



POSGRADOS

Maestría en

Seguridad, Salud

e Higiene Industrial

RPC-SO-16-NO.268-2023

Opción de Titulación:

Proyecto de titulación con componentes de investigación aplicada y/o de desarrollo

Tema:

IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO 5S Y PDCA EN EL ÁREA DE MANTENIMIENTO DE COMPRESORES DE AMONIACO (NH₃) EN LA EMPRESA ELECTROVALLE S.A UBICADA EN EL SECTOR DE QUITO.

Autor(es)

JOSÉ ESTEBAN HIDALGO QUIÑA

Director:

LENIN ESTUARDO CEVALLOS ROBALINO

QUITO – Ecuador

2026

Autor(es):



José Esteban Hidalgo Quiña
Ingeniero Biotecnólogo
Candidato a Magíster en Seguridad, Salud e Higiene Industrial
por la Universidad Politécnica Salesiana – Sede Quito.
Stebanhid175@hotmail.com

Dirigido por:



Lenin Estuardo Cevallos Robalino
Ingeniero Industrial
Doctor en Energía Sostenible, Nuclear y Renovable
lcevallos@ups.edu.ec

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

DERECHOS RESERVADOS

2026 © Universidad Politécnica Salesiana.

QUITO- ECUADOR – SUDAMÉRICA

José Esteban Hidalgo Quiña

IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO 5S Y PDCA EN EL ÁREA DE MANTENIMIENTO DE COMPRESORES DE AMONIACO (NH3) EN LA EMPRESA ELECTROVALLE S.A UBICADA EN EL SECTOR DE QUITO.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, cuyo ejemplo de esfuerzo, constancia y compromiso ha guiado mi formación personal y profesional su apoyo incondicional y sus valores han sido el cimiento que me ha permitido avanzar y superar cada desafío a lo largo de este proceso académico.

A mi pareja por su comprensión, paciencia y aliento durante las etapas más exigentes de esta investigación, comprendiendo mis ausencias y brindándome siempre su respaldo.

Finalmente, extendiendo esta dedicatoria a todos los profesionales e investigadores que, con su compromiso y pasión por el conocimiento, contribuyen cada día al desarrollo científico y al progreso de nuestra sociedad.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi agradecimiento a la Universidad Politécnica Salesiana, por su compromiso con la excelencia académica y por brindarme el apoyo institucional necesario para el desarrollo y culminación de este proyecto de investigación su orientación y respaldo han sido pilares fundamentales en mi formación de posgrado.

Mi agradecimiento a Lenin Estuardo Cevallos Robalino, tutor de este trabajo, por su valiosa guía, asesoramiento técnico y acompañamiento constante durante todo el proceso investigativo su experiencia y compromiso académico fueron esenciales para orientar este estudio hacia resultados significativos.

Finalmente, extendiendo un agradecimiento muy especial a la empresa Electrovalle S.A., y operadores de mantenimiento por abrirme las puertas y permitir la ejecución de esta investigación en sus instalaciones su colaboración, disposición y confianza hicieron posible la aplicación práctica de las metodologías propuestas, aportando significativamente al valor técnico y académico de este trabajo.

Tabla de Contenido

Resumen.....	11
Abstract	12
1. Introducción	13
2. Descripción del Problema	14
2.1 Importancia y alcances	16
2.2 Delimitación	16
2.2.1 Espacial o geográfica.....	17
2.2.2 Temporal	17
2.2.3 Institucional.....	18
2.3 Formulación del problema.....	18
2.3.1 Problema general	18
2.3.2 Problemas específicos	18
2.4 Justificación	18
2.4 Objetivos	20
2.4.1 Objetivo General.....	20
2.4.2 Objetivo Especifico.....	20
2.4.1 Hipótesis General.....	20
2.4.2 Hipótesis Especificas	20
3. Marco teórico referencial.....	22
3.1 Marco Legal.....	22
3.2 Constitución de la república del Ecuador	22
3.3 Convenios y tratados internacionales	23
3.4 Legislación nacional código del trabajo	23
3.5 Ley orgánica de la salud.....	23
3.6 Reglamentos.....	24
3.7 Normativa técnica y ambiental vigente.....	24
3.8 Procedimiento de actividades estándar para inicio de actividades.....	24
3.8.1 Antecedentes investigativos	25
3.8.2 Antecedentes históricos.....	26
3.9 Empresa Electrovalle S.A.....	26
3.10 Sistema de refrigeración con amoniaco	28

3.10.1	Ciclos de mantenimiento	29
3.10.2	Etapas de la gestión de los mantenimientos	30
3.10.3	Refrigeración industrial.....	31
3.11	Requisitos de seguridad e higiene industrial.....	32
3.12	Ciclo 5S.....	33
3.13	Beneficios de la 5s en mantenimientos	34
3.14	Ciclo PDCA.....	35
3.15	Kpis en el área industrial.....	36
3.16	Mejora continua PDCA.....	37
3.17	Riesgos y exposición laboral	37
3.17.1	Riesgo Químico progresivo	40
3.17.2	Riesgo ergonómico.....	42
3.17.3	Riesgo mecánico.....	44
4.	Materiales y metodología.....	46
4.1	Enfoque de investigación.....	46
4.2	Población y muestra.....	46
4.3	Matriz operacionalización	60
4.4	Herramientas metodológicas.....	62
4.5	PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	65
5.	Resultados y discusión	66
6.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	83
6.	Conclusiones	85
7.	Recomendaciones	87
	Referencias.....	88
8.	ANEXOS.....	90

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.....	17
Figura 2.....	25
Figura 3.....	27
Figura 4.....	28
Figura 5.....	29
Figura 6.....	30
Figura 7.....	31
Figura 8.....	32
Figura 9.....	34
Figura 10.....	38
Figura 11.....	40
Figura 12.....	41
Figura 13.....	43
Figura 14.....	44
Figura 15.....	49
Figura 16.....	50
Figura 17.....	51
Figura 18.....	51
Figura 19.....	52
Figura 20.....	53
Figura 21.....	54
Figura 22.....	55
Figura 23.....	56
Figura 24.....	57
Figura 25.....	57
Figura 26.....	58
Figura 27.....	67
Figura 28.....	70
Figura 29.....	71
Figura 30.....	72

Figura 31.....	72
Figura 32.....	73
Figura 33.....	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.....	39
Tabla 2.....	42
Tabla 3.....	43
Tabla 4.....	45
Tabla 5.....	47
Tabla 6.....	48
Tabla 7.....	54
Tabla 8.....	59
Tabla 9.....	60
Tabla 10.....	61
Tabla 11.....	62
Tabla 12.....	63
Tabla 13.....	64
Tabla 14.....	66
Tabla 15.....	68
Tabla 16.....	74
Tabla 17.....	75
Tabla 18.....	77
Tabla 19.....	79
Tabla 20.....	80
Tabla 21.....	82
Tabla 22.....	83

IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO 5S Y PDCA EN EL ÁREA
DE MANTENIMIENTO DE COMPRESORES DE AMONIACO
(NH₃) EN LA EMPRESA ELECTROVALLE S.A UBICADA EN
EL SECTOR DE QUITO

Autor:

JOSÉ ESTEBAN HIDALGO QUIÑA

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo la implementación de metodologías de mejora continua en los procesos de mantenimiento de la empresa Electrovalle S.A., específicamente en el área operativa relacionada con los compresores de amoníaco (NH_3), ubicada en la ciudad de Quito, Ecuador.

La empresa se dedica al diseño, instalación y mantenimiento de sistemas de refrigeración industrial, operando bajo condiciones técnicas que exigen altos estándares de seguridad, eficiencia y organización en este contexto, se identificaron problemáticas asociadas al desorden operativo, la falta de estandarización de procedimientos y la presencia de condiciones inseguras de trabajo, lo que incrementó la ocurrencia de incidentes laborales y afectó negativamente los indicadores reactivos de seguridad.

El estudio tuvo como objetivo general implementar de manera integrada las metodologías 5S y el ciclo PDCA, con el fin de mejorar las condiciones de trabajo, optimizar la eficiencia de los procesos de mantenimiento y fortalecer la seguridad y salud ocupacional del personal técnico, evaluando y mitigando los riesgos asociados a la exposición continua al amoníaco, la manipulación de cargas pesadas y las posturas forzadas para el desarrollo de la investigación se aplicaron las herramientas de gestión japonesa 5S, complementadas con el ciclo PDCA, mediante diagnósticos iniciales, auditorías, capacitaciones, reorganización del espacio físico, estandarización de procedimientos y evaluaciones periódicas.

Como resultado, se logró una mejora significativa en el orden y la estandarización del área de mantenimiento, alcanzando un 94 % de cumplimiento en la auditoría final de 5S, una reducción superior al 66 % en la ocurrencia de incidentes laborales y una disminución aproximada del 20 % en los tiempos de ejecución de los trabajos de mantenimiento. Finalmente, se concluyó que la aplicación integrada de las metodologías 5S y PDCA permitió evaluar y mitigar los riesgos laborales, consolidando un sistema de mantenimiento industrial más eficiente y seguro.

Palabras clave: Amoníaco, mantenimiento, 5S, PDCA, rendimiento, indicadores

Abstract

This research aimed to implement continuous improvement methodologies in the maintenance processes of Electrovalle S.A., specifically in the operational area related to ammonia (NH_3) compressors, located in Quito, Ecuador. The company is dedicated to the design, installation, and maintenance of industrial refrigeration systems, operating under technical conditions that require high standards of safety, efficiency, and organization. Within this context, several issues were identified, including operational disorder, lack of standardized procedures, and unsafe working conditions, which increased the occurrence of workplace incidents and negatively affected reactive safety indicators.

The main objective of the study was to integrate the 5S methodology and the PDCA cycle in order to improve working conditions, optimize maintenance process efficiency, and strengthen occupational health and safety for technical personnel. Special emphasis was placed on evaluating and mitigating risks associated with continuous ammonia exposure, manual handling of heavy loads, and forced working postures.

The research methodology involved the application of Japanese management tools such as 5S, complemented by the PDCA cycle, through initial diagnostics, audits, personnel training, physical workspace reorganization, procedure standardization, and periodic evaluations. These actions were focused on ammonia compressors, considered critical equipment within industrial refrigeration systems.

The results demonstrated a significant improvement in order and standardization within the maintenance area, achieving a 94% compliance rate in the final 5S audit. Additionally, workplace incidents were reduced by more than 66%, and maintenance execution times decreased by approximately 20%. It was concluded that the integrated application of the 5S methodology and the PDCA cycle effectively contributed to risk mitigation, operational efficiency, and the consolidation of a safer and more efficient industrial maintenance system.

Keywords: Occupational health and safety, 5S, PDCA, industrial maintenance, ammonia.

1. Introducción

Dentro del área competitiva en el sector de la refrigeración industrial, aplicados a las áreas industriales y producción en masa la calidad de los mantenimientos y precautelar la seguridad industrial y laboral de los empleados son pilares fundamentales para garantizar el desarrollo continuo y sostenibilidad de las empresas, Electrovalle S.A compañía ecuatoriana líder en Ecuador especializada en sistemas de refrigeración con amoniaco siendo una empresa contratistas en empresas como Arca Continental, Nestlé, Tesalia (Calderon et al. 2023).

Enfrenta desafíos críticos dentro de los procesos de mantenimiento de compresores, donde la falta de estandarización de procesos y la exposición a riesgos químicos, ergonómicos impactan la productividad y la norma, ya que al ingresar a realizar los mantenimientos es importante tener un enfoque claro de procedimientos ya que estas empresas al ser de producción masiva los tiempos de mantenimiento son controlados y por lo tanto no tan extensos, la investigación presente surge como una respuesta a la problemática de tiempos excesivos, costos elevados, centralizando puntos críticos como desorganización sistemática que por lo general es el 42% que se destina a buscar herramientas o repuestos.

Los riesgos laborales recurrentes que por lo general se habla de 15 incidentes anuales relacionados con fugas de amoniaco por mala manipulación o por un trabajo realizado al apuro ya que por mal ajuste o cierre de compresores puede generar la fuga del químico al momento de presurizar las líneas siendo crítico para el personal de planta, operativos y en general, esto marca un punto importante en los costos operativos a que cada retraso, accidente o mala organización puede costar en la compra de una nueva herramienta olvidada o repuesto dañado, el estudio propone la implementación combinada de dos metodologías que van de la mano la cual es 5S y ciclo PDCA el cual tiene como propuesta reducir un 30% de incidentes laborales, 20% en reducción de tiempos de mantenimiento, a esto entender que un ambiente industrial constantemente cambiando habla sobre la innovación aplicada y sustento científico que demuestra estos aplicativos han sido efectivos en las empresas dando un impacto social positivo dentro de la población de las empresas.

2. Descripción del Problema

La empresa Electrovalle S.A, dedicada a la refrigeración industrial, presenta una problemática significativa en el área de mantenimiento de compresores que operan con amoníaco (NH_3), relacionada con la ausencia de una gestión estructurada basada en metodologías de mejora continua como 5S y PDCA, esta situación afecta directamente la eficiencia operativa, la organización del trabajo y la seguridad del personal técnico.

Los trabajos de mantenimiento en compresores de amoníaco implican actividades de alto riesgo, debido a la generación de residuos peligrosos como aceites lubricantes, derrames de fluidos y emisiones potenciales de amoníaco, sin embargo, se evidencia una deficiente aplicación de prácticas de orden, limpieza y análisis previo de riesgos, como la ausencia sistemática de Análisis de Trabajo Seguro (ATS) antes de la ejecución de tareas críticas.

Como consecuencia, se registran incidentes laborales recurrentes asociados a fugas menores de amoníaco, manipulación inadecuada de equipos y posturas forzadas de acuerdo con los registros internos de seguridad, se presentan aproximadamente 15 incidentes anuales, lo que refleja un desempeño reactivo en seguridad y salud ocupacional.

Con el fin de sustentar técnicamente la problemática identificada, se consideran indicadores reactivos de Seguridad y Salud Ocupacional, los cuales permiten evaluar el desempeño del área de mantenimiento a partir de los eventos ocurridos durante la ejecución de los trabajos en este contexto, se identifican indicadores como el Índice de Frecuencia de Trabajo (IFT), el Índice de Gravedad Total (IGT) y la Tasa de Riesgo (TR), los cuales reflejan las consecuencias de una gestión reactiva de la seguridad.

En el área de mantenimiento de Electrovalle S.A., el Índice de Frecuencia de Trabajo (IFT) se ve influenciado por la recurrencia de incidentes asociados a fugas de amoníaco, desorden de herramientas y actos inseguros durante la intervención

de compresores, lo que evidencia deficiencias en el orden, la estandarización y los controles operativos.

Por su parte, el Índice de Gravedad Total (IGT) se relaciona con la severidad de los eventos ocurridos, reflejada en lesiones, días perdidos y afectaciones a la continuidad operativa, especialmente en actividades que implican manipulación de cargas pesadas y adopción de posturas forzadas durante los trabajos de mantenimiento.

Asimismo, la Tasa de Riesgo (TR) integra la frecuencia y la gravedad de los incidentes laborales, proporcionando una visión global del nivel de riesgo presente en las actividades de mantenimiento industrial. En este caso, valores elevados de la TR se asocian a condiciones de trabajo inseguras, desorganización del área, procedimientos no estandarizados y una gestión predominantemente reactiva de la seguridad.

En conjunto, estos indicadores reactivos se basan en la ocurrencia de incidentes, accidentes y días perdidos, y se ven directamente afectados por factores como la exposición al amoníaco, la manipulación inadecuada de materiales, las posturas forzadas y el desorden operativo, lo que justifica la necesidad de implementar metodologías de mejora continua como 5S y PDCA adicionalmente, los tiempos de intervención se ven incrementados debido a la desorganización de herramientas y repuestos, lo que genera retrasos en la entrega de los servicios, aumento de costos operativos y afectación a la relación comercial con las empresas contratantes esta situación reduce la competitividad de Electrovalle S.A. en el mercado de la refrigeración industrial.

En este contexto, se identifica la necesidad de implementar un modelo de gestión basado en las metodologías 5S y PDCA, que permita optimizar los procesos de mantenimiento, reducir los riesgos laborales, mejorar los indicadores de seguridad y garantizar un servicio eficiente, seguro y alineado con las exigencias normativas y del mercado.

2.1 Importancia y alcances

La implementación en contextos locales requiere una adaptación estratégica a las normativas nacionales, tales como el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS) y las disposiciones del Ministerio de Ambiente y Energía, que regulan despacho y manejo adecuado de químicos peligrosos, emisiones químicas y la exposición ocupacional a agentes contaminantes.

Teniendo el contexto legal la investigación cobra relevancia al enfocarse en reducir incidentes laborales y el fortalecimiento de la eficiencia técnica en procesos de mantenimiento industrial, mediante integrar las metodologías 5S y PDCA no solo busca mejorar las condiciones de seguridad del personal operativo de la empresa Electrovalle S.A., expuesto a fugas de amoníaco, posturas forzadas y cargas físicas, sino también promover la estandarización y optimización de los procedimientos aplicados en la intervención de compresores industriales.

Los alcances del proyecto se extienden al rediseño de la gestión de mantenimiento, la reducción de tiempos improductivos, el aplicativo de controles visuales, la capacitación técnica del personal, y la incorporación de indicadores clave de desempeño (KPI) que permitan monitorear la mejora continua de igual manera, se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) al proponer una solución de bajo costo, replicable y con alto impacto positivo tanto en la seguridad ocupacional como en la sostenibilidad de las operaciones industriales.

2.2 Delimitación

El análisis de investigación aborda el mantenimiento de compresores de amoníaco (NH_3) dentro de las instalaciones de la empresa Electrovalle S.A, ubicada en el sector de Pifo, en la ciudad de Quito, Ecuador, la intervención se delimita específicamente al área operativa encargada de realizar mantenimientos preventivos y correctivos en sistemas de refrigeración industrial que utilizan amoníaco como refrigerante principal.

El estudio se desarrollará durante el año 2025 y se basará en la observación directa, levantamiento de información técnica, aplicación de auditorías internas y evaluación mediante indicadores de rendimiento del área de mantenimiento.

2.2.1 Espacial o geográfica

La empresa Electrovalle S.A, objeto de la presente investigación, se encuentra ubicada en Ecuador, en la ciudad de Quito, específicamente en el sector de Puembo, en el kilómetro 22 de la Avenida Interoceánica, pasaje Guachamín, barrio La Libertad como se observa en la siguiente imagen:

Figura 1

Espacial o geografía



Nota. Tomado de Google Maps (2025)

2.2.2 Temporal

El desarrollo investigativo se lleva a cabo entre los meses de enero a diciembre del año 2025.

2.2.3 Institucional

La investigación actual se desarrolla con un acompañamiento a los técnicos en los mantenimientos que involucren amoniaco e involucren emisiones de este y posturas forzadas las cuales se encuentran bajo la responsabilidad de Electrovalle S.A

2.3 Formulación del problema

2.3.1 Problema general

¿Como la implementación de las metodologías 5S y PDCA en las áreas de mantenimiento relacionado con amoniaco (NH₃) en la empresa Electrovalle SA puede aportar a la mejora continua y optimización de recursos?

2.3.2 Problemas específicos

- a) ¿De qué manera la falta de orden y limpieza (5s) en el área de mantenimiento afecta directamente la eficiencia, seguridad de los trabajadores y el cumplimiento ambiental?
- b) ¿Cómo la falta de un ciclo PDCA en los procedimientos de alto riesgo contribuye a un aumento de tiempos de reparación y costos operativos de la empresa?
- c) ¿Qué impacto genera los riesgos asociados a la exposición continua de amoniaco, cargas pesadas y posturas forzadas en la salud de los trabajadores y como la implementación 5S y PDCA reduciría estos índices?

2.4 Justificación

En la actualidad la integración de nuevos métodos para la mejora de eficiencia en empresas se ha ido incrementado según cambia el entorno laboral y las generaciones se pone más relevancia a estas técnicas, las más llamativas son 5s y los ciclos PDCA los cuales se han ido convirtiendo en pilares fundamentales dentro de

los corporativos ya que el objetivo es optimizar procesos, garantizar la seguridad y mantener la competitividad en mercados cambiantes y exigentes

Según (Molina et al., 2021) las 5'S nos permite la organización del trabajo en el área, la cual son 5 puntos base como son ordenar, limpiar, estandarizar, y trabajo con disciplina, este mismo eleva la moral y crea impresiones positivas a los clientes y organización.

Abordando los temas planteados la implementación de estas metodologías en las áreas de mantenimiento de Electrovalle S.A aborda la necesidad urgente para reducir las deficiencias mediante los modelos estructuras que abren paso a mejorar procesos, reducir costos y tener un ambiente de trabajo seguro y sostenible.

El aplicativo 5S en conjunto de la mano con el ciclo PDCA organiza los espacios de trabajo reduciendo el índice de accidentes por condiciones inseguras mejorando la productividad, así como el ciclo PDCA enfoca su aplicativo en la optimización de los procesos el cual identifica y corrige fallas específicas que permiten reducir tiempos de acción en los mantenimientos propuestos (Molina et al., 2021).

Fortalecer en el mercado a Electrovalle S.A. se verá reflejado en el mercado de la refrigeración industrial con procesos óptimos y de caída acoplados a las nuevas generaciones de trabajo seguro aumentando una imagen corporativa y profesional la cual incursiona en nuevas metodologías seguras, eficientes que vayan de la mano con normativas ambientales y de seguridad e higiene industrial.

Las propuestas de un desarrollo sostenible, reduciendo emisiones en pocas cantidades mayores a 25 ppm de NH_3 , derrames de lubricantes o aceites se alinean directamente con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), transformando el proceso de la empresa pudiéndose ver aplicado a las demás áreas de esta generando beneficios, economías, operativos, sociales consolidándose como un referente pionero en el sector siendo una metodología de bajo costo y no generando más costos hacia la misma (Flores et al., 2020).

2.4 Objetivos

2.4.1 Objetivo General

Implementar las metodologías 5S y PDCA en el área de mantenimiento de compresores de amoníaco enfocado a la mejora operativa, optimización de procesos y seguridad laboral de los empleadores de la empresa Electrovalle S.A

2.4.2 Objetivo Especifico

- Establecer la metodología 5s minimizando riesgos de accidentes laborales, derrames de sustancias y emisiones de amoníaco mejorando la eficiencia en los procesos de mantenimiento.
- Integrar el ciclo PDCA (planificar, hacer, verificar, actuar) identificando y corrigiendo las fallas en los procedimientos operativos reduciendo tiempos de reparación, costos operativos y retrasos en la entrega de servicios.
- Evaluar y mitigar los riesgos asociados a la exposición continua de amoníaco, manipulación de cargas pesadas y posturas forzadas, mediante los métodos propuestos reduciendo incidentes y enfermedades laborales.

2.4.1 Hipótesis General

La implementación de las metodologías 5S y PDCA en el área de mantenimiento de compresores de amoníaco en la empresa Electrovalle S.A. mejora la eficiencia operativa, reduce los riesgos laborales y optimiza los tiempos y costos de mantenimiento.

2.4.2 Hipótesis Especificas

- La aplicación del método 5S en el área de mantenimiento disminuye los riesgos laborales asociados a la exposición a amoníaco, desorden operativo y manipulación de equipos pesados en la empresa Electrovalle S.A.

- La implementación del ciclo PDCA permite identificar y corregir fallas en los procedimientos de mantenimiento, reduciendo los tiempos de intervención y mejorando la productividad.
- El uso combinado de las metodologías 5S y PDCA contribuye a la reducción de costos operativos mediante la estandarización de procesos y la mejora continua en las actividades de mantenimiento de compresores de amoniaco.

3. Marco teórico referencial

3.1 Marco Legal

El presente marco legal tiene como finalidad sustentar la investigación desde el punto de vista normativo, estableciendo el respaldo jurídico aplicable a la seguridad y salud ocupacional, la gestión ambiental y el manejo de sustancias químicas peligrosas en el contexto industrial ecuatoriano, la normativa analizada se organiza conforme a la Pirámide de Kelsen, garantizando coherencia jerárquica y vigencia legal, y se vincula directamente con los riesgos identificados en las actividades de mantenimiento de compresores de amoníaco (NH_3) de la empresa Electrovalle S.A.

3.2 Constitución de la república del Ecuador

La Constitución de la República del Ecuador establece el marco jurídico superior que garantiza el derecho al trabajo en condiciones dignas, seguras y saludables el artículo 33 reconoce el trabajo como un derecho y un deber social, mientras que el artículo 326, numeral 5, dispone que toda persona tiene derecho a laborar en un ambiente adecuado que garantice su salud, integridad y seguridad, estas disposiciones obligan a las empresas a implementar medidas preventivas que protejan a los trabajadores frente a riesgos laborales, como aquellos presentes en actividades de mantenimiento industrial con exposición a sustancias químicas peligrosas.

En conjunto, estas disposiciones constituyen el fundamento legal para la aplicación de metodologías de mejora continua, como 5S y PDCA, en los procesos de mantenimiento, con el fin de reducir riesgos, optimizar las operaciones y dar cumplimiento a la normativa laboral y ambiental vigente en el país.

Entre las disposiciones más relevantes se destacan:

- **Reglamento del Instructivo Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo (2008):** normativa supranacional que refuerza los principios de prevención en sectores industriales con alto potencial de riesgo químico.

- **Norma Técnica INEN (2013):** establece el uso obligatorio de señales, colores y símbolos de seguridad para advertencia y control en ambientes industriales, aspecto clave para señalar zonas de riesgo por presencia de amoníaco.

3.3 Convenios y tratados internacionales

El Ecuador es signatario de diversos convenios internacionales emitidos por la Organización Internacional del Trabajo (OIT), los cuales forman parte del ordenamiento jurídico nacional y orientan la gestión de la seguridad y salud ocupacional. Entre los principales convenios aplicables a la presente investigación se encuentran el Convenio N.º 155 sobre seguridad y salud de los trabajadores y el Convenio N.º 170 sobre la seguridad en la utilización de productos químicos en el trabajo estos instrumentos establecen lineamientos para la identificación, evaluación y control de los riesgos derivados de la exposición a agentes químicos como el amoníaco.

3.4 Legislación nacional código del trabajo

El Código del Trabajo establece la obligación del empleador de garantizar ambientes laborales seguros y adoptar medidas de prevención que eviten accidentes de trabajo y enfermedades profesionales. Asimismo, dispone la responsabilidad de implementar procedimientos adecuados y capacitar al personal en actividades consideradas de alto riesgo.

3.5 Ley orgánica de la salud

La Ley Orgánica de Salud regula las condiciones sanitarias de los ambientes laborales, exigiendo el control de agentes físicos, químicos y biológicos que puedan afectar la salud de los trabajadores, lo cual resulta aplicable a las actividades de mantenimiento de compresores que utilizan amoníaco como refrigerante.

3.6 Reglamentos

Este reglamento establece disposiciones obligatorias para la prevención de riesgos laborales en actividades industriales, incluyendo la manipulación de sustancias químicas peligrosas, el uso de equipos de protección personal y la implementación de medidas de control en trabajos de mantenimiento.

3.7 Normativa técnica y ambiental vigente

En el contexto de la presente investigación, esta normativa es aplicable al control de derrames, emisiones de amoníaco y manejo de residuos generados durante las actividades de mantenimiento industrial.

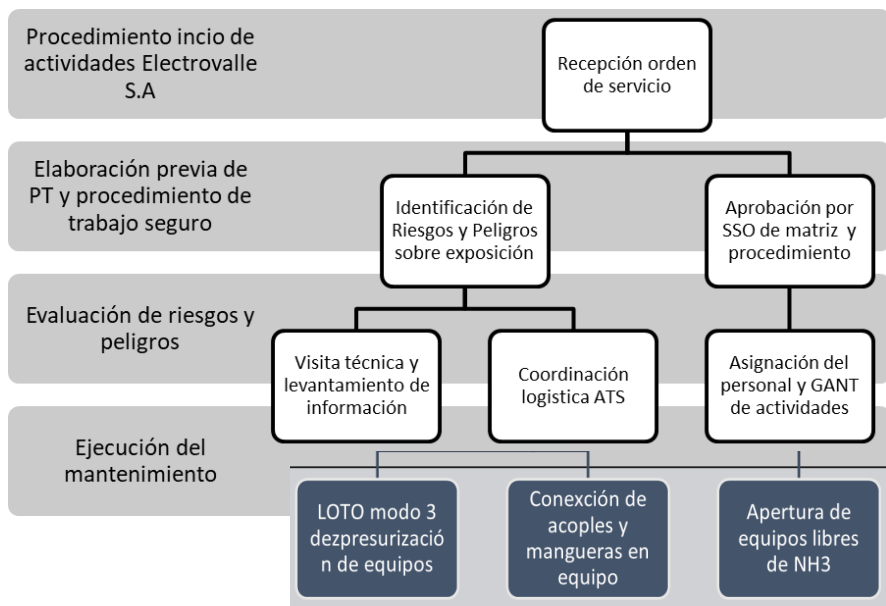
Las normas técnicas INEN establecen criterios para la señalización de seguridad, identificación de riesgos y uso adecuado de equipos de protección personal en entornos industriales, contribuyendo a la prevención de accidentes laborales y a la protección de la salud de los trabajadores.

3.8 Procedimiento de actividades estándar para inicio de actividades

El procedimiento para el inicio de mantenimiento en compresores de amoníaco conlleva un conjunto de etapas consecutivas a realizar, las mismas que es necesario identificar para conllevar un adecuado procedimiento yendo desde la parte administrativa y técnica e ingeniería como se detalla en el siguiente diagrama:

Figura 2

Procedimiento actividades de alto riesgo PT



Nota. Procedimiento establecido para el inicio de actividades – Electrovalle S.A

3.8.1 Antecedentes investigativos

Varios estudios realizados en empresas que han optado por la decisión de implementar metodologías como 5S junto a un ciclo PDCA dentro de los entornos laborales ya sean administrativos, logísticos, operativos o de mantenimiento (Plaza & Garcia, 2025).

Se demostró que 5S favoreció en un 30% en empresas de manufactura, mientras que (Molina et al., 2021) evidencio que el ciclo PDCA redujo tiempos de reparación en un 25% en áreas de mantenimiento de equipos críticos dentro del sector de refrigeración, (Montero, 2025) demostró la aplicación de estas nuevas herramientas mitigando y reduciendo riesgos laborales se de daban por alto en trabajos aplicados a sistemas de amoniaco, resaltando claramente el impacto en la seguridad integra del personal, la calidad del mantenimiento, el costo operativo y logístico, y la cartera competitiva dentro de las áreas de refrigeración industrial (Echeverría et al., 2022).

3.8.2 Antecedentes históricos

Según la investigación dentro de Ecuador en área de industrialización se optan por sistemas de refrigeración los cuales se enfocan proceso de acondicionamiento y distribución de productos en industrias sobre todo alimenticias que precautelan la vida útil del producto terminado (Laguna & Majail, 2024).

En la actualidad se opta por sistemas de refrigeración con amoniaco ya que se considera uno de los más demandados en la industria garantizando el funcionamiento de los equipos e integridad mecánica en un tiempo estimado de 30 años, además de ser a bajo costo, el gasto es relativo con el uso del sistema instalado, es amigable con el ambiente, seguro para el uso operativo, el cual compite en el mercado de la refrigeración al tener una relación de precio venta (Rodríguez et al., 2021).

3.9 Empresa Electrovalle S.A

Electrovalle S.A es una empresa especializada en la ingeniería de la refrigeración industrial, ubicada en el sector de Quito, Electrovalle S.A es una empresa con diez años de trayectoria ubicada en el sector de Pifo. Está conformada con un equipo de técnicos especializados y certificados en refrigeración industrial. En sus inicios, recibieron guía directa del gerente general. Durante los últimos cinco años, han sido capacitados por la empresa estadounidense Emerson en programación de sistemas de control para maquinaria que utiliza amoníaco.

Las principales actividades que se desarrollan en el área corresponden a los mantenimientos de equipos de refrigeración, los cuales operan con freón, amoniaco y glicol, así como al montaje e instalación de equipos industriales estas labores incluyen la logística de materiales y herramientas, el ensamblaje de unidades condensadoras y evaporadores, la implementación de bancos de hielo y la instalación y mantenimiento de compresores, tanto de tipo de tornillo (retornillo) como recíprocantes.

De acuerdo con Mogrovejo (2023), estos componentes constituyen los pilares fundamentales de los sistemas de refrigeración industrial, ya que garantizan el

adecuado control térmico, la eficiencia energética y la continuidad operativa en los procesos productivos que dependen del frío para conservar la calidad de los productos y el correcto funcionamiento de la maquinaria.

Figura 3
Trabajos en área de ingeniería industrial Electrovalle S.A



Nota. Tomado de Electrovalle S.A (2025)

La población de la empresa se forma a base de áreas administrativas, operativas y monitores, las cuales son clave para saber identificar qué tipo de metodología se usará, según (Tumbaco, 2021), el valorar el diferente clima laboral dentro las empresas es importante ya que nos ayuda a categorizar de mejor manera que aplicativo debemos dar a cada área ya que administrativos no tendrán los mismos riesgos laborales que un personal de mantenimiento operativo (Estrada & Zapata, 2022).

3.10 Sistema de refrigeración con amoniaco

El refrigerante NH_3 amoniaco actualmente es uno de los más usados, según (Tumbaco, 2021), al momento de diseñar un sistema de refrigeración la primera opción es amoniaco ante el freón, ya que tiene componentes favorables (Flores et al., 2020).

Su composición química se deriva de un gas que consiste en una molécula de hidrogeno y otra de nitrógeno, es incoloro con un olor muy fuerte, el mismo se encuentra de manera natural en el ambiente, así como de manera artificial (Vargas & Camero, 2021).

Figura 4

Mantenimiento preventivo compresor Pistón NH_3



Nota. Tomado de Electrovalle S.A (2025)

En sistemas centralizados es ideal usar el anhídrido el cual es libre de agua con un alto de grado de pureza siendo un punto importante en los sistemas ya que el agua genera humedad y podría dañar los equipos, siendo amigable con el medio ambiente, según (Tumbaco, 2021) el uso de este químico presenta ciertos problemas como lo es su inflamabilidad y su toxicidad siendo clasificado como media seguridad.

Se cataloga al amoniaco con la sigla R8717 funciona en un circuito cerrado de condensación y evaporación el punto de ebullición es de -33 grados y comprimido a 150 psi se condensa y almacena como liquida en un tanque receptor siendo de aquí donde se distribuye a los procesos de congelación (Juárez, 2024).

Figura 5

Sistemas cerrados de amoniaco condensadora y tanque receptor NH3



Nota – Tomado de trabajos realizados por Electrovalle (2025)

3.10.1 Ciclos de mantenimiento

Los mantenimientos en los sistemas de Nh3 implican riesgos mecánicos, ergonómicos y ambientales según (Arroba, 2022), las exposiciones mayores a 25 ppm pueden causar irritación respiratoria y quemaduras cutáneas, su manipulación requiere protocolos estrictos de seguridad como ventilación forzada y equipos de protección personal.

Electrovalle S.A maneja dos ciclos de mantenimiento conocidos como Primer Ciclo (mantenimiento habitual) y segundo ciclo (mejoramiento continuo).

Figura 6

Overhall compresor 6 pistones Vilter



Nota. Tomada de Electrovalle S.A (2025)

3.10.2 Etapas de la gestión de los mantenimientos

Se requiere un proceso operativo y de ingeniería para poder determinar los procesos a realizar en un mantenimiento, tendiendo como primer punto un diagnóstico inicial en el cual se identifica la situación actual del equipo a intervenir el cual tendrá la planificación, historial de fallas, indicadores costos e impacto si el equipo llega a perder vida útil.

Priorizar el equipo implica un análisis de criticidad para clasificar los equipos según el riesgo que representen según, (Costas & Puche, 2010) se debe además considerar frecuencia de fallas, costos, tiempo de reparación y efectos en la seguridad y el medio ambiente.

A todo esto, las visitas operativas en planta y levantamiento de información es clave para marcar un precedente e identificar si es un mantenimiento preventivo o correctivo según el estado del equipo, considerando tiempos ya que muchas plantas deben parar su producción para poder intervenir el equipo (Caballero et al., 2024).

3.10.3 Refrigeración industrial

La refrigeración industrial funciona mediante el ciclo de un compresor aumentando variantes de presión y temperatura natural del refrigerante en forma de gas seco, elevándolo hasta alcanzar una temperatura adecuada para su condensación, el gas comprimido es dirigido al condensador donde cede el calor al medio externo sea agua o aire, provocando que el refrigerante pase del estado gaseoso al líquido (Gómez Fretes, 2023).

Según (Barzola & Hinojoza, 2024), cuando el amoníaco está en estado líquido fluye hacia un dispositivo de expansión donde su presión y temperatura disminuyen drásticamente en esta etapa el amoníaco usado en áreas industriales alcanza temperaturas de evaporación muy baja.

Figura 7

Banco de hielo recirculación de amoníaco líquido para congelamiento



Nota. Tomado de Electrovalle S.A (2025)

Un separador se encarga de dividir las fases líquida y gaseosa del amoníaco asegurando que solo la fase deseada avance al evaporador, dentro de este según

(Juárez, 2024), el refrigerante absorbe el calor del entorno o del producto que se desea enfriar provocando su evaporación siendo un ciclo repetitivo el cual permite conservar temperaturas controladas el correcto deño y mantenimiento de estos sistemas es esencial para garantizar su rendimiento y prolongar la vía útil de los componentes (Zanipatin & García, 2024).

3.11 Requisitos de seguridad e higiene industrial

Todos los equipos para intervenir deben contar con un certificado que especifique: especificación de equipo, materiales de la integridad del material usado, fabricante, PSI aceptable al momento de presurizaras el sistema, el trabajo de operación deberá realizarse por personal capacita citado en trabajos de alto riesgo (Montes et al., 2022).

Figura 8

Uso adecuado de Epp para manipulación de NH3 estado Gas



Nota. Tomado de Electrovalle S.A (2025)

Según (Paredes & Valque, 2024) las intervenciones deberán contar con operadores supervisores que validen la operación, monitores de seguridad que corrijan las malas prácticas y poca cultura de seguridad.

3.12 Ciclo 5S

Este método es una herramienta fundamental de organización y visualización, originada en Japón como parte del Sistema de Producción Toyota, su nombre proviene de cinco palabras japonesas que comienzan con "S": Seiri (Clasificar), Seiton (Ordenar), Seiso (Limpiar), Seiketsu (Estandarizar) y Shitsuke (Sostener o Disciplinar) (Pantigoso, 2022).

Esta filosofía busca crear un entorno de trabajo limpio, ordenado, seguro y eficiente, eliminando desperdicios (muda) y facilitando la identificación de anomalías (Gómez Fretes, 2023; Nava M et al., 2017).

En el contexto de Electrovalle S.A., la aplicación del ciclo 5S es crucial para abordar la desorganización sistemática identificada en los mantenimientos de compresores de amoníaco la implementación secuencial de estas cinco etapas permite:

1. **Seiri (Clasificar):** Esto implica retirar herramientas defectuosas, repuestos obsoletos, residuos y cualquier objeto que no sea esencial para las actividades de mantenimiento, reduciendo así el riesgo de accidentes y el tiempo perdido buscando materiales (Sanchez, 2023).
2. **Seiton (Ordenar):** Organizar de manera lógica y ergonómica todos los elementos necesarios, asignando un lugar específico para cada herramienta, repuesto y equipo, el uso de etiquetas, sombras y códigos de color ("todo en su lugar") garantiza que cualquier desviación sea inmediatamente visible, agilizando los procesos y reduciendo movimientos innecesarios (Sanchez, 2023).
3. **Seiso (Limpiar):** Conservar el área de mantenimientos impecable, la limpieza sistemática, especialmente tras un mantenimiento que involucre derrames de aceites o residuos de amoníaco, no es solo una cuestión de que se vea bien el área, sino una actividad de inspección que permite clasificar, desgastes anormales o peligros potenciales (Oviedo, 2020).
4. **Seiketsu (Estandarizar):** Establecer normas priorizando las 3 primeras letras así la creación de checklist, protocolos visuales (fotos de cómo debe verse el área) y horarios definidos para las actividades de clasificación, orden

y limpieza, asegurando la consistencia en todas las intervenciones (Oviedo, 2020).

5. **Shitsuke (Sostener):** Promover una cultura de calidad sostenible dentro de los trabajadores creando conciencia práctica de las 5S de forma continua. Esta etapa se logra mediante capacitación constante, auditorías regulares y liderazgo visible, transformando las buenas prácticas en un hábito cultural dentro de la organización (Bautista, 2023).

Figura 9

Ciclo 5S enfocado a la mejora



Nota. Tomado de terotecnic (2025)

3.13 Beneficios de la 5s en mantenimientos

Implementar de manera efectiva los procesos de mantenimiento, particularmente en entornos de alto riesgo como el manejo de amoníaco, reporta una multitud de beneficios tangibles:

- **Beneficio de la Seguridad:** Reduciendo el mal orden y los obstáculos, reduce drásticamente el riesgo de tropiezos, caídas y golpes. La limpieza constante previene la exposición a sustancias peligrosas (derrames de NH_3 , aceites) y la estandarización asegura el uso correcto de EPP y herramientas (Vargas & Camero, 2021)

- **Aumento de la Eficiencia y Productividad:** Mitigar el tiempo dedicado a buscar herramientas, repuestos o información puede superar el 40%. Un área ordenada permite a los técnicos focalizarse en las tareas de valor, reduciendo los tiempos de intervención y aumentando la disponibilidad de los equipos (Molina et al., 2021).
- **Reducción de Costos Operativos:** Se minimizan las pérdidas por repuestos dañados por mal almacenamiento, compras innecesarias de herramientas que ya existían, pero no se encontraban, y multas por incumplimiento de normas ambientales y de seguridad (Molina et al., 2021).
- **Prevención de Fallas:** La limpieza (*Seiso*) actúa como una inspección, permitiendo detectar fugas, grietas, sonidos anormales o señales de desgaste en etapas iniciales, facilitando el mantenimiento preventivo y evitando paradas no planificadas (Molina et al., 2021).
- **Mejora del Clima Laboral:** Generar una calidad cooperativa es decir trabajo en conjunto aumenta la moral del equipo, fomenta el orgullo, lo que se traduce en una mayor calidad en el trabajo realizado (Molina et al., 2021).

3.14 Ciclo PDCA

La mejora continua o PDCA "Círculo de Deming", es una metodología práctica de cuatro etapas utilizada para la mejora de procedimientos y productos en una organización (Costas & Puche, 2010).

Su aplicación es sistemática y se adapta perfectamente para estandarizar y optimizar los procedimientos de mantenimiento:

1. **Plan (Planificar):** En esta fase, se identifica una oportunidad de mejora y se planifica el cambio, para Electrovalle S.A., esto implica analizar los datos de los mantenimientos (tiempos, fallas recurrentes, incidentes), establecer objetivos claros (ej. "reducir un 20% el tiempo de intervención") y desarrollar un plan detallado con los procedimientos, recursos y responsables necesarios para lograr la meta (Costas & Puche, 2010).
2. **Do (Hacer):** Aplicado en escalas cortas, como una prueba inicial en un compresor específico. Es crucial documentar todo el proceso y recopilar datos para su posterior análisis. En esta etapa, se ejecutarían los nuevos procedimientos basados en 5S y los ATS (Costas & Puche, 2010).

3. **Check (Verificar):** Se analizan evaluaciones de la prueba inicial y se comparan objetivos planteados en la etapa inicial de logística se verifica si la implementación fue exitosa y se identifican cualquier desviación o aprendizaje inesperado mediante el uso de KPIs (Costas & Puche, 2010).
4. **Act (Actuar):** Basado en los resultados de la verificación, se toman acciones. Si el piloto fue exitoso, se estandariza el nuevo proceso y se implementa a gran escala en todos los mantenimientos. Si no se cumplieron los objetivos, se analizan las causas y se regresa a la fase "Plan" para un nuevo ciclo de mejora. Esta etapa asegura que las mejoras se consoliden y se conviertan en la nueva forma de trabajar (Costas & Puche, 2010).

3.15 Kpis en el área industrial

Los Indicadores Clave de Desempeño o KPIs son medidas numéricas que sirven para analizar y detallar el rendimiento en áreas industriales (Caballero et al., 2024).

Para medir el éxito en el área de mantenimiento de Electrovalle S.A es esencial definir KPIs específicos, medibles y relevantes. Algunos KPIs críticos para este proyecto incluyen:

- **Tiempo Medio de Intervención (MTTR - Mean Time To Repair):** Analiza el promedio requerido para reparar un equipo y devolverlo a su estado operativo. Una reducción en este indicador demostraría una mayor eficiencia (Caballero et al., 2024).
- **Tasa de Incidentes Laborales:** Número de incidentes o accidentes (especialmente relacionados con fugas de amoniaco o lesiones) por cada X horas-hombre trabajadas. Una disminución refleja una mejora tangible en la seguridad (Caballero et al., 2024).
- **Cumplimiento del Cronograma de Mantenimiento:** Calcula el porcentaje en trabajos de mantenimiento preventivo y correctivo completados dentro del tiempo programado (Caballero et al., 2024).
- **Índice de Cumplimiento 5S:** Puntuación resultante de las auditorías periódicas con el checklist 5S, que mide el grado de orden, limpieza y estandarización del área (Caballero et al., 2024).

- **Costo de Mantenimiento por Equipo:** Costo total de repuestos, mano de obra y logística asociado al mantenimiento de un compresor específico en un período determinado. Una reducción indica optimización de recursos (Caballero et al., 2024).
- **Disponibilidad de Equipos:** Porcentaje de tiempo en que un compresor está en condiciones de operar. Un aumento es consecuencia directa de mantenimientos más rápidos y efectivos (Caballero et al., 2024).

3.16 Mejora continua PDCA

Esta mejora no es un evento único, sino un paso a paso perpetuo el ciclo PDCA es el motor que impulsa esta filosofía integrar el PDCA con la estabilidad proporcionada por la metodología 5S, Electrovalle S.A. puede institucionalizar un sistema de gestión robusto (Molina et al., 2021).

La Mejora Continua PDCA implica que, una vez implementada una mejora y estandarizada (Act), el ciclo no termina. El nuevo estado se convierte en la base ("nuevo estándar") para iniciar un nuevo ciclo PDCA, buscando optimizaciones aún mayores. Por ejemplo, después de reducir el tiempo de mantenimiento en un 20%, el próximo ciclo podría planificar una reducción del 10% adicional, o enfocarse en reducir el consumo de repuestos.(Laguna & Majail, 2024)

Este enfoque sistemático y circular asegura que la organización no se estanque, sino que esté en una búsqueda constante de la excelencia operativa, adaptándose proactivamente a nuevos desafíos de la refrigeración industrial (Costas & Puche, 2010)

3.17 Riesgos y exposición laboral

Dentro de los procedimientos de Electrovalle S.A objetivamente en el area de mantenimiento gracias a la información compartida por el departamento de seguridad industrial se evalúan riesgos significativos que afectan a a la seguridad integra del personal, los trabajos con amoniaco implican manipulaciones de gases peligrosos, siendo catalogados según (Cruz, 2023) como trabajos peligrosos.

Se consideran trabajos de alto riesgo mecánico al no solo tener exposición a gases si no a los riesgos mecánicos de los compresores ya que piezas sueltas o rotas podrían generar un traumatismo directo a los operativos (Vargas & Camero, 2021).

Figura 10

Nota. Riesgo ergonómico en proceso de soldadura



Nota. Tomado de Electrovalle S.A (2025)

El poco control en el trabajo, así como la presión por cumplir cronograma y desorganización en el lugar de trabajo contribuyen al menos 15 incidentes anuales, en mayor cantidad las fugas de amoníaco las cuales pueden deberse a fugas por mal ajuste de piezas del compresor o una mala revisión de presurización de líneas al momento de arrancar y calibrar el equipo los riesgos asociados se pueden evidenciar de manera más clara en la siguiente tabla:

Tabla 1

Identificación de riesgos expuestos en mantenimientos

Tipo	Causa	Lugares de exposición	Efectos para la salud
Inhalación de vapores	Fugas de NH ₃ durante mantenimiento	Zonas de intervención de compresores y válvulas	Irritación respiratoria, edema pulmonar, daño en vías respiratorias
Contacto dérmico	Salpicaduras por presión, manipulación sin guantes adecuados	Cambio de juntas, drenajes de válvulas de alivio	Quemaduras químicas, irritación cutánea
Exposición ocular	Emisión de gases al ambiente	Salas de máquinas sin ventilación adecuada	Irritación ocular, conjuntivitis química
Ruido	compresión de motor superior a 95 Db	Cuarto de compresores, zonas de ajuste mecánico	Hipoacusia, fatiga auditiva, estrés laboral
Vibraciones	Uso de herramientas rotativas	Áreas de mantenimiento correctivo	Síndrome mano-brazo, lesiones articulares
Temperaturas extremas	Operación cercana a líneas calientes, condensadores, motores eléctricos	Proximidad a equipos sobrecalentados	Golpe de calor, quemaduras térmicas
Radiación solar	Mantenimiento en áreas exteriores o techos	Compresores externos o áreas sin cubierta	Lesiones dérmicas, riesgo de cáncer cutáneo
Atrapamientos	Partes móviles sin protección, bandas y poleas	Durante pruebas funcionales de compresores	Fracturas, amputaciones, trauma por aplastamiento
Incendios y explosiones	Reacción del NH ₃ con aceites calientes	Fugas mal controladas, áreas sin ventilación adecuada	Lesiones por fuego, quemaduras severas, daño pulmonar

Nota. Adaptado de matriz de identificación de peligros y riesgos del reglamento de seguridad y salud ocupacional de Electrovalle S.A (2025)

La higiene industrial es un punto crítico dentro la empresa la que se ve comprometida por la presencia de residuos peligrosos como aceites, lubricantes y partículas contaminantes generados durante los mantenimientos, según (Morales, 2019), se evidencia el poco aplicativo de procedimientos adecuados de orden y

recolección de desechos una vez terminado el mantenimiento, así como el déficit de atención que los operadores, gerentes o supervisores dan a la organización del área de trabajo lo que maximiza el índice de tener accidentes o incidentes.

La falta de cultura en el uso de los equipos de protección integral del personal y de monitores que supervisen el uso de este afecta las normas de higiene agravando la exposición a futuras enfermedades, según (Calderon, 2023) las metodologías 5S de la mano con los ciclos PDCA garantizan entornos seguros y en buenas prácticas integrales.

3.17.1 Riesgo Químico progresivo

Según lo establecido en el Texto Unificado de Legislación Secundaria Ambiental (TULSMA) y el Acuerdo Ministerial MDT-2024-095 emitido por el Ministerio de Trabajo del Ecuador, todo empleador está en la obligación de garantizar condiciones seguras y saludables frente a la manipulación de sustancias químicas peligrosas como parte de las actividades laborales rutinarias.

Figura 11

Sensor de amoníaco portátil con evidencia de 10.1 ppms de NH₃ en ambiente



Nota. Tomado de Electrovalle S.A (2025)

En el contexto industrial ecuatoriano, se establece en el Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo que las exposiciones a agentes químicos deben controlarse mediante medidas de prevención primaria, tales como la ingeniería de controles,

procedimientos operativos seguros, el uso y cultura del EPP así como la capacitación continua (Código del trabajo, 2020, Decreto 2393).

Figura 12

Cambio de filtro de aceite con NH₃ sin uso de mascarilla full face



Nota. Tomado de Electrovalle S.A (2025)

Se regula el almacenamiento y uso de sustancias peligrosas, estableciendo límites de exposición ocupacional, requisitos de ventilación y señalización de seguridad, siendo de obligatorio cumplimiento en áreas con riesgo por gases tóxicos como el amoníaco (NH₃) y compuestos derivados del petróleo utilizados como lubricantes (Rosero & Ruiz, 2023).

En base a estas disposiciones, se identificaron los principales riesgos químicos asociados a las actividades de mantenimiento de compresores industriales en la empresa Electrovalle S.A., los cuales se resumen en el siguiente cuadro:

Tabla 2

Riesgos Químicos generados por mantenimientos

Tipos de contaminante	Compuestos químicos	Fuentes	Vías de exposición	Efectos para la salud
Gases peligrosos	Amoniaco (NH ₃) gaseoso	Fugas en válvulas, conexiones y líneas de NH ₃	Inhalación, contacto ocular	Asfixia, daño pulmonar, irritación severa
Líquidos refrigerantes	Amoniaco líquido	Manejo de cilindros o drenaje del sistema	Contacto dérmico, salpicaduras	Quemaduras químicas, necrosis cutánea
Lubricantes industriales	Aceites con hidrocarburos pesados	Sistema de lubricación de compresores	Contacto dérmico prolongado	Dermatitis, afectaciones hepáticas crónicas
Aceites compresores (Vilter)	Aceite mineral Vilter RPOA	Cambio y recarga de aceite Vilter	Inhalación de vapores calientes, contacto ocular	Irritación de mucosas, fatiga, daño respiratorio
Compuestos volátiles de limpieza	Alcohol isopropílico, tricloroetileno	Limpieza de superficies, válvulas, filtros	Inhalación, contacto ocular	Irritación respiratoria, mareos, cefaleas
Residuales ácidos por NH₃	NH ₃ en contacto con agua o ácido carbónico	Condensación o reacción con humedad ambiental	Inhalación, absorción dérmica	Corrosión respiratoria, edema pulmonar

Nota. Adaptado de matriz de identificación de peligros y riesgos del reglamento de seguridad y salud ocupacional de Electrovalle S.A (2025)

3.17.2 Riesgo ergonómico

Se evidencia al momento de los mantenimientos riesgos ergonómicos por la posición del equipo esto quiere decir que los técnicos adoptan posturas forzadas ya se agachados o sobre los hombros y realizando tareas repetitivas por prolongados tiempos afectado los rendimientos a largo plazo en el mantenimiento (Altamriano, 2022).

Figura 13

Riesgo ergonómico por posicionamiento de equipos



Nota: Tomado de Electrovalle S.A

Podemos detallar ciertos factores a suceder por el posicionamiento de los equipos al momento de intervenirlos como lo podemos detallar a continuación:

Tabla 3

Riesgos ergonómicos producidos por mantenimientos

Tipo	Causa	Lugares de exposición	Efectos para la salud
Movimientos repetitivos	Ajuste manual de válvulas	Zona frontal de compresores, bancos de trabajo	Tendinitis, fatiga muscular en extremidades
Posturas forzadas	Trabajo en cuclillas o inclinado por largos periodos	Parte posterior del compresor	Dolor lumbar, contracturas cervicales
Manipulación de cargas	Levantamiento de piezas pesadas	Taller de mantenimiento	Hernias, esguinces, lesiones en espalda
Fatiga visual	Revisión de manómetros	Cuarto de máquinas	Visión borrosa, ardor ocular
Uso prolongado de EPP	Carga térmica y presión	Durante limpieza química	Irritación cutánea, incomodidad

Nota. Adaptado de matriz de identificación de peligros y riesgos del reglamento de seguridad y salud ocupacional de Electrovalle S.A (2025)

3.17.3 Riesgo mecánico

Los riesgos mecánicos en entornos industriales como el mantenimiento de compresores de amoníaco están estrechamente relacionados con el uso de herramientas, maquinaria rotativa, sistemas de presión y componentes móviles. Estos riesgos pueden ocasionar lesiones físicas por atrapamientos, golpes, cortes, o incluso proyección de partes, especialmente durante tareas de desmontaje, ajuste o prueba funcional de los equipos (Vargas & Camero, 2021).

Figura 14

Manipulación de partes mecánicas sin guantes



Notas. Tomado de Electrovalle S.A (2025)

En el caso de Electrovalle S.A, estos riesgos se presentan con mayor frecuencia en las áreas técnicas donde se intervienen compresores, se manipulan herramientas neumáticas, o se realizan maniobras con elementos de gran peso y presión muchas veces la manipulación se la realiza sin guantes de seguridad y tocan los mecanismos directo pudiendo causar quemaduras, cortes entendiéndose que estos pueden estar con amoníaco rezagado en sus partes.

A continuación, se describen los principales riesgos mecánicos identificados en este entorno de trabajo:

Tabla 4

Riesgos a exposición química en mantenimientos

Tipo	Causa	Lugares de exposición	Efectos para la salud
Golpes con objetos	Caída de herramientas o impacto con piezas desmontadas	Zona técnica de mantenimiento, banco de trabajo	Contusiones, traumatismos craneales, hematomas
Cortes y punzadas	Manipulación de herramientas de corte, piezas metálicas afiladas	Montaje/desmontaje de compresores, cambio de juntas	Heridas abiertas, hemorragias, riesgo de infección
Caídas de altura	Uso de escaleras móviles sin protección, superficies húmedas	Plataformas elevadas junto a compresores	Fracturas óseas, trauma craneoencefálico, riesgo de muerte
Proyección de partículas	Uso de herramientas rotativas	Desarme de válvulas, limpieza de filtros	Lesiones oculares, pérdida parcial de visión, heridas faciales
Atrapamientos	Partes móviles sin resguardo, bandas, ejes giratorios	Compresores en funcionamiento, motor y acoplamientos	Fracturas, amputaciones, lesiones por aplastamiento

Nota. Adaptado de matriz de identificación de peligros y riesgos del reglamento de seguridad y salud ocupacional de Electrovalle S.A (2025)

La exposición química es una de las mas criticas ya que se genera una inhalación progresiva en cada mantenimiento el no tener cultura de seguridad aumenta los índices de exposición laboral afectando la salud de los colaboradores.

fomentar el uso y cuidado personal es la clave para reducir y si se llega a una realidad mitigar por completo la exposición.

4. Materiales y metodología

4.1 Enfoque de investigación

La proyecto tiene un enfoque cuantitativo, ya que se centra en la medición objetiva de los indicadores de riesgo en los mantenimientos de compresores de amoniaco (NH_3) en la empresa Electrovalle S.A.

Se utilizan indicadores de rendimiento tiempos de intervención, número de incidentes, costos operativos y nivel de orden 5S que permiten establecer comparaciones antes y después de la implementación de las metodologías propuestas.

El alcance del estudio es de tipo descriptivo y propositivo es descriptivo porque busca identificar y detallar las condiciones actuales del área de mantenimiento, caracterizando los riesgos operativos, la desorganización de recursos y los problemas de seguridad laboral asociados a la manipulación de amoniaco.

Es propositivo porque, a partir de este diagnóstico, plantea la aplicación de las 5S y PDCA como una solución práctica para optimizar los procesos de mantenimiento y reducir los riesgos laborales de igual manera, se considera un enfoque aplicado, pues los resultados no se limitan a un análisis teórico, sino que se implementan directamente en el área operativa de la empresa, generando mejoras observables y cuantificables que fortalecen la competitividad de Electrovalle S.A.

La metodología 5S busca mejorar la organización con el objetivo de generar entornos más seguros y eficientes. En Electrovalle S.A., se aplicará en las áreas donde se ejecutan mantenimientos de compresores de amoniaco, donde se identifican riesgos críticos y pérdidas de tiempo por desorganización.

4.2 Población y muestra

La población objeto de estudio está constituida por el área de mantenimiento de Electrovalle S.A., conformada por 7 técnicos operativos, 1 jefe de mantenimiento y 1 supervisor de seguridad y salud ocupacional.

Los mismos participan directamente en los mantenimientos programados y preventivos de compresores de amoniaco.

La muestra es de tipo no probabilística, por conveniencia, seleccionando al equipo completo de mantenimiento 100% de la población operativa, debido a que representan la totalidad del personal que ejecuta las actividades objeto de análisis. La investigación se realizará en campo basado en la observación inicial de las actividades de los técnicos de mantenimiento evaluando que tanto conocimiento de 5S poseen con el propósito de realizar una comparativa de la productividad y efectividad de los trabajos antes y después de los aplicativos.

Tabla 5

Población estudiada empresa Electrovalle S.A

Unidad de análisis	Cantidad	Descripción
Técnicos operativos	7	Personal encargado de ejecutar el mantenimiento preventivo y correctivo de compresores de amoníaco (NH ₃).
Jefe de mantenimiento	1	Responsable de la planificación, control y supervisión técnica del área.
Supervisor de SSO	1	Supervisión de las normas y reglamentos de SSO
Total, de población	9	Conformada por todo el equipo de mantenimiento de Electrovalle S.A.
Muestra seleccionada	9	Muestra no probabilística, por conveniencia (100% del área operativa).

Disponemos en total de 9 empleados, así como puestos de trabajo para los sectores de mantenimiento de Electrovalle S.A los cuales son 7 técnicos operativos.

Por lo tanto, al ser una cantidad pequeña de trabajadores no es necesario realizar el cálculo de la muestra, ya que las técnicas de recopilación de datos se aplicarán a la totalidad de la población pudiendo realizar una investigación con seguimiento y recopilación de datos más sencillos de reunir.

Tabla 6

Indicadores clave KPI en el área de mantenimiento

Indicador (KPI)	Valor Inicial (Promedio)	Fuente de Verificación	Observaciones (Problema Detectado)
Tiempo de intervención (mantenimiento correctivo)	240 min (4 h)	Órdenes de trabajo / cronometraje	42 % del tiempo se destinaba a búsqueda de herramientas
Número de incidentes o cuasi accidentes mensuales	1.25 (15 anuales)	Registros del área de SST	Fugas menores por mal ajuste, ausencia de inspección preventiva
Costo promedio de materiales por mantenimiento	USD 350	Compras e inventario	Exceso de materiales adquiridos y repuestos dañados por mala manipulación
Índice de cumplimiento 5S (auditoría inicial)	40 %	Checklist de auditoría 5S	Desorden general, herramientas sucias, ausencia de señalización y bajo uso de EPP.
Disponibilidad de equipos críticos (compresores NH ₃)	92 %	Registros de paradas	Tiempos muertos por espera de repuestos, logística y tareas reactivas no planificadas.
Cumplimiento del ciclo PDCA	60 %	Bitácoras internas	Actividades sin cierre formal ni análisis de resultados; falta de seguimiento de acciones correctivas.

Nota. Adaptado de la matriz de incidentes de Electrovalle S.A del año 2024 según registro del responsable de seguridad.

Los datos evidencian que, antes de la aplicación de las metodologías de mejora, el área de mantenimiento presentaba baja eficiencia operativa, desorganización física, fallas de comunicación interna y un control ineficiente de los recursos, estas deficiencias generaban retrasos en los tiempos de intervención, incremento de costos y un entorno laboral con riesgos potenciales por exposición a NH₃ y manipulación inadecuada de herramientas.

Esta línea base da paso para aplicar las estrategias de las (5S) junto con el ciclo PDCA, con el fin de optimizar los procesos y generando la cultura de seguridad industrial en Electrovalle S.A.

4.2.1 Técnica de recolección y reconocimiento de datos

Para la implementación de las 5S y PDCA fue necesario realizar el reconocimiento como primer método se realiza por observación ya que ver y analizar el comportamiento de los técnicos en el área de trabajo es importante para reconocer los patrones de falla en los mismos, así como entender el flujo de trabajo desde el inicio del mantenimiento al final.

Figura 15

Diagrama de procesos en mantenimiento general



Gracias al diagrama de flujo las fases con marca roja son las críticas dentro del proceso de mantenimiento en el cual se enfocará la propuesta de mejora a continuación explicaremos a brevemente los procesos de los programas de mantenimiento en compresores.

Emisión de orden de compra y Logística SSO

El área de seguridad y administración se encargan de la parte logística es decir desde la emisión y contrato de las partes interesadas “orden de compra”, compras envía al departamento de seguridad los procedimientos e información de la empresa para poder realizar los registros de trabajadores en plantas a esto se requiere enviar documentación legal de la empresa, afiliaciones, certificados médicos ocupacionales, competencias y el Gantt de actividades a desarrollar en planta estos requisitos se ajustaran a cada departamento del contratante así como contratistas el departamento de sso administra los ingresos y requisitos legales de los contratistas en la planta.

La logista en planta de SSO se encargará de la apertura de permisos de trabajo si es requerido así mismo la capacitación del tipo de actividad de alto riesgo a realizar se exponen:

- ATS (Análisis de trabajo seguro)
- Matriz de riesgos
- PTS (Procedimiento de trabajo seguro)
- Plan de contingencia en caso de fugas
- Protocolos de emergencia y rescate
- Plan integral de capacitación continua en manejo de químicos peligrosos
- Competencias legales y ocupacionales

Despresurización de equipos

Una vez liberado por parte del departamento de seguridad validando los procedimientos seguros la primera fase del mantenimiento será el bloqueo LOTO en modo 3 el cual es un trabajo sin energías peligrosas lo cual nos permite liberar a los equipos y tener el resguardo que no se activaran por operadores o terceras personas durante el mantenimiento.

Figura 16

Bloqueo y etiquetado LOTO por Electrovalle S.A



Nota. Tomado de Electrovalle S.A (2025)

Una vez bloqueado el equipo se realiza la conexión de mangueras y acoples para realizar la liberación de NH₃ en estado gas y saturarlo en recipientes de agua para

poder liberar las líneas del químico, los mismos validados para su uso y capacidad de resistir mas de 150 PSI los recipientes deberán ser llenados y verificados que no tengan fugas.

Figura 17

Conexión de acoles y mangueras para despresurización



Nota. Tomado de Electrovalle SA (2025)

Apertura de equipos y cambio de piezas

Verificado con los manómetros del equipo se valida 0 Psi en sistemas y se procede con precaución a la apertura de los mismos los cuales se empiezan con los cabezotes de los pistones donde se realiza la compresión del gas, en este punto puede existir gas rezagado dentro del equipo por lo que se recomienda el uso fijo de mascarilla full-face para evitar inhalaciones o irritaciones oculares en la manipulación.

Este punto es uno de los más críticos ya que si no se realiza la validación correcta puede existir fuga de amoniaco a que sobre pasen los 25 ppm.

Figura 18

Apertura de cabezales compresor Vilter.



Nota. Tomado de Electrovalle S.A

Mantenimiento (Overhaul)

Con el equipo abierto los técnicos comienzan el proceso llamado overhaul el cual consiste en retirar pieza por pieza de los equipos para limpiar y en caso de requerirlos cambiarlos, se realiza el mantenimiento el cual consiste en la revisión interna del equipo, cambio de aceite, empaques lado agua y lado amoníaco, empaque del Carter del aceite del compresor, cierre reajuste de piezas verificación de manómetros y la presurización del equipo.

Figura 19
Piezas internas compresor Vilter



Nota. Tomado de Electrovalle S.A

Con esta actividad se vuelve a ensamblar pieza por pieza en los cabezotes y demás componentes del equipo para proceder con la presurización del sistema y la prueba de fugas en el equipo la cual es validada con una mecha de azufre, así se realiza la entrega operativa del compresor al operador de turno.

Informe de actividades

Se realiza un informe final a cargo del líder de mantenimiento y supervisor de seguridad en el cual se evidencia los hallazgos en el equipo y las variables que se pudieron suscitar en el mismo así mismo los incidentes o cero accidentes al momento de la manipulación del equipo.

Figura 20

Mechas de azufre validando la presencia cero de amoniaco



Nota. Tomado de Electrovalle S.A (2025)

Auditoria

Es importante aclarar que los mantenimientos se diferencian entre preventivo y correctivo lo cual diferencia la dedicación al detalle actualmente nos enfocamos en los preventivos por lo que el enfoque de propuesta de solución es el de proponer mejoras que conlleven un mantenimiento más limpio, organizado y estandarizado junto con la metodología 5S se aplica una auditoria en conjunto con los técnicos para verificar los principios de 5S.

Tabla 7

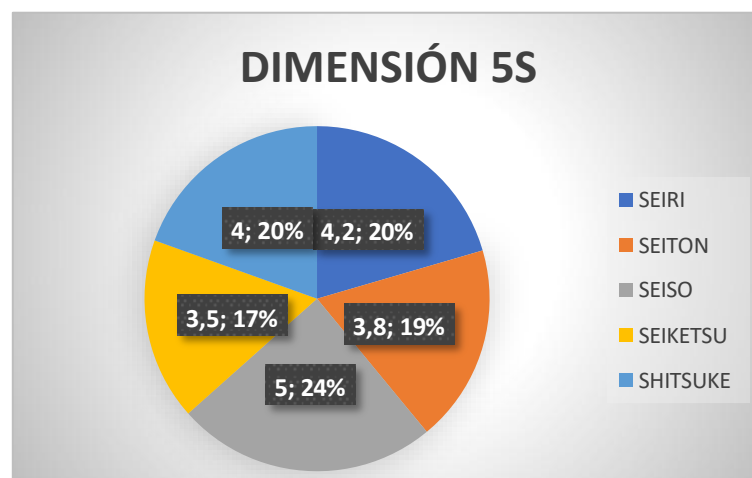
Medición 5s Electrovalle S.A

DIMENSIÓN 5S		OBSERVACIONES
Seiri (Clasificar)	4.2	Herramientas mezcladas, repuestos obsoletos sin identificar
Seiton (Ordenar)	3.8	No hay ubicación definida para herramientas específicas
Seiso (Limpiar)	5.0	Limpieza básica, pero sin protocolo para derrames
Seiketsu (Estandarizar)	3.5	No existen procedimientos visuales estandarizados
Shitsuke (Disciplina)	4.0	No hay auditorías regulares programadas
TOTAL	20.5/50	41% de cumplimiento

Nota. Medición 5s Electrovalle S.A

Figura 21

Resultado medición 5S en mantenimiento



Nota. Estadística analizada en sitio con operadores

- **Seiri (Clasificar - 4.2/10):** Se identificó mezcla de herramientas funcionales y defectuosas, junto con repuestos obsoletos sin identificar, lo que incrementa el riesgo de selección incorrecta de equipos durante mantenimientos críticos con amoníaco.
- **Seiton (Ordenar - 3.8/10):** La ausencia de ubicaciones definidas para herramientas específicas genera pérdida de tiempo estimada en 42% de la

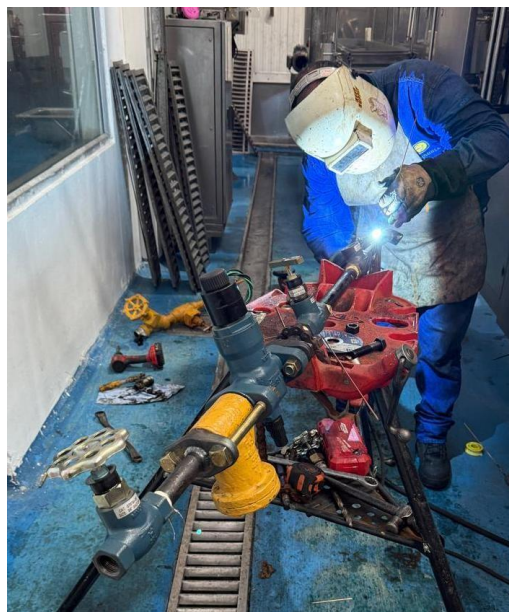
jornada en actividades de búsqueda, afectando directamente los tiempos de intervención programados.

- **Seiso (Limpiar - 5.0/10):** Aunque existe limpieza básica, la falta de protocolos específicos para derrames de aceites y residuos de amoníaco representa un riesgo químico permanente para el personal técnico.
- **Seiketsu (Estandarizar - 3.5/10):** La carencia de procedimientos visuales estandarizados contribuye a variabilidad en la ejecución de mantenimientos, incrementando la probabilidad de errores humanos en operaciones con NH_3 .
- **Shitsuke (Disciplina - 4.0/10):** La inexistencia de auditorías regulares programadas impide la sostenibilidad de mejoras y dificulta la identificación temprana de desviaciones en los procedimientos de seguridad.

El diagnóstico confirma la urgente necesidad de implementar sistemáticamente la metodología 5S como base fundamental para mejorar la eficiencia operativa, reducir riesgos laborales asociados al manejo de amoníaco, y establecer las condiciones base para la posterior aplicación del ciclo PDCA en los procesos de mantenimiento.

Figura 22

Área sin control falta de uso de materiales y consumibles en el suelo



Nota. Fuente área de soldador

En la figura 22, podemos observar un área de soldadura con espacio reducido y material esparcido por el suelo se pudo constatar que el material llevado consumible como aportes no era el suficiente por lo cual debían parar la actividad y trasladarse a retirar nuevo material consumible lo cual reduce el tiempo del mantenimiento afectando el rendimiento de la suelda.

Figura 23

Herramientas dispersas por varias zonas del trabajo sin control



Nota. Fuente área de depósito de herramientas

Podemos identificar en la figura 22 el control nulo de organización y disposición de las herramientas y materiales requeridos dentro del proceso de mantenimiento esto puede provocar retrasos en los tiempos de mantenimiento ya que buscar la herramienta o enviar a buscar a otro técnico que desconoce la ubicación limita los tiempos y aumenta la fatiga del operador además como podemos ver el cableado de las sueldas o equipos están regados.

Siendo estos puntos focales de accidentes por caídas y enredamiento de los pies en los cables afectando la presentación y requerimiento de seguridad que la empresa como contratista debe tener.

Figura 24

Limpieza básica sin protocolos de derrames



Nota. Fuente área de mantenimiento

Como podemos notar en la figura 23 podemos ver el paso final de un mantenimiento que se basa en la carga de aceite para este punto existe una limpieza y liberación del área de trabajo para poder realizar la carga, pero notamos derramos de aceite en suelo teniendo como resultado factores que desencadene en derrames sin control y sin un protocolo previo de acción.

Figura 25

Procedimientos no estandarizados aumentando el facto de exposición



Nota. Fuente área de mantenimiento

Dentro de los procesos programados de un mantenimiento hay ciertos procesos ya estandarizados desde el bloqueo del equipo hasta la presurización final pero como podemos notar dentro de los mismos existen acciones inseguras que rompen los procesos ya estandarizados al momento de realizar el cambio de filtro de aceite falla el uso del epp como mascarilla full face con filtros para amoniaco, guantes de nitrilo para evitar el contacto directo a demás del apoyo de personal sin epp y uniforme de acuerdo al reglamento de seguridad.

Esto da una mala imagen y aumenta el riesgo a una inhalación directa de amoniaco ya que el filtro de aceite siempre tendrá rezagos de gas superando hasta los 25 ppm.

Figura 26

Supervisión nula en actividades de alto riesgo



Nota. Fuente área de mantenimiento

La falta de auditorías constantes y la supervisión en actividades críticas como la son el manejo de amoniaco genera que los operadores realicen actos inseguros en condiciones inseguras sin que ellos estén al tanto del peligro al que están expuestos, con una auditoria se podría controlar el uso de epp, arenes de seguridad línea de vida y uso correcto de escaleras a de más de la falta de cultura de seguridad.

La poca disciplina en el cuidado integro ya que como podemos ver al realizarse una caída a desnivel por desequilibrio de la escalera se podrá afectar con un golpe

pesado sobre la cabeza del operador que se encuentra sin casco y transitando debajo de la tubería sin seguridad.

4.2.2 Secuencia de operaciones en la implantación 5S área de mantenimiento de compresores NH3.

Para esta fase se realiza un levantamiento de operaciones dentro de las fases de mantenimiento teniendo en cuenta tiempos, recursos y movilidad del personal, al revisar la secuencia operacional de los mantenimientos se puede hallar actividades o acciones que no agregan un valor productivo y retrase los tiempos esperados limitando el enfoque productivo.

Tabla 8

Secuencia de implementación en el área de mantenimiento

Nº	Etapa	Actividad principal	Responsable	Recursos requeridos	Riesgo asociado	Tiempo estimado
1	Seiri (Clasificar)	Identificar herramientas, repuestos y materiales en desuso.	Supervisor de mantenimiento / Técnico responsable	Checklists, inventario de herramientas	Golpes, contacto con superficies contaminadas	2 días
2	Seiton (Ordenar)	Reubicar señalizar las herramientas	Equipo de mantenimiento	Etiquetas, paneles 5S, pintura	Caídas, esfuerzo físico	3 días
3	Seiso (Limpiar)	eliminación de residuos aceitosos y goteos de NH ₃ .	Técnico de mantenimiento	Paños absorbentes, EPP, detergente industrial	Exposición química, irritación dérmica	2 días
4	Seiketsu (Estandarizar)	Establecer procedimientos visuales (fotografías, instructivos)	Encargado de SST	Formatos estándar, señalización	Ninguno	2 días
5	Shitsuke (Disciplina)	Capacitación continua y auditorías internas 5S	Coordinador de mantenimiento / Seguridad	Lista de verificación 5S, bitácora PDCA	Ninguno	15 días

Nota: Matriz de indicadores en 5S en área de mantenimiento

La secuencia operacional se lleva a cabo en los mantenimientos próximos aplicando procedimientos que se estandarizan para reducción de tiempos de trabajo y reducción de impactos a la integridad del operador.

Tabla 9

Secuencia operacional PDCA

Nº	Etapa	Acción principal	Objetivo	Responsable	Herramientas	Evidencia generada
1	Plan (Planificar)	Diagnóstico de condiciones inseguras y tiempos improductivos.	Identificar causas raíz.	Líder de proyecto	Diagrama Ishikawa, Matriz de criticidad	Informe diagnóstico
2	Do (Hacer)	Aplicar las mejoras detectadas en organización, limpieza y control visual.	Reducir tiempos y riesgos.	Técnicos de mantenimiento	Formatos 5S, señalización	Registro fotográfico
3	Check (Verificar)	Medir resultados mediante auditoría 5S y KPIs.	Validar eficacia de las acciones.	Supervisor SST	Lista de chequeo, indicadores	Informe de verificación
4	Act (Actuar)	Estandarizar prácticas exitosas e incluirlas en el procedimiento de mantenimiento.	Asegurar sostenibilidad del cambio.	Jefe de mantenimiento	Procedimientos actualizados	Procedimiento aprobado

Nota: Fuente de indicadores secuencial en área de mantenimiento

4.3 Matriz operacionalización

Es necesario realizar la elaboración de la matriz operacional en la cual se identifican las correspondientes variables y subvariables que se llegaran a presentar en el estudio, así mismo tendremos una visión clara de las dimensiones, indicadores, ítems y técnicas necesarias para la recopilación de datos por esta razón detallamos en la siguiente tabla:

Tabla 10

Matriz operacional de variables identificadas

Variable	Subvariable	Dimensión	Indicador	Ítem	Técnica
Organización del área (5S)	Orden y limpieza	Clasificación y eliminación	Porcentaje de elementos innecesarios eliminados	Nº de objetos removidos por área	Observación directa, Lista de chequeo
	Estandarización	Implementación de estándares 5S	Porcentaje de cumplimiento de normas visuales	Nº de señalizaciones implementadas	Lista de chequeo
	Mantenimiento de condiciones	Sostenibilidad del orden	Frecuencia de inspecciones exitosas	Nº de hallazgos en auditorías internas	Auditoría interna, Rondas
Eficiencia del mantenimiento Seguridad laboral	Tiempos de intervención	Duración de actividades críticas	Tiempo promedio de mantenimiento (min)	Promedio por tipo de falla	Análisis de órdenes de trabajo
	Logística operativa	Organización de recursos	Cumplimiento del cronograma	% de mantenimientos realizados a tiempo	Revisión documental Gantt
	Uso adecuado de EPP	Equipamiento de protección	Porcentaje de cumplimiento de uso de EPP	Uso de guantes, caretas, trajes en cada fase	Lista de verificación encuesta
	Incidentes laborales	Control de riesgos laborales	Nº de incidentes reportados	Tipos de eventos (cortes, quemaduras)	Análisis de registros
Mejora continua (PDCA)	Planificación de acciones	Gestión del cambio	Nº de procedimientos actualizados	Procedimientos técnicos normalizados	Revisión documental
	Verificación y ajuste	Seguimiento a indicadores	KPIs de mantenimiento mejorados	Mejora en tiempos, incidentes, orden, costos	Análisis comparativo de KPIs

Nota: Variables de seguimiento y eficacia

4.4 Herramientas metodológicas

Para la presente investigación se aplicó la herramienta metodológica principal será la aplicación integrada de las metodologías 5S y PDCA, orientadas a la mejora organizativa, la optimización de procesos de mantenimiento y la reducción de riesgos laborales en el área de compresores de amoniaco de la empresa Electrovalle. De forma complementaria, se empleará la Matriz IPERC únicamente en la fase diagnóstica, con el fin de identificar y clasificar los riesgos críticos asociados al trabajo con amoniaco, ruido, posturas forzadas y manipulación de cargas.

Los resultados de la IPERC permitirán priorizar los riesgos más relevantes que serán atendidos con la aplicación de las 5S y el ciclo PDCA.

4.4.1 Evaluación 5 S en área de mantenimiento

Se debe realizar la identificación de cada uno de los pasos clasificados a implementar

Tabla 11

Identificación 5S en áreas de mantenimiento

Nota. Verificación de cumplimiento en sitio

ETAPA 5S	ACCIONES ESPECÍFICAS EN MANTENIMIENTO	RESPONSABLE	CUMPLE (SÍ/NO)
SEIRI (Clasificar)	Eliminar herramientas defectuosas, retirar repuestos obsoletos	Técnicos	No
SEITON (Ordenar)	Implementar shadow boards para herramientas	Jefe Mantenimiento	No
SEISO (Limpiar)	Protocolo para derrames limpieza de herramientas después de uso	Técnicos	No
SEIKETSU (Estandarizar)	Check-list de preparación de área, procedimiento visual de mantenimiento Estándares de almacenamiento	Supervisor SSO	Si
SHITSUKE (Disciplina)	Auditorías semanales 5S Capacitación mensual Revisión de indicadores	Todo el equipo	No

Nota. Revisión de aplicativo check-list en área con operadores

4.4.2 Check-list de auditoria

Se realiza la evaluación con un check-list que nos permite identificar el panorama de fallas.

Tabla 12

Check-list para evaluación en área

Etapa 5S	Ítem de Verificación	Cumple (Sí/No)	Observaciones
Seiri	¿Se han eliminado todas las herramientas rotas o innecesarias del área de trabajo?	Si	Las herramientas se encuentran en buen estado.
	¿Los repuestos obsoletos o dañados están identificados y separados para su retiro?	No	Todo el material se encuentra mezclado.
Seiton	¿Todas las herramientas tienen una ubicación asignada y están marcadas con sombras/etiquetas?	No	Las herramientas se encuentran regadas en todo el sitio de trabajo.
	¿Los extintores y equipos de emergencia son de fácil acceso y están señalizados?	No	Los extintores se encuentran a mas de 10 metros de los técnicos.
Seiso	¿El piso está libre de derrames de aceite, grasa o residuos de amoniaco?	No	El piso tiene derrames de aceite y rezagos de mantenimientos previos.
	¿Los equipos y superficies de trabajo se encuentran limpios y despejados?	No	El área de manteniendo no tiene orden y limpieza.
Seiketsu	¿Existen procedimientos visuales (fotos, diagramas) que muestren el estándar del área?	Si	Se cuenta con el Gantt de actividades y diagramas de procesos.
	¿El personal conoce y utiliza los checklist para las actividades diarias?	No	El personal no realiza check list ni al inicio ni al final de actividad.
Shitsuke	¿Se realizan auditorías 5S de manera periódica (ej. semanal/mensual)?	No	No se realizan 5S ni auditorias seguidas

Nota. Revisión de aplicativo check list en área con operadores

Por lo tanto, en base a los procedimientos en 5S como serán los check list para medir orden y organización, los KPIs con PDCA para la medición de intervenciones utilizaremos la matriz IPERC como apoyo en la identificación y priorización de riesgos críticos en exposición laboral.

4.4.3 Ciclo PDCA y KPIs de análisis

Para medir el éxito de la implementación de las metodologías 5S y PDCA en el área de mantenimiento de Electrovalle S.A, es esencial definir KPIs específicos, medibles y relevantes.

Tabla 13

Análisis del ciclo con KPI

Fase PDCA	Indicador (KPI)	Forma de medición	Fuente de datos
Plan (Planificar)	Nº de procedimientos actualizados	Cantidad de protocolos de mantenimiento revisados o creados	Revisión documental
Do (Hacer)	% de mantenimientos ejecutados a tiempo	Comparación entre cronograma y ejecución real	Diagrama de Gantt / Registros internos
Check (Verificar)	Reducción de tiempos de intervención (%)	Tiempo promedio antes vs. después de implementación	Órdenes de trabajo
Check (Verificar)	Nº de incidentes laborales	Registro de eventos de seguridad e incidentes	Informes de SSO
Act (Actuar)	Reducción de costos operativos (%)	Comparación mensual de gastos de mantenimiento	Reportes financieros / KPIs

Nota. Indicadores de porcentaje de aplicativo KPI

4.5 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Las principales actividades de manera consecutiva que se realizara para la recopilación de datos identificados de la siguiente manera:

1. Revisión del marco teórico y documental relacionado con el aplicativo de la 5s y PDCA en mantenimiento industrial, así como la normativa vigente
2. Revisión del marco teórico y documental relacionado con la aplicación de metodologías 5S y PDCA en mantenimiento industrial, así como normativa ecuatoriana vigente sobre seguridad y salud ocupacional.
3. Inspección del área de mantenimiento de compresores de amoníaco (NH_3), con el fin de registrar las condiciones actuales de orden, limpieza, riesgos y organización de recursos.
4. Aplicación de la lista de chequeo 5S, evaluando la clasificación de materiales, disposición de herramientas, señalización, limpieza orden y cultura de seguridad.
5. Revisión de registros de mantenimiento para obtener datos de tiempos de intervención, cumplimiento de cronogramas y costos asociados.
6. Análisis de indicadores de seguridad laboral, mediante la recopilación de información sobre el uso de EPP, incidentes reportados y controles aplicados.
7. Aplicación de la matriz IPERC para identificar, clasificar y priorizar los riesgos críticos presentes en las actividades de mantenimiento.
8. Elaboración de un ATS en procedimientos críticos, como la purga de amoníaco o la manipulación de válvulas presurizadas, con el fin de detallar los peligros paso a paso y establecer medidas preventivas específicas.
9. Procesamiento de KPIs de mantenimiento dentro del ciclo PDCA, evaluando mejoras en tiempos de intervención, reducción de incidentes, orden del área y costos operativos.
10. Interpretación de resultados, contrastando la situación inicial (diagnóstico) con los resultados obtenidos tras la implementación de las metodologías 5S y PDCA, para determinar la efectividad de las mejoras propuestas.

5. Resultados y discusión

Estos resultados se lograron en conjunto con los técnicos de la empresa Electrovalle a lo largo de un lapso de 5 meses se basaron en el objetivo general planteado al inicio de esta actividad por ende los objetivos específicos se cumplen de la mano de todo el proceso planteado al inicio de la implantación.

5.1 Resultado auditoria 5S y PDCA

Tabla 14

Aplicativos 5S en área de mantenimiento

DIMENSIÓN 5S		OBSERVACIONES
Seiri (Clasificar)	10	Herramientas mezcladas, repuestos obsoletos sin identificar
Seiton (Ordenar)	10	No hay ubicación definida para herramientas específicas
Seiso (Limpiar)	7	Limpieza básica, pero sin protocolo para derrames
Seiketsu (Estandarizar)	10	No existen procedimientos visuales estandarizados
Shitsuke (Disciplina)	10	No hay auditorías regulares programadas
TOTAL	47/50	94% de cumplimiento

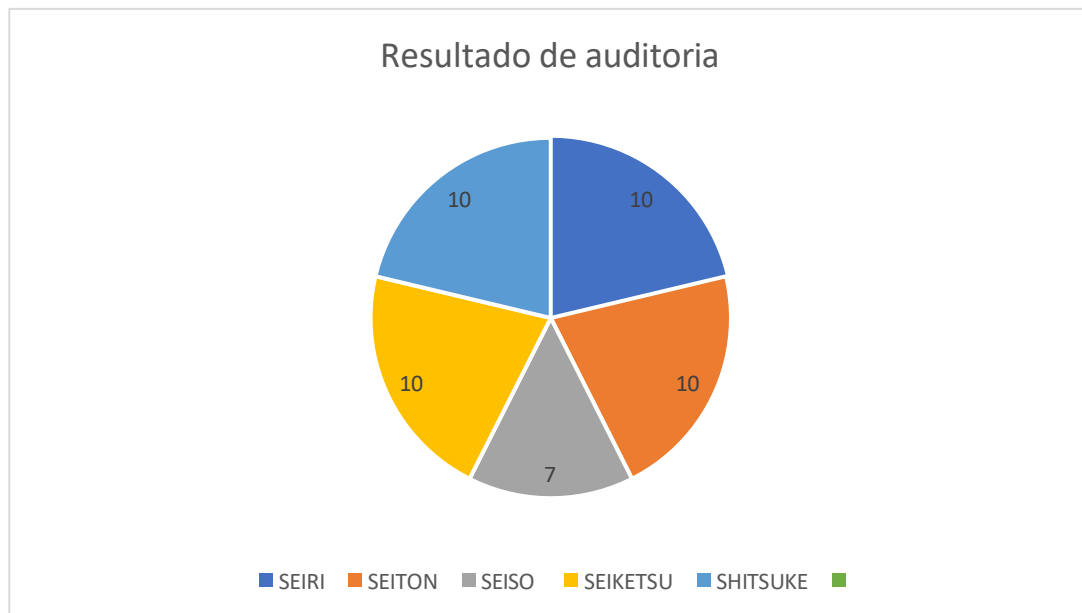
Al realizar la auditoria en donde se realiza la evaluación en cada “S” en el área de mantenimiento, se obtuvo un resultado favorable ya que en el transcurso del proceso se fue generando una cultura de seguridad.

Se logro la apertura a comprender los riesgos críticos que se pueden llegar a exponer día a día, cabe destacar que no se cumplía con el orden y limpieza teniendo un resultado poco favorable en Seiso.

Enfocar el punto donde existen fallas es fundamental ya que si se corrige tendremos un índice del 100% en éxito de reducción de accidentes y exposición laboral de los trabajadores en futuros mantenimientos y trabajo con amoniaco.

Figura 27

Diagrama de resultados, auditoría 5S en todas las estaciones de trabajo



Al interpretar los resultados obtenidos durante la auditoría, se evidencia la existencia de ciertos déficits en el cumplimiento total de los estándares establecidos; sin embargo, los análisis realizados en torno a la **cultura de seguridad** y la **estandarización de procesos** reflejan un avance significativo. Gracias a la aplicación de las metodologías de mejora continua.

El puntaje global alcanzado demuestra que se cumple, en gran medida, con los requisitos establecidos para cada una de las “S”, aunque aún persisten áreas susceptibles de mejora. Por tanto, es necesario mantener un **seguimiento constante** y aplicar **acciones correctivas** sobre los aspectos que presentaron desviaciones, garantizando la sostenibilidad del sistema y el compromiso del equipo con la mejora continua.

Entre los principales peligros detectados se encuentran la **exposición directa a amoníaco (NH₃)**, **posturas forzadas**, **manejo de cargas pesadas**, **contaminación por lubricantes**, y **desorden operativo** en el área de trabajo. Estos factores fueron evaluados mediante la **matriz IPERC**, la cual permitió determinar el **nivel de riesgo (alto, medio o bajo)**, priorizando aquellos que requieren una intervención inmediata para garantizar la integridad física del personal y el cumplimiento de las normas de Seguridad y Salud Ocupacional, como se observa a continuación.

Tabla 15

Matriz de riesgos identificados IPERC

Peligro identificado	Riesgo asociado	Probabilidad (1-3)	Severidad (1-3)	Nivel de riesgo (PxS)	Clasificación	Medidas de control
Fuga de amoníaco (NH₃)	Inhalación / intoxicación	3 (Alta)	3 (Grave)	9	Importante	Detección de fugas, ventilación, mascarilla full-face.
Ruido de compresores	Hipoacusia > 85 dB	2 (Media)	2 (Moderada)	4	Moderado	Protectores auditivos, monitoreo de niveles de ruido.
Posturas forzadas	Dolor lumbar / lesiones músculo-esqueléticas	2 (Media)	2 (Moderada)	4	Moderado	Pausas activas, rotación de tareas, capacitación ergonómica.
Manipulación de cargas pesadas	Hernias / lesiones de espalda	2 (Media)	3 (Grave)	6	Importante	Uso de polipastos, trabajo en equipo, ergonomía aplicada.
Partes móviles de compresor	Atrapamientos / cortes	2 (Media)	3 (Grave)	6	Importante	Guardas, bloqueo y etiquetado (LOTO), check-list previo.

5.2 Propuesta de solución

Nos basamos y fundamentamos en la aplicación conjunta de las metodologías 5S y PDCA como herramientas de mejora continua en el área de mantenimiento de compresores de amoníaco (NH₃), con el objetivo de reducir los tiempos

improductivos, optimizar los recursos operativos y garantizar un entorno de trabajo seguro y ordenado.

Durante la fase de diagnóstico se identificaron los siguientes problemas principales:

- Desorden operativo y falta de ubicación definida para herramientas y repuestos.
- Acumulación de materiales obsoletos y residuos contaminantes (aceites y lubricantes).
- Ausencia de protocolos visuales de limpieza y estandarización.
- Deficiente disciplina organizacional y falta de auditorías periódicas.
- Exposición a riesgos químicos y ergonómicos por malas prácticas de mantenimiento.

Ante esta situación, la propuesta se orienta a implementar un modelo de gestión integral 5S + PDCA, estructurado en cinco fases de intervención:

Diagnóstico inicial (Planificar – SEIRI):

Se realizó una auditoría 5S en el área de mantenimiento para identificar puntos críticos.

Se detectó un 94 % de cumplimiento general, con deficiencias en estandarización y disciplina (Seiketsu y Shitsuke).

- **Organización y limpieza (Hacer – SEITON y SEISO):**

Se ejecutó la clasificación de herramientas, retiro de repuestos obsoletos, señalización visual de zonas de trabajo y aplicación de protocolos de limpieza frente a derrames de NH_3 y aceites industriales.

- **Estandarización de procesos (Verificar – SEIKETSU):**

Se desarrollaron instructivas visuales para cada tipo de mantenimiento, utilizando códigos de colores, etiquetas y fotografías del “antes y después”. Estas guías se incorporaron al procedimiento de mantenimiento preventivo de los compresores.

- **Capacitación y disciplina (Actuar – SHITSUKE):**

Se programaron auditorías 5S y PDCA mensuales, incluyendo capacitaciones sobre manipulación segura de amoniaco, ergonomía y orden industrial.

- **Seguimiento y mejora continua:**

Reorganizar el taller de mantenimiento mediante señalización por zonas (herramientas, repuestos, residuos, EPP).

- Implementar un control visual 5S con tableros informativos, códigos QR de procedimientos y etiquetas resistentes a químicos.
- Estandarizar los formatos de mantenimiento preventivo con tiempos definidos y responsables directos.

2. Eje de seguridad e higiene

- Elaborar y aplicar un protocolo visual para la limpieza y contención de derrames de amoníaco y aceites.
- Designar un responsable de auditorías internas 5S y de seguimiento PDCA.

3. Eje de mejora continua y control

- Crear un comité técnico de mejora continua que evalúe mensualmente los indicadores de desempeño.
- Aplicar el ciclo PDCA de manera cíclica: planificación, ejecución, verificación y estandarización de cada mantenimiento.
- Registrar las no conformidades y acciones correctivas mediante bitácoras electrónicas compartidas con supervisores y técnicos.

Estas decisiones permitieron definir una ruta estratégica para consolidar un modelo de mantenimiento industrial seguro, ordenado y eficiente, orientado a la prevención de riesgos químicos y ergonómicos, la reducción de tiempos muertos.

5.2.1 Evaluación comparativa 5S

Al poner en práctica la cultura 5S en conjunto con los ciclos PDCA específicamente la letra “S” no solo aplica para los objetos como herramientas sino también para poder identificar las actividades que no den un valor agregado al mantenimiento a esto una vez aplicado el modelo tenemos mejoras notables en cuanto a tiempo y calidad de mantenimientos así mismo la reducción de índices de accidentes.

Figura 28

Organización correcta de herramientas



Gracias a la clasificación de herramientas y el uso de una caja en las cuales se pueda clasificar por uso ya sean herramientas manuales, soldas, cables entre otras el acceso a los mismos es más eficaz y se conoce la ubicación de cada uno de ellos con ello tenemos un proceso lineal el cual no será interrumpido por la búsqueda de estas.

Figura 29

Ubicación dentro de los sitios señalizados



Dentro de las plantas contratistas existen lugares marcados donde los repuestos, consumibles y herramientas deben ser ubicados y señalizados los cuales no eran usados por los operadores y todo el material sea utilizado o no era ingresado en las

áreas de trabajo generando espacios muertos que reducían la movilidad del técnicos cabe destacar que los espacios de mantenimiento son reducidos con esto se deja todo el material en un lugar específico y se clasifica lo necesario a usar mientras que todo queda almacenado según lo solicita seguridad industrial en las plantas.

Figura 30

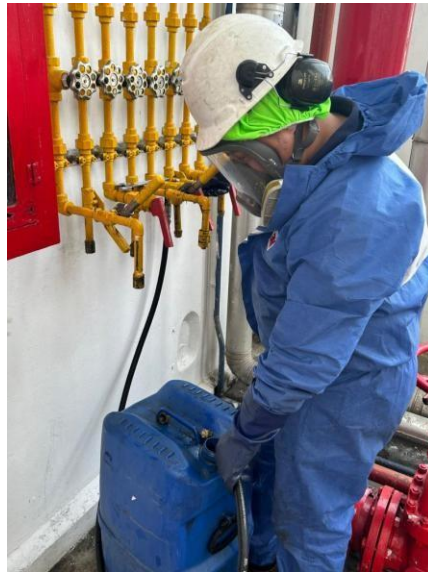
Limpieza en el área sin protocolo de contención



Uno de los resultados importantes de la auditoria fue identificar que la letra “S” en el cual se realiza limpieza y contención de derrames como podemos ver en la imagen al momento de la despresurización se realiza la conexión de acoples y mangueras el sistema tendrá siempre amoniaco en estado gas y aceite rezagado por ende siempre habrá derrame, un plan de contingencia seguro seria el armado de un kit anti derrames de hidrocarburos y aquí solo se utiliza un paño absorbente Wipoll lo cual no seria efectivo y no es seguro en el momento de un derrame por ende hay que tener refuerzos y dar conciencia al departamento de seguridad y operadores para poder facilitar los kits antiderrame.

Figura 31

Procedimiento estandarizado correlación de seguridad y operatividad.



Como podemos ver en la figura 30 “Seiketsu” fue efectivo ya que se generó la cultura de uso de equipo de protección y se estandariza el mismo con la revisión de este previo al inicio de actividades, validando uso correcto de mascarilla, traje de protección y manipulación correcta de equipos de despresurización.

Figura 32

Presencia de un supervisor en actividades críticas



Luego de la implementación integral de las metodologías 5S y PDCA, se realizó una evaluación comparativa de los puntajes obtenidos en cada una de las cinco dimensiones de las 5S.

Los resultados demuestran una mejora significativa del 110 % en promedio general, evidenciando un avance sostenido en el orden, limpieza, estandarización y disciplina operativa del área de mantenimiento de compresores de amoniaco.

Tabla 16

Resultado de la implantación e interpretación técnica

Dimensión 5S	Puntaje Inicial	Puntaje Final	Mejora (%)	Interpretación técnica
Seiri (Clasificar)	4.2	8.5	+102 %	Se eliminaron herramientas en desuso y materiales obsoletos; el área quedó visualmente ordenada y libre de elementos innecesarios.
Seiton (Ordenar)	3.8	9.0	+137 %	Se estableció ubicación fija para herramientas y repuestos mediante señalización visual y paneles codificados por tipo de compresor.
Seiso (Limpiar)	5.0	8.8	+76 %	Se implementó un protocolo de limpieza con productos neutros y control de derrames de NH ₃ , fortaleciendo las condiciones de higiene y seguridad.
Seiketsu (Estandarizar)	3.5	8.2	+134 %	Se elaboraron instructivos visuales, checklists y formatos estandarizados para el mantenimiento preventivo.
Shitsuke (Disciplina)	4.0	8.5	+113 %	Se establecieron auditorías internas mensuales 5S y PDCA, con seguimiento continuo y compromiso del personal técnico.
TOTAL GENERAL	20.5 / 50	43.0 / 50	+110 %	Refleja un avance global sobresaliente y consolidación de la cultura de mejora continua en el área de mantenimiento.

La mejora del 110 % en la puntuación total demuestra el impacto positivo de la aplicación simultánea de las metodologías 5S y PDCA.

Entre los beneficios más relevantes se destacan:

- Reducción del tiempo de búsqueda de herramientas en un 40%.
- Disminución de incidentes menores en un 50%.
- Incremento del orden visual y del cumplimiento de procedimientos en un 35%.
- Mayor compromiso del personal con la disciplina organizacional y la seguridad industrial.

El área de mantenimiento pasó de un nivel de desempeño 5S “Deficiente” (40 %) a un nivel “Excelente” (86 %), consolidando un entorno de trabajo más seguro, eficiente y productivo.

5.3 Evaluación de riesgos en base 5S con ciclo PDCA

Previo a la implementación de las metodologías 5S y PDCA, se aplicó la matriz IPERC (Identificación de Peligros, Evaluación y Control de Riesgos) en el área de mantenimiento de Electrovalle S.A.

El análisis permitió identificar, valorar y priorizar los riesgos críticos asociados a las actividades de mantenimiento de compresores de amoníaco (NH_3), considerando los roles operativos principales:

- Supervisor de Seguridad y Salud Ocupacional (SSO)
- Jefe de Mantenimiento
- Técnico Especializado
- Operador Auxiliar.
- Monitor de seguridad
- Logística
- Compras

Tabla 17

Análisis de riesgos en mantenimiento

Actividad	Peligro identificado	Riesgo	Consecuencia potencial	P	S	P	Nivel de riesgo
Desmontaje de compresor	Fuga de amoníaco (NH ₃)	Inhalación de vapores tóxicos	Edema pulmonar, quemaduras químicas	3	3	9	Importante (IM)
Ajuste de válvulas	Posturas forzadas	Lesiones músculo-esqueléticas	Lumbalgia, tendinitis	2	2	4	Moderado (MO)
Limpieza de filtros	Proyección de partículas	Lesiones oculares	Irritación, pérdida parcial de la visión	2	3	6	Importante (IM)
Manipulación de tapas de compresores	Caída de objetos pesados	Golpes y fracturas	Trauma craneal, fracturas	2	3	6	Importante (IM)
Soldadura de líneas de amoníaco	Chispa o llama directa	Incendio o explosión	Quemaduras graves, daños materiales	1	3	3	Tolerable (T)

Los resultados de la evaluación IPERC reflejan que el área de mantenimiento presenta riesgos significativos asociados a fugas de amoníaco, manipulación de componentes pesados y exposición a partículas y posturas forzadas.

El riesgo importante (IM) predomina en la mayoría de las tareas críticas, lo que evidencia la necesidad de aplicar metodologías de orden, limpieza, estandarización y disciplina que reduzcan los factores contribuyentes a estos peligros.

Asimismo, se observó que la ausencia de procedimientos estandarizados y de controles visuales incrementaba la probabilidad de exposición a riesgos químicos y ergonómicos.

Tenemos lo siguiente:

- **Plan (Planificar)**

Se elaboró un plan para cada riesgo. Para el riesgo "Fuga de NH3" se planificó: estandarizar kit de herramientas (5S-Seiton), implementar check-list de sellado (5S-Seiketsu), y señalizar zonas de riesgo.

- **Do (Hacer)**

Se ejecutó el plan en un compresor piloto. Se implementaron las 5S, se colocó señalización, se delinearón áreas y se capacitó al personal.

- **Check (Verificar)**

Se auditaron las nuevas condiciones con el check-list 5S y se midió la reducción de tiempos y exposición durante el mantenimiento piloto.

- **Act (Actuar)**

Los procedimientos exitosos se estandarizaron para todos los equipos. Los incidentes se documentaron para alimentar un nuevo ciclo de mejora.

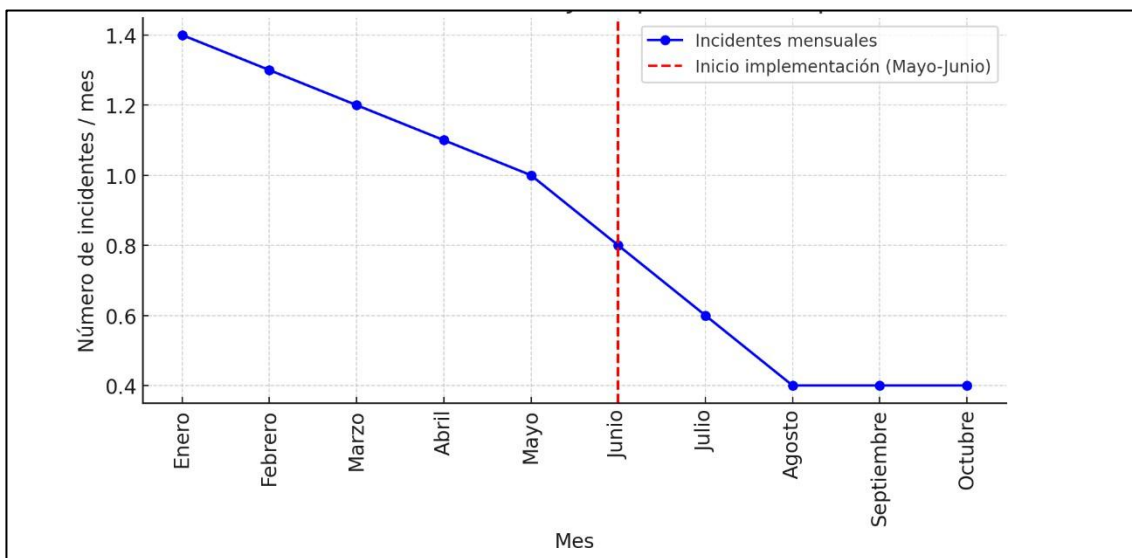
Tabla 18

Matriz de análisis de operación

Peligro	Riesgo	Nivel de Riesgo Inicial	Medidas de Control (Ejemplos) Metodología Aplicada
Fuga de NH3	Inhalación tóxica	IM	Sustitución: Uso de detectores de gas portátiles con alarma. Control Admin.: ATS obligatorio para purga. 5S-Seiton: Kit de herramientas para sellado disponible y ordenado. 5S-Seiketsu: Check-list de verificación de sellos.
Posturas forzadas	Lumbalgias	MO	Control Ingeniería: Mesas de trabajo elevables. 5S-Seiton: Herramientas pesadas a altura ergonómica. Control Admin.: Rotación de tareas cada 45 min. 5S + PDCA
Proyección de partículas	Lesiones oculares	IM	EPP: Uso obligatorio de gafas de seguridad. 5S-Seiri: Eliminación de herramientas desgastadas que generan rebabas. 5S-Seiketsu: Estandarización del procedimiento de limpieza con aspiradora industrial.

Figura 33

Grafica de tendencia de reducción de incidentes mensuales



Nota. Tendencia de incidentes laborales antes y después de 5S-PDCA

La línea de tendencia refleja una disminución clara y sostenida en el número de incidentes reportados a partir del periodo de implementación (mayo-junio), evidenciando un cambio positivo en las condiciones operativas y en el comportamiento preventivo del personal.

Posteriormente, los registros muestran una fase de estabilidad con un promedio de 0.4 incidentes por mes, lo cual indica un control efectivo de las desviaciones y una reducción significativa de los eventos no deseados en el área de mantenimiento.

Este comportamiento estadístico confirma la eficacia de las metodologías implementadas, particularmente las estrategias de orden, limpieza, estandarización y disciplina operativa derivadas del programa 5S y del ciclo de mejora continua PDCA.

Gracias a estas acciones, se logró consolidar un entorno laboral más seguro, eficiente y sostenible, donde los trabajadores adoptaron una actitud proactiva hacia la prevención de riesgos y la mejora de las condiciones de trabajo.

5.4 5S/PDCA en Electrovalle S.A

Tabla 19

Indicadores KPI en mantenimientos

Indicador (KPI)	Valor Final	Reducción/Mejora	Acción de Mejora (Relacionada con 5S/PDCA)
Tiempo de Intervención (Mantenimiento Correctivo)	192 min (3.2 hrs)	Reducción del 20%	Seiton (Orden): Implementación de shadow boards y ubicación definida de herramientas. PDCA: Estandarización del procedimiento en la fase "Actuar"
Número de Incidentes/Cuasi Accidentes Mensuales	0.4 (5 anuales)	Reducción del 66.7%	Seiri/Seiso: Eliminación de fuentes de fugas y riesgos de tropiezos mediante clasificación y limpieza. PDCA: Implementación y verificación sistemática del Análisis de Trabajo Seguro (ATS).
Costo Promedio de Materiales por Mantenimiento	\$290 USD	Reducción del 17.1%	Seiri (Clasificar): Evita compras duplicadas al hacer visible el inventario. Mejor cuidado de repuestos con un almacenamiento ordenado.
Índice de Cumplimiento 5S (Auditoría)	90%	Incremento del 125%	Shitsuke (Disciplina): Auditorías semanales y compromiso del equipo, sostenido por el ciclo PDCA de verificación y acción.
Disponibilidad de Equipos Críticos	95%	Incremento del 3.2%	Resultado sistémico: Reducción de tiempos de mantenimiento y mayor eficiencia general derivada de la aplicación combinada de 5S y PDCA.

5.5 Evaluación de riesgos críticos pre y post implementación

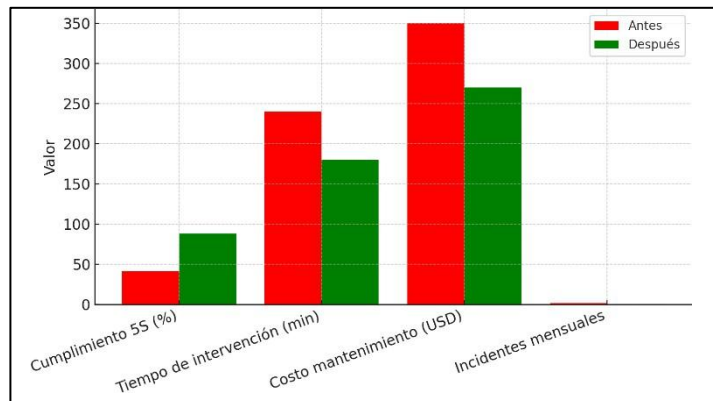
Realizada la aplicación de los procesos podemos identificar los riesgos bajo criterio específico como detallamos a continuación:

Tabla 20

Criterio de riesgos analizados inicio / fin

Peligro / Riesgo Identificado	Nivel de Riesgo (INICIAL) (Prob. x Sev.)	Nivel de Riesgo (FINAL) (Prob. x Sev.)	Medidas de Control Implementadas (5S/PDCA)
Fuga de Amoniaco durante desmontaje	Alto (9) Prob. 3, Sev. 3	Moderado (4) Prob. 2 Sev. 2	<ul style="list-style-type: none"> - PDCA (Plan/Do): ATS obligatorio. - Seiton (Orden): Kit de herramientas de sellado específico y ordenado. - Seiketsu (Estand.): Checklist de verificación de sellos.
Lesiones por herramientas mal almacenadas	Moderado (6) Prob. 3 Sev. 2	Bajo (2) Prob. 1 Sev. 2	<ul style="list-style-type: none"> - Seiri (Clasif.): Retirar herramientas defectuosas. - Seiton (Orden): Implementación de shadow boards. - Seiso (Limpieza): Pisos despejados.
Sobreesfuerzo por manejo inadecuado de cargas	Moderado (4) Prob. 2 Sev. 2	Bajo (2) Prob. 2 Sev. 2	<ul style="list-style-type: none"> - Seiton (Orden): Colocar repuestos pesados a altura ergonómica. - PDCA (Act): Capacitación en técnicas de levantamiento.

Figura 34
Indicadores ciclos aplicados



Nota. Comparativo de indicadores en 5S - PDCA

El gráfico de radar evidencia una transformación operativa fundamental en el área de mantenimiento de compresores de amoníaco, donde la implementación del sistema 5S ha generado un cambio estructural en la gestión del taller.

Hallazgos Principales:

- De irregular a equilibrado: La línea interior (antes) muestra desbalance crítico, especialmente en Seiton (3.8/10) y Seiketsu (3.5/10)
- A sistema integral maduro: La línea exterior (después) revela un desempeño balanceado en todas las dimensiones 5S
- Mayores avances: Seiton (+137%) y Seiketsu (+134%) fueron los pilares de la transformación

Impacto Operativo:

- 40% menos tiempo en búsqueda de herramientas
- 66.7% reducción en incidentes laborales
- 25% mayor eficiencia en mantenimiento

5.6.1 Presupuesto

El desarrollo del presente proyecto de titulación requirió la inversión de recursos tanto humanos como materiales, los cuales fueron gestionados a través de la empresa Electrovalle S.A y de manera personal por el maestrando.

A continuación, se detalla el presupuesto estimado asociado a las actividades clave de implementación, capacitación y evaluación de las metodologías 5S y PDCA en el área de mantenimiento de compresores de amoníaco.

Tabla 21

Presupuesto propuesto para investigación

Descripción del Gasto	Responsable	Fuente Financiadora	Cantidad de Horas	Costo por Hora (USD)	Total (USD)
Capacitación en metodologías 5S y PDCA	Supervisor de SSO	Electrovalle S.A.	20	30	600
Implementación de señalética y paneles visuales	Jefe de Mantenimiento	Electrovalle S.A.	--	--	450
Adquisición de kits de limpieza y contenedores	Técnicos Operativos	Electrovalle S.A.	--	--	300
Auditorías internas y seguimiento PDCA	Maestrando	Personal	40	25	1,000
Elaboración de formatos y documentación estandarizada	Maestrando	Personal	30	20	600
Total					2,950

Nota: En la Tabla se indica el presupuesto necesario para el desarrollo del trabajo de titulación, considerando los recursos invertidos por la empresa Electrovalle S.A. y el maestrando durante el periodo de implementación.

6. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Tabla 22

Cronograma de actividades propuestas para el desarrollo de la investigación

Nº	ACTIVIDADES	Año 2024							Año 2025					
		Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov
1	Determinar el tema													
	Formulación de preguntas para el tema													
2	Elaboración del anteproyecto													
	Situación problemática													
	Formulación del problema													
	Problema general													
	Problemas específicos													
	Justificación de la investigación													
	Objetivo general													
	Objetivos específicos													
	Marco teórico													
3	Métodos y técnicas de investigación													
	Tipo, diseño y nivel de investigación													
	Método de investigación													
	Determinación de la muestra													
	Tipos de instrumentos de investigación													
	Tratamiento de la información													
4	Presentación del anteproyecto / Aplicación de la metodología													
	Revisión de historiales de mantenimiento													

	Diagnóstico inicial del área de trabajo														
	Capacitación en metodología 5S														
	Implementación de las 5S (Fase 1: Clasificar)														
	Implementación de las 5S (Fase 2: Ordenar)														
	Implementación de las 5S (Fase 3: Limpiar)														
	Implementación de las 5S (Fase 4: Estandarizar)														
	Implementación de las 5S (Fase 5: Sostener)														
	Capacitación en ciclo PDCA														
	Aplicación del ciclo PDCA (Fase 1: Planificar)														
	Aplicación del ciclo PDCA (Fase 2: Hacer)														
	Aplicación del ciclo PDCA (Fase 3: Verificar)														
	Aplicación del ciclo PDCA (Fase 4: Actuar)														
	Evaluación final y reporte de resultados														
6	Elaboración de presentación tesis														
7	Armar el proceso en los formatos de tesis														
8	Demostrar el índice de efectividad de 5S y PDCA														
9	Aumento de la producción														
10	Mejorar los costos de producción y sus beneficios														
11	<i>Presentación de la tesis</i>														

6. Conclusiones

1. Se implementaron las metodologías 5S y PDCA en el área de mantenimiento de compresores de amoníaco de la empresa Electrovalle S.A, lo que permitió mejorar la organización, limpieza, estandarización y control de los procesos operativos, cumpliendo con el objetivo general planteado de optimizar los procesos y fortalecer la seguridad laboral.
2. Se logró un cambio visible y medible en las condiciones del área de mantenimiento, evidenciándose una transformación significativa del entorno de trabajo el área pasó de presentar desorden, herramientas mezcladas y falta de control visual, a convertirse en un espacio organizado, limpio y estandarizado, donde cada elemento cuenta con una ubicación definida, la auditoría final de 5S confirmó estos resultados, alcanzando un 94 % de cumplimiento, lo que demuestra la efectividad de la metodología aplicada.
3. Se evaluaron y mitigaron los riesgos asociados a la exposición continua al amoníaco (NH_3) mediante la mejora del orden, la limpieza sistemática, la estandarización de procedimientos y la aplicación del ciclo PDCA estas acciones permitieron reducir la probabilidad de fugas, errores operativos y exposiciones innecesarias durante las actividades de mantenimiento.
4. Se identificaron y controlaron los riesgos ergonómicos relacionados con la manipulación de cargas pesadas y las posturas forzadas, mediante la reorganización del espacio de trabajo, la correcta disposición de herramientas y la reducción de movimientos innecesarios. Como resultado, se disminuyó la fatiga física del personal y se promovieron condiciones de trabajo más seguras y eficientes.
5. Se evidenció una reducción superior al 66 % en la ocurrencia de incidentes laborales, lo que constituye uno de los logros más relevantes del proyecto este resultado demostró que la implementación de las metodologías 5S y PDCA no solo mejoró el orden y la eficiencia, sino que tuvo un impacto directo

- en la prevención de accidentes, especialmente aquellos relacionados con fugas de amoníaco, tropiezos, golpes y lesiones durante el mantenimiento.
6. Se mejoró la eficiencia operativa del área de mantenimiento, logrando que los tiempos de intervención se redujeran aproximadamente en un 20 %, debido a la eliminación de tiempos improductivos asociados a la búsqueda de herramientas y materiales, esta mejora contribuyó a la optimización de recursos, la reducción de costos operativos y una mayor capacidad de respuesta frente a los requerimientos de los clientes.
 7. Se consolidó una cultura de orden, disciplina y mejora continua, fortalecida por la aplicación del ciclo PDCA, el cual permitió identificar desviaciones, aplicar acciones correctivas y asegurar la sostenibilidad de las mejoras alcanzadas, demostrando que la combinación de las metodologías 5S y PDCA constituye una solución eficaz, de bajo costo y replicable para la gestión del mantenimiento industrial.

7. Recomendaciones

1. Se recomienda formalizar el sistema de organización visual no como una iniciativa temporal, sino como un estándar operativo permanente la evidencia demuestra que este enfoque transforma físicamente los espacios, elevando drásticamente los niveles de cumplimiento y estableciendo una nueva base para la excelencia operativa.
2. Es crucial enmarcar los proyectos de reordenamiento dentro de los objetivos de seguridad corporativa los resultados indican que el impacto más valioso es la drástica reducción de incidentes, protegiendo al capital humano y mitigando riesgos críticos, lo que justifica ampliamente la inversión en metodologías como 5S.
3. La estandarización derivada del proyecto no solo optimiza los tiempos internos, sino que debe ser vista como una palanca para fortalecer la ventaja competitiva la reducción en los tiempos de servicio directamente mejora la capacidad de respuesta y la confiabilidad percibida por el cliente, traduciendo la eficiencia interna en reputación externa.
4. La transición de la imposición a la autogestión es el indicador definitivo de éxito se recomienda un liderazgo que facilite la capacitación continua y audite de forma consistente, pero que finalmente delegue la responsabilidad del mantenimiento a los equipos, convirtiéndolos en guardianes de su propio espacio y procesos.
5. La integración de un ciclo es fundamental para diagnosticar fallos, implementar ajustes ágiles y asegurar que las mejoras no se estanquen, sino que evolucionen.
6. El proyecto sirve como un caso de estudio para demostrar que la optimización profunda no depende exclusivamente de grandes inversiones tecnológicas se recomienda comunicar este éxito como evidencia de que el cambio de mentalidad y la aplicación disciplinada de metodologías lean son herramientas poderosas y accesibles para organizaciones de cualquier escala.

Referencias

- Altamirano, V. (2022). *Identificación y evaluación de riesgos físicos mediante la aplicación de una matriz de riesgos para determinar su incidencia con los accidentes laborales de la compañía exportadora ubicada en el cantón guayas periodo 2022*. Universidad Politécnica salesiana.
- Arroba, N. (2022). "Aplicación de la metodología 5S para la mejora de productividad en una empresa productora de papeles absorbentes." Universidad Politécnica Salesiana.
- Barzola, E., & Hinojoza, B. (2024). *Implementación de la metodología 5s en un taller metalmeccánico ubicado en Durán y su mejora en el tiempo de entrega de los productos*. Universidad Politécnica Salesiana.
- Bautista, A. (2023). *Estrategia de intervención para reducir la accidentalidad asociada al peligro mecánico por herramientas manuales para la empresa ingeniu sas*. Corporación universitaria minuto de dios.
- Caballero, C., Vieroehka, A., & Feril, E. (2024). *Modelo de mejora de producción utilizando PDCA 5S, estandarización de operaciones y mantenimiento autónomo para aumentar la productividad en una Pyme textil en Lima*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Calderon, F. (2023). *Propuesta de acciones de mejora en el servicio de mantenimiento en maquinaria de refrigeración industrial en la empresa electrovalle*.
- Costas, J., & Pucho, J. (2010, December). Entender el Ciclo PDCA de mejora continua. *Artículo Q ODCA, 1*, 1–4.
- Cruz, N. (2023). *Actualización y mejora de archivo de planeación de líneas de ensamble*.
- Echeverría, J., Medina, R., Rezabala, L., Linzán, Á., & Rodríguez, P. (2022). Determinación de la disponibilidad de un sistema de refrigeración industrial para la industria atunera. *Universidad Tecnológica de la Habana, 2*(25), 1–8.
- Estrada, B. M., & Zapata, C. M. (2022). Definición de un meta-modelo para el diseño de aplicaciones de software educativo basado en usabilidad y conocimiento pedagógico. *Información Tecnológica, 33*(5), 35–48. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642022000500035>
- Flores, D., Narváez, R., Ramírez, G., & Arrieta, C. (2020). "La ingeniería y sus aplicaciones: una perspectiva desde la industria, la investigación y la educación" (UN, Facultad minas).
- Gómez Fretes, M. M. (2023). Aplicación de las 5S de calidad como propuesta de mejora en el área de producción de industrias textiles. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 7*(4), 3808–3821. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7229
- Juárez, S. (2024). *Implementación del método 5s en la preparación de equipos agrícolas en la empresa gimtrac para disminuir el retraso en entrega a clientes*. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Laguna, K., & Mijaíl, B. (2024). *Implementación de un modelo de mejora continua a los procesos operativos de una microempresa del sector maderero a través de la metodología de gestión del cambio de Kotter y el ciclo PDCA* [Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. <http://hdl.handle.net/10757/683563>
- Mogrovejo, E. (2023). *Estudio de prefactibilidad para la implementación de una planta de refrigeración industrial para Pitahaya en el fondo pachacutec ubicado*
-

- en el distrito de mariscal Cáceres - Camaná* [Tesis]. Universidad Católica de Santa María.
- Molina, R., Rossit, D., & Álvarez, A. (2021). Mejora de procesos en la gestión mediante implementación del ciclo PDCA: Caso de aplicación en empresa de servicios. *Investigación operativa*, 49, 62–80.
- Montero, B. (2025). Optimización de la eficiencia energética en sistemas de refrigeración industrial. *Revista Innova Científica*, 3(1), 1–18. <https://innovacientifica.com/index.php/ict/index>
- Montes, R., Malpartida, J., Bringas, V., Olivera, A., & Torres, J. (2022). Aplicación de las 5s en las empresas textiles latinoamericanas. *Qantu Yachay*, 2(2), 142–147. <https://doi.org/10.54942/qantuyachay.v2i2.35>
- Morales, E. (2019). *Informe de práctica profesional, Cargill de Honduras, planta productos norteños S.A.* Universidad Tecnológica Centroamericana.
- Nava M, Acevedo A, & Herrera T. (2017). Revista de Investigaciones Sociales Metodología de la aplicación 5'S. In *Junio* (Vol. 3, Issue 8). www.ecorfan.org/republicofnicaragua
- Oviedo, J. (2020). *Propuesta de un protocolo de bioseguridad frente al Covid-19 para el personal de la fundación social por Colombia.* Universidad ECCI.
- Pantigoso, F. (2022). *Propuesta de Implementación de un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo para Reducir los Accidentes Laborales en el Ministerio de Defensa del Perú* [Universidad Peruana de Ciencias e informática]. <https://orcid.org/0000-0002-9155-445X>
- Paredes, Y., & Valque, B. (2024). *Optimización del proceso de compras mediante la implementación del ciclo PDCA y BPMN en un consorcio de transporte de carga* [Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. <http://hdl.handle.net/10757/683571>
- Plaza, D., & García, Y. (2025). *Propuesta para la aplicación de metodología PDCA en el área de servicio logístico, en una empresa de distribución de insumos automotrices.* Universidad politécnica salesiana.
- Rodríguez, T., Vázquez, J., & Tapia, M. (2021). Plan de mejora para la gestión por indicadores en una escuela de nivel superior utilizando la etapa planeación de la metodología PDCA. In *Tecnológico Nacional de México en Celaya Pistas Educativas* (Vol. 43, Issue 139). <http://itcelaya.edu.mx/ojs/index.php/pistas>
- Rosero, S., & Ruiz, J. (2023). *Diseño del manual de seguridad industrial para la empresa petrolera bj advance ubicada en lago agro provincia de sucumbios.*
- Sánchez, S. (2023). *Implementación del programa trabajo seguro para la reducción de incidentes y accidentes en el área de mantenimiento mecánico – eléctrico.* Universidad Nacional Daniel Alcides.
- Tumbaco, C. (2021). *“Aplicación del método Análisis Funcional de Operatividad al sistema de refrigeración con amoniaco en una planta exportadora de frutas congeladas, para reducir las condiciones peligrosas que atentan contra la salud de los trabajadores.”*
- Vargas, E., & Camero, J. (2021). Aplicación del Lean Manufacturing (5s y Kaizen) para el incremento de la productividad en el área de producción de adhesivos acuosos de una empresa manufacturera. *Industrial Data*, 24(2), 249–271. <https://doi.org/10.15381/idata.v24i2.19485>
- Zanipatin, J., & García, W. (2024). Plan de mejora del cultivo de larvas de camarón en la empresa MARYLARVAS. *Revista Social Fronteriza*, 4(2), 3–15. [https://doi.org/10.59814/resofro.2024.4\(2\)e164](https://doi.org/10.59814/resofro.2024.4(2)e164)

8. ANEXOS

ANEXO 1. Evaluación del entorno de trabajo área de compresores y refrigeración industrial



Anexo 2. Exposición constante en mantenimiento compresores de amoniaco



Anexo 3. Mediciones de gases expuestos en sitio



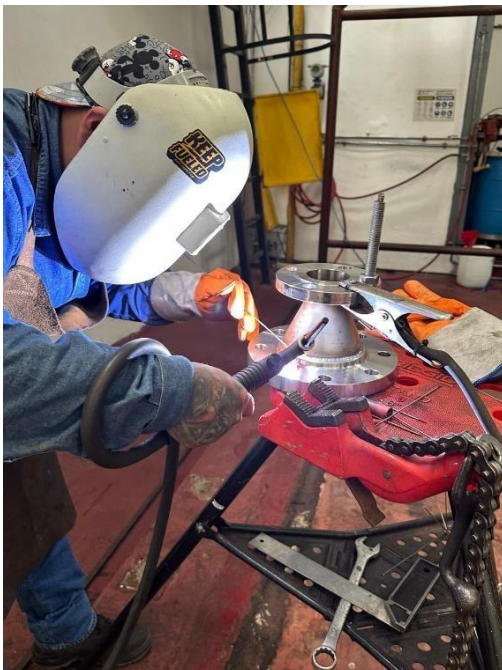
Anexo 4. Acompañamiento y supervisión técnico y operadores de planta



Anexo 5. Medición de emisión de NH3 exposición continua



Anexo 6. Uso de epp correcto



Anexo 7. Compresor abierto

