



Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

**Diseño de un sistema de gestión ambiental basado en la norma ISO
14001:2015 para el cumplimiento de estándares ambientales en la
empresa DyP Steel Masters E.I.R.L.**

Tesis presentada por:

Luza Uchasara, Thalia Melissa

ORCID: 0009-0007-9779-4159

para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Asesor (a):

Mag. Campos Olazaval, Lizbeth Marianella

ORCID: 0000-0002-4272-6948

Arequipa - Perú

2026

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INGENIERIA AMBIENTAL

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 14 de Mayo del 2026

Dictamen: 015020-C-EPIA-2026

Visto el borrador del expediente 015020, presentado por:

2017245792 - LUZA UCHASARA THALIA MELISSA

Titulado:

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL BASADO EN LA NORMA ISO 14001:2015 PARA
EL CUMPLIMIENTO DE ESTÁNDARES AMBIENTALES EN LA EMPRESA DYP STEEL MASTERS
E.I.R.L.**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

Título Profesional/Título de Segunda Especialidad/Grado Académico a optar:

INGENIERO AMBIENTAL

**29727348 - LAZARTE ARREDONDO SONIA
DICTAMINADOR**



**46769238 - CHANOVE MANRIQUE ANDREA MARIETA
DICTAMINADOR**



**43238145 - BENEGAS LLANOS ROSARIO CAROLINA
DICTAMINADOR**



DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL BASADO EN LA NORMA ISO 14001:2015 PARA EL CUMPLIMIENTO DE ESTÁNDARES AMBIENTALES EN LA EMPRESA DYP STEEL MASTERS E.I.R.L.

INFORME DE ORIGINALIDAD

15%	13%	9%	6%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Católica de Santa María	1%
	Trabajo del estudiante	
2	hdl.handle.net	1%
	Fuente de Internet	
3	Submitted to Universidad Internacional de la Rioja	<1%
	Trabajo del estudiante	
4	repositorio.unjfsc.edu.pe	<1%
	Fuente de Internet	
5	Submitted to Instituto Superior de Artes, Ciencias y Comunicación IACC	<1%
	Trabajo del estudiante	
6	repositorio.ucsm.edu.pe	<1%
	Fuente de Internet	
7	repositorio.unasam.edu.pe	
	Fuente de Internet	

Dedicatoria

A Dios, por brindarme la fuerza y sabiduría necesaria en todo este camino académico y profesional.

A mis padres, por su sacrificio incommensurable, amor genuino y por ser mi mayor ejemplo de perseverancia, dedicación y valores.

A mi hermano, por su compañía constante y aliento en los momentos más desafiantes de esta travesía.

A mis amigos(as), especialmente a quienes creyeron en mí desde el inicio, por su apoyo desinteresado y por compartir conmigo esta etapa inolvidable de crecimiento.

Y a todas las personas que, de una u otra forma, me impulsaron a seguir adelante, con sus palabras de aliento, consejos y ejemplo de trabajo

Luza Uchasara, Thalia Melissa

Agradecimientos

Agradezco profundamente a Dios por haberme brindado la fortaleza y la perseverancia necesarias para culminar esta etapa académica.

A mis queridos padres, Lucia y Abdón, por su amor, comprensión y sacrificios constantes. Sin su apoyo incondicional, este logro no habría sido posible.

A mis docentes y asesores de la Universidad Católica de Santa María, por haber compartido conmigo su conocimiento y por guiarme con profesionalismo y paciencia a lo largo de este proceso.

A mi querido hermano Grover, mis amigos, por ser parte esencial del camino recorrido y por brindarme siempre palabras de aliento.

Gracias a todos aquellos que, de una u otra manera, dejaron una huella en esta etapa de mi vida.

Luza Uchasara, Thalia Melissa

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo diseñar una propuesta de Sistema de Gestión Ambiental (SGA) basado en la Norma ISO 14001:2015 para la empresa D&P Steel Masters E.I.R.L., dedicada a la fabricación de productos metálicos estructurales y comercialización de materiales de construcción en Arequipa. El estudio respondió a la necesidad de fortalecer el control de aspectos e impactos ambientales, mejorar la trazabilidad operativa y establecer instrumentos de gestión orientados al cumplimiento de obligaciones ambientales y a la mejora continua.

La investigación fue de tipo propositiva con sustento descriptivo, con enfoque cuantitativo, apoyo documental, observacional y semicuantitativo, y diseño no experimental de corte transversal. El diagnóstico ambiental se desarrolló mediante revisión documental, observación directa, Análisis de Ciclo de Vida (ACV) con alcance puerta a puerta, modelamiento en SimaPro, matriz de Leopold adaptada y evaluación de requisitos vinculados a la Norma ISO 14001:2015. La unidad funcional fue una tonelada de producto metálico estructural terminado.

Los resultados evidenciaron un ingreso de 1,176 kg de acero estructural por tonelada producida, con una merma estimada de 176 kg/t. Asimismo, se determinó un consumo energético de 419.8 kWh/t y emisiones indirectas de 91.5 kg CO₂ eq./t asociadas al uso de electricidad. Los aspectos ambientales significativos priorizados fueron el consumo energético, humos de soldadura, residuos peligrosos, fluidos de corte, ruido y manejo de sustancias. A partir de ello, se diseñaron seis procedimientos operativos estándar, un plan anual de capacitación ambiental y siete indicadores de desempeño ambiental. Se concluye que el SGA propuesto constituye una alternativa técnica viable para fortalecer el control operacional, la gestión documental, el cumplimiento ambiental y la mejora continua de la empresa.

Palabras clave: Sistema de Gestión Ambiental, ISO 14001:2015, análisis de ciclo de vida.

ABSTRACT

The objective of this research was to design an Environmental Management System (EMS) proposal based on ISO 14001:2015 for D&P Steel Masters E.I.R.L., a company engaged in the manufacture of structural metal products and the commercialization of construction materials in Arequipa. The study addressed the need to strengthen the control of environmental aspects and impacts, improve operational traceability, and establish management instruments aimed at environmental compliance and continual improvement.

The research was propositional with descriptive support, using a quantitative approach supported by documentary, observational, and semi-quantitative analysis, under a non-experimental cross-sectional design. The environmental diagnosis was carried out through documentary review, direct observation, a gate-to-gate Life Cycle Assessment (LCA), SimaPro modeling, an adapted Leopold matrix, and the evaluation of requirements related to ISO 14001:2015. The functional unit was one ton of finished structural metal product.

The results showed an input of 1,176 kg of structural steel per ton produced, with an estimated material loss of 176 kg/t. In addition, energy consumption was estimated at 419.8 kWh/t, with indirect emissions of 91.5 kg CO₂ eq./t associated with electricity use. The significant environmental aspects prioritized were energy consumption, welding fumes, hazardous waste, cutting fluids, noise, and chemical substance management. Based on these findings, six standard operating procedures, an annual environmental training plan, and seven environmental performance indicators were designed. It is concluded that the proposed EMS represents a technically feasible alternative to strengthen operational control, document management, environmental compliance, and continual improvement within the company.

Keywords: Environmental Management System, ISO 14001:2015, life cycle assessment.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN.....1

CAPÍTULO I.....3

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 4

1.1. Determinación del problema 4

1.2. Enunciado del problema.....5

1.3. Objetivo general y objetivos específicos 6

1.3.1. Objetivo general 6

1.3.2. Objetivos específicos.....6

1.4. Hipótesis general 6

CAPÍTULO II.....7

2. MARCO TEÓRICO 8

2.1. Antecedentes de la investigación (estado del arte).....8

2.2. Bases teóricas 11

2.2.1. Gestión ambiental empresarial 11

2.2.2. Sistema de Gestión Ambiental basado en ISO 14001:2015 11

2.2.3. Pensamiento de ciclo de vida en ISO 14001:2015 12

2.2.4. Análisis de Ciclo de Vida y alcance puerta a puerta 12

2.2.5. Unidad funcional, límites del sistema y exclusiones 14

2.2.6. Procesos metalmecánicos y aspectos ambientales asociados 15

2.2.7. Aspectos e impactos ambientales significativos 16

2.2.8. Matriz de Leopold adaptada como herramienta semicuantitativa 16

2.2.9. Control operacional y procedimientos operativos estándar 17

2.2.10. Evaluación del desempeño ambiental e indicadores 17

2.2.11. Capacitación, competencia y toma de conciencia ambiental 18

2.2.12. Análisis de brechas ISO 14001:2015 19

2.3. Marco conceptual 19

2.4. Marco legal y normativo aplicable 20

2.5. Marco legal y normativo aplicable al Sistema de Gestión Ambiental propuesto	21
2.5.1. Relación entre obligaciones legales e ISO 14001:2015	24
2.5.2. Ajuste de orden y depuración del apartado	25
2.6. Revisión de literatura.....	25
2.6.1 Estudios previos sobre implementación de ISO 14001	25
2.6.2. Casos exitosos y desafíos en la implementación	26
2.6.3. Vacíos teóricos identificados	26
2.6.4. Enfoques teóricos aplicados	27
2.7. Análisis de Ciclo de Vida (ACV) y su relación con el Sistema de Gestión Ambiental ISO 14001:2015	27
CAPÍTULO III	30
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	31
3.1. Tipo de investigación	31
3.2. Enfoque de investigación	31
3.3. Nivel de investigación	32
3.4. Diseño de investigación.....	32
3.5. Unidad de estudio, población y muestra	33
3.5.1. Unidad de estudio.....	33
3.5.2. Población	33
3.5.3. Muestra	33
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de información	34
3.7. Metodología del Análisis de Ciclo de Vida.....	35
3.7.1. Objetivo del ACV.....	35
3.7.2. Alcance del ACV.....	35
3.7.3. Unidad funcional	37
3.7.4. Límites del sistema.....	37
3.7.5. Inventario del ciclo de vida	38
3.7.6. Configuración del modelamiento en SimaPro para el enfoque puerta a puerta.....	39
3.7.7. Evaluación de impactos ambientales.....	41
3.7.8. Salidas gráficas del modelamiento en SimaPro.....	41
3.8. Identificación y evaluación de aspectos e impactos ambientales	42
3.9. Procedimiento metodológico por fases	43

3.9.1.	Fase 1: Diagnóstico de aspectos e impactos ambientales	43
3.9.2.	Fase 2: Diseño de procedimientos operativos y controles ambientales ...	43
3.9.3.	Fase 3: Formulación del plan de capacitación ambiental	44
3.9.4.	Fase 4: Definición de indicadores de desempeño ambiental	44
3.9.5.	Articulación entre objetivos, metodología y resultados	45
3.10.	Procesamiento y análisis de datos	46
3.11.	Software y bases de datos utilizadas	46
CAPÍTULO IV		47
4.	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	48
4.1.	Evaluación de aspectos e impactos ambientales (Resultados del objetivo específico 1).....	48
4.1.1.	Identificación de aspectos ambientales por operación.....	48
4.1.2.	Análisis de Ciclo de Vida (ACV) cuantitativo	52
4.1.2.1.	Objetivo del ACV.....	53
4.1.2.2.	Unidad funcional	53
4.1.2.3.	Alcance y límites del sistema	53
4.1.2.4.	Inventario de Ciclo de Vida por etapas del proceso	55
4.1.2.5.	Evaluación de impactos ambientales en SimaPro	63
4.1.2.6.	Resultados de la Evaluación de Impacto del Ciclo de Vida	64
4.1.3.	Evaluación de significancia ambiental mediante matriz de Leopold adaptada.....	66
4.1.4.	Síntesis de aspectos significativos priorizados para el diseño del SGA ..	71
4.2.	Diseño de procedimientos operativos y medidas de control ambiental (Resultados del objetivo específico 2).....	72
4.2.1.	Criterios para el diseño de controles operacionales.....	73
4.2.2.	Procedimientos Operativos Estándar propuestos.....	73
4.2.3.	Matriz de partes interesadas	76
4.2.5.	Matriz de requisitos legales y normativos aplicables	82
4.2.6.	Objetivos ambientales y planificación para lograrlos.....	84
4.2.7.	Síntesis de trazabilidad entre diagnóstico y controles propuestos.....	87
4.2.8.	Interpretación del resultado del objetivo específico 2.....	89
4.3.	Propuesta del Plan de Capacitación Ambiental (Resultados del Objetivo 3).....	89
4.3.1.	Criterios para la formulación del plan de capacitación.....	90
4.3.2.	Diagnóstico de necesidades de capacitación	90

4.3.3.	Estrategia metodológica de capacitación.....	93
4.3.4.	Programa anual de capacitación ambiental	93
4.3.5.	Evaluación de la eficacia de la capacitación	96
4.3.6.	Indicadores de seguimiento del plan de capacitación.....	98
4.3.7.	Trazabilidad entre brechas, módulos e indicadores.....	100
4.4.	Indicadores de desempeño ambiental (Resultados del objetivo específico 4) ..	103
4.4.1.	Criterios para la selección de indicadores	103
4.4.2.	Línea base y metas proyectadas.....	108
4.4.3.	Criterios de seguimiento e interpretación	111
4.4.4.	Trazabilidad entre indicadores, objetivos ambientales y mejora continua	113
4.5.	Discusión de Resultados.....	116
4.5.1.	El nexo energía-carbono y la eficiencia operativa.....	116
4.5.2.	Gestión de residuos: de la mezcla a la valorización	117
4.5.3.	Salud ocupacional y cumplimiento normativo	118
4.5.4.	Aporte científico y metodológico del estudio	119
4.6.	Análisis de Brechas — Diagnóstico de Cumplimiento ISO 14001:2015.....	120
4.6.1.	Estado antes: diagnóstico inicial sin Sistema de Gestión Ambiental	120
4.6.2.	Estado después: situación proyectada con el Sistema de Gestión Ambiental diseñado	123
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	126
5.1.	Conclusiones	126
5.2.	Recomendaciones	128
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		131

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Investigaciones nacionales e internacionales vinculadas con ISO 14001, ACV y gestión ambiental en procesos industriales/metalmecánicos	11
Tabla 2. Delimitación del Enfoque de Ciclo de Vida Aplicable a la Tesis	15
Tabla 3. Límites del Sistema Puerta a Puerta para D&P Steel Masters E.I.R.L.....	16
Tabla 4. Relación entre Requisitos ISO 14001:2015 y Productos de la Tesis	20
Tabla 5. Marco Legal y Normativo Vinculado al SGA Propuesto.....	26
Tabla 6. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información	37
Tabla 7. Estructura del Inventario de Ciclo de Vida por Etapas del Proceso.....	41
Tabla 8. Criterios de Configuración de SimaPro para Mantener el Enfoque Puerta a Puerta	44
Tabla 9. Articulación entre Objetivos, Metodología y Resultados.....	50
Tabla 10. Matriz de Identificación de Aspectos e Impactos Ambientales por Etapa del Proceso Productivo	55
Tabla 11. Inventario de Ciclo de Vida por Etapas para la Producción de 1 Tonelada de Producto Metálico Estructural Terminado.....	63
Tabla 12. Resultados del ACV con enfoque puerta a puerta por etapa del proceso y acciones de control del SGA	72
Tabla 13. Matriz de Identificación y Evaluación de Aspectos e Impactos Ambientales (IEIA).....	76
Tabla 14. Síntesis de Aspectos Ambientales Significativos Priorizados para el Diseño del SGA.....	79
Tabla 15. Procedimientos Operativos Estándar Propuestos para el SGA	82
Tabla 16. Matriz de Identificación de Partes Interesadas y Respuesta del SGA	85
Tabla 17. Matriz de Riesgos y Oportunidades del SGA Propuesto.....	87
Tabla 18. Matriz de Requisitos Legales y Normativos Aplicables al SGA Propuesto.....	91
Tabla 19. Matriz de Objetivos Ambientales del SGA Propuesto	94
Tabla 20. Trazabilidad entre Aspectos Significativos, Controles Propuestos e Indicadores.....	96
Tabla 21. Diagnóstico de Necesidades de Capacitación Ambiental	101
Tabla 22. Programa anual de Capacitación Ambiental Vinculado a Aspectos Significativos y POE..	105
Tabla 23. Sistema de Evaluación de la Eficacia de la Capacitación Ambiental.....	108
Tabla 24. Indicadores de Seguimiento del Plan de Capacitación Ambiental	110
Tabla 25. Trazabilidad entre Brechas Detectadas, Módulos de Capacitación e Indicadores	112
Tabla 26. Ficha Técnica de Indicadores de Desempeño Ambiental Propuestos	116
Tabla 27. Línea Base y Metas Proyectadas de los Indicadores Ambientales	120
Tabla 28. Criterios de Interpretación para el Seguimiento de Indicadores.....	124
Tabla 29. Trazabilidad entre Indicadores, Objetivos Ambientales y Controles del SGA	126
Tabla 30. Análisis de Brechas del Diagnóstico de Cumplimiento ISO 14001:2015.....	136
Tabla 31. KPI de la implementación proyectada del Sistema de Gestión Ambiental ISO 14001:2015	139
Tabla 32. Implementación Proyectada del Sistema de Gestión Ambiental Propuesto.....	140
Tabla 33. Base de datos, versión y configuración del modelamiento en SimaPro	228

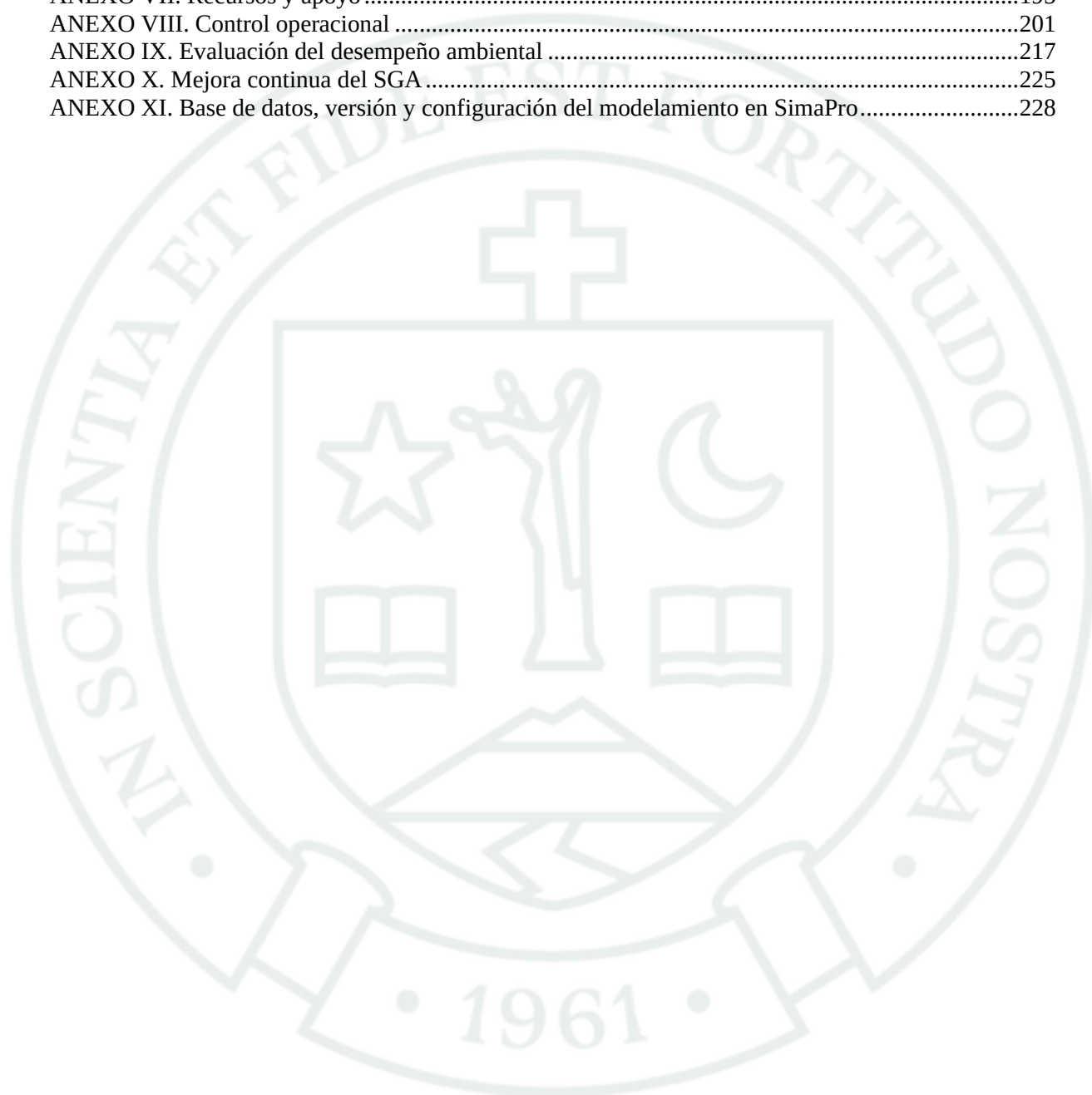
ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Análisis de Ciclo de Vida (ACV)	30
Figura 2. Límites del sistema puerta a puerta para el Análisis de Ciclo de Vida	39
Figura 3. Flujograma metodológico por objetivos específicos.....	50
Figura 4. Límites del Sistema Puerta a Puerta para el ACV del Proceso Metalmecánico.....	60
Figura 5. Resultados del ACV cuantitativo con enfoque puerta a puerta mediante análisis de contribución.....	71
Figura 6. Contribución de la Soldadura a la Categoría de Salud Humana	78



ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO I. Descripción de procesos.....	155
ANEXO II. Alcance del SGA	172
ANEXO III. Referencias normativas del SGA.....	174
ANEXO IV. Contexto de la organización.....	176
ANEXO V. Liderazgo y compromiso	182
ANEXO VI. Planificación ambiental	186
ANEXO VII. Recursos y apoyo	195
ANEXO VIII. Control operacional	201
ANEXO IX. Evaluación del desempeño ambiental	217
ANEXO X. Mejora continua del SGA	225
ANEXO XI. Base de datos, versión y configuración del modelamiento en SimaPro.....	228



INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, la sostenibilidad ambiental ha adquirido una posición central en la agenda global debido al aumento progresivo de los impactos ambientales derivados de las actividades industriales. El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2024) ha advertido que el sector manufacturero representa uno de los mayores contribuyentes a la contaminación del aire, del agua y del suelo, así como al cambio climático, debido al uso intensivo de energía, la generación de residuos peligrosos y las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Ante este panorama, las empresas se han visto obligadas no solo a cumplir con regulaciones ambientales cada vez más estrictas, sino también a incorporar principios de responsabilidad ambiental en su gestión interna.

Una de las herramientas más reconocidas a nivel internacional para enfrentar este desafío es la norma ISO 14001:2015, que proporciona los lineamientos para implementar un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) eficaz. Esta norma ha sido adoptada por más de 300,000 organizaciones en más de 180 países, lo que demuestra su aplicabilidad y eficacia en diferentes contextos productivos. ISO 14001 permite a las empresas identificar sus aspectos ambientales significativos, establecer objetivos medibles, implementar procedimientos de control y fomentar una cultura de mejora continua, todo ello en concordancia con las exigencias legales y el contexto estratégico de cada organización.

Diversos estudios aplicados al sector metalmecánico y a otros contextos industriales muestran que la implementación de sistemas de gestión ambiental basados en ISO 14001 favorece la reducción de impactos, la estandarización de controles, el cumplimiento legal y la mejora del desempeño organizacional. En esa línea, investigaciones como las de Moreno Torres, Muñoz Villalobos et al., Subia Aliaga, Rojas Roque y Saldarriaga Palacios coinciden en que la adopción de un SGA permite identificar aspectos significativos, fortalecer la trazabilidad documental y orientar decisiones de mejora continua con efectos positivos tanto en la competitividad como en la gestión ambiental.

No obstante, el panorama para las pequeñas y medianas empresas (pymes) aún representa un reto importante. A pesar de su papel protagónico en la economía de países en desarrollo, muchas de estas organizaciones no cuentan con herramientas técnicas ni recursos suficientes para implementar sistemas ambientales robustos. En particular, el sector metalmecánico presenta altos niveles de generación de residuos sólidos y peligrosos, emisiones atmosféricas y consumo energético, lo cual agrava la presión ambiental cuando no se dispone

de controles adecuados. En este sector, la aplicación de un SGA puede contribuir significativamente a la eficiencia operativa, el cumplimiento legal y la sostenibilidad a largo plazo.



La empresa D&P Steel Masters E.I.R.L., ubicada en la región Arequipa, representa un ejemplo típico de pyme industrial dedicada a la fabricación de productos metálicos estructurales y comercialización de materiales de construcción. Si bien la empresa ha experimentado un crecimiento sostenido en los últimos años, sus operaciones aún no cuentan con un sistema de gestión ambiental formal, lo que genera riesgos asociados al incumplimiento normativo, ineficiencia en el uso de recursos, y conflictos potenciales con la comunidad y otras partes interesadas. La ausencia de herramientas técnicas para evaluar, controlar y mejorar el desempeño ambiental limita no solo su sostenibilidad, sino también su proyección hacia mercados más exigentes en términos ambientales.

En ese contexto, la presente investigación propone el diseño de un Sistema de Gestión Ambiental basado en la norma ISO 14001:2015, adaptado a las características y necesidades específicas de D&P Steel Masters E.I.R.L. La propuesta se sustenta en una metodología aplicada y sistemática, que incluye un diagnóstico ambiental basado en el Análisis del Ciclo de Vida (ACV) con alcance puerta a puerta, aplicado a las operaciones internas desarrolladas dentro de las instalaciones de la empresa, la identificación de aspectos e impactos significativos, el diseño de procedimientos de control ambiental, la formulación de un plan de capacitación y la definición de indicadores de desempeño ambiental. Esta delimitación responde al modelo operativo real de la empresa, que centra sus actividades en la transformación de materia prima metálica adquirida a proveedores externos, sin involucrar procesos de extracción de recursos ni producción primaria del acero. Todo ello permitirá establecer un marco de gestión ambiental integral que promueva el cumplimiento legal, la mejora continua y la responsabilidad social empresarial.

En suma, este estudio busca demostrar que la implementación de un SGA en una pyme del sector metalmecánico no solo es viable, sino también estratégica. Al generar evidencias técnicas y metodológicas, esta investigación contribuye al fortalecimiento de la gestión ambiental en el ámbito industrial peruano, proponiendo un modelo replicable para empresas que comparten similares condiciones productivas y desafíos ambientales.



CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Determinación del problema

La industria metalmecánica, en particular la fabricación de productos metálicos estructurales y la venta de materiales de construcción, genera impactos ambientales significativos debido a la emisión de contaminantes, generación de residuos peligrosos y el consumo intensivo de recursos naturales. En el caso de Perú, la falta de sistemas adecuados para gestionar estos impactos ha resultado en problemas como la contaminación del aire, agua y suelo, afectando tanto al medio ambiente como a las comunidades cercanas.

A nivel regional, Arequipa enfrenta desafíos ambientales derivados del crecimiento industrial sin una adecuada planificación ambiental.

En el ámbito nacional, Perú ha avanzado en la adopción de normativas ambientales, pero su cumplimiento sigue siendo limitado en sectores industriales clave. Esto no solo afecta la sostenibilidad ambiental, sino que también limita la competitividad internacional de las empresas peruanas. La certificación ISO 14001:2015 no solo mejora el desempeño ambiental, sino que también abre puertas a mercados internacionales más exigentes.

La ausencia de un SGA adecuado en empresas como D&P Steel Masters E.I.R.L. puede resultar en sanciones legales y pérdida de oportunidades comerciales. Además, los costos asociados a la gestión reactiva de problemas ambientales son significativamente mayores que los costos preventivos que implicaría implementar un sistema basado en estándares internacionales.

A nivel social, los trabajadores y comunidades cercanas a estas industrias están expuestos a riesgos ambientales y de salud debido a la emisión de partículas contaminantes y residuos peligrosos. Esto genera una percepción negativa hacia las empresas del sector y limita su aceptación social. Un SGA bien implementado puede mejorar las condiciones laborales y fortalecer las relaciones con las comunidades.

Desde una perspectiva económica, muchas empresas metalmecánicas no han identificado los beneficios financieros asociados con la implementación de un SGA. Estos incluyen ahorro en costos operativos, reducción de multas por incumplimientos legales y

acceso a incentivos gubernamentales o programas internacionales que promueven prácticas sostenibles.

El diseño e implementación de un SGA basado en ISO 14001:2015 representa una oportunidad estratégica para D&P Steel Masters E.I.R.L. Este sistema no solo permite cumplir con las normativas legales vigentes, sino también establecer una cultura organizacional orientada hacia la mejora continua y la sostenibilidad.

Finalmente, en un contexto global donde los mercados valoran cada vez más los productos sostenibles, las empresas peruanas deben adaptarse a estas tendencias para mantenerse competitivas. La implementación del SGA posicionará a D&P Steel Masters E.I.R.L. como líder regional en prácticas sostenibles dentro del sector metalmeccánico.

Las empresas metalmeccánicas, como D&P Steel Masters E.I.R.L., contribuyen al deterioro ambiental debido a prácticas poco sostenibles, lo que genera conflictos con las comunidades locales y pone en riesgo la biodiversidad. La implementación de un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) basado en ISO 14001:2015 podría mitigar estos impactos.

1.2. Enunciado del problema

La industria metalmeccánica, como es el caso de D&P Steel Masters E.I.R.L., enfrenta serias deficiencias en la gestión ambiental debido a la ausencia de un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) adecuado, lo cual ha conllevado a la emisión de contaminantes, generación de residuos peligrosos y uso intensivo de recursos naturales. Esta situación no solo agrava la contaminación del aire, agua y suelo en el entorno regional de Arequipa, sino que también expone a trabajadores y comunidades locales a riesgos ambientales y de salud. A nivel nacional, aunque existen normativas ambientales, su cumplimiento en el sector metalmeccánico es limitado, afectando la sostenibilidad empresarial y restringiendo el acceso a mercados internacionales más exigentes. La carencia de un enfoque preventivo y sistemático, como el que propone la norma ISO 14001:2015, incrementa los costos operativos por sanciones y gestión reactiva, deteriora la imagen empresarial y limita la competitividad. En este contexto, se evidencia la necesidad urgente de implementar un SGA en D&P Steel Masters E.I.R.L. que permita mitigar los impactos ambientales, mejorar las condiciones laborales, fortalecer el vínculo con la comunidad y potenciar su proyección comercial en un entorno cada vez más orientado hacia la sostenibilidad.

1.3. Objetivo general y objetivos específicos

1.3.1. Objetivo general

Desarrollar una propuesta de Sistema de Gestión Ambiental basada en la Norma ISO 14001:2015 orientada a fortalecer el control de aspectos e impactos ambientales y el cumplimiento de las obligaciones ambientales aplicables en la empresa D&P Steel Masters E.I.R.L.

1.3.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar los aspectos e impactos ambientales de los procesos productivos de D&P Steel Masters E.I.R.L. mediante la aplicación del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) y una matriz de significancia ambiental.
- Diseñar procedimientos operativos y medidas de control ambiental alineados con los requisitos de la norma ISO 14001:2015, orientados a la mitigación de riesgos ambientales en cada etapa del proceso productivo.
- Elaborar un plan de capacitación dirigido al personal de D&P Steel Masters E.I.R.L., enfocado en el manejo adecuado de residuos, el uso eficiente de los recursos y el cumplimiento de la normativa ambiental aplicable.
- Establecer indicadores de desempeño ambiental para monitorear y evaluar la eficacia del Sistema de Gestión Ambiental propuesto, promoviendo la mejora continua de las operaciones.

1.4. Hipótesis general

El diseño de un Sistema de Gestión Ambiental basado en la norma ISO 14001:2015 permitirá fortalecer la gestión ambiental de D&P Steel Masters E.I.R.L. mediante la identificación de aspectos e impactos significativos, la definición de controles operacionales, la capacitación del personal y el establecimiento de indicadores de desempeño orientados al cumplimiento de obligaciones ambientales y a la mejora continua.



2. MARCO TEÓRICO

El presente marco teórico se reformula bajo el enfoque puerta a puerta (gate-to-gate), debido a que el alcance central de la investigación se concentra en las operaciones internas desarrolladas por D&P Steel Masters E.I.R.L., desde el ingreso de materias primas e insumos al establecimiento productivo hasta la salida del producto metálico estructural terminado. Esta delimitación permite sostener la coherencia entre el diagnóstico ambiental, el Análisis de Ciclo de Vida (ACV), la matriz de aspectos e impactos, los procedimientos operativos, los indicadores de desempeño ambiental y la propuesta de Sistema de Gestión Ambiental (SGA) basada en la Norma ISO 14001:2015.

Bajo esta orientación, el ACV no se plantea como un estudio de cuna a puerta ni de cuna a tumba, sino como un instrumento técnico de diagnóstico aplicado al sistema operativo controlado por la empresa. Por tanto, las etapas externas vinculadas a extracción de minerales, producción primaria del acero, fabricación externa de insumos, uso del producto por el cliente, reciclaje o disposición final pueden reconocerse como información contextual o complementaria, pero no constituyen el límite metodológico principal del estudio.

2.1. Antecedentes de la investigación (estado del arte)

Los antecedentes vinculados con sistemas de gestión ambiental en empresas industriales y metalmecánicas evidencian que la identificación de aspectos ambientales, la evaluación de impactos, el control operacional, la capacitación y el seguimiento mediante indicadores son componentes recurrentes en los estudios orientados a ISO 14001:2015. En el caso de empresas metalmecánicas, los impactos más frecuentes se asocian al consumo de energía eléctrica, generación de residuos metálicos, residuos peligrosos, humos de soldadura, material particulado, ruido, uso de consumibles y deficiencias documentales en la trazabilidad ambiental.

Subia Aliaga (2019) analizó una empresa metalmecánica ubicada en Arequipa con el propósito de determinar aspectos e impactos ambientales para la implementación de un SGA basado en la NTP ISO 14001:2015. Su aporte principal radica en la identificación de subprocesos operativos y aspectos significativos, lo cual resulta pertinente para investigaciones que buscan diagnosticar el desempeño ambiental de talleres o plantas de fabricación metálica.

Muñoz Villalobos et al. (2019) evaluaron la situación ambiental de una empresa metalmecánica y formularon un plan de gestión ambiental alineado con ISO 14001:2015. El estudio evidenció la relevancia de gestionar residuos sólidos peligrosos, consumo de recursos y cultura ambiental organizacional. Este antecedente permite reforzar la necesidad de que el diseño del SGA no se limite al cumplimiento documental, sino que articule controles operacionales verificables.

Rojas Roque (2019) desarrolló una propuesta de implementación de ISO 14001:2015 en una empresa de fundición y maestranza industrial, identificando aspectos ambientales asociados a emisiones, residuos y procesos productivos. Este antecedente es relevante porque muestra la aplicabilidad de ISO 14001:2015 en empresas dedicadas a fabricación, mantenimiento y reparación de componentes metálicos, actividades que guardan similitud técnica con el caso de D&P Steel Masters E.I.R.L.

Saldarriaga Palacios (2021) evaluó la actualización de un SGA bajo ISO 14001:2015 en una empresa industrial, destacando el valor del diagnóstico de cumplimiento, la evaluación de brechas y el diseño de matrices para alcanzar mayor consistencia normativa. Este enfoque resulta útil para la presente investigación, pues el análisis de brechas permite contrastar la situación inicial de la empresa frente a los requisitos del sistema propuesto.

Rodríguez Usnay et al. (2023) diseñaron un sistema integrado de gestión para una empresa de fabricaciones y reparaciones metálicas, articulando calidad, ambiente y seguridad y salud en el trabajo. Aunque su alcance excede al SGA ambiental, el antecedente evidencia que los procesos metalmecánicos requieren un enfoque sistémico, liderazgo organizacional, documentación controlada y participación del personal para mejorar el desempeño ambiental.

Desde una perspectiva internacional y sectorial, la Agencia Internacional de Energía advierte que la industria del hierro y acero mantiene alta relevancia ambiental por su consumo energético y emisiones de CO₂, por lo que las estrategias de eficiencia material y optimización de procesos son claves para reducir impactos a lo largo de la cadena de valor (International Energy Agency [IEA], 2023). Asimismo, World Steel Association (2024) reporta indicadores de sostenibilidad para el sector acero, reforzando la importancia de controlar intensidad energética, intensidad de emisiones y eficiencia en el uso de materiales dentro de los procesos industriales.

Tabla 1

Investigaciones nacionales e internacionales vinculadas con ISO 14001, ACV y gestión ambiental en procesos industriales/metalmecánicos

Ámbito	Autor(es) y año	Contexto	Aporte principal	Relación con la tesis
Nacional	Subia Aliaga (2019)	Empresa metalmecánica en Arequipa	Identificación de subprocesos, aspectos e impactos ambientales significativos.	Sustenta el diagnóstico ambiental por operación interna.
Nacional	Muñoz Villalobos et al. (2019)	Empresa metalmecánica	Plan de gestión ambiental con énfasis en residuos, consumo de recursos y cultura ambiental.	Refuerza la necesidad de controles operacionales y capacitación.
Nacional	Rojas Roque (2019)	Fundición y maestranza industrial	Diagnóstico ambiental e identificación de impactos asociados a emisiones y residuos.	Aporta similitud técnica con procesos de fabricación metálica.
Nacional	Saldarr iaga Palacios (2021)	Empresa industrial	Evaluación e cumplimiento IS O 14001:2015 y análisis de brechas.	Sustenta la comparación entre situación inicial y condición proyectada.
Nacional	Rodríguez Usnay et al. (2023)	Empresa de fabricaciones metálicas	Diseño de sistema integrado de gestión con componentes ambientales.	Refuerza liderazgo, documentación y enfoque sistémico.

Internacional	Joy-Camacho et al. (2024)	Pymes industriales	Análisis de la aplicabilidad de sistemas de gestión ambiental en empresas con limitaciones de recursos.	Sustenta que el SGA debe ser gradual, medible y adaptado a la capacidad real de la empresa.
Internacional	Kafel et al. (2022)	Pymes y economía circular	Vinculación de sistemas de gestión ambiental con eficiencia material y circularidad.	Sustenta la valorización de retales, chatarra y reducción de mermas metálicas.
Internacional	International Energy Agency - IEA (2023)	Sector hierro y acero	Identificación de la relevancia energética y climática del acero y de las medidas de eficiencia material.	Contextualiza la importancia del acero como flujo dominante y la necesidad de eficiencia material/energética.
Internacional	IEA (2023); World Steel Association (2024)	Industria siderúrgica mundial	Reporte de indicadores de sostenibilidad: intensidad de CO ₂ , eq./t energía, eficiencia material y EMS.	Permite contrastar el resultado de 1,150 kg CO ₂ con benchmarks sectoriales, sin confundir producción primaria con proceso metalmeccánico puerta a puerta.

Nota. La tabla sintetiza antecedentes directamente vinculados con sistemas de gestión ambiental, procesos metalmeccánicos y evaluación ambiental de operaciones industriales. Los antecedentes más antiguos se emplean como soporte temático, mientras que las fuentes recientes y oficiales refuerzan el enfoque conceptual y metodológico del capítulo.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Gestión ambiental empresarial

La gestión ambiental empresarial constituye un conjunto de decisiones, responsabilidades, procedimientos, controles e instrumentos orientados a prevenir, reducir y controlar los impactos ambientales derivados de las actividades, productos y servicios de una organización. En el ámbito industrial, su aplicación adquiere relevancia porque permite integrar el cumplimiento legal, la eficiencia en el uso de recursos, la prevención de la contaminación, la mejora continua y la relación con las partes interesadas.

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente señala que el uso intensivo de recursos naturales, energía y materiales continúa siendo uno de los factores críticos de presión ambiental global, especialmente en actividades productivas asociadas a transformación de materiales, manufactura y construcción (United Nations Environment Programme [UNEP], 2024). En consecuencia, las empresas industriales requieren sistemas de gestión que permitan identificar los puntos críticos de consumo, emisión y generación de residuos, aun cuando su análisis se limite a los procesos bajo control directo de la organización.

2.2.2. Sistema de Gestión Ambiental basado en ISO 14001:2015

Un Sistema de Gestión Ambiental es una estructura organizacional que permite gestionar las responsabilidades ambientales de manera sistemática. La Norma ISO 14001:2015 especifica los requisitos para establecer, implementar, mantener y mejorar continuamente un SGA, de modo que la organización pueda gestionar sus responsabilidades ambientales de forma eficaz y coherente con su contexto estratégico (International Organization for Standardization [ISO], 2015).

La estructura de ISO 14001:2015 se organiza en torno al ciclo PHVA: planificar, hacer, verificar y actuar. En la etapa de planificación se identifican el contexto de la organización, las partes interesadas, los aspectos ambientales, las obligaciones de cumplimiento, los riesgos y oportunidades y los objetivos ambientales. En la etapa de hacer se desarrollan recursos, competencias, comunicación, información documentada y controles operacionales. En la etapa de verificar se evalúa el desempeño ambiental mediante seguimiento, medición, análisis, auditoría interna y revisión por la dirección. Finalmente, la etapa de actuar se orienta a la mejora continua y a la atención de no conformidades.

ISO 14004:2016 complementa a ISO 14001:2015 al ofrecer directrices para establecer, implementar, mantener y mejorar un SGA robusto, creíble y confiable, aplicable a organizaciones de cualquier tamaño y sector (ISO, 2016). En una empresa metalmecánica de pequeña o mediana escala, estas directrices permiten adaptar los requisitos de la norma a la realidad operativa, evitando que el sistema se limite a documentos formales sin aplicación en los procesos productivos.

2.2.3. Pensamiento de ciclo de vida en ISO 14001:2015

El pensamiento de ciclo de vida incorporado por ISO 14001:2015 no exige necesariamente desarrollar un ACV completo de cuna a tumba. La propia orientación de ISO indica que la organización debe considerar los aspectos ambientales de sus actividades, productos y servicios que puede controlar o sobre los que puede influir, incluyendo etapas como adquisición de materias primas, diseño, producción, transporte, uso y tratamiento al final de la vida, según corresponda a su contexto (ISO, 2015).

En ese sentido, el pensamiento de ciclo de vida debe entenderse como un criterio de gestión que permite no trasladar impactos de una etapa a otra y mejorar la toma de decisiones ambientales. Sin embargo, su aplicación puede delimitarse de acuerdo con el objetivo del estudio, la disponibilidad de información, la capacidad de control de la organización y la unidad funcional definida. Por ello, una tesis centrada en el diagnóstico interno de una empresa puede adoptar un enfoque puerta a puerta, siempre que declare con precisión los límites del sistema y las exclusiones metodológicas.

2.2.4. Análisis de Ciclo de Vida y alcance puerta a puerta

El Análisis de Ciclo de Vida es una herramienta metodológica que permite evaluar aspectos ambientales e impactos potenciales asociados a un sistema de producto mediante la compilación de entradas y salidas, la evaluación de impactos y la interpretación de resultados. ISO 14040:2006 establece los principios y el marco general del ACV, incluyendo la definición de objetivo y alcance, el análisis de inventario, la evaluación de impacto y la interpretación (ISO, 2006a). ISO 14044:2006 desarrolla los requisitos y directrices para la ejecución del análisis, por lo que ambas normas constituyen la base metodológica internacional del ACV (ISO, 2006b).

El alcance puerta a puerta, también denominado gate-to-gate, delimita el análisis a una sección específica del ciclo de vida, normalmente un proceso productivo o una instalación

industrial. En la presente tesis, este enfoque comprende las operaciones internas de D&P Steel Masters E.I.R.L., desde el ingreso de materias primas e insumos hasta la salida del producto metálico estructural terminado. Esta delimitación resulta metodológicamente pertinente porque la investigación busca diseñar un SGA aplicable a los procesos que la empresa controla directamente.

A diferencia del enfoque cuna a puerta, que incorpora etapas previas como extracción de recursos, producción primaria de materiales y transporte hasta la planta, el enfoque puerta a puerta no atribuye al diagnóstico principal los impactos generados antes del ingreso de los insumos a la empresa. Del mismo modo, se diferencia del enfoque cuna a tumba, que incluye uso, mantenimiento, reciclaje, tratamiento y disposición final. Por tanto, los resultados del ACV puerta a puerta deben interpretarse como impactos potenciales asociados al proceso interno evaluado, no como impactos totales del producto en toda su cadena de vida.

Tabla 2

Delimitación del Enfoque de Ciclo de Vida Aplicable a la Tesis

Tipo de alcance		Etapas incluidas	Etapas excluidas	Aplicación en la tesis
Cuna puerta (cradle-to-gate)	a	Extracción, producción de materias primas, transporte e ingreso a planta.	Uso y disposición final del producto.	Puede usarse solo como información contextual o anexo complementario.
Puerta puerta (gate-to-gate)	a	Procesos internos desde ingreso de insumos hasta producto terminado.	Extracción, producción externa de insumos, uso, reciclaje y disposición final.	Constituye el alcance central del diagnóstico ambiental y del ACV de la tesis.
Cuna tumba (cradle-to-grave)	a	Todas las etapas del ciclo de vida del producto.	No aplica exclusión general, salvo delimitaciones justificadas.	No corresponde al alcance metodológico de la tesis.
Cuna a cuna (cradle-to-cradle)		Ciclo cerrado, recuperación, reutilización o reincorporación productiva.	No se centra en disposición final o lineal.	No corresponde al enfoque del estudio, salvo como referencia teórica general.

Nota. El alcance adoptado para la tesis es puerta a puerta. La información de cuna a puerta puede mantenerse únicamente como soporte complementario en anexos, sin mezclarse con los resultados principales del diagnóstico ambiental.

2.2.5. Unidad funcional, límites del sistema y exclusiones

La unidad funcional constituye la referencia cuantitativa frente a la cual se normalizan las entradas y salidas del sistema evaluado. En estudios industriales, su definición permite comparar consumos de energía, generación de residuos, emisiones e impactos potenciales en una base común. Para una empresa metalmecánica, una unidad funcional como una tonelada de producto metálico estructural permite expresar de manera técnica los flujos de acero, electricidad, consumibles de soldadura, discos abrasivos, residuos metálicos, residuos peligrosos y emisiones asociadas al proceso.

Los límites del sistema establecen qué procesos se incluyen y cuáles quedan fuera del análisis. En la presente investigación, el límite inicial corresponde al ingreso de materias primas e insumos a las instalaciones de D&P Steel Masters E.I.R.L.; el límite final corresponde a la salida del producto terminado. Se excluyen la extracción minera, la fabricación primaria del acero, la producción externa de consumibles, el transporte previo no controlado por la empresa, el uso del producto por el cliente, el mantenimiento, el desmontaje, el reciclaje y la disposición final. Estas exclusiones deben declararse expresamente para evitar interpretar el ACV como cuna a puerta o cuna a tumba.

Tabla 3

Límites del Sistema Puerta a Puerta para D&P Steel Masters E.I.R.L.

Componente del sistema		Condición	Justificación metodológica	Relación con el SGA
Ingreso de acero, perfiles, planchas e insumos		Incluido	Marca el inicio del sistema evaluado.	Permite controlar recepción, almacenamiento y uso eficiente de materiales.
Corte, habilitado y mecanizado		Incluido	Operaciones internas con consumo energético y generación de residuos metálicos.	Requiere controles de residuos, orden, limpieza y mantenimiento.
Soldadura y armado estructural		Incluido	Proceso crítico por uso de consumibles,	Requiere controles de ventilación, manejo de residuos y capacitación.

		energía y generación de humos.
Esmerilado, acabado y limpieza	Incluido	Etapa asociada a partículas, ruido y residuos de abrasivos. Requiere controles operacionales y medidas preventivas.
Almacenamiento y despacho del producto terminado	Incluido	Marca el cierre del sistema puerta a puerta. Permite establecer orden, segregación y prevención de incidentes.
Extracción y producción primaria del acero	Excluido	Ocurre antes del ingreso de materiales y no es controlado por la empresa. Puede considerarse solo como contexto o anexo complementario.
Uso, mantenimiento, reciclaje o disposición final	Excluido	Corresponde a etapas posteriores a la salida del producto. No forma parte del diagnóstico central de la tesis.

Nota. La delimitación del sistema permite mantener coherencia entre el ACV, los resultados, los controles operacionales y los indicadores ambientales del SGA propuesto.

2.2.6. Procesos metalmecánicos y aspectos ambientales asociados

La fabricación de productos metálicos estructurales comprende actividades de recepción de materia prima, almacenamiento, corte, perforado, mecanizado, soldadura, armado, esmerilado, acabado, limpieza y despacho. En cada etapa se generan aspectos ambientales que pueden interactuar con el ambiente a través del consumo de recursos, emisiones atmosféricas, generación de residuos, ruido, manejo de sustancias o generación de material particulado.

En el enfoque puerta a puerta, el acero estructural se interpreta como un flujo de entrada al sistema operativo, no como una etapa de obtención o producción primaria del material. Por ello, cuando el inventario ambiental muestra que el acero representa una alta contribución relativa, dicha interpretación debe formularse como predominancia del material ingresado en el sistema evaluado, no como impacto de extracción minera o producción siderúrgica. Esta

precisión evita una inconsistencia metodológica entre el alcance declarado y los resultados reportados.

La etapa de soldadura adquiere especial importancia ambiental por el consumo de energía, uso de electrodos o alambres, generación de humos metálicos, residuos de consumibles y necesidad de condiciones adecuadas de ventilación y manejo. El esmerilado y acabado, por su parte, se asocian con partículas, ruido, desgaste de discos abrasivos y residuos sólidos. Estas etapas justifican la necesidad de procedimientos operativos estándar, capacitación ambiental y seguimiento mediante indicadores.

2.2.7. Aspectos e impactos ambientales significativos

ISO 14001:2015 define el aspecto ambiental como el elemento de las actividades, productos o servicios de una organización que interactúa o puede interactuar con el ambiente, mientras que el impacto ambiental corresponde al cambio en el ambiente, adverso o beneficioso, que resulta total o parcialmente de dichos aspectos (ISO, 2015). En la presente tesis, los aspectos ambientales se identifican por operación interna y se evalúan considerando criterios de magnitud, frecuencia, severidad, control, cumplimiento legal y posibilidad de mejora.

La significancia ambiental permite priorizar los aspectos que requieren controles operacionales más estrictos. En un SGA, esta priorización resulta esencial porque orienta los objetivos ambientales, los procedimientos, la capacitación y los indicadores. Por ejemplo, si el consumo de energía en corte y soldadura, la generación de residuos metálicos o el manejo de residuos peligrosos presentan mayor relevancia, el sistema debe concentrar sus controles en eficiencia energética, segregación, almacenamiento temporal, trazabilidad documental y reducción de desperdicios.

2.2.8. Matriz de Leopold adaptada como herramienta semicuantitativa

La matriz de Leopold constituye una herramienta clásica de identificación y valoración de impactos ambientales, basada en la relación entre actividades del proyecto y componentes ambientales potencialmente afectados (Leopold et al., 1971). En estudios aplicados a empresas en operación, suele adaptarse para evaluar actividades productivas internas, asignando criterios semicuantitativos que permiten priorizar impactos de acuerdo con su magnitud e importancia.

En el contexto de esta tesis, la matriz de Leopold adaptada se emplea como complemento del ACV puerta a puerta. Mientras el ACV organiza entradas, salidas e impactos potenciales del sistema productivo, la matriz permite valorar la significancia ambiental de los aspectos identificados por operación. Esta combinación es metodológicamente pertinente porque integra una lectura cuantitativa o semicuantitativa de flujos con una priorización ambiental orientada al diseño del SGA.

2.2.9. Control operacional y procedimientos operativos estándar

El control operacional es un componente central de ISO 14001:2015, ya que permite asegurar que las actividades asociadas a aspectos ambientales significativos se desarrollen bajo condiciones planificadas. En una empresa metalmecánica, los controles operacionales deben enfocarse en segregación de residuos, manejo de residuos peligrosos, almacenamiento de insumos, mantenimiento de equipos, ventilación en soldadura, orden y limpieza, uso eficiente de energía y respuesta ante incidentes ambientales.

Los procedimientos operativos estándar permiten traducir los requisitos del SGA en instrucciones aplicables a las áreas de trabajo. Un procedimiento ambiental bien formulado debe definir objetivo, alcance, responsabilidades, actividades, registros, indicadores asociados y criterios de verificación. En una tesis de diseño, estos procedimientos constituyen productos técnicos de la propuesta, pero no deben presentarse como evidencia de implementación real si no fueron ejecutados durante el periodo de estudio.

2.2.10. Evaluación del desempeño ambiental e indicadores

La evaluación del desempeño ambiental permite medir, analizar y comunicar los resultados ambientales de una organización con base en información confiable y verificable. ISO 14031:2021 proporciona directrices para diseñar y utilizar evaluaciones de desempeño ambiental mediante indicadores adecuados a la naturaleza, tamaño y complejidad de la organización (ISO, 2021).

En el SGA propuesto, los indicadores deben relacionarse directamente con los aspectos significativos identificados bajo el enfoque puerta a puerta. Entre los indicadores aplicables a procesos metalmecánicos se encuentran consumo de energía por tonelada producida, generación de residuos metálicos por tonelada, generación de residuos peligrosos, porcentaje de segregación adecuada, cumplimiento de capacitaciones ambientales, cumplimiento de

requisitos legales y número de incidentes ambientales registrados. Estos indicadores permiten verificar la evolución del sistema una vez que sea implementado por la empresa.

Tabla 4

Relación entre Requisitos ISO 14001:2015 y Productos de la Tesis

Componente ISO 14001:2015	Contenido técnico	Producto en la tesis	Vínculo con enfoque puerta a puerta
Contexto de la organización	Comprensión de condiciones internas, externas y partes interesadas.	Matriz de contexto y partes interesadas.	Delimita el sistema gestionable por la empresa.
Planificación	Aspectos ambientales, obligaciones de cumplimiento, riesgos y oportunidades.	Matriz de aspectos e impactos, matriz legal y matriz de riesgos.	Prioriza operaciones internas con mayor significancia ambiental.
Apoyo	Recursos, competencias, comunicación e información documentada.	Plan de capacitación y control documental.	Fortalece capacidades del personal operativo.
Operación	Controles operacionales y preparación ante emergencias.	Procedimientos operativos estándar.	Controla corte, soldadura, esmerilado, residuos y almacenamiento.
Evaluación del desempeño	Seguimiento, medición, análisis y evaluación.	Indicadores de desempeño ambiental.	Mide resultados de procesos dentro del límite puerta a puerta.
Mejora	No conformidades, acciones correctivas y mejora continua.	Lineamientos de mejora y análisis de brechas.	Permite proyectar mejora del sistema propuesto.

Nota. La relación presentada permite demostrar que los productos de la tesis responden a los requisitos centrales de ISO 14001:2015 y al alcance operativo declarado.

2.2.11. Capacitación, competencia y toma de conciencia ambiental

La capacitación ambiental constituye un mecanismo de apoyo para asegurar que el personal comprenda los aspectos ambientales asociados a sus actividades, los controles operacionales establecidos y las consecuencias de no cumplir los procedimientos. ISO

14001:2015 exige que la organización determine la competencia necesaria de las personas que realizan trabajos bajo su control y que pueden afectar el desempeño ambiental (ISO, 2015).

En procesos metalmecánicos, la capacitación debe orientarse a segregación de residuos, manejo de residuos peligrosos, respuesta ante derrames, eficiencia energética, orden y limpieza, uso responsable de consumibles, control de emisiones en soldadura y registro de información ambiental. En una tesis de diseño, el plan de capacitación se formula como componente preventivo del SGA propuesto y permite articular el diagnóstico ambiental con la mejora de prácticas operativas.

2.2.12. Análisis de brechas ISO 14001:2015

El análisis de brechas es una herramienta que permite comparar la situación actual de una organización frente a un estándar de referencia. En el caso de ISO 14001:2015, permite identificar requisitos no desarrollados, documentos inexistentes, controles débiles, ausencia de indicadores, falta de capacitación o incumplimientos potenciales. Su valor en una investigación propositiva radica en mostrar la diferencia entre la línea base ambiental y la condición proyectada mediante el SGA diseñado.

El análisis de brechas no debe interpretarse como una certificación ni como evidencia de cumplimiento total. Su propósito es identificar oportunidades de mejora y sustentar técnicamente la propuesta. Por ello, la redacción de resultados debe evitar afirmar que el sistema fue implementado si únicamente fue diseñado. La formulación adecuada es señalar que el SGA propuesto permitiría fortalecer el control ambiental y facilitar una futura implementación, siempre que la empresa asigne recursos, responsabilidades y seguimiento.

2.3. Marco conceptual

Sistema de Gestión Ambiental: conjunto de elementos interrelacionados que permiten establecer política ambiental, objetivos, procesos, responsabilidades y controles para gestionar los aspectos ambientales de una organización y mejorar su desempeño ambiental.

Aspecto ambiental: elemento de las actividades, productos o servicios de una organización que interactúa o puede interactuar con el ambiente. En la presente tesis, los aspectos se identifican dentro de las operaciones internas de D&P Steel Masters E.I.R.L.

Impacto ambiental: cambio en el ambiente, adverso o beneficioso, que resulta total o parcialmente de los aspectos ambientales de una organización. En el enfoque puerta a puerta, el impacto se interpreta dentro del proceso productivo evaluado.

Análisis de Ciclo de Vida puerta a puerta: aplicación del ACV limitada a una etapa o conjunto de procesos internos de una organización, desde el ingreso de insumos hasta la salida del producto terminado, sin incluir etapas anteriores o posteriores del ciclo de vida.

Unidad funcional: referencia cuantitativa que permite normalizar entradas, salidas e impactos potenciales. En procesos metalmecánicos puede expresarse por tonelada de producto metálico estructural terminado.

Control operacional: conjunto de procedimientos, criterios y registros destinados a asegurar que las actividades asociadas a aspectos significativos se ejecuten bajo condiciones planificadas.

Indicador de desempeño ambiental: variable cuantitativa o cualitativa que permite medir el comportamiento ambiental de una organización, proceso o actividad en relación con objetivos, metas o requisitos de gestión.

Mejora continua: proceso recurrente de optimización del SGA para mejorar el desempeño ambiental, fortalecer el cumplimiento de obligaciones y reducir riesgos asociados a los aspectos ambientales significativos.

2.4. Marco legal y normativo aplicable

El marco legal ambiental aplicable al diseño del SGA se sustenta en normas generales de gestión ambiental, regulación de residuos sólidos, obligaciones de cumplimiento y estándares ambientales relacionados con el proceso metalmecánico. La Ley General del Ambiente, Ley N.º 28611, constituye la norma ordenadora del marco legal ambiental peruano y establece principios vinculados al derecho a un ambiente saludable, prevención, responsabilidad ambiental, acceso a la información y gestión ambiental (Congreso de la República del Perú, 2005).

En materia de residuos, el Decreto Legislativo N.º 1278 aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos y establece obligaciones orientadas a la minimización, valorización, manejo adecuado y disposición final segura de residuos (Ministerio del Ambiente

[MINAM], 2016). Su Reglamento, aprobado mediante Decreto Supremo N.º 014-2017-MINAM, desarrolla criterios para la gestión y manejo de residuos sólidos, incluyendo aspectos vinculados a generación, almacenamiento, transporte, valorización y disposición final (MINAM, 2017).



Asimismo, el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental cumple funciones de promoción y verificación del cumplimiento de obligaciones ambientales en los agentes económicos (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA], 2024). Para una empresa metalmecánica, la identificación de obligaciones de cumplimiento debe integrarse al SGA mediante una matriz legal actualizable, que permita vincular cada requisito con procesos, responsables, evidencias y frecuencia de verificación.

2.5. Marco legal y normativo aplicable al Sistema de Gestión Ambiental propuesto

El marco legal y normativo de la presente investigación comprende el conjunto de disposiciones legales nacionales, reglamentos ambientales y normas técnicas internacionales que sustentan el diseño del Sistema de Gestión Ambiental propuesto para D&P Steel Masters E.I.R.L. Esta sección no se orienta a desarrollar un análisis jurídico exhaustivo, sino a identificar las principales referencias legales y técnicas que guardan relación directa con la gestión ambiental de una empresa metalmecánica, especialmente en materia de prevención de impactos, manejo de residuos sólidos, control operacional, evaluación del desempeño y mejora continua.

En el contexto peruano, la Ley General del Ambiente establece el marco ordenador de la gestión ambiental nacional y reconoce el derecho de toda persona a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el desarrollo de la vida. Esta norma también establece principios como prevención, responsabilidad ambiental, internalización de costos y sostenibilidad, los cuales resultan pertinentes para orientar la política ambiental, los objetivos y los controles operacionales del SGA propuesto (Congreso de la República del Perú, 2005).

Asimismo, la gestión de residuos sólidos constituye uno de los componentes legales más relevantes para una empresa metalmecánica, debido a la generación de residuos metálicos, residuos comunes, envases, consumibles usados, material particulado, residuos de limpieza y posibles residuos peligrosos asociados a actividades de soldadura, esmerilado, mantenimiento y manipulación de insumos. En ese sentido, el Decreto Legislativo N.º 1278 establece derechos, obligaciones, atribuciones y responsabilidades vinculadas a la gestión integral de residuos sólidos, mientras que el Decreto Supremo N.º 014-2017-MINAM desarrolla disposiciones específicas sobre minimización, segregación, almacenamiento, valorización, transporte y disposición final (Ministerio del Ambiente, 2017a; Ministerio del Ambiente, 2017b).

Desde el punto de vista normativo internacional, la ISO 14001:2015 constituye la referencia técnica principal para el diseño del Sistema de Gestión Ambiental, al establecer requisitos para implementar, mantener y mejorar un SGA. En esta investigación, la norma se utiliza como estructura metodológica para organizar el contexto de la organización, liderazgo, planificación, apoyo, operación, evaluación del desempeño y mejora continua (International Organization for Standardization [ISO], 2015).

De manera complementaria, las normas ISO 14040:2006 e ISO 14044:2006 sustentan el uso del Análisis de Ciclo de Vida como herramienta de diagnóstico ambiental, particularmente en lo referido a la definición del objetivo y alcance, inventario de ciclo de vida, evaluación de impactos e interpretación de resultados. Para esta tesis, dichas normas respaldan la delimitación metodológica del ACV con enfoque puerta a puerta, centrado en las operaciones internas de D&P Steel Masters E.I.R.L., desde el ingreso de materias primas e insumos hasta la salida del producto metálico estructural terminado (ISO, 2006a; ISO, 2006b).

Finalmente, la ISO 14031:2021 aporta criterios para la evaluación del desempeño ambiental mediante indicadores, lo cual resulta coherente con el objetivo específico orientado a establecer indicadores de seguimiento del SGA propuesto. Esta norma permite vincular los aspectos ambientales significativos con métricas de control, seguimiento, medición y mejora continua, sin que ello implique una implementación real del sistema durante el periodo de investigación (ISO, 2021).

Tabla 5

Marco Legal y Normativo Vinculado al SGA Propuesto

Norma o referencia	Materia regulada	Aplicación en empresa metalmecánica	Relación con el SGA propuesto
Ley N.º 28611, Ley General del Ambiente	Marco general de la gestión ambiental en el Perú.	Orienta la prevención de impactos, responsabilidad ambiental y protección del ambiente en actividades productivas.	Sustenta la política ambiental, la identificación de obligaciones de cumplimiento y el enfoque preventivo del SGA.
Decreto Legislativo N.º 1278	Gestión integral de residuos sólidos.	Aplica al manejo de residuos generados en operaciones de corte, soldadura, esmerilado, limpieza, almacenamiento y mantenimiento.	Sustenta los procedimientos de segregación, almacenamiento, valorización, disposición final y registro de residuos.
Decreto Supremo N.º 014-2017-MINAM	Reglamento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos.	Precisa criterios para minimización, almacenamiento, transporte, valorización y disposición final de residuos sólidos.	Fortalece el control operacional, la matriz legal y los registros de manejo ambiental.
ISO 14001:2015	Requisitos para Sistemas de Gestión Ambiental.	Proporciona la estructura técnica para organizar el SGA de la empresa.	Norma principal para el diseño del sistema: contexto, liderazgo, planificación, apoyo, operación, evaluación y mejora.
ISO 14040:2006	Principios y marco del Análisis de Ciclo de Vida.	Sustenta el uso del ACV como herramienta de diagnóstico ambiental del proceso productivo.	Respalda la definición del alcance puerta a puerta y la interpretación general

			del inventario ambiental.
ISO 14044:2006	Requisitos y directrices para el Análisis de Ciclo de Vida.	Orienta la elaboración del inventario, evaluación de impactos e interpretación de resultados del ACV.	Sustenta la consistencia metodológica del diagnóstico ambiental usado para formular controles del SGA.
ISO 14031:2021	Evaluación del desempeño ambiental.	Permite estructurar indicadores ambientales aplicables a residuos, energía, emisiones, cumplimiento y capacitación.	Sustenta el sistema de indicadores de desempeño ambiental y el seguimiento del SGA propuesto.
Requisitos municipales, sectoriales o contractuales aplicables	Disposiciones específicas según ubicación, giro, licencia, permisos o exigencias de clientes.	Pueden incluir obligaciones sobre almacenamiento, residuos, emisiones, seguridad, ruido, transporte o autorizaciones locales.	Deben incorporarse en la matriz legal durante una futura implementación o actualización del SGA.

Nota. Las normas ISO consideradas en la tabla constituyen referencias técnicas voluntarias, salvo que sean exigidas contractualmente, por clientes, licitaciones, certificaciones o disposiciones internas de la organización. En cambio, la normativa ambiental constituye una obligación legal aplicable según la naturaleza de las actividades, residuos, impactos y autorizaciones correspondientes.

2.5.1. Relación entre obligaciones legales e ISO 14001:2015

La ISO 14001:2015 exige que la organización determine sus obligaciones de cumplimiento, comprenda cómo se aplican a sus aspectos ambientales y las considere al planificar, operar y evaluar el desempeño del Sistema de Gestión Ambiental. En esta investigación, dichas obligaciones se integran mediante una matriz legal ambiental, la cual permite vincular cada requisito aplicable con el proceso correspondiente, el responsable interno, el mecanismo de control y la evidencia documental requerida.

Para D&P Steel Masters E.I.R.L., esta relación es especialmente importante porque el diseño del SGA no se limita a proponer documentos generales, sino que busca articular los

aspectos ambientales significativos con controles concretos. Por ejemplo, los residuos metálicos y consumibles usados se vinculan con procedimientos de segregación, almacenamiento y disposición; el consumo de energía se relaciona con indicadores de eficiencia; y las actividades de soldadura y esmerilado requieren controles operacionales orientados a reducir emisiones, material particulado, exposición ocupacional y generación de residuos.

En consecuencia, el marco legal no debe presentarse como un listado aislado de normas, sino como una base para estructurar el SGA propuesto. Su función dentro de la tesis es demostrar que los procedimientos, indicadores, controles operacionales, capacitaciones y registros ambientales responden a obligaciones reales o criterios técnicos reconocidos, fortaleciendo la trazabilidad y la viabilidad de la propuesta.

2.5.2. Ajuste de orden y depuración del apartado

Para evitar duplicidad dentro del capítulo II, se recomienda eliminar el desarrollo anterior denominado “Legislación nacional e internacional”, debido a que presenta una explicación amplia y repetitiva que no se vincula de forma directa con los instrumentos del SGA. La información normativa debe mantenerse concentrada en la presente sección, articulada con la tabla de marco legal y con la relación entre obligaciones legales e ISO 14001:2015.

Asimismo, debe corregirse la numeración del apartado previamente denominado “2.4.2. Obligaciones legales y su relación con ISO 14001”, ya que, dentro de la estructura actual del capítulo, corresponde integrarlo como “2.6.1. Relación entre obligaciones legales e ISO 14001:2015”. De esta manera, el marco legal queda ordenado, evita repeticiones y mantiene coherencia con el enfoque metodológico puerta a puerta del diagnóstico ambiental.

2.6. Revisión de literatura

2.6.1 Estudios previos sobre implementación de ISO 14001

La implementación de la norma ISO 14001 ha sido ampliamente estudiada debido a su relevancia en la gestión ambiental y su impacto en el desempeño organizacional. Según un estudio realizado por Zobel (2016), las empresas que adoptan esta norma experimentan mejoras significativas en la eficiencia operativa, principalmente al reducir el consumo de recursos y

minimizar residuos. Asimismo, investigaciones como la de Testa et al. (2018) destacan que la certificación ISO 14001 no solo mejora el desempeño ambiental, sino que también fortalece la competitividad empresarial al generar confianza entre los consumidores y las partes interesadas. Sin embargo, otros estudios señalan que los beneficios de la implementación dependen del compromiso del liderazgo organizacional y del contexto socioeconómico en el que opera la empresa (Lozano & Huisinigh, 2019). Estas investigaciones subrayan la importancia de considerar factores internos y externos para garantizar una implementación exitosa.

2.6.2. Casos exitosos y desafíos en la implementación

Existen numerosos casos exitosos de implementación de ISO 14001 que ilustran los beneficios tangibles de esta norma. Por ejemplo, una investigación realizada por González-Benito y González-Benito (2018) analizó empresas del sector industrial en España, concluyendo que aquellas con certificación ISO 14001 lograron reducir significativamente sus emisiones de gases de efecto invernadero y mejorar su reputación corporativa. Sin embargo, también se identifican desafíos importantes en el proceso de implementación. Entre ellos destacan los altos costos iniciales asociados a la certificación, la resistencia al cambio por parte del personal y las dificultades para integrar el sistema de gestión ambiental con otros sistemas existentes (Testa et al., 2018). Estos desafíos requieren un enfoque estratégico y un liderazgo comprometido para ser superados.

2.6.3. Vacíos teóricos identificados

A pesar del amplio cuerpo de literatura sobre ISO 14001, existen vacíos teóricos que merecen mayor atención. Uno de ellos es la falta de estudios longitudinales que analicen el impacto a largo plazo de la certificación en el desempeño ambiental y financiero de las organizaciones (Lozano & Huisinigh, 2019). Además, se necesitan más investigaciones sobre cómo las pequeñas y medianas empresas (PYMES), especialmente en países en desarrollo como Perú, pueden superar las barreras económicas y técnicas para implementar esta norma. Otro vacío identificado es la escasez de estudios interdisciplinarios que integren perspectivas económicas, sociales y ambientales para evaluar los efectos holísticos de ISO 14001 (Zobel, 2016).

2.6.4. Enfoques teóricos aplicados

La revisión de literatura muestra que diversos enfoques teóricos han sido aplicados para estudiar la implementación de ISO 14001. Entre ellos destaca la teoría institucional, que examina cómo las presiones externas, como regulaciones gubernamentales o demandas del mercado, influyen en la adopción de prácticas ambientales (Testa et al., 2018). Otro enfoque relevante es la teoría basada en recursos (RBV), que analiza cómo las capacidades internas de una organización, como su capital humano o tecnológico, determinan su éxito en la implementación de sistemas de gestión ambiental (González-Benito & González-Benito, 2018). Estos enfoques proporcionan marcos analíticos valiosos para comprender los factores que facilitan o dificultan el cumplimiento con ISO 14001.

2.7. Análisis de Ciclo de Vida (ACV) y su relación con el Sistema de Gestión Ambiental ISO 14001:2015

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es una herramienta metodológica que permite evaluar de manera integral los impactos ambientales asociados a un producto, proceso o servicio durante todas las etapas de su ciclo de vida, desde la extracción de materias primas hasta su disposición final. Según la norma ISO 14044, el ACV tiene como objetivo cuantificar los flujos de energía, materiales, emisiones y residuos para identificar puntos críticos en los que se generan impactos significativos y proponer medidas de mitigación efectivas.

Figura 1.

Análisis de Ciclo de Vida (ACV)



Nota. Figura adaptada de Puglieri et al. (2024), con base en los lineamientos de ISO 14044 y en la perspectiva de ciclo de vida incorporada por ISO 14001:2015.

El ACV se desarrolla en cuatro fases principales:

1. Definición del objetivo y alcance: establece los límites del sistema (“de la cuna a la puerta”, “de la puerta a la puerta” o “de la cuna a la tumba”) y la unidad funcional.
2. Análisis de inventario: cuantificación de entradas (agua, energía, materia prima) y salidas (emisiones, residuos).
3. Evaluación de impactos: clasificación y caracterización de los inventarios en categorías como cambio climático, toxicidad humana, eutrofización, acidificación, entre otras.
4. Interpretación: análisis de resultados, identificación de puntos críticos y recomendaciones de mejora.

En el contexto de un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) basado en ISO 14001:2015, el ACV constituye una herramienta clave para cumplir con la cláusula 6.1.2, que exige considerar los aspectos ambientales significativos y evaluar los impactos asociados desde una perspectiva de ciclo de vida. El uso del ACV complementa la identificación tradicional de aspectos ambientales al proporcionar un enfoque más completo y preventivo, permitiendo a la organización priorizar procesos críticos y diseñar controles operacionales más efectivos.

Asimismo, la norma ISO 14001 establece que la organización debe incorporar el pensamiento de ciclo de vida en la planificación ambiental, el diseño de productos, la selección de proveedores y la gestión de residuos. En este sentido, el ACV fortalece la estructura del SGA al ofrecer información cuantitativa para definir objetivos ambientales, establecer indicadores de desempeño y orientar la mejora continua dentro del ciclo PHVA.

Diversos autores señalan que la integración del ACV en los sistemas de gestión ambiental mejora significativamente la toma de decisiones al permitir comparar alternativas tecnológicas, reducir consumos de energía y materia prima, y minimizar impactos ambientales a lo largo del proceso productivo (Pérez-López et al., 2022; Ramírez et al., 2021). En sectores como el metalmecánico, donde existe un uso intensivo de energía y generación de residuos peligrosos, el ACV resulta especialmente útil para identificar etapas críticas como el corte, soldadura, mecanizado y disposición de chatarra metálica.

En esta investigación, el ACV se emplea como instrumento metodológico para diagnosticar los principales aspectos e impactos ambientales asociados a las operaciones de D&P Steel Masters E.I.R.L. Esto permite establecer una línea base precisa para el diseño del SGA, priorizar acciones de mitigación y asegurar que los controles operacionales estén alineados con las mejores prácticas internacionales en gestión ambiental.





CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

La presente investigación fue de tipo **propositiva con sustento descriptivo**, debido a que se orientó a formular una propuesta técnica de Sistema de Gestión Ambiental basado en la Norma ISO 14001:2015 para la empresa D&P Steel Masters E.I.R.L., a partir de la caracterización de sus procesos productivos, la identificación de aspectos e impactos ambientales y el análisis de sus principales necesidades de control ambiental.

El estudio no contempló la implementación, validación operativa ni certificación del Sistema de Gestión Ambiental durante el periodo de investigación. Por el contrario, se centró en el diseño de instrumentos de gestión ambiental, tales como procedimientos operativos, matrices de control, plan de capacitación e indicadores de desempeño, los cuales fueron elaborados sobre la base de información documental, observación directa y análisis técnico de las operaciones internas de la empresa.

En ese sentido, la investigación no buscó comprobar experimentalmente la eficacia del sistema propuesto, sino estructurar una alternativa técnica viable que pueda ser utilizada como base para una futura implementación del SGA en la organización.

3.2. Enfoque de investigación

El enfoque de la investigación fue **cuantitativo, con apoyo documental, observacional y semicuantitativo**. El componente cuantitativo se sustentó en la identificación y organización de entradas, salidas, consumos, residuos, emisiones e impactos ambientales potenciales asociados al proceso productivo, considerando como unidad funcional una tonelada de producto metálico estructural terminado.

El componente documental permitió revisar información normativa, requisitos de la Norma ISO 14001:2015, registros internos disponibles, antecedentes técnicos y referencias metodológicas vinculadas al Análisis de Ciclo de Vida y a la gestión ambiental empresarial. El componente observacional permitió reconocer directamente las actividades productivas, las condiciones operativas, los aspectos ambientales y las prácticas de manejo existentes en la empresa. Finalmente, el componente semicuantitativo se aplicó mediante matrices de

identificación y evaluación de aspectos e impactos ambientales, con la finalidad de priorizar aquellos aspectos que requerían controles específicos dentro del SGA propuesto.

Este enfoque permitió organizar la información ambiental de D&P Steel Masters E.I.R.L. con base en datos técnicos, criterios de significancia ambiental, resultados del modelamiento ambiental y requisitos de la Norma ISO 14001:2015. Asimismo, permitió vincular el diagnóstico ambiental con el diseño de procedimientos operativos, controles ambientales, plan de capacitación e indicadores de desempeño.

3.3. Nivel de investigación

El nivel de investigación fue **descriptivo-propositivo**. Fue descriptivo porque permitió caracterizar la situación ambiental de la empresa mediante la identificación de sus procesos, actividades, entradas, salidas, consumos, residuos, emisiones, aspectos ambientales, impactos potenciales y obligaciones ambientales aplicables.

Fue propositivo porque, a partir del diagnóstico realizado, se formuló una propuesta de Sistema de Gestión Ambiental estructurada en procedimientos operativos estándar, matrices de gestión, plan de capacitación ambiental e indicadores de desempeño. Estos productos no fueron implementados durante el periodo de estudio, sino diseñados como instrumentos técnicos para una futura aplicación por parte de la empresa.

3.4. Diseño de investigación

El diseño de investigación fue **no experimental y de corte transversal**. Fue no experimental porque no se manipularon deliberadamente las variables de estudio ni se aplicó el Sistema de Gestión Ambiental en condiciones reales de operación. En cambio, se observó, describió y analizó la situación ambiental existente de la empresa, con el propósito de formular una propuesta técnica de mejora.

Asimismo, fue de corte transversal porque la información fue recopilada en un periodo determinado, permitiendo obtener una línea base ambiental de los procesos productivos de D&P Steel Masters E.I.R.L. al momento del estudio. Esta línea base sirvió como fundamento para la identificación de aspectos significativos, la formulación de controles operacionales, el diseño del plan de capacitación y la definición de indicadores ambientales.

3.5. Unidad de estudio, población y muestra

3.5.1. Unidad de estudio

La unidad de estudio estuvo conformada por la empresa D&P Steel Masters E.I.R.L., dedicada a la fabricación de productos metálicos estructurales y a la comercialización de materiales de construcción en la región Arequipa.

3.5.2. Población

La población estuvo constituida por el conjunto de procesos, actividades y operaciones vinculadas a la fabricación de productos metálicos estructurales dentro de la empresa. Estos procesos comprendieron las actividades desarrolladas desde el ingreso de la materia prima e insumos hasta la salida del producto metálico estructural terminado, en concordancia con el alcance puerta a puerta definido para el diagnóstico ambiental.

3.5.3. Muestra

La muestra fue **no probabilística por conveniencia**, debido a que se seleccionaron las áreas operativas con mayor relevancia ambiental dentro del proceso productivo de la empresa. La selección respondió a criterios técnicos vinculados con el consumo de energía, generación de residuos metálicos, emisión de humos de soldadura, uso de consumibles, generación de residuos peligrosos y potencial de control operacional.

Las etapas consideradas fueron:

- Recepción y almacenamiento de materia prima.
- Corte de perfiles y planchas metálicas.
- Mecanizado, perforado y habilitado.
- Soldadura y armado estructural.
- Esmerilado, acabado y limpieza.
- Almacenamiento y despacho del producto terminado.

Estas etapas fueron seleccionadas porque concentran los principales aspectos ambientales del proceso metalmecánico y representan las actividades sobre las cuales la empresa puede ejercer control directo. Por ello, constituyen la base operativa para el

diagnóstico ambiental, el Análisis de Ciclo de Vida con alcance puerta a puerta, la matriz de significancia ambiental y el diseño del Sistema de Gestión Ambiental propuesto.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de información

Para la recolección de información se emplearon técnicas documentales, observacionales y analíticas. Estas permitieron identificar los procesos de la empresa, reconocer los aspectos ambientales relevantes y generar información base para el diseño del Sistema de Gestión Ambiental.

Tabla 6

Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información

Técnica	Instrumento	Información obtenida	Relación con la investigación
Revisión documental	Ficha de revisión documental	Procesos, normativa ambiental, registros disponibles y documentación interna.	Permitió identificar requisitos legales y antecedentes operativos.
Observación directa	Guía de observación de campo	Actividades, entradas, salidas, residuos, emisiones y prácticas operativas.	Permitió reconocer aspectos ambientales por etapa del proceso.
Análisis de Ciclo de Vida	Formato de inventario por unidad funcional	Consumos, materiales, energía, residuos y emisiones por tonelada producida.	Permitió cuantificar impactos ambientales potenciales con alcance puerta a puerta.
Evaluación de impactos	Matriz de Leopold adaptada	Significancia de aspectos e impactos ambientales.	Permitió priorizar impactos y establecer controles.
Análisis normativo	Matriz de requisitos legales	Obligaciones ambientales aplicables.	Permitió vincular el SGA con el cumplimiento normativo.
Diseño documental	Plantillas de POE, matriz de objetivos e indicadores	Procedimientos, controles, indicadores y plan de capacitación.	Permitió estructurar la propuesta del SGA.

Nota. La tabla organiza las técnicas e instrumentos utilizados para relacionar el diagnóstico ambiental con el diseño del Sistema de Gestión Ambiental propuesto.

3.7. Metodología del Análisis de Ciclo de Vida

El Análisis de Ciclo de Vida fue utilizado como herramienta técnica para identificar y evaluar los impactos ambientales potenciales asociados al proceso productivo interno de D&P Steel Masters E.I.R.L. De acuerdo con ISO 14040:2006 e ISO 14044:2006, el ACV requiere definir objetivo, alcance, unidad funcional, límites del sistema, inventario, evaluación de impactos e interpretación. En esta investigación, dichos componentes fueron adaptados al alcance puerta a puerta, debido a que el diagnóstico se concentró en las operaciones internas que la empresa puede controlar directamente.

El ACV permitió organizar las entradas y salidas del sistema, cuantificar los flujos ambientales principales y determinar las etapas críticas del proceso metalmecánico. Sus resultados fueron empleados como base técnica para formular controles operacionales, objetivos ambientales, indicadores de desempeño y acciones de mejora dentro del Sistema de Gestión Ambiental propuesto.

3.7.1. Objetivo del ACV

El objetivo del ACV fue evaluar los impactos ambientales potenciales generados por las etapas internas del proceso productivo de D&P Steel Masters E.I.R.L., tomando como referencia la producción de una tonelada de producto metálico estructural terminado. La finalidad fue identificar las etapas con mayor contribución ambiental y sustentar el diseño de controles operacionales, objetivos ambientales e indicadores de desempeño dentro del Sistema de Gestión Ambiental propuesto.

3.7.2. Alcance del ACV

El alcance del ACV fue definido como puerta a puerta, debido a que el análisis comprendió las operaciones desarrolladas dentro de las instalaciones de la empresa, desde el ingreso de la materia prima e insumos hasta la salida del producto metálico estructural terminado. Este alcance es coherente con el diseño no experimental y propositivo de la investigación, ya que no se evaluaron procesos externos a la empresa ni etapas posteriores al despacho del producto.

El alcance incluyó las siguientes etapas internas:

- Recepción y almacenamiento de materia prima.
- Corte de perfiles, planchas y elementos metálicos.

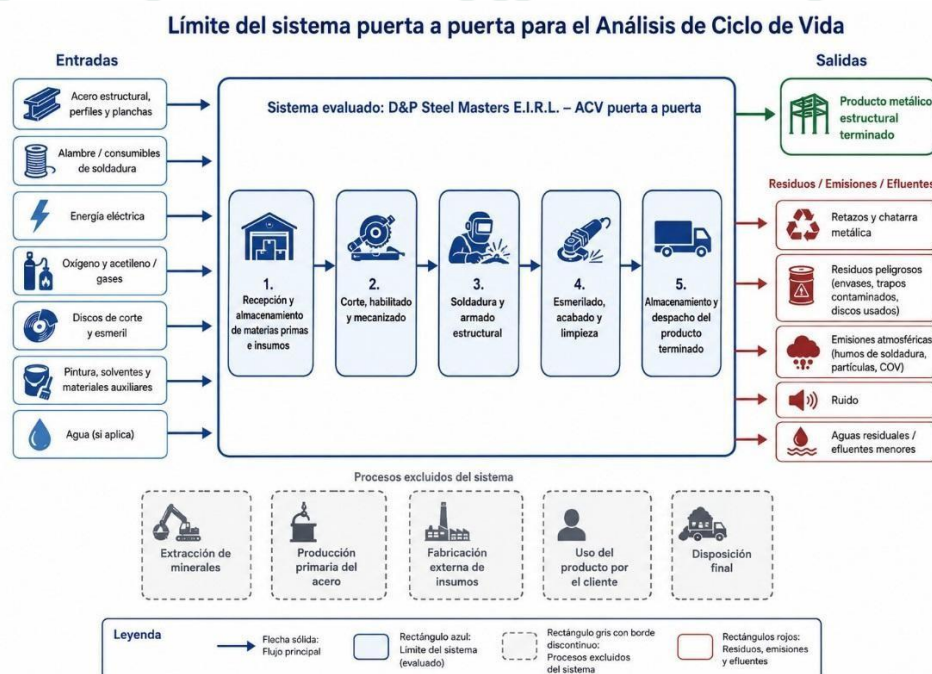
- Mecanizado, perforado y habilitado de piezas.
- Soldadura y armado estructural.
- Esmerilado, acabado y limpieza.
- Almacenamiento y despacho del producto terminado.

No se incluyeron dentro del límite principal del sistema las etapas de extracción de minerales, producción primaria del acero, fabricación externa de insumos, uso del producto por el cliente ni disposición final posterior al uso, debido a que dichas etapas no son controladas directamente por la empresa y exceden el alcance operativo de la investigación.

Cuando fue necesario representar materiales, energía o consumibles en el software de modelamiento, se emplearon datos secundarios de soporte. Sin embargo, estos datos fueron utilizados únicamente para parametrizar flujos equivalentes del sistema y no para ampliar el alcance central hacia etapas de cuna a puerta. Por ello, la interpretación principal de resultados se realizó sobre las operaciones internas de D&P Steel Masters E.I.R.L.

Figura 2.

Límites del sistema puerta a puerta para el Análisis de Ciclo de Vida.



Nota. La figura debe representar el ingreso de materias primas e insumos, las etapas internas del proceso productivo y la salida del producto metálico estructural terminado, diferenciando claramente las entradas, salidas, residuos y emisiones. Asimismo, debe mostrar como procesos excluidos la extracción

de minerales, la producción primaria del acero, la fabricación externa de insumos, el uso del producto y la disposición final.

3.7.3. Unidad funcional

La unidad funcional definida para el ACV fue una tonelada de producto metálico estructural terminado. Esta unidad funcional permitió normalizar los consumos, residuos, emisiones y resultados ambientales, de manera que todos los datos del inventario fueran expresados en función de una misma base de comparación.

Por lo tanto, las entradas y salidas del sistema fueron organizadas considerando la cantidad de materia prima, energía, consumibles, residuos y emisiones generadas por cada tonelada de producto metálico estructural terminado.

3.7.4. Límites del sistema

Los límites del sistema comprendieron las operaciones internas desarrolladas por D&P Steel Masters E.I.R.L. El sistema inició con la recepción de perfiles, planchas, tubos metálicos, electrodos, discos de corte, gases de soldadura y otros insumos necesarios para el proceso productivo. El sistema finalizó con el almacenamiento y despacho del producto metálico estructural terminado.

Se consideraron como entradas del sistema:

- Materia prima metálica.
- Energía eléctrica.
- Electrodos, alambre de soldadura o consumibles equivalentes.
- Discos de corte y desbaste.
- Gases de soldadura.
- Agua utilizada en actividades auxiliares, si corresponde.
- Materiales de embalaje o protección.

Se consideraron como salidas del sistema:

- Producto metálico estructural terminado.
- Chatarra metálica.

- Virutas y retazos metálicos.
- Polvo y partículas generadas por corte o esmerilado.
- Humos de soldadura.
- Envases contaminados.
- Residuos peligrosos y no peligrosos.
- Emisiones indirectas asociadas al consumo energético.

3.7.5. Inventario del ciclo de vida

El inventario del ciclo de vida se elaboró separando las entradas y salidas por cada etapa del proceso productivo. Esta organización permitió identificar qué etapa genera mayor consumo de recursos, mayor generación de residuos o mayor contribución a los impactos ambientales potenciales.

El inventario fue estructurado en función de la unidad funcional de una tonelada de producto metálico estructural terminado.

Tabla 7

Estructura del Inventario de Ciclo de Vida por Etapas del Proceso

Etapa del proceso		Entradas principales	Salidas principales	Datos requeridos por unidad funcional
Recepción y almacenamiento		Perfiles, planchas, tubos metálicos y materiales auxiliares.	Residuos de embalaje y posibles mermas.	kg de materia prima/t; kg de embalaje/t.
Corte		Energía eléctrica, discos de corte y piezas metálicas.	Retazos metálicos, partículas y ruido.	kWh/t; discos/t; kg de chatarra/t.
Mecanizado y perforado		Energía eléctrica, brocas y lubricantes, si aplica.	Virutas metálicas y residuos de lubricante.	kWh/t; kg de viruta/t; kg de residuo/t.

Soldadura y armado		Electrodos o alambre, gases y energía eléctrica.	Humos de soldadura, escoria y residuos de consumibles.	kg de electrodo/t; m3 de gas/t; kWh/t.
Esmerilado y acabado		Discos abrasivos, energía eléctrica y materiales de acabado.	Polvo metálico, discos usados y envases contaminados.	discos/t; kWh/t; kg de residuo/t.
Almacenamiento y despacho		Materiales de embalaje y energía auxiliar.	Producto terminado y residuos menores.	kg de producto/t; kg de residuo/t.

Nota. El inventario debe completarse con datos primarios de la empresa y, cuando corresponda, con datos secundarios justificados. Todos los flujos deben expresarse por una tonelada de producto metálico estructural terminado.

Esta separación por etapas responde a la necesidad de establecer una relación directa entre cada operación del proceso productivo y sus respectivos consumos, residuos, emisiones e impactos ambientales potenciales.

3.7.6. Configuración del modelamiento en SimaPro para el enfoque puerta a puerta

Para el modelamiento ambiental se mantuvo el uso del software SimaPro Developer versión 9.5, debido a que permite organizar inventarios de ciclo de vida, modelar flujos de entrada y salida, aplicar métodos de evaluación de impactos y generar gráficos de caracterización, contribución y red de procesos. No obstante, para conservar la coherencia con el alcance puerta a puerta, el modelo debe configurarse como un sistema de primer plano centrado en las operaciones internas de D&P Steel Masters E.I.R.L.

La configuración metodológica debe evitar que el uso de bases de datos secundarias convierta el análisis principal en un ACV de cuna a puerta. Por ello, los materiales e insumos deben incorporarse como flujos de entrada al proceso interno y la interpretación debe centrarse en consumos, residuos, emisiones y mermas generadas dentro de la empresa. Cuando se empleen procesos equivalentes de bases de datos, estos deben ser descritos como factores de apoyo o aproximaciones metodológicas, no como ampliación del límite central del sistema.

El uso del software SimaPro Developer versión 9.5 se sustenta en la necesidad de desarrollar un modelamiento sistemático, trazable y reproducible del Análisis de Ciclo de Vida

(ACV) aplicado al proceso metalmecánico de D&P Steel Masters E.I.R.L. Esta herramienta permite organizar el inventario de ciclo de vida, vincular flujos de entrada y salida con procesos equivalentes de bases de datos, aplicar métodos de evaluación de impactos y generar resultados por categoría ambiental y por contribución de etapa o flujo. En la presente investigación, SimaPro se empleó como herramienta de soporte cuantitativo para interpretar impactos potenciales asociados a la unidad funcional de una tonelada de producto metálico estructural terminado.



Tabla 8*Criterios de Configuración de SimaPro para Mantener el Enfoque Puerta a Puerta*

Elemento metodológico	Configuración recomendada	Justificación técnica
Unidad funcional	1 tonelada de producto metálico estructural terminado.	Permite normalizar consumos, residuos, emisiones e impactos por una misma base funcional.
Límite inicial	Ingreso de materia prima, energía e insumos a la empresa.	Evita incluir extracción minera, producción primaria del acero o fabricación externa de insumos.
Límite final	Salida del producto metálico estructural terminado.	Evita incorporar uso, mantenimiento, desmontaje, reciclaje o disposición final del producto.
Sistema de primer plano	Recepción, corte, mecanizado, soldadura, esmerilado, acabado, almacenamiento y despacho.	Representa las operaciones internas que la empresa puede controlar directamente.
Datos secundarios	Usarlos solo para representar flujos equivalentes cuando no existan datos primarios específicos.	Permite modelar de forma aproximada sin cambiar el alcance operativo de la investigación.
Bases de datos	Registrar claramente la base utilizada, versión y supuestos asociados.	Mejora la trazabilidad y permite defender las limitaciones metodológicas.
Interpretación	Reportar resultados por etapa interna y categoría de impacto.	Alinea los resultados con controles operacionales del SGA.
Exclusiones	Declarar fuera del sistema la extracción, producción externa, uso y disposición final.	Evita contradicciones con enfoques de cuna a puerta o cuna a tumba.

Nota. Estos criterios permiten mantener el uso de SimaPro sin alterar el alcance puerta a puerta definido para la tesis.

3.7.7. Evaluación de impactos ambientales

La evaluación de impactos ambientales se realizó mediante el software SimaPro Developer versión 9.5, empleando bases de datos secundarias para representar procesos equivalentes de materiales, energía y consumibles cuando no se contó con información primaria específica. La incorporación de datos secundarios se realizó bajo criterio de consistencia metodológica, manteniendo la interpretación principal dentro del alcance puerta a puerta.

El método de evaluación empleado fue IMPACT 2002+, debido a que permite analizar categorías intermedias de impacto y categorías de daño relacionadas con salud humana, calidad del ecosistema, cambio climático y uso de recursos. Las categorías de impacto consideradas fueron seleccionadas en función de la naturaleza del proceso metalmecánico y de los aspectos ambientales identificados en campo.

Entre las categorías consideradas se incluyeron:

- Cambio climático.
- Toxicidad humana.
- Ecotoxicidad.
- Uso de energía no renovable.
- Material particulado.
- Acidificación.
- Consumo de recursos.

Los resultados del ACV fueron interpretados por etapa del proceso, identificando la contribución porcentual de cada operación interna al impacto ambiental total. En la redacción de resultados se evitó atribuir impactos a la extracción o fabricación primaria de la materia prima, debido a que dichas etapas se encuentran fuera del alcance central del estudio.

La utilización de SimaPro no modifica el alcance puerta a puerta definido para la tesis. Para conservar la coherencia metodológica, los procesos de base de datos se emplearon únicamente como representación secundaria de los flujos que ingresan al sistema, tales como acero estructural, electricidad, gases de protección, consumibles de soldadura y fluidos de

mecanizado. Por ello, los resultados no deben interpretarse como una evaluación de cuna a puerta de la producción primaria del acero, sino como una estimación de impactos potenciales asociados a los flujos utilizados dentro del sistema operativo controlado por la empresa.

3.7.8. Salidas gráficas del modelamiento en SimaPro

Para sustentar la interpretación de impactos, se definió como criterio metodológico incorporar gráficos exportados desde SimaPro en el Capítulo IV, especialmente en la sección correspondiente al resultado del primer objetivo específico. Estos gráficos permiten evidenciar la contribución ambiental de cada etapa del proceso y respaldar la discusión técnica de los impactos generados.

Las salidas gráficas mínimas consideradas fueron:

- Gráfico de caracterización de impactos ambientales por categoría.
- Gráfico de contribución porcentual por etapa del proceso.
- Red de procesos o network del sistema modelado.
- Gráfico comparativo de impactos entre corte, soldadura, mecanizado y acabado.
- Gráfico de puntuación única o daño agregado, si el método seleccionado lo permite.

Cada gráfico debe estar acompañado de un texto introductorio y una interpretación posterior. La interpretación debe explicar qué etapa genera mayor impacto, qué categoría ambiental resulta más crítica y cómo esos hallazgos sustentan los controles operacionales del Sistema de Gestión Ambiental. Asimismo, las notas de figura deben precisar que el modelamiento corresponde a un ACV puerta a puerta y que se excluyen las etapas externas al proceso interno de D&P Steel Masters E.I.R.L.

3.8. Identificación y evaluación de aspectos e impactos ambientales

Además del ACV, se aplicó una matriz de Leopold adaptada para identificar y valorar los aspectos e impactos ambientales asociados a las actividades productivas de la empresa. Esta matriz permitió complementar el análisis cuantitativo del ACV con una evaluación semicuantitativa de significancia ambiental.

Los criterios considerados para la valoración fueron:

- Magnitud del impacto.
- Frecuencia de ocurrencia.
- Severidad ambiental.
- Alcance del impacto.
- Cumplimiento legal asociado.
- Capacidad de control por parte de la empresa.

A partir de estos criterios se identificaron los aspectos ambientales significativos, los cuales sirvieron de base para el diseño de procedimientos operativos, controles ambientales, objetivos, indicadores y acciones de mejora.

3.9. Procedimiento metodológico por fases

La investigación se desarrolló en cuatro fases metodológicas, articuladas directamente con los objetivos específicos. Esta organización permitió mantener coherencia entre el diagnóstico ambiental, el diseño documental del Sistema de Gestión Ambiental y la formulación de indicadores de seguimiento.

3.9.1. Fase 1: Diagnóstico de aspectos e impactos ambientales

En esta fase se realizó el diagnóstico ambiental de los procesos productivos de D&P Steel Masters E.I.R.L. Para ello se aplicó revisión documental, observación directa, levantamiento de entradas y salidas del sistema, elaboración del inventario de ciclo de vida y evaluación de impactos mediante SimaPro.

El ACV se desarrolló con alcance puerta a puerta, tomando como unidad funcional una tonelada de producto metálico estructural terminado. Posteriormente, los resultados fueron complementados con la matriz de Leopold adaptada, con la finalidad de priorizar los aspectos ambientales significativos.

El resultado de esta fase se presenta en la sección 4.1 del Capítulo IV.

3.9.2. Fase 2: Diseño de procedimientos operativos y controles ambientales

En la segunda fase se diseñaron procedimientos operativos estándar y medidas de control ambiental, tomando como base los aspectos significativos identificados en la fase diagnóstica. Los controles fueron alineados con los requisitos de la Norma ISO 14001:2015, especialmente con la planificación ambiental, el control operacional, la preparación ante emergencias y la evaluación del desempeño.

En esta fase se elaboraron matrices de partes interesadas, riesgos y oportunidades, requisitos legales aplicables, objetivos ambientales y procedimientos operativos vinculados con residuos, emisiones, consumo de recursos, manejo de materiales y respuesta ante emergencias.

El resultado de esta fase se presenta en la sección 4.2 del Capítulo IV.

3.9.3. Fase 3: Formulación del plan de capacitación ambiental

En la tercera fase se formuló un plan de capacitación ambiental dirigido al personal de la empresa. Este plan fue diseñado considerando las brechas identificadas en el diagnóstico y los controles operacionales propuestos.

Los temas priorizados fueron:

- Manejo de residuos sólidos y residuos peligrosos.
- Uso eficiente de energía y materiales.
- Control de emisiones y humos de soldadura.
- Respuesta ante emergencias ambientales.
- Cumplimiento de obligaciones ambientales.

- Sensibilización sobre la Norma ISO 14001:2015.

El resultado de esta fase se presenta en la sección 4.3 del Capítulo IV.

3.9.4. Fase 4: Definición de indicadores de desempeño ambiental

En la cuarta fase se establecieron indicadores de desempeño ambiental para el seguimiento del Sistema de Gestión Ambiental propuesto. Los indicadores fueron formulados considerando criterios SMART, es decir, específicos, medibles, alcanzables, relevantes y temporales. La formulación de indicadores se relacionó con la lógica de evaluación del desempeño ambiental planteada por ISO 14031:2021.

Cada indicador incluyó:

- Nombre del indicador.
- Objetivo asociado.
- Fórmula de cálculo.
- Línea base.
- Meta.
- Frecuencia de medición.
- Responsable.
- Fuente de verificación.

El resultado de esta fase se presenta en la sección 4.4 del Capítulo IV.

3.9.5. Articulación entre objetivos, metodología y resultados

Con la finalidad de asegurar la coherencia interna de la investigación, se estableció una correspondencia directa entre los objetivos específicos, las técnicas empleadas, los instrumentos utilizados y las secciones del Capítulo IV donde se presentan los resultados.

Tabla 9

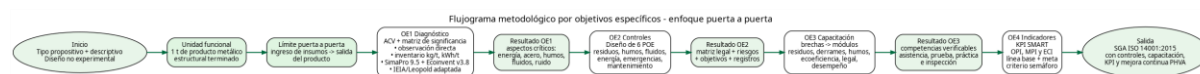
Articulación entre Objetivos, Metodología y Resultados

Objetivo específico	Técnica principal	Instrumentos	Resultado asociado
Diagnosticar los aspectos e impactos ambientales de los procesos productivos.	ACV, observación directa, revisión documental y matriz de Leopold adaptada.	Inventario por unidad funcional, guía de observación y matriz de impactos.	Sección 4.1: línea base ambiental, inventario de ciclo de vida y priorización de aspectos significativos.
Diseñar procedimientos operativos y medidas de control ambiental.	Análisis documental y diseño de controles operacionales.	Plantillas de POE, matriz de requisitos legales, matriz de riesgos y objetivos ambientales.	Sección 4.2: procedimientos operativos y matrices estratégicas del SGA.
Elaborar un plan de capacitación ambiental.	Diagnóstico de necesidades de capacitación.	Matriz de capacitación, programa anual y formatos de evaluación.	Sección 4.3: plan anual de capacitación ambiental.
Establecer indicadores de desempeño ambiental.	Diseño de indicadores con criterios SMART e ISO 14031.	Ficha técnica de indicadores, línea base, metas y frecuencia de medición.	Sección 4.4: indicadores de desempeño ambiental.

Nota. La articulación metodológica permite comprobar que cada objetivo específico cuenta con una técnica, un instrumento y una sección de resultados correspondiente.

Figura 3.

Flujograma metodológico por objetivos específicos



Nota. El flujograma articula la unidad funcional, el límite puerta a puerta, las fases metodológicas por objetivo específico y los productos esperados del SGA.

3.10. Procesamiento y análisis de datos

La información recopilada fue procesada mediante matrices, tablas de inventario, gráficos de contribución ambiental y análisis comparativo con los requisitos de la Norma ISO 14001:2015.

Los datos del inventario fueron organizados en función de la unidad funcional definida para el ACV. Posteriormente, fueron ingresados al software SimaPro para estimar los impactos ambientales potenciales del proceso productivo interno. Los resultados obtenidos fueron analizados por categoría de impacto y por etapa del proceso, manteniendo la interpretación dentro del alcance puerta a puerta.

La matriz de Leopold adaptada permitió jerarquizar los impactos según su significancia ambiental. Finalmente, los resultados del diagnóstico fueron utilizados como base técnica para diseñar procedimientos operativos, controles ambientales, plan de capacitación e indicadores de desempeño.

3.11. Software y bases de datos utilizadas

Para el modelamiento ambiental se utilizó el software SimaPro Developer versión 9.5. Esta herramienta permitió organizar el inventario de ciclo de vida, modelar los flujos del sistema productivo y obtener resultados de impacto ambiental por categoría.

Como apoyo para la representación de procesos equivalentes se empleó la base de datos Ecoinvent v3.8. El método seleccionado para la evaluación de impactos fue IMPACT 2002+, debido a que permite interpretar los resultados tanto en categorías intermedias como en categorías de daño ambiental.

Asimismo, se empleó Microsoft Excel para la elaboración de matrices de aspectos e impactos ambientales, matriz de requisitos legales, matriz de indicadores, plan de capacitación y sistematización de información metodológica.

La utilización de SimaPro no modifica el alcance puerta a puerta de la investigación. Para evitar inconsistencias, los resultados deben redactarse como impactos potenciales asociados al proceso productivo interno y no como impactos de extracción, producción primaria o fabricación externa de materias primas.

La base de datos empleada fue Ecoinvent v3.8 y el método de evaluación seleccionado fue IMPACT 2002+, debido a que permite interpretar categorías relevantes para procesos metalmecánicos, como cambio climático, toxicidad humana, ecotoxicidad, calidad del ecosistema y agotamiento de recursos. De esta manera, SimaPro aporta consistencia técnica al diagnóstico ambiental y permite traducir los resultados del ACV en acciones de control, procedimientos operativos, indicadores de desempeño y medidas de mejora continua dentro del Sistema de Gestión Ambiental propuesto.





CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los resultados se presentan en el mismo orden de los objetivos específicos formulados en el Capítulo I y del procedimiento metodológico desarrollado en el Capítulo III. En consecuencia, la sección 4.1 responde al objetivo específico 1; la sección 4.2, al objetivo específico 2; la sección 4.3, al objetivo específico 3; y la sección 4.4, al objetivo específico 4. Esta organización facilita la trazabilidad entre objetivos, metodología, resultados y discusión.

4.1. Evaluación de aspectos e impactos ambientales

(Resultados del objetivo específico 1)

En esta sección se presentan los resultados correspondientes al objetivo específico 1, orientado a diagnosticar los aspectos e impactos ambientales de los procesos productivos de D&P Steel Masters E.I.R.L. Para ello, se integraron tres herramientas complementarias: la identificación de aspectos ambientales por etapa del proceso, el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) cuantitativo con alcance puerta a puerta y la matriz de Leopold adaptada para la evaluación de significancia ambiental. Esta secuencia permitió pasar de una identificación descriptiva de las interacciones ambientales a una priorización técnica de los aspectos más relevantes para el diseño del Sistema de Gestión Ambiental basado en la Norma ISO 14001:2015.

El análisis se delimitó al sistema operativo interno de la empresa, desde el ingreso de materias primas e insumos hasta la salida del producto metálico estructural terminado. Por tanto, los resultados no deben interpretarse como una evaluación de la extracción de minerales, producción primaria del acero, fabricación externa de insumos, uso del producto ni disposición final. Cuando se utilizaron datos secundarios en SimaPro, estos se emplearon únicamente como soporte de representación ambiental de los flujos ingresados al sistema, sin modificar el alcance operativo puerta a puerta definido para la investigación.

4.1.1. Identificación de aspectos ambientales por operación

La identificación de aspectos ambientales se realizó desagregando el proceso productivo en etapas internas, desde la recepción y almacenamiento de materia prima hasta el despacho interno del producto terminado. Esta desagregación permitió reconocer el origen operativo de los principales consumos, residuos, emisiones y riesgos ambientales asociados al proceso metalmecánico.

Como se aprecia en la Tabla 10, los aspectos ambientales se concentran principalmente en las etapas de corte, mecanizado, soldadura y acabado, debido a la presencia de consumo eléctrico, generación de retales y virutas metálicas, uso de consumibles industriales, emisión de humos de soldadura, generación de material particulado y manejo de residuos peligrosos o potencialmente contaminados.

Tabla 10

Matriz de Identificación de Aspectos e Impactos Ambientales por Etapa del Proceso Productivo

Etapas del proceso	Actividad específica	Aspecto ambiental identificado	Impacto ambiental potencial	Condición
Recepción y almacenamiento de materia prima	Recepción de perfiles, planchas, tubos metálicos e insumos auxiliares	Generación de residuos no peligrosos: cartón, plásticos, zunchos y embalajes	Incremento del volumen de residuos sólidos no peligrosos	Normal
Recepción y almacenamiento de materia prima	Almacenamiento de insumos químicos, aceites, lubricantes o refrigerantes	Riesgo de derrame accidental de sustancias químicas	Contaminación potencial del suelo o agua	Emergencia
Corte de material	Operación de equipos de corte, sierras, cizallas o herramientas eléctricas	Consumo de energía eléctrica	Agotamiento indirecto de recursos energéticos y emisiones indirectas por electricidad	Normal
Corte de material	Corte de perfiles, planchas y elementos metálicos	Generación de retales, recortes y chatarra metálica	Pérdida de material aprovechable e incremento de residuos metálicos	Normal
Corte de material	Funcionamiento de equipos y fricción mecánica	Generación de ruido	Contaminación acústica interna y afectación	Normal

Mecanizado, perforado habilitado	y	Torneado, fresado, perforado o habilitado de piezas	Consumo de energía eléctrica	potencial a la salud auditiva Agotamiento indirecto de recursos energéticos	Normal
Mecanizado, perforado habilitado	y	Uso de fluidos de corte, refrigerantes o taladrina	Generación de aceites usados, lodos o virutas contaminadas	Contaminación potencial del suelo y agua por manejo inadecuado	Normal
Mecanizado, perforado habilitado	y	Desbaste, perforado o arranque de material	Generación de virutas metálicas	Incremento de residuos metálicos y pérdida de material recuperable	Normal
Soldadura armado estructural	y	Unión de piezas metálicas mediante soldadura MIG/MAG o arco eléctrico	Emisión de humos metálicos y gases de soldadura	Contaminación atmosférica interna y afectación potencial a la salud respiratoria	Normal
Soldadura armado estructural	y	Operación de máquinas de soldar	Consumo de energía eléctrica	Agotamiento indirecto de recursos energéticos y emisiones asociadas al consumo eléctrico	Normal
Soldadura armado estructural	y	Uso de gases de protección y consumibles de soldadura	Consumo de gases industriales, electrodos, alambre o material de aporte	Uso de recursos e incremento de residuos de consumibles	Normal
Soldadura y armado estructural		Generación de arco eléctrico	Emisión de radiación UV/IR	Riesgo ocupacional por	Normal

			afectación a piel y ojos	
Soldadura y armado estructural	Descarte de colillas, escoria, alambres o restos de soldadura	Generación de residuos sólidos industriales	Incremento de residuos y contaminación potencial por manejo inadecuado	Normal
Esmerilado, acabado y limpieza	Esmerilado, pulido y rectificado de superficies metálicas	Emisión de material particulado y polvo metálico	Contaminación atmosférica interna y afectación potencial a la salud respiratoria	Normal
Esmerilado, acabado y limpieza	Uso de herramientas manuales y eléctricas	Generación de ruido y vibraciones	Contaminación acústica interna y riesgo ocupacional	Normal
Esmerilado, acabado y limpieza	Uso y descarte de discos abrasivos, lijas o materiales de acabado	Generación de residuos sólidos industriales	Incremento de residuos no peligrosos o potencialmente contaminados	Normal
Mantenimiento y servicios auxiliares	Mantenimiento de maquinaria y equipos	Generación de trapos contaminados, envases, grasas o aceites usados	Contaminación potencial del suelo por residuos peligrosos	Normal
Mantenimiento y servicios auxiliares	Limpieza de áreas de trabajo	Consumo de agua	Agotamiento del recurso hídrico	Normal
Mantenimiento y servicios auxiliares	Uso de aire comprimido o equipos auxiliares	Consumo de energía eléctrica	Agotamiento indirecto de recursos energéticos	Normal
Almacenamiento y despacho interno	Almacenamiento temporal, embalaje y salida del producto terminado	Generación de residuos menores de embalaje	Incremento de residuos sólidos no peligrosos	Normal

Almacenamiento y despacho interno	Movimiento interno o carga del producto terminado	Consumo de combustible o energía auxiliar, según equipo utilizado	Emisiones o atmosféricas asociadas al movimiento interno de carga	Normal
--	---	---	---	--------

Nota. Elaboración propia con base en la observación del proceso productivo de D&P Steel Masters E.I.R.L. La matriz considera las etapas internas comprendidas entre el ingreso de materias primas e insumos y la salida del producto metálico estructural terminado, conforme al alcance puerta a puerta definido para la investigación.

El análisis de la Tabla 10 evidencia que el consumo de energía eléctrica constituye un aspecto transversal, presente en corte, mecanizado, soldadura, acabado y servicios auxiliares. Aunque dicho consumo no genera emisiones directas dentro del taller, representa un impacto indirecto asociado a la demanda energética del proceso, por lo que debe integrarse a los indicadores de desempeño ambiental del SGA propuesto.

La generación de residuos metálicos también resulta relevante, especialmente en corte y mecanizado. Los retales limpios pueden ser valorizados con mayor facilidad, mientras que las virutas contaminadas con fluidos de corte requieren manejo diferenciado por su potencial peligrosidad. De manera similar, la soldadura y el esmerilado concentran impactos asociados a humos metálicos, material particulado, ruido, vibraciones y residuos de consumibles, lo que justifica su priorización en los controles operacionales.

4.1.2. Análisis de Ciclo de Vida (ACV) cuantitativo

Con la finalidad de profundizar en la evaluación ambiental del proceso productivo, se desarrolló un Análisis de Ciclo de Vida cuantitativo, tomando como referencia metodológica los principios de definición de objetivo, alcance, inventario, evaluación de impactos e interpretación. El ACV permitió organizar los principales flujos de entrada y salida por tonelada de producto metálico estructural terminado, así como reconocer los flujos y etapas internas con mayor contribución ambiental potencial.

El presente análisis se delimitó bajo un alcance puerta a puerta, debido a que la investigación evaluó las operaciones desarrolladas dentro del sistema productivo de D&P Steel Masters E.I.R.L. desde el ingreso de materia prima e insumos hasta la salida del producto metálico estructural terminado. Por tanto, no se incluyeron dentro del límite principal del

sistema la extracción de recursos minerales, la producción primaria del acero, la fabricación externa de insumos, el transporte externo posterior al despacho, el uso del producto por el cliente ni la disposición final posterior al uso.

Para el modelamiento ambiental en SimaPro se emplearon procesos secundarios de base de datos únicamente como soporte para representar flujos de entrada tales como acero estructural, electricidad, gases de protección, consumibles de soldadura y fluidos de mecanizado. En consecuencia, los resultados se interpretan como impactos potenciales asociados a los flujos utilizados dentro del límite operativo definido, y no como una evaluación completa de toda la cadena de producción del acero.

4.1.2.1. Objetivo del ACV

El objetivo del ACV fue evaluar los impactos ambientales potenciales asociados a las etapas internas del proceso productivo de D&P Steel Masters E.I.R.L., tomando como referencia la producción de una tonelada de producto metálico estructural terminado. Esta evaluación permitió identificar flujos y operaciones críticas del sistema, con el propósito de sustentar técnicamente el diseño de controles operacionales, procedimientos ambientales, indicadores de desempeño y acciones de mejora dentro del Sistema de Gestión Ambiental propuesto.

4.1.2.2. Unidad funcional

La unidad funcional definida para el análisis fue una tonelada de producto metálico estructural terminado. Esta unidad permitió normalizar los consumos de materia prima, energía, consumibles, emisiones y residuos generados durante el proceso productivo, facilitando la comparación entre etapas y la formulación posterior de indicadores ambientales.

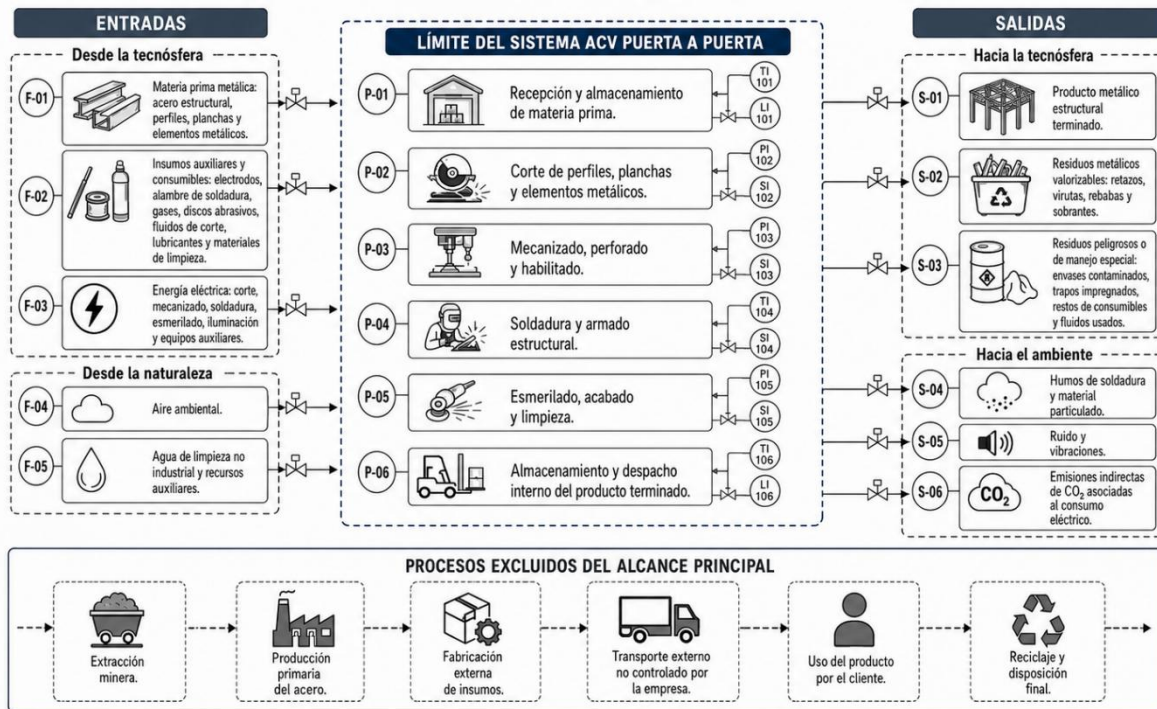
4.1.2.3. Alcance y límites del sistema

El sistema inició con la recepción de materia prima metálica, insumos auxiliares y consumibles, y finalizó con el almacenamiento y despacho interno del producto metálico estructural terminado. Las etapas consideradas dentro del límite del sistema fueron: recepción y almacenamiento de materia prima; corte de perfiles, planchas y elementos metálicos; mecanizado, perforado y habilitado; soldadura y armado estructural; esmerilado, acabado y

limpieza; mantenimiento y servicios auxiliares; y almacenamiento y despacho interno del producto terminado.

Figura 4.

Límites del Sistema Puerta a Puerta para el ACV del Proceso Metalmeccánico_ Diagrama técnico P&ID



Nota. Elaboración propia. La figura representa el ingreso de materias primas e insumos, las etapas internas del proceso productivo y la salida del producto metálico estructural terminado. Se excluyen las etapas de extracción, producción primaria de materias primas, fabricación externa de insumos, uso del producto y disposición final.

4.1.2.4. Inventario de Ciclo de Vida por etapas del proceso

El Inventario de Ciclo de Vida permitió organizar las principales entradas y salidas asociadas a la producción de una tonelada de producto metálico estructural terminado en D&P Steel Masters E.I.R.L., bajo un enfoque puerta a puerta. Para ello, se consideraron únicamente las operaciones internas desarrolladas por la empresa, desde el ingreso de materia prima, insumos y energía hasta la salida del producto terminado, excluyendo las etapas previas y posteriores del ciclo de vida.

Con la finalidad de fortalecer la trazabilidad del inventario, las entradas del sistema fueron clasificadas según su origen en dos grupos: flujos provenientes de la tecnósfera y flujos provenientes de la naturaleza. Esta diferenciación permite precisar si los materiales, insumos y recursos utilizados en el proceso metalmecánico corresponden a productos previamente transformados por sistemas industriales o si proceden directamente del ambiente.

Los flujos provenientes de la **tecnósfera** corresponden a materiales, insumos, energía y consumibles que ingresan al sistema luego de haber sido producidos, procesados o suministrados por actividades humanas o industriales. Dentro de este grupo se consideraron la materia prima metálica, la energía eléctrica de red, el alambre de soldadura, los gases de protección, los discos abrasivos, los fluidos de mecanizado, los lubricantes y otros materiales auxiliares empleados durante las operaciones internas de la empresa.

Por otro lado, los flujos provenientes de la **naturaleza** corresponden a recursos que ingresan al sistema desde el ambiente o que participan como medios auxiliares en las operaciones evaluadas. En este caso, se identificaron principalmente el aire ambiental empleado en condiciones de ventilación natural o renovación del ambiente de trabajo y el agua utilizada en actividades auxiliares de limpieza no industrial, cuando corresponde. Estos flujos no representan materiales manufacturados, sino recursos ambientales que interactúan con el proceso dentro del límite puerta a puerta.

El inventario de ciclo de vida fue construido tomando como base la unidad funcional de una tonelada de producto metálico estructural terminado. En consecuencia, todos los flujos de entrada y salida se expresan de manera normalizada por tonelada producida, lo que permite comparar de forma coherente las etapas internas del proceso y relacionar los consumos, residuos, emisiones y mermas con una misma base de análisis. Esta normalización evita interpretar los datos como valores absolutos de producción mensual o anual, y permite que los resultados sirvan como línea base técnica para indicadores ambientales del SGA.

Los datos del inventario corresponden a flujos observados, estimados o modelados dentro del límite puerta a puerta. Por ejemplo, el ingreso de 1,176 kg de acero estructural por tonelada producida se interpreta como el insumo metálico requerido para obtener 1,000 kg de producto terminado, considerando una merma estimada de 176 kg/t asociada a corte, habilitado, mecanizado y ajustes del proceso. De igual forma, el consumo de 419.8 kWh/t, los 9.5 kg/t de alambre de soldadura, los 20.25 kg/t de gas de protección y los 20 kg/t de fluidos de mecanizado se expresan por la misma unidad funcional, asegurando coherencia entre inventario, ACV, matriz de significancia e indicadores de desempeño.

Tabla 11

Inventario de Ciclo de Vida por Etapas para la Producción de 1 Tonelada de Producto Metálico Estructural Terminado

Etapas del proceso	Tipo de flujo	Origen o destino del flujo	Flujo identificado	Cantidad considerada por unidad funcional	Interpretación dentro del ACV puerta a puerta
Recepción y almacenamiento de materia prima	Entrada	Tecnósfera	Materia prima metálica: acero estructural, perfiles, planchas y elementos metálicos	1,176 kg/t	Corresponde a un material industrial previamente transformado que ingresa al sistema como insumo principal. No se incluye la extracción minera ni la producción primaria del acero.
Corte, mecanizado, soldadura, esmerilado e iluminación	Entrada	Tecnósfera	Energía eléctrica de red	419.8 kWh/t	Representa un flujo energético suministrado por infraestructura externa. Se considera dentro del sistema por su uso directo en las operaciones internas.
Soldadura y armado estructural	Entrada	Tecnósfera	Alambre de soldadura ER70S o consumible equivalente	9.5 kg/t	Constituye un insumo industrial utilizado para la unión de

					elementos metálicos. Su consumo se vincula con residuos de consumibles y emisiones propias del proceso de soldadura.
Soldadura y armado estructural	Entrada	Tecnósfera	Gas de protección Ar/CO ₂	20.25 kg/t	Corresponde a un insumo industrial empleado como gas de protección durante la soldadura.
Corte, esmerilado, acabado y limpieza	Entrada	Tecnósfera	Discos abrasivos, discos de corte y materiales de desbaste	Según registro operativo	Son consumibles industriales asociados al desgaste de herramientas, generación de partículas y residuos sólidos.
Mecanizado, perforado, mantenimiento y servicios auxiliares	Entrada	Tecnósfera	Fluido de mecanizado, lubricantes y materiales auxiliares	20 kg/t	Corresponden a insumos industriales utilizados para facilitar operaciones mecánicas, reducir fricción y apoyar el mantenimiento de equipos.
Almacenamiento, despacho,	Entrada	Tecnósfera	Materiales de embalaje,	Según uso operativo	Son materiales auxiliares

limpieza y apoyo operativo			protección y limpieza		incorporados al proceso para proteger productos, ordenar áreas de trabajo o realizar actividades complementarias.
Soldadura, esmerilado y ventilación del área de trabajo	Entrada	Naturaleza	Aire ambiental	No cuantificado ; flujo auxiliar cualitativo	Se reconoce como flujo ambiental que interactúa con el proceso, principalmente en actividades de ventilación natural, renovación de aire y dispersión de humos o partículas.
Limpieza auxiliar de áreas, herramientas o superficies no contaminadas	Entrada	Naturaleza	Agua de limpieza industrial	de Según uso no operativo, si corresponde	Se considera como recurso natural auxiliar cuando participa en actividades menores de limpieza dentro del límite puerta a puerta.
Corte, habilitado, mecanizado y armado estructural	Salida	Tecnósfera	Retazos, sobrantes de perfiles, planchas y elementos metálicos	Incluido en la merma total de 176 kg/t	Corresponden a residuos metálicos valorizables generados por el aprovechamiento parcial de la materia prima

					metálica. Deben segregarse y almacenarse para valorización o venta como chatarra.
Mecanizado, perforado, esmerilado y acabado	Salida	Tecnósfera	Virutas, rebabas y partículas metálicas recuperables	Incluido en la merma total de 176 kg/t	Constituyen residuos metálicos menores generados por operaciones mecánicas. Requieren recolección frecuente y separación respecto a residuos comunes o contaminados. Representan residuos de manejo especial por su posible contenido de aceites, lubricantes o contaminantes. Requieren almacenamiento rotulado y disposición mediante manejo autorizado cuando corresponda.
Mecanizado, perforado y mantenimiento	Salida	Tecnósfera / manejo especial	Fluidos de mecanizado usados	de 20 kg/t	

Mantenimiento y servicios auxiliares	Salida	Tecnósfera / manejo especial	Envases contaminados con aceites, lubricantes, fluidos o sustancias auxiliares	Según generación operativa	Son residuos que deben segregarse, rotularse y almacenarse de forma diferenciada debido a su contacto con sustancias potencialmente contaminantes. Corresponden a residuos contaminados por contacto con aceites, lubricantes o fluidos auxiliares. Requieren manejo diferenciado y control documental.
Limpieza, mantenimiento y atención de derrames menores	Salida	Tecnósfera / manejo especial	Trapos, paños o materiales absorbentes impregnados	Según generación operativa	Se generan por el uso de alambre, electrodos, envases o materiales auxiliares. Deben segregarse según sus características de peligrosidad.
Soldadura y armado estructural	Salida	Tecnósfera / manejo especial	Restos de consumibles de soldadura y materiales contaminados	Según generación operativa	

Soldadura y armado estructural	Salida	Ambiente	Humos de soldadura	Asociado al proceso de soldadura	Constituyen emisiones atmosféricas generadas durante la unión de elementos metálicos. Requieren ventilación, buenas prácticas operativas y uso adecuado de EPP.
Corte, esmerilado, acabado y limpieza	Salida	Ambiente	Material particulado por corte, desgaste de discos y esmerilado	Según intensidad operativa	Se genera por la fricción entre herramientas, discos abrasivos y superficies metálicas. Requiere orden, limpieza, mantenimiento de equipos y control de polvo.
Soldadura y armado estructural	Salida	Ambiente	PM10 asociado a soldadura	0.0494 kg/t	Representa una emisión atmosférica específica vinculada al proceso de soldadura. Su control se relaciona con ventilación, reducción de reprocesos y capacitación operativa.

Consumo eléctrico en procesos internos	Salida indirecta	Ambiente	Emisiones indirectas de GEI por consumo eléctrico	91.5 kg CO ₂ eq./t	Corresponden a emisiones indirectas asociadas al uso de energía eléctrica de red. Se vinculan con la eficiencia energética y el desempeño ambiental del proceso.
Corte, mecanizado, esmerilado y armado	Salida física	Ambiente laboral	Ruido y vibraciones	No cuantificado en el ACV	Se reconocen como aspectos físicos ambientales asociados a equipos, herramientas y operaciones mecánicas. Requieren mantenimiento, control operacional y uso de EPP.
Almacenamiento y despacho interno	Salida	Tecnósfera	Producto metálico estructural terminado	1,000 kg/t	Representa la salida principal del sistema evaluado y corresponde a la unidad funcional del ACV puerta a puerta.

Nota. La tabla presenta el Inventario de Ciclo de Vida para la producción de una tonelada de producto metálico estructural terminado bajo un enfoque puerta a puerta. Se diferencian las entradas provenientes de la tecnósfera y de la naturaleza, así como las salidas dirigidas hacia la tecnósfera, el ambiente y el ambiente laboral. Los flujos de la tecnósfera corresponden a materiales, insumos, energía, residuos valorizables o residuos de manejo especial asociados a

sistemas industriales; mientras que los flujos de la naturaleza y hacia el ambiente corresponden a recursos ambientales, emisiones atmosféricas y aspectos físicos generados por las operaciones internas. Se excluyen del alcance principal la extracción minera, producción primaria del acero, fabricación externa de insumos, transporte externo no controlado, uso del producto y disposición final posterior.

Como se observa en la Tabla 11, el inventario evidencia que la mayor parte de las entradas del sistema corresponde a flujos provenientes de la tecnósfera, debido a que el proceso evaluado se basa en la transformación de materiales metálicos e insumos industriales previamente adquiridos por la empresa. El acero estructural constituye el principal flujo de entrada, con 1,176 kg por tonelada de producto terminado, seguido por la energía eléctrica de red, los consumibles de soldadura, gases de protección y fluidos de mecanizado.

Asimismo, las salidas del proceso no se limitan al producto metálico estructural terminado, sino que incluyen residuos metálicos valorizables, residuos peligrosos o de manejo especial, emisiones atmosféricas y aspectos físicos asociados a las operaciones productivas. La merma metálica representa el flujo de salida de mayor magnitud, con 176 kg por tonelada producida; sin embargo, los fluidos de mecanizado usados, envases contaminados, trapos impregnados, restos de consumibles y emisiones de soldadura presentan una relevancia ambiental particular por la necesidad de controles específicos. Esta clasificación permite fortalecer la trazabilidad del ACV, diferenciar los flujos provenientes de la tecnósfera y la naturaleza, e identificar de manera explícita los residuos y emisiones generados durante la producción.

4.1.2.5. Evaluación de impactos ambientales en SimaPro

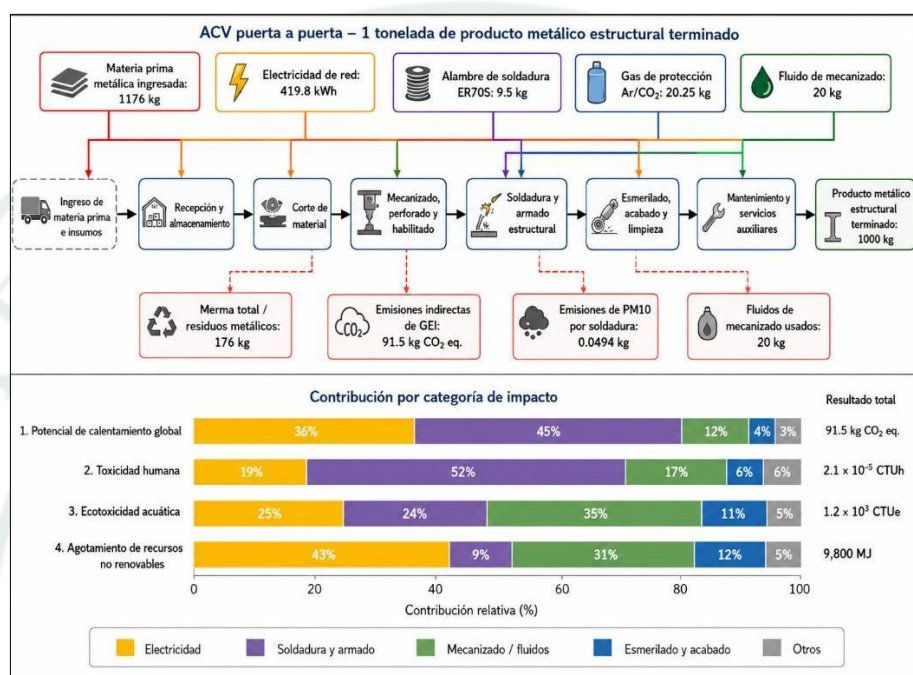
La evaluación de impactos ambientales se realizó mediante el software SimaPro Developer versión 9.5, empleando la base de datos Ecoinvent v3.8 para representar procesos secundarios asociados a los flujos ingresados al sistema. El método de evaluación utilizado fue IMPACT 2002+, con el propósito de interpretar impactos potenciales relacionados con cambio climático, salud humana, calidad del ecosistema y agotamiento de recursos.

La interpretación de los resultados se realizó diferenciando entre operaciones internas y flujos de entrada modelados. De este modo, el acero estructural se analizó como flujo de entrada dominante del inventario, no como una etapa productiva ejecutada por D&P Steel Masters E.I.R.L. Esta precisión evita confundir el alcance puerta a puerta con una evaluación

de cuna a puerta y permite vincular los resultados con acciones de control material, eficiencia energética, manejo de residuos y control de emisiones dentro del SGA propuesto.

Figura 5.

Resultados del ACV cuantitativo con enfoque puerta a puerta mediante análisis de contribución.



Nota. Elaboración propia a partir del modelamiento de los procesos internos de D&P Steel Masters E.I.R.L. en SimaPro Developer v9.5, utilizando la base de datos Ecoinvent v3.8 y el método IMPACT 2002+. El análisis se desarrolló con alcance puerta a puerta, considerando como unidad funcional 1 tonelada de producto metálico estructural terminado (1000 kg).

En la categoría de ecotoxicidad acuática, el resultado total estimado fue de 1.2×10^3 CTUe por tonelada de producto metálico estructural terminado. La mayor contribución corresponde a la etapa de mecanizado y fluidos, con aproximadamente 35%, seguida de la electricidad de red con 25%, la soldadura y armado con 24%, el esmerilado y acabado con 11% y otros procesos con 5%. Este resultado se interpreta como un impacto potencial, no como una descarga directa al agua, y se relaciona principalmente con el uso de fluidos de mecanizado, lubricantes, taladrinas, aceites y virutas contaminadas, los cuales pueden representar riesgo para ecosistemas acuáticos si son mezclados, derramados, lavados o dispuestos sin control. Por ello, el SGA propuesto debe priorizar el POE-SGA-003, mediante segregación de virutas contaminadas, almacenamiento en recipientes herméticos y rotulados, bandejas de contención, kits antiderrames, prohibición de descarga a drenajes, registro de generación y entrega a operador autorizado cuando corresponda.

4.1.2.6. Resultados de la Evaluación de Impacto del Ciclo de Vida

A partir del modelamiento en SimaPro se obtuvieron resultados de impacto ambiental normalizados por la unidad funcional de una tonelada de producto metálico estructural terminado. La Tabla 12 organiza los hallazgos según las etapas internas del límite puerta a puerta, identifica el flujo crítico, presenta la categoría de impacto predominante y vincula cada resultado con acciones concretas del Sistema de Gestión Ambiental.



Tabla 12

Resultados del ACV con enfoque puerta a puerta por etapa del proceso y acciones de control del SGA

Etapa puerta a puerta	Flujo o dato crítico por unidad funcional	Categoría / resultado principal	Interpretación técnica	Acciones a tomar en el SGA
Recepción y almacenamiento de materia prima	Acero estructural ingresado: 1,176 kg/t	Cambio climático total del modelo: 1,150 kg CO ₂ eq./t; contribución del acero: 91.6%	El acero no se produce dentro de la empresa, pero su ingreso domina el impacto potencial del modelo por la carga ambiental incorporada en el flujo de entrada.	Optimizar el aprovechamiento del acero, mejorar patrones de corte, reducir reprocesos, valorizar retales y evaluar proveedores con trazabilidad ambiental.
Corte de material	Retales y recortes incluidos en la merma total: 176 kg/t; consumo eléctrico transversal	Eficiencia material y agotamiento de recursos	La etapa de corte determina parte importante de la merma metálica y condiciona la valorización posterior de chatarra limpia. Aunque los fluidos y virutas contaminadas tienen menor masa que el acero, poseen mayor relevancia ambiental por su potencial de contaminar suelo y agua si se mezclan o almacenan sin control.	Implementar plan de corte, segregación inmediata de retales limpios, registro de chatarra y meta de valorización >= 90%.
Mecanizado, perforado y habilitado	Fluidos de mecanizado usados: 20 kg/t; virutas contaminadas	Ecotoxicidad acuática / calidad del ecosistema: 1.8 x 10 ³ unidad equivalente del método; contribución de mecanizado/fluidos : 60.4%	Aunque los fluidos y virutas contaminadas tienen menor masa que el acero, poseen mayor relevancia ambiental por su potencial de contaminar suelo y agua si se mezclan o almacenan sin control.	Aplicar POE-SGA-003, recipientes herméticos y rotulados, bandejas de contención, kit antiderrames, segregación de viruta contaminada y entrega a operador autorizado cuando corresponda.
Soldadura y	Alambre de	Toxicidad humana:	Los humos	Aplicar POE-

armado estructural	soldadura: 9.5 kg/t; gas Ar/CO2: 20.25 kg/t; PM10: 0.0494 kg/t	2.5 x 10 ⁻⁵ DALY o unidad equivalente; contribución de soldadura: 75.2%	metálicos y partículas justifican controles específicos por su relación con calidad de aire interno y exposición del personal.	SGA-002, extracción localizada, ventilación, mantenimiento de equipos, EPP, capacitación técnica y monitoreo ocupacional o de aire interno cuando corresponda.
Esmerilado, acabado y limpieza	Partículas metálicas, polvo, discos usados, ruido y vibraciones	Material particulado, ruido industrial y riesgo ocupacional	La etapa genera impactos físicos y residuos de consumibles que deben gestionarse con orden, limpieza y mantenimiento preventivo.	Implementar limpieza programada, control de polvo, mantenimiento de herramientas, señalización, uso de EPP y control de ruido en fuente.
Mantenimiento y servicios auxiliares	Trapos, envases contaminados, aceites, lubricantes y posibles derrames	Residuos peligrosos y riesgo de contaminación del suelo	Los residuos de mantenimiento requieren trazabilidad diferenciada, porque pueden convertirse en fuente de no conformidad ambiental.	Aplicar POE-SGA-001 y POE-SGA-005: rotulado, almacenamiento temporal, inspecciones, simulacros, registro de incidentes y cierre de acciones correctivas.
Consumo eléctrico transversal del proceso	Energía eléctrica: 419.8 kWh/t	Emisiones indirectas por electricidad: 91.5 kg CO2 eq./t	Este valor corresponde al indicador operacional de emisiones indirectas por consumo eléctrico y no reemplaza el resultado total del ACV de cambio climático.	Aplicar POE-SGA-004 y POE-SGA-006: apagado de equipos, control de compresores, mantenimiento preventivo, revisión de fugas de aire y seguimiento mensual kWh/t.

Nota. Elaboración propia a partir del modelamiento en SimaPro Developer versión 9.5, base de datos Ecoinvent v3.8 y método IMPACT 2002+. Los resultados corresponden a impactos potenciales normalizados por una tonelada de producto metálico estructural terminado y se interpretan dentro del alcance puerta a puerta definido.

Los resultados de la Evaluación de Impacto del Ciclo de Vida evidencian que los impactos ambientales del sistema productivo se concentran en cuatro ejes: uso de acero estructural, consumo energético, emisiones generadas en soldadura y residuos peligrosos derivados del mecanizado. Esta concentración permite identificar puntos críticos ambientales que deben priorizarse dentro del Sistema de Gestión Ambiental propuesto.



El cambio climático presenta una contribución predominante asociada al flujo de acero estructural ingresado al sistema. Este resultado no corresponde a la producción primaria del acero dentro de la empresa, sino a la carga ambiental potencial asignada al flujo de entrada en el modelo. En términos de gestión, la empresa puede actuar sobre este punto mediante acciones internas de optimización del corte, reducción de merma, valorización de retales y mejora del aprovechamiento del material.

La categoría de salud humana se asocia principalmente a la etapa de soldadura y armado estructural, debido a la emisión de humos metálicos, partículas y gases generados durante la unión de piezas. Este resultado justifica procedimientos específicos de ventilación, extracción localizada, uso de equipos de protección personal, orden operacional y capacitación del personal.

La ecotoxicidad o calidad del ecosistema se relaciona principalmente con fluidos de mecanizado usados, lodos o virutas contaminadas. Aunque estos flujos son menores en masa frente al acero estructural, presentan importancia ambiental debido a su potencial peligrosidad. En consecuencia, el SGA debe incorporar controles de segregación, almacenamiento, rotulado, transporte interno y disposición mediante operadores autorizados.

La categoría de ecotoxicidad acuática se interpreta como un indicador de impacto potencial asociado principalmente a la etapa de mecanizado, perforado y mantenimiento, debido al uso de fluidos de corte, aceites, lubricantes, taladras y a la generación de virutas contaminadas. Aunque estos flujos presentan menor masa que la materia prima metálica, su relevancia ambiental aumenta por la posibilidad de liberar hidrocarburos, aditivos y partículas metálicas si son almacenados, mezclados o dispuestos de manera inadecuada.

En la evaluación de impacto del ciclo de vida, la contribución de mecanizado y fluidos de corte usados alcanza aproximadamente 60.4% de la categoría de ecotoxicidad acuática/calidad del ecosistema. Este resultado justifica que el SGA no priorice únicamente la reducción de masa de residuos, sino también su segregación, rotulado, contención, trazabilidad y disposición mediante operadores autorizados cuando corresponda. Por ello, el resultado de ecotoxicidad se traduce en acciones específicas: diferenciación de viruta limpia y viruta contaminada, almacenamiento en recipientes cerrados, instalación de bandejas de contención, registro de generación, control de derrames y capacitación del personal operativo.

El agotamiento de recursos no renovables se asocia al uso de acero estructural y al

consumo de electricidad del proceso. Este resultado evidencia la dependencia del sistema respecto a recursos minerales y energéticos, por lo que se requieren medidas de eficiencia material y energética, mantenimiento preventivo, reducción de reprocesos y seguimiento del consumo eléctrico por tonelada producida.

4.1.3. Evaluación de significancia ambiental mediante matriz de Leopold adaptada

Los resultados del ACV fueron complementados con una matriz de Leopold adaptada, con el fin de valorar la significancia ambiental de los aspectos identificados. La matriz integró criterios de naturaleza, severidad, extensión, frecuencia, cumplimiento legal y percepción de partes interesadas. Esta triangulación permitió priorizar los aspectos no solo por su contribución técnica al ACV, sino también por su relevancia para el control operacional, la gestión normativa y la prevención de riesgos.

Para la valoración se emplearon los siguientes criterios: N = naturaleza del impacto (+1 positivo; -1 negativo); S = severidad; E = extensión; F = frecuencia; L = relevancia legal o necesidad de control normativo; P = percepción de partes interesadas o sensibilidad ocupacional. Los criterios S, E, F, L y P fueron calificados en una escala de 1 a 5. El Índice de Importancia Ambiental se calculó mediante la fórmula: $IA = N \times [(S \times F) + (E \times 2) + (L \times 2) + P]$.

La clasificación aplicada fue la siguiente: valores entre 0 y -15 = no significativo; valores entre -16 y -27 = moderadamente significativo; y valores iguales o menores a -28 = significativo. Esta escala permitió diferenciar los aspectos de control prioritario de aquellos que, si bien deben mantenerse bajo seguimiento, no constituyen los puntos críticos principales del sistema.

Tabla 13

Matriz de Identificación y Evaluación de Aspectos e Impactos Ambientales (IEIA)

Aspecto ambiental	Proceso asociado	Impacto asociado	Criterios (N/S/E/F/L/P)	IA	Significancia
Consumo de energía eléctrica	Todos	Agotamiento de recursos y huella de carbono indirecta	-1 / 4 / 4 / 5 / 2 / 2	-34	Significativo
Generación de humos de soldadura	Soldadura	Afectación a la calidad del aire interno y salud respiratoria	-1 / 5 / 2 / 4 / 4 / 4	-36	Significativo
Generación de viruta contaminada	Mecanizado	Contaminación potencial de suelo/agua y riesgo por residuo peligroso	-1 / 4 / 2 / 5 / 5 / 3	-37	Significativo
Generación de fluidos de corte usados	Mecanizado	Contaminación de suelo/agua por residuo peligroso	-1 / 5 / 2 / 3 / 5 / 2	-31	Significativo
Consumo de acero estructural	Recepción y proceso interno	Agotamiento de recursos y generación de merma metálica	-1 / 5 / 5 / 5 / 1 / 1	-38	Significativo
Generación de ruido industrial	Corte, mecanizado, compresores y acabado	Contaminación acústica interna y afectación potencial a la salud auditiva	-1 / 3 / 2 / 5 / 3 / 3	-28	Significativo
Almacenamiento de sustancias químicas	Almacenamiento o mantenimiento	Riesgo de derrame y contaminación del suelo	-1 / 4 / 1 / 5 / 4 / 3	-33	Significativo
Generación de residuos no peligrosos	Todos	Ocupación de almacenamiento y disposición en relleno sanitario	-1 / 2 / 1 / 4 / 1 / 1	-13	No significativo
Consumo de agua en servicios	Servicios auxiliares	Agotamiento del recurso hídrico	-1 / 2 / 2 / 3 / 1 / 1	-13	No significativo

Nota. Elaboración propia. La matriz fue calculada con una adaptación de criterios de significancia ambiental, integrando severidad, extensión, frecuencia, relevancia legal y percepción de partes interesadas. La columna de criterios presenta los valores en el orden N/S/E/F/L/P. El valor negativo expresa la naturaleza adversa del impacto; a mayor valor absoluto, mayor prioridad de control dentro del SGA.

La Tabla 13 muestra que los aspectos con mayor prioridad de control corresponden al consumo de acero estructural, la generación de viruta contaminada, los humos de soldadura, el consumo de energía eléctrica, el almacenamiento de sustancias químicas, los fluidos de corte usados y el ruido industrial. La convergencia entre la matriz IEIA y el ACV permite fortalecer la consistencia del diagnóstico, debido a que ambos instrumentos identifican como críticos los mismos ejes ambientales: eficiencia material, consumo energético, control de emisiones y gestión de residuos peligrosos.

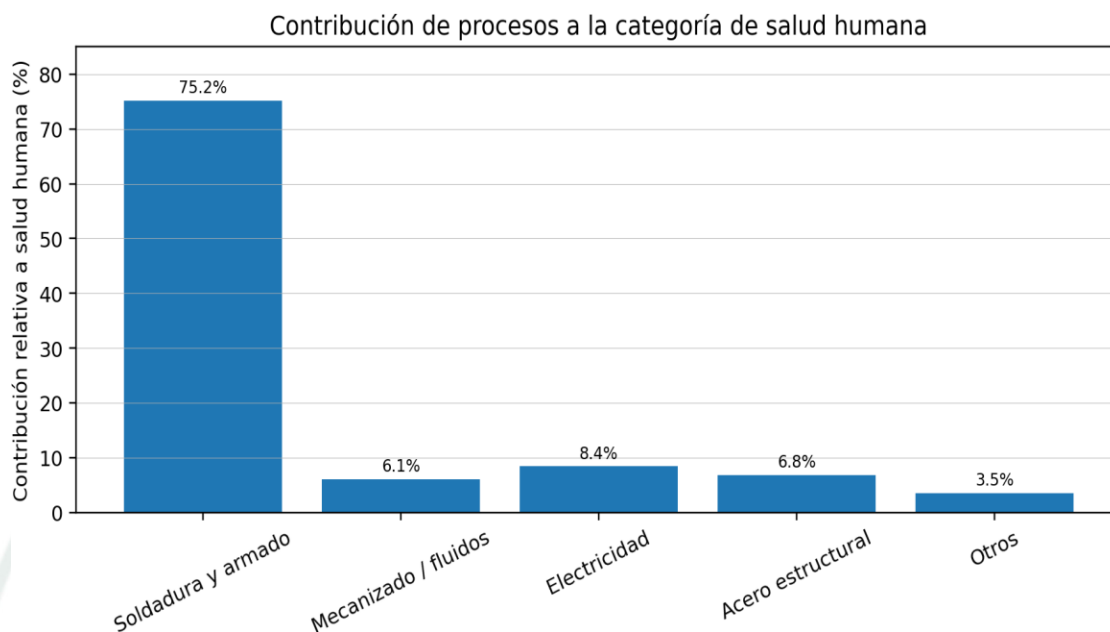
El consumo de acero estructural obtuvo un IA de -38, debido a su elevada severidad, extensión y frecuencia dentro del proceso. En el enfoque puerta a puerta, este aspecto no representa la producción del acero fuera de la empresa, sino el uso intensivo de materia prima metálica dentro del sistema operativo. Por ello, las acciones de mejora deben orientarse a optimizar patrones de corte, reducir reprocesos, mejorar el aprovechamiento de retales y fortalecer la valorización de residuos metálicos.

La generación de viruta contaminada obtuvo un IA de -37, mientras que los fluidos de corte usados alcanzaron un IA de -31. Ambos aspectos se consideran significativos por su relación con residuos peligrosos, cumplimiento legal y riesgo de contaminación de suelo o agua. Estos resultados justifican la necesidad de procedimientos específicos de segregación, almacenamiento temporal, rotulado, manejo interno y disposición mediante operadores autorizados.

La generación de humos de soldadura, con un IA de -36, constituye un punto crítico por su vinculación con la calidad del aire interno y la salud respiratoria de los trabajadores. Este hallazgo es coherente con el resultado de salud humana del ACV, donde la soldadura concentró la mayor contribución relativa. Por tanto, la propuesta del SGA debe integrar controles de ventilación, extracción localizada, orden operativo, mantenimiento de equipos y capacitación ambiental.

Figura 6.

Contribución de la Soldadura a la Categoría de Salud Humana



Nota. Elaboración propia a partir del modelamiento de contribución. La figura complementa la interpretación del impacto sobre salud humana y evidencia la necesidad de priorizar controles de humos metálicos, ventilación, extracción localizada y capacitación del personal expuesto.

El consumo de energía eléctrica alcanzó un IA de -34, confirmando su importancia como aspecto transversal del sistema. Si bien no genera emisiones directas dentro de la planta, su uso recurrente en corte, mecanizado, soldadura, acabado y servicios auxiliares justifica la incorporación de indicadores de eficiencia energética, mantenimiento preventivo y control de tiempos de operación.

El ruido industrial y el almacenamiento de sustancias químicas también fueron clasificados como significativos. El primero se relaciona con la exposición frecuente durante corte, mecanizado, compresores y acabado; el segundo, con el riesgo de derrames o eventos de emergencia. Aunque no constituyen las mayores cargas del ACV cuantitativo, sí requieren controles operacionales para prevenir incidentes y fortalecer el cumplimiento ambiental y ocupacional.

Por el contrario, la generación de residuos no peligrosos y el consumo de agua en servicios fueron clasificados como no significativos dentro del contexto evaluado. No obstante,

su inclusión en la matriz permite mantener un enfoque preventivo e integral, alineado con la mejora continua del Sistema de Gestión Ambiental propuesto.

4.1.4. Síntesis de aspectos significativos priorizados para el diseño del SGA

Con base en la integración de la identificación por operación, el ACV cuantitativo y la matriz IEIA, se consolidaron los aspectos significativos que deben orientar el diseño de controles operacionales, procedimientos, capacitaciones e indicadores ambientales del SGA. La Tabla 5 resume dicha relación y permite conectar directamente los resultados del objetivo 1 con el desarrollo de los objetivos posteriores.

Tabla 14

Síntesis de Aspectos Ambientales Significativos Priorizados para el Diseño del SGA

Aspecto significativo priorizado	Evidencia del ACV / inventario	Evidencia IEIA	Implicancia para el SGA propuesto
Consumo de energía eléctrica	419.8 kWh/t y 91.5 kg CO ₂ eq. por electricidad	IA = -34	Indicador de consumo energético, mantenimiento preventivo y control de tiempos de operación
Uso de acero estructural y merma metálica	1,176 kg de acero/t y 176 kg de merma estimada	IA = -38	Optimización de corte, reducción de reprocesos y valorización de retales y virutas
Humos de soldadura	0.0494 kg PM ₁₀ /t y 75.2% de contribución a salud humana	IA = -36	Ventilación, extracción localizada, EPP, orden operacional y capacitación
Viruta contaminada y fluidos de corte usados	20 kg de fluido usado/t y contribución a	IA = -37 e IA = -31	Segregación, almacenamiento, rotulado y

	ecotoxicidad/calidad del ecosistema		disposición mediante operadores autorizados
Almacenamiento de sustancias químicas	Riesgo de derrame identificado en etapa de recepción y mantenimiento	IA = -33	Procedimiento de almacenamiento seguro, bandejas de contención y respuesta ante emergencias
Ruido industrial	Identificado en corte, mecanizado, compresores y acabado	IA = -28	Controles operacionales, mantenimiento de equipos, señalización y capacitación preventiva

Nota. Elaboración propia. La tabla integra los hallazgos cuantitativos del ACV y la valoración semicuantitativa de la matriz IEIA, permitiendo orientar los controles operacionales, el plan de capacitación y los indicadores de desempeño ambiental del SGA propuesto.

En síntesis, los resultados del objetivo específico 1 permiten concluir que el proceso productivo de D&P Steel Masters E.I.R.L. presenta aspectos ambientales significativos asociados principalmente a eficiencia material, consumo energético, emisiones de soldadura, residuos peligrosos de mecanizado, almacenamiento de sustancias químicas y ruido industrial. Estos hallazgos constituyen la base técnica para el diseño de procedimientos operativos estándar, controles ambientales, plan de capacitación e indicadores de desempeño ambiental desarrollados en los apartados siguientes.

4.2. Diseño de procedimientos operativos y medidas de control ambiental (Resultados del objetivo específico 2)

En correspondencia con el objetivo específico 2, se diseñaron procedimientos operativos y medidas de control ambiental alineados con la Norma ISO 14001:2015. Este apartado toma como punto de partida los aspectos ambientales significativos priorizados en el objetivo específico 1 y los transforma en instrumentos de gestión aplicables al contexto

operativo de D&P Steel Masters E.I.R.L. La propuesta no representa una implementación ejecutada del Sistema de Gestión Ambiental (SGA), sino una estructura técnica de control, seguimiento y evidencia documental que puede ser adoptada por la empresa en una etapa posterior.

El diseño de los controles se orientó a los procesos con mayor relevancia ambiental dentro del alcance puerta a puerta: consumo de energía eléctrica, generación de humos metálicos de soldadura, manejo de virutas contaminadas, fluidos de corte usados, residuos peligrosos, ruido industrial, riesgo de derrames y valorización de residuos metálicos. De esta manera, el resultado del objetivo 2 mantiene trazabilidad directa con el diagnóstico ambiental, el inventario de ciclo de vida, la matriz de significancia IEIA y las cláusulas operativas de ISO 14001:2015.

4.2.1. Criterios para el diseño de controles operacionales

Los procedimientos y matrices de gestión se formularon considerando cuatro criterios técnicos: i) significancia ambiental del aspecto identificado, ii) capacidad de control o influencia de la empresa sobre la operación, iii) obligación legal o normativa asociada y iv) posibilidad de seguimiento mediante registros o indicadores. Este criterio permitió evitar una propuesta genérica y orientar el SGA hacia los procesos donde la empresa tiene mayor capacidad de prevención, control y mejora.

Desde el enfoque de ISO 14001:2015, los controles operacionales se relacionan principalmente con la planificación de acciones para abordar riesgos y oportunidades, la determinación de obligaciones de cumplimiento, el control operacional, la preparación ante emergencias y la evaluación del desempeño. En consecuencia, cada procedimiento propuesto incorpora el aspecto ambiental controlado, los controles principales, el responsable, los registros de evidencia y la cláusula de la norma ISO 14001:2015 con la que guarda correspondencia.

4.2.2. Procedimientos Operativos Estándar propuestos

A partir de los aspectos significativos priorizados en el objetivo específico 1, se formularon seis Procedimientos Operativos Estándar (POE). Estos procedimientos constituyen instrumentos de control documental y operativo para ordenar la gestión de residuos, emisiones, energía, fluidos de corte, emergencias y mantenimiento preventivo. La Tabla 6 presenta la estructura técnica de los procedimientos propuestos.

Tabla 15
Procedimientos Operativos Estándar Propuestos para el SGA

Código	Procedimiento	Aspecto ambiental significativo	Controles propuestos	Responsable	Registro o evidencia	Cláusula ISO 14001:2015
POE-SGA-001	Gestión integral de residuos sólidos	Residuos peligrosos y no peligrosos; virutas, retales, trapos, envases y consumibles usados.	Segregación en la fuente según tipo de residuo; contenedores rotulados; área de almacenamiento temporal; diferenciación entre viruta limpia y viruta contaminada; entrega a operador autorizado cuando corresponda.	Jefe de Planta / Responsable SSOMA / Personal operativo	Registro de generación de residuos; acta de entrega; manifiesto o constancia de disposición; inspección del área de almacenamiento.	6.1.3; 8.1; 9.1
POE-SGA-002	Control de humos metálicos y partículas soldadura	de Generación de humos metálicos, gases y partículas con afectación potencial a la calidad del aire interno y salud respiratoria.	Uso de ventilación general y extracción localizada cuando sea viable; inspección de equipos de captación; orden operativo en zonas de soldadura; uso de EPP; evaluación progresiva de consumibles con menor emisión.	Jefe de Planta / Supervisor de soldadura / Responsable SSOMA	Lista de inspección de ventilación; registro de mantenimiento de extractores; capacitación; evaluación ocupacional o calidad de aire interno.	8.1; 8.2; 9.1
POE-SGA-003	Manejo de fluidos de corte, virutas	de Fluidos de corte usados, aceites,	Inspección de fugas; drenaje seguro de	Responsable de Mantenimiento	Bitácora de cambio de fluidos; registro	6.1.3; 8.1; 8.2

	contaminadas y prevención de derrames	taladrinas, virutas contaminadas y riesgo de derrames.	fluidos usados; almacenamiento en recipientes herméticos y rotulados; segregación de viruta contaminada; disponibilidad de kit antiderrames.	/ Operador de mecanizado / Responsable SSOMA	de inspección; registro de incidentes; manifiesto o constancia de disposición.	
POE- SGA-004	Eficiencia energética en planta	Consumo de energía eléctrica en corte, mecanizado, soldadura, esmerilado, compresores y servicios auxiliares.	Protocolo de apagado de equipos en tiempos muertos; mantenimiento de compresores; revisión de fugas de aire comprimido; sustitución progresiva de luminarias por LED; seguimiento del consumo kWh/t.	Responsable de de Mantenimiento / Jefe de Planta	Registro mensual de consumo eléctrico; reporte de producción; inspección de equipos; indicador kWh/t.	6.2; 8.1; 9.1
POE- SGA-005	Respuesta ante emergencias ambientales	Riesgo de derrames, incendios por trabajos en caliente y contaminación accidental por sustancias auxiliares.	Identificación de escenarios de emergencia; rutas de comunicación; disponibilidad de extintores y kits de contención; simulacros; segregación del material contaminado posterior al evento.	Responsable SSOMA / Jefe de Planta / Brigada interna	Plan de emergencia; registro de simulacros; reporte de incidentes; lista de verificación de extintores y kits antiderrames.	8.2; 9.1
POE- SGA-006	Mantenimiento preventivo con	Ruido industrial, consumo	Cronograma anual de mantenimiento;	Responsable de	Cronograma de mantenimiento; órdenes de	7.1; 8.1; 10.2

enfoque ambiental	energético excesivo, fugas de aceite y operación ineficiente de equipos.	lubricación y ajuste de equipos; revisión de soldadoras, compresores y herramientas; control de vibraciones y ruido; calibración cuando corresponda.	Mantenimiento / Jefe de Planta	trabajo; check list de equipos; registro de fallas y acciones correctivas.
-------------------	--	--	--------------------------------	--

Nota. Elaboración propia. Los procedimientos propuestos corresponden a instrumentos documentales del SGA y no implican que hayan sido implementados durante el periodo de investigación.

La Tabla 15 evidencia que cada procedimiento propuesto responde a un aspecto ambiental significativo y a una necesidad concreta de control. El POE-SGA-001 aborda la segregación, almacenamiento y trazabilidad de residuos; el POE-SGA-002 se orienta al control de humos metálicos y partículas de soldadura; el POE-SGA-003 prioriza los fluidos de corte usados, virutas contaminadas y riesgos de derrame; el POE-SGA-004 integra medidas de eficiencia energética; el POE-SGA-005 establece lineamientos para emergencias ambientales; y el POE-SGA-006 vincula el mantenimiento preventivo con la reducción de ruido, fugas y consumos innecesarios.

La principal fortaleza de los POE propuestos es su trazabilidad con el diagnóstico ambiental. En lugar de formular documentos aislados, cada procedimiento incorpora un aspecto significativo, un mecanismo de control, una evidencia verificable y una relación con ISO 14001:2015. Esto permite que el SGA diseñado se oriente hacia la prevención y el seguimiento, evitando una estructura meramente declarativa.

4.2.3. Matriz de partes interesadas

Conforme a la cláusula 4.2 de ISO 14001:2015, se identificaron las partes interesadas cuyas necesidades y expectativas pueden influir en el SGA propuesto. La matriz considera actores internos y externos, el tipo de requisito que generan, la respuesta prevista del SGA y la evidencia documental que permitiría verificar dicha atención en una futura implementación.

Tabla 16

Matriz de Identificación de Partes Interesadas y Respuesta del SGA

Parte interesada	Tipo	Necesidad o expectativa ambiental	Tipo de requisito	Respuesta del SGA propuesto	Evidencia o registro
Clientes	Externa	Productos fabricados con cumplimiento técnico, menor riesgo ambiental y trazabilidad de operaciones críticas.	Contractual / estratégico	Control operacional, cumplimiento legal, indicadores ambientales y registros de residuos cuando sean requeridos.	Registro de requisitos del cliente; matriz legal; ficha de indicadores; evidencias de control operacional.
Comunidad o vecinos	Externa	No verse afectados por ruido, humos, polvo, olores o incidentes asociados a la operación.	Social / ambiental	Control de emisiones, control de ruido, orden y limpieza, respuesta ante emergencias y manejo adecuado de residuos.	Registro de incidentes; inspecciones; monitoreos cuando correspondan; procedimiento de comunicación.
Municipalidad y autoridades ambientales	Externa	Cumplimiento de licencias, manejo de residuos, control de impactos y atención de obligaciones ambientales aplicables.	Legal	Matriz de requisitos legales, actualización normativa, evidencia de disposición de residuos y cumplimiento documental.	Matriz legal; constancias de disposición; registros de almacenamiento; autorizaciones o permisos aplicables.
Trabajadores	Interna	Ambiente de trabajo ordenado, con control de humos de	Interno / SST / ambiental	Capacitación ambiental, controles operacionales, EPP,	Registro de capacitación; inspecciones de área; registros de EPP;

		soldadura, ruido, residuos peligrosos y derrames.		ventilación, mantenimient o preventivo y protocolos de emergencia.	monitoreos ocupacionales cuando correspondan.
Gerencia	Interna	Reducción de riesgos legales, mejora de eficiencia operativa, control de costos y sostenibilidad de la operación.	Estratégico	Objetivos ambientales, indicadores de desempeño, revisión de resultados, control de consumo energético y valorización de residuos.	Reportes de indicadores; revisión por la dirección; registros de consumo y residuos; planes de acción.
Proveedores y operadores de residuos	Extern a	Criterios claros para entrega, retiro, valorización o disposición final de residuos e insumos.	Contractua l / legal	Formalización de requisitos para retiro de residuos, trazabilidad documental y verificación de autorizaciones cuando corresponda.	Contrato u orden de servicio; constancia de EO-RS; manifiestos; certificados o constancias de valorización.

Nota. Elaboración propia con base en la cláusula 4.2 de ISO 14001:2015 y en los aspectos ambientales identificados en el diagnóstico.

La Tabla 16 muestra que las necesidades de las partes interesadas se relacionan directamente con los aspectos ambientales significativos del proceso productivo. Los trabajadores y la comunidad se vinculan principalmente con el control de humos, ruido, polvo y emergencias; las autoridades se relacionan con obligaciones legales y trazabilidad documental; la gerencia requiere indicadores que permitan evaluar el desempeño; y los clientes pueden demandar evidencia de control ambiental como parte de requisitos contractuales o de competitividad. Por ello, el SGA propuesto debe operar como un mecanismo integrador entre control operativo, cumplimiento legal, comunicación y mejora continua.

4.2.4. Matriz de riesgos y oportunidades del SGA

La cláusula 6.1.1 de ISO 14001:2015 exige abordar riesgos y oportunidades que puedan afectar el logro de los resultados previstos del SGA. En esta investigación, los riesgos y oportunidades se formularon a partir de los aspectos significativos del objetivo 1, incorporando una prioridad de gestión para diferenciar aquellos elementos que requieren atención inmediata de aquellos que pueden ser abordados mediante acciones programadas.

Tabla 17

Matriz de Riesgos y Oportunidades del SGA Propuesto

Fuente	Riesgo u oportunidad	Tipo	Consecuencia potencial	Prioridad	Acción de control o aprovechamiento	Responsable	Evidencia
Consumo de energía eléctrica	Incremento de consumo por tiempos muertos, fugas de aire comprimido o equipos sin mantenimiento.	Riesgo	Aumento de costos, mayor huella de carbono indirecta y menor eficiencia operacional.	Alta	Aplicar POE-SGA-004 y POE-SGA-006; controlar kWh/t; revisar compresores y equipos de mayor demanda.	Mantenimiento / Jefe de Planta	Indicador kWh/t; registro de mantenimiento; reporte eléctrico.
Humos metálicos de soldadura	Exposición del personal y dispersión de	Riesgo	Afectación potencial a la salud respiratoria,	Alta	Aplicar POE-SGA-002; inspección de	Supervisor de Soldadura / SSOMA	Check list de ventilación; registro de

	partículas en el ambiente interno.		observaciones de SST y deterioro de condiciones de trabajo.		ventilación; capacitación ; uso de EPP y orden operativo.		capacitación; inspección de EPP.
Virutas contaminadas y fluidos usados	Manejo inadecuado o mezcla con residuos no peligrosos .	Riesgo	Contaminación potencial de suelo, incremento de costos de disposición y posible incumplimiento legal.	Alta	Aplicar POE-SGA-001 y POE-SGA-003; recipientes herméticos; rotulado; retiro por operador autorizado cuando aplique.	SSOMA / Mantenimiento	Registro de residuos; manifiesto o constancia ; inspección del almacén temporal.
Retales y chatarra metálica limpia	Valorización de residuos metálicos como material reciclable.	Oportunidad	Reducción de residuos enviados a disposición final e ingreso económico por valorización.	Media -Alta	Segregar retales limpios; formalizar venta o entrega a reciclador; medir porcentaje de valorización .	Jefe de Planta / Administración	Registro de valorización; comprobante de venta o entrega; indicador de valorización.
Ruido industrial	Exposición frecuente a ruido por mecanizado, compresores y herramientas de acabado.	Riesgo	Molestias, riesgo ocupacional y posibles quejas o incumplimientos si trasciende al entorno.	Media	Aplicar mantenimiento preventivo; evaluación de ruido cuando corresponda ; ordenamiento de horarios o barreras operativas.	Mantenimiento / SSOMA	Informe de monitoreo ; registro de mantenimiento; inspección de equipos.
Sustancias químicas auxiliares	Derrame de aceites, lubricantes, refrigerantes o	Riesgo	Contaminación potencial de suelo, generación de residuos	Alta	Aplicar POE-SGA-003 y POE-SGA-005; kits antiderrame	Mantenimiento / SSOMA	Registro de incidentes; lista de verificación de kits;

	fluidos de corte.		peligrosos e interrupción de operaciones.		s; bandejas de contención; capacitación.		capacitación.
Cambios normativos o requisitos de clientes	Nuevas exigencias ambientales, contractuales o municipales.	Riesgo / oportunidad	Sanciones si no se actualiza el sistema; posibilidad de acceder a clientes con mejores exigencias ambientales.	Media	Revisión semestral de matriz legal y requisitos contractuales; actualización de controles y evidencias.	Gerencia / SSOMA	Matriz legal actualizada; acta de revisión; plan de acción.
Capacitación ambiental	Bajo conocimiento del personal sobre residuos, derrames, energía y emisiones.	Riesgo	Errores operativos, mezcla de residuos, respuesta inadecuada ante emergencias y bajo cumplimiento de POE.	Alta	Ejecutar plan anual de capacitación ambiental y verificar aprendizaje mediante formatos de evaluación.	RR.HH. / SSOMA	Registro de capacitación; lista de asistencia; evaluación de aprendizaje.

Nota. Elaboración propia. La prioridad fue definida de manera cualitativa considerando significancia ambiental, cumplimiento legal, frecuencia operativa y capacidad de control de la empresa.

La Tabla 17 amplía el enfoque de riesgos y oportunidades al incorporar no solo eventos extremos, sino también condiciones operativas recurrentes que pueden afectar el desempeño ambiental del sistema. Los riesgos con prioridad alta se relacionan con energía, humos metálicos, residuos peligrosos, derrames y capacitación, porque estos aspectos fueron clasificados como significativos en el diagnóstico y requieren controles documentados. Asimismo, la valorización de retales metálicos se reconoce como una oportunidad ambiental y económica, ya que permite reducir residuos y mejorar el aprovechamiento del material.

4.2.5. Matriz de requisitos legales y normativos aplicables

La matriz legal fue formulada para vincular las obligaciones ambientales aplicables con los controles y evidencias del SGA propuesto. Esta matriz no debe entenderse como un análisis jurídico exhaustivo, sino como un instrumento operativo de seguimiento que debe actualizarse periódicamente durante una futura implementación. Se evitó utilizar evidencias genéricas como la sola existencia de tachos de colores, priorizando registros verificables, constancias, inspecciones y documentos de trazabilidad.

Tabla 18

Matriz de Requisitos Legales y Normativos Aplicables al SGA Propuesto

Norma o referencia		Materia aplicable		Obligación o criterio para la empresa	Control propuesto en el SGA	Evidencia de cumplimiento o seguimiento	
Ley 28611, Ley General del Ambiente	N.º	Principios de prevención, responsabilidad ambiental y gestión ambiental.	de	Prevenir, controlar y asumir responsabilidad por los impactos ambientales derivados de la actividad productiva.	Identificación de aspectos e impactos; objetivos ambientales; procedimientos operativos; seguimiento de indicadores.	Matriz IEIA; matriz de objetivos; registros de controles; reportes de desempeño ambiental.	
Decreto Legislativo N.º 1278, Ley de Gestión Integral de		Gestión integral, minimización, valorización y manejo	y	Segregar, almacenar, valorizar y gestionar residuos según	POE-SGA-001; segregación de residuos; valorización de retales;	Registro de generación de residuos; actas de entrega; constancias de	

Residuos Sólidos	responsable de residuos sólidos.	su naturaleza y peligrosidad.	almacenamiento temporal diferenciado.	valorización; inspección del almacén temporal.
D.S. N.° 014-2017-MINAM, Reglamento del D. L. N.° 1278	Condiciones de manejo, almacenamiento, transporte y disposición de residuos sólidos.	Asegurar trazabilidad y manejo seguro de residuos peligrosos y no peligrosos.	Contenedores rotulados; almacenamiento temporal seguro; entrega a operador autorizado cuando corresponda.	Manifiestos o constancias de disposición; contrato u orden de servicio con EO-RS; check list de almacenamiento.
NTP 900.058:2019	Código de colores para almacenamiento de residuos sólidos.	Estandarizar la segregación visual de residuos aprovechables, no aprovechables, orgánicos y peligrosos.	Señalización y contenedores según tipo de residuo; capacitación al personal.	Inspección de puntos de segregación; registro fotográfico; asistencia a capacitaciones.
D.S. N.° 085-2003-PCM, ECA para Ruido	Estándares de Calidad Ambiental para ruido en el ambiente exterior.	Controlar potencial afectación sonora hacia el entorno cuando corresponda.	Mantenimiento preventivo; evaluación de ruido ambiental cuando si existe riesgo de trascendencia fuera del local.	Informe de monitoreo de ruido ambiental cuando aplique; registro de mantenimiento; atención de quejas.
Ley N.° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo	Prevención de exposición a agentes físicos y químicos en el trabajo.	Controlar exposición del personal a humos metálicos, ruido, partículas y sustancias peligrosas.	POE-SGA-002; POE-SGA-006; uso de EPP; ventilación; monitoreo ocupacional cuando corresponda.	Registros de EPP; monitoreos ocupacionales; capacitaciones; inspecciones de condiciones de trabajo.

ISO 14001:2015	Requisitos para Sistemas de Gestión Ambiental.	Determinar contexto, obligaciones de cumplimiento, controles operacionales, emergencias, seguimiento y mejora.	Estructura documental del SGA; matriz legal; matriz de riesgos; procedimientos; indicadores.	Matriz del POE; matriz indicadores; registros de revisión; acciones de mejora.	ISO;
---------------------------	---	--	--	---	------

Nota. Elaboración propia. Los artículos específicos de cada norma deben validarse en la matriz legal final durante la futura implementación del SGA, considerando actualizaciones normativas, licencias, permisos municipales y requisitos contractuales aplicables.

La Tabla 18 muestra que los requisitos legales y normativos se relacionan principalmente con residuos sólidos, residuos peligrosos, ruido, condiciones de trabajo, control operacional y mejora continua. La evidencia propuesta no se limita a la disponibilidad de contenedores, sino que incluye registros de generación, constancias de valorización o disposición, inspecciones, monitoreos y documentos de seguimiento. Esta precisión fortalece la trazabilidad del SGA y reduce el riesgo de que la matriz legal se convierta en un listado meramente declarativo.

4.2.6. Objetivos ambientales y planificación para lograrlos

Los objetivos ambientales fueron formulados de acuerdo con la cláusula 6.2 de ISO 14001:2015, procurando que sean coherentes con la política ambiental proyectada, los aspectos significativos, las obligaciones de cumplimiento y los resultados del diagnóstico. A diferencia de una matriz general de intenciones, la Tabla 10 incorpora fórmula, línea base, meta, responsable, frecuencia y evidencia de seguimiento.

Tabla 19

Matriz de Objetivos Ambientales del SGA Propuesto

Objetivo ambiental	Indicador	Fórmula de cálculo	Línea base	Meta propuesta	Responsable	Frecuencia	Evidencia
Optimizar el consumo de energía eléctrica del proceso productivo.	Índice de consumo energético	kWh consumidos / toneladas producidas	419.8 kWh/t	Reducir 5% en el primer año: 398.8 kWh/t	Mantenimiento / Jefe de Planta	Mensual	Recibo eléctrico; reporte de producción; ficha de indicador
Incrementar la correcta segregación de residuos peligrosos.	% de residuos peligrosos segregados correctamente	(kg de residuos peligrosos correctamente / kg total de residuos peligrosos generados) x 100	Sin registro formal consolidado	>= 90% de segregación correcta	SSOMA / Jefe de Planta	Mensual	Registro de residuos; inspección de almacén; manifestaciones o constancias.
Aumentar la valorización de retales y chatarra metálica limpia.	% de residuos metálicos valorizados	(kg de retales o chatarra valorizada / kg total de residuos metálicos generados) x 100	176 kg/t de merma metálica estimada	Valorizar >= 80% de retales y chatarra limpia	Jefe de Planta / Administración	Mensual	Registro de valorización; comprobante de entrega o venta.
Controlar la exposición y dispersión de humos metálicos	% de inspecciones conformes en zona de soldadura	(inspecciones conformes / inspecciones)	Sin programa sistemático documentado	>= 90% de inspecciones conformes	Supervisor de Soldadura / SSOMA	Mensual	Check list de ventilación; registro de EPP;

de soldadura		programadas) x 100					capacitación.
Prevenir derrames y mejorar el manejo de fluidos de corte usados.	Número de incidentes por derrames	Conteo de derrames registrados en el periodo	Sin registro formal consolidado	0 derrames mayores y reducción progresiva de incidentes menores	Mantenimiento / SSOMA	Mensual	Bitácora de cambios; registro de incidentes; check list de kits antiderrames.
Cumplir el mantenimiento preventivo de equipos críticos.	% de mantenimiento preventivo ejecutado	(actividades ejecutadas / actividades programadas) x 100	Sin cronograma ambiental integrado	>= 90% de cumplimiento del cronograma	Mantenimiento	Trimestral	Cronograma; órdenes de trabajo; check list de equipos.
Fortalecer las competencias ambientales del personal.	% de cumplimiento del plan de capacitación ambiental	(capacitaciones ejecutadas / capacitaciones programadas) x 100	Sin programa anual formalizado	100% de capacitaciones programadas ejecutadas	RR.HH. / SSOMA	Trimestral	Programa anual; listas de asistencia; evaluación de aprendizaje.

Nota. Elaboración propia. Las metas corresponden a una propuesta para el primer año de aplicación del SGA y deberán ajustarse con información real durante la futura implementación.

La Tabla 19 evidencia que los objetivos ambientales se encuentran alineados con los aspectos significativos priorizados. El consumo energético se vincula con una línea base de 419.8 kWh/t y una meta de reducción del 5%, equivalente a 398.8 kWh/t. La gestión de residuos peligrosos se aborda mediante la segregación correcta; la merma metálica se orienta hacia valorización; los humos de soldadura se controlan mediante inspecciones conformes; y los fluidos de corte usados se gestionan a través de prevención de derrames y trazabilidad. Esta

estructura permite que los objetivos sean medibles y verificables, evitando metas generales sin evidencia de cumplimiento.

4.2.7. Síntesis de trazabilidad entre diagnóstico y controles propuestos

Para demostrar la coherencia entre el diagnóstico ambiental del objetivo 1 y el diseño de controles del objetivo 2, se elaboró una matriz de trazabilidad. Esta tabla permite verificar que los aspectos significativos no quedaron únicamente como hallazgos del diagnóstico, sino que fueron traducidos en procedimientos, matrices, objetivos, indicadores y registros de seguimiento.

Tabla 20

Trazabilidad entre Aspectos Significativos, Controles Propuestos e Indicadores

Aspecto significativo priorizado	Evidencia del objetivo 1	Procedimiento o control propuesto	Matriz vinculada	Indicador o registro de seguimiento
Consumo de energía eléctrica	Aspecto significativo; línea base de 419.8 kWh/t.	POE-SGA-004 Eficiencia energética; POE-SGA-006 Mantenimiento preventivo.	Matriz de riesgos y oportunidades; matriz de objetivos ambientales.	Indicador kWh/t; registro de consumo; reporte de mantenimiento.
Humos metálicos y partículas de soldadura	Aspecto significativo asociado a toxicidad humana y calidad de aire interno.	POE-SGA-002 Control de humos metálicos y partículas de soldadura.	Matriz de partes interesadas; matriz de riesgos; matriz legal.	Check list de ventilación; registro de EPP; capacitación; monitoreo ocupacional cuando aplique.
Virutas contaminadas y residuos peligrosos	Aspecto significativo por potencial contaminación de suelo y agua.	POE-SGA-001 Gestión de residuos; POE-SGA-003 Manejo de	Matriz legal; matriz de riesgos; objetivos ambientales.	Registro de segregación; manifiesto o constancia; inspección de

		fluidos y virutas.		almacén temporal.
Fluidos de corte usados	Flujo crítico del mecanizado con potencial ecotóxico.	POE-SGA-003 Manejo de fluidos de corte y prevención de derrames.	Matriz legal; matriz de riesgos; objetivos ambientales.	Bitácora de cambio de fluidos; registro de incidentes; check list de kits antiderrames.
Merma de acero y residuos metálicos limpios	Merma estimada de 176 kg/t asociada a corte y mecanizado.	POE-SGA-001; valorización de retales y chatarra limpia.	Matriz de oportunidades; objetivos ambientales.	Registro de valorización; comprobante de entrega o venta; indicador de residuos valorizados.
Ruido industrial	Aspecto significativo en mecanizado, compresores y acabado.	POE-SGA-006 Mantenimiento preventivo; evaluación de ruido cuando corresponda.	Matriz de partes interesadas; matriz legal; matriz de riesgos.	Registro de mantenimiento; informe de monitoreo; atención de quejas si existieran.
Riesgo de derrame o incendio	Condición de emergencia identificada en almacenamiento, mecanizado y soldadura.	POE-SGA-005 Respuesta ante emergencias ambientales.	Matriz de riesgos y oportunidades; matriz legal.	Registro de simulacros; reporte de incidentes; inspección de extintores y kits antiderrames.

Nota. Elaboración propia. La tabla integra los hallazgos del diagnóstico con los instrumentos diseñados para el SGA propuesto.

La Tabla 20 permite cerrar el resultado del objetivo 2 al evidenciar la trazabilidad entre los hallazgos ambientales y la propuesta de control. El consumo de energía se vincula con eficiencia energética y mantenimiento; los humos de soldadura con ventilación, inspección y capacitación; los residuos peligrosos con segregación y trazabilidad; los fluidos de corte con prevención de derrames; y la merma metálica con valorización. De esta forma, el SGA propuesto no se limita a documentos generales, sino que articula diagnóstico, control operacional, cumplimiento legal, indicadores y registros verificables.

4.2.8. Interpretación del resultado del objetivo específico 2

El resultado del objetivo específico 2 demuestra que los procedimientos operativos y controles ambientales propuestos responden de manera directa a los aspectos ambientales significativos identificados en el objetivo 1. La estructura formulada permite que el SGA se concentre en los puntos críticos del proceso metalmecánico: energía, residuos peligrosos, humos metálicos, fluidos de corte, ruido, derrames y valorización de residuos metálicos.

Asimismo, la incorporación de matrices de partes interesadas, riesgos y oportunidades, requisitos legales y objetivos ambientales fortalece la estructura del sistema, ya que permite pasar de una gestión reactiva a una planificación preventiva. Esta articulación es consistente con el enfoque de ISO 14001:2015, donde el control operacional debe estar vinculado con obligaciones de cumplimiento, riesgos, oportunidades, seguimiento y mejora continua.

En consecuencia, el diseño desarrollado constituye una base técnica para la aplicación futura del SGA en D&P Steel Masters E.I.R.L. Su utilidad radica en que define qué controlar, cómo controlarlo, quién debe hacerlo, qué evidencia debe generarse y qué indicador permitirá evaluar el desempeño. Por ello, este apartado establece el puente metodológico entre el diagnóstico ambiental del objetivo 1 y los componentes posteriores de capacitación, indicadores y análisis de brechas del sistema propuesto.

4.3. Propuesta del Plan de Capacitación Ambiental (Resultados del Objetivo 3)

En atención al objetivo específico 3, se formuló un plan de capacitación ambiental orientado a fortalecer las competencias, la toma de conciencia y la aplicación proyectada de los controles operacionales del Sistema de Gestión Ambiental propuesto para D&P Steel Masters E.I.R.L. Este resultado se construyó a partir de las brechas identificadas en el diagnóstico

ambiental, los aspectos significativos priorizados en el objetivo 1 y los procedimientos operativos definidos en el objetivo 2.

El plan se alineó con las cláusulas 7.2 y 7.3 de la Norma ISO 14001:2015, referidas a competencia y toma de conciencia. En ese sentido, la capacitación no se planteó como una actividad aislada, sino como un mecanismo de soporte para que el personal comprenda los aspectos ambientales asociados a sus funciones, aplique correctamente los procedimientos propuestos y reconozca las consecuencias ambientales de desviaciones operativas, tales como la mezcla de residuos, derrames, consumo energético innecesario o exposición a humos de soldadura.

4.3.1. Criterios para la formulación del plan de capacitación

La formulación del plan consideró cuatro criterios técnicos: primero, la relación con los aspectos ambientales significativos priorizados; segundo, la vinculación con los POE diseñados para el SGA; tercero, la necesidad de generar evidencias verificables de competencia y toma de conciencia; y cuarto, la posibilidad de evaluar la eficacia de las actividades formativas mediante indicadores. De esta manera, el plan permite conectar el diagnóstico ambiental con acciones formativas concretas, medibles y aplicables a la realidad operativa de la empresa.

Bajo este enfoque, los contenidos de capacitación se organizaron en módulos diferenciados para personal operativo, soldadores, ayudantes, mantenimiento, limpieza, brigada de emergencia, jefaturas y gerencia. Esta diferenciación evita un programa genérico y permite asignar contenidos según el nivel de exposición, responsabilidad y capacidad de control de cada grupo dentro del proceso productivo.

4.3.2. Diagnóstico de necesidades de capacitación

El diagnóstico de necesidades de capacitación permitió identificar las brechas de conocimiento, aplicación y toma de conciencia que podrían limitar la eficacia del SGA propuesto. Como se presenta en la Tabla 21, dichas brechas se relacionan principalmente con el manejo de residuos peligrosos y no peligrosos, la respuesta ante derrames, el control de humos de soldadura, la ecoeficiencia operativa y el liderazgo ambiental.

Tabla 21

Diagnóstico de Necesidades de Capacitación Ambiental

Brecha identificada	Evidencia del diagnóstico	Riesgo asociado	Necesidad de capacitación	Personal priorizado
Segregación insuficiente de residuos peligrosos y no peligrosos	Generación de viruta contaminada, fluidos usados, trapos contaminados y residuos comunes en áreas operativas	Mezcla de residuos, incremento de costos de disposición y riesgo de incumplimiento legal	Segregación en la fuente, código de colores, almacenamiento temporal y trazabilidad de residuos	Operarios, mantenimiento, limpieza y supervisores
Respuesta limitada ante derrames o incidentes ambientales	Presencia de aceites, fluidos de corte, lubricantes y sustancias auxiliares en mecanizado y mantenimiento	Contaminación potencial del suelo, demora en la contención y manejo inadecuado de residuos contaminados	Uso de kits anti-derrames, comunicación de incidentes, contención inicial y disposición del material absorbente	Brigada, supervisores, mantenimiento y operadores de mecanizado
Uso no estandarizado de controles para humos de soldadura	Soldadura identificada como etapa crítica por emisión de humos metálicos y partículas	Exposición potencial del personal y deficiencias en el control de calidad de aire interno	Buenas prácticas de soldadura, uso de extracción localizada, ventilación, orden operativo y verificación de controles	Soldadores, ayudantes y jefe de planta
Baja toma de conciencia sobre consumo energético	Consumo de electricidad estimado como aspecto	Uso ineficiente de equipos, incremento del consumo	Apagado de equipos en tiempos muertos, uso eficiente de compresores,	Todo el personal operativo y mantenimiento

	transversal del proceso específico de energía y iluminación y productivo	mayores emisiones indirectas	mantenimiento preventivo
Conocimiento limitado de obligaciones ambientales y responsabilidades del SGA	Necesidad de articular los POE con matriz legal, objetivos ambientales y seguimiento documental	Debilidad en la toma de decisiones, incumplimiento de registros y falta de liderazgo ambiental	Obligaciones de Gerencia, jefaturas de cumplimiento, roles del SGA, registros requeridos y área de revisión periódica
Ausencia de seguimiento sistemático de competencias ambientales	El diseño del SGA requiere evidencias de capacitación, evaluación e inspección en campo	Capacitaciones sin verificación de eficacia y baja trazabilidad documental	Evaluación de Responsable SSOMA, RR.HH. inspecciones de aplicación y seguimiento de indicadores de capacitación

Nota. Elaboración propia con base en los aspectos significativos del diagnóstico ambiental, los POE propuestos y las cláusulas 7.2 y 7.3 de ISO 14001:2015.

Los resultados del diagnóstico de necesidades evidencian que la capacitación debe priorizar contenidos operativos y verificables. La mayor necesidad se concentra en residuos peligrosos, control de derrames, humos de soldadura y uso eficiente de energía, debido a que estos aspectos se relacionan directamente con los principales impactos identificados en la evaluación ambiental. Asimismo, se considera necesaria la capacitación de jefaturas y gerencia para fortalecer la toma de decisiones, la asignación de responsabilidades y el seguimiento documental del SGA propuesto.

4.3.3. Estrategia metodológica de capacitación

El plan de capacitación se estructuró con un enfoque teórico-práctico, priorizando metodologías breves, aplicadas y orientadas al puesto de trabajo. Para el personal operativo se propusieron talleres prácticos e inspecciones guiadas; para brigadas y supervisores, simulacros y entrenamiento en respuesta ante emergencias; y para gerencia y jefaturas, sesiones de análisis normativo y revisión de responsabilidades del SGA. Esta estrategia permite que cada actividad formativa genere evidencia objetiva, como listas de asistencia, evaluaciones de conocimiento, registros fotográficos, listas de verificación e informes de simulacro.

Las modalidades consideradas fueron: charlas de sensibilización para fortalecer la toma de conciencia; talleres teórico-prácticos para desarrollar competencias de segregación, control de impactos y uso de procedimientos; simulacros para la respuesta ante emergencias ambientales; e inspecciones en campo para verificar la aplicación de lo aprendido.

4.3.4. Programa anual de capacitación ambiental

La Tabla 22 presenta el programa anual de capacitación ambiental propuesto. A diferencia de un cronograma general, el programa vincula cada módulo con el aspecto ambiental significativo y el procedimiento operativo correspondiente, lo cual permite evidenciar la trazabilidad entre el diagnóstico, los controles operacionales y las actividades de formación.

Tabla 22

Programa anual de Capacitación Ambiental Vinculado a Aspectos Significativos y POE

Módulo	Tema de capacitación	Aspecto ambiental / POE vinculado	Dirigido a	Duración y frecuencia	Metodología	Resultado o evidencia esperada
I. Inducción ambiental	Política ambiental, objetivos del SGA, roles y consecuencias de desviaciones operativas	SGA general; cláusulas 7.2 y 7.3	Todo el personal nuevo y antiguo	2 h / semestral	Charla expositiva y participativa	Lista de asistencia, evaluación breve y compromiso de cumplimiento
II. Residuos peligrosos y no peligrosos	Segregación, almacenamiento temporal, código de colores y trazabilidad de residuos	Residuos peligrosos y no peligrosos; POE-SGA-001	Operarios, mantenimiento, limpieza y supervisores	1.5 h / trimestral	Taller práctico con clasificación de residuos	Prueba práctica, inspección de puntos de segregación y registro de residuos
III. Manejo de fluidos y derrames	Manejo de fluidos de corte, aceites usados, kits anti-derrames y comunicación de incidentes	Fluidos usados, viruta contaminada y riesgo de derrames; POE-SGA-003 y POE-SGA-005	Mantenimiento, mecanizado, brigada y supervisores	3 h / semestral	Simulacro y demostración práctica	Informe de simulacro, lista de verificación y registro de mejora
IV. Control de humos de soldadura	Buenas prácticas para reducir exposición potencial a humos metálicos, uso de	Humos metálicos y partículas de soldadura; POE-SGA-002	Soldadores, ayudantes y jefe de planta	1.5 h / semestral	Taller técnico en zona de trabajo	Lista de verificación de uso de controles, evaluación práctica y registro de mantenimiento

	extracción localizada y orden operativo					
V. Ecoeficiencia energética	Apagado de equipos, uso eficiente de compresores, iluminación, mantenimiento y reducción de tiempos muertos	Consumo de energía eléctrica; POE-SGA-004 y POE-SGA-006	Todo el personal operativo y mantenimiento	1 h / semestral	Charla participativa e inspección guiada	Registro de buenas prácticas, checklist de equipos apagados y seguimiento kWh/t
VI. Obligaciones de cumplimiento ambiental	Responsabilidades ambientales, matriz legal, evidencias de cumplimiento y consecuencias administrativas del incumplimiento	Matriz legal del SGA; cláusula 6.1.3	Gerencia, jefaturas y responsables de área	2 h / anual	Estudio de caso y revisión documental	Acta de capacitación, revisión de matriz legal y compromisos de actualización
VII. Evaluación del desempeño y mejora	Indicadores ambientales, registros, seguimiento de metas y reporte interno de resultados	Indicadores del SGA; cláusula 9.1	Jefaturas, SSOMA, mantenimiento y administración	1.5 h / anual	Taller de indicadores y revisión de registros	Ficha de indicadores actualizada y plan de acción correctiva

Nota. Elaboración propia. El programa vincula cada módulo con los aspectos ambientales significativos y los procedimientos operativos del SGA propuesto.

El programa anual propuesto se organiza en siete módulos, incorporando un módulo adicional de evaluación del desempeño y mejora para fortalecer la trazabilidad de indicadores y registros. Esta incorporación resulta pertinente porque el SGA propuesto requiere que los responsables de área comprendan no solo los procedimientos, sino también la forma de verificar su cumplimiento y reportar resultados.

El módulo de residuos peligrosos y no peligrosos se vincula con el POE-SGA-001 y responde a la necesidad de controlar la segregación de virutas contaminadas, fluidos usados, trapos contaminados y residuos comunes. El módulo de manejo de fluidos y derrames se relaciona con los POE-SGA-003 y POE-SGA-005, debido a que el mecanizado y mantenimiento pueden generar condiciones de riesgo por fugas o disposición inadecuada. Por su parte, el módulo de control de humos de soldadura se asocia al POE-SGA-002 y se orienta a fortalecer el uso correcto de extracción localizada, ventilación y buenas prácticas en la zona de soldadura.

Los módulos de ecoeficiencia energética, obligaciones de cumplimiento y evaluación del desempeño permiten reforzar la aplicación proyectada del SGA desde una perspectiva preventiva. En conjunto, la estructura del programa permite pasar de una capacitación genérica a un plan formativo alineado con aspectos significativos, POE, indicadores y evidencias verificables.

4.3.5. Evaluación de la eficacia de la capacitación

Para evitar que la capacitación quede limitada al registro de asistencia, se diseñó un sistema de evaluación de eficacia compuesto por cinco niveles: asistencia, conocimiento, aplicación práctica, verificación en campo y cumplimiento del cronograma anual. La Tabla 14 presenta los instrumentos, criterios de logro, frecuencia y evidencias asociadas.

Tabla 23

Sistema de Evaluación de la Eficacia de la Capacitación Ambiental

Nivel de evaluación	Instrumento propuesto	Criterio de logro o meta	Frecuencia	Evidencia documentada	Responsable
Asistencia	Lista de asistencia por módulo	Participación del personal convocado mayor o igual a 95%	Cada capacitación	Registro de asistencia firmado	RR.HH. / SSOMA
Conocimiento	Prueba escrita, oral o práctica según el módulo	Personal aprobado mayor o igual a 90%	Al cierre de cada módulo técnico	Evaluación calificada y consolidado de notas	Responsable de capacitación
Aplicación práctica	Demostración en campo y lista de verificación	Aplicación correcta mayor o igual a 85% de los criterios evaluados	Mensual o posterior al módulo	Checklist de inspección y registro fotográfico	Jefe de planta / SSOMA
Respuesta ante emergencias	Simulacro de derrame o incidente ambiental	Cumplimiento del procedimiento y cierre de observaciones	Semestral	Informe de simulacro, tiempos de respuesta y acciones correctivas	Brigada / SSOMA
Cumplimiento del programa	Matriz de seguimiento del plan anual	Ejecución del 100% de capacitaciones programadas	Trimestral	Cronograma actualizado e informe de avance	RR.HH. / Gerencia

Nota. Elaboración propia. Los criterios de logro permiten verificar competencia, toma de conciencia y aplicación en campo conforme al SGA propuesto.

La evaluación de eficacia propuesta permite generar evidencias objetivas para demostrar que la capacitación contribuye a la aplicación proyectada del SGA. El registro de asistencia permite verificar cobertura; las evaluaciones de conocimiento permiten medir comprensión; las inspecciones en campo permiten comprobar aplicación práctica; y los simulacros permiten evaluar la capacidad de respuesta ante incidentes ambientales. De esta manera, el sistema de capacitación se integra al ciclo de mejora continua, ya que los resultados obtenidos pueden originar refuerzos, reprogramaciones o acciones correctivas.

4.3.6. Indicadores de seguimiento del plan de capacitación

La Tabla 24 presenta los indicadores propuestos para el seguimiento del plan de capacitación ambiental. Estos indicadores permiten medir el cumplimiento del programa, la comprensión de los contenidos y la aplicación práctica de lo aprendido en las áreas operativas.

Tabla 24

Indicadores de Seguimiento del Plan de Capacitación Ambiental

Indicador	Fórmula de cálculo	Meta propuesta	Frecuencia	Responsable	Fuente de verificación
Cumplimiento del plan de capacitación	$\frac{\text{Capacitaciones ejecutadas}}{\text{capacitaciones programadas}} \times 100$	100%	Trimestral	RR.HH. SSOMA	Cronograma anual e informe de avance
Aprobación de evaluaciones	$\frac{\text{Personal aprobado}}{\text{capacitado evaluado}} \times 100$	Mayor o igual a 90%	Por módulo	Responsable de capacitación	Pruebas calificadas y actas
Aplicación en campo de controles ambientales	$\frac{\text{Inspecciones conformes}}{\text{inspecciones realizadas}} \times 100$	Mayor o igual a 85%	Mensual	Jefe de planta / SSOMA	Listas de verificación e inspecciones
Participación del personal convocado	$\frac{\text{Asistentes}}{\text{personal convocado}} \times 100$	Mayor o igual a 95%	Por capacitación	RR.HH.	Listas de asistencia
Cierre de observaciones de simulacros	$\frac{\text{Observaciones cerradas}}{\text{observaciones identificadas}} \times 100$	100%	Semestral	Brigada SSOMA	Informe de simulacro y plan de acción

Nota. Elaboración propia. Los indicadores permiten evaluar no solo la ejecución del plan, sino también la comprensión y aplicación de los controles ambientales propuestos.

El indicador principal del objetivo 3 corresponde al cumplimiento del plan de capacitación, cuya meta se estableció en 100% de las actividades programadas. Sin embargo, para fortalecer la evaluación de eficacia, se incorporaron indicadores complementarios de aprobación, aplicación en campo, participación y cierre de observaciones. Esta estructura permite diferenciar entre capacitar, comprender y aplicar, evitando que el plan se reduzca a una actividad documental.

4.3.7. Trazabilidad entre brechas, módulos e indicadores

Finalmente, se elaboró una matriz de trazabilidad para demostrar la relación entre las brechas detectadas, los aspectos ambientales significativos, los módulos de capacitación, las evidencias de cumplimiento y los indicadores de seguimiento. Esta matriz permite comprobar que el plan de capacitación responde directamente a los resultados del diagnóstico y a los controles operacionales propuestos.

Tabla 25

Trazabilidad entre Brechas Detectadas, Módulos de Capacitación e Indicadores

Brecha detectada	Aspecto significativo asociado	POE vinculado	Módulo de capacitación	Evidencia principal	Indicador de seguimiento
Mezcla de residuos peligrosos y no peligrosos	Generación de residuos peligrosos y no peligrosos	POE-SGA-001	II. Residuos peligrosos y no peligrosos	Prueba práctica y registro de segregación	% de aplicación en campo y aprobación de evaluaciones
Respuesta limitada ante derrames	Fluidos de corte usados, viruta contaminada y riesgo de derrames	POE-SGA-003 / POE-SGA-005	III. Manejo de fluidos y derrames	Informe de simulacro y checklist de kit anti-derrames	% de cierre de observaciones de simulacros
Uso no estandarizado de controles de humos	Humos metálicos y partículas de soldadura	POE-SGA-002	IV. Control de humos de soldadura	Lista de verificación de extracción localizada y orden operativo	% de aplicación en campo de controles ambientales
Uso ineficiente de energía	Consumo de energía eléctrica	POE-SGA-004 / POE-SGA-006	V. Ecoeficiencia energética	Checklist de apagado de equipos y prácticas de ahorro	Cumplimiento de capacitación y seguimiento kWh/t

Conocimiento limitado de obligaciones ambientales	Cumplimiento legal y documentación del SGA	Matriz legal / procedimientos del SGA	VI. Obligaciones de cumplimiento ambiental	Acta de capacitación matriz legal revisada	% de participación y cumplimiento del plan
Falta de seguimiento de competencias	Competencia y toma de conciencia ambiental	de Cláusulas 7.2 y 7.3	VII. Evaluación del desempeño y mejora	Ficha de Cumplimiento del plan y y aprobación de evaluaciones eficacia	

Nota. Elaboración propia. La matriz evidencia la coherencia entre el diagnóstico ambiental, los POE del SGA y el plan de capacitación propuesto.

La matriz de trazabilidad demuestra que el plan de capacitación no constituye un componente aislado, sino una respuesta directa a las brechas ambientales y operativas identificadas. Los módulos priorizados se relacionan con residuos peligrosos, derrames, humos de soldadura, consumo de energía, cumplimiento legal e indicadores de desempeño, lo cual permite asegurar que la capacitación contribuya a la aplicabilidad proyectada del SGA.

En síntesis, los resultados del objetivo 3 permitieron formular un plan de capacitación ambiental estructurado, medible y articulado con los procedimientos operativos y los aspectos significativos de D&P Steel Masters E.I.R.L. La propuesta incorpora diagnóstico de necesidades, módulos formativos, evaluación de eficacia, indicadores y trazabilidad, fortaleciendo las condiciones necesarias para que el personal pueda aplicar los controles ambientales establecidos en el Sistema de Gestión Ambiental propuesto.

4.4. Indicadores de desempeño ambiental (Resultados del objetivo específico 4)

En correspondencia con el objetivo específico 4, se diseñó un sistema de indicadores de desempeño ambiental orientado al seguimiento, medición, análisis y evaluación del Sistema de Gestión Ambiental propuesto para D&P Steel Masters E.I.R.L. Este componente permite traducir los aspectos ambientales significativos, los controles operacionales, las obligaciones de cumplimiento y el plan de capacitación en variables verificables, de modo que, durante una futura aplicación del SGA, la organización pueda evaluar el grado de avance de las acciones propuestas y su contribución proyectada al desempeño ambiental.

La formulación de los indicadores se desarrolló en coherencia con la cláusula 9.1 de la Norma ISO 14001:2015, referida al seguimiento, medición, análisis y evaluación del desempeño ambiental, y con la lógica de la Norma ISO 14031:2021 sobre evaluación del desempeño ambiental. En ese sentido, los indicadores no se plantean como resultados de una implementación ejecutada, sino como instrumentos de control y verificación diseñados para sostener la mejora continua del SGA propuesto.

4.4.1. Criterios para la selección de indicadores

La selección de indicadores se sustentó en cinco criterios principales: relación con los aspectos ambientales significativos identificados en el objetivo 1, vinculación con los procedimientos operativos propuestos en el objetivo 2, correspondencia con el plan de capacitación del objetivo 3, disponibilidad de una fuente de verificación y posibilidad de

seguimiento periódico. Asimismo, se emplearon criterios SMART, procurando que cada indicador sea específico, medible, alcanzable, relevante y temporal.

Para una mejor interpretación, los indicadores fueron clasificados en tres grupos. Los indicadores de desempeño operacional (OPI) miden el comportamiento ambiental de los procesos productivos, como el consumo energético, la generación de residuos o las emisiones asociadas al consumo eléctrico. Los indicadores de desempeño de gestión (MPI) evalúan el esfuerzo de la organización para sostener el sistema, como el cumplimiento legal y la capacitación. Finalmente, los indicadores de condición ambiental (ECI) permiten valorar variables del entorno receptor o del área de influencia, como el ruido ambiental perimetral, cuando corresponda.



Tabla 26

Ficha Técnica de Indicadores de Desempeño Ambiental Propuestos

Cód igo	Indicador	Ti po	Aspecto ambiental relacionado	POE / instrument o vinculado	Fórmula de cálculo	Línea base	Meta SMART	Frecu encia	Responsa ble	Fuente de verificación
IND 01	Consumo específico de energía eléctrica	OP I	Consumo de energía eléctrica	POE-SGA-004 / POE-SGA-006	Energía eléctrica consumida (kWh) / producción total (t)	419.8 kWh/t	Reducir 10% hasta 377.8 kWh/t	Mensu al	Jefe de Planta / Mantenim ento	Recibos de energía, registro de producción y reporte mensual
IND 02	Segregación correcta de residuos peligrosos	OP I	Viruta contaminada, fluidos usados y residuos peligrosos	POE-SGA-001 / POE-SGA-003	kg de residuos peligrosos correctamente segregados / kg total de residuos peligrosos generados x 100	Sin registro sistemático o inicial	Alcanzar $\geq$ 90% de segregación correcta	Mensu al	Jefe de Planta / Responsab le SGA	Registro de segregación, inspecciones internas y manifiestos
IND 03	Generación específica de residuos peligrosos	OP I	Generación de residuos peligrosos de mecanizado y mantenimiento	POE-SGA-001 / POE-SGA-003	kg de residuos peligrosos generados / producción total (t)	3.5 kg/t	Reducir 10% hasta 3.15 kg/t, luego de estabilizar la segregación	Mensu al	Responsab le SGA / Mantenim ento	Manifiestos, registro de residuos y reporte de producción
IND 04	Cumplimien to de requisitos	MP I	Obligaciones ambientales aplicables	Matriz legal del SGA	requisitos cumplidos / total de requisitos aplicables x 100	87%	Alcanzar 100% de cumplimiento	Semes tral	Responsab le SGA / Gerencia	Matriz legal, evidencias documentaria

	legales ambientales						documentado			s y auditoría interna
IND 05	Tasa de valorización de residuos metálicos	OP I	Retales, recortes y chatarra metálica	POE-SGA-001	kg de residuos metálicos valorizados / kg total de residuos metálicos generados x 100	72%	Incrementar la valorización hasta $\geq 90\%$	Trimestral	Jefe de Planta / Almacén	Registro de chatarra, boletas o constancias de valorización
IND 06	Emisiones indirectas de GEI por consumo eléctrico	OP I	Consumo energético y emisiones indirectas	POE-SGA-004	(kWh consumidos x factor de emisión de red) / producción total (t)	91.5 kg CO2 eq./t	Reducir 8% hasta 84.2 kg CO2 eq./t	Mensual	Responsable SGA / Mantenimiento	Recibos de energía, factor de emisión aplicado y reporte de producción
IND 07	Nivel de ruido ambiental perimetral	EC I	Ruido asociado a mecanizado, esmerilado y equipos auxiliares	POE-SGA-006 / monitoreo ambiental	$Leq = 10 \log_{10} [(1/n) \sum 10^{(Li/10)}]$	91 dB(A)	Reducir hasta cumplir el valor de referencia aplicable: ≤ 80 dB(A) en zona industrial diurna	Trimestral	Responsable SGA / Consultor externo	Informe de monitoreo de ruido ambiental
IND 08	Cobertura del plan de capacitación ambiental	MP I	Competencia y toma de conciencia ambiental	Plan de capacitación ambiental	capacitaciones ejecutadas / capacitaciones programadas x 100	40%	Ejecutar el 100% del plan anual	Trimestral / anual	RR. HH. / Responsable SGA	Registros de asistencia, actas y programa anual

IND 09	Eficacia de la capacitación ambiental	MP I	Aplicación de controles operacionales por el personal	Plan de capacitación / POE aplicables	personal aprobado / personal evaluado x 100	Sin registro sistemático inicial	Alcanzar $\geq$ 90% de aprobación en evaluaciones	Por capacitación	RR. HH. / Responsables SGA	Evaluaciones, listas de verificación y registros de entrenamiento
---------------	---------------------------------------	------	---	---------------------------------------	---	----------------------------------	---	------------------	----------------------------	---

Nota. Elaboración propia. Los indicadores se formulan para el seguimiento proyectado del SGA propuesto. El indicador de emisiones indirectas de GEI se limita al consumo eléctrico operacional y no reemplaza los resultados del ACV cuantitativo desarrollado en el objetivo 1.



La Tabla 26 consolida los indicadores seleccionados para el seguimiento del desempeño ambiental. A diferencia de una ficha general de control, la matriz vincula cada indicador con un aspecto ambiental significativo, un procedimiento operativo o instrumento de gestión, una línea base, una meta, una frecuencia, un responsable y una fuente de verificación. Esta estructura permite asegurar la trazabilidad entre el diagnóstico ambiental, los controles diseñados y la evaluación futura del SGA.

El indicador IND01 adopta como línea base el valor de 419.8 kWh/t, correspondiente al consumo específico de energía eléctrica estimado en el inventario del ciclo de vida para una tonelada de producto metálico estructural terminado. La meta de reducción del 10% establece un valor proyectado de 377.8 kWh/t, lo cual permite relacionar el seguimiento energético con el POE-SGA-004 sobre eficiencia energética y con el POE-SGA-006 sobre mantenimiento preventivo.

En el caso de los residuos peligrosos, se diferencié entre segregación correcta y generación específica. Esta separación evita atribuir a la segregación una reducción inmediata de residuos, ya que una mejora en la identificación puede incrementar temporalmente la cantidad registrada de residuos peligrosos. Por ello, el IND02 mide la calidad del manejo y segregación, mientras que el IND03 evalúa la reducción progresiva de generación una vez estabilizado el registro operacional.

El indicador IND06 fue reformulado como emisiones indirectas de gases de efecto invernadero asociadas al consumo eléctrico. Esta precisión evita confundir la huella operacional del consumo energético con el resultado total del ACV, el cual incluye cargas ambientales potenciales de insumos modelados en SimaPro. En consecuencia, el indicador se limita al desempeño energético interno y resulta coherente con el alcance puerta a puerta de la tesis.

4.4.2. Línea base y metas proyectadas

El análisis de línea base permitió organizar los principales valores iniciales y las metas proyectadas para una futura aplicación del SGA. Esta comparación permite identificar brechas de desempeño en variables críticas como consumo energético, residuos peligrosos, valorización de chatarra, cumplimiento legal, ruido ambiental perimetral y capacitación ambiental.

Tabla 27

Línea Base y Metas Proyectadas de los Indicadores Ambientales

Indicador				Línea base	Meta proyectada	Variación esperada	Interpretación técnica
Consumo eléctrico	específico	de	energía	419.8 kWh/t	377.8 kWh/t	Reducción de 10%	La reducción se asocia con apagado de equipos en tiempos muertos, mantenimiento preventivo y control de sistemas auxiliares.
Segregación correcta de residuos peligrosos				Sin registro sistemático inicial	$\geq 90\%$	Estandarización del control	Permite verificar la eficacia del POE de residuos y del manejo diferenciado de virutas contaminadas, trapos, envases y fluidos usados.
Generación específica de residuos peligrosos				3.5 kg/t	3.15 kg/t	Reducción de 10%	La reducción debe evaluarse después de estabilizar la segregación y los registros de residuos peligrosos.
Cumplimiento de requisitos legales				87%	100%	Incremento de 13 puntos porcentuales	Permite cerrar brechas documentales y operativas relacionadas con residuos, monitoreos y evidencias de cumplimiento.
Valorización de residuos metálicos				72%	$\geq 90\%$	Incremento mínimo de 18 puntos porcentuales	Favorece la recuperación de retales, recortes y chatarra metálica limpia mediante canales formales de valorización.

Emisiones indirectas de GEI por electricidad	91.5 kg CO2 eq./t	84.2 kg CO2 eq./t	Reducción de 8%	Se relaciona directamente con la reducción del consumo eléctrico específico por tonelada producida.
Ruido ambiental perimetral	91 dB(A)	≤ 80 dB(A)	Reducción mínima de 11 dB(A)	Requiere mantenimiento de equipos, control de fuentes de ruido y verificación mediante monitoreo ambiental.
Cobertura del plan de capacitación	40%	100%	Incremento de 60 puntos porcentuales	Permite asegurar que el personal reciba formación sobre residuos, emergencias, control operacional y ecoeficiencia.
Eficacia de la capacitación	Sin registro sistemático inicial	≥ 90% de aprobación	Estandarización de evaluación	Permite verificar comprensión y aplicación práctica de los contenidos formativos.

Nota. Elaboración propia. Las metas proyectadas corresponden a la propuesta del SGA y deberán ser revisadas durante su futura aplicación, considerando registros reales de operación, producción y monitoreo.

Como se observa en la Tabla 27, las brechas más relevantes se concentran en el consumo energético, el ruido ambiental perimetral, la cobertura de capacitación y la sistematización del manejo de residuos peligrosos. La reducción del consumo energético y de las emisiones indirectas de GEI se plantea de manera articulada, debido a que ambas variables dependen del uso de electricidad en las operaciones internas. Por su parte, el ruido ambiental perimetral requiere un seguimiento específico, ya que la línea base supera el valor de referencia aplicable para zona industrial diurna.

En materia de residuos, la propuesta reconoce que la segregación correcta debe preceder a la reducción cuantitativa de generación. Por ello, el sistema de indicadores permite primero ordenar la información, diferenciar residuos peligrosos y no peligrosos, registrar adecuadamente los flujos y luego evaluar reducciones específicas por tonelada producida. Este enfoque evita conclusiones prematuras y fortalece la confiabilidad del SGA propuesto.

4.4.3. Criterios de seguimiento e interpretación

Para facilitar la interpretación de los indicadores, se definió un criterio de seguimiento tipo semáforo. Este criterio permite clasificar el desempeño en función del grado de cumplimiento de la meta, diferenciando entre desempeño adecuado, situación en seguimiento y condición no conforme o crítica. La utilidad de este esquema radica en que permite activar acciones de ajuste o correctivas de manera oportuna.

Tabla 28

Criterios de Interpretación para el Seguimiento de Indicadores

Estado	Criterio general	Aplicación en indicadores porcentuales	Aplicación en indicadores de reducción o límite	Acción recomendada
Cumple	Meta alcanzada o superada	Resultado $\geq$ meta establecida	Resultado $\leq$ meta o dentro del valor de referencia aplicable	Mantener controles y continuar seguimiento periódico.
En seguimiento	Desviación moderada respecto de la meta	Resultado entre 80% y 99% de la meta	Resultado supera la meta hasta en 10% o muestra tendencia de mejora insuficiente	Revisar causas, reforzar capacitación y ajustar controles operacionales.
No cumple	Desviación significativa o ausencia de evidencia	Resultado $<$ 80% de la meta o sin registro verificable	Resultado supera el límite o valor de referencia aplicable	Aplicar acción correctiva, asignar responsable y verificar cierre documentado.

Nota. Elaboración propia. Para indicadores asociados a requisitos legales o valores de referencia ambiental, el incumplimiento del límite aplicable deberá tratarse como condición no conforme, independientemente del porcentaje de avance.

El criterio de semáforo permite que el seguimiento de los indicadores no se limite al registro numérico, sino que se convierta en una herramienta de gestión. Así, los resultados mensuales, trimestrales o semestrales podrán ser revisados por la gerencia y el responsable del SGA para definir acciones preventivas, correctivas o de mejora, de acuerdo con el ciclo PHVA.

4.4.4. Trazabilidad entre indicadores, objetivos ambientales y mejora continua

La utilidad del sistema de indicadores depende de su relación con los aspectos ambientales significativos y con los controles definidos en el SGA. Por ello, se elaboró una matriz de trazabilidad que vincula cada eje de gestión ambiental con el objetivo ambiental correspondiente, el procedimiento operativo, los indicadores propuestos y la evidencia esperada.



Tabla 29

Trazabilidad entre Indicadores, Objetivos Ambientales y Controles del SGA

Eje de gestión ambiental	Aspecto significativo relacionado	Objetivo ambiental asociado	POE / instrumento vinculado	Indicadores aplicables	Evidencia para mejora continua
Eficiencia energética	Consumo de energía eléctrica	Optimizar el consumo energético por tonelada producida	POE-SGA-004 / POE-SGA-006	IND01, IND06	Reporte de consumo eléctrico, producción mensual, mantenimiento y cálculo de emisiones indirectas.
Gestión de residuos peligrosos	Viruta contaminada, fluidos usados, trapos y envases contaminados	Mejorar la segregación y reducir la generación específica de residuos peligrosos	POE-SGA-001 / POE-SGA-003	IND02, IND03	Registros de segregación, manifiestos, inspecciones internas y reportes de residuos.
Valorización de residuos metálicos	Retales, recortes y chatarra metálica limpia	Incrementar la valorización de residuos metálicos aprovechables	POE-SGA-001	IND05	Registro de chatarra, constancias de venta o valorización y control de almacenamiento.
Cumplimiento legal	Obligaciones ambientales aplicables	Cerrar brechas de cumplimiento y mantener evidencias actualizadas	Matriz legal del SGA	IND04	Matriz legal actualizada, registros, contratos con EO-

					RS, informes y auditorías internas.
Control de ruido	Ruido por mecanizado, esmerilado y equipos auxiliares	Reducir niveles de ruido ambiental perimetral hasta cumplir el valor de referencia aplicable	POE-SGA-006 / monitoreo ambiental	IND07	Informes de monitoreo, mantenimiento de equipos y acciones de control de fuentes de ruido.
Competencia y toma de conciencia	Brechas en conocimiento, aplicación de POE y respuesta ante emergencias	Ejecutar y evaluar el plan de capacitación ambiental	Plan de capacitación ambiental	IND08, IND09	Registros de asistencia, evaluaciones, listas de verificación e inspecciones en campo.

Nota. Elaboración propia. La trazabilidad permite demostrar que los indicadores no son elementos aislados, sino instrumentos de verificación vinculados con los aspectos significativos, los procedimientos operativos y la mejora continua del SGA propuesto.

La Tabla 29 evidencia que cada indicador cumple una función dentro del SGA. Los indicadores energéticos permiten evaluar la eficacia de las medidas de eficiencia y mantenimiento; los indicadores de residuos permiten verificar la segregación, reducción y valorización; el indicador legal permite sostener la conformidad normativa; el indicador de ruido permite controlar una condición ambiental relevante; y los indicadores de capacitación permiten comprobar el fortalecimiento de competencias del personal.

En conjunto, el sistema de indicadores propuesto constituye la base de seguimiento del SGA diseñado para D&P Steel Masters E.I.R.L. Su aplicación futura permitirá analizar tendencias, identificar desviaciones, asignar responsabilidades y orientar acciones de mejora continua. De esta manera, el objetivo específico 4 queda articulado con los resultados de diagnóstico, los procedimientos operativos, el plan de capacitación y los requisitos de seguimiento establecidos por ISO 14001:2015.

4.5. Discusión de Resultados

La discusión de resultados se desarrolla a partir de la articulación entre el diagnóstico ambiental, el Análisis de Ciclo de Vida, la matriz de Leopold, el análisis de brechas ISO 14001:2015 y los antecedentes revisados. En consecuencia, los hallazgos no se interpretan como datos aislados, sino como evidencia de que el proceso metalmecánico analizado presenta puntos críticos ambientales claramente identificables y susceptibles de intervención técnica mediante un Sistema de Gestión Ambiental estructurado. Este enfoque permite resaltar que el aporte del estudio no radica solo en proponer formatos o procedimientos, sino en demostrar cómo los impactos priorizados pueden convertirse en ejes de control, medición y mejora continua.

4.5.1. El nexa energía-carbono y la eficiencia operativa

Los resultados del Análisis de Ciclo de Vida identificaron que el consumo de energía eléctrica alcanzó 419.8 kWh/ton, mientras que el potencial de calentamiento global fue de 1,150 kg CO₂ eq./ton de producto metálico estructural. Aunque la energía eléctrica utilizada en planta constituye un aspecto significativo por su frecuencia y transversalidad, el análisis también evidencia que la mayor carga climática se encuentra asociada al consumo de acero como materia prima, con una contribución superior al 90% del impacto total. Este comportamiento es coherente con la relevancia ambiental del sector siderúrgico, ya que la guía

sectorial de Science Based Targets initiative señala que el acero representó aproximadamente el 7% de las emisiones energéticas globales de CO₂ y cerca del 25% de las emisiones industriales de CO₂ en 2019.

Este resultado confirma que el SGA de D&P Steel Masters E.I.R.L. debe abordar dos niveles de gestión ambiental. El primero corresponde al control interno del consumo energético mediante mantenimiento preventivo, apagado de equipos en tiempos muertos y optimización del uso de compresores y máquinas de soldar. El segundo corresponde a una mirada de ciclo de vida, orientada a reducir mermas, mejorar el aprovechamiento del acero y promover la valorización de chatarra metálica. En esa línea, Kafel y Nowicki (2023) señalan que los sistemas de gestión ambiental en pymes pueden incorporar enfoques de economía circular, siempre que la gestión ambiental deje de limitarse a controles operativos y se integre también al nivel estratégico de la organización.

Al contrastar estos hallazgos con Subia Aliaga (2019), se confirma un patrón común en empresas metalmeccánicas del sur del Perú: el consumo energético, los residuos metálicos y las emisiones asociadas a procesos de transformación constituyen aspectos ambientales recurrentes. No obstante, la presente investigación amplía dicho enfoque al cuantificar el impacto mediante ACV, permitiendo diferenciar entre el impacto generado directamente en planta y el impacto incorporado en la materia prima. Por ello, la implementación del indicador IND01 y del procedimiento POE-SGA-004 no solo contribuirá a reducir la huella de carbono operativa, sino que también permitirá vincular la mejora ambiental con la reducción de costos de producción.

Los resultados del ACV evidencian que el desempeño ambiental del proceso metalmeccánico se explica por dos niveles complementarios: la carga ambiental incorporada en el acero estructural que ingresa al sistema y el consumo energético operacional utilizado en las etapas internas. El resultado de 1,150 kg CO₂ eq./t se asocia principalmente al acero estructural ingresado como flujo de entrada modelado, mientras que las emisiones indirectas de 91.5 kg CO₂ eq./t corresponden únicamente al consumo eléctrico de las operaciones internas. Esta diferenciación es fundamental para evitar una interpretación errónea del alcance puerta a puerta, ya que la empresa no produce acero primario, pero sí puede influir en el aprovechamiento del material, reducción de mermas, valorización de retales y eficiencia energética del proceso.

4.5.2. Gestión de residuos: de la mezcla a la valorización

La identificación de residuos peligrosos y de deficiencias en la segregación evidencia que la empresa requiere pasar de una gestión reactiva a una gestión ordenada, preventiva y trazable de sus residuos. En la evaluación realizada, la generación de viruta contaminada obtuvo una significancia de -43, mientras que los fluidos de corte usados alcanzaron una significancia de -42, lo que confirma su criticidad ambiental por el riesgo de contaminación del suelo y cuerpos de agua. Asimismo, el ACV mostró que la ecotoxicidad acuática alcanzó 1.8×10^3 CTUe, con una contribución aproximada del 60% asociada a la gestión de residuos y fluidos de mecanizado.

Este resultado coincide con Muñoz Villalobos, Muñoz Pillimue y Ramírez Ramírez (2019), quienes identificaron que las empresas metalmecánicas presentan dificultades recurrentes en la segregación, almacenamiento y disposición de residuos peligrosos y no peligrosos. De forma similar, Moreno Torres y Llallahui Bautista sostienen que la ausencia de clasificación y control interno incrementa tanto el riesgo ambiental como las ineficiencias económicas, debido a la mezcla de residuos valorizables con residuos peligrosos.

Desde una perspectiva técnica, la viruta metálica limpia puede representar una oportunidad de valorización mediante reciclaje; sin embargo, cuando se contamina con taladrina, aceites o fluidos de corte, adquiere características de mayor riesgo y requiere controles específicos. Por ello, el procedimiento POE-SGA-001 sobre gestión integral de residuos y el POE-SGA-003 sobre manejo de fluidos de corte y prevención de derrames responden directamente al diagnóstico ambiental. Estos procedimientos permitirán separar la chatarra valorizable, reducir la mezcla innecesaria de residuos, controlar el almacenamiento temporal y reforzar la trazabilidad exigida por el enfoque de ISO 14001:2015.

En consecuencia, el SGA propuesto no solo busca cumplir con obligaciones documentales, sino transformar un problema ambiental en una oportunidad de eficiencia. La meta de incrementar la tasa de reciclaje metálico al 90% y reducir en 15% la generación de residuos peligrosos proyecta una mejora concreta, medible y verificable dentro del primer ciclo de implementación.

Como referencia de comparación, World Steel Association reporta para 2024 una intensidad global aproximada de 1.92 t CO₂ por tonelada de acero crudo y 2.18 t CO₂e/t al ampliar el indicador a gases de efecto invernadero. Frente a este benchmark, el valor de 1.15 t CO₂ eq./t obtenido en la tesis resulta coherente en orden de magnitud, pero no debe compararse de forma directa con la producción siderúrgica primaria, porque D&P Steel Masters E.I.R.L. desarrolla transformación metalmecánica y no fabricación de acero. La comparación permite contextualizar la importancia del acero dentro del inventario, mientras que las acciones de mejora deben enfocarse en la eficiencia material, el control de mermas y la valorización de chatarra.

4.5.3. Salud ocupacional y cumplimiento normativo

La relevancia de los humos de soldadura dentro de la categoría de salud humana pone de manifiesto que la gestión ambiental en D&P Steel Masters E.I.R.L. también tiene una dimensión ocupacional importante. En la matriz IEIA, la generación de humos de soldadura alcanzó una significancia de -45, ubicándose entre los aspectos ambientales más críticos del proceso. Asimismo, la Evaluación de Impacto del Ciclo de Vida estimó una toxicidad humana de 2.5×10^{-5} CTUh, con una contribución superior al 75% asociada a soldadura y ensamblaje.

Este hallazgo es consistente con la literatura reciente sobre exposición a humos metálicos. Oosthuizen et al. (2025) señalan que los humos de soldadura representan una preocupación relevante en ambientes industriales, y reportan que en Australia el estándar de exposición ocupacional para humos de soldadura fue reducido en 2024 de 5 mg/m³ a 1 mg/m³, lo que evidencia una tendencia internacional hacia controles más estrictos.

La coincidencia con Subia Aliaga (2019), Rojas Roque (2019) y Llallahui Bautista es clara: los procesos de soldadura, corte y acabado en empresas metalmecánicas generan emisiones atmosféricas, partículas y riesgos asociados que requieren controles operacionales específicos. Sin embargo, el presente estudio fortalece dicha evidencia al relacionar la soldadura no solo con la identificación cualitativa del aspecto ambiental, sino también con una categoría cuantitativa de impacto sobre salud humana.

Desde esta perspectiva, el POE-SGA-002, orientado al control de emisiones atmosféricas en soldadura, constituye una medida prioritaria. Su implementación debe considerar extracción localizada, mantenimiento de filtros, capacitación técnica del personal, uso adecuado de equipos de protección y monitoreo periódico. Por tanto, el SGA propuesto

debe entenderse como una herramienta articuladora entre control ambiental, protección del trabajador y cumplimiento normativo.

La ecotoxicidad acuática se relaciona principalmente con el mecanizado, los fluidos de corte usados y la viruta contaminada. Este resultado demuestra que la importancia ambiental de un flujo no depende únicamente de su masa, sino también de su peligrosidad potencial y de la capacidad de control de la organización. Por ello, la propuesta del SGA debe pasar de un manejo reactivo de residuos a una gestión preventiva basada en segregación, almacenamiento rotulado, contención, trazabilidad documental y disposición mediante operadores autorizados cuando corresponda. En este punto, los POE-SGA-001 y POE-SGA-003 constituyen controles críticos.

4.5.4. Aporte científico y metodológico del estudio

El aporte principal de la investigación radica en integrar el Análisis de Ciclo de Vida, la matriz de Leopold, la matriz IEIA y el análisis de brechas ISO 14001:2015 en una misma secuencia metodológica aplicada a una pyme metalmecánica de Arequipa. Esta articulación permitió pasar de un diagnóstico descriptivo a una propuesta de gestión ambiental sustentada en evidencia técnica.

A diferencia de estudios centrados únicamente en listas de verificación o diagnósticos normativos, la presente investigación combina herramientas cuantitativas y cualitativas. El ACV permitió identificar cargas ambientales relevantes, como los 1,150 kg CO₂ eq./ton, los 419.8 kWh/ton de consumo energético y la contribución superior al 75% de la soldadura en toxicidad humana. Por su parte, la matriz IEIA permitió priorizar aspectos significativos como energía, humos de soldadura, viruta contaminada, fluidos de corte y ruido industrial. Finalmente, el análisis de brechas permitió traducir estos hallazgos en procedimientos, indicadores, capacitación y objetivos ambientales.

Este enfoque resulta coherente con Joy-Camacho y Thornhill (2024), quienes señalan que los sistemas de gestión ambiental en pymes permiten identificar impactos de productos y procesos, aunque su implementación enfrenta limitaciones asociadas a recursos, capacidades internas y cultura organizacional. En ese sentido, el presente estudio aporta una ruta metodológica viable para empresas metalmecánicas que no cuentan con un SGA formal, pero que requieren ordenar su desempeño ambiental, reducir riesgos y fortalecer su cumplimiento normativo.

En síntesis, los resultados demuestran que el diseño del Sistema de Gestión Ambiental para D&P Steel Masters E.I.R.L. no constituye únicamente una propuesta documental, sino una respuesta técnica sustentada en impactos priorizados. La investigación permite concluir que los principales ejes de intervención deben concentrarse en eficiencia energética, gestión de residuos peligrosos, control de humos de soldadura, valorización de chatarra y seguimiento mediante indicadores. De esta manera, el SGA propuesto se convierte en una herramienta de mejora continua, control operacional y sostenibilidad empresarial.

La contribución de la soldadura a la categoría de toxicidad humana confirma la necesidad de integrar la gestión ambiental con la prevención ocupacional. Los humos metálicos, partículas y gases de soldadura requieren controles como extracción localizada, ventilación general, mantenimiento de equipos, orden operativo, uso de EPP y capacitación técnica. Esta lectura fortalece la coherencia entre el diagnóstico ambiental, la matriz de significancia y los procedimientos de control, especialmente el POE-SGA-002.

4.5.5. Aporte metodológico y proyección del SGA

El principal aporte de la investigación radica en transformar los resultados del diagnóstico ambiental en instrumentos de gestión aplicables. La integración de ACV, matriz IEIA, matriz legal, POE, plan de capacitación e indicadores permite construir una ruta de mejora para una pyme metalmecánica: medir, priorizar, controlar, capacitar, verificar y mejorar. Por tanto, la tesis no debe entenderse como una certificación ISO 14001 ejecutada, sino como una propuesta técnica sustentada en evidencia, preparada para una implementación gradual y verificable.

4.6. Análisis de Brechas — Diagnóstico de Cumplimiento ISO 14001:2015

4.6.1. Estado antes: diagnóstico inicial sin Sistema de Gestión Ambiental

Antes del diseño del SGA, D&P Steel Masters E.I.R.L. operaba sin una estructura formal de gestión ambiental, lo que se traducía en brechas relevantes en materia de planificación, control operacional, capacitación, seguimiento y evaluación del desempeño. El diagnóstico inicial, sustentado en el ACV y en la matriz de Leopold, evidenció que la obtención de materia prima concentraba el 85% de la huella de carbono, que la soldadura aportaba el 75% de la toxicidad humana y que existían debilidades en la segregación de residuos, el control de emisiones y la preparación ante emergencias.

Tabla 30

Análisis de Brechas del Diagnóstico de Cumplimiento ISO 14001:2015

Cláusula	Brecha Principal ANTES	Evidencia Línea Base
4. Contexto	Sin PESTEL/FODA ni stakeholders	Cumplimiento legal solo 87%
5. Liderazgo	Sin política ni RACI	Cultura reactiva, no preventiva
6. Planificación	Sin ACV ni requisitos legales	9 aspectos significativos sin control
7. Apoyo	3 brechas competencia (NTP colores, emergencias)	Cobertura capacitación 40%
8. Operación	Sin POEs ni emergencias	Residuos mixtos, energía 419.8 kWh/ton
9. Evaluación	Sin KPIs ni auditorías	Reciclaje metálico solo 72%
10. Mejora	Sin PHVA ni no-conformidades	Ruido 91 dB (incumple)

Nota: elaboración propia

La definición de indicadores de desempeño ambiental constituye un componente crítico dentro del Sistema de Gestión Ambiental, en concordancia con la cláusula 9.1 de la norma ISO 14001:2015, la cual exige el seguimiento, medición, análisis y evaluación sistemática del desempeño ambiental. En el presente estudio, los indicadores han sido diseñados bajo criterios SMART, lo que garantiza no solo su operatividad, sino también su capacidad para traducir los impactos ambientales identificados en variables cuantificables y comparables en el tiempo.

Desde una perspectiva técnica, el sistema de indicadores propuesto no solo cumple una función de monitoreo, sino que permite establecer una línea base ambiental clara, identificar brechas de desempeño y proyectar escenarios de mejora dentro del ciclo PHVA.

En primer lugar, el indicador IND01 (consumo específico de energía eléctrica), con una línea base de 220 kWh/ton, evidencia una intensidad energética considerable en el proceso productivo. La meta de reducción del 10% implica alcanzar aproximadamente 198 kWh/ton, lo cual representa una mejora significativa en eficiencia operativa. Este resultado es coherente con lo señalado por la Agencia Internacional de Energía (IEA, 2022), que establece que reducciones entre 5% y 10% son técnicamente viables mediante medidas como mantenimiento preventivo, reducción de tiempos muertos y optimización de sistemas auxiliares. En este sentido, el indicador no solo mide desempeño, sino que permite evaluar la efectividad real del POE de eficiencia energética.

En relación con el indicador IND02 (generación de residuos peligrosos), la línea base de 3.5 kg/ton confirma la relevancia de los residuos derivados del mecanizado, particularmente la viruta contaminada y los fluidos de corte. La meta de reducción del 15% implica disminuir este valor a aproximadamente 2.98 kg/ton, lo que refleja una mejora sustancial en la gestión de residuos. Este indicador resulta clave, ya que permite medir indirectamente la eficacia de la segregación en la fuente, el control de derrames y la capacitación del personal. De acuerdo con UNEP (2022), la correcta segregación puede reducir significativamente la proporción de residuos peligrosos en sistemas industriales, validando la estrategia planteada.

Por otro lado, el indicador IND03 (cumplimiento de requisitos legales) muestra una línea base de 87%, lo que evidencia una brecha inicial en la conformidad normativa. La meta del 100% implica alcanzar un estado de “cero no conformidades legales”, lo cual es fundamental para evitar sanciones y asegurar la continuidad operativa. Desde una perspectiva estratégica, este indicador permite transformar el cumplimiento legal en un parámetro medible, integrándolo dentro del sistema de mejora continua y no como una obligación aislada.

En cuanto al indicador IND04 (tasa de reciclaje de residuos metálicos), la línea base de 72% evidencia que una proporción significativa de residuos ya es valorizada; sin embargo, aún existe un margen de mejora del 18% para alcanzar la meta del 90%. Este indicador es particularmente relevante, ya que conecta directamente con el enfoque de economía circular, permitiendo reducir la presión sobre recursos naturales y generar ingresos adicionales mediante la comercialización de chatarra. Estudios recientes indican que la valorización de residuos

metálicos puede reducir significativamente la demanda de materia prima virgen, contribuyendo a la sostenibilidad del sistema productivo (Kafel et al., 2022).

El indicador IND05 (huella de carbono), con una línea base de 150 kg CO₂ eq./ton, permite integrar los resultados del análisis de ciclo de vida dentro del sistema de seguimiento ambiental. La meta de reducción del 8% implica alcanzar aproximadamente 138 kg CO₂ eq./ton, lo cual se alinea directamente con la mejora en eficiencia energética y control de consumos. Este indicador es particularmente estratégico, ya que permite vincular el desempeño ambiental de la empresa con métricas globales de sostenibilidad, facilitando comparaciones y futuras certificaciones.

En relación con el indicador IND06 (nivel de ruido ambiental), la línea base de 91 dB evidencia un incumplimiento normativo respecto al límite de 80 dB para zonas industriales. Este resultado no solo confirma la significancia del ruido como impacto ambiental, sino que también revela una brecha crítica que requiere intervención inmediata. La meta de cumplimiento normativo implica una reducción de al menos 11 dB, lo cual representa un desafío técnico importante que deberá abordarse mediante mantenimiento de equipos, aislamiento acústico y control de fuentes de emisión.

Finalmente, el indicador IND07 (cobertura del plan de capacitación), con una línea base de 40%, evidencia una de las principales debilidades del sistema: la falta de formación del personal. La meta del 100% no solo responde a un cumplimiento programático, sino que constituye un requisito fundamental para asegurar la correcta implementación de los procedimientos operativos. La literatura señala que la capacitación es uno de los factores más

influyentes en la efectividad de los sistemas de gestión ambiental, ya que impacta directamente en el comportamiento operativo y la reducción de errores (Kafel et al., 2022).

En conjunto, el sistema de indicadores propuesto permite evidenciar que la empresa presenta brechas significativas en variables clave como energía, residuos, ruido, cumplimiento legal y capacitación. No obstante, también demuestra que estas brechas son medibles y, por tanto, gestionables dentro del SGA. La combinación de indicadores operacionales (OPI), de gestión (MGPI) y de condición ambiental (ECI) garantiza una evaluación integral del desempeño, permitiendo no solo medir resultados, sino también orientar la toma de decisiones.

En consecuencia, los KPIs definidos no solo constituyen herramientas de seguimiento, sino que representan el núcleo del sistema de mejora continua, ya que permiten evaluar la eficacia de los procedimientos, verificar el cumplimiento de objetivos y ajustar la gestión ambiental en función de resultados reales.

4.6.2. Estado después: situación proyectada con el Sistema de Gestión Ambiental diseñado

Con la propuesta del Sistema de Gestión Ambiental, la situación proyectada muestra una reducción sustancial de las brechas detectadas, al incorporarse seis procedimientos operativos estándar, matrices estratégicas de gestión, un programa anual de capacitación de seis módulos y siete indicadores de desempeño ambiental. En términos proyectados, el diseño plantea una reducción del 10% en el consumo energético y del 15% en la generación de residuos peligrosos durante el primer año, además de un mayor orden documental, mejor control operacional y una base objetiva para el seguimiento y la mejora continua.

Tabla 31

KPI de la implementación proyectada del Sistema de Gestión Ambiental ISO 14001:2015

KPI	Fórmula	Línea base	Meta proyectada	Frecuencia	Responsable	Evidencia
KPI-01 Consumo específico de energía	kWh consumidos / toneladas producidas	419.8 kWh/t	377.8 kWh/t (-10%)	Mensual	Jefe de planta / Mantenimiento	Recibos eléctricos, registro de producción, indicador

						kWh/t
KPI-02 Emisiones indirectas por electricidad	(kWh x factor de emisión de red) / t producida	91.5 kg CO2 eq./t	84.2 kg CO2 eq./t (-8%)	Mensual	Responsable SGA / Mantenimiento	Cálculo de GEI, recibos, producción
KPI-03 Segregación correcta de residuos peligrosos	kg segregados correctamente / kg generados x 100	Sin registro sistemático	>= 90%	Mensual	SSOMA / Jefe de planta	Inspecciones, registros, manifiestos o constancias
KPI-04 Generación específica de residuos peligrosos	kg residuos peligrosos / t producida	3.5 kg/t	3.15 kg/t (-10%) después de estabilizar registros	Mensual	Responsable SGA / Mantenimiento	Registro de residuos y producción
KPI-05 Valorización de residuos metálicos	kg valorizados / kg residuos metálicos generados x 100	72%	>= 90%	Trimestral	Jefe de planta / Almacén	Registro de chatarra, boletas o constancias
KPI-06 Control de humos de soldadura	inspecciones conformes / inspecciones realizadas x 100	Sin programa sistemático	>= 90% conformidad	Mensual	Supervisor de soldadura / SSOMA	Checklist de ventilación, EPP y mantenimiento
KPI-07 Control de derrames	derrames mayores registrados en el periodo	Sin registro consolidado	0 derrames mayores	Mensual	Mantenimiento / Brigada	Reporte de incidentes, bitácora y cierre de acciones
KPI-08 Cumplimiento legal documentado	requisitos cumplidos / requisitos aplicables x 100	87%	100%	Semestral	Gerencia / Responsable SGA	Matriz legal, contratos EO-RS, monitoreos, auditorías
KPI-09 Ruido ambiental	Leq dB(A) medido en monitoreo	91 dB(A)	<= 80 dB(A) zona	Trimestral	Responsable SGA / Consultor	Informe de monitoreo, mantenimiento

perimetral			industrial diurna		externo	ento y control de fuentes
KPI-10 Cobertura del plan de capacitación	capacitaciones ejecutadas / programadas x 100	40%	100%	Trimestral/anual	RR.HH. / SSOMA	Cronograma, listas, actas y evaluaciones
KPI-11 Eficacia de capacitación	personal aprobado / personal evaluado x 100	Sin registro sistemático	>= 90%	Por módulo	Responsable de capacitación	Pruebas, listas de verificación e inspecciones Registro de no conformidades y verificación de eficacia
KPI-12 Cierre de acciones correctivas	acciones cerradas / acciones abiertas x 100	Sin registro sistemático	100% cierre en plazo definido	Mensual	Responsable SGA / Gerencia	

Nota. Los KPI corresponden a una implementación proyectada y deberán validarse con registros reales de producción, consumo, residuos, monitoreo y cumplimiento durante la aplicación del SGA.

Tabla 32

Implementación Proyectada del Sistema de Gestión Ambiental Propuesto

Cláusula	Logro DESPUÉS			KPI/Meta Año 1
4. Contexto	PESTEL,	FODA,	matriz	100% requisitos legales
	stakeholders			
5. Liderazgo	Política + RACI			IND03: 100% cumplimiento
6. Planificación	ACV SimaPro + Leopold			100% aspectos controlados
7. Apoyo	6 módulos Kirkpatrick			IND07: 100% cobertura
8. Operación	6 POEs (ej. residuos)	POE-SGA-001	IND02:	↓15% residuos (2.98 kg/ton)
9. Evaluación	7 KPIs SMART		IND01:	↓10% energía (378 kWh/ton)
10. Mejora	PHVA + auditorías			IND04: 90% reciclaje; IND06: ≤80 dB

Nota: Elaboración propia

La tabla de implementación proyectada evidencia que el Sistema de Gestión Ambiental propuesto permite pasar de una gestión ambiental informal a una estructura organizada conforme a las cláusulas principales de la norma ISO 14001:2015. Esta proyección no representa una implementación ejecutada, sino una situación esperada a partir de los instrumentos diseñados: matrices estratégicas, procedimientos operativos, programa de capacitación, indicadores y mecanismos de mejora continua.

En la cláusula 4. Contexto, la incorporación del análisis PESTEL, FODA y matriz de partes interesadas permite comprender las condiciones internas y externas que influyen en el desempeño ambiental de la empresa. Esto fortalece la toma de decisiones, ya que el SGA no se diseña de manera aislada, sino considerando exigencias legales, expectativas de clientes, comunidad, trabajadores y autoridades.

Respecto a la cláusula 5. Liderazgo, la propuesta de política ambiental y matriz RACI permite asignar responsabilidades específicas dentro del sistema. Este punto es clave, porque uno de los problemas frecuentes en las pymes es que la gestión ambiental queda dispersa o sin responsables claros. Con esta estructura, la gerencia deja de tener un rol únicamente reactivo y pasa a asumir una función de dirección, seguimiento y compromiso.

En la cláusula 6. Planificación, el uso del ACV en SimaPro y la matriz de Leopold permite identificar y priorizar los aspectos ambientales significativos con mayor sustento técnico. Esto es importante porque los controles propuestos no surgen de manera general, sino a partir de resultados concretos como el consumo energético, los humos de soldadura, la viruta contaminada, los fluidos de corte y el ruido industrial.

En cuanto a la cláusula 7. Apoyo, los seis módulos de capacitación proyectados permiten cerrar brechas de competencia relacionadas con segregación de residuos, emergencias ambientales, control de humos y ecoeficiencia. La meta de 100% de cobertura mediante el

indicador IND07 resulta necesaria, debido a que la eficacia del SGA depende directamente de que el personal comprenda y aplique los procedimientos en campo.

La cláusula 8. Operación constituye uno de los componentes más importantes, ya que se traduce en seis procedimientos operativos estándar. Estos POE permiten controlar los aspectos críticos identificados en el diagnóstico. En particular, la meta de reducción del 15% de residuos peligrosos, pasando de 3.5 kg/ton a 2.98 kg/ton, evidencia que la propuesta no se limita a cumplir documentos, sino que plantea mejoras cuantificables en el desempeño ambiental.

En la cláusula 9. Evaluación del desempeño, los siete indicadores SMART permiten medir la evolución del sistema. La reducción proyectada del 10% en el consumo energético, hasta 378 kWh/ton, constituye una meta técnicamente relevante, porque se vincula con la disminución de costos operativos y de la huella de carbono. Asimismo, permite verificar si el mantenimiento preventivo y las medidas de eficiencia energética generan resultados medibles.

Finalmente, la cláusula 10. Mejora integra el ciclo PHVA, las auditorías internas y el seguimiento de acciones correctivas. Las metas de alcanzar 90% de reciclaje metálico y mantener el ruido en ≤ 80 dB reflejan una orientación hacia la mejora continua y el cumplimiento normativo. Este punto es especialmente importante porque permite que el SGA no sea estático, sino revisable, ajustable y sostenible en el tiempo.

En conjunto, la implementación proyectada demuestra que el SGA propuesto tiene coherencia interna, debido a que cada cláusula de la norma se vincula con herramientas, responsables, indicadores y metas verificables. Por tanto, la propuesta no debe entenderse únicamente como un diseño documental, sino como una ruta técnica de mejora ambiental para D&P Steel Masters E.I.R.L., capaz de fortalecer el cumplimiento legal, reducir impactos significativos y consolidar una gestión ambiental preventiva.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El presente apartado ha sido reformulado para mantener coherencia con la reconfiguración metodológica del trabajo de investigación, especialmente con el alcance puerta a puerta del Análisis de Ciclo de Vida, el carácter propositivo del diseño del Sistema de Gestión Ambiental y la alineación de los resultados con los cuatro objetivos específicos. Las conclusiones incorporan los principales valores cuantitativos obtenidos en el diagnóstico, en la priorización de aspectos ambientales y en el sistema de indicadores propuesto.

5.1. Conclusiones

1. El diagnóstico ambiental de D&P Steel Masters E.I.R.L. permitió cumplir el objetivo específico 1 al establecer una línea base técnica del proceso metalmecánico bajo un enfoque de Análisis de Ciclo de Vida puerta a puerta, considerando como unidad funcional 1 tonelada de producto metálico estructural terminado. El inventario evidenció el ingreso de 1,176 kg de acero estructural para obtener 1,000 kg de producto terminado, lo que representa una merma estimada de 176 kg/t, equivalente al 15% del material ingresado. Asimismo, se estimó un consumo eléctrico de 419.8 kWh/t, emisiones indirectas de 91.5 kg CO₂ eq./t asociadas al consumo de electricidad, 9.5 kg/t de alambre de soldadura, 20.25 kg/t de gas de protección, 20 kg/t de fluido de mecanizado usado y 0.0494 kg/t de PM₁₀ asociado a la soldadura. Estos resultados permitieron identificar como aspectos ambientales prioritarios el consumo de energía eléctrica, los humos de soldadura, la viruta contaminada, los fluidos de corte usados, la merma de acero, el ruido industrial y el almacenamiento de sustancias químicas.

2. La evaluación de significancia ambiental, complementada con la matriz IEIA, permitió jerarquizar los aspectos críticos de la operación y confirmar la coherencia entre el ACV cuantitativo y la valoración semicuantitativa. Los aspectos con mayor índice de importancia ambiental fueron el consumo de energía eléctrica (IA = -47), la generación de humos de soldadura (IA = -45), la generación de viruta contaminada (IA = -43), los fluidos de corte usados (IA = -42), el consumo de acero (IA = -39), el almacenamiento de sustancias químicas (IA = -32) y el ruido industrial (IA = -30). Esta priorización demuestra que la gestión ambiental de la empresa debe concentrarse en la eficiencia energética, el aprovechamiento del acero, la segregación de residuos metálicos, el manejo diferenciado de residuos peligrosos, el control de humos metálicos y la prevención de derrames.

3. A partir de los aspectos ambientales significativos identificados, se cumplió el objetivo específico 2 mediante el diseño de seis Procedimientos Operativos Estándar: POE-SGA-001 Gestión Integral de Residuos Sólidos, POE-SGA-002 Control de Emisiones en Soldadura, POE-SGA-003 Manejo de Fluidos de Corte y Virutas, POE-SGA-004 Eficiencia Energética en Planta, POE-SGA-005 Respuesta ante Emergencias Ambientales y POE-SGA-006 Mantenimiento Preventivo de Equipos. Estos procedimientos fueron articulados con matrices de partes interesadas, riesgos y oportunidades, requisitos legales y objetivos ambientales, lo que permitió transformar el diagnóstico en instrumentos concretos de prevención, control, seguimiento y trazabilidad dentro del SGA propuesto.

4. El objetivo específico 3 fue alcanzado mediante la formulación de un plan de capacitación ambiental estructurado en función de las brechas de competencia identificadas. El programa comprende seis módulos: inducción al SGA y política ambiental, segregación y manejo de residuos peligrosos y no peligrosos, respuesta ante derrames y emergencias ambientales, control de humos de soldadura, obligaciones de cumplimiento ambiental y ecoeficiencia. La propuesta incorpora indicadores de eficacia como el cumplimiento del 100% del cronograma anual de capacitación, una meta mínima de 90% de aprobación en evaluaciones de conocimiento y una meta de 85% de conformidad en inspecciones de aplicación en campo, permitiendo que la capacitación no quede limitada al registro de asistencia, sino que se vincule con cambios verificables en el desempeño operativo.

5. El objetivo específico 4 fue cumplido mediante el diseño de un sistema de indicadores de desempeño ambiental basado en criterios SMART y en la lógica de seguimiento, medición, análisis y evaluación de la norma ISO 14001:2015. Se definieron indicadores operacionales, de gestión y de condición ambiental vinculados con los aspectos significativos y los POE propuestos. Entre las metas más relevantes se estableció reducir el consumo específico de energía de 419.8 kWh/t a 377.8 kWh/t, disminuir las emisiones indirectas por electricidad de 91.5 kg CO₂ eq./t a 84.2 kg CO₂ eq./t, incrementar la valorización de residuos metálicos de 72% a 90%, elevar el cumplimiento legal de 87% a 100%, ejecutar el 100% del plan de capacitación y reducir el ruido ambiental perimetral desde 91 dB hasta el valor de referencia aplicable para zona industrial. Estos indicadores constituyen una base objetiva para la futura verificación del desempeño ambiental del SGA propuesto.

6. En síntesis, el diseño del Sistema de Gestión Ambiental basado en la norma ISO 14001:2015 constituye una alternativa técnica viable para ordenar la gestión ambiental de D&P

Steel Masters E.I.R.L., fortalecer el control operacional y orientar la mejora continua. No obstante, debido al carácter no experimental y propositivo de la investigación, los resultados deben interpretarse como una propuesta técnica sustentada en diagnóstico, modelamiento, matrices e indicadores, y no como una implementación ejecutada ni como una certificación del sistema. Esta precisión mantiene coherencia con el alcance puerta a puerta de la tesis y con la naturaleza metodológica del estudio.

5.2. Recomendaciones

1. Implementar progresivamente el Sistema de Gestión Ambiental propuesto, iniciando por los controles vinculados con los aspectos de mayor significancia ambiental: consumo de energía eléctrica (IA = -47), generación de humos de soldadura (IA = -45), viruta contaminada (IA = -43), fluidos de corte usados (IA = -42), consumo de acero (IA = -39), almacenamiento de sustancias químicas (IA = -32) y ruido industrial (IA = -30). Esta priorización permitirá asignar recursos a los puntos críticos de mayor impacto potencial.

2. Fortalecer el sistema de medición y registro operativo, incorporando controles mensuales de consumo eléctrico por tonelada producida, registros de producción, balance de materia prima, generación de retales y virutas, manifiestos de residuos peligrosos, constancias de valorización de chatarra y reportes de mantenimiento. Esta recomendación es clave para mejorar la calidad de los datos y reducir la incertidumbre del ACV puerta a puerta en futuras actualizaciones.

3. Ejecutar el POE-SGA-004 de eficiencia energética con una meta inicial de reducción del 10%, pasando de 419.8 kWh/t a 377.8 kWh/t. Para ello se recomienda controlar tiempos muertos de equipos, revisar fugas en sistemas de aire comprimido, mantener soldadoras y compresores en condiciones óptimas, evaluar el cambio progresivo a luminarias LED y registrar el consumo energético por periodo y por volumen de producción.

4. Optimizar el aprovechamiento del acero estructural, considerando que la merma estimada fue de 176 kg/t, equivalente al 15% del material ingresado. Se recomienda mejorar la planificación del corte, separar retales reutilizables, valorizar la chatarra limpia mediante empresas autorizadas y establecer una meta de incremento de reciclaje o valorización de residuos metálicos de 72% a 90%.

5. Consolidar la gestión de residuos peligrosos mediante la segregación diferenciada de virutas contaminadas, fluidos de corte usados, trapos impregnados, envases contaminados y residuos de mantenimiento. Se recomienda establecer una meta mínima de 90% de segregación correcta, mantener un almacén temporal con piso impermeable y señalización, y gestionar los residuos peligrosos mediante operadores autorizados, conservando manifiestos y evidencias de disposición final.

6. Aplicar controles específicos para la etapa de soldadura, debido a su relación con humos metálicos, partículas y afectación potencial a la salud respiratoria. Se recomienda instalar o mejorar sistemas de extracción localizada, verificar periódicamente su funcionamiento, capacitar a soldadores y ayudantes, registrar inspecciones operativas y realizar monitoreos ocupacionales o de calidad de aire interno según corresponda.

7. Gestionar el ruido ambiental y operativo mediante mantenimiento preventivo, control de fuentes emisoras, revisión de compresores, aislamiento parcial de equipos ruidosos y monitoreo periódico. Considerando una línea base de 91 dB, se recomienda orientar la gestión hacia el cumplimiento del valor de referencia aplicable para zona industrial, evitando denominarlo LMP cuando corresponda a Estándares de Calidad Ambiental para ruido.

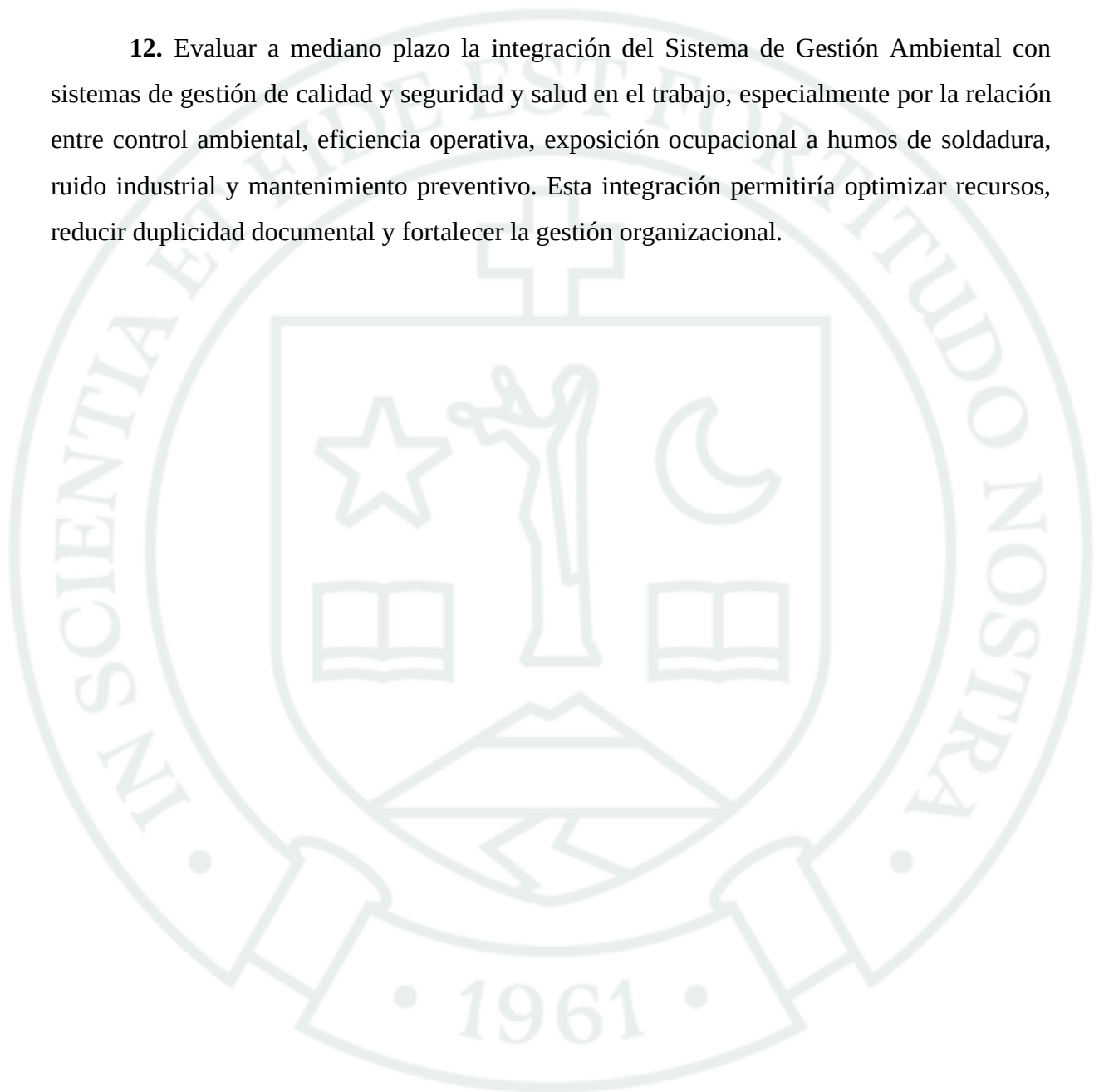
8. Ejecutar el plan de capacitación ambiental con una meta de 100% de cumplimiento anual, 90% de aprobación mínima en evaluaciones de conocimiento y 85% de conformidad en inspecciones de aplicación en campo. Los módulos deben priorizar residuos peligrosos y no peligrosos, respuesta ante derrames, control de humos de soldadura, ecoeficiencia, obligaciones de cumplimiento y aplicación de los POE propuestos.

9. Actualizar semestralmente la matriz de requisitos legales y elevar el cumplimiento legal de 87% a 100%, asegurando la revisión de normas sobre residuos sólidos, almacenamiento temporal, ruido ambiental, seguridad y salud ocupacional, gestión de sustancias químicas y obligaciones municipales aplicables. Esta actualización debe formar parte del proceso de revisión del SGA y de la preparación para auditorías internas.

10. Realizar auditorías internas anuales del SGA propuesto y revisiones periódicas por la dirección, con el fin de evaluar el avance de los indicadores, verificar la eficacia de los POE, identificar no conformidades y establecer acciones correctivas. Estas auditorías deberán considerar evidencias documentales, inspecciones de campo, entrevistas al personal y revisión de metas ambientales.

11. Mantener el alcance principal del diagnóstico ambiental como puerta a puerta, desde el ingreso de materias primas e insumos hasta la salida del producto metálico estructural terminado. Si la empresa decide ampliar el análisis en futuras investigaciones hacia un enfoque cuna a puerta, se recomienda realizarlo como estudio complementario, incorporando datos específicos de proveedores, producción del acero, transporte externo y trazabilidad de insumos.

12. Evaluar a mediano plazo la integración del Sistema de Gestión Ambiental con sistemas de gestión de calidad y seguridad y salud en el trabajo, especialmente por la relación entre control ambiental, eficiencia operativa, exposición ocupacional a humos de soldadura, ruido industrial y mantenimiento preventivo. Esta integración permitiría optimizar recursos, reducir duplicidad documental y fortalecer la gestión organizacional.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ccoscco Vásquez, R. (2019). Implementación de Sistema de Gestión Ambiental según norma ISO 14001:2015 en la empresa de Transporte de Personal REMISSE 21 [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Repositorio InstitucionalUNSA.
https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNSA_eca1436e7a59875facfaeed903395936
- Congreso de la República del Perú. (2005). Ley N.º 28611, Ley General del Ambiente.
<https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-28611.pdf>
- Daza Muñoz, C. A., & Palacios Aguilar, J. S. (2018). Propuesta para la implementación del sistema de gestión ambiental basado en la norma NTC/ISO 14001:2015 para la empresa Metálicas JD [Trabajo de grado, Fundación Universitaria de Popayán]. Fundación UniversitariadePopayán.
<https://fupvirtual.edu.co/repositorio/files/original/50449631ec1c4841a769ed06d3b4eacb7ee1a225.pdf>
- European Commission, Joint Research Centre. (2010). International Reference Life Cycle Data System (ILCD) handbook: General guide for life cycle assessment—Detailed guidance. Publications Office of the European Union. <https://eplca.jrc.ec.europa.eu/ilcd.html>
- Fet, A. M., & Michelsen, O. (2023). Environmental management systems. En A. M. Fet (Ed.), *Business transitions: A path to sustainability* (pp. 67–75). Springer.
https://doi.org/10.1007/978-3-031-22245-0_7
- Frischknecht, R., Jungbluth, N., Althaus, H. J., Doka, G., Dones, R., Heck, T., Hellweg, S., Hischier, R., Nemecek, T., Rebitzer, G., & Spielmann, M. (2005). The ecoinvent database: Overview and methodological framework. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 10(1), 3–9. <https://doi.org/10.1065/lca2004.10.181.1>
- Glasson, J., Therivel, R., & Chadwick, A. (2012). *Introduction to environmental impact assessment* (4.ª ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315881218>
- Goedkoop, M., Oele, M., Leijting, J., Ponsioen, T., & Meijer, E. (2016). *Introduction to LCA with SimaPro*. PRé Sustainability. <https://simapro.com>
- González-Benito, J., & González-Benito, Ó. (2006). A review of determinant factors of environmental proactivity. *International Journal of Production Research*, 44(7), 1343–

1362. <https://doi.org/10.1080/00207540500435199>
- International Energy Agency. (2022). Energy efficiency 2022. IEA. <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2022>
- International Energy Agency. (2023). Iron and steel. IEA. <https://www.iea.org/energy-system/industry/steel>
- International Organization for Standardization. (2006a). ISO 14040:2006 Environmental management—Life cycle assessment—Principles and framework. ISO. <https://www.iso.org/standard/37456.html>
- International Organization for Standardization. (2006b). ISO 14044:2006 Environmental management—Life cycle assessment—Requirements and guidelines. ISO. <https://www.iso.org/standard/38498.html>
- International Organization for Standardization. (2015). ISO 14001:2015 Environmental management systems—Requirements with guidance for use. ISO. <https://www.iso.org/standard/60857.html>
- International Organization for Standardization. (2016). ISO 14004:2016 Environmental management systems—General guidelines on implementation. ISO. <https://www.iso.org/standard/60856.html>
- International Organization for Standardization. (2018). ISO 19011:2018 Guidelines for auditing management systems. ISO. <https://www.iso.org/standard/70017.html>
- International Organization for Standardization. (2021). ISO 14031:2021 Environmental management—Environmental performance evaluation—Guidelines. ISO. <https://www.iso.org/standard/81453.html>
- Jolliet, O., Margni, M., Charles, R., Humbert, S., Payet, J., Rebitzer, G., & Rosenbaum, R. (2003). IMPACT 2002+: A new life cycle impact assessment methodology. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 8(6), 324–330. <https://doi.org/10.1007/BF02978505>
- Joy-Camacho, W., & Thornhill, I. (2024). Opportunities and limitations to environmental management system (EMS) implementation in UK small and medium enterprises (SMEs)—A systematic review. *Journal of Environmental Management*, 367, Article 121749. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.121749>
- Kafel, P., & Nowicki, P. (2023). Circular economy implementation based on ISO 14001 within

- SME organization: How to do it best? *Sustainability*, 15(1), Article 496.
<https://doi.org/10.3390/su15010496>
- Leopold, L. B., Clarke, F. E., Hanshaw, B. B., & Balsley, J. R. (1971). A procedure for evaluating environmental impact (Geological Survey Circular 645). U.S. Geological Survey. <https://doi.org/10.3133/cir645>
- Llallahui Bautista, S. Y. (2016). Aplicación de eco indicadores como herramienta para el diseño de un sistema de gestión ambiental en una empresa metalmecánica [Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio PUCP. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/7510>
- Lozano, R., & Huisinigh, D. (2011). Inter-linking issues and dimensions in sustainability reporting. *Journal of Cleaner Production*, 19(2–3), 99–107.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.01.004>
- Ministerio del Ambiente. (2017a). Decreto Legislativo N.º 1278, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Decreto-Legislativo-N%C2%B0-1278.pdf>
- Ministerio del Ambiente. (2017b). Decreto Supremo N.º 014-2017-MINAM, Reglamento del Decreto Legislativo N.º 1278. <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-014-2017-minam/>
- Ministerio del Ambiente. (2017c). Decreto Supremo N.º 003-2017-MINAM, Aprueban Estándares de Calidad Ambiental para Aire. <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-003-2017-minam/>
- Ministerio del Ambiente. (2017d). Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, Aprueban Estándares de Calidad Ambiental para Agua. <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-004-2017-minam/>
- Ministerio del Ambiente. (2017e). Decreto Supremo N.º 011-2017-MINAM, Aprueban Estándares de Calidad Ambiental para Suelo. <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-011-2017-minam/>
- Ministerio del Ambiente. (2021). Guía para la gestión operativa del servicio de limpieza pública. MINAM. <https://www.gob.pe/minam>
- Ministerio del Ambiente. (2023). Resolución Ministerial N.º 267-2023-MINAM, Aprueban la Guía para la elaboración de la Estrategia de Manejo Ambiental en el marco del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA). <https://www.gob.pe/institucion/minam/normas-legales/4583855-267-2023-minam>

- Moreno Torres, G. F. (2011). Implementación de un sistema de gestión ambiental para la empresa Buscar's S. A. [Tesis de grado, Universidad de Guayaquil].
- Muñoz Villalobos, Z. D., Muñoz Pillimue, A., & Ramírez Ramírez, M. (2019). Criterios de implementación ISO 14001:2015: Caso estudio sector metalmecánico [Trabajo de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/30627>
- Oosthuizen, M., Staples, K., Liebenberg, A., Padamsey, K., Cattani, M., McCarthy, A., & Oosthuizen, J. (2025). Welding fume in the Western Australian mining industry: Impact of a change to the workplace exposure standard. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 22(8), Article 1238. <https://doi.org/10.3390/ijerph22081238>
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2024). Información institucional: ¿Qué hacemos? <https://www.gob.pe/870-organismo-de-evaluacion-y-fiscalizacion-ambiental-que-hacemos>
- Organización Internacional del Trabajo. (2022). Directrices sobre sistemas de gestión de la seguridad y la salud en el trabajo. OIT. <https://www.ilo.org>
- Paucar Quenta, D. (2021). Implementación del Sistema de Gestión Ambiental ISO 14001:2015 en la minera El Dorado UHG del distrito de Colquemarca, Cusco, 2021 [Tesis de licenciatura, Universidad Continental]. Repositorio Institucional Continental. <https://hdl.handle.net/20.500.12394/12138>
- PRé Sustainability. (2023). SimaPro database manual: Methods library. PRé Sustainability. <https://simapro.com>
- Puglieri, F. N., Ferreira, M. B., Farrapo Junior, A. C., Piekarski, C. M., & Silva, D. A. L. (2024). How to consider life cycle thinking into ISO 14001? A step-by-step method for small and medium-sized companies and a case study in waste management. *Gestão & Produção*, 31, Article e8723. <https://doi.org/10.1590/1806-9649-2024v31e8723>
- Rodríguez Usnay, C. D., Vera Ramos, R. A., & Salazar Palomares, G. A. (2023). Diseño de un Sistema Integrado de Gestión según la ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 e ISO 45001:2018 para una empresa de fabricación y reparación de estructuras metálicas [Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio PUCP. <https://repositorio.pucp.edu.pe/items/c5c61752-9125-4061-8df9-e73fd0715aad>
- Rojas Roque, C. A. (2019). Implementación del Sistema de Gestión Ambiental ISO 14001:2015 en la empresa Fundición y Maestranza Industrial S.R.L. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur]. Repositorio Institucional UNTELS.

<http://repositorio.untels.edu.pe/jspui/handle/123456789/202>

- Saldarriaga Palacios, R. H. (2021). Implementación de la norma ISO 14001:2015 en el Sistema de Gestión Ambiental de la empresa Embotelladora San Miguel del Sur S. A. C. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión].
- Subia Aliaga, D. A. (2019). Determinación de aspectos e impactos ambientales para la implementación del Sistema de Gestión Ambiental NTP ISO 14001:2015 en la empresa metal mecánica ESERMIN PERU S. A. C., Arequipa 2019 [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Repositorio UNSA.: alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNSA_b1dac89fbd720667d8bf374a065ed46f
- Testa, F., Boiral, O., & Iraldo, F. (2018). Internalization of environmental practices and institutional complexity: Can stakeholder pressures encourage greenwashing? *Journal of Business Ethics*, 147(2), 287–307. <https://doi.org/10.1007/s10551-015-2960-2>
- Üçtuğ, F. G., Aktaş, C. B., & Arıoğlu Akan, M. Ö. (2025). Cradle-to-gate life cycle assessment of heavy machinery production: A case study of forklifts and semi-trailers. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. <https://doi.org/10.1007/s11367-025-02462-7>
- United Nations Environment Programme. (2021). Making peace with nature: A scientific blueprint to tackle the climate, biodiversity and pollution emergencies. UNEP. <https://www.unep.org/resources/making-peace-nature>
- United Nations Environment Programme. (2022). Annual report 2022. UNEP. <https://www.unep.org/annualreport/2022>
- United Nations Environment Programme. (2024). Global resources outlook 2024: Bend the trend—Pathways to a liveable planet as resource use spikes. International Resource Panel. <https://www.unep.org/resources/Global-Resource-Outlook-2024>
- World Steel Association. (2023). Climate change and the production of iron and steel. World Steel Association. <https://worldsteel.org/wp-content/uploads/Climate-change-and-the-production-of-iron-and-steel.pdf>
- World Steel Association. (2024). Sustainability Indicators 2024 report. <https://worldsteel.org/wp-content/uploads/Sustainability-Indicators-report-2024.pdf>
- Zobel, T. (2016). The impact of ISO 14001 on corporate environmental performance: A study of Swedish manufacturing firms. *Journal of Environmental Planning and Management*, 59(4), 587–606. <https://doi.org/10.1080/09640568.2015.1031882>

ANEXOS



ANEXO I. Descripción de procesos



Imagen 1. En esta imagen se observa un área de trabajo industrial dentro de esta empresa metalmecánica.

Elementos de Seguridad

- Dos mamparas o pantallas de protección montadas sobre estructuras metálicas amarillas, utilizadas para aislar el área de trabajo y proteger contra las radiaciones y chispas producidas durante los procesos de soldadura
- Personal utilizando equipo de protección personal (EPP) adecuado, incluyendo cascos de seguridad blancos y ropa de protección

Equipamiento

- Un carro transportador manual (tipo pallet jack) de color rojo, utilizado para el movimiento de materiales y piezas pesadas
- Instalaciones eléctricas visibles en la pared de ladrillo, que sugieren la presencia de puntos de conexión para equipos de soldadura
- Estructura del edificio con paredes de ladrillo visto y elementos metálicos estructurales

Área de Trabajo

- Piso de concreto industrial, apropiado para trabajo pesado
- Espacio organizado con delimitaciones claras para las zonas de trabajo

- Iluminación natural que ingresa al área de trabajo, complementada probablemente con iluminación artificial

Esta disposición es típica de un área de soldadura industrial donde se realizan trabajos que requieren aislamiento visual y protección contra radiaciones UV y chispas, cumpliendo con normativas de seguridad industrial.



Imagen 2. En esta segunda imagen se observa un contenedor de residuos metálicos industriales que presenta las siguientes características:

Características del Contenedor

- Estructura metálica de color amarillo, diseñada específicamente para la recolección de viruta metálica
- Dimensiones aproximadas de 2 metros de largo por 1 metro de alto
- Bordes reforzados para soportar el peso y el manejo de los residuos metálicos

Contenido

- Gran cantidad de viruta metálica, resultado de procesos de mecanizado como torneado, fresado o taladrado
- La viruta presenta forma de espiral característica, típica de operaciones de corte continuo

- Coloración azulada en algunas virutas, lo que sugiere que provienen del mecanizado de acero
- Algunos restos de material de empaque y trapos industriales mezclados con la viruta

Función

Este tipo de contenedor cumple un papel fundamental en la gestión de residuos metálicos en la industria metalmecánica:

- Permite la recolección centralizada de virutas metálicas
- Facilita la clasificación de residuos para su posterior reciclaje
- Contribuye a mantener el orden y la limpieza en las áreas de trabajo
- Posibilita el manejo seguro de residuos metálicos cortantes

La presencia de este contenedor indica que la empresa implementa prácticas de gestión de residuos industriales y posiblemente participa en programas de reciclaje de materiales metálicos.



Imagen 3. En esta imagen se observa una máquina rectificadora industrial con las siguientes características:

Características de la Máquina

- Rectificadora de superficie plana (planeadora) de color verde
- Mesa de trabajo horizontal de gran dimensión con sistema de sujeción
- Cabezal porta-muela con disco abrasivo de gran diámetro en color amarillo
- Sistema de control y ajuste de precisión visible en el lateral
- Estructura robusta montada sobre base de hierro fundido

Funcionalidad

La rectificadora es utilizada para:

- Conseguir acabados superficiales de alta precisión en piezas metálicas
- Eliminar imperfecciones y lograr superficies perfectamente planas
- Realizar trabajos de precisión con tolerancias muy estrechas
- Mejorar la calidad superficial de piezas mecanizadas

Elementos de Seguridad

- Señalización de seguridad visible en la pared (carteles de advertencia)
- Operario utilizando equipo de protección personal adecuado
- Área de trabajo delimitada y organizada
- Iluminación natural complementada con iluminación artificial

Esta máquina es fundamental en los procesos de acabado final de piezas metálicas donde se requiere alta precisión dimensional y excelente acabado superficial.



Imagen 4. En esta imagen se observa un centro de mecanizado vertical marca Mazak, modelo VTC, que presenta las siguientes características:

Características del Centro de Mecanizado

- Estructura robusta de color blanco con base y detalles en azul
- Panel de control numérico computarizado (CNC) visible en el lateral derecho
- Sistema de refrigeración con depósito visible
- Cabezal de husillo vertical con capacidad de movimiento en tres ejes
- Área de trabajo amplia y protegida

Componentes Principales

- Cabezal principal con motor de alta potencia (color rojo y azul en la parte superior)
- Mesa de trabajo de gran dimensión para sujeción de piezas
- Sistema de control Mazak integrado
- Guardas de protección laterales
- Iluminación específica para el área de trabajo

Entorno de Trabajo

- Instalación en área industrial con paredes de ladrillo y láminas metálicas
- Sistema de iluminación superior mediante luminarias industriales
- Piso de concreto industrial
- Silla de operador color rojo para control y supervisión
- Espacio de trabajo organizado con áreas delimitadas

Este centro de mecanizado es fundamental para realizar operaciones de fresado, taladrado y mecanizado de precisión en piezas metálicas, permitiendo la fabricación de componentes complejos con alta precisión dimensional.



Imagen 5. En esta imagen se observa un sistema de aire comprimido industrial con los siguientes elementos:

Compresor Principal

- Marca Campbell Hausfeld, de tipo pistón
- Tanque de almacenamiento vertical de gran capacidad en color negro

- Motor eléctrico con ventilación forzada
- Sistema de transmisión por correa visible
- Montado sobre base móvil con ruedas para facilitar su desplazamiento

Sistema Complementario

- Unidad de tratamiento de aire (filtros y reguladores)
- Conexiones y tuberías de distribución
- Panel de control eléctrico
- Sistema de drenaje de condensados

Ubicación y Entorno

- Instalado en área industrial con paredes de ladrillo
- Techo con láminas metálicas y estructura de soporte
- Piso de concreto industrial con demarcaciones de seguridad
- Iluminación natural que ingresa por ventanas superiores

Este sistema de aire comprimido es fundamental para alimentar herramientas neumáticas, equipos de pintura, sistemas de limpieza y otros procesos industriales que requieren aire comprimido limpio y regulado.



Imagen 6. En esta imagen se observa una mortajadora industrial con las siguientes características:

Características de la Máquina

- Color verde característico de maquinaria industrial clásica
- Estructura robusta de hierro fundido
- Sistema de columna vertical con guías prismáticas
- Mesa de trabajo con ranuras en T para sujeción de piezas
- Señalización de seguridad visible (triángulo de advertencia amarillo)

Componentes Principales

- Cabezal porta herramienta con sistema de sujeción
- Columna vertical con sistema de elevación
- Base sólida que proporciona estabilidad durante el mecanizado
- Sistema de ajuste de carrera y velocidad
- Mesa de trabajo con movimiento transversal

Funcionalidad

La mortajadora se utiliza para:

- Realizar ranuras interiores y exteriores en piezas metálicas
- Mecanizar chaveteros y geometrías especiales
- Crear perfiles internos con formas específicas
- Trabajos de precisión en piezas mecánicas

Esta máquina es esencial en talleres metalmecánicos para la fabricación de componentes que requieren ranuras internas o perfiles específicos que no pueden ser realizados con otros procesos de mecanizado convencionales.



Imagen 7. En esta imagen se observa una fresadora universal con las siguientes características:

Características de la Máquina

- Fresadora de color verde agua, de tipo universal
- Estructura robusta montada sobre base de hierro fundido
- Mesa de trabajo con movimientos longitudinal, transversal y vertical
- Sistema de transmisión mecánica visible
- Señalización de seguridad en la pared (símbolos de advertencia amarillos)

Área de Trabajo

- Estantería metálica azul auxiliar con herramientas y accesorios
- Extintor de incendios rojo ubicado en la pared
- Piso de concreto con demarcaciones de seguridad en amarillo
- Paredes combinadas de ladrillo y láminas metálicas
- Iluminación industrial adecuada para trabajo de precisión

Elementos Auxiliares

- Armario de herramientas y accesorios

- Sistema eléctrico con tablero de control
- Área de trabajo organizada y delimitada
- Espacio para almacenamiento de herramientas y dispositivos de sujeción

Esta fresadora universal es una máquina fundamental en el taller metalmecánico, utilizada para realizar operaciones de mecanizado como ranurado, planeado, y conformado de superficies en piezas metálicas.



Imagen 8. En esta imagen se observa un área de trabajo metalmecánica que contiene varios elementos importantes:

Equipamiento Principal

- Mortajadora vertical de color verde en primer plano, con sistema de guías y columna para trabajo de precisión
- Mesa de trabajo auxiliar con esmeril de banco montado, utilizado para afilado de herramientas
- Banco de trabajo metálico con diversos equipos y herramientas de medición

Infraestructura del Área

- Paredes combinadas de ladrillo visto y láminas metálicas corrugadas
- Iluminación industrial mediante reflectores montados en la pared
- Piso de concreto industrial con demarcaciones de seguridad en amarillo
- Instalaciones eléctricas y conductos visibles en las paredes

Elementos de Seguridad

- Operario utilizando casco de seguridad azul
- Señalización de seguridad y advertencia en equipos
- Área de trabajo delimitada y organizada
- Espacio adecuado para la circulación segura del personal

Esta disposición muestra un área de trabajo típica de taller metalmecánico donde se realizan operaciones de mecanizado y acabado de piezas metálicas, con énfasis en la seguridad y la organización del espacio de trabajo.



Imagen 9. En esta imagen se observa un área de trabajo industrial con los siguientes elementos:

Equipo de Izaje

- Estructura tipo trípode de color amarillo para elevación de cargas
- Diseño en forma de "A" con patas estabilizadoras
- Capacidad para realizar trabajos de levantamiento y manipulación de cargas pesadas
- Sistema de poleas y cadenas para el izaje

Elementos de Seguridad

- Conos de seguridad color naranja delimitando el área de trabajo
- Cilindros de gas industrial con sujeción adecuada
- Área de trabajo claramente demarcada
- Operario utilizando equipo de protección personal (EPP) incluyendo casco de seguridad

Entorno de Trabajo

- Piso de concreto industrial con juntas de dilatación visibles

- Muro perimetral con alambre de seguridad en la parte superior
- Edificación de dos pisos color blanco al fondo
- Iluminación natural con cielo parcialmente nublado

Esta disposición muestra un área de trabajo organizada donde se realizan operaciones de izaje y manipulación de cargas pesadas, con énfasis en la seguridad industrial y la delimitación adecuada de espacios de trabajo.



Imagen 10. En esta imagen se observa un área de trabajo industrial con los siguientes elementos:

Estructura Principal

- Nave industrial con techo de estructura metálica y paredes de lámina
- Oficina o cuarto de control elevado de color blanco con ventana de observación
- Escalera metálica con barandal amarillo de seguridad para acceso al nivel superior

Área de Trabajo

- Pallet azul industrial en el suelo, utilizado como plataforma de trabajo
- Pieza circular metálica (posiblemente un rodamiento o elemento de máquina) sobre el pallet
- Montacargas amarillo visible en el fondo
- Contenedor azul de almacenamiento de herramientas o materiales
- Equipo de soldadura portátil visible en el área

Elementos de Seguridad

- Operario con equipo de protección personal completo:
 - Overol de trabajo azul
 - Casco de seguridad blanco
 - Calzado de seguridad
- Área de trabajo delimitada y organizada
- Iluminación natural complementada con iluminación industrial

Esta disposición muestra un área típica de mantenimiento o inspección de componentes mecánicos grandes, con énfasis en la seguridad y la organización del espacio de trabajo.



En esta imagen se observan las oficinas de trabajo de la empresa:

Estructura Principal

- Edificio de tres niveles pintado de color blanco
- Diseño moderno con ventanas amplias en cada nivel
- Acabado exterior con pintura blanca y detalles arquitectónicos contemporáneos
- Techo superior con diseño inclinado tipo shed

Área Exterior

- Patio de maniobras con piso de concreto
- Montacargas visible en primer plano
- Conos de seguridad naranjas delimitando áreas de trabajo
- Cilindros de gas industrial con protección
- Estructura metálica tipo cercha visible en la parte superior de la imagen

Elementos de Seguridad

- Área de trabajo delimitada con conos de seguridad
- Señalización para tránsito de montacargas
- Zona de almacenamiento de cilindros de gas debidamente protegida
- Espacio amplio para maniobras seguras de vehículos y equipos

La imagen muestra una instalación industrial moderna que combina áreas administrativas en los niveles superiores con zona operativa en la planta baja, manteniendo estándares de seguridad industrial.



En esta imagen se observa un montacargas industrial con las siguientes características:

Características del Montacargas

- Color amarillo característico de equipos de manejo de materiales
- Estructura robusta con techo protector para el operador
- Sistema de horquillas frontales para levantamiento de cargas
- Neumáticos industriales de alta resistencia
- Capacidad aproximada entre 2 a 3 toneladas

Operación

- Operador utilizando equipo de protección personal adecuado:
 - Casco de seguridad azul
 - Uniforme de trabajo
- Posición correcta de manejo en el asiento del operador
- Operación en área exterior pavimentada

Entorno

- Edificación industrial con paredes de ladrillo visto
- Estructura metálica superior visible
- Área de maniobra pavimentada
- Iluminación natural del día
- Espacio adecuado para la operación segura del equipo

Este montacargas es fundamental para las operaciones logísticas y el movimiento de materiales dentro de la planta industrial, facilitando la carga y descarga de materiales pesados.



ANEXO II. Alcance del SGA



SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN AMBIENTAL CÓDIGO: SGA-001

DIAGRAMA DE CARACTERIZACIÓN VERSIÓN: 001

FECHA:

Objetivo el proceso: Brindar servicios de fabricación, recuperación y acabado de componentes y estructuras metálicas para el sector minero e industrial, cumpliendo estándares de calidad, seguridad y salud ocupacional, asegurando la satisfacción del cliente	Objetivo estratégico que impacta: - Asegurar la competitividad y sostenibilidad de la empresa mediante la excelencia operativa, la satisfacción del cliente y el cumplimiento de los estándares ambientales (ISO 14001).
Responsable: ● Gerente General ● Supervisor de Producción ● Supervisor de Calidad ● Supervisor SSOMA ● Soldadores y operadores de maestranza	Requisito ISO vinculado: - ISO 14001

S (proveedores)	I (entradas)	P (procesos)	O (salidas)	C (clientes)
1. Proveedores de acero y metales 2. Proveedores de insumos de soldadura y corte 3. Proveedores de EPP y herramientas 4. Personal técnico especializado 5. Clientes que envían componentes para recuperación	1. Orden de trabajo y especificaciones técnicas 2. Materia prima (acero, tubos, planchas) 3. Insumos de soldadura, corte y pintura 4. Planos y procedimientos técnicos 5. Equipos y herramientas (tornos, fresadoras, soldadoras, CNC) 6. Equipos de protección personal (EPP) 7. Permisos y registros de seguridad	1. Recepción y verificación de insumos y OT 2. Inspección visual y por líquidos penetrantes 3. Corte y habilitado de material 4. Soldadura y armado 5. Mecanizado y ajuste 6. Pintado y acabado superficial 7. Inspección final y control de calidad 8. Limpieza y embalaje 9. Despacho al cliente	1. Estructuras metálicas fabricadas (plataformas, barandas, tanques, ductos) 2. Componentes metálicos recuperados certificados 3. Reportes de inspección y calidad 4. Certificados de conformidad 5. Productos embalados y listos para entrega	1. Empresas mineras 2. Industria en general 3. Empresas de construcción e infraestructura 4. Clientes internos (áreas de mantenimiento y montaje)

Diagrama de Caracterización

RECURSOS	DOCUMENTACIÓN	RIESGOS	CONTROLES	INDICADORES (KPI's)
Humanos: - Ingenieros, técnicos, soldadores, operadores de maquinaria, personal de calidad y medio ambiente.	Interna: - Procedimientos operativos, instructivos de trabajo, registros de producción, formatos de inspección, checklists de seguridad, registros de capacitación, matriz de aspectos ambientales, IPERC.	1. Fallas de maquinaria y equipos 2. Accidentes laborales (cortes, quemaduras, atrapamientos) 3. Exposición a agentes químicos y partículas 4. Emisiones y residuos peligrosos 5. Incumplimiento de requisitos ambientales y de calidad 6. Errores humanos y falta de capacitación 7. Interrupciones en el suministro de insumos críticos	8. Mantenimiento preventivo y correctivo de equipos 9. Uso obligatorio de EPP y señalización 10. Procedimientos escritos de trabajo seguro (PETS) 11. Inspección y mantenimiento periódico de equipos 12. Control de emisiones y gestión de residuos 13. Auditorías internas de calidad y medio ambiente	Eficacia: ● % de productos conformes (calidad) ● Cumplimiento de plazos de entrega ● Satisfacción del cliente. ● Número de hallazgos en auditorías internas

Infraestructura: TI= Sistema Oracle, (internet, 4 celulares, 4 laptops, impresoras) NO TI= Talleres de fabricación, almacenes, maquinaria CNC, equipos de soldadura, áreas de pintura, sistemas de ventilación y extracción, vehículos de despacho.	Externa: - Normas técnicas (ISO), permisos ambientales, hojas de seguridad (MSDS), certificados de proveedores, contratos de servicio.	Métodos: Procedimientos de producción no claro. Plano mecánico sin información correcta.	14. Capacitación continua del personal 15. Planes de contingencia y simulacros de emergencia Check list 1. Auditorías internas y externas anuales.	Eficiencia: • Consumo energético por tonelada producida • % de residuos reciclados o gestionados adecuadamente • Tiempo de ciclo de producción • Coste de producción por unidad
Proveedores: Documentación de proveedores Información de precios y condiciones comerciales.	Registros: - Registro de corte, checklist - Registro de soldadura, WPS, PQR - Registro de mecanizado - Registro de pintura, MSDS	Materiales (insumos): Carencia de proveedores aptos. Proveedores sin stock del bien.		Efectividad: • Reducción de incidentes y accidentes • Cumplimiento de objetivos ambientales y de calidad • Grado de implementación de acciones correctivas y preventivas

ANEXO III. Referencias normativas del SGA

		SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN		CÓDIGO: SGA
		MARCO LEGAL AMBIENTAL APLICABLE A LA EMPRESA		VERSIÓN: 001
				FECHA:
Tipo de norma	Norma / Dispositivo legal	Entidad emisora	Año	Alcance / Descripción general
Norma internacional	ISO 14001:2015	International Organization for Standardization (ISO)	2015	Establece los requisitos para implementar, mantener y mejorar un Sistema de Gestión Ambiental, con enfoque preventivo y de mejora continua.
Norma internacional	ISO 14004:2016	ISO	2016	Proporciona directrices generales para la implementación, mantenimiento y mejora del SGA.
Norma internacional	ISO 14031:2013	ISO	2013	Define lineamientos para la evaluación del desempeño ambiental mediante indicadores.
Norma internacional	ISO 19011:2018	ISO	2018	Establece directrices para la auditoría de sistemas de gestión, aplicable a auditorías ambientales internas.
Norma internacional	ISO 14040:2006	ISO	2006	Define los principios y el marco para la realización del Análisis de Ciclo de Vida (ACV).
Norma internacional	ISO 14044:2006	ISO	2006	Establece los requisitos y directrices para la ejecución de estudios de ACV.
Ley marco ambiental	Ley N.° 28611 – Ley General del Ambiente	Congreso de la República del Perú	2005	Establece los principios, derechos y obligaciones para la gestión ambiental en el territorio nacional.
Ley sectorial	Ley N.° 1278 – Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos	Congreso de la República del Perú	2016	Regula la gestión integral de residuos sólidos peligrosos y no peligrosos.
Reglamento	D.S. N.° 014-2017-MINAM	Ministerio del Ambiente (MINAM)	2017	Reglamento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos.
Ley sectorial	Ley N.° 29338 – Ley de Recursos Hídricos	Congreso de la República del Perú	2009	Regula el uso, aprovechamiento, conservación y protección de los recursos hídricos.
Reglamento sectorial	D.S. N.° 019-97-ITINCI	Ministerio de la Producción	1997	Reglamento para la protección ambiental en actividades manufactureras.
Estándar ambiental	D.S. N.° 003-2017-MINAM	MINAM	2017	Establece los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aire.
Estándar ambiental	D.S. N.° 004-2017-MINAM	MINAM	2017	Establece los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua.
Norma técnica	Normas D&P aplicables a procesos metalmecánicos	D&P International	Vigente	Normas técnicas para materiales, procesos de soldadura, corte y fabricación de estructuras metálicas.

ANEXO IV. Contexto de la organización

(Incluye: análisis del contexto, partes interesadas y alcance)





SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN

CÓDIGO: SGA

HERRAMIENTA PESTEL

VERSIÓN: 001

FECHA:

FACTOR	NOTAS	IMPACTO POTENCIAL	IMPLICANCIA E IMPORTANCIA				Oportunidad	Amenaza	Impacto en la empresa
			Marco temporal	Tipo	Impacto	Importancia relativa			
POLÍTICO									
Regulación ambiental y fiscalización estatal	Políticas públicas de promoción industrial y minera, presión de OEFA/MINAM, incentivos a la sostenibilidad, cambios en regulaciones ambientales	Alto	Corto-Mediano plazo	Negativo	Requiere inversiones rápidas o permite acceso a incentivos.	Crítico		X	Alto
ECONÓMICO									
Volatilidad de insumos y energía	Variación de precios de acero, energía y materias primas; incentivos fiscales para inversiones verdes; impacto de la economía minera e industrial peruana.	Medio	Corto-Mediano plazo	Positivo	Afecta costos, márgenes y capacidad de invertir en mejoras ambientales.	Importante	X		Medio
Acceso a financiamiento verde	Programas estatales y multilaterales para eficiencia energética y reducción de emisiones.	Alto	Mediano plazo	Positivo	Permite invertir en tecnologías limpias y mejora la competitividad.	Importante	x		Medio
SOCIAL									
Conciencia ambiental y presión de partes interesadas	Mayor exigencia de comunidades, clientes industriales y empleados por transparencia, responsabilidad ambiental y cumplimiento legal.	Medio	Permanente	Positivo	Exige mayor responsabilidad social y ambiental, mejora imagen y relaciones comerciales.	Importante	X		Medio
Cultura interna y formación ambiental	Necesidad de capacitación continua en gestión ambiental, cultura de seguridad y cumplimiento normativo.	Medio	Permanente	Positivo	Mejora el desempeño ambiental y previene sanciones o incidentes.	Importante	X		Medio
TECNOLÓGICO									
Avances en eficiencia energética y control ambiental	Innovación en maquinaria eficiente, sistemas de filtrado, monitoreo ambiental digital y automatización de procesos.	Alto	Mediano-Largo plazo	Positivo	Permite reducir consumos, emisiones, residuos y mejorar competitividad y cumplimiento normativo.	Crítico	X		Alto
Digitalización y trazabilidad ambiental	Uso de sistemas de gestión digital, checklists electrónicos, monitoreo remoto y reportes automáticos.	Medio	Corto-Mediano plazo	Positivo	Mejora la trazabilidad, facilita auditorías y cumplimiento ISO 14001.	Importante		X	Medio
AMBIENTAL									
Regulaciones estrictas sobre emisiones y residuos	Límites máximos permisibles, control de vertimientos, manejo de residuos	Alto	Permanente	Positivo	Puede requerir inversiones en gestión de residuos, reducción	Crítico	x	X	Alto

	peligrosos y no peligrosos, cambio climático, eventos extremos.				de huella ambiental y adaptación a eventos extremos.				
Escasez de recursos naturales	Restricciones en uso de agua y energía, presión por eficiencia y reducción de consumo, impacto de sequías o restricciones hídricas	Alto	Mediano-Largo plazo	Negativo	Puede limitar la producción y aumentar costos si no se gestiona adecuadamente.	Crítico		x	Alto
LEGAL									
Cumplimiento de normativa ambiental peruana	Ley N° 28611, Ley N° 27314, D.S. N° 019-97-ITINCI, D.S. N° 003-2017-MINAM, D.S. N° 004-2017-MINAM, NTP 900.058:2019, ISO 14001, entre otras.	Alto	Permanente	Positivo	Sanciones por incumplimiento; cumplimiento fortalece reputación, acceso a mercados y continuidad operativa.	Crítico	X	x	Alto
Fiscalización y auditoría ambiental	Inspecciones de OEFA, MINAM, auditorías internas y externas, exigencia de reportes y evidencias de cumplimiento. (Infracciones y sanciones)	Alto	Permanente	Negativo	Riesgo de multas, paralización o pérdida de contratos si no se cumplen requisitos legales.	Crítico		X	Alto



MATRIZ FODA

Lista de Debilidades

FECHA:

FACTORES INTERNOS

FACTORES EXTERNOS

F1. Personal altamente calificado y experimentado	D1. Limitada capacidad de espacio físico para expansión productiva
F2. Amplia variedad de servicios metalmecánicos (diseño, fabricación, montaje, mantenimiento, recuperación)	D2. Falta de espacio para nuevas máquinas y herramientas
F3. Sistema de gestión de calidad y seguridad certificado, procedimientos escritos y mejora continua	D3. Falta de capacidad de respuesta rápida ante picos de demanda
F4. Maquinaria moderna y flexible para variedad de trabajos	D4. Dependencia de algunos proveedores clave
F5. Cultura de seguridad, salud ocupacional y cumplimiento legal	D5. Falta de programas de mantenimiento preventivo sistemático
F6. Cartera de clientes recurrentes y reputación en el sector	D6. Control de inventario y calidad perfectible en todas las etapas

Lista de Oportunidades

FO

DO

- O1. Crecimiento de la demanda en minería e industria
- O2. Diversificación de clientes en sectores minero, industrial, agroindustrial y construcción
- O3. Acceso a financiamiento verde y programas de eficiencia energética
- O4. Disponibilidad de proveedores de insumos y materiales en la región
- O5. Innovación tecnológica y digitalización de procesos
- O6. Posibilidad de alianzas estratégicas con empresas del sector

- F1-O1: Permite captar proyectos complejos y de alto valor agregado.
- F2-O2: Facilita la entrada a nuevos mercados.
- F3-O3: Permite cumplir requisitos para acceder a incentivos.
- F4-O4: Reduce tiempos de entrega y costos logísticos.
- F5-O5: Mejora la eficiencia y reduce riesgos.
- F6-O6: Facilita la captación de nuevos proyectos.

- D2-O2: Limita el aprovechamiento de oportunidades de diversificación.

Lista de Amenazas

FA

DA

- A1. Variabilidad de precios de materias primas y energía
- A2. Alta competencia de empresas similares en la región
- A3. Cambios regulatorios ambientales y fiscales
- A4. Decrecimiento del mercado o crisis sectorial.
- A5. Sanciones por incumplimiento legal, fiscalización OEFA/MINAM

- F1-A1: Capacidad técnica ayuda a optimizar procesos y reducir costos.
- F3-A3: Facilita adaptación a nuevas normativas.

- D4-A4: Aumenta el riesgo ante crisis de abastecimiento.
- D5-A5: Aumenta la exposición a sanciones y paradas no planificadas.
- D6-A6: Dificulta el cumplimiento de estándares exigidos.

A6. Disminución de mano de obra técnica calificada en la región



SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN AMBIENTAL

CÓDIGO: SGA-001

MATRIZ DE PARTES INTERESADAS

VERSIÓN: 001

FECHA:

PARTES INTERESADAS		REQUISITOS (NECESIDADES Y/O EXPECTATIVAS)
INTERNAS	Gerencia General	Cumplimiento legal, rentabilidad, reputación, mejora continua, resultados en SST, calidad y medio ambiente
	Supervisor SSOMA	Implementación y control de sistemas de gestión, cumplimiento normativo, capacitación, reporte de incidentes, mejora continua
	Supervisores Operativos	Procedimientos seguros, cumplimiento de estándares de calidad y ambiente, uso eficiente de recursos, gestión de residuos, capacitación
	Trabajadores Operativos	Condiciones seguras, capacitación, EPP adecuado, participación en gestión ambiental, orden y limpieza, comunicación efectiva
	Personal Administrativo	Ambientes saludables, gestión de residuos, información sobre políticas, participación en mejora continua
	Comité de Seguridad y Medio Ambiente	Consulta y participación, acceso a información, comunicación efectiva, involucramiento en decisiones
EXTERNAS	Clientes/Contratistas	Cumplimiento de requisitos contractuales (SST, calidad, ambiente), trazabilidad de residuos, productos certificados, atención a reclamos
	Proveedores de Materiales y Servicios	Cumplimiento de especificaciones técnicas y ambientales, entrega de MSDS, gestión adecuada de residuos, cumplimiento normativo
	Empresa Operadora de Residuos Sólidos (EO-RS)	Segregación adecuada, entrega conforme a ley, generación de manifiestos, cumplimiento de DL N° 1278 y reglamento
	Municipalidad Local	Cumplimiento de ordenanzas, disposición adecuada de residuos, participación en campañas ambientales, permisos y licencias
	Ministerio del Ambiente (MINAM)/OEFA/DIGESA	Cumplimiento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, reportes ambientales, auditorías, acceso a información
	Comunidad Local/Vecinos	Prevención de contaminación (aire, ruido, agua), comunicación sobre incidentes, atención a quejas/reclamos, programas de sensibilización
	Organismos de Certificación	Cumplimiento normativo, acceso a documentación, evidencias de mejora continua, auditorías
	Socios/Accionistas	Gestión responsable, reducción de riesgos legales y reputacionales, rentabilidad sostenida, transparencia
	Clientes Finales	Productos conformes a especificaciones, información sobre reciclabilidad, cumplimiento de normativas, atención a reclamos
	Autoridad de Trabajo (SUNAFIL, MINTRA)	Cumplimiento de la Ley 29783, reglamentos de SST, investigación de incidentes, gestión de riesgos, capacitación
	Aseguradora de Riesgos Laborales (EPS, SCTR)	Reporte de accidentes, cumplimiento de protocolos, gestión de salud ocupacional, implementación de medidas preventivas



AMBIENTAL (SGA)

D&P Steel Master E.I.R.L.

Alcance del SGA

Actividad:

El Sistema de Gestión Ambiental de D&P Steel Master E.I.R.L. abarca el diseño, fabricación, recuperación, montaje, mantenimiento y venta de productos y componentes metálicos estructurales para los sectores minero e industrial. Incluye procesos de corte, soldadura, mecanizado, armado, pintado y despacho de estructuras y piezas metálicas, así como servicios de mantenimiento y reparación de componentes industriales

Ubicación:

Planta principal: Asoc. Peruarbo Sector Bolivia I, Mz-A, Lote-10, Cerro Colorado, Arequipa, Perú

Límites operativos:

El SGA cubre todas las actividades realizadas en:

- Taller de D&P y talleres designados dentro de la planta principal.
- Áreas de almacenamiento de materiales y productos terminados.
- Áreas de mecanizado, soldadura, corte, armado y pintado.
- Oficinas administrativas relacionadas con la gestión de procesos productivos y ambientales.
- Excluye actividades subcontratadas fuera de las instalaciones y servicios de transporte externo no gestionados directamente por D&P

Procesos y Productos Incluidos

- Diseño y cálculo de ductos, barandas, plataformas, tanques y componentes metálicos.
- Fabricación y recuperación de estructuras y piezas metálicas.
- Mecanizado de componentes (torno, fresadora, mandrinadora, taladro, CNC).
- Corte industrial (plasma, oxicorte, sierra, amoladora).
- Soldadura (FCAW, SMAW, TIG, MIG/MAG, oxiacetilénico).
- Pintado y granallado industrial.
- Mantenimiento y reparación de componentes industriales.
- Montaje de estructuras y componentes metálicos en planta

Dayana Dávila Paredes
Gerente General

ANEXO V. Liderazgo y compromiso
(incluye: política ambiental, roles, responsabilidades)



SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN AMBIENTAL CÓDIGO: SGA-001

POLÍTICA DEL SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL VERSIÓN: 001

FECHA:

POLÍTICA DEL SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL

Compromiso de la Alta Dirección

D & P STEEL MASTERS E.I.R.L., dedicada a la fabricación, diseño y mantenimiento de estructuras metálicas, establece su Política del Sistema de Gestión Ambiental (SGA) como marco fundamental para la gestión responsable de sus aspectos e impactos ambientales, en cumplimiento de la norma internacional ISO 14001:2015.

Principios y Directrices - Cumplimiento Legal y Otros Requisitos

- La empresa se compromete a **identificar** y **cumplir con toda la legislación ambiental** aplicable, así como con otros requisitos voluntariamente asumidos relacionados con sus aspectos ambientales.
- Se prioriza **la prevención de la contaminación** mediante la minimización de residuos, el uso eficiente de recursos, el control de emisiones y la gestión adecuada de sustancias peligrosas y residuos sólidos, peligrosos y no peligrosos.
- El SGA se orienta a la **mejora continua** del desempeño ambiental, estableciendo y revisando objetivos y metas ambientales alineados con los riesgos y oportunidades identificados en los procesos de mecanizado, soldadura y servicios auxiliares.
- Se **identifican**, evalúan y controlan los aspectos ambientales significativos, priorizando el consumo de energía, la generación de humos de soldadura, la gestión de residuos peligrosos y el almacenamiento seguro de sustancias químicas.
- Se **promueve** la participación activa y la capacitación continua de todo el personal, asegurando la competencia y sensibilización respecto a la protección ambiental y el cumplimiento de los procedimientos internos y legales.
- La **política ambiental es comunicada a todos los trabajadores y partes interesadas**, y está disponible para el público y autoridades que la requieran.

Declaración de la Política Ambiental

D & P STEEL MASTERS E.I.R.L. declara su compromiso con la protección del medio ambiente, la prevención de la contaminación, el cumplimiento de la legislación ambiental y la mejora continua de su desempeño ambiental, integrando estos principios en todos sus procesos y decisiones empresariales.

Arequipa, 30 de Junio del 2025



Dayana Dávila Paredes
Gerente General





NIVEL	ROL	RESPONSABILIDAD	AUTORIDAD
Estratégico / Alta Dirección	Gerente General	• Asumir la rendición de cuentas de la eficacia del SGA (5.1). • Asegurar la integración de los requisitos del SGA en los procesos de negocio. • Garantizar los recursos financieros para la gestión de residuos y tecnologías limpias.	• Aprobar la Política Ambiental de la empresa. • Detener la operación total de la planta ante un riesgo ambiental catastrófico o sanción legal. • Aprobar presupuestos para mejoras ambientales.
Táctico / Coordinación	Coordinador del SIG	• Asegurar que el SGA es conforme con la norma ISO 14001 (5.3). • Informar a la Alta Dirección sobre el desempeño ambiental (9.3). • Mantener actualizada la Matriz de Aspectos e Impactos Ambientales.	• Paralizar trabajos (propios o de terceros) que incumplan normas ambientales. • Contactar directamente a autoridades ambientales (OEFA, Municipalidad) en emergencias. • Auditar cualquier proceso sin previo aviso.
Táctico / Coordinación	Coordinador de Logística y Mantenimiento	• Comunicar los requisitos ambientales pertinentes a los proveedores externos (8.1). • Solicitar las Fichas de Seguridad (MSDS) de todos los productos químicos adquiridos. • Asegurar la disposición final de residuos con empresas autorizadas (EO-RS).	• Vetar proveedores que no cumplan con la normativa ambiental vigente. • Rechazar el ingreso de insumos químicos al almacén si no cuentan con su hoja de seguridad o están en envases deteriorados.
Táctico / Coordinación	Coordinador de Supervisión y Planificación	• Considerar los aspectos ambientales (residuos, consumo energético) al planificar nuevos proyectos o fabricaciones (8.1) • Asegurar que el diseño de los procesos minimice el desperdicio de materia prima (chatarra).	• Modificar la planificación de producción para priorizar el uso eficiente de materiales. • Exigir el cambio de metodologías de trabajo si estas generan impactos ambientales innecesarios.
Táctico / Coordinación	Coordinador de RRHH	• Asegurar que las personas sean competentes basándose en su educación, formación o experiencia ambiental (7.2). • Garantizar la toma de conciencia ambiental en la inducción del personal nuevo (7.3).	• Prohibir el ingreso a planta de personal (nuevo o tercero) que no haya aprobado la inducción de seguridad y medio ambiente. • Sancionar incumplimientos ambientales según el Reglamento Interno.
Operativo / Jefatura	Jefe de Producción	• Implementar los controles operacionales en el taller (ej. kits antiderrame, segregación) (8.1). • Controlar el consumo de recursos (energía, gases de soldadura) durante la operación. • Responder ante emergencias ambientales en su área.	• Detener una máquina o línea de producción si detecta fugas, emisiones anormales o ruido excesivo. • Solicitar mantenimiento correctivo inmediato para equipos que estén contaminando.
Operativo / Jefatura	Jefe de Calidad	• Asegurar que los productos no conformes (rechazados) sean segregados y no se conviertan en residuos mezclados. • Verificar la calibración de equipos que puedan influir en el desempeño ambiental (si aplica).	• Rechazar materia prima contaminada o fuera de especificación que pueda generar residuos peligrosos adicionales. • Detener procesos si la calidad del aire o entorno de trabajo no es adecuada.
Operativo / Ejecución	Operario	• Segregar correctamente los residuos sólidos según el código de colores en su punto de generación. • Usar eficientemente los insumos y reportar fugas de aceites o gases inmediatamente.	• Negarse a realizar una tarea si no se le han proporcionado los medios para gestionar los residuos o controlar derrames. • Solicitar el cambio de sus EPPs o herramientas si generan riesgos ambientales.


 Dayana Dávila Paredes
 Gerente General

ANEXO VI. Planificación ambiental

(incluye: SIPOC, aspectos e impactos, riesgos, objetivos)





SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN AMBIENTAL

Codigo: SGA-001

MATRIZ DE RIESGOS Y OPORTUNIDADES

VERSION: 001

FECHA:

Tipo de Proceso	Proceso	Descripción del contexto (4.1) / Requisito (4.2)	Parte Interesada	Clasificación (R/O)	Descripción del Riesgo / Oportunidad	Control actual	Nivel de Riesgo (Sug.)	Tipo de tratamiento	Acciones para abordar (Plan de Acción)	Responsabilidad
Operativo	Producción Soldadura	Emisión de material particulado y humos metálicos hacia el exterior.	Vecinos / Municipalidad	RIESGO	Quejas de la comunidad vecina o multas municipales por contaminación del aire visible o malos olores.	Extractores eólicos básicos (sin filtro).	ALTO	Mitigar	1. Instalar sistema de extracción localizada con filtros de carbón activado. 2. Monitoreo anual de Calidad de Aire.	Jefe de Producción / Coord. SIG
Operativo	Producción Mecanizado	Generación de viruta metálica impregnada con aceite (taladrina/refrigerante).	OEFA / Minam	RIESGO	Mezcla de residuos peligrosos con chatarra limpia, causando rechazo del comercializador y sanción legal (Ley de Residuos).	Cilindros rotulados (a veces se mezclan).	MEDIO	Mitigar	1. Capacitar al personal en segregación "en la fuente". 2. Habilitar zona de escurrido para recuperar aceite antes de botar la viruta.	Jefe de Producción
Apoyo	Mantenimiento	Uso de aceites hidráulicos y grasas en maquinaria pesada.	OEFA / Propia Empresa	RIESGO	Derrame de hidrocarburos en suelo natural o alcantarillado durante cambios de aceite.	Kits antiderrame básicos en almacén.	MEDIO	Mitigar	1. Impermeabilizar la zona de mantenimiento (losa de concreto). 2. Realizar simulacros de derrame semestrales.	Coord. Logística y Mant.
Apoyo	Logística	Almacenamiento de productos químicos (pinturas, solventes, gases).	Bomberos / Trabajadores	RIESGO	Incendio o explosión que genere emisiones tóxicas y agua contaminada por la extinción.	Extintores PQS.	ALTO	Evitar / Mitigar	1. Instalar sistema de contención (diques) en almacén de químicos. 2. Validar compatibilidad química (hojas MSDS) para el almacenamiento.	Coord. Logística y Mant.
Estratégico	Alta Dirección / Ventas	Tendencia del mercado hacia la "Minería Verde" y proveedores sostenibles.	Clientes (Mineras/Contratistas grandes)	OPORTUNIDAD	Ganar licitaciones con clientes grandes que exigen certificación ISO 14001 o homologación ambiental.	Ninguno (solo se cumple lo básico).	ALTO (Beneficio)	Explotar	1. Obtener la Certificación ISO 14001. 2. Presentar indicadores de gestión de residuos en las homologaciones de proveedores.	Gerente General / Coord. Comercial

Operativo	Gestión Ambiental	Generación de residuos metálicos limpios (retazos, despuntes).	Accionistas Empresa recicladora	/	OPORTUNIDAD	Venta de residuos metálicos como materia prima secundaria (Economía Circular), generando ingresos extra.	Venta informal esporádica.	MEDIO (Beneficio)	Explotar	1. Formalizar contrato con una EO-RS que pague por el material valorizable. 2. Mejorar el corte de material para reducir desperdicio (Eficiencia).	Coord. SIG / Logística
------------------	--------------------------	--	---------------------------------	---	--------------------	--	----------------------------	-----------------------------	----------	---	------------------------





SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN AMBIENTAL

CÓDIGO: SGA-001

MATRIZ DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES

VERSION: 001

FECHA:

Operación del Proceso	Actividad Específica	Aspecto Ambiental (Causa)	Impacto Ambiental (Efecto)	Condición
1. Recepción y Almacenamiento	Recepción de materias primas (acero, insumos)	Generación de residuos no peligrosos (cartón, plásticos, zunchos)	Incremento de volumen de residuos en rellenos sanitarios	Normal
	Manipulación de insumos químicos (aceites, refrigerantes)	Potencial derrame de sustancias químicas (fugas accidentales)	Contaminación del suelo y/o agua	Emergencia
2. Corte de Material	Operación de equipos de corte (sierras, cizallas)	Consumo de energía eléctrica	Agotamiento de recursos naturales no renovables	Normal
	Corte de perfiles y planchas	Generación de residuos metálicos (retales, chatarra)	Contaminación del suelo / Pérdida de recursos materiales	Normal
	Fricción mecánica de equipos	Generación de ruido ambiental	Contaminación acústica (afectación a la salud auditiva)	Normal
3. Mecanizado (CNC y Convencional)	Torneado y fresado de piezas	Consumo de energía eléctrica	Agotamiento de recursos naturales no renovables	Normal
	Uso de fluidos de corte (taladrina)	Generación de residuos peligrosos (aceites usados, lodos de mecanizado)	Contaminación del suelo y cuerpos de agua (si hay disposición inadecuada)	Normal
	Desbaste de metal	Generación de residuos metálicos (virutas)	Contaminación del suelo	Normal
4. Soldadura (MIG/MAG)	Unión de piezas metálicas por arco eléctrico	Emisión de humos metálicos y gases (PM10, Mn, Cr, Ni, CO, NOx)	Contaminación atmosférica / Afectación a la salud respiratoria de los trabajadores	Normal
	Operación de máquinas de soldar	Consumo de energía eléctrica	Agotamiento de recursos naturales no renovables	Normal
	Uso de gases de protección	Consumo de gases industriales (Argón, CO2)	Agotamiento de recursos naturales	Normal
	Arco eléctrico	Emisión de radiación UV/IR	Afectación a la salud (daños en piel y ojos)	Normal
	Descarte de insumos	Generación de residuos sólidos (colillas de soldadura, alambre)	Contaminación del suelo	Normal
5. Acabado y Rectificado	Esmerilado y pulido de superficies	Emisión de material particulado (polvo metálico)	Contaminación atmosférica	Normal
	Uso de herramientas manuales	Generación de ruido y vibraciones	Contaminación acústica	Normal
6. Mantenimiento y Servicios Auxiliares	Mantenimiento de maquinaria y equipos	Generación de residuos peligrosos (trapos con grasa, envases de químicos)	Contaminación del suelo	Normal
	Limpieza de áreas de trabajo	Consumo de agua	Agotamiento del recurso hídrico	Normal
	Uso de aire comprimido	Consumo de energía eléctrica	Agotamiento de recursos naturales no renovables	Normal
7. Despacho	Carga y transporte de producto terminado	Generación de emisiones de combustión (vehículos de carga)	Contaminación atmosférica (CO2, NOx)	Normal



MATRIZ DE REQUISITOS LEGALES

VERSION: 001

FECHA:

Ley, decreto norma o requisito	N° de aplicativo	Año de implementación	Entidad que la expide	Capítulo o artículos de interés	Asunto	Responsable	Se cumple por la organizacion?			Observaciones
							S I	N O	Método de verificación	
Ley General del Ambiente	Ley N° 28611	2005	Congreso de la República del Perú	Título II, III, IV; Art. 1-157	Principios, derechos, obligaciones y gestión ambiental integral	Gerente General / Supervisor SSOMA		x	Auditoría interna, revisión de instrumentos de gestión ambiental	NINGUNA
Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos	Ley N° 27314 / D.S. N° 057- 2004-PCM	2000 / 2004	Congreso de la República / PCM	Art. 1-61; Anexos	Manejo, almacenamiento, transporte y disposición de residuos sólidos peligrosos y no	Supervisor SSOMA / Jefe de Taller	x		Registros de segregación, manifiestos, contratos con operadores de residuos	NINGUNA
Reglamento para la Protección Ambiental en Actividades	D.S. N° 019-97-ITINCI	1997	Ministerio de la Producción	Cap. II, III, V, Anexos	Gestión ambiental, residuos, emisiones, monitoreo y cumplimiento de instrumentos de gestión	Supervisor SSOMA	x		Reportes ambientales, monitoreos, cumplimiento de compromisos	NINGUNA
Ley de Recursos Hídricos	Ley N° 29338	2009	Congreso de la República del Perú	Art. 1-132; Título III, IV	Uso, control, vertimiento y protección de recursos hídricos	Supervisor SSOMA		x	Permisos de vertimiento, registros de consumo y descarga, monitoreo	NINGUNA
Ley de Aire Limpio	Ley N° 28694 / D.S. N° 003- 2017-MINAM	2006 / 2017	Congreso de la República / MINAM	Todo el texto	Control de emisiones atmosféricas y calidad de aire	Supervisor SSOMA	x		Reportes de monitoreo de emisiones, registros de control	NINGUNA
Reglamento de la Calidad Ambiental del Aire	D.S. N° 003-2017-MINAM	2017	Ministerio del Ambiente (MINAM)	Todo el texto	Límites máximos permisibles de emisiones y monitoreo ambiental	Supervisor SSOMA		x	Informes de monitoreo ambiental, auditoría interna	NINGUNA
Reglamento de la Calidad Ambiental del Agua	D.S. N° 004-2017-MINAM	2017	Ministerio del Ambiente (MINAM)	Todo el texto	Límites máximos permisibles de vertimientos y monitoreo ambiental	Supervisor SSOMA	x		Informes de monitoreo ambiental, permisos de descarga	NINGUNA

Reglamento del Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes	D.S. N° 010-2019-MINAM	2019	Ministerio del Ambiente (MINAM)	Todo el texto	Seguridad en almacenamiento, uso y transporte de gases comprimidos	Supervisor SSOMA / Jefe de Taller			Declaraciones en RETC, reportes de emisiones	NINGUNA
Reglamento de Seguridad para Instalaciones y Operaciones con Gases Comprimidos	D.S. N° 023-2016-EM	2016	Ministerio de Energía y Minas	Todo el texto	Seguridad en almacenamiento, uso y transporte de gases comprimidos	Supervisor SSOMA / Jefe de Taller			Registros de inspección, capacitación, checklist, mantenimiento	NINGUNA
Norma Técnica Peruana: Gestión de Residuos	NTP 900.058:2019	2019	INACAL (Ministerio de la Producción)	Todo el texto	Directrices para la segregación, almacenamiento y disposición de residuos industriales	Supervisor SSOMA / Jefe de Taller	x		Registros de segregación, inspecciones, auditorías	NINGUNA
Reglamento Nacional de Edificaciones – Seguridad	R.M. N° 010-2000-VIVIENDA	2000	Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento	Cap. V, G.050	Condiciones de seguridad, instalaciones, señalización y protección ambiental en edificaciones	Supervisor SSOMA / Jefe de Taller			Inspecciones de infraestructura, registros de mantenimiento	NINGUNA
Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo (aspectos ambientales)	Ley N° 29783 / D.S. N° 005- 2012-TR	2011 / 2012	Congreso de la República / MTPE	Art. 1-116; Disposiciones Generales	Obligaciones de prevención de riesgos ambientales y gestión de emergencias	Gerente General / Supervisor SSOMA	X		Auditoría interna, registros de capacitación, reportes de incidentes	NINGUNA
Ley de Fiscalización y Sanción Ambiental	Ley N° 29325 / D.S. N° 007- 2008-MINAM	2008	Congreso de la República / MINAM	Todo el texto	Fiscalización, sanción y cumplimiento de obligaciones ambientales	Gerente General / Supervisor SSOMA		x	Inspecciones de OEFA, reportes de cumplimiento, registros de sanciones	NINGUNA

		SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN AMBIENTAL																Codigo:	SGA-001
		MATRIZ DE OBJETIVOS AMBIENTALES																VERSION: 001	
																		FECHA:	
AREA	OBJETIVOS	INDICADORES (Fórmula)	METAS	RESPONSABLE DEL SEGUIMIENTO	FRECUENCIA	ITEM (Veces/Año)	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	OBSERVACIONES
Producción	Reducir la generación de residuos peligrosos mezclados (Viruta con aceite / trapos).	% Segregación Eficaz (Kg Residuos Peligrosos Segregados Correctamente / Kg Total Residuos Peligrosos) x 100	≥ 90%	Jefe de Producción	Mensual	12	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Verificar pesaje en almacén de residuos.
Mantenimiento	Optimizar el consumo de energía eléctrica en planta (Soldadura/Máquinas).	Índice Energético (KwH consumidos en el mes / Toneladas de acero procesadas)	Reducir 5% vs 2024	Coord. Logística y Mant.	Mensual	12	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Revisar facturación de luz vs producción.
SIG / SSOMA	Cumplir con los requisitos legales ambientales aplicables.	% Cumplimiento Legal (Requisitos cumplidos / Requisitos legales aplicables evaluados) x 100	100%	Coordinador SIG	Semestral	2							X					X	Evaluar matriz legal ambiental.
RR.HH.	Asegurar la competencia ambiental del personal (Concienciación).	Eficacia de Capacitación (N° aprobados nota >14 / N° total evaluados) x 100	≥ 85%	Coord. RRHH	Trimestral	4			X				X		X			X	Temas: Segregación y Derrames.
Logística	Asegurar la disposición final segura de residuos.	Certificación de Residuos (Manifiestos de Residuos Recibidos / Recojos realizados por EO-RS) x 100	100%	Coord. Logística	Semestral	2							X					X	Validar que la EO-RS entregue certificados.
SSOMA	Estar preparados ante emergencias ambientales (Derrames/Incendio).	Ejecución de Simulacros (Simulacros Ejecutados / Simulacros Programados)	100%	Coord. SIG	Anual	1											X		Simulacro de derrame de hidrocarburos.

Fuente: Elaboración propia.



NEXO VII. Recursos y apoyo

(incluye: competencias, capacitación, comunicación, documentación)





PROGRAMA ANUAL DE CAPACITACIÓN

VERSION: 001

FECHA:

OBJETIVO:

Leyenda:

Planeado

Ejecutado

ITEM	Nº	TEMA	RESPONSABLE	2021												FRECUENCIA
				E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
				P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	
AMBIENTAL	1	Inducción a la ISO 14001:2015 y Sensibilización Ambiental	Responsable SGA / SSOMA													Semestral
	2	Identificación y Control de Aspectos Ambientales Significativos (AAS)	Responsable SGA / SSOMA													Semestral
	3	Gestión y Segregación de Residuos Sólidos (Peligrosos y No Peligrosos)	Responsable SGA / Supervisor de Taller													Semestral
	4	Manejo Seguro de Sustancias Químicas y Respuesta a Derrames	Supervisor SSOMA													Semestral
	5	Procedimientos de Trabajo Seguro en Mecanizado y Maestranza	Supervisor de Taller													Semestral
	6	Procedimientos de Trabajo Seguro en Soldadura y Trabajos en Caliente	Supervisor de Taller / SSOMA													Semestral
	7	Control de Emisiones Atmosféricas y Calidad del Aire	Responsable SGA / SSOMA													Anual
	8	Eficiencia Energética y Buenas Prácticas de Consumo Eléctrico	Responsable de Mantenimiento													Anual
	9	Gestión de Emergencias Ambientales (Derrames, Incendios, etc.)	Supervisor SSOMA													Semestral
	10	Actualización Legal Ambiental y Cumplimiento Normativo	Responsable SGA / Asesor Legal													Anual
	11	Uso y Manejo de Equipos de Protección Personal (EPP)	Supervisor SSOMA													Mensual
	12	Monitoreo y Reporte de Indicadores Ambientales	Responsable SGA													Semestral



SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN AMBIENTAL

CODIGO: SGA-001

MATRIZ DE COMPETENCIAS AMBIENTALES

VERSION: 001

FECHA:

Funciones / Roles	Competencias			Responsabilidades Ambientales	Autoridad
	Educación	Formación	Experiencia		
Gerente General	Título universitario en ingeniería o gestión.	Formación en gestión ambiental y liderazgo.	Experiencia mínima de 5 años en dirección de empresas industriales.	- Aprobar la política ambiental y los recursos necesarios. - Supervisar el cumplimiento del SGA. - Revisar y aprobar los objetivos y metas ambientales. - Garantizar la integración de la gestión ambiental en la estrategia empresarial. - Promover la cultura ambiental en todos los niveles.	- Aprobar políticas y procedimientos ambientales. - Delegar funciones y recursos. - Tomar decisiones estratégicas ante incidentes ambientales. - Exigir el cumplimiento de la normativa ambiental y sancionar incumplimientos.
Responsable SGA	- Profesional en ingeniería ambiental o afín.	- Formación certificada en ISO 14001.	- Experiencia mínima de 3 años en gestión ambiental industrial.	- Implementar y mantener el SGA. - Identificar y evaluar aspectos e impactos ambientales. - Coordinar auditorías internas y externas. - Elaborar informes de desempeño ambiental. - Proponer y supervisar acciones correctivas y preventivas. - Capacitar y sensibilizar al personal en temas ambientales.- Supervisar el cumplimiento del SGA. - Revisar y aprobar los objetivos y metas ambientales. - Garantizar la integración de la gestión ambiental en la estrategia empresarial. - Promover la cultura ambiental en todos los niveles.	- Autorizar procedimientos ambientales. - Reportar directamente a la gerencia. - Exigir el cumplimiento de controles ambientales. - Detener actividades ante riesgos ambientales inminentes.- Delegar funciones y recursos. - Tomar decisiones estratégicas ante incidentes ambientales. - Exigir el cumplimiento de la normativa ambiental y sancionar incumplimientos.
Supervisor SSOMA	Título universitario en ingeniería o gestión.	Formación en gestión ambiental y liderazgo.	- Experiencia mínima de 2 años en industria metalmecánica.	- Supervisar el cumplimiento de controles ambientales y de seguridad. - Realizar inspecciones periódicas. - Investigar incidentes y accidentes ambientales. - Capacitar al personal en uso de EPP y respuesta a emergencias. - Elaborar reportes de incidentes y proponer mejoras-Supervisar el cumplimiento del SGA. - Revisar y aprobar los objetivos y metas ambientales. - Garantizar la integración de la gestión ambiental en la estrategia empresarial. - Promover la cultura ambiental en todos los niveles.	- Detener actividades por incumplimiento ambiental o de seguridad. - Exigir uso de EPP. - Sancionar infracciones ambientales y de seguridad. - Autorizar reanudación de actividades tras incidentes.- Delegar funciones y recursos. - Tomar decisiones estratégicas ante incidentes ambientales. - Exigir el cumplimiento de la normativa ambiental y sancionar incumplimientos.

Supervisor de Taller	- completa.	Secundaria	- Capacitación en manejo de residuos y EPP.	- Experiencia mínima de 1 año en mecanizado.	- Segregar residuos según normativa. - Usar EPP de manera obligatoria. - Reportar condiciones inseguras o incidentes ambientales. - Cumplir procedimientos de trabajo seguro y ambiental.	- Detener su actividad ante riesgos ambientales. - Solicitar apoyo ante incidentes. - Proponer mejoras en el manejo ambiental de su área.
Soldador	- completa.	Secundaria	- Capacitación en manejo de sustancias químicas y humos.	- Experiencia mínima de 1 año en soldadura industrial.	- Cumplir procedimientos de soldadura segura. - Minimizar generación de humos y residuos. - Segregar residuos peligrosos. - Usar EPP específico. - Reportar incidentes ambientales.	- Detener trabajo ante condiciones inseguras. - Solicitar mantenimiento de equipos. - Proponer mejoras en procesos de soldadura ambientalmente seguros.
Personal de Limpieza	- completa.	Secundaria	- Capacitación en segregación de residuos.	- Experiencia en limpieza industrial.	- Segregar y trasladar residuos según código de colores. - Mantener áreas limpias y libres de contaminantes. - Reportar derrames o residuos peligrosos. - Cumplir procedimientos de limpieza ambientalmente responsable.- Supervisar el cumplimiento del SGA. - Revisar y aprobar los objetivos y metas ambientales. - Garantizar la integración de la gestión ambiental en la estrategia empresarial. - Promover la cultura ambiental en todos los niveles.	- Detener limpieza ante riesgos ambientales. - Solicitar instrucciones ante residuos desconocidos. - Proponer mejoras en la gestión de residuos.
Personal Administrativo	- técnica.	Secundaria o	Inducción ambiental.	- Experiencia en gestión documental.	- Segregar y trasladar residuos según código de colores. - Mantener áreas limpias y libres de contaminantes. - Reportar derrames o residuos peligrosos. - Cumplir procedimientos de limpieza ambientalmente responsable.- Supervisar el cumplimiento del SGA. - Revisar y aprobar los objetivos y metas ambientales. - Garantizar la integración de la gestión ambiental en la estrategia empresarial. - Promover la cultura ambiental en todos los niveles.	- Detener limpieza ante riesgos ambientales. - Solicitar instrucciones ante residuos desconocidos. - Proponer mejoras en la gestión de residuos.

(incluye: competencias, capacitación, comunicación, documentación)



SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN AMBIENTAL														CÓDIGO:	
GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS: CÓDIGO DE COLORES Y MANEJO DE VIRUTA/PELIGROSOS														VERSIÓN:	
														FECHA:	
Ítem	Área / Proceso	Actividad generada	Tipo de residuo (peligroso / no peligroso)	Descripción del residuo (incluye si es viruta limpia o contaminada)	Código de color (NTP 900.058)	Clasificación normativa (D.L. 1278 / categoría)	Contenedor asignado (tipo y capacidad)	Ubicación del contenedor	Condición del residuo (seco, con taladrina, con aceite, etc.)	EPP obligatorio para manipulación	Responsable de segregación	Frecuencia de retiro interno (diario, semanal, por llenado)	Gestor externo / destino final	Registro asociado (código y nombre)	Observaciones
1	Mecanizado CNC	Torneado de piezas	Peligroso	Viruta metálica contaminada con taladrina	Rojo	RP – Residuo Peligroso (aceites / emulsiones)	Contenedor metálico con tapa, 60 L	Zona de viruta – Mecanizado	Viruta húmeda con taladrina	Guantes nitrilo, lentes, mascarilla	Operario de Mecanizado	Diario / al 80% de capacidad	Empresa gestora autorizada de residuos peligrosos	REG-SGA-RS-001 – Registro de Residuos Peligrosos	
2	Mecanizado Convencional	Fresado de piezas	No peligroso (si está limpia)	Viruta metálica limpia (sin contacto con taladrina)	Sin color / contenedor exclusivo para chatarra o según criterio interno	RNP – Residuo No Peligroso – Chatarra valorizable	Tolva metálica, 240 L	Patio de chatarra valorizable	Seca, sin restos de fluido	Guantes de cuero, lentes	Operario de Mecanizado	Por llenado del contenedor	Chatarreo autorizado / reciclaje	REG-SGA-RS-002 – Registro de Residuos Valorizables	
3	Soldadura	Unión de estructuras	Peligroso	Colillas de soldadura, puntas de alambre, escoria	Rojo	RP – Residuos con metales pesados	Contenedor plástico rojo, 50 L	Área de Soldadura – punto limpio	Seco	Guantes, lentes, mascarilla	Soldador	Semanal	Gestor autorizado / disposición final	REG-SGA-RS-001	
4	Área Administrativa	Oficina	No peligroso	Papel y cartón de oficina	Azul	RNP – Papel/cartón reciclable	Contenedor azul 50 L	Área administrativa	Seco y limpio	Ninguno especial (buenas prácticas)	Personal administrativo	Semanal	Empresa recicladora	REG-SGA-RS-002	
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...



CONTROL DE EMISIONES EN SOLDADURA: USO DE EXTRACTORES Y FILTROS

Ítem	Fecha de inspección	Turno (m/t/n)	Área / cabina de soldadura	Código de equipo de extracción	Tipo de sistema (local / general)	Caudal / rendimiento esperado (según ficha técnica)	Lectura de indicador / manómetro (pa, inh2o, etc.)	Posición y distancia del captor respecto al arco	Condición de captos (campanas / brazos)	Condición de ductos (fugas, daños, obstrucciones)	Condición de filtros (tipo, saturación, limpieza)	Evidencia visual de humos en zona de respiración del soldador	Ruido aparente del sistema	Epp del soldador	Resultado de inspección (conforme / no conforme)	Acción correctiva / preventiva requerida	Responsable que inspecciona (nombre y cargo)	Plazo para corrección	Verificación de cierre (firma y fecha)	Observaciones
1	___/___/___	M / T / N	Cabin a S-01	EXT-SO LD-01	Local	___ m³/h	___	___ cm	Bueno / Regular / Malo	Sin fugas / Con fugas / Obstruido	Limpio / Parcialmente saturado / Saturado	Baja / Media / Alta	Nor mal / Anó malo	Completo / Incompleto	C / NC	___	___	___/___	___/___	___
2	___/___/___	M / T / N	Cabin a S-02	EXT-SO LD-02	Local	___ m³/h	___	___ cm	Bueno / Regular / Malo	Sin fugas / Con fugas / Obstruido	Limpio / Parcialmente saturado / Saturado	Baja / Media / Alta	Nor mal / Anó malo	Completo / Incompleto	C / NC	___	___	___/___	___/___	___
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Ítem	Fecha	Turno (M/T/N)	Área / Proceso	Máquina / Equipo (código)	Tipo de fluido	Operación realizada	Volumen de fluido nuevo agregado (L)	Concentración medida (% Brix u otra unidad)	Rango objetivo de concentración	Estado de la concentración (Dentro / Fuera)	Volumen retirado como residuo (L)	Código y tipo de residuo generado	¿Ocurre derrame?	Volumen estimado del derrame (L)	Superficie afectada	Acciones de contención aplicadas (barreras, diques, absorbentes, etc.)	Material absorbente utilizado (tipo y cantidad aproximada)	Disposición del material contaminado	Responsable de la intervención	Resultado	Observaciones
1		M / T / N	Mecanizado CNC	TOR-CNC-01	Taladrina soluble	Recarga de tanque / ajuste de concentración	__L	%	—	D / F	__L	RP – Fluido de corte usado / lodos de taladrina	Sí / No	__L	Piso taller / drenaje / ...			Contenedor rojo RP-FLU-___/ Gestor autorizado		C / NC	
2		M / T / N	Mecanizado Conv.	TOR-MAN-02	Aceite lubricante	Cambio total de aceite / retiro de usado	__L	N/A	N/A	N/A	__L	RP – Aceite usado	Sí / No	__L	_____			_____		C / NC	
3		M / T / N	Mantenimiento	COMP-HID-01	Aceite hidráulico	Manejo de derrame	0	N/A	N/A	N/A	__L (recuperado / absorbente)	RP Absorbente contaminado / trapos contaminados	Sí	__L	Piso / fosa / ...			Contenedor rojo RP-ABS-___/ Gestor autorizado		C / NC	

Ítem	Fecha	Turno (M/T/N)	Área / Proceso	Máquina / Equipo (código)	Tipo de equipo (producción / apoyo / oficina)	Horario de operación programado (inicio – fin)	Hora real de fin de operación	Hora de apagado efectivo	Estado al finalizar turno (Apagado / Stand-by / Encendido)	¿Cumple protocolo de apagado? (Sí / No)	Verificación de condiciones previas al apagado	Responsable de operación (nombre y cargo)	Responsable que verifica apagado (nombre y cargo)	Lectura de contador / medidor parcial (kWh, si aplica)	Observaciones y acciones de mejora (ej. reprogramar horario, señalar, capacitación)
1		M / T / N	Mecanizado CNC	TOR-CNC-01	Producción	____ : ____ – ____ : ____ ____	____ : ____ ____	____ : ____ ____	Apagado / Stand-by / Encendido	Sí / No	Conforme / No conforme (especificar)			____ kWh (si aplica)	
2		M / T / N	Mecanizado Conv.	FRES-MAN-02	Producción	____ : ____ – ____ : ____ ____	____ : ____ ____	____ : ____ ____	Apagado / Stand-by / Encendido	Sí / No	Conforme / No conforme			____ kWh / N.A.	
3		M / T / N	Soldadura	SOLD-MIG-01	Producción	____ : ____ – ____ : ____ ____	____ : ____ ____	____ : ____ ____	Apagado / Stand-by / Encendido	Sí / No	Conforme / No conforme			____ kWh / N.A.	
4		M / T / N	Compresores	COMP-AIR-01	Apoyo	____ : ____ – ____ : ____ ____	____ : ____ ____	____ : ____ ____	Apagado / Stand-by / Encendido	Sí / No	Conforme / No conforme			____ kWh / N.A.	
5		M / T / N	Oficina	PC-ADM-01	Oficina	____ : ____ – ____ : ____ ____	____ : ____ ____	____ : ____ ____	Apagado / Stand-by / Encendido	Sí / No	Conforme / No conforme			N.A.	



SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN AMBIENTAL
RESPUESTA ANTE EMERGENCIAS: PROTOCOLO PARA INCENDIOS O
DERRAMES QUÍMICOS.

CÓDIGO:
VERSIÓN:
FECHA:

Ítem	Campo	Registro
1	Tipo de evento	☐ Emergencia real ☐ Simulacro
2	Tipo de emergencia	☐ Incendio ☐ Derrame químico ☐ Mixta ☐ Otra: _____
3	Fecha	____/____/____
4	Hora de inicio	____:____
5	Hora de control / cierre	____:____
6	Área / Proceso	_____
7	Lugar específico (taller, cabina, almacén, patio, oficina, etc.)	_____
8	Sustancia(s) involucrada(s) (nombre comercial y tipo: taladrina, aceite, solvente, gas, pintura, otro)	_____
9	Cantidad estimada de sustancia involucrada (L, kg)	_____
10	Causa probable principal	☐ Operativa ☐ Mantenimiento ☐ Falla de equipo ☐ Error humano ☐ Otra: _____
11	Descripción breve del evento (qué pasó y cómo se detectó)	
12	Impacto ambiental observado	☐ Suelo ☐ Agua ☐ Aire ☐ Drenajes ☐ Sin impacto aparente ☐ Otro: _____
13	Acciones inmediatas ejecutadas	☐ Activación de alarma ☐ Evacuación parcial/total ☐ Corte de energía ☐ Cierre de válvulas / fuentes ☐ Contención del derrame ☐ Uso de extintores ☐ Uso de kit de derrames ☐ Otra: _____
14	Equipos y recursos utilizados	☐ Extintores (tipo y cantidad): _____ ☐ Mangueras / hidrantes ☐ Kit de derrames (barreras, paños, granulado) ☐ EPP especial (respirador, traje químico, etc.) ☐ Otros: _____
15	Personal involucrado en la respuesta (número de personas)	_____ personas
16	Personas afectadas	☐ Ninguna ☐ Solo molestias menores ☐ Lesión leve ☐ Lesión grave ☐ Otra: _____
17	Notificación a autoridades externas	☐ No requirió ☐ Sí se notificó a: ☐ Bomberos ☐ OEFA ☐ Municipalidad ☐ MINAM ☐ Otra: _____ Fecha y hora de notificación: ____/____/____:____
18	Tipo de residuos generados por la emergencia	☐ Absorbentes contaminados ☐ Trapos / EPP contaminados ☐ Envases dañados ☐ Escombros / materiales quemados ☐ Agua de extinción contaminada ☐ Otros: _____
19	Cantidad estimada de residuos (kg, L, unidades)	_____
20	Clasificación del residuo	☐ RP – Residuo Peligroso ☐ RNP – No Peligroso
21	Contenedor y código de residuo asignado	Contenedor: _____ Código: _____
22	Gestor / disposición final	☐ Almacén temporal de residuos peligrosos ☐ Entregado a EO-RS / gestor autorizado ☐ Otra: _____
23	Resultado preliminar del evento	☐ Controlado ☐ No controlado ☐ En evaluación
24	Análisis causa raíz (resumen 5 Porqués / Ishikawa)	
25	Acciones correctivas (qué se hará para evitar repetición)	Responsable: _____ Plazo: ____/____/____

26	Acciones preventivas / de mejora (señalización, capacitación, actualización de POE, ingeniería, etc.)	Responsable: _____ Plazo: ____/ ____/ ____
27	Fecha compromiso de cierre de acciones	____/ ____/ ____
28	Fecha real de cierre	____/ ____/ ____
29	Verificación de eficacia	☐ Sin recurrencia del evento en el periodo de seguimiento ☐ Mejora observable en simulacros / tiempos de respuesta ☐ Otra evidencia: _____ Verificado por: _____ Fecha: ____/ ____/ ____
30	Responsable de la atención de la emergencia (nombre y cargo)	_____
31	Responsable del registro (nombre y cargo)	_____



Ítem	Equipo / Sistema (código)	Riesgo ambiental asociado si falla	Frecuencia de mantenimiento	Fecha programada	Fecha real ejecutada	Estado previo al mantenimiento	Actividades ejecutadas	Resultados / Hallazgos	Estado posterior	Próxima fecha programada	Responsable ejecución	Responsable verificación	Resultado (C/NC)	Acción correctiva requerida	Plazo de corrección	Observaciones
1	Extractor	Emisiones	Semanal	//	//	☐ Bueno	☐	Caudal:	☐	//			☐ C ☐		//	
	Soldadura EXT-	humos metálicos			—	☐ Regular ☐ Crítico	Limpieza filtros	___ m³/h	Operativo				NC		—	
	SOLD-01	PM10, Cr, Ni					☐ Revisión brazos	Estado filtros: ___	☐ Limitado							
							☐ Medición caudal	Fugas: ☐ Sí ☐ No	☐ Fuera de servicio							
							☐ Inspección ductos									
2	Tanque	Derrame	Mensual	//	//	☐ Bueno	☐ Medir	% Brix:	☐	//			☐ C ☐		//	
	Taladrina TOR-CNC-01	contaminantes orgánicos			—	☐ Regular ☐ Crítico	% Brix	(Rango: 6-8%)	Operativo				NC		—	
							☐ Ajustar concentración	Volumen: ___ L	☐ Limitado							
							☐ Inspección sellos	Fugas: ☐ Sí ☐ No	☐ Fuera de servicio							
							☐ Revisión bandeja contenci									

3	Compres	Fuga	Mensual	//			☐ Bueno	☐	Nivel	☐	//				☐ C	☐		//		
	or Aire	aceites				—	☐ Regular	Revisión	aceite:	Operat					NC			—		
	COMP-	lubricante					☐ Crítico	niveles	—L	ivo										
	AIR-01	s						aceite												



						☐ Inspección mangueras	Presión: ____ bar	☐ Limitado						
						☐ Filtros separadores	Fugas: ☐ Sí ☐ No	☐ Fuera de servicio						
						☐ Bandejas contención								
4	Sistema	Acumulación	Trimestral	//_____	//_____	☐ Bueno	☐ Caudal: ____ m³/h	☐ Operativo	//_____	☐ C	☐	NC	_____	_____
	ventilación	ión partículas				☐ Regular ☐ Crítico	Limpieza rejillas							
	general VENT-	/ olores				☐ Revisión	Estado filtros: ventilado	☐ Limitado						
	GEN-01					☐ Cambio filtros	Ruido anormal: ☐ Sí ☐ No	☐ Fuera de servicio						
						☐ Medición caudal								
5	Valvulas	Derrame	Semestral	//_____	//_____	☐ Bueno	☐ Presión	☐	//_____	☐ C	☐	NC	_____	_____
	hidráulicas	aceite				☐ Regular	Revisión sellos	prueba: ____ bar	Operativo					
		hidráulico				☐ Crítico								
	PRENS A-HID-					☐ Prueba	Fugas detectada	☐ Limitado						
	01						presión s: ____	do						
						☐ Inspección conexión	Acciones: ____	☐ Fuera de servicio						

TALL-01					☐	Limpieza trampas grasa	Obstrucciones: ☐ Sí ☐ No	☐	Limitado					
					☐	Verificación sellos	Flujo: ☐ Normal ☐ Reducido	☐	Fuera de servicio					
					☐	Prueba flujo								
7	Contenedores residuos peligrosos CONT-RP-01	Derrame sustancias químicas	Semanal	// _____	// _____	☐ Bueno ☐ Regular ☐ Crítico	☐ Inspección integridad	Integridad: ☐ OK ☐ Daños	☐ Operativo	// _____	☐ C ☐ NC	_____	// _____	_____
					☐	Verificación etiquetas	Llenado: _____%	☐	Limitado					
					☐	Revisión bandeja contención	Bandeja: ☐ Seca ☐ Húmeda	☐	Fuera de servicio					
					☐	Nivel de llenado								

	SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN AMBIENTAL	CÓDIGO:
		VERSIÓN:
	RIESGOS AMBIENTALES PRINCIPALES A PREVENIR	FECHA:

Equipo/Sistema	Falla típica	Impacto ambiental	Frecuencia recomendada
Extractores soldadura	Filtros saturados	Emisiones PM10, Cr, Ni al aire	Semanal
Tanques taladrina	Fugas/sellos	Derrame contaminantes orgánicos	Mensual
Compresores	Fuga aceites	Contaminación suelo/agua	Mensual
Ventilación general	Obstrucción	Acumulación partículas/olores	Trimestral
Válvulas hidráulicas	Sellos rotos	Derrame aceite hidráulico	Semestral
Drenajes taller	Obstrucción	Contaminación aguas residuales	Mensual
Contenedores RP	Rotura/etiquetas	Derrame sustancias peligrosas	Semanal

Criterios de clasificación de estado:

- Bueno: Funciona correctamente, sin anomalías detectadas
- Regular: Funciona con limitaciones, requiere atención en próxima revisión
- Crítico: Fuera de servicio o riesgo inminente de contaminación

Ítem	Fecha	Parámetro monitoreado	Punto de medición (área/equipo)	Método / Instrumento	Límite normativo (NTP/D.S.)	Valor medido	Unidad	Cumple (Sí/No)	Frecuencia requerida	Responsable medición	Observaciones / Acción correctiva
1	// _____	Ruido	Soldadura S-01	Sonómetro	≤85 dB(A) (D.S. 024-2016-EM)	___	dB(A)	☐ Sí ☐ No	Semanal	_____	_____
2	// _____	Ruido	Mecanizado CNC	Sonómetro	≤85 dB(A) (D.S. 024-2016-EM)	___	dB(A)	☐ Sí ☐ No	Semanal	_____	_____
3	// _____	Partículas PM10	Extractor soldadura EXT-SOLD-01	Gravimetría	≤150 µg/m³ (NTP 685.051)	___	µg/m³	☐ Sí ☐ No	Mensual	_____	_____
4	// _____	Flujo extractor	EXT-SOLD-01	Anemómetro	≥1,200 m³/h	___	m³/h	☐ Sí ☐ No	Semanal	_____	_____
5	// _____	pH efluente	Drenaje taller	pH-metro	6-9 (D.S. 003-2010-MINAM)	___	pH	☐ Sí ☐ No	Semanal	_____	_____
6	// _____	DBO efluente	Drenaje taller	Laboratorio	≤150 mg/L (D.S. 003-2010-MINAM)	___	mg/L	☐ Sí ☐ No	Mensual	_____	_____
7	// _____	Vibración	Prensa hidráulica PRENSA-01	Vibrmetro	≤2.8 mm/s (NTP 685.056)	___	mm/s	☐ Sí ☐ No	Trimestral	_____	_____
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Ítem	Fecha detección	Origen de la oportunidad	Área/Proceso	Descripción de la oportunidad	Impacto ambiental esperado	Prioridad (Alta/Media/Baja)	Responsable evaluación	Acción propuesta	Costo estimado	Plazo ejecución	Estado (Pendiente/En proceso/Cerrada)	Fecha cierre	Resultado obtenido	Evidencia
1		☐ Auditoría ☐ Sugerencia empleado ☐ Monitoreo ☐ Mantenimiento ☐ Otro: ____	Soldadura	Instalar sensores caudal extractores	Reducción 30% emisiones PM10	☐ Alta ☐ Media ☐ Baja			S/ ____		☐ Pendiente ☐ En proceso ☐ Cerrada	//____		
2		☐ Auditoría ☐ Sugerencia empleado ☐ Monitoreo ☐ Mantenimiento ☐ Otro: ____	Mecanizado	Bandejas contención bajo tanques taladrina	Eliminar riesgo derrames	☐ Alta ☐ Media ☐ Baja			S/ ____		☐ Pendiente ☐ En proceso ☐ Cerrada	//____		
3		☐ Auditoría ☐ Sugerencia empleado ☐ Monitoreo ☐ Mantenimiento ☐ Otro: ____	Taller	Sistema recuperación viruta limpia	Reducción 40% residuos peligrosos	☐ Alta ☐ Media ☐ Baja			S/ ____		☐ Pendiente ☐ En proceso ☐ Cerrada	//____		
4		☐ Auditoría ☐ Sugerencia empleado ☐ Monitoreo ☐ Mantenimiento ☐ Otro: ____	General	Capacitación manejo residuos	Reducción errores segregación	☐ Alta ☐ Media ☐ Baja			S/ ____		☐ Pendiente ☐ En proceso ☐ Cerrada	//____		

Criterios de priorización

Prioridad	Criterios
Alta	Riesgo inminente contaminación / incumplimiento legal / costo > S/5,000
Media	Mejora significativa indicadores / costo S/1,000-5,000
Baja	Mejoras incrementales / costo < S/1,000





SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN AMBIENTAL

CODIGO: SGA-001

PROGRAMA DE AUDITORÍA INTERNA

VERSION: 001

FECHA:

Nº	Alcance	Objetivo	Criterio de Auditoría	Año: 2027												Responsable	Recursos
				E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		
1	Gestión de residuos y almacén	Verificar cumplimiento en segregación, almacenamiento y disposición de residuos	ISO 14001:2015, Plan de Manejo de Residuos, D.L. N° 1278	X												Supervisor SGA / Auditor Interno	Listas de verificación, registros de residuos, acceso a almacén, personal de apoyo
2	Producción: corte y mecanizado	Evaluar controles ambientales en procesos de mecanizado y corte	ISO 14001:2015, Procedimiento de Maestranza, Matriz IPERC		X											Auditor Interno	Formatos de inspección, registros de mantenimiento, acceso a taller, personal operativo
3	Soldadura y trabajos en caliente	Verificar control de emisiones, uso de EPP y gestión de residuos peligrosos	ISO 14001:2015, PETS Trabajos en Caliente, ECA Aire, LMP			X										Auditor Interno	Checklists, registros de EPP, monitoreo de emisiones, acceso a área de soldadura
	Mantenimiento y control de emisiones	Revisar cumplimiento en mantenimiento preventivo y control de emisiones atmosféricas	ISO 14001:2015, Procedimientos internos, LMP, registros de mantenimiento				X									Auditor Interno	Listas de verificación, registros de mantenimiento, equipos de medición
3	Cumplimiento legal ambiental	Verificar actualización y cumplimiento de requisitos legales y normativos ambientales	ISO 14001:2015, legislación nacional y local vigente, registros legales					X								Responsable SGA	Listado normativo, registros legales, acceso a documentación
	Revisión de acciones correctivas	Evaluar cierre y eficacia de acciones correctivas de auditorías previas	ISO 14001:2015, informes de auditoría, registros de acciones correctivas						X							Auditor Interno	Informes previos, registros de acciones, acceso a responsables de áreas
	Gestión de compras y proveedores	Auditar criterios ambientales en compras y evaluación de proveedores	ISO 14001:2015, procedimientos de compras, registros de proveedores							X						Auditor Interno	Registros de compras, contratos.
4	Almacenamiento de sustancias químicas	Verificar almacenamiento seguro y control de sustancias peligrosas	ISO 14001:2015, MSDS, procedimientos internos, D.L. N° 1278								X					Auditor Interno	Listas de verificación, MSDS, acceso a almacén de químicos
	Sensibilización y formación ambiental	Evaluar cumplimiento del programa de capacitación ambiental	ISO 14001:2015, registros de capacitación, plan anual de formación									X				Responsable SGA	Registros de asistencia, materiales de capacitación.

	Revisión de objetivos y metas ambientales	Verificar avance y cumplimiento de objetivos y metas ambientales	ISO 14001:2015, plan de objetivos y metas, indicadores ambientales	X	Responsable SGA	Indicadores, reportes de desempeño, acceso a responsables de áreas
	Evaluación de desempeño ambiental	Medir y analizar el desempeño ambiental global del SGA	ISO 14001:2015, indicadores ambientales, registros de monitoreo	X	Auditor Interno	Reportes de indicadores, registros de monitoreo
5	Auditoría global de cierre anual (todas las áreas y procesos del SGA)	Evaluar la conformidad y eficacia global del SGA, identificar oportunidades de mejora	ISO 14001:2015, todos los procedimientos y registros del SGA, resultados de auditorías previas	X	Responsable SGA / Auditor Interno	Listas de verificación integrales, acceso total a registros, equipo auditor completo





Fecha de entrega:

N° de Informe:

Motivo del informe:

El periodo del informe comprende:

Objetivos de la Revisión por la Dirección

Objetivos

Información de entrada

1. Estado de las acciones de las revisiones por la dirección previas.

2. Cambios en las cuestiones externas e internas pertinentes al SIG

3. Satisfacción del cliente y retroalimentación de las partes interesadas

4. Grado de logro de los objetivos de calidad

5. Desempeño de los procesos y conformidades de los productos y servicios

6. No conformidades y acciones correctivas

7. Resultados de seguimiento y medición

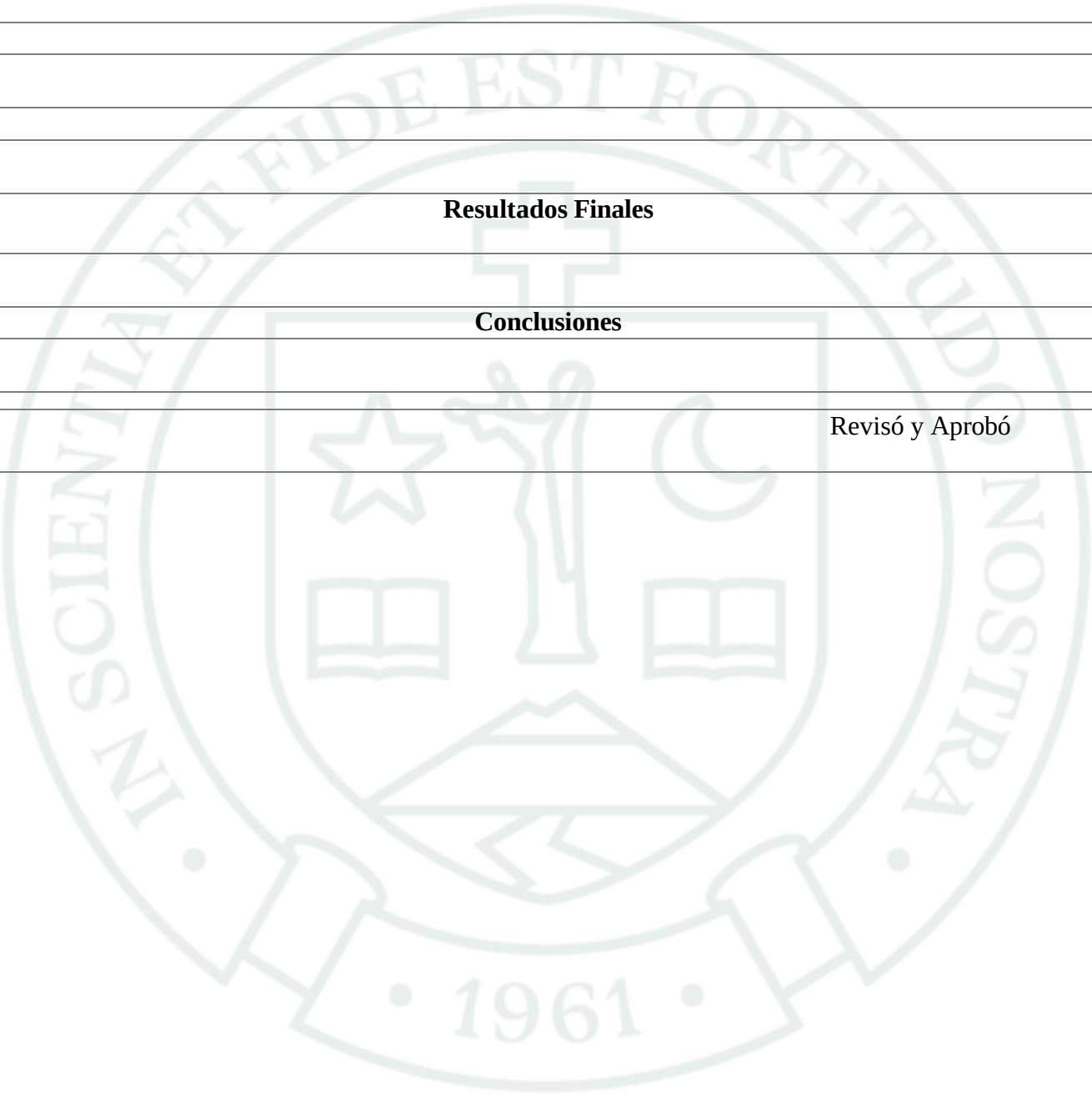
8. Resultados de las auditorías

9. Desempeño de los proveedores externos

10. Adecuación de los recursos

11. Eficacia de las acciones tomadas para abordar riesgos y oportunidades

Información de salida	
1. Oportunidades de mejora	
2. Necesidades de cambio en el SIG	
3. Necesidades de recursos	
Resultados Finales	
Conclusiones	
Elaboró	Revisó y Aprobó





ACTA DE REUNIÓN

VERSION: 001

FECHA:

Acta N°:	Modalidad:	
Fecha de reunión:	Hora de inicio:	Hora de fin:

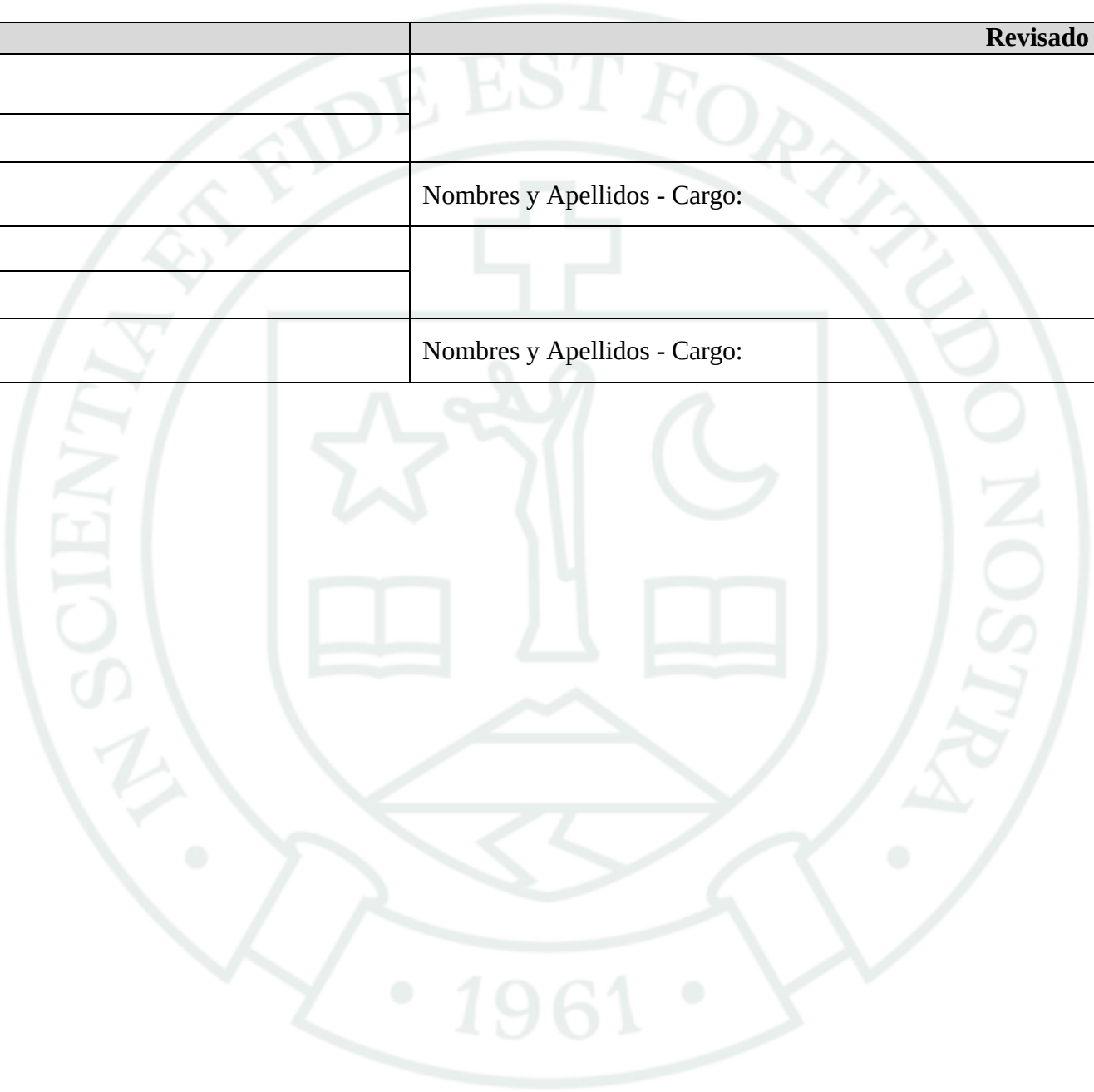
Temas tratados	
1.-	
2.-	
3.-	
4.-	

Desarrollo de la reunión	

Compromisos de la reunión		
Actividad	Responsable	Fecha
1.-		
2.-		
3.-		
4.-		
5.-		

Próxima reunión

Observaciones	Revisado por
	Nombres y Apellidos - Cargo:
	Nombres y Apellidos - Cargo:

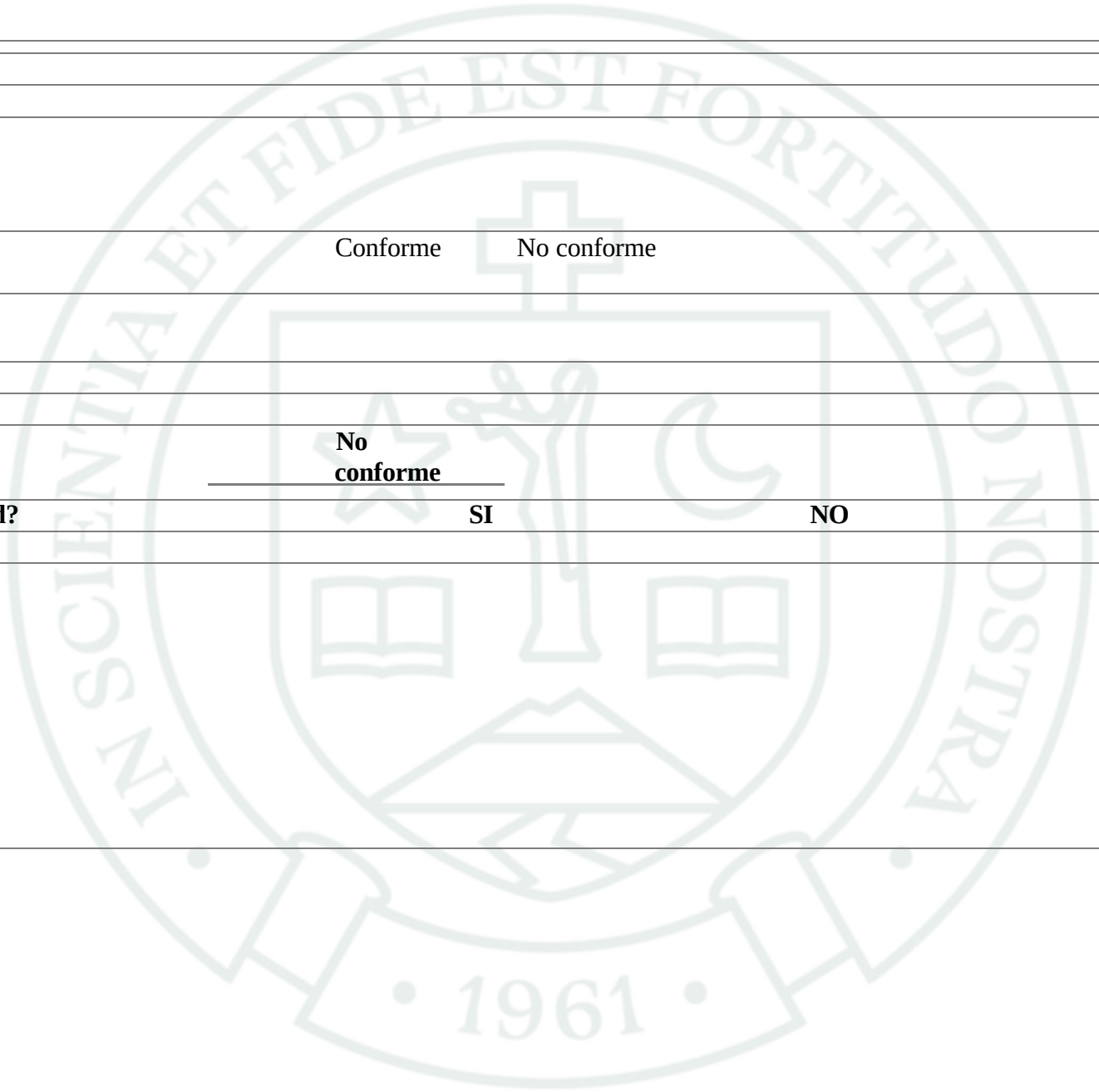


ANEXO X. Mejora continua del SGA

		SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN AMBIENTAL		CODIGO: SGA-001	
MATRIZ DE COMPETENCIAS AMBIENTALES				VERSION: 001	
				FECHA:	
N° de RNC		RNC-2026-00		Fecha	
Responsable				Proceso	
FUENTE		Auditoría Interna		Análisis de datos	
DE LA		Auditoría Externa		Observación Interna	
SOLICITUD		Queja del Cliente		Otro:	
Descripción de la no conformidad					
Norma		Punto			
Responsable		Fecha			
Tratamiento de la No Conformidad					
Se tiene un plazo máximo de 3 días para hacer el tratamiento de la no conformidad					
a) Separación				e) Concesión	
b) Contención				f) Permiso de Desviación	
c) Devolución				g) Reproceso	
d) Suspensión					
Acción inmediata (De haber una)					
Causa raíz – potenciales					
Raíz		Potenciales			
Responsable		Fecha			
¿Existen no conformidades similares? (si/no justificar)					
¿Existen potenciales no conformidades similares? (si/no justificar)					



Fecha estimada de conclusión			
Responsable			
Firma	RESPONSABLE		
Seguimiento			
Evaluación de la efectividad			
Revisado por	Conforme	No conforme	
Firma: QUIEN IDENTIFICA	Fecha		
En caso de no ser conforme			
Fecha próxima de verificación	-		
Conforme	x	No conforme	
¿La no conformidad afectó a un riesgo u oportunidad?	SI	NO	x
En caso afecte, describir como afecta			



ANEXO XI. Base de datos, versión y configuración del modelamiento en SimaPro

Tabla 33

Base de datos, versión y configuración del modelamiento en SimaPro

Elemento	Descripción corregida
Software empleado	SimaPro Developer versión 9.5.
Base de datos	Ecoinvent v3.8, empleada para representar procesos secundarios equivalentes de materiales, energía y consumibles cuando no se contó con datos primarios específicos.
Método de evaluación	IMPACT 2002+, aplicado para interpretar categorías de impacto relacionadas con cambio climático, toxicidad humana, ecotoxicidad/calidad del ecosistema y agotamiento de recursos.
Unidad funcional	1 tonelada de producto metálico estructural terminado. Todos los flujos se normalizaron a esta unidad.
Alcance del sistema	Puerta a puerta: ingreso de materia prima, energía e insumos a la empresa hasta salida del producto metálico estructural terminado.
Etapas incluidas	Recepción y almacenamiento, corte, mecanizado/perforado/habilitado, soldadura y armado, esmerilado/acabado/limpieza, mantenimiento/servicios auxiliares, almacenamiento y despacho interno.
Exclusiones	Extracción minera, producción primaria del acero, fabricación externa de insumos, transporte externo no controlado, uso del producto por el cliente, reciclaje o disposición final posterior.
Criterio de interpretación	Los resultados se interpretan como impactos potenciales asociados a flujos usados dentro del proceso interno, no como huella total de toda la cadena de vida del acero.
Control de calidad de datos	Los datos primarios deben corresponder a registros de producción, consumo eléctrico, consumo de insumos, residuos y observación de campo; los datos secundarios deben declararse como aproximaciones metodológicas.
Limitación principal	Los resultados dependen de la representatividad de los datos de inventario y de la selección de procesos equivalentes en la base de datos. Por ello, deben ser utilizados como soporte técnico de gestión y no como certificación ambiental del producto.