

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA SEDE VIÑA DEL MAR
JOSE MIGUEL CARRERA

**ESTUDIO DE LA CONFIABILIDAD HUMANA Y ANÁLISIS DE LA
INCIDENCIA DEL ERROR HUMANO EN FLSMIDTH S.A. MINERA LOS
PELAMBRES**

Trabajo de Titulación para optar al
título profesional de INGENIERO EN
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Alumno:

Ignacio Andrés Valenzuela Farias

Profesor Guía:

Mg. Ing. Carlos Baldi González

RESUMEN

KEYWORDS: PLANES DE MEJORA, CONFIABILIDAD HUMANA, ERROR HUMANO.

La confiabilidad no solo se basa en la gestión de activos especificada en maquinaria y equipos industriales. También considera el campo de la confiabilidad humana, siendo este último la raíz de la definición, puesto que, permite generar planes para mejorar el funcionamiento y vida útil de los equipos industriales. Por el contrario, al no realizar oportunidades de mejora no se pondrán a efectuar las operaciones de mantenimiento como se encuentran planificadas porque las personas se consideran un activo intangible que se debe mantener en una constante capacitación y valoración de sus funciones

El enfoque de este escrito está basado en propuestas de planes de mejora para minimizar y/o reducir la incidencia del error humano en tareas ejecutadas de forma errónea.

FLSMIDTH es una empresa la cual se dedica a la venta y mantención de equipos y componentes las cuales son necesarias para el funcionamiento de plantas concentradora de minerales, como, de plantas de cemento.

En el capítulo 1 se da a conocer los antecedentes generales de la empresa y del personal. Por medio de generación de encuestas se determinarán puntos y/o debilidades que se producen en el ambiente de trabajo.

En el capítulo 2 se definen conceptos como, error humano junto con las diferentes causales de este. Además, se da a conocer las ramas encontradas en la confiabilidad humana.

El capítulo 3 considera la evaluación y análisis de causas raíz en conjunto con la metodología de HRCM, asimismo, se genera la clasificación de actividades en la herramienta “matriz de riesgo”

En el capítulo 4 se profundizará en la propuesta de planes de mejora con la cual, se puede mitigar la incidencia del error humano, también, se llevará un control de las

actividades asegurando el cumplimiento de protocolos y estándares de seguridad exigidos a través de la generación de kpi's.

ÍNDICE

RESUMEN	
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS.....	2
Objetivo General	2
Objetivos Específicos	2
CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES.....	4
1.1 ANTECEDENTES DE LA EMPRESA	5
1.1.1 Historia.....	5
1.1.2 Plataforma estratégica.....	6
1.1.2.1 Misión	6
1.1.2.2 Visión.....	6
1.1.3 Competencia de la empresa.....	7
1.1.5 Estructura Organizacional.....	8
1.1.6 Contexto Operacional	8
1.2 EVALUACIÓN DEL AMBIENTE DE TRABAJO.....	10
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO.....	25
2.1 EL ERROR-FACTOR HUMANO	26
2.1.1 Tipos de error	27
2.2 CONFIABILIDAD OPERACIONAL.....	30
2.3 CONFIABILIDAD HUMANA	33
2.4 GESTIÓN INTEGRAL DEL MANTENIMIENTO	34
2.4.1 Desarrollo del capital humano	34
2.4.2 Gestión del capital intelectual	35
2.4.3 Gestión del talento humano.....	35
2.4.4 Gestión de salud	36
2.4.5 Cambio de paradigmas.....	37

2.5 CULTURA DE LA CONFIABILIDAD HUMANA.....	38
2.6 POLÍTICAS Y ESTRATEGIAS DE CONFIABILIDAD HUMANA	39
2.6.1 Gerencia del conocimiento	40
2.6.2 Gerencia del desempeño	41
CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA.....	43
3.1 EVALUACIÓN DE LA CONFIABILIDAD A TRAVÉS DEL ANÁLISIS CAUSA RAÍZ	44
3.2 METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD HUMANA (HRCM)	50
3.2 METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD HUMANA (HRCM)	50
CAPÍTULO 4: PROPUESTA DE MEJORA	54
4.1 PLAN DE MEJORA DERIVADO DEL ANÁLISIS CAUSA RAÍZ	55
4.2 PLAN DE MEJORA DERIVADO DE ANÁLISIS DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD HUMANA (HRCM)	58
4.3 PLAN DE MEJORA DERIVADO DEL DIAGNÓSTICO DEL AMBIENTE LABORAL	59
4.4 SISTEMA DE SEGUIMIENTO Y CONTROL	62
4.5 EVALUACIÓN FINANCIERA.....	63
CONCLUSIONES.....	66
REFERENCIAS	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. ACR: 5W.....	45
Tabla 2. Fuga por tapa de alimentación	48
Tabla 3. Matriz de calificación.....	51
Tabla 4. Nivel de criticidad.....	52
Tabla 5. Evaluación de criticidad.....	52

Tabla 6. Sistema de seguimiento y control	62
Tabla 7. Costo capacitaciones	63
Tabla 8. Costo apoyo psicológico y psicosocial	63
Tabla 9. Costo de ajuste de remuneraciones	64
Tabla 10. Costo total mejora propuesta.....	¡Error! Marcador no definido. 64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Estructura organizacional	8
Figura 1.2. Ubicación planta concentradora Fénix MLP	9
Figura 1.3. Distribución de las tareas.....	11
Figura 1.4. Desgaste mental en el trabajo	12
Figura 1.5. Se tiene en cuenta su opinión.....	13
Figura 1.6. Puede aprender nuevas cosas en el trabajo	14
Figura 1.7. Reciben capacitaciones y cursos para mejorar el desempeño	15
Figura 1.8. Área de trabajo en orden y limpieza	16
Figura 1.9. Nivel de comunicación	17
Figura 1.10. Situaciones de fatiga	18
Figura 1.11. Factores que inducen el error humano.....	19
Figura 1.12. Retroalimentación sobre las causas de error en el proceso.....	20
Figura 1.13. Seguimiento al desempeño	21
Figura 1.14. Plan de incentivos	23
Figura 2.1. Cultura de la confiabilidad operacional.....	32
Figura 2.2. Modelo de confiabilidad humana	33
Figura 3.1. Etapas del ACR.....	44
Figura 3.2. Fuga sistema lubricación 310CR004.....	46
Figura 3.3. Análisis HRCM cambio de filtros mangas	53

INTRODUCCIÓN

En la gestión de activos, la confiabilidad de los sistemas se ve impactada por una diversidad de factores, siendo el "Factor Humano" uno de los elementos cruciales en cualquier sistema de gestión de mantenimiento de activos. El estudio de la influencia de los factores humanos en el ámbito del mantenimiento ha sido de particular interés en campos donde la seguridad y la confiabilidad son primordiales, dado que los factores humanos desempeñan un papel central en la fiabilidad de los sistemas. La confiabilidad humana en el contexto del mantenimiento es un tema que, hasta ahora, ha recibido escasa exploración en las organizaciones. Este tema, al ser una medición compleja, requiere dedicación de tiempo y asignación de recursos para su estudio y mejora efectiva. Aunque la presencia del error humano es inevitable, es esencial que las organizaciones comprendan a fondo el proceso y sus variables para gestionar adecuadamente esta faceta.

En la actualidad, las organizaciones carecen de modelos que aborden la confiabilidad humana de manera cuantitativa, considerándola como una probabilidad contable y permitiendo así análisis matemáticos. Este vacío conceptual presenta un desafío para evaluar y mejorar la confiabilidad humana de manera efectiva. Un caso particular que ilustra la relevancia de este problema se presenta en la empresa FLSmidth S.A., ubicada en la faena Minera Los Pelambres. Con un equipo de 383 personas trabajando en cuatro turnos, la incidencia de 208 actividades de mantenimiento ejecutadas con error anualmente, y una probabilidad de falla en la ejecución del 20%, se destaca la necesidad imperante de abordar la confiabilidad humana en este contexto.

La intención es jerarquizar las actividades críticas con el propósito de proponer métodos de mejora que fortalezcan la fiabilidad de los procesos. Este enfoque se presenta como una respuesta innovadora y necesaria en la gestión de activos, abriendo el camino para estrategias efectivas de mejora continua en la confiabilidad humana y, por ende, en la eficiencia operativa de la empresa.

OBJETIVOS

Objetivo General

Desarrollar un análisis de confiabilidad humana, así como de la incidencia del error humano en la empresa FLSmith S.A, en faena Los Pelambres, con énfasis en el área de mantenimiento.

Objetivos Específicos

- Realizar el estudio de incidencia del error humano, reconociendo los impedimentos en la ejecución de las actividades críticas que ocurren dentro de la organización, identificando aspectos claves a evaluar y tratar en FLSmith S.A.
- Evaluar la confiabilidad humana, mediante la aplicación de herramientas de confiabilidad, implementando el modelo seleccionado ACR y HRCM, con el objetivo principal de reducir los reprocesos en actividades mal ejecutadas.
- Diseñar propuestas de mejoras, mediante acciones de administración, ejecución, y evaluación de conocimientos con el propósito de estandarizar el proceso así como obtener un mayor control del proceso en la empresa FLSmith S.A., manteniendo los mayores estándares de seguridad y calidad.

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES

1.1 ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

Se lleva a cabo una investigación detallada de la empresa, explorando su descripción y el entorno operacional en el que se desenvuelve FLSmidth S.A. Durante este proceso, se identifican conceptos y factores relevantes relacionados con la incidencia del error humano que impacta a la organización. Esta exploración exhaustiva tiene como objetivo comprender a fondo cómo el error humano influye en las operaciones de FLSmidth S.A., proporcionando una base sólida para abordar y mitigar sus efectos.

1.1.1 Historia

Proveedor mundial de soluciones para aumentar la eficiencia en las industrias de minería y cemento. Con una trayectoria de más de 135 años, ofrecen equipos, instalaciones y servicios a las áreas de cemento y minería; en la actualidad, respaldan a estas industrias en su esfuerzo por aumentar la producción y reducir costos, al mismo tiempo que minimizan su impacto ambiental. Por tanto, la empresa se refiere a esto como Productividad Sustentable, una meta que persiguen los clientes y que es esencial para las necesidades globales (FLSmidth, 2023).

De igual manera, FLSmidth es una entidad de alcance global que cuenta con una plantilla de más de 11.300 colaboradores distribuidos en más de 100 países. Su compromiso es mejorar continuamente los negocios de sus clientes, todo ello mientras se busca minimizar el impacto en el medio ambiente. Actualmente sus oficinas principales están ubicadas en Copenhague, Dinamarca. Otras oficinas importantes son la de Bethlehem, Pensilvania, EE. UU., Chile, Perú y la de Madrás, India.

1.1.2 Plataforma estratégica

1.1.2.1 Misión.

“Nuestra capacidad para gestionar todo el ciclo de vida de nuestras ofertas no solo abarca los productos entregados, sino también las plantas en las que operan. Esto nos permite proporcionar soluciones líderes en la industria con un menor Costo Total de Propiedad (TCO) y un impacto ambiental reducido. Ofrecemos desde productos y servicios individuales hasta líneas de producción y plantas completas, así como soluciones integrales de operación y mantenimiento. Este enfoque se materializa a través de nuestro modelo "Diseña-Constuye-Opera" (DBO, por sus siglas en inglés Design-Build-Operate). En esencia, nuestros clientes solo necesitan obtener los permisos, acceder a las materias primas y la energía, y gestionar la venta, mientras nosotros nos encargamos de la construcción, operación y garantía del rendimiento acordado y los niveles de producción” (FLSmidth, 2023).

1.1.2.2 Visión.

“FLSmidth se destaca como un proveedor líder de soluciones para las industrias minera y del cemento, comprometido con la productividad sustentable. Nuestra oferta integral de ingeniería, equipos y servicios busca mejorar el rendimiento de las plantas, reducir costos y mitigar el impacto ambiental. La singularidad de nuestro enfoque de ciclo de vida radica en la combinación de proyectos, productos, servicios y ofertas. Esto nos permite desbloquear el potencial de productividad sustentable para nuestros clientes. Mediante el análisis y comprensión de los datos de rendimiento, garantizamos una mayor confiabilidad, operación optimizada y mantenimiento proactivo y predictivo, lo que se traduce en un aumento del tiempo operativo y rendimiento garantizado. Además de ofrecer garantías individuales para cada componente del equipo, diseñamos paquetes integrales que proporcionan garantías de rendimiento para soluciones integradas e incluso

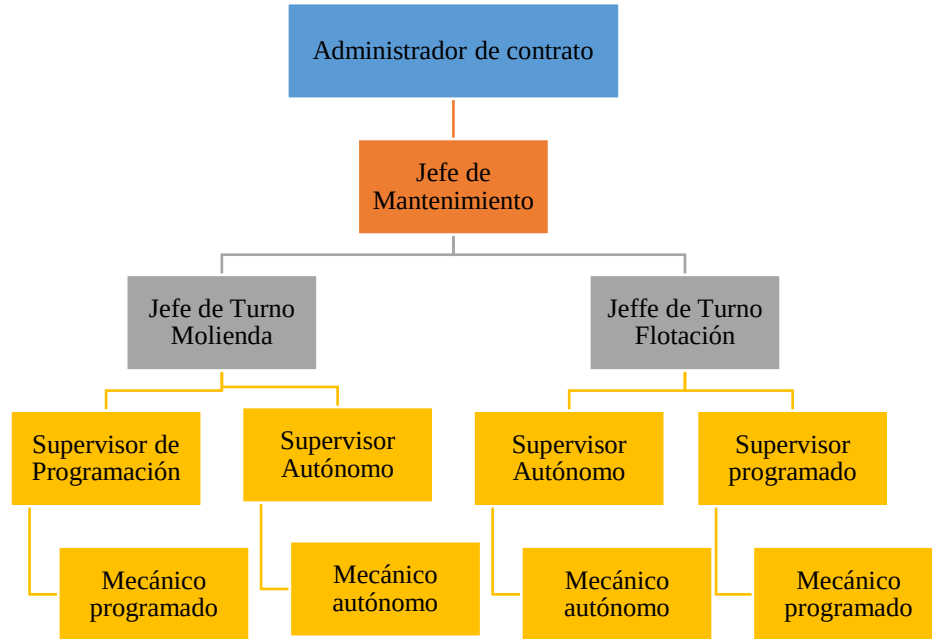
para plantas completas. Esto garantiza a nuestros clientes un retorno seguro de su inversión” (FLSmidth, 2023).

1.1.3 Competencia de la empresa

La principal inquietud de cualquier empresa radica en la confrontación con la competencia, un fenómeno fortalecido por las crecientes demandas de los consumidores, quienes buscan productos de calidad superior, precios competitivos y máxima seguridad. La competencia, evaluada por las actividades que mejoren el rendimiento y añadan valor a la empresa, incluye aspectos como una cultura de calidad, un enfoque en la mejora continua, la eliminación de errores y la presencia de un liderazgo sólido. Este impulso competitivo es el motor que dirige y moviliza los recursos productivos hacia el logro de metas y objetivos. La elaboración de productos o servicios de calidad, sin defectos ni errores, no solo mejorará la posición de la empresa en términos competitivos, sino que también la situará entre las más destacadas. En la actualidad, FLSmidth S.A. se encuentra inmersa en una competencia activa con Minera Los Pelambres, participando en licitaciones para adjudicarse proyectos. Este escenario destaca la importancia de la calidad y la excelencia en la ejecución como elementos cruciales para destacar en el ámbito competitivo y ganar la preferencia en este tipo de procesos.

1.1.5 Estructura Organizacional

La siguiente figura representa el organigrama jerárquico del área ejecución en faena MLP.



Fuente: FLSmith (2023)

Figura 1.1. Estructura organizacional

1.1.6 Contexto Operacional

El mantenimiento se efectúa en Antofagasta Minerals - Faena Minera Los Pelambres, que se encuentra situada en la Región de Coquimbo, específicamente en la comuna de Salamanca. Esta faena minera está ubicada a 10 kilómetros al suroeste de Los Vilos, alcanzando una altitud de 1.460 metros sobre el nivel del mar. En este lugar se localiza la planta concentradora Fénix, donde se llevan a cabo las operaciones de mantenimiento para garantizar el óptimo funcionamiento de las instalaciones.



Fuente: Google maps (2023)

Figura 1.2. Ubicación planta concentradora Fénix MLP

La extracción de minerales se lleva a cabo mediante la explotación de una mina a rajo abierto. Después de la fase de tronadura y carguío, los minerales se transportan mediante camiones de gran tonelaje, con capacidades de hasta 350 toneladas, hacia la zona de chancado primario. Aquí, los minerales son sometidos a un proceso de reducción y, posteriormente, son dirigidos al área de procesamiento por una correa transportadora de 13 kilómetros de extensión, acumulándose en un stock pile. Desde este punto, los minerales son enviados al área de chancado, que cuenta con 3 molinos SAG y 6 molinos de bola. Estas instalaciones llevan a cabo la trituración de los minerales hasta alcanzar el tamaño óptimo para liberar las partículas de cobre. Una vez alcanzado este tamaño, los minerales ingresan al proceso de flotación. En este proceso, al mineral de cobre sulfurado se le añade agua, reactivos y aire, agitándolo para que burbujee y llevando las partículas de cobre a la superficie.

Tras el proceso de flotación, el mineral resultante se dirige a la concentradora para producir concentrado de cobre. Este concentrado es transportado a través de un ducto hasta

el puerto Punta Chungo, en Los Vilos. En este punto, el concentrado se somete a un proceso de secado que ajusta la humedad necesaria para su posterior embarque en buques que lo llevarán principalmente a destinos en Asia y Europa. Este complejo y preciso proceso es esencial para asegurar la calidad y viabilidad del producto que será exportado a nivel internacional.

Condiciones climáticas:

En Chacay MLP, los períodos estivales se caracterizan por su extensión, calor, aridez y cielos despejados. Sin embargo, debido a su ubicación en la Cordillera de los Andes, experimenta condiciones climáticas propias del invierno altiplánico, resultando en inviernos breves, fríos, secos y mayormente despejados. A lo largo del año, las temperaturas fluctúan, registrando rangos entre los 14 °C y los 36 °C durante el verano, mientras que en invierno, las temperaturas oscilan entre los -10 °C y superan los 22 °C. Este contexto climático diverso, influenciado por la geografía única de la región, contribuye a la singularidad del entorno en Chacay MLP, generando variaciones estacionales que influyen en las actividades y operaciones de la empresa, adaptándose a las particularidades climáticas de la zona (Pastén, 2019).

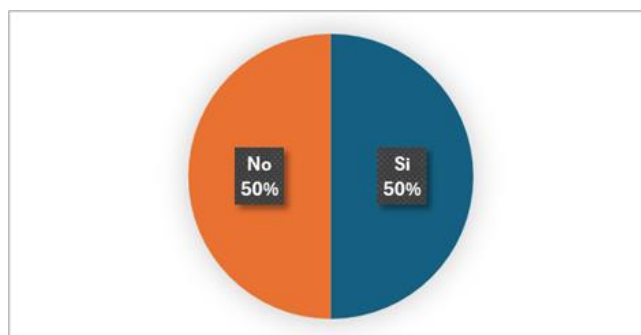
1.2 EVALUACIÓN DEL AMBIENTE DE TRABAJO

La incidencia del error humano en los procesos laborales es un tema de gran relevancia en entornos industriales y organizacionales, ya que puede tener un impacto significativo en la eficiencia operativa, la seguridad, la calidad del producto y la satisfacción del cliente. Este fenómeno se refiere a las situaciones en las cuales los errores cometidos por los trabajadores durante la ejecución de tareas o actividades laborales resultan en consecuencias negativas, como pérdidas económicas, accidentes laborales o daños en equipos. El ambiente laboral desempeña un papel fundamental en la generación o mitigación del error humano. Un ambiente laboral saludable, que promueva la comunicación efectiva, el trabajo en equipo, el liderazgo participativo y la capacitación

adecuada, tiende a reducir la incidencia de errores. Por otro lado, un ambiente laboral estresante, con altos niveles de presión, falta de recursos, fatiga o conflicto interpersonal, puede aumentar la probabilidad de cometer errores.

Factores como la cultura organizacional, el diseño del puesto de trabajo, los procedimientos operativos, la carga de trabajo y la gestión de riesgos son elementos clave que influyen en la ocurrencia de errores humanos. Por ejemplo, una cultura organizacional que fomente la responsabilidad individual y el aprendizaje de errores puede contribuir a una mayor conciencia y prevención de los mismos. Del mismo modo, un diseño ergonómico del puesto de trabajo y procedimientos claros y estandarizados pueden reducir la probabilidad de errores. Es importante destacar que el error humano no siempre es atribuible a la negligencia o incompetencia del trabajador, sino que puede estar influenciado por una variedad de factores contextuales y situacionales. Por lo tanto, es fundamental adoptar un enfoque sistémico para abordar este problema, que incluya la identificación de las causas subyacentes de los errores y la implementación de medidas preventivas y correctivas a nivel organizacional. Dado lo anterior, se procede a realizar un diagnóstico del ambiente laboral de la organización, para lo cual se aplicó una encuesta a 12 mantenedores mecánicos:

1. ¿La distribución de las tareas es irregular y provoca que se te acumule el trabajo?

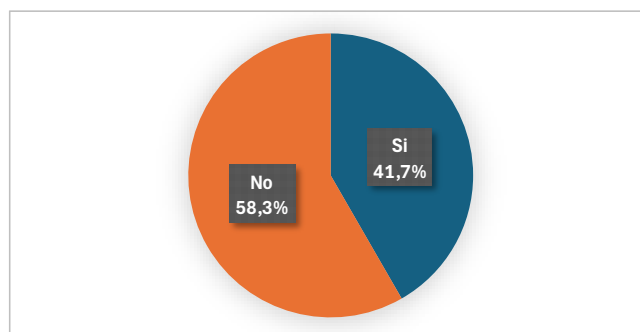


Fuente: Resultado encuestas

Figura 1.3. Distribución de las tareas

Este hallazgo indica que existe una división equitativa entre los encuestados que perciben la distribución de tareas como irregular y aquellos que no lo consideran así. Esta discrepancia en las respuestas puede sugerir una falta de consenso o claridad en cuanto a cómo se asignan las tareas dentro de la organización. Es importante investigar más a fondo las razones detrás de estas percepciones divergentes para comprender mejor los desafíos en la distribución de tareas y abordar cualquier problema que pueda surgir de esta irregularidad percibida. Esto podría incluir la revisión de los procesos de asignación de tareas, la comunicación dentro del equipo y la equidad en la carga de trabajo, con el objetivo de mejorar la eficiencia y la satisfacción laboral.

2. ¿Tu trabajo, en general, es desgastador emocionalmente?



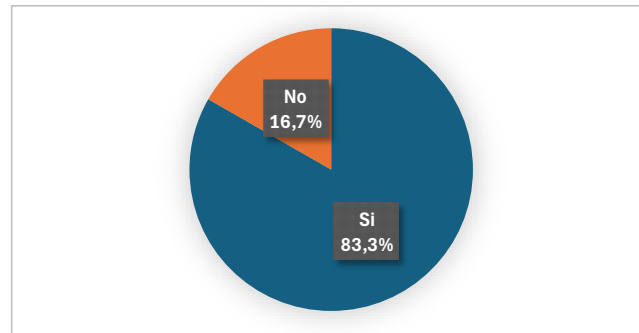
Fuente: Resultado encuestas

Figura 1.4. Desgaste mental en el trabajo

Del total de encuestados, el 58,3% respondió que su trabajo no es desgastador emocionalmente, mientras que el 41,7% dijo que si. Este resultado sugiere que una mayoría de los encuestados percibe que su trabajo no les genera un desgaste emocional significativo. Sin embargo, es importante prestar atención al 41,7% de los encuestados que reportaron sentir que su trabajo sí es emocionalmente desgastante. Esto indica la presencia de una parte significativa de la fuerza laboral que puede estar experimentando estrés emocional en el trabajo. Es esencial investigar más a fondo las razones detrás de este desgaste emocional percibido y considerar medidas para abordarlo, como la

implementación de estrategias de gestión del estrés, programas de bienestar en el lugar de trabajo y fomentar un ambiente laboral de apoyo y comprensión.

3. ¿Se tiene en cuenta tu opinión cuando se te asignan tareas?

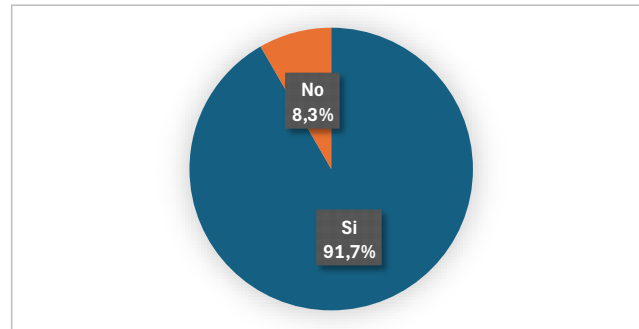


Fuente: Resultado encuestas

Figura 1.5. Se tiene en cuenta su opinión

Del total de encuestados, el 83,3% manifestó que su opinión es tomada en cuenta cuando se le asignan tareas, en tanto que el 16,7% dijo que no. Este hallazgo indica que la gran mayoría de los encuestados siente que su opinión es considerada al asignarles tareas dentro de la organización. Sin embargo, es preocupante que un 16,7% de los encuestados expresara lo contrario, lo que sugiere una falta de participación en el proceso de asignación de tareas o una percepción de falta de consideración hacia sus opiniones. Esta discrepancia puede influir negativamente en la moral y la motivación de los empleados que sienten que su voz no es valorada en el lugar de trabajo. Es importante abordar estas preocupaciones mediante una comunicación abierta y transparente, fomentando un ambiente donde todas las opiniones sean escuchadas y tenidas en cuenta en el proceso de asignación de tareas.

4. ¿Tu trabajo permite que aprendas cosas nuevas?

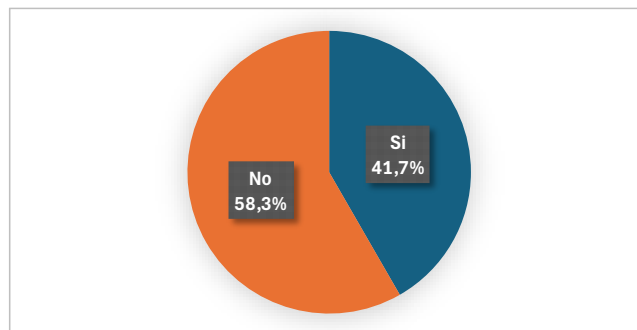


Fuente: Resultado encuestas

Figura 1.6. Puede aprender nuevas cosas en el trabajo

El 91,7% de los encuestados respondió que su trabajo le permite aprender cosas nuevas, mientras que el 8,3% dijo que no. Este resultado refleja que la gran mayoría de los encuestados percibe que su trabajo les brinda oportunidades para aprender y adquirir nuevas habilidades. Esta alta proporción sugiere un entorno laboral que valora el desarrollo profesional y la capacitación continua de sus empleados. Sin embargo, es importante prestar atención al 8,3% de los encuestados que expresaron lo contrario, ya que su percepción podría indicar la necesidad de mejorar los programas de capacitación o la asignación de tareas que promuevan el crecimiento y el aprendizaje en el trabajo. Abordar estas preocupaciones puede contribuir a mejorar la satisfacción laboral y el compromiso de los empleados con sus responsabilidades.

5. ¿Realizan capacitaciones y/o cursos para obtener un mayor conocimiento de su trabajo?

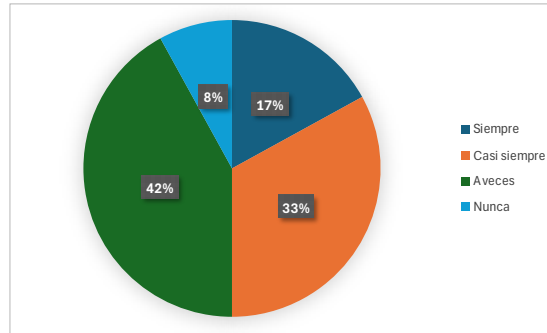


Fuente: Resultado encuestas

Figura 1.7. Reciben capacitaciones y cursos para mejorar el desempeño

El 58,3% de los trabajadores manifestó que no realizan capacitaciones y/o cursos para obtener un mayor conocimiento de su trabajo, mientras que el 41,7% dijo que sí. Este hallazgo revela que una parte significativa de los trabajadores, específicamente el 58,3%, no está participando en capacitaciones ni cursos para mejorar su conocimiento en el trabajo. Esta situación puede tener diversas implicaciones, como la falta de oportunidades de desarrollo profesional o la ausencia de incentivos para el aprendizaje continuo dentro de la organización. Por otro lado, es alentador observar que el 41,7% de los encuestados sí está aprovechando estas oportunidades de capacitación. Esto sugiere que existe un grupo considerable de empleados que valora la mejora continua y busca adquirir nuevas habilidades para desempeñarse mejor en sus funciones. En este sentido, sería beneficioso explorar las razones detrás de la baja participación en capacitaciones por parte del primer grupo y considerar medidas para fomentar una cultura de aprendizaje y desarrollo en toda la organización.

6. ¿Su área de trabajo se encuentra en óptimas condiciones de limpieza, orden y libre de obstáculos que puedan causar incidentes laborales?



Fuente: Resultado encuestas

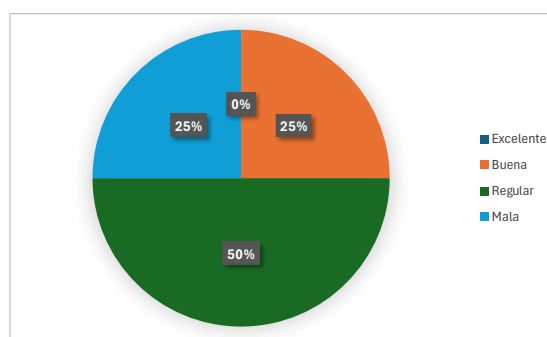
Figura 1.8. Área de trabajo en orden y limpieza

El 42% de los trabajadores respondió que a veces su área de trabajo se encuentra en óptimas condiciones de limpieza, orden y libre de obstáculos que puedan causar incidentes laborales, el 33% dijo que casi siempre, el 17% siempre y el 8% nunca. Este hallazgo sugiere que existe una variedad de percepciones entre los trabajadores con respecto a las condiciones de limpieza, orden y seguridad en sus áreas de trabajo. Aunque un porcentaje significativo de empleados (el 42%) indicó que a veces su área de trabajo cumple con estas condiciones, también se observa que un porcentaje considerable (el 8%) expresó que nunca se encuentran en óptimas condiciones. Esto puede indicar inconsistencias en los esfuerzos de mantenimiento y limpieza dentro del entorno laboral.

Por otro lado, es alentador ver que una parte considerable de los trabajadores (el 33% y el 17%) perciben que su área de trabajo casi siempre o siempre está en óptimas condiciones, lo que sugiere que existen prácticas efectivas de limpieza y orden en ciertos sectores de la empresa. Es importante abordar las preocupaciones planteadas por aquellos empleados que indicaron que a veces o nunca se encuentran en condiciones óptimas. Esto podría implicar implementar medidas adicionales de limpieza y mantenimiento, así como promover una cultura de seguridad en la que todos los empleados se sientan responsables

de mantener un entorno de trabajo limpio y seguro. Además, se puede considerar la realización de inspecciones regulares para identificar y abordar posibles áreas de mejora en términos de limpieza y seguridad en el lugar de trabajo.

7. ¿Cómo describirías el nivel de comunicación dentro de tu equipo de trabajo en relación con la identificación y corrección de errores?



Fuente: Resultado encuestas

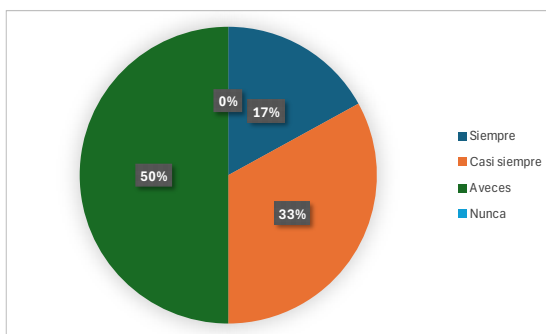
Figura 1.9. Nivel de comunicación

El 50% de los trabajadores dijo que el nivel de comunicación dentro de su equipo de trabajo en relación con la identificación y corrección de errores es regular, el 25% dijo que mala y el otro 25% manifestó que es buena. Este resultado sugiere que existe una diversidad de percepciones entre los trabajadores en cuanto al nivel de comunicación dentro de sus equipos de trabajo en relación con la identificación y corrección de errores. Aunque el 50% de los empleados considera que este nivel de comunicación es regular, es preocupante notar que una cuarta parte de los encuestados lo calificó como malo. Esto indica posibles deficiencias en los canales de comunicación interna que podrían afectar la capacidad del equipo para identificar y corregir errores de manera efectiva.

Por otro lado, es alentador ver que otro 25% de los trabajadores percibe que el nivel de comunicación en este aspecto es bueno, lo que sugiere que existen prácticas de comunicación efectivas en ciertos equipos dentro de la empresa. Para mejorar esta

situación, es importante investigar más a fondo las razones detrás de las percepciones negativas sobre la comunicación en la identificación y corrección de errores. Esto podría incluir la realización de sesiones de retroalimentación donde los empleados puedan expresar sus preocupaciones y sugerir soluciones, así como el fortalecimiento de los canales de comunicación existentes y la implementación de nuevos métodos de comunicación si es necesario. Además, se pueden ofrecer capacitaciones sobre la importancia de una comunicación clara y abierta en la identificación y resolución de problemas en el lugar de trabajo.

8. ¿Has experimentado situaciones en las que la fatiga o el agotamiento han afectado tu capacidad para realizar tu trabajo de manera segura y eficiente?



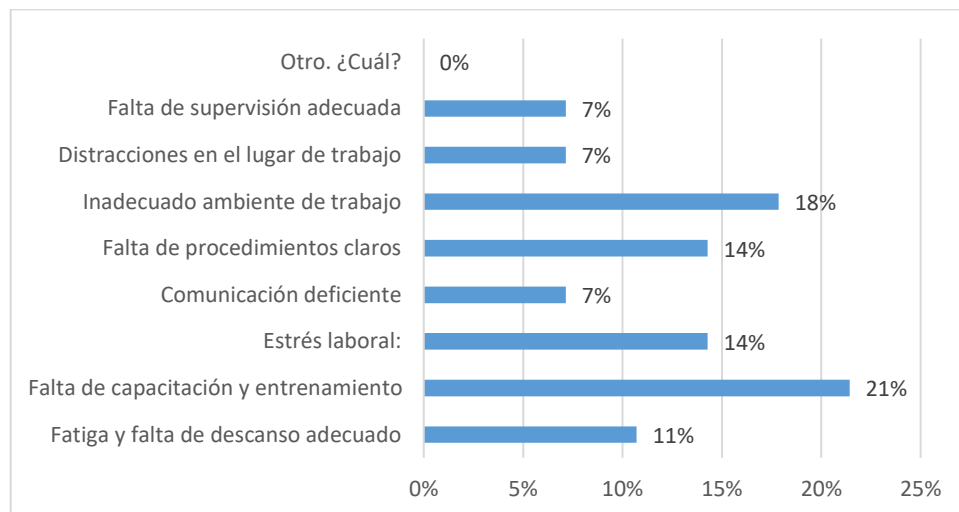
Fuente: Resultado encuestas

Figura 1.10. Situaciones de fatiga

Del total de trabajadores encuestados, el 50% respondió que a veces ha experimentado situaciones en las que la fatiga ha afectado su capacidad para desempeñarse de manera segura y eficiente, el 33% dijo que casi siempre y el 17% siempre. Este resultado indica que existe una prevalencia significativa de situaciones en las que la fatiga ha afectado la capacidad de los trabajadores para desempeñarse de manera segura y eficiente en el lugar de trabajo. Es preocupante observar que el 50% de los empleados ha experimentado esta situación "a veces", lo que sugiere que la fatiga puede ser un problema recurrente que afecta la salud y la seguridad laboral.

Además, el hecho de que el 33% de los encuestados haya indicado que "casi siempre" experimenta situaciones de fatiga y que otro 17% lo experimenta "siempre" es alarmante y requiere una atención inmediata. La fatiga laboral puede tener consecuencias graves, incluidos errores humanos, accidentes y lesiones en el lugar de trabajo, así como una disminución en la productividad y el bienestar general de los empleados. Para abordar este problema, es crucial identificar las causas subyacentes de la fatiga laboral, que pueden incluir largas jornadas laborales, falta de descanso adecuado, trabajo físico o mentalmente exigente, estrés laboral, entre otros factores. Una vez identificadas las causas, se pueden implementar medidas preventivas y correctivas, como establecer horarios de trabajo razonables, proporcionar descansos regulares, promover un estilo de vida saludable, ofrecer programas de bienestar y brindar capacitación sobre la importancia de la gestión de la fatiga en el lugar de trabajo. Además, se debe fomentar una cultura organizacional que valore la salud y el bienestar de los empleados y que promueva un ambiente de trabajo seguro y saludable.

9. ¿Qué factores crees que contribuyen más a la ocurrencia de errores humanos en tu entorno laboral?

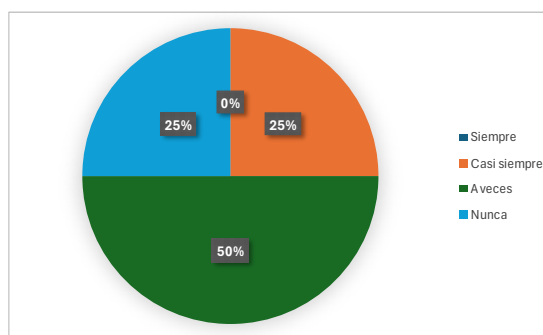


Fuente: Resultado encuestas

Figura 1.11. Factores que inducen el error humano

Del total de trabajadores encuestados, el 21% manifestó que uno de los factores que inciden en el error humano es la falta de capacitación y entrenamiento, el 18% dijo que el inadecuado ambiente de trabajo, el 14% respondió por falta de procedimientos claros, otro 14% por estrés laboral, un 7% por falta de supervisión adecuada y otro 7% por distracciones en el lugar de trabajo. Este análisis revela una variedad de factores que contribuyen a la incidencia del error humano en el entorno laboral. La falta de capacitación y entrenamiento fue identificada por el 21% de los encuestados como un factor significativo que incide en los errores. Esto resalta la importancia de proporcionar programas de capacitación continuos y efectivos para mejorar las habilidades y competencias de los empleados, lo que puede reducir la probabilidad de cometer errores debido a la falta de conocimiento o habilidades. El 18% de los trabajadores señaló el inadecuado ambiente de trabajo como un factor que contribuye a los errores humanos. Esto sugiere que aspectos como la iluminación inadecuada, la temperatura extrema, el ruido excesivo u otras condiciones ambientales adversas pueden distraer a los empleados y afectar su capacidad para realizar tareas de manera precisa y segura. Es importante abordar estas condiciones para garantizar un entorno laboral óptimo y seguro.

10. ¿Su jefatura realizan retroalimentación sobre las causas de la generación de un error en el proceso?



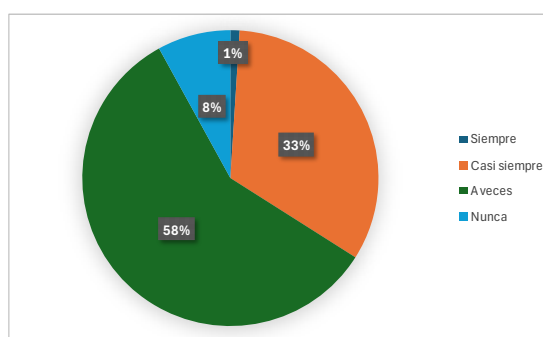
Fuente: Resultado encuestas

Figura 1.12 Retroalimentación sobre las causas de error en el proceso

El 50% de los encuestados respondió que a veces sus jefes realizan retroalimentación sobre las causas de la generación de un error en el proceso, el 25% casi siempre y el 25% nunca. Este hallazgo resalta la importancia de la retroalimentación en el proceso de identificación y corrección de errores en el entorno laboral. Aunque el 50% de los encuestados indicó que a veces reciben retroalimentación de sus jefes sobre las causas de los errores, es preocupante que el 25% afirmara que casi nunca reciben esta retroalimentación, y otro 25% mencionara que nunca la reciben.

La retroalimentación sobre las causas de los errores es fundamental para comprender las deficiencias en los procesos, identificar áreas de mejora y evitar la repetición de errores en el futuro. Cuando los empleados no reciben retroalimentación adecuada, se pierde una oportunidad valiosa para aprender de los errores y mejorar la eficiencia y la calidad del trabajo. La falta de retroalimentación puede conducir a la frustración y la desmotivación entre los empleados, ya que no tienen la oportunidad de corregir sus errores y mejorar su desempeño. Además, puede perpetuar una cultura en la que los errores se ocultan o se pasan por alto en lugar de abordarse de manera proactiva para prevenir futuros incidentes.

11. ¿Sus jefes realizan seguimiento al desempeño y se establecen planes de mejora?



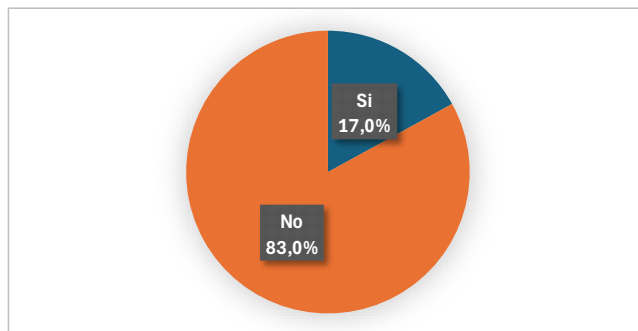
Fuente: Resultado encuestas

Figura 1.13. Seguimiento al desempeño

El 58% de los trabajadores manifestó que sus jefes a veces realizan seguimiento al desempeño y establecen planes de mejora, el 33% dijo que casi siempre y el 8% nunca. Este resultado pone de manifiesto la variabilidad en la práctica de seguimiento al desempeño y establecimiento de planes de mejora por parte de los jefes dentro de la organización. Aunque el 58% de los trabajadores indicó que a veces sus jefes realizan este seguimiento, es preocupante que el 8% afirmara que nunca lo hacen. El seguimiento del desempeño y la implementación de planes de mejora son componentes esenciales de la gestión efectiva de recursos humanos. Estas prácticas no solo permiten evaluar el rendimiento de los empleados, sino que también proporcionan una oportunidad para identificar áreas de mejora y establecer acciones correctivas o preventivas.

Cuando los jefes realizan un seguimiento regular del desempeño y establecen planes de mejora, demuestran su compromiso con el crecimiento y desarrollo profesional de sus empleados. Esto puede mejorar la motivación y el compromiso de los trabajadores, ya que se sienten valorados y apoyados en su desarrollo profesional. Por otro lado, cuando los jefes no realizan este seguimiento de manera consistente, puede generar incertidumbre y descontento entre los empleados. La falta de retroalimentación y orientación puede dificultar la identificación de áreas de mejora y limitar el crecimiento profesional de los trabajadores.

12. ¿La empresa tiene un plan de incentivos ligado a la disminución de errores en los procesos?



Fuente: Resultado encuestas

Figura 1.14. Plan de incentivos

El 83% de los trabajadores encuestados respondió que la empresa no tiene un plan de incentivos ligado a la disminución de errores en los procesos, y el 17% dijo que si existe un plan de incentivos. Este resultado indica que la mayoría de los trabajadores encuestados perciben que la empresa carece de un plan de incentivos relacionado con la disminución de errores en los procesos. Solo un pequeño porcentaje, el 17%, indicó que existe un plan de incentivos. La ausencia de un plan de incentivos ligado a la reducción de errores en los procesos puede tener diversas implicaciones en el entorno laboral. En primer lugar, puede afectar la motivación de los empleados para mejorar su desempeño y reducir la incidencia de errores. Los incentivos son una herramienta eficaz para reconocer y recompensar el esfuerzo y la dedicación de los trabajadores en la mejora continua de los procesos.

Además, la falta de un plan de incentivos puede influir en la cultura organizacional y en la percepción de los empleados sobre el compromiso de la empresa con la calidad y la excelencia operativa. Los trabajadores pueden interpretar la ausencia de incentivos como una señal de que la organización no valora suficientemente la importancia de la precisión y la eficiencia en el trabajo. Por otro lado, la existencia de un plan de incentivos puede motivar a los empleados a participar activamente en iniciativas para reducir errores y mejorar la calidad en los procesos. Los incentivos pueden incluir bonificaciones,

reconocimientos públicos, oportunidades de desarrollo profesional o beneficios adicionales, que pueden ser poderosos impulsores de la mejora continua en el lugar de trabajo.

Finalmente, puede decirse que basados en los resultados de la encuesta realizada en FLSMIDTH S.A. Minera Los Pelambres sobre el ambiente laboral y la incidencia del error humano, podemos realizar un diagnóstico general que nos permite identificar áreas de mejora y posibles acciones correctivas. En primer lugar, se observa una discrepancia significativa en la percepción de la distribución de tareas entre los empleados. Mientras que algunos consideran que la asignación de tareas es irregular y puede provocar acumulación de trabajo, otros no comparten esta percepción. Esta falta de consenso sugiere la necesidad de revisar los procesos de asignación de tareas, así como mejorar la comunicación dentro del equipo para garantizar una distribución equitativa y eficiente del trabajo.

En cuanto al desgaste emocional en el trabajo, cerca del 42% de los encuestados indicó que su trabajo no es desgastante emocionalmente, lo que puede reflejar un buen equilibrio en las demandas laborales y el bienestar emocional de los empleados. Sin embargo, el hecho de que aproximadamente el 41,7% sí perciba su trabajo como desgastante emocionalmente es una señal de alerta que requiere una atención especial para identificar y abordar las posibles causas de este desgaste. Por otro lado, la mayoría de los trabajadores siente que su opinión es tenida en cuenta cuando se les asignan tareas, lo que sugiere un nivel aceptable de participación en la toma de decisiones dentro de la organización. Sin embargo, la percepción de falta de capacitación y cursos de formación por parte del 58,3% de los empleados indica una posible área de mejora en el desarrollo profesional y la adquisición de nuevas habilidades.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1 EL ERROR-FACTOR HUMANO

Hablar de factores humanos implica abordar la influencia directa de las acciones humanas en los incidentes y accidentes que puedan ocurrir en el entorno laboral o en la planta. Estos factores son intrínsecamente multidisciplinarios, donde disciplinas como la psicología se emplean para entender cómo se procesa la información y se toman decisiones. La combinación de psicología y fisiología proporciona una visión integral de los procedimientos sensoriales que permiten detectar y transmitir información sobre el entorno que nos rodea. Los factores humanos abarcan la vida y el trabajo de las personas, considerando su relación con las máquinas, los procedimientos, el entorno laboral y la interacción con sus colegas. Se centran en comprender cómo estas variables influyen en el comportamiento y desempeño de los trabajadores en diversas situaciones laborales y vitales.

Los factores humanos, según la definición de Deming (1993), se centran en optimizar la relación entre las personas y sus actividades mediante la aplicación sistemática de las ciencias humanas, integradas dentro del marco de la ingeniería de sistemas. Sus objetivos buscan alcanzar la eficacia del sistema, incluyendo aspectos como la seguridad, eficiencia y el bienestar individual. Asimismo, Feyer y Williamson (2011) señalan que los factores humanos son una de las principales causas de accidentes en el entorno laboral. Aunque las estimaciones sobre su verdadero alcance varían, un estudio realizado a principios de la década de 1980 sobre las causas de las muertes por accidentes de trabajo en Australia reveló que los factores del comportamiento estuvieron involucrados en más del 90 % de los accidentes mortales durante un período de tres años.

Ante datos como estos, es crucial comprender el papel de los factores humanos en los accidentes, un aspecto al que los modelos tradicionales han prestado escasa atención. En el pasado, si se tenían en cuenta, era principalmente como parte del error que ocurría en la secuencia inmediata de eventos que conducía al accidente. Obtener un conocimiento más completo sobre cómo, por qué y cuándo intervienen estos factores en

los accidentes mejorará nuestra capacidad para prever su papel y, en consecuencia, evitar dichos incidentes.

2.1.1 Tipos de error

Los errores varían según la función de procesamiento de información que afectan. Pueden manifestarse como sensaciones falsas debido a una estimulación deficiente de los órganos sensoriales, fallos de atención causados por una estimulación prolongada o compleja del entorno, diversos tipos de lapsus de memoria o errores de juicio y razonamiento. Cada uno de estos tipos está marcado por las características particulares de la situación o la actividad en la que ocurren. Estos errores representan una interrupción en diversas funciones de procesamiento de información, y por lo tanto, cada uno requiere enfoques específicos para superarlos (Salazar, Aldana, & Palacios, 2021).

Es posible clasificar los diferentes tipos de error según si están basados o no en la destreza del individuo. El comportamiento basado en la destreza implica ejecutar la secuencia de acciones pertinentes sin necesidad de un proceso consciente y constante de atención y reacción. Solo requiere comprobaciones conscientes intermitentes para asegurar que todo sigue su curso normal. En este sentido, se considera que la formación es una solución a los problemas de error humano, ya que permite desarrollar comportamientos basados en la destreza. Este tipo de comportamiento presenta la ventaja de requerir poco esfuerzo del operador una vez que se pone en marcha. Además, permite llevar a cabo otras actividades de manera simultánea, como conducir un automóvil y hablar al mismo tiempo. También posibilita que el operador realice planes relacionados con aspectos futuros de su actividad.

El comportamiento basado en la destreza, además de su eficiencia y capacidad para realizar actividades simultáneas, tiende a ser previsible. Sin embargo, es importante señalar que, aunque una mayor cualificación reduce la probabilidad de ciertos errores, puede aumentar la posibilidad de otros. Los errores asociados a personas diestras en una

tarea suelen derivar de lapsus, distracciones o actos involuntarios, marcando una diferencia con las equivocaciones de aquellos menos cualificados. Los errores basados en la cualificación suelen estar relacionados con cambios en el nivel de atención ejercido sobre las tareas y pueden manifestarse durante procesos conscientes de comprobación o al concluir patrones similares de comportamiento basado en la destreza (Torres, 2020).

Una segunda característica fundamental de los errores es que no son ni aleatorios ni novedosos, sino que siguen patrones y adoptan formas limitadas. Los diferentes tipos de funciones presentan formas similares de error, como los errores "de distracción" que suelen manifestarse en tareas relacionadas con el habla, la percepción, el conocimiento y la resolución de problemas. Es importante destacar que los errores no se pueden atribuir a causalidades aleatorias, y su ocurrencia no se puede ubicar de manera específica en términos de tiempo o espacio.

Dado lo anterior se pueden distinguir tres tipos de errores:

Errores de atención: Los errores de atención son comunes y se originan principalmente debido a la situación emocional del colaborador, siendo la fase de puesta en marcha de los equipos el momento crítico. Estos errores implican acciones como creer que se ha presionado un botón cuando no se hizo, activar un interruptor accidentalmente, experimentar lapsus como teclear "estudio" en lugar de "estadio" o confusiones perceptivas, como percibir "K6" en lugar de "R6". Representan la mayoría de los errores, aproximadamente entre el 70% y el 80%, y, por lo general, son detectados y corregidos a tiempo por la persona afectada o por el colectivo de trabajo. La probabilidad de ocurrencia de estos errores se puede mitigar significativamente mediante el diseño de mecanismos de prevención efectivos, evitando así que se traduzcan en consecuencias graves (Saavedra & Páez, 2020).

Errores de implementación: Los errores de implementación están estrechamente vinculados a la aplicación de reglas y procedimientos. Suelen surgir cuando se implementan reglas basadas en la experiencia, que pueden ser válidas hasta que se

enfrentan a una excepción por primera vez. Por ejemplo, alguien puede tener la regla de "agregar un 0 para multiplicar por 10", lo cual lleva a errores al aplicarla a la multiplicación de 0.5 por 10. Un análisis deficiente antes de la implementación puede conducir a reglas y procedimientos inadecuados para un proceso, o puede ocurrir que la regla implementada sea correcta pero haya un error en su aplicación, como olvidar una etapa o leer incorrectamente una cantidad en un equipo. Este tipo de errores representa aproximadamente entre el 15% y el 20% del total de errores. Son más difíciles de detectar en comparación con los errores de atención, ya que a menudo involucran valores que el colectivo considera correctos. Normalmente, son identificados por personas externas al colectivo. La realización de simulaciones antes de la ejecución de una operación, considerando todos los escenarios posibles, puede reducir significativamente este tipo de errores.

Errores de concepción o de conocimiento: Estos errores están estrechamente relacionados con los conocimientos básicos mínimos que los colaboradores deben poseer en sus puestos de trabajo. Por lo general, no hay una regla formalmente establecida, ya que estos conocimientos forman parte de las aptitudes inherentes al colaborador. Durante las operaciones, el colaborador debe movilizar todos sus conocimientos para analizar las situaciones y definir respuestas precisas. Aunque este tipo de errores es menos probable, sus consecuencias suelen ser más graves. No solo se ven superados los conocimientos del colaborador, sino también la capacidad de prevención del sistema, incluyendo recursos cognitivos, técnicos y organizativos. La constante capacitación y formación integradas en el sistema son herramientas fundamentales para mitigar este tipo de errores.

2.2 CONFIABILIDAD OPERACIONAL

En el contexto actual, marcado por la intensa competencia en la industria, el concepto de mantenimiento ha evolucionado hacia un sistema integral que desempeña un papel crucial en la generación de beneficios económicos. La Confiabilidad se define como la aptitud o probabilidad de que un producto, proceso o sistema cumpla con una función en el entorno específico de diseño a lo largo de un periodo determinado o ante eventos particulares. Este enfoque busca preservar la confiabilidad de los equipos, involucrando de manera activa al personal de la empresa en este proceso. Esta participación activa del personal se erige como un componente esencial para asegurar el rendimiento constante y eficiente de los equipos en el tiempo y eventos predefinidos (Díaz & Benítez, 2021).

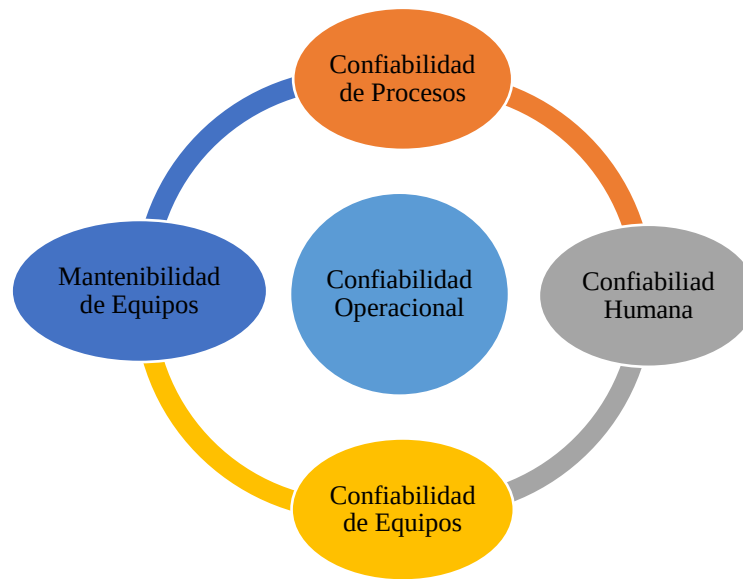
La Confiabilidad Operacional abarca una serie de procesos continuos de mejora que incorporan metodologías analíticas avanzadas, herramientas de diagnóstico innovadoras y nuevas tecnologías. Su finalidad es optimizar la producción en el ámbito industrial. Este enfoque se fundamenta en análisis estadísticos y de condición, y presupone la capacidad industrial, que engloba procesos, tecnología y personal, para desempeñar sus funciones dentro de los límites de diseño y en un contexto operativo específico. Se estructura en cuatro frentes principales (Intriago & Real, 2021):

- a) **Confiabilidad de los Equipos:** Involucra herramientas y metodologías como el Análisis de Criticidad, Costo Riesgo Beneficio, Análisis Causa Raíz, Inspección basada en Riesgo, Modelos de Inventarios y Optimización de planes de mantenimiento. Estas se basan en conceptos de gestión del riesgo para aumentar la confiabilidad de los equipos.
- b) **Confiabilidad de los Procesos:** Combina la planificación, programación, costos de mantenimiento basados en actividad y contratistas orientados a la productividad. El objetivo es integrar y garantizar la calidad de la ejecución del mantenimiento dentro de costos óptimos.

- c) **Confiabilidad Humana o del Talento Humano:** Implica la consolidación de equipos naturales de trabajo, la gestión del conocimiento y del desempeño, y modelos de competencias. Esto se realiza para asegurar competitividad, eficiencia y preservar el conocimiento.
- d) **Confiabilidad de Diseño:** Aplica conceptos de confiabilidad en las etapas iniciales de la gestión de un activo físico, especialmente en las fases de Definición y Desarrollo. El objetivo es generar un mayor impacto en los resultados globales de su vida útil.

En el marco de la Confiabilidad Operacional, la Optimización Integral del Mantenimiento propone un enfoque holístico para la realización de actividades, alineado con la misión del negocio. Este enfoque se organiza en torno a cuatro áreas fundamentales (Valencia, 2022):

- a) **Gestión del Talento Humano:** Pone énfasis en la administración eficiente del capital humano, promoviendo la formación, el desarrollo y la consolidación de equipos de trabajo competentes. Se busca alinear las capacidades del personal con los objetivos de confiabilidad y eficiencia del mantenimiento.
- b) **Definición de Estrategias de Gestión:** Implica el establecimiento de estrategias claras y alineadas con los objetivos de la empresa. Esto abarca desde la planificación de mantenimiento hasta la implementación de políticas y procedimientos que favorezcan la confiabilidad operacional.
- c) **Optimización de los Activos Físicos:** Se centra en maximizar la eficiencia de los activos físicos a lo largo de su ciclo de vida. Incluye la aplicación de técnicas avanzadas de mantenimiento, como la monitorización en tiempo real, para garantizar un rendimiento óptimo y prolongado de los equipos.
- d) **Optimización de los Procesos y Sistemas de Información:** Busca perfeccionar los procesos operativos y la gestión de información. Esto incluye la integración de sistemas tecnológicos y la aplicación de herramientas de análisis de datos para mejorar la toma de decisiones y la eficacia general de los procesos relacionados con el mantenimiento.



Fuente: Valencia (2022)

Figura 2.1. Cultura de la confiabilidad operacional

Un procedimiento típico de mejora continua en confiabilidad operacional conlleva transformaciones en la cultura organizacional, dando lugar a una entidad diferente con un fuerte enfoque en la productividad y una comprensión clara de los objetivos empresariales. La implementación de la confiabilidad como una cultura fundamental impulsa a que todas las operaciones de producción, y en general, se realicen de manera óptima desde el principio y de forma sostenible en las actividades de mantenimiento. Bajo esta perspectiva, no se acepta la realización de tareas de manera parcial o provisional, promoviendo la idea de realizar cada actividad correctamente desde su inicio y a lo largo del tiempo.

Esta cultura de confiabilidad busca establecer estándares de excelencia en todas las fases de la producción y el mantenimiento, fomentando la idea de que la calidad y la eficacia deben ser inherentes a cada tarea realizada. Asimismo, se propone un cambio en la mentalidad organizacional, alejándose de prácticas provisionales o soluciones a corto plazo, y orientándose hacia la adopción de prácticas sostenibles y de alta calidad que contribuyan a la mejora continua y al logro de los objetivos comerciales a largo plazo.

2.3 CONFIABILIDAD HUMANA

La confiabilidad humana se describe como la habilidad de las personas para llevar a cabo sus tareas de manera efectiva y eficiente, evitando errores derivados de sus acciones y conocimientos individuales, especialmente en el contexto de la competencia laboral dentro de una organización. Se enfoca en garantizar que el rendimiento humano sea consistente y libre de fallos, abarcando tanto las capacidades técnicas como las actitudes en el entorno laboral. Un sistema de confiabilidad humana puede verse influenciado por una variedad de factores, los cuales pueden ser gestionados para optimizar los conocimientos, habilidades, destrezas y actitudes de los individuos. La optimización de estos aspectos contribuye a la formación y desarrollo del capital humano, creando un entorno organizacional más sólido y preparado para enfrentar los retos laborales. Al centrarse en la mejora continua de las competencias individuales y su aplicación en el ámbito laboral, se fortalece la confiabilidad humana, impactando positivamente en la eficacia y eficiencia de los procesos dentro de la organización (González, 2019).



Fuente: González (2019)

Figura 2.2. Modelo de confiabilidad humana

Las iniciativas dirigidas al mejoramiento de la confiabilidad humana buscan revalorizar el potencial del talento humano, promoviendo el desarrollo de competencias generales, el enriquecimiento de conocimientos, la acumulación de experiencia laboral, el fortalecimiento de capacidades físicas y psicológicas, así como la mejora de las condiciones laborales. Todo esto se realiza con el propósito de optimizar las comunicaciones, fomentando un sentido de pertenencia más sólido dentro de la organización. En el marco de esta investigación, se abordarán aspectos clave en la evaluación de la confiabilidad humana, centrándose en las necesidades psicosociales, emocionales, remunerativas y de progresión dentro de la estructura organizacional. Es fundamental destacar que el punto relacionado con la "Interacción con el cliente" no será considerado, dado que no existe un contacto directo con la gerencia, ya que FLSmith S.A proporciona servicios de venta de equipos y mantenimiento. En cambio, la interacción principal se lleva a cabo con el jefe de operaciones y/o los operadores de la planta concentradora durante la ejecución de las labores.

2.4 GESTIÓN INTEGRAL DEL MANTENIMIENTO

La Gestión Integral del Mantenimiento, en su búsqueda de lograr la Competitividad Organizacional, abarca estrategias específicas alineadas con la misión del negocio. Entre ellas, se destaca la importancia de enfocarse en el capital humano, la gestión del capital intelectual, la gestión del talento humano, la gestión de salud y el cambio de paradigmas.

2.4.1 Desarrollo del Capital Humano

A nivel estratégico, las organizaciones deben promover activamente la formación y desarrollo del capital humano, proporcionando la motivación y los incentivos necesarios para que los empleados realicen sus funciones con satisfacción. Es fundamental que cada

miembro del equipo tenga la certeza de que la empresa donde desempeñan sus labores es el entorno ideal para su progreso profesional, permitiéndoles alcanzar sus metas y objetivos dentro de la organización. La consecución de estos objetivos implica la transformación de la organización en un entorno agradable, con áreas destinadas al descanso y recreación. En la sociedad actual del conocimiento, el activo esencial de las organizaciones radica en las personas, quienes poseen un potencial significativo para el crecimiento, generando continuamente nuevos conocimientos, habilidades, aptitudes y destrezas. Estos atributos conducen a actitudes positivas, comportamientos comprometidos y conductas que favorecen el desarrollo de las inteligencias múltiples y fomentan la innovación (Pérez, 2021).

2.4.2 Gestión del Capital Intelectual

En la actualidad, el capital intelectual se posiciona como un activo intangible invaluable para las organizaciones, cuya esencia se encuentra intrínsecamente ligada a la gestión del conocimiento. En este contexto, la cantidad y calidad del conocimiento que posee el talento humano de una organización específica se traduce directamente en el valor que aporta. Este activo intelectual abarca una variedad de recursos intangibles, como la experiencia acumulada, las habilidades especializadas, y la información contextual que reside en las mentes y prácticas de los colaboradores. La gestión efectiva de este capital intelectual no solo implica reconocer su existencia, sino también aplicar estrategias para su adquisición, creación, compartición y preservación. En este sentido, la organización debe fomentar un entorno propicio que promueva la colaboración, el intercambio de conocimientos y la creación de nuevo saber, asegurando así su continua evolución y competitividad en el mercado.

2.4.3 Gestión del talento humano

La gestión del talento humano se define como la capacidad de las personas para desempeñarse eficaz y eficientemente dentro de un contexto organizacional específico durante su competencia laboral. La confiabilidad humana engloba diversos elementos de

proyección personal que permiten optimizar los conocimientos, habilidades y destrezas de los miembros de una organización con el objetivo de generar un capital humano sólido. El capital humano se traduce en un aumento de la capacidad de producción mediante el desarrollo de las competencias de los empleados de la empresa. Este capital está compuesto por el conocimiento y la creatividad inherentes a las personas, su bienestar mental y la calidad de sus hábitos de trabajo. Estas capacidades, ya sean de conocimientos o habilidades, se adquieren a través de entrenamiento, dedicación, formación y experiencia acumulada a lo largo del tiempo (Galloso, 2020).

Es común afirmar que el capital humano es esencial para la competitividad de las economías modernas, ya que su productividad se fundamenta en la utilización efectiva del conocimiento. La mejora de la confiabilidad humana se puede lograr mediante la implementación de estrategias que incluyan una gestión del conocimiento adecuada, la consolidación en equipos de trabajo y la creación de comunidades de conocimiento para el desarrollo del mantenimiento. Esto implica gestionar un desempeño óptimo con el fin de asegurar la competitividad, efectividad y preservación del conocimiento de la organización. Potenciar estas estrategias resultaría imposible sin contar con el talento humano, que representa el soporte fundamental de toda organización. Desde esta perspectiva, se implementan estrategias específicas centradas en los empleados, su conocimiento, las competencias propias de las organizaciones, y los factores clave de éxito que impulsan la competitividad y aseguran la durabilidad en el tiempo.

2.4.4 Gestión de salud

Considerando al ser humano como un ente Bio-Psico-Social, es fundamental evaluar su estado desde estas perspectivas. Este aspecto adquiere especial relevancia en la gestión de activos, ya que el estado de los empleados puede incidir directamente en la productividad de la empresa. Diversas enfermedades, tanto somáticas, psíquicas como psicosomáticas, pueden impactar en el bienestar y rendimiento laboral de los trabajadores. Entre las enfermedades somáticas que pueden afectar a los trabajadores se encuentran la Diabetes Mellitus, Hipertensión Arterial, Cardiopatía Isquémica, Accidentes Cerebrovasculares,

Epilepsias (de diversos tipos), Trastornos Auditivos y Trastornos Visuales. Por otro lado, las enfermedades psicológicas, como la Depresión, Psicosis Maníacas y Psicosis Maníaco-Depresivas, también pueden tener un impacto significativo en la salud mental de los empleados. Además, existen condiciones psicosomáticas, como el Síndrome de Conversión, que pueden manifestarse como producto de simulaciones debido a desequilibrios emocionales en el individuo.

2.4.5 Cambio de paradigmas

El cambio de paradigmas es fundamental para lograr una transformación significativa y obtener una mayor productividad. Se deben asegurar los siguientes cambios de pensamiento en las personas:

Visión Actual - Visión Futura: Es crucial cambiar la perspectiva actual por una visión futura, donde se visualicen metas y objetivos a largo plazo. Esto implica alejarse de una mentalidad centrada en el presente para adoptar una orientada hacia el futuro.

Grandes Mejoras - Mejora Continua: En lugar de buscar grandes cambios de manera ocasional, se debe fomentar la mejora continua como un proceso constante. Esto implica la implementación de pequeñas mejoras de forma regular, contribuyendo así a un progreso sostenido.

Hacer lo Urgente - Hacer lo Importante: Priorizar las tareas importantes sobre las urgentes es esencial. Esto implica una gestión del tiempo más efectiva, concentrándose en actividades que contribuyan de manera significativa a los objetivos a largo plazo en lugar de atender solo a las demandas inmediatas.

Enfoque en Fallas - Enfoque en Oportunidades: Cambiar el enfoque de la identificación de fallas hacia la búsqueda de oportunidades para mejorar. Esto promueve una mentalidad positiva y orientada hacia soluciones, buscando constantemente maneras de optimizar procesos y resultados.

Aprendizaje Puntual - Aprendizaje Continuo: Abandonar la idea de aprender solo en situaciones puntuales y adoptar una mentalidad de aprendizaje continuo. Esto implica buscar constantemente nuevas habilidades y conocimientos para mantenerse actualizado y adaptable en un entorno cambiante.

Reconocimiento de la Reacción - Reconocimiento de la Proacción: Cambiar de reconocer solo las respuestas a situaciones ya ocurridas hacia el reconocimiento de la anticipación y la acción proactiva. Valorar la capacidad de prever situaciones y tomar medidas preventivas.

Responsabilidad del Supervisor - Responsabilidad del Ejecutante: Transformar la idea de que la responsabilidad recae únicamente en los supervisores hacia una cultura donde cada ejecutante asuma responsabilidad por sus acciones y resultados.

Supervisores como Capataces - Supervisores como Entrenadores: Cambiar la percepción de los supervisores como meros capataces a la de entrenadores que guían y desarrollan a su equipo. Fomentar un liderazgo basado en el apoyo y la capacitación.

Identificación de Fallas Potenciales - Reducción de Fallas Potenciales: Pasar de identificar fallas potenciales a implementar estrategias activas para reducir estas posibles fallas. Esto implica un enfoque proactivo para mitigar riesgos y mejorar la confiabilidad.

2.5 CULTURA DE LA CONFIABILIDAD HUMANA

Una estrategia de confiabilidad humana implica transformaciones significativas en la estructura organizacional, promoviendo una cultura que fomente el cuestionamiento constructivo de los procedimientos administrativos, así como una gestión efectiva de las comunicaciones y la responsabilidad en la documentación sistemática de la información. Esto implica una reforma a nivel de la cultura corporativa, entendida como el conjunto de valores y creencias fundamentales compartidos por todos los miembros de la organización y que la distinguen de otras empresas. En el ámbito organizacional, los procesos de confiabilidad humana deben cumplir con ciertos criterios (Aguirre, 2020):

- Deben ser sistemáticos, simples y comprensibles para todos, evitando la burocracia.
- Se requiere la designación de un líder de confiabilidad con autoridad y dedicación exclusiva.

- Los roles individuales deben ser claros y realistas, con metas fácilmente medibles y controlables.
- Ante el incumplimiento de objetivos, la gerencia debe tomar medidas correctivas y ajustar el programa según sea necesario.
- Se deben emplear herramientas como el kaizen, kairyo, la innovación y la reingeniería de manera continua.
- Cada error humano debe considerarse una oportunidad de aprendizaje y mejora.
- Es esencial mantener programas de mejora continua en funcionamiento.

Una gestión humana efectiva implica liderazgo basado en valores, la implementación de modelos de competencias, planes de capacitación, delegación de responsabilidades, fomento del trabajo en equipo y, de manera transversal, el desarrollo de la inteligencia emocional. Esto se debe a que todos los integrantes de la organización deben comprometerse y estar involucrados con la misión de la empresa. Cuando las necesidades de un determinado nivel están satisfechas, se establecen nuevas metas para alcanzar niveles superiores de satisfacción. El individuo constantemente busca aumentar su satisfacción personal, lo que está estrechamente relacionado con un desempeño adecuado en sus funciones. Es decir, la motivación y la realización personal están vinculadas con el logro de los objetivos y la ejecución eficiente de las tareas asignadas.

2.6 POLÍTICAS Y ESTRATEGIAS DE CONFIABILIDAD HUMANA

La alta dirección tiene la responsabilidad de desarrollar políticas que impulsen la confiabilidad humana, un proceso que puede dividirse en tres etapas esenciales (Díaz & Benítez, 2021):

- a) Identificar las brechas existentes para proporcionar las herramientas y la capacitación necesarias.
- b) Definir claramente los roles y responsabilidades, así como implementar métodos para hacer que estos sean efectivos.

c) Establecer mecanismos para reconocer y premiar a aquellos que demuestren nuevos comportamientos y habilidades.

De este modo, se evidencia que algunos de los pilares fundamentales de una política de confiabilidad humana son la capacitación, la motivación, el conocimiento y el reconocimiento. Es crucial que la política de capacitación esté integrada dentro de la estrategia general de la empresa, abarcando tanto la formación interna como la externa, especialmente en áreas como el mantenimiento que pueden depender mucho de subcontratistas. Los líderes de nivel ejecutivo deben contribuir al desarrollo del personal, fomentando su crecimiento profesional, asignándoles responsabilidades acordes, exigiendo altos estándares de rendimiento y brindándoles oportunidades para participar activamente en la organización. Todo esto debe ir acompañado de un plan de incentivos amplio, equitativo y adaptable a los cambios (Domech, 2010).

Una política de confiabilidad humana se compone de diversas estrategias concretas cuyo objetivo común es revalorizar el papel de las personas en la empresa. En un entorno cada vez más tecnológico y automatizado, es esencial que la organización no pierda de vista su lado humano. Para mejorar la confiabilidad humana, es necesario diseñar un plan que integre las cuatro estrategias detalladas en la siguiente figura, las cuales se abordarán en mayor profundidad en los puntos siguientes.

2.6.1 Gerencia del conocimiento

Se hace mención a la gestión de una red de individuos, abarcando la planificación, organización, dirección, coordinación y control, en la que los procesos culturales de la organización se centran en la creación, adquisición, adaptación, transmisión y conservación del conocimiento. Esto conlleva a generar beneficios tangibles e intangibles, orientados a fortalecer las capacidades de la organización y agregar valor a sus actividades. El conocimiento se reconoce como un componente esencial para obtener una ventaja competitiva en el mercado. De hecho, algunos expertos consideran que supera en

importancia a los activos físicos y financieros de una empresa. Esto se debe a que el conocimiento reside en la mente de las personas, quienes constituyen el recurso más valioso de la organización (Quiñonez & Rivera, 2021).

Es crucial comprender que la empresa, por sí sola, no puede generar conocimiento. Son las personas que la conforman quienes aportan nuevas ideas, percepciones y experiencias, lo que constituye el "know-how" de la organización. La capacidad de aprendizaje de cada individuo es fundamental en este proceso. Junto con evaluar los conocimientos adquiridos y las experiencias vividas, es necesario valorar la disposición y habilidad para aprender. Para adquirir nuevos conocimientos y experiencias, es esencial establecer metas y objetivos claros, lo que requiere un alto nivel de motivación e interés por parte de los colaboradores.

2.6.2 Gerencia del desempeño

Se refiere al proceso de supervisar y evaluar la competencia del personal durante la implementación y desarrollo de las estrategias propuestas, con el fin de asegurar la creación de valor y tomar medidas correctivas de manera anticipada. La evaluación del desempeño requiere de acciones rápidas con resultados inmediatos, permitiendo tanto a la gerencia como a los empleados aplicar ajustes pertinentes de manera oportuna.

La clave para lograr la excelencia organizacional radica en las personas y su gestión. El conocimiento y la experiencia de cada empleado contribuyen al capital intelectual de la organización. La esencia primordial de la formación empresarial consiste en la gestión de las personas, especialmente en la gestión de las relaciones interpersonales. En la actualidad, existe una amplia gama de software de capacitación que abarca diversas áreas de conocimiento. Por lo tanto, la responsabilidad principal no radica en la creación de expertos, sino en facilitar el aprendizaje de habilidades sociales y relaciones interpersonales. Para llevar a cabo una gestión de desempeño efectiva, es necesario superar la resistencia al cambio, la cual es una reacción natural ante cualquier propuesta

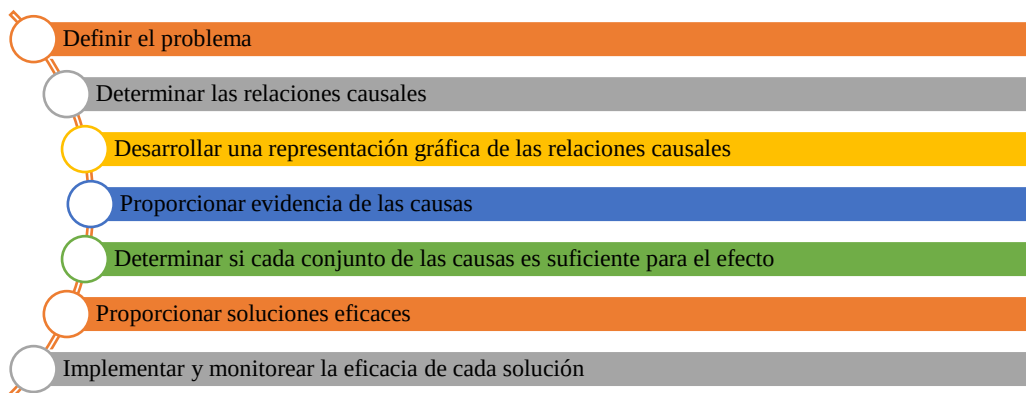
nueva o cualquier cambio que altere el esquema de pensamiento y acción establecido (Quiñonez & Rivera, 2021).

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

3.1 EVALUACIÓN DE LA CONFIABILIDAD A TRAVÉS DEL ANÁLISIS CAUSA RAÍZ

El método ACR o Análisis de Causa Raíz, es un enfoque sistemático utilizado para investigar los fallos y problemas hasta llegar a su origen fundamental. Cada fallo en el equipo atraviesa una serie de etapas y razones que lo provocan. Existe una secuencia clara de acciones y consecuencias que conducen al fallo. Un análisis de causa raíz busca establecer la relación entre la causa inicial y el efecto final con el propósito de determinar qué sucedió, por qué sucedió y, lo más importante, qué medidas tomar para evitar que vuelva a ocurrir. Este método es ampliamente utilizado en diversas industrias, desde la manufactura hasta la salud y la aviación, ya que proporciona un marco estructurado para abordar problemas complejos y encontrar soluciones efectivas. Al identificar las causas subyacentes de un problema, las organizaciones pueden implementar medidas preventivas y correctivas que ayuden a minimizar el riesgo de recurrencia de los fallos. Además, el análisis de causa raíz promueve una cultura de aprendizaje continuo y mejora en la gestión de la calidad y la seguridad en el lugar de trabajo.

Las etapas que deben seguirse para el Análisis Causa Raíz (ACR):



Fuente: Paso a paso para el desarrollo del análisis ACR en la FLSMIDTH S.A. Minera Los Pelambres

Figura 3.1. Etapas del ACR

3.1.1 Problema: Fuga de aceite de lubricación por sellos U/T CR 004:

Para iniciar con el análisis ACR se inicia con los 5 Por qué's:



En resumen, la fuga de aceite de lubricación por los sellos U/T CR 004 ocurre debido a una obstrucción interna en la línea de lubricación que provoca la acumulación de aceite en el Carter del equipo chancador. Esto genera una presión adicional que hace que el aceite busque una salida, resultando en la fuga a través de los sellos de polvo U/T. Esta situación se produce cuando el equipo chancador está en operación.

Tabla 3.1. Análisis ACR, 5W

¿Qué?	¿Por qué?	¿Cuándo?	¿Dónde?	¿Cómo?	¿Quién?
Fuga de aceite de sistema lubricación por sellos U/T CR 004	Se detecta que el nivel del estanque sistema lubricación baja muy rápido. -Con equipo en operación se detecta que escurre gran cantidad de aceite por pared de recámara del chancador hacia la correa CV 151. -Se visualiza que el retorno de aceite por gravedad hacia el estanque es menor que lo normal. -Esto ocurre por obstrucción interna de la línea que hace que se acumule aceite en el Carter y aumente el volumen de aceite en el interior del equipo, el giro de las RPM del piñón hace que el aceite busque una salida siendo el punto de los sellos de polvo U/T por donde comienza a salir el aceite	Cuando está en operación el equipo Chancador	310CR004	Detención de equipo y se procede a desacopiar línea de retorno de aceite bajo contra eje, encontrando en el interior paños y nylon en la zona del Carter bajo piñón, esto generaba la obstrucción de la salida del aceite de retorno por la línea hacia el estanque	En el proceso de mantenimiento

Fuente: Ejecución FLSmidth S.A



Fuente: Ejecución FLSmith S.A

Figura 3.2. Fuga sistema lubricación 310CR004

Soluciones propuestas:

Desobstrucción de la línea de retorno de aceite:

- Realizar una limpieza y desobstrucción completa de la línea de retorno de aceite para eliminar cualquier obstrucción que esté causando la acumulación de aceite en el Carter y la fuga por los sellos U/T.
- Implementar procedimientos de limpieza regulares y medidas preventivas para evitar futuras obstrucciones en la línea de retorno de aceite.

Inspección y reemplazo de sellos U/T:

- Inspeccionar y evaluar el estado de los sellos U/T para detectar desgaste, daños o deterioro que puedan estar contribuyendo a la fuga de aceite.
- Reemplazar los sellos U/T defectuosos o desgastados por componentes nuevos y de alta calidad para garantizar un sellado adecuado y prevenir fugas futuras.

Monitoreo y ajuste del nivel de aceite:

- Implementar un sistema de monitoreo continuo del nivel de aceite en el Carter para detectar y corregir cualquier aumento anormal en el volumen de aceite que pueda indicar una fuga.
- Ajustar el nivel de aceite de manera regular y mantenerlo dentro de los rangos recomendados por el fabricante para prevenir la sobrecarga y minimizar el riesgo de fugas.

Mejora de la gestión de mantenimiento:

- Establecer un programa de mantenimiento preventivo periódico que incluya inspecciones regulares de los sellos U/T, la línea de retorno de aceite y otros componentes relacionados con el sistema de lubricación.
- Capacitar al personal de mantenimiento en técnicas de diagnóstico y reparación de fugas de aceite para garantizar una respuesta rápida y efectiva ante cualquier problema identificado.

Optimización de la lubricación y la operación del equipo:

- Evaluar y ajustar los parámetros de lubricación y operación del equipo para minimizar la generación de calor y fricción, que pueden contribuir a la formación de fugas en los sellos U/T.
- Implementar prácticas de operación eficientes y seguras que ayuden a reducir la carga sobre los sellos U/T y prolonguen su vida útil.

Al implementar estas soluciones, se puede mejorar la fiabilidad y la eficiencia del sistema de lubricación y reducir el riesgo de fugas de aceite en los sellos U/T CR 004, lo que contribuirá a un funcionamiento más seguro y confiable del equipo.

3.1.2 Problema: Fuga tapa de alimentación molino SAG:

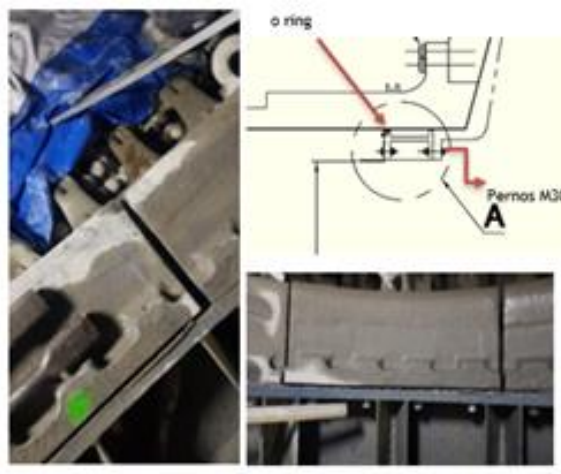


Tabla 3.2. Fuga por tapa de alimentación

¿Qué?	¿Por qué?	¿Cuándo?	¿Dónde?	¿Cómo?	¿Quién?
Fuga tapa de alimentación molino SAG	*Pernos cortados de amerre Seal ring-deflectoras *Falta de torque pernos M30, diámetro menor de pernos *Perforaciones desfasadas *Soldadura de placas *Fuga de material *Riesgo de aislación de motor	Molino en operación	310ML002	3 detenciones de equipo no programadas: 9,36 horas	En el proceso de mantención

Fuente: Ejecución FLSmidth S.A

En resumen, la fuga en la tapa de alimentación del molino SAG se debe a una combinación de factores, incluyendo pernos cortados, falta de torque en pernos, problemas con las perforaciones y la soldadura, fuga de material y riesgo de aislación del motor. Estos problemas afectan la estanqueidad de la tapa de alimentación y contribuyen a la fuga mientras el molino está en operación. Se producen durante el proceso de mantenimiento del equipo.

Soluciones propuestas:

Pernos cortados y falta de torque en pernos M30:

- Inspeccionar regularmente los pernos para detectar desgaste o daños y reemplazar aquellos que estén comprometidos.

- Implementar un programa de mantenimiento preventivo para garantizar que los pernos se aprieten adecuadamente y se mantengan en condiciones óptimas.
- Utilizar pernos de mayor resistencia y calidad para mejorar la durabilidad y la seguridad de la tapa de alimentación.

Perforaciones desfasadas:

- Realizar una revisión exhaustiva del proceso de fabricación de la tapa de alimentación para garantizar la precisión en la ubicación y alineación de las perforaciones.
- Capacitar al personal responsable de la fabricación para asegurar que se sigan los procedimientos adecuados y se mantenga la calidad en la ejecución del trabajo.

Soldadura de placas:

- Mejorar los estándares de calidad y los procedimientos de soldadura para garantizar una unión segura y duradera de las placas en la tapa de alimentación.
- Realizar inspecciones periódicas de las soldaduras para detectar posibles defectos o fallas y corregirlas de manera oportuna.

Fuga de material:

- Implementar medidas de control de calidad durante el proceso de fabricación para prevenir la formación de fugas y garantizar la integridad estructural de la tapa de alimentación.
- Utilizar materiales de alta calidad y resistentes a la corrosión para reducir el riesgo de fugas y prolongar la vida útil del equipo.

Riesgo de aislación de motor:

- Realizar un mantenimiento preventivo regular del motor para garantizar su funcionamiento seguro y eficiente.
- Capacitar al personal en prácticas seguras de operación y mantenimiento para minimizar el riesgo de aislación y otros problemas relacionados con el motor.

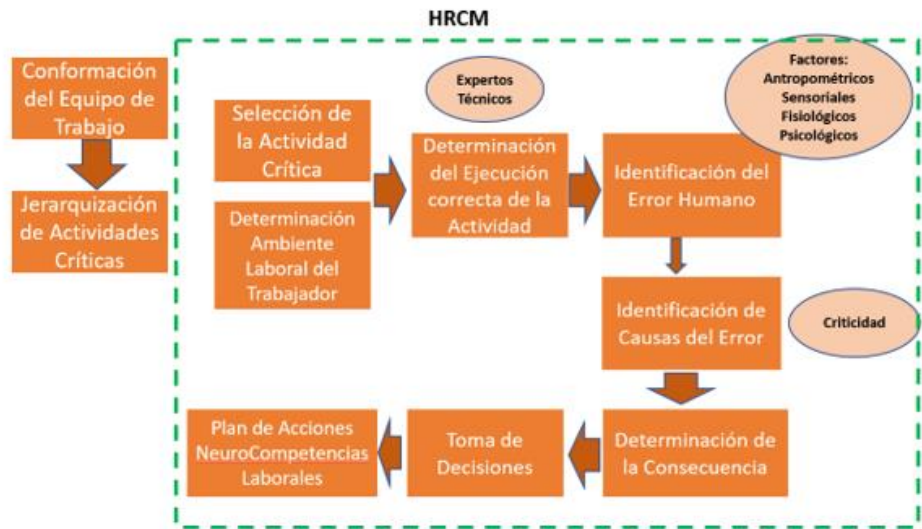
3.2 METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD HUMANA (HRCM)

El Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM, por sus siglas en inglés) es una metodología ampliamente reconocida y ampliamente utilizada para diseñar planes de mantenimiento que abarcan una variedad de estrategias de mantenimiento, como el preventivo, el predictivo y la búsqueda de fallas, entre otras. Inicialmente desarrollada por la industria comercial de la aviación de Estados Unidos con el objetivo de mejorar la seguridad y la confiabilidad de sus equipos, esta metodología fue conceptualizada por los empleados de United Airlines Stanley Nowlan y Howard Heap en 1978. Desde entonces, el RCM se ha aplicado en diversas áreas de trabajo en países industrializados de todo el mundo para determinar las estrategias de mantenimiento más adecuadas para los activos físicos.

El HRCM es una metodología de gestión del mantenimiento que se utiliza para crear programas estructurados basados en la confiabilidad de los equipos. Su objetivo es garantizar un programa de mantenimiento efectivo que se enfoque en preservar la confiabilidad original de los equipos. Según la definición de John Moubray, el RCM es un proceso empleado para identificar las acciones necesarias para asegurar que un activo siga desempeñando las funciones que se esperan de él en su entorno operativo.

Hoy en día, el HRCM se emplea ampliamente no solo para identificar las tareas de mantenimiento, sino también como un marco de referencia para evaluar el riesgo en equipos, clasificar la importancia de los componentes relevantes para el mantenimiento y detectar áreas de mejora en el mantenimiento de equipos complejos, como las turbinas eólicas. Además, se busca potenciar los resultados del HRCM al combinarlo con otras metodologías, como el mantenimiento radical, el mantenimiento basado en la condición y el proceso de jerarquía analítica. Esta integración permite un enfoque más completo y efectivo para optimizar la confiabilidad y el rendimiento de los activos industriales,

maximizando así la eficiencia operativa y reduciendo los costos asociados con el mantenimiento y las reparaciones.



Fuente: Carlos Baldi, Clase N°4 Modelos de gestión integral.

Figura 3.3. Metodología HRCM

Tal como puede apreciarse en la figura anterior, el primer paso posterior a la conformación del equipo de trabajo es la jerarquización de las actividades críticas, para lo cual es necesario realizar inicialmente una evaluación de las tareas que hacen parte del proceso de mantenimiento. Dado lo anterior, se expone la metodología con la que se evalúa la criticidad:

Tabla 3.3. Matriz de riesgo

Matriz de riesgo							
Probabilidad			Consecuencia o impacto				
			Insignificante	Leve	Moderado	Considerable	Catastrófico
			1	2	3	4	5
Muy Alta	5	A	RA	RA	RE	RE	RE
Alta	4	B	RM	RA	RA	RE	RE
Moderado	3	C	RT	RM	RA	RE	RE
Leve	2	D	RT	RT	RM	RA	RE
Rara	1	E	RT	RT	RM	RM	RA

Fuente: Matriz basada por RCM (Parra & Crespo)

Una vez evaluada la criticidad de acuerdo con su probabilidad de ocurrencia e impacto, se determinará la zona de riesgo en la que se encuentra:

Tabla 3.4. Nivel de criticidad

	Nivel	Descripción	Acciones a tomar
Riesgo inaceptable	RE	Riesgo Extremo	Requiere acción inmediata. Tratamiento para reducir o transferir el riesgo. Se debe informar al Junta Directiva, Gerencia General. Acción Administrativa Evitar el riesgo
	RA	Riesgo Alto	Necesita atención de la alta gerencia. Planes de prevención, control y monitoreo. Planes de tratamiento y reducción del riesgo. Se debe informar a la Gerencia. Reducir o transferir riesgo.
Riesgo aceptable	RM	Riesgo Moderado	Debe especificarse responsabilidad gerencial. Se debe tener control y monitoreo, se validan cambios de políticas o procedimientos. Se debe avisar a la gerencia. Reducir el riesgo
	RT	Riesgo Tolerable	Administrar mediante procedimientos de rutina. Se debe monitorear. No requiere ninguna acción inmediata. Aceptar el riesgo

Fuente: Matriz basada por RCM (Parra & Crespo)

Posterior a la definición de la metodología para evaluar la criticidad de las tareas, a continuación se realiza la valoración y determinación de dicho nivel. Cabe aclarar que las actividades seleccionadas son aquellas que se realizan a diario y que como tal representan mayor riesgo y exposición a errores por parte de los trabajadores:

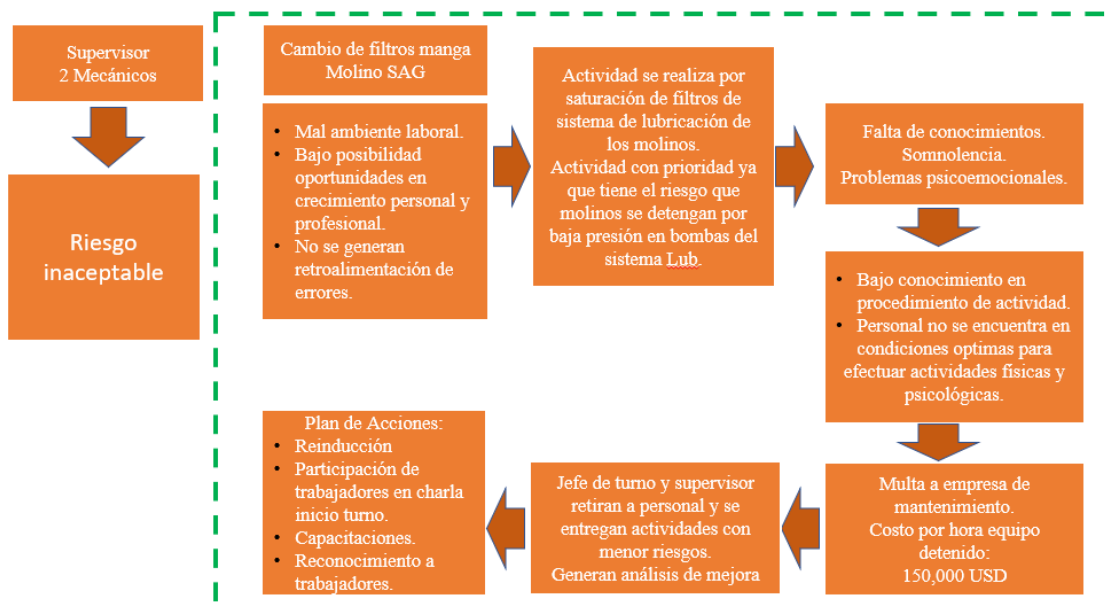
Tabla 3.5. Evaluación de criticidad

Nombre de actividad	Frecuencia	Consecuencia	Puntaje	Niveles de Criticidad
Cambio de filtros mangas	5	3	15	Riesgo Inaceptable
Cambio elementos húmedos bombas alimentación ciclones	3	2	6	Riesgo Alto
Cambio de spout feeder	3	4	12	Riesgo Inaceptable
Cambio de ciclones	2	2	4	Riesgo Aceptable
Cambio de revestimiento molinos verticales	5	3	15	Riesgo Inaceptable
Cambio de revestimiento MB Y SAG	4	3	12	Riesgo Inaceptable
Cambio de embrague	2	2	4	Riesgo Aceptable
Cambio de Bomba de lubricación molinos	2	2	4	Riesgo Aceptable

Fuente: Elaboración propia

Se observa que las actividades "Cambio de filtros mangas", "Cambio de revestimiento molinos verticales" y "Cambio de revestimiento MB Y SAG" tienen la mayor frecuencia (5) y también una alta consecuencia (3), lo que resulta en un puntaje de 15 para cada una, lo que las clasifica como Riesgo Inaceptable. Las actividades "Cambio de elementos húmedos bombas alimentación ciclones" y "Cambio de spout feeder" tienen una frecuencia de 3 y una consecuencia de 2, lo que resulta en un puntaje de 6 y 12 respectivamente, clasificándose como Riesgo Alto y Riesgo Inaceptable. Por otro lado, las actividades "Cambio de ciclones", "Cambio de embrague" y "Cambio de Bomba de lubricación molinos" tienen puntajes más bajos (4) debido a una frecuencia o consecuencia menor, lo que las clasifica como Riesgo Aceptable.

Dado lo anterior, y retomando los resultados, se toma como tarea crítica “Cambio de filtros mangas” y se realiza un análisis centrado en la confiabilidad humana, la cual explica el estado del ambiente laboral y planes de acción necesaria para esta actividad frecuente y de alta criticidad.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.4. Análisis HRCM cambio de filtros mangas

CAPÍTULO 4: PROPUESTA DE MEJORA

Tras llevar a cabo un diagnóstico en FLSmidth S.A sobre la incidencia del error humano y sus causas, a través de la aplicación de metodologías como el análisis causa raíz y la metodología de mantenimiento centrado en la confiabilidad humana (HRCM), así como la evaluación del ambiente de trabajo, se han identificado resultados desfavorables. Como respuesta, se plantea una estrategia para mejorar una serie de variables que impactan en el desarrollo laboral de los trabajadores. La mejora del trabajo en equipo en la organización requiere de la atención a la toma de decisiones, la comunicación, el establecimiento de metas claras y el mantenimiento del orden en el entorno laboral.

Una relación positiva entre los colaboradores y sus líderes contribuye significativamente al compromiso organizacional y a la percepción del clima laboral. Esta relación fortalece la comunicación y genera un mayor bienestar entre los empleados, lo que a su vez refuerza su compromiso con la empresa. En este sentido, es fundamental implementar una estrategia que, en primer lugar, otorgue un nuevo enfoque a las reuniones de inicio de **turno. Este cambio permitirá un mayor involucramiento del personal en la toma de** decisiones relacionadas con las metas individuales de cada miembro del equipo. Además, es esencial fomentar una comunicación fluida en todas las direcciones dentro de la organización. Esto no solo contribuye a reducir las tensiones, sino que también permite que el personal se sienta más comprometido y participativo en el logro de los objetivos empresariales.

4.1 PLAN DE MEJORA DERIVADO DEL ANÁLISIS CAUSA RAÍZ

Estrategia 1: Mantenimiento preventivo y limpieza de líneas de lubricación

Objetivo: Evitar la obstrucción de la línea de lubricación y reducir la acumulación de aceite en el Carter del equipo chancador, disminuyendo así la posibilidad de fugas por los sellos U/T CR 004.

Actividades:

- Implementar un programa de mantenimiento preventivo regular para inspeccionar y limpiar las líneas de lubricación del equipo chancador.
- Capacitar al personal de mantenimiento para identificar y eliminar obstrucciones potenciales en la línea de lubricación durante las inspecciones rutinarias.
- Establecer procedimientos estandarizados para el mantenimiento y limpieza de las líneas de lubricación, incluyendo la remoción de paños y nylon u otros materiales que puedan causar obstrucciones.

Estrategia 2: Monitoreo continuo del nivel de aceite y presión en el equipo chancador

Objetivo: Detectar de manera temprana cualquier anomalía en el nivel de aceite y presión dentro del equipo chancador para prevenir la acumulación excesiva de aceite y posibles fugas por los sellos U/T CR 004.

Actividades:

- Instalar sensores de nivel de aceite y presión en el equipo chancador para monitorear continuamente su estado durante la operación.
- Establecer alarmas automatizadas que alerten al personal de mantenimiento cuando se detecten variaciones anormales en el nivel de aceite y presión.
- Realizar inspecciones periódicas durante la operación para verificar manualmente el nivel de aceite y presión en el equipo chancador y tomar medidas correctivas si es necesario.

Estrategia 3: Mejora en los procedimientos de inspección y mantenimiento

Objetivo: Optimizar los procedimientos de inspección y mantenimiento para garantizar la detección temprana de obstrucciones en la línea de lubricación y prevenir fugas de aceite por los sellos U/T CR 004.

Actividades:

- Revisar y actualizar los procedimientos de inspección y mantenimiento del equipo chancador para incluir la revisión específica de la línea de lubricación y los sellos U/T CR 004.
- Capacitar al personal de mantenimiento en la identificación de signos de obstrucción en la línea de lubricación y en la realización de pruebas de funcionamiento para garantizar su correcto flujo.
- Establecer un sistema de registro y seguimiento de las inspecciones y mantenimientos realizados, incluyendo acciones correctivas tomadas y resultados obtenidos.

Estrategia 4: Mejora en el mantenimiento de los pernos y la tapa de alimentación

Objetivo: Prevenir la fuga en la tapa de alimentación del molino SAG mediante un mantenimiento adecuado de los pernos y la tapa, asegurando su integridad estructural y estanqueidad.

Actividades:

- Realizar inspecciones regulares de los pernos para detectar desgaste, daños o cortes, y reemplazar aquellos que presenten deterioro.
- Implementar un programa de mantenimiento preventivo para garantizar el torque adecuado de los pernos M30 y su mantenimiento en condiciones óptimas.
- Utilizar pernos de mayor resistencia y calidad para mejorar la durabilidad y la seguridad de la tapa de alimentación.
- Inspeccionar la tapa de alimentación durante el mantenimiento para detectar posibles problemas de sellado y tomar medidas correctivas si es necesario.

Estrategia 5: Mejora en el proceso de fabricación y soldadura de la tapa de alimentación

Objetivo: Garantizar la precisión y calidad en la fabricación y soldadura de la tapa de alimentación para prevenir problemas como perforaciones desfasadas y fugas de material.

Actividades:

- Realizar una revisión exhaustiva del proceso de fabricación de la tapa de alimentación para garantizar la precisión en la ubicación y alineación de las perforaciones.
- Capacitar al personal responsable de la fabricación y soldadura para asegurar que se sigan los procedimientos adecuados y se mantenga la calidad en la ejecución del trabajo.
- Mejorar los estándares de calidad y los procedimientos de soldadura para garantizar una unión segura y duradera de las placas en la tapa de alimentación.
- Realizar inspecciones periódicas de las soldaduras para detectar posibles defectos o fallas y corregirlas de manera oportuna.

Estrategia 6: Control de calidad en el proceso de fabricación

Objetivo: Prevenir la formación de fugas y garantizar la integridad estructural de la tapa de alimentación mediante la implementación de medidas de control de calidad durante el proceso de fabricación.

Actividades:

- Implementar medidas de control de calidad durante el proceso de fabricación para prevenir la formación de fugas y garantizar la integridad estructural de la tapa de alimentación.
- Utilizar materiales de alta calidad y resistentes a la corrosión para reducir el riesgo de fugas y prolongar la vida útil del equipo.

Estrategia 7: Mantenimiento preventivo del motor

Objetivo: Garantizar el funcionamiento seguro y eficiente del motor para minimizar el riesgo de aislación y otros problemas relacionados.

Actividades:

- Realizar un mantenimiento preventivo regular del motor, incluyendo inspecciones, lubricación y ajustes según sea necesario.
- Capacitar al personal en prácticas seguras de operación y mantenimiento del motor para minimizar el riesgo de aislación y otros problemas relacionados.

4.2 PLAN DE MEJORA DERIVADO DE ANÁLISIS DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD HUMANA (HRCM)

Objetivo:

Mejorar la seguridad, eficiencia y confiabilidad en la realización de la actividad "Cambio de Filtros Mangas" mediante la implementación de medidas preventivas y correctivas.

Estrategia 1: Capacitación y entrenamiento

Actividades:

- Proporcionar capacitación específica sobre los procedimientos adecuados para el cambio de filtros mangas.
- Realizar sesiones de entrenamiento práctico en equipos similares para familiarizar a los trabajadores con el proceso.
- Actualizar regularmente el conocimiento del personal sobre las mejores prácticas de seguridad y manejo de equipos.

Estrategia 2: Evaluación de riesgos y procedimientos

Actividades:

- Realizar una evaluación detallada de los riesgos asociados con la actividad y desarrollar procedimientos de trabajo seguros.
- Identificar y abordar posibles puntos críticos que puedan causar accidentes o fallas durante el cambio de filtros.
- Implementar controles de seguridad adicionales, como la verificación de herramientas y equipos antes de su uso.

Estrategia 3: Supervisión y monitoreo

- Establecer un sistema de supervisión continua durante la ejecución de la actividad para garantizar el cumplimiento de los procedimientos.

- Designar supervisores responsables de monitorear la seguridad y eficiencia en el cambio de filtros mangas.
- Realizar auditorías regulares para evaluar el cumplimiento de los protocolos de seguridad y tomar medidas correctivas según sea necesario.

Estrategia 4: Gestión de recursos y equipos

- Asegurar la disponibilidad de equipos adecuados y en buen estado para realizar el cambio de filtros mangas de manera segura y eficiente.
- Programar el mantenimiento preventivo de equipos y herramientas utilizados en la actividad para evitar fallas inesperadas.
- Asignar personal calificado y con experiencia para llevar a cabo la tarea, y proporcionar apoyo adicional si es necesario.

4.3 PLAN DE MEJORA DERIVADO DEL DIAGNÓSTICO DEL AMBIENTE LABORAL

Basados en los resultados de las encuestas sobre el clima laboral y los factores que contribuyen a la ocurrencia de errores humanos en el entorno laboral, así como en la retroalimentación proporcionada por los empleados, se propone el siguiente plan de mejora:

Objetivo General: Mejorar el ambiente laboral, la comunicación interna y la eficiencia operativa, reduciendo la incidencia de errores humanos y promoviendo un entorno de trabajo seguro, colaborativo y motivador.

Estrategia 1: Mejora de la capacitación y entrenamiento

Actividades:

- Diseñar programas de capacitación personalizados para abordar áreas identificadas como contribuyentes a errores humanos, como la falta de procedimientos claros, el estrés laboral y la falta de supervisión adecuada.
- Ejecutar sesiones de entrenamiento periódicas para todos los empleados, enfocadas en el desarrollo de habilidades específicas relacionadas con la prevención de errores y la mejora del desempeño laboral.
- Evaluar regularmente la efectividad de los programas de capacitación mediante encuestas de retroalimentación y pruebas de evaluación.

Estrategia 2: Mejora del ambiente de trabajo

Actividades:

- Realizar evaluaciones periódicas del ambiente laboral, incluyendo aspectos como la iluminación, la temperatura, el ruido y la limpieza.
- Tomar medidas correctivas según sea necesario para mejorar las condiciones ambientales y garantizar un entorno laboral óptimo.
- Implementar un sistema de sugerencias para que los empleados puedan reportar cualquier problema relacionado con las condiciones de trabajo y proponer soluciones.

Estrategia 3: Fortalecimiento de la comunicación interna

Actividades:

- Implementar herramientas y plataformas de comunicación interna, como intranet, correos electrónicos y reuniones regulares, para facilitar el intercambio de información entre los equipos de trabajo.
- Establecer reuniones periódicas de retroalimentación donde los empleados puedan expresar sus preocupaciones y sugerir soluciones para mejorar la identificación y corrección de errores.
- Capacitar a los líderes y supervisores en habilidades de comunicación efectiva y gestión de conflictos para fomentar un ambiente de trabajo abierto y colaborativo.

Estrategia 4: Implementación de un plan de incentivos**Actividades:**

- Desarrollar un plan de incentivos que reconozca y recompense el esfuerzo y la dedicación de los empleados en la reducción de errores y la mejora continua de los procesos.
- Comunicar claramente los criterios de incentivos y los objetivos de rendimiento a todos los empleados.
- Establecer un sistema de seguimiento para evaluar el impacto del plan de incentivos en la reducción de errores y la mejora del desempeño laboral.

Estrategia 5: Establecimiento de seguimiento al desempeño y planes de mejora**Actividades:**

- Realizar evaluaciones regulares del desempeño de los empleados y establecer objetivos de mejora personalizados para cada miembro del equipo.
- Proporcionar retroalimentación constructiva y apoyo individualizado a los empleados para ayudarles a alcanzar sus metas de mejora.
- Monitorear el progreso de los empleados a lo largo del tiempo y ajustar los planes de mejora según sea necesario para garantizar resultados positivos.

4.4 SISTEMA DE SEGUIMIENTO Y CONTROL

Tabla 4.1. Sistema de seguimiento y control

Nombre del Indicador	Fórmula	Periodicidad de Cálculo	Meta
Tasa de Accidentabilidad	$(\text{Número de accidentes} / \text{Total de horas trabajadas}) \times 200,000$	Mensual	Reducir en un 10% respecto al año anterior
Índice de Ausentismo	$(\text{Número de horas de ausentismo} / \text{Total de horas programadas}) \times 100$	Mensual	Mantenerse por debajo del 2%
Cumplimiento de Procedimientos de Seguridad	$(\text{Número de procedimientos de seguridad cumplidos} / \text{Total de procedimientos planificados}) \times 100$	Semanal	Mantener un 95% de cumplimiento
Horas de Capacitación por Empleado	$\text{Total de horas de capacitación} / \text{Número de empleados}$	Trimestral	Al menos 20 horas por empleado al año
Tiempo Medio de Respuesta a Incidentes	$\text{Suma de tiempos de respuesta de todos los incidentes} / \text{Número total de incidentes}$	Mensual	Reducir a menos de 30 minutos
Índice de Satisfacción del Personal	$(\text{Total de respuestas positivas} / \text{Total de respuestas}) \times 100$	Semestral	Mantenerse por encima del 80%
Eficiencia en la Ejecución de Planes de Mejora	$(\text{Número de acciones de mejora completadas} / \text{Total de acciones de mejora planificadas}) \times 100$	Trimestral	Alcanzar al menos el 90% de las acciones planificadas
Índice de Retención de Personal	$((\text{Número de empleados al final del período} - \text{Nuevos empleados}) / \text{Número de empleados al inicio del período}) \times 100$	Anual	Mantenerse por encima del 90%
Costo Promedio de Accidentes	$(\text{Costo total de accidentes} / \text{Número total de accidentes})$	Anual	Reducir en un 15% respecto al año anterior
Tasa de Errores en Procesos	$(\text{Número de errores en procesos} / \text{Total de operaciones realizadas}) \times 100$	Mensual	Reducir en un 10% respecto al mes anterior
Índice de Fallas de Equipos	$(\text{Número de fallas de equipos} / \text{Total de horas de funcionamiento del equipo}) \times 100$	Semanal	Mantenerse por debajo del 2%
Tiempo Medio de Detección de Errores	$\text{Suma de tiempos de detección de todos los errores} / \text{Número total de errores detectados}$	Mensual	Reducir a menos de 1 hora
Porcentaje de Retrabajos	$(\text{Número de trabajos retrabajados} / \text{Total de trabajos realizados}) \times 100$	Mensual	Mantenerse por debajo del 5%
Índice de Cumplimiento de Procedimientos	$(\text{Número de procedimientos cumplidos correctamente} / \text{Total de procedimientos}) \times 100$	Semanal	Mantener un 95% de cumplimiento
Tiempo Promedio de Solución de Problemas	$\text{Suma de tiempos de solución de todos los problemas} / \text{Número total de problemas}$	Mensual	Reducir a menos de 2 horas
Nivel de Satisfacción del Cliente	$(\text{Total de respuestas positivas de los clientes} / \text{Total de respuestas de los clientes}) \times 100$	Trimestral	Mantenerse por encima del 90%
Índice de Calidad del Producto	$(\text{Número de productos defectuosos} / \text{Total de productos fabricados}) \times 100$	Mensual	Mantenerse por debajo del 2%

Fuente: Elaboración propia

4.5 EVALUACIÓN FINANCIERA

Se diseñó un plan de inversiones con el propósito de detectar deficiencias y contribuir al constante mejoramiento del proceso productivo. El objetivo principal de esta iniciativa es mitigar riesgos, disminuir costos y eliminar gastos superfluos, todo ello con miras a optimizar la eficiencia operativa. Además, se llevó a cabo una estimación de los costos asociados al apoyo psicosocial, considerando los precios unitarios como referencia. Los gastos relacionados con la formación y capacitación se efectuaron en las instalaciones del centro educativo CEDUC UCN, situado en Los Vilos, en la región de Coquimbo. Como parte de este proceso, los cursos planificados se llevarán a cabo en la localidad de Salamanca.

Tabla 4.2. Costo capacitaciones

Costo Capacitaciones			
Cursos	Total de personas por curso	Valor Curso	Total
Soldador Arco Manual con Calificación 1G - 2G - 3G y 4G	240	\$250.000	\$60.000.000
Metrología	240	\$150.000	\$36.000.000
Hidráulica aplicada a sistemas de equipos mineros	240	\$160.000	\$38.400.000
Rodamientos	240	\$100.000	\$24.000.000
Bombas y sellos mecánicos	240	\$230.000	\$55.200.000
		Total Costo Capacitaciones	\$213.600.000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.3. Costo apoyo psicológico y psicosocial

Costo apoyo psicológico y psicosocial				
	Personas por semana	Semanas	Costo por atención	Total
Costo atención Psicólogo	15	4	\$30.000	\$1.800.000
Costo atención Asistente social	7	4	\$25.000	\$700.000
			Total	\$2.500.000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.4 Costo de ajuste de remuneraciones

Ajuste remuneración por competencias			
Competencias	Cantidad de personas	Valor de competencias	Total
Soldador	240	\$40.000	\$9.600.000
Rigger	240	\$40.000	\$9.600.000
Op Puente Grúa	240	\$40.000	\$9.600.000
Aplicación de polímeros	240	\$30.000	\$7.200.000
Total			\$36.000.000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.5. Costo total mejora propuesta

Total Inversión Satisfacción personal			
	Costo mensual	Cantidad de Meses	Total
Costo Capacitaciones	\$213.600.000	1	\$213.600.000
Costo apoyo psicológico y psicosocial	\$2.500.000	12	\$30.000.000
Ajuste remuneración por competencias	\$36.000.000	12	\$432.000.000
			\$675.600.000

Fuente: Elaboración propia

En síntesis, la implementación de las mejoras propuestas traería consigo una serie de beneficios destacados:

- Mejora de la productividad y eficiencia laboral.
- Incremento en la satisfacción de los clientes.
- Fortalecimiento de las relaciones internas y externas.
- Estímulo para el aprendizaje continuo de todo el personal.
- Fomento del compromiso con la mejora continua.
- Reducción de contratiempos y retrocesos.
- Disminución de incidentes y accidentes laborales.
- Promoción de una cultura de excelencia en el desempeño.
- Apoyo al equilibrio emocional de los trabajadores
- Mejora en la comunicación dentro de la organización.
- Potenciación del rendimiento laboral individual y grupal.
- Incremento del bienestar psicológico de los empleados.

- Estímulo del bienestar personal y colectivo.
- Aumento del grado de satisfacción y sentido de pertenencia a la organización, dentro de un marco de responsabilidad compartida.

CONCLUSIONES

El presente estudio ha proporcionado una visión integral de la confiabilidad humana y la incidencia del error humano en FLSMIDTH S.A. Minera Los Pelambres, destacando áreas críticas de mejora y proporcionando recomendaciones para optimizar la seguridad, eficiencia y calidad en el entorno laboral. A través de diversas metodologías y análisis, se han identificado factores clave que influyen en la confiabilidad y rendimiento del personal, así como en la gestión de activos y procesos de mantenimiento.

Análisis de causa raíz (ACR):

El ACR ha permitido identificar las causas fundamentales de los problemas y fallas en los equipos, proporcionando una base sólida para implementar medidas preventivas y correctivas. Desde la fuga de aceite de lubricación hasta la fuga en la tapa de alimentación del molino SAG, se han identificado una serie de factores que requieren atención inmediata para mejorar la confiabilidad y seguridad en las operaciones.

Metodología de mantenimiento centrado en la confiabilidad humana (HRCM):

La aplicación del HRCM ha destacado la importancia de diseñar planes de mantenimiento efectivos que se centren en preservar la confiabilidad original de los equipos. Al evaluar la criticidad de las actividades y establecer medidas de prevención y control, se ha proporcionado un marco sólido para mejorar la gestión de activos y reducir la incidencia de errores humanos.

Evaluación de riesgos y procedimientos:

La evaluación detallada de riesgos y procedimientos ha revelado áreas de alto riesgo y exposición a errores por parte de los trabajadores. Al priorizar actividades críticas y desarrollar protocolos de seguridad específicos, se ha allanado el camino para mejorar la seguridad y eficiencia en las operaciones diarias.

Conclusión general

En conclusión, el estudio ha destacado la importancia de adoptar un enfoque holístico hacia la confiabilidad humana y la gestión de errores en el lugar de trabajo. Al combinar análisis detallados con medidas preventivas y correctivas, se puede mejorar la seguridad, eficiencia y calidad en todas las áreas de la operación minera. Es fundamental que FLSMIDTH S.A. Minera Los Pelambres continúe invirtiendo en la capacitación del personal, la mejora de los procesos y la implementación de tecnologías avanzadas para mantenerse a la vanguardia de la industria y garantizar un entorno laboral seguro y productivo para todos los empleados.

RECOMENDACIONES

Para seguir avanzando en la mejora continua, se sugiere lo siguiente:

- Implementar programas de capacitación periódica para todo el personal, enfocados en seguridad, manejo de equipos y procedimientos operativos.
- Establecer un sistema de seguimiento y retroalimentación para evaluar regularmente el cumplimiento de los procedimientos y la efectividad de las medidas de seguridad.
- Promover una cultura organizacional que fomente la comunicación abierta, la colaboración y la responsabilidad compartida en la prevención de errores y la mejora continua.
- Realizar auditorías periódicas de seguridad y calidad para identificar áreas de mejora y oportunidades de optimización en los procesos operativos y de mantenimiento.
- Invertir en tecnologías innovadoras y sistemas de monitoreo remoto para mejorar la detección temprana de fallas y minimizar el tiempo de inactividad no planificado.

REFERENCIAS

- Aguirre, A. (2020). *¿Qué es un Sistema Socio técnico y porque es importante conocerlo en el ámbito de la Confiabilidad Humana?* Obtenido de <https://esp.reliabilityconnect.com/que-es-un-sistema-socio-tecnico-y-porque-es-importante-conocerlo-en-el-ambito-de-la-confiabilidad-humana/>
- Díaz, A., & Benítez, R. (2021). *Formulación de un nuevo concepto de confiabilidad operacional*. Obtenido de Revista chilena de ingeniería, vol 29: https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-33052021000100087&script=sci_arttext
- Domech, J. (2010). *Análisis de la confiabilidad humana en una refinería de petróleo. Uso de metodología borrosa*. Obtenido de Cuadernos del CIMBAGE: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3403969>
- FLSmidth. (2023). *¿Quiénes somos?* Obtenido de <https://www.flsmidth.com/en-gb/es/about-us>
- Galloso, Z. F. (2020). *Gestión de mantenimiento y disponibilidad de maquinarias y equipos en el sector minero, 2015 - 2020. Una revisión sistemática*. Obtenido de Universidad Privada del Norte: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/25904>
- González, M. F. (2019). *Análisis de confiabilidad humana del personal de una empresa de transporte público de pasajeros en Ecuador*. Obtenido de Revista Caribeña de Ciencias Sociales (RCCS), vol 8: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9081854>
- Intriago, M. R., & Real, G. L. (2021). *Confiabilidad operacional en el proceso de soldadura de mantenimiento*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8383928>
- Pastén, R. J. (2019). *Homologación de prácticas operacionales y estandarización de procesos en planta concentradora Los Pelambres*. Obtenido de <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/170020>

- Pérez, F. A. (2021). *Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial*. Obtenido de Universidad Santo Tomás: <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/33276>
- Quiñonez, C., & Rivera, W. F. (2021). *Modelo de gestión del conocimiento para centros de productividad e innovación*. Obtenido de <https://ojs.urbe.edu/index.php/telos/article/view/3515>
- Saavedra, L., & Páez, S. (2020). *Cuantificación del error humano en la cadena de suministro: caso de estudio en los servicios de transporte terrestre*. Obtenido de Revista UIS Ingenierías, vol 19: <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistauisingenierias/article/view/10613>
- Salazar, C. A., Aldana, W. L., & Palacios, C. M. (2021). *Errores humanos: un análisis de causas y efectos*. Obtenido de Savez Editorial : <https://savezeditorial.com/index.php/savez/article/view/29/38>
- Torres, Y. (2020). *El análisis del error humano en la manufactura: un elemento clave para mejorar la calidad de la producción*. Obtenido de Revista UIS Ingenierías, vol 19: <https://www.redalyc.org/journal/5537/553768213006/553768213006.pdf>
- Valencia, V. A. (2022). *Propuesta para incrementar la confiabilidad operacional usando técnicas RCM en palas eléctricas de cable 7495 hydracrowd para una mina ubicada en Moquegua*. Obtenido de Universidad Católica de Santa María: <https://repositorio.ucsm.edu.pe/items/ada078ac-656d-4c75-854e-e9b252bda00e>