólidos o fallas mecánicas. Esto confirma que la optimización del proceso no depende solo de un parámetro, sino de la interacción simultánea de todo el circuito.

Por otra parte, la gestión del medio filtrante es una dimensión clave. La comparación entre telas estándar y telas Filtrapol mostró diferencias significativas en productividad, humedad y vida útil. Los resultados evidencian que las telas especializadas mejoran el rendimiento del filtro, reducen la humedad y se mantienen estables durante más horas de operación. Asimismo, la presencia de telas rotas o la necesidad de cambios frecuentes afecta negativamente la continuidad operativa y contribuye al aumento de humedad, respaldando la importancia de una adecuada gestión de este componente.

Finalmente, los aspectos de seguridad y procedimientos operativos (PETS) incluidos en el archivo muestran que la estandarización de tareas, el control de riesgos y el uso adecuado de EPP permiten mantener la continuidad del proceso sin incidentes que puedan alterar la operación de los filtros o los espesadores. Un entorno seguro favorece la estabilidad de parámetros operativos y, por ende, la eficiencia del filtrado.

Discusión sobre la Reducción de la Humedad del Concentrado

Los resultados indican que la humedad del concentrado, medida por horas de operación, es altamente sensible a cambios en la velocidad del disco, el % de sólidos y la presión de vacío. Cuando estos parámetros se mantuvieron dentro de rangos operativos adecuados, la humedad permaneció estable; mientras que desviaciones en cualquiera de ellos generaron aumentos inmediatos en el porcentaje de humedad.

La influencia del medio filtrante fue particularmente evidente: las telas Filtrapol permitieron obtener menores valores de humedad, mayor uniformidad en la torta y mejor productividad, mientras que las telas estándar presentaron mayores fluctuaciones y necesidad de reemplazo, lo cual se refleja en incrementos en la humedad y disminuciones en el rate productivo.

Asimismo, se muestra que los picos de humedad coinciden con momentos donde las bombas de vacío presentaron indicios de fallas (amperaje elevado, baja presión de agua, variaciones térmicas), lo cual refuerza la relación directa entre el sistema de vacío y la extracción de agua durante la filtración.

Finalmente, la reducción de la humedad impactó positivamente en la productividad, ya que tortas más secas permiten ciclos más rápidos y mayor estabilidad operativa. Los valores de TMSH y productividad por horas confirmaron esta tendencia, validando la hipótesis central de la investigación: optimizar el proceso de filtración reduce la humedad del concentrado y mejora el rendimiento operativo global.

V. CONCLUSIONES

Los resultados muestran que la velocidad del disco, la velocidad del agitador, el porcentaje de sólidos en la pulpa y la presión de vacío determinan la eficiencia del proceso de filtración. Variaciones en estos parámetros producen tortas inestables o excesivamente húmedas, mientras que operar dentro de los rangos óptimos permite obtener una torta uniforme, compacta y con menor humedad. Por lo tanto, el adecuado control de los parámetros operativos constituye uno de los factores más importantes dentro de la optimización del proceso de filtración.

El comportamiento del espesador, la estabilidad del sistema de vacío y el funcionamiento mecánico del filtro mostraron ser determinantes para mantener condiciones operativas estables. Cuando las bombas de vacío presentaron baja presión, sobrecarga eléctrica o temperatura anormal, se incrementó la humedad del concentrado y disminuyó la productividad. Esto evidencia que la optimización del proceso depende del buen estado de todos los equipos que intervienen en el circuito.

Las telas filtrantes en buen estado permiten obtener una torta adecuada y estable, mientras que aquellas desgastadas, saturadas o rotas generaron incrementos en la humedad y disminución en la capacidad productiva del filtro. El análisis comparativo entre telas estándar y telas especializadas evidenció que estas últimas mejoran significativamente el rendimiento del proceso. Por lo tanto, la gestión del medio filtrante debe considerarse un componente esencial de la optimización del proceso de filtración.

El cumplimiento de los PETS, la correcta identificación de riesgos, el uso de EPP y el ordenamiento del entorno operativo permiten evitar interrupciones, incidentes y fluctuaciones inesperadas en los parámetros del filtro. Aunque no actúan directamente sobre la humedad, sí aseguran continuidad operativa y reducen condiciones que podrían generar fallas mecánicas o variaciones operativas.

Los resultados demostraron que la humedad presenta variaciones cuando existen cambios en los parámetros operativos, cuando el sistema de vacío presenta inestabilidad o cuando las telas filtrantes pierden eficiencia. En las horas donde el proceso se mantuvo estable, la humedad permaneció dentro de los límites esperados, confirmando que este indicador depende de múltiples variables del sistema.

La velocidad del disco, la velocidad del agitador, el porcentaje de sólidos y la presión de vacío mostraron una relación directa con el porcentaje de humedad. Cuando estos parámetros se desviaron de su rango óptimo, la humedad aumentó de manera inmediata. Esto valida que el control de los parámetros operativos es determinante para lograr una reducción efectiva de la humedad.

Las telas especializadas demostraron una mejor capacidad de drenaje y un comportamiento más estable de la humedad, mientras que las telas estándar incrementaron la variabilidad del filtrado. La integridad del medio filtrante influye directamente en la remoción de agua y, por tanto, en la calidad final del concentrado filtrado.

Se evidenció que valores menores de humedad están asociados a mayores tasas de productividad (TMSH) y menores tiempos de ciclo. Por el contrario, humedades elevadas generaron pérdida de eficiencia, mayor consumo energético y reducción del rendimiento operativo. La reducción de la humedad no solo mejora la calidad del concentrado, sino que optimiza la eficiencia global del proceso.

Los resultados obtenidos permiten afirmar que la optimización del proceso de filtración influye de manera significativa en la reducción de la humedad del concentrado, y que dicha relación se sustenta en el adecuado control de parámetros operativos, el óptimo desempeño de los equipos, la correcta gestión del medio filtrante y la estandarización operativa. Simultáneamente, la

reducción de la humedad impacta favorablemente en la productividad y eficiencia de la Planta Filtros.

VI. RECOMENDACIONES

- Establecer rangos operativos estrictos para la velocidad del disco, velocidad del agitador, presión de vacío y % de sólidos, verificándolos en cada turno mediante un checklist obligatorio.
- Implementar un plan de mantenimiento preventivo específico para las bombas de vacío, espesadores y sistemas mecánicos del filtro, priorizando sensores de amperaje, temperatura y presión.
- Adoptar telas filtrantes de mejor desempeño y establecer un programa de inspección diaria para detectar desgaste, roturas o saturación, reemplazándolas antes de afectar la humedad y la productividad.
- Fortalecer la capacitación en PETS, uso de EPP y control de riesgos, asegurando continuidad operativa y evitando interrupciones que puedan modificar los parámetros del proceso.
- Monitorear la humedad por horas de operación y generar alertas operativas cuando se detecten desviaciones, activando ajustes inmediatos en el proceso.
- Optimizar los parámetros operativos mediante calibraciones periódicas y análisis estadísticos que permitan identificar rápidamente las condiciones que incrementan la humedad.
- Seleccionar telas filtrantes según su vida útil, desempeño hidráulico y estabilidad en el drenaje, sustituyendo gradualmente las telas estándar por telas especializadas de mayor eficiencia.
- Reducir la humedad del concentrado como estrategia operativa para elevar la productividad, incorporando indicadores de eficiencia (TMSH, tiempos de ciclo, consumo energético) en los reportes diarios.

- Fortalecer la integración entre áreas operativas, mantenimiento y supervisión para asegurar un proceso de filtración estable, eficiente y con menor variabilidad en la humedad del concentrado.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

[1] A. Hernández, Procesos de Filtración en Minería: Principios y Aplicaciones, 2.ª ed., Lima, Perú: Instituto de Ingeniería Minera, 2020.

[2] R. Díaz, Optimización del proceso de filtrado de concentrado de cobre mediante ajuste de parámetros operacionales en planta minera Los Pelambres, Chile, 2019.

[3] C. MacDonald y Y. Liu, Process improvement for moisture reduction in iron concentrate filtration at Labrador Iron Mines, Canadá, 2020.

[4] S. Singh, Enhancing dewatering performance in mineral concentrate filtration through cake conditioning, Australia, 2021.

[5] D. Quispe Huamán, Optimización del sistema de filtrado para mejorar la eficiencia de la planta concentradora de minerales en la Empresa Minera Volcan – Cerro de Pasco, Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, 2018.

[6] R. Carrillo Gómez, Mejoramiento del proceso de filtrado para reducir la humedad del concentrado en la planta de procesamiento de minerales de la Compañía Minera Antapaccay – Espinar, Tesis de ingeniería, Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, Cusco, 2019.

[7] J. Ramos Medina, Evaluación del rendimiento de filtros cerámicos en la disminución de humedad del concentrado de cobre en la planta de filtrado de Sociedad Minera Cerro Verde – Arequipa, Tesis de ingeniería, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, 2020.

[8] B. A. Wills and T. Napier-Munn, Wills' Mineral Processing Technology, 8th ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2016.

[9] J. García and M. López, “Influencia de los parámetros operativos en procesos de filtración industrial,” Revista de Procesos Minerales, vol. 12, no. 2, pp. 45–53, 2019.

[10] S. Prakash, Vacuum Filtration Systems in Mineral Processing. London: CRC Press, 2018.

[11] F. Baltar and R. Gómez, “Uso de floculantes en filtración de concentrados minerales,” Journal of Mining Science, vol. 53, no. 4, pp. 612–620, 2017.

[12] Y. Zhang, “Effect of temperature on slurry filtration performance,” International Journal of Mineral Processing, vol. 178, pp. 25–33, 2018.

[13] J. Soto and R. Leiva, Procesamiento de Minerales y Operaciones de Filtración, Lima: Ed. Tecnomin, 2020.

[14] D. Osborne, “Industrial filtration capacity analysis in mineral processing,” Minerals Engineering, vol. 145, pp. 1–9, 2020.

[15] R. Hernández and P. Duarte, “Cake formation and dewatering performance in pressure and vacuum filters,” Separation and Purification Technology, vol. 190, pp. 32–40, 2018.

[16] M. Torres and A. Rivas, “Mechanical reliability of filtration equipment in mining operations,” Journal of Mining Engineering, vol. 28, no. 3, pp. 112–121, 2019.

[17] L. Pérez, “Hydraulic behavior of pumping systems in mineral filtration circuits,” International Journal of Mineral Processing, vol. 175, pp. 44–52, 2019.

[18] K. Nakamura, Filter Media Performance in Industrial Dewatering, Tokyo: Mining Press, 2017.

[19] S. Walker, “Process automation and control systems in modern filtration plants,” Automation in Mining, vol. 5, no. 2, pp. 55–67, 2021.

[20] M. Castillo and D. Vergara, Tecnologías de Filtración Industrial en Minería, Santiago: Ediciones Mineras, 2021.

[21] S. Martínez, “Selection criteria for industrial filter cloths in mineral processing plants,” Mineral Processing Review, vol. 36, no. 2, pp. 122–135, 2020.

[22] J. Harper, “Mechanical behavior and permeability of filter media under cyclic loads,” Separation Science and Technology, vol. 55, no. 1, pp. 88–102, 2019.

[23] A. Delgado and R. Muñoz, “Failure analysis of industrial filter cloths used in mining operations,” Journal of Industrial Filtration, vol. 12, no. 4, pp. 201–210, 2018.

[24] P. Andrews, “Chemical compatibility of filter media with flocculants and mining reagents,” Journal of Chemical Processing, vol. 44, no. 3, pp. 55–63, 2021.

[25] L. Contreras, “Performance monitoring systems for filter media in mineral dewatering circuits,” Mining Operations Control, vol. 9, no. 1, pp. 77–86, 2022.

[26] R. Valdivia, Gestión Integral de Procesos en Plantas Mineras, Lima: Ed. Metalurgia Andina, 2020.

[27] C. Oliveira and J. Silva, “Operational performance optimization in mineral filtration plants,” Minerals Engineering, vol. 170, pp. 1–10, 2021.

[28] A. Zamora, “Risk control strategies in filtration and dewatering operations,” Mining Safety Journal, vol. 14, no. 3, pp. 55–67, 2020.

[29] Ministerio de Energía y Minas, Decreto Supremo N° 024-2016-EM: Reglamento de Seguridad y Salud en Minería, Perú, 2016.

[30] L. Santos, “Environmental management practices in mineral processing facilities,” Environmental Mining Review, vol. 32, no. 4, pp. 210–223, 2019.

[31] J. Roberts, Sustainable Filtration Technologies and Environmental Performance, London: Green Mining Press, 2021.

[32] P. Larraín, “Implementation of integrated ISO management systems in mining operations,” Industrial Management Review, vol. 11, no. 2, pp. 78–92, 2022.

[33] M. Fernández, “Key performance indicators for operational, safety and environmental control in filtration circuits,” Mining Operations Analytics, vol. 7, no. 1, pp. 101–115, 2023.

[34] R. Aguilar and F. Paredes, Fundamentos de Filtración y Secado de Minerales, Lima: TecnoMinería Editorial, 2020.

[35] S. Wang, “Influence of particle size and mineralogy on moisture retention in concentrate cakes,” Minerals Engineering, vol. 161, pp. 106–115, 2021.

[36] D. Kim and T. Park, “Cake structure and permeability analysis in vacuum and pressure filtration,” Separation Science and Technology, vol. 57, no. 9, pp. 1452–1466, 2022.

[37] H. López, “Operational variables affecting moisture content in mineral concentrates,” Journal of Mineral Processing, vol. 25, no. 3, pp. 233–242, 2019.

[38] L. Acosta, “Filter media effects on dewatering efficiency in iron ore processing,” International Journal of Mineral Processing, vol. 185, pp. 77–86, 2018.

[39] R. Summers, “Flocculant interactions and their effect on dewatering performance,” Chemical Engineering Journal, vol. 390, pp. 124–132, 2020.

[40] M. Ortega and C. Ruiz, “Environmental conditions and their impact on industrial dewatering,” Environmental Engineering Review, vol. 14, no. 2, pp. 88–97, 2021.

[41] P. Donoso, Industrial Moisture Control in Mineral Concentrate Logistics, Santiago: Green Metals Press, 2022.

[42] J. Navarro, Procesos de Filtración y Humedad en Concentrados Minerales, México: Editorial Geomet, 2020.

[43] P. Martínez and L. Gutiérrez, “Effect of pressure and vacuum levels on moisture content in mineral concentrates,” Minerals Engineering, vol. 165, pp. 45–53, 2021.

[44] A. Reyes, “Influence of slurry density on cake formation and final moisture,” International Journal of Mineral Processing, vol. 182, pp. 214–223, 2019.

[45] R. Thompson, “Cycle time optimization in pressure and vacuum filtration systems,” Separation and Purification Technology, vol. 249, pp. 1–10, 2020.

[46] K. Suzuki, “Rotational speed parameters and their effect on concentrate moisture,” Journal of Mining Engineering, vol. 31, no. 1, pp. 97–106, 2022.

[47] M. Torrealba, “Flocculant dosage and its impact on filtration performance,” Chemical Engineering Journal, vol. 389, pp. 122–130, 2020.

[48] J. Ramos, “Temperature influence on filtration kinetics in mining processes,” Process Engineering Review, vol. 15, no. 2, pp. 55–63, 2021.

[49] C. Vega, “Filter cloth condition and moisture control in iron ore concentrates,” Dewatering Science & Technology, vol. 12, no. 4, pp. 188–199, 2019.

[50] P. Mendoza, Filter Media Behavior in Industrial Dewatering, Buenos Aires: Ingeniería Minera Press, 2020.

[51] R. Singh, “Permeability effects on moisture content in vacuum and pressure filtration,” Minerals Engineering, vol. 175, pp. 22–30, 2022.

[52] T. Kawano, “Wear and clogging mechanisms in filter cloths used in mineral filtration,” Journal of Filtration Science, vol. 18, no. 3, pp. 145–156, 2021.

[53] A. Salazar and D. Hoyos, “Chemical–filter media interactions and their impact on dewatering performance,” Chemical Engineering Journal, vol. 405, pp. 1–12, 2021.

[54] M. Zhou, “Influence of weave patterns on filtration efficiency and moisture retention,” Separation and Purification Technology, vol. 252, pp. 120–129, 2020.

[55] C. Romaní, “Regeneration techniques for filter cloths and their effect on moisture reduction,” Dewatering Technology Review, vol. 11, no. 2, pp. 87–98, 2019.

[56] Y. Ledezma, “Filter cloth degradation and moisture increase in iron ore concentrate filtration,” Mining Process Performance Journal, vol. 9, no. 1, pp. 66–74, 2022.

[57] C. Rojas, Humedad y Eficiencia en Procesos de Concentración de Minerales, Lima: Metalurgia Andina Ediciones, 2021.

[58] L. Ferguson, “Moisture effects on material flowability in mineral processing plants,” Mining Engineering Review, vol. 33, no. 2, pp. 77–85, 2020.

[59] K. Patel, “Energy consumption analysis in thermal drying of mineral concentrates,” Energy in Mineral Processing, vol. 12, no. 1, pp. 15–27, 2022.

[60] T. Schneider, “Quality implications of moisture control in iron ore pelletizing,” Steelmaking Journal, vol. 45, no. 3, pp. 101–110, 2019.

[61] P. Navarro, “Transport performance and moisture influence in concentrate logistics,” Mineral Transport Review, vol. 28, no. 4, pp. 212–223, 2021.

[62] G. Murakami, “Mechanical stability of filter cakes at different moisture levels,” Separation Science and Technology, vol. 56, no. 7, pp. 987–998, 2021.

[63] A. Hidalgo, “Key performance indicators affected by concentrate moisture,” Mining Operations Analytics, vol. 10, no. 1, pp. 55–67, 2023.

[64] M. Carreño, Economic Impact of Moisture Control in Mineral Processing, Santiago: Green Mining Press, 2022.

[65] H. Hernández y J. Pérez, Metodología de la Investigación Científica en Ingeniería, 3ª ed. Bogotá, Colombia: Editorial Alfaomega, 2020.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Matriz de operacionalización de las variables

Variable	Definición conceptual	Dimensiones
Optimización del proceso de filtración	El proceso de filtración en minería es una etapa clave en la separación sólido-líquido, donde se reduce el contenido de humedad del concentrado mineral mediante equipos como filtros de presión o vacío. Este proceso mejora la manipulación, transporte y comercialización del material al minimizar el agua retenida, optimizando la eficiencia operativa y reduciendo costos.	- Control de parámetros operativos del filtro. - Desempeño de los equipos del circuito de filtración. - Gestión del medio filtrante. - Gestión operativa, seguridad y medio ambiente en Planta Filtros.
Reducción de la humedad del concentrado	La reducción de la humedad del concentrado es un proceso esencial en la minería que busca disminuir el contenido de agua retenida en el material después de la filtración, facilitando su manipulación, transporte y	- Comportamiento de la humedad del concentrado. - Parámetros operativos en la humedad. - Impacto del medio filtrante en la humedad.

	comercialización. Para ello, se emplean tecnologías como filtros de presión, filtros de disco o secadores térmicos, optimizando la eficiencia operativa y reduciendo costos logísticos y ambientales.	- Efecto de la humedad sobre la eficiencia del procesos.

Anexo 2. Matriz de consistencia

Titulo	**Optimización del proceso de filtración para reducir la humedad del concentrado en la Nueva Planta Filtros de Shougang Hierro Perú**					
Problema	**Objetivos**	**Hipótesis**	**Variables**	**Dimensiones**	**Indicadores**	**Metodología**
Problema principal: ¿De qué manera la optimización del proceso de filtración influye en la reducción de la humedad del concentrado en la Planta Filtros	**Objetivo general:** Determinar de qué manera la optimización del proceso de filtración influye en la reducción de la humedad del concentrado en	**Hipótesis general:** La optimización del proceso de filtración influye significativamente en la reducción de la humedad del concentrado en la Planta Filtros de	**VX** Optimización del proceso de filtración.	• Control de parámetros operativos del filtro. • Desempeño de los equipos del circuito de filtración. • Gestión del medio filtrante. • Gestión operativa,	• Velocidad operativa del disco (RPM). • Velocidad del agitador (RPM). • Porcentaje de sólidos de la pulpa (%). • Presión del sistema de vacío (inHg o kPa). • Productividad por filtro (TMS/día).	Tipo: Aplicada. Nivel: Explicativo. Diseño: No experimental, longitudinal y correlacional-explicativo.

de Shougang Hierro Perú? **Problemas específicos:** ¿De qué manera la optimización del proceso de filtración influye en el comportamiento de la humedad del concentrado en la Planta Filtros de	la Planta Filtros de Shougang Hierro Perú. **Objetivos específicos:** Determinar de qué manera la optimización del proceso de filtración influye en el comportamiento de la humedad del concentrado en la Planta Filtros de	Shougang Hierro Perú. **Hipótesis específicas:** La optimización del proceso de filtración influye significativamente en el comportamiento de la humedad del concentrado en la Planta Filtros de	VY Reducción de la humedad del concentrado.	seguridad y medio ambiente en Planta Filtros. • Comportamiento de la humedad del concentrado. • Parámetros operativos en la humedad. • Impacto del medio filtrante en la humedad. • Efecto de la humedad sobre	• Productividad horaria (TMSH). • Horas efectivas de operación (% de disponibilidad). • Número de eventos de fallas mecánicas del sistema de vacío. • Tipo de tela utilizada (Estándar / Filtrapol). • Duración de la vida útil del medio filtrante (horas). • Frecuencia de roturas o reemplazos de tela (veces/mes).	Población: Todas las operaciones de filtración en la Planta Filtros de Shougang Hierro Perú. Tamaño de muestra: Muestra representativa de operaciones de filtración en la Planta Filtros. Técnica: Observación

Shougang Hierro Perú? ¿De qué manera la optimización del proceso de filtración influye en los parámetros operativos de humedad en la Planta Filtros de Shougang Hierro Perú?	Shougang Hierro Perú. Determinar de qué manera la optimización del proceso de filtración influye en los parámetros operativos de humedad en la Planta Filtros de Shougang Hierro Perú.	Shougang Hierro Perú. La optimización del proceso de filtración influye significativamente en los parámetros operativos de humedad en la Planta Filtros de Shougang Hierro Perú.		la eficiencia del procesos.	• Eficiencia del medio filtrante medida en humedad del concentrado (%). • Cumplimiento de procedimientos PETS (%). • Incidentes o interrupciones operativas relacionadas con seguridad (número/mes). • Uso adecuado de EPP (% de cumplimiento). • Tiempos de detención por riesgos o actividades no planificadas (horas).	directa y análisis documental. Instrumentos: Lista de verificación y fichas de registro.

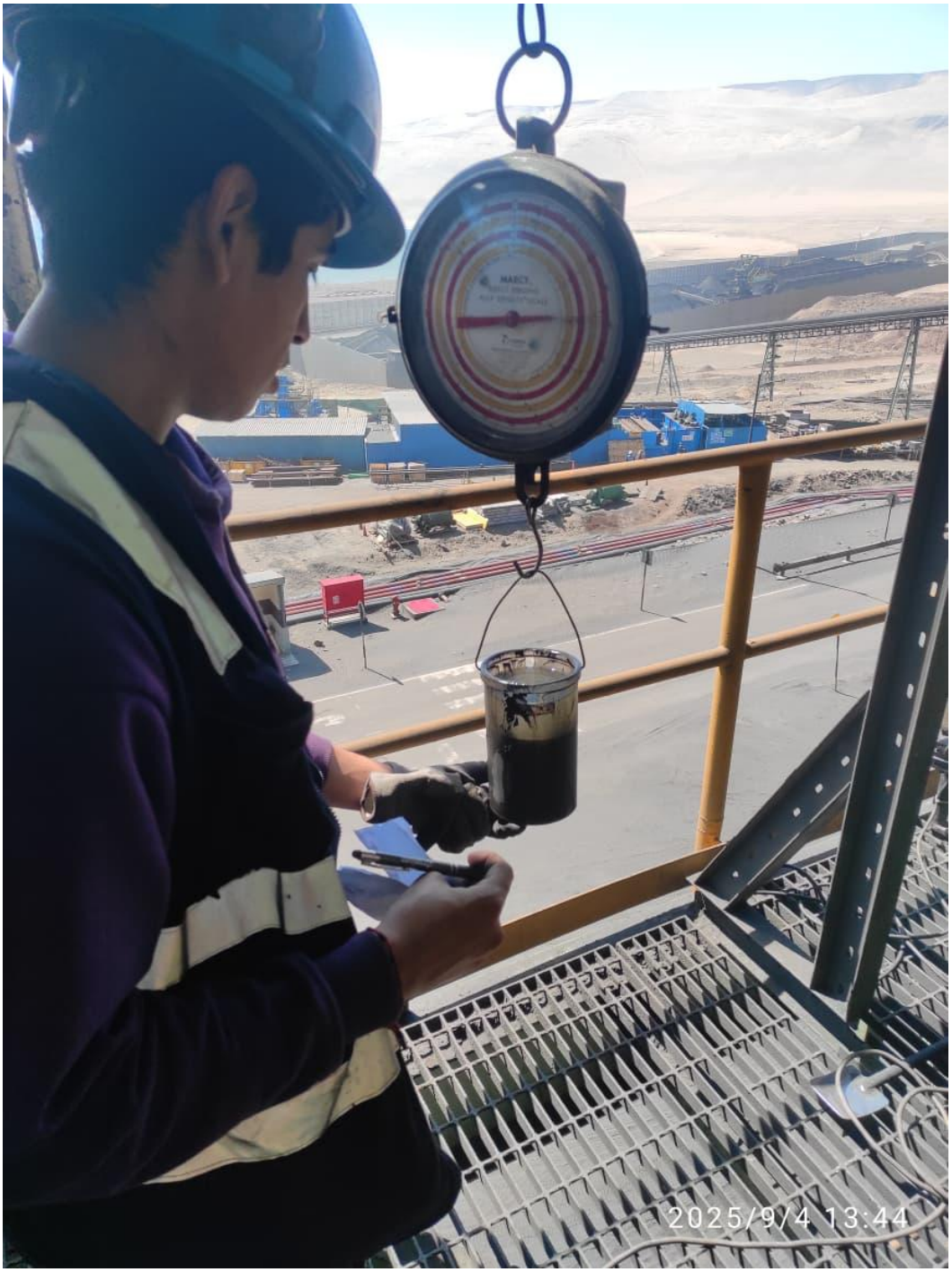
¿De qué manera la optimización del proceso de filtración influye en el impacto del medio filtrante de humedad en la Planta Filtros de Shougang Hierro Perú?	Determinar de qué manera la optimización del proceso de filtración influye en el impacto del medio filtrante de humedad en la torta filtrada en la Planta Filtros de Shougang Hierro Perú.	La optimización del proceso de filtración influye significativamente en el impacto del medio filtrante de humedad en la Planta Filtros de Shougang Hierro Perú.			…… • Humedad promedio del concentrado (%). • Variación de la humedad por horas de operación (Δ%). • Número de picos de humedad por turno. • Relación humedad–velocidad del disco. • Impacto del porcentaje de sólidos sobre la humedad (ΔHumedad/ΔSólidos).	

¿De qué manera la optimización del proceso de filtración influye en el efecto de la humedad sobre la eficiencia del proceso en la Planta Filtros de Shougang Hierro Perú?	Determinar de qué manera la optimización del proceso de filtración influye en el efecto de la humedad sobre la eficiencia del proceso en la Planta Filtros de Shougang Hierro Perú.	La optimización del proceso de filtración influye significativamente en el efecto de la humedad sobre la eficiencia del proceso en la Planta Filtros de Shougang Hierro Perú.			• Variación de la humedad según presión del vacío (Δ%). • Influencia de la velocidad del disco sobre la humedad (%). • Tiempo de formación de torta (segundos). • Humedad promedio según tipo de tela (%). • Consistencia de la torta (espesor en mm). • Variación de humedad durante la vida útil de la tela (Δ%).	

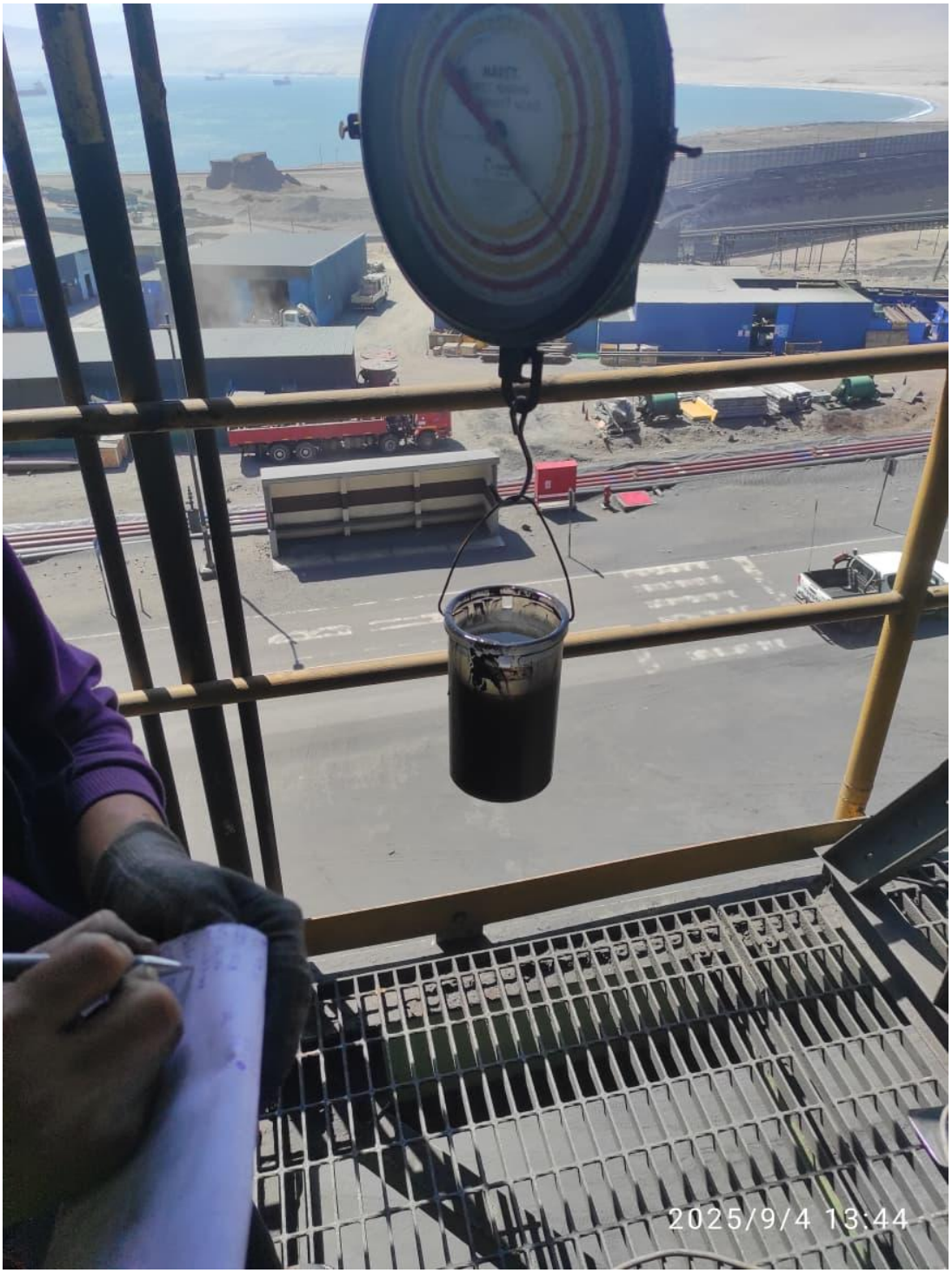
					• Índice de uniformidad de la torta. • Rate productivo (TMSH) según niveles de humedad. • Tiempo de ciclo del filtro (min). • Costo operativo por tonelada filtrada (USD/TMS). • Interrupciones por humedad fuera de rango (veces/turno).	

Anexo 3. Evidencia fotográfica del trabajo de campo realizado en la etapa experimental




2025/9/4 13:44


2025/9/4 13:43


2025/9/4 13:44

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS Y METALURGIA

CONSTANCIA

N° 067-DI-MET-FIMM-2026

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud de **TESIS** cuyo título es:

"OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE FILTRACIÓN PARA REDUCIR LA HUMEDAD DEL CONCENTRADO EN LA NUEVA PLANTA FILTROS DE SHOUGANG HIERRO PERÚ"

Presentado por:

ROMERO LAURA ALDAIR STUART

Que, se ha recibido del operador del programa informático evaluador de originalidad de la **Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica**, de la Facultad de Ingeniería de Minas y Metalurgia, de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga, el informe automatizado de originalidad, el mismo que concluye de la siguiente manera:

El documento de investigación APRUEBA los criterios de originalidad con un porcentaje de similitud de 12%.

Para dar fe, se adjunta al presente el reporte de similitud de las bases de datos de iThenticate. **En Ica 22 de julio de 2026.**

Atentamente,

.....

DR. VICTOR MANUEL FLORES MARCHAN
DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN DE LA FIMM