



**UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL EN LA PRODUCCIÓN
DE BLOQUES DE HIELO INDUSTRIAL PARA LA EMPRESA FOXTER
PICOHIELO S.A., CANTÓN SALINAS, ECUADOR”**

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

AUTOR:

COCHEA GONZÁLEZ MEYBELIN DENISSE

TUTOR:

Ing. HERRERA BRUNETT GERARDO ANTONIO. PhD

La Libertad, Ecuador

2024

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

TEMA:

**“EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD
AMBIENTAL EN LA PRODUCCIÓN DE BLOQUES DE
HIELO INDUSTRIAL PARA LA EMPRESA FOXTER
PICOHIELO S.A., CANTÓN SALINAS, ECUADOR”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTOR:

COCHEA GONZÁLEZ MEYBELIN DENISSE

TUTOR:

Ing. HERRERA BRUNETT GERARDO ANTONIO. PhD

LA LIBERTAD, ECUADOR

2024

UPSE

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Cochea González Meybelin Denisse**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniera Industrial**.

TUTOR (A)



f. _____

Ing. Herrera Brunett Gerardo Antonio, PhD

DIRECTOR DE LA CARRERA



f. _____

Ing. Lucrecia Moreno Alcívar, PhD

La Libertad, al 1 día del mes de Julio del año 2024

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación “EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL EN LA PRODUCCIÓN DE BLOQUES DE HIELO INDUSTRIAL PARA LA EMPRESA FOXTER PICOHIELO S.A., CANTÓN SALINAS, ECUADOR”, elaborado por la Srta. COCHEA GONZALEZ MEYBELIN DENISSE, estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial, Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Ingeniera Industrial, me permito declarar que luego de haberla dirigido, estudiado y revisado, la apruebo en su totalidad.

TUTOR (A)



f. _____

Ing. Herrera Brunett Gerardo Antonio, PhD

La Libertad, al 1 día del mes de Julio del año 2024

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Cochea González Meybelin Denisse**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **Evaluación de la sostenibilidad ambiental en la producción de bloques de hielo industrial para la empresa Foxter Picohielo S.A., Cantón Salinas, Ecuador** previo a la obtención del título de **Ingeniera Industrial**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi/nuestra total autoría.

En virtud de esta declaración, me/nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

La Libertad, al 1 día del mes de Julio del año 2024

AUTORA

f. 

Cochea González Meybelin Denisse

AUTORIZACIÓN

Yo, **Cochea González Meybelin Denisse**

Autorizo a la Universidad Península de Santa Elena la **publicación** en la biblioteca de la Institución del Trabajo de Titulación, **Evaluación de la sostenibilidad ambiental en la producción de bloques de hielo industrial para la empresa Foxter Pico hielo S.A., cantón Salinas, Ecuador**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi/nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.

La Libertad, al 1 día del mes de Julio del año 2024


LA AUTORA:

f. 

Cochea González Meybelin Denisse

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

En calidad de Tutor del trabajo de Integración Curricular con tema “EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL EN LA PRODUCCIÓN DE BLOQUES DE HIELO INDUSTRIAL PARA LA EMPRESA FOXTER PICOHIELO S.A., CANTÓN SALINAS, ECUADOR”, elaborado por la Srta. Cochea González Meybelin Denisse, egresada de la carrera de Ingeniería Industrial, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, previo a la obtención del Título de Ingeniera Industrial me permito declarar que una vez analizado en el Software antiplagio: Compilatio Magister, luego de haber cumplido con los requerimientos exigidos de valoración, el presente trabajo de titulación, se encuentra con un 1% de similitud, siendo esta valoración permitida, por consiguiente, se procede a emitir el presente informe.

 CERTIFICADO DE ANÁLISIS
magister

Evaluación de la sostenibilidad ambiental en la producción de bloques de hielo industrial para la empresa Foxter Picohuelo S.A. Cantón Salinas, Ecuador

1%
Textos sospechosos

1% Similitudes
0% similitudes entre comillas
0% entre las fuentes mencionadas
< 1% Idiomas no reconocidos

Nombre del documento: TESIS MEYBELIN COCHEA Junio.docx
ID del documento: 2d73b14fbf2f10f9e939efe5abf68bbde0ce14a2
Tamaño del documento original: 5,93 MB
Autor: Meybelin Denisse Cochea Gonzalez

Depositante: Meybelin Denisse Cochea Gonzalez
Fecha de depósito: 24/6/2024
Tipo de carga: url_submission
fecha de fin de análisis: 24/6/2024

Número de palabras: 28.403
Número de caracteres: 191.695

Atentamente,

TUTOR

f. 

Ing. Herrera Brunett Gerardo Antonio. PhD

Lcda. Betty Ruth Gómez Suárez, Mgtr.
Celular: 0962183538
Correo: bettyruthgomez@educacion.gob.ec

CERTIFICACIÓN GRAMATICAL Y ORTOGRÁFICA

Yo, **BETTY RUTH GÓMEZ SUÁREZ**, en mi calidad de **LICENCIADA EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN Y MAGÍSTER EN DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MODELOS EDUCATIVOS**, por medio de la presente tengo a bien indicar que he leído y corregido el Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial, denominado **“EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL EN LA PRODUCCIÓN DE BLOQUES DE HIELO INDUSTRIAL PARA LA EMPRESA FOXTER PICOHIELO S.A., CANTÓN SALINAS, ECUADOR”**, de la estudiante: **COCHEA GONZALEZ MEYBELIN DENISSE**.

Certifico que está redactado con el correcto manejo del lenguaje, claridad en las expresiones, coherencia en los conceptos e interpretaciones, adecuado empleo en la sinonimia. Además de haber sido escrito de acuerdo a las normas de ortografía y sintaxis vigentes.

En cuanto puedo decir en honor a la verdad y autorizo a la interesada hacer uso del presente como estime conveniente.

Santa Elena, 26 de Junio del 2024



Lcda. Betty Ruth Gómez Suárez, Mgtr.
CI. 0915036529

LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
MAGÍSTER EN DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MODELOS EDUCATIVOS
Nº DE REGISTRO DE SENECYT 1050-2014-86052892

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por haberme dado la fuerza, la sabiduría y la perseverancia para llegar hasta este momento crucial en mi vida académica.

A mis padres, por su amor incondicional, su apoyo constante y sus sacrificios. Sin su comprensión, paciencia y motivación, este logro no habría sido posible.

A todos mis docentes, quienes con su dedicación y esfuerzo me han brindado los conocimientos y las herramientas necesarias para crecer como profesional. Agradezco cada enseñanza y cada consejo, los cuales han sido invaluable en mi formación.

A la empresa Foxter Picohielo S.A., por abrirme sus puertas y brindarme la oportunidad de realizar mi tesis. Su colaboración y apoyo han sido esenciales para el desarrollo de este trabajo. Agradezco especialmente a todo el personal que me asistió y compartió su experiencia conmigo.

Finalmente, a mis amigos y compañeros, su aliento y compañerismo han hecho que este viaje sea mucho más significativo y llevadero. Agradezco cada momento compartido y cada palabra de ánimo.

Meybelin Denisse Cochea González

DEDICATORIA

A mis padres, Amanda González y José Cochea,

Con todo mi amor y gratitud, dedico este trabajo de titulación. Gracias por no abandonarme en todo este trayecto académico y por estar siempre a mi lado. Su apoyo incondicional, su amor y su fe en mí han sido la fuerza que me ha impulsado a seguir adelante y a alcanzar mis metas.

Han sido mi inspiración y mi guía, y su sacrificio y dedicación me han enseñado el verdadero significado del esfuerzo y la perseverancia. Sin ustedes, nada de esto hubiera sido posible. Este logro es tanto suyo como mío, y les agradezco de corazón por estar siempre presentes en cada etapa de mi vida.

Meybelin Denisse Cochea González

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. 

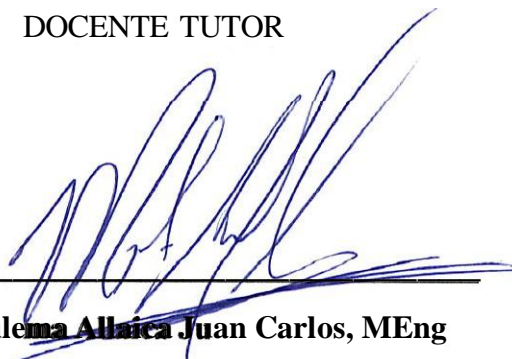
Ing. Lucrecia Moreno Alcívar, PhD
DIRECTOR DE CARRERA

f. 

Ing. Balón Ramos Isabel Del Rocio, M.Sc.
DOCENTE ESPECIALISTA

f. 

Ing. Herrera Brunett Gerardo Antonio, PhD
DOCENTE TUTOR

f. 

Ing. Muyulema Allca Juan Carlos, MEng
DOCENTE GUÍA UIC

ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	i
CERTIFICACIÓN.....	iii
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	iv
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD.....	v
AUTORIZACIÓN.....	vi
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO.....	vii
AGRADECIMIENTOS.....	ix
DEDICATORIA.....	x
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.....	xi
ÍNDICE GENERAL.....	xii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xix
LISTA DE ABREVIATURAS Y TABLA DE SÍMBOLOS.....	xx
RESUMEN.....	xxi
ABSTRACT.....	xxii
INTRODUCCIÓN.....	23
CAPÍTULO I.....	31
MARCO TEÓRICO.....	31
1.1. Antecedentes investigativos.....	31
1.2. Estado del arte.....	34
1.2.1 Mapeo sistemático de la literatura.....	34
1.2.2 Discusión de revisión.....	54

1.3.	Marco teórico	55
1.3.1	Sostenibilidad ambiental.....	55
1.3.2	Producción de hielo	62
CAPÍTULO II.....		64
MARCO METODOLÓGICO.....		64
2.1.	Enfoque de investigación	64
2.2.	Diseño de investigación	65
2.3.	Procedimiento Metodológico.....	65
2.4.	Censo.....	66
2.5.	Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de los datos	66
2.5.1.	Métodos de recolección de los datos	67
2.5.2.	Técnicas de recolección de los datos	68
2.5.3.	Instrumentos de recolección de los datos	69
2.6.	Variables de estudio	70
2.7.	Plan de análisis e interpretación de datos.....	72
CAPÍTULO III.....		73
MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN		73
3.1.	Marco de resultados	73
3.2.	Recolección de datos.....	73
3.2.1	Validez de instrumento de recolección de datos	73
3.2.2	Resultados de encuestas	77
3.2.3	Análisis de encuestas en Alfa de Cronbach	78
3.2.4	Análisis de resultados de la entrevista.....	80
3.2.5	Verificación de hipótesis.....	82
3.3	Situación actual de la empresa FOXTER PICOHIELO.....	84
3.3.1	Antecedentes históricos.....	85
3.3.2	Ubicación	85
3.3.3	Organigrama.....	86
3.3.4	Distribución de la planta	87
3.3.5	Insumos para la fabricación.....	88
3.3.6	Equipos instalados en la fabrica.....	89
3.3.7	Descripción del proceso de producción del hielo.....	89

3.4.	Análisis del ciclo de vida (ACV) (Propuesta).....	93
3.4.1	Definición de objetivos y alcances	93
3.4.2	Alcance del sistema	93
3.4.3	Análisis de inventario	94
3.5	Evaluación del impacto ambiental	97
3.6	Interpretación de resultados de evaluación del impacto ambiental.....	99
3.7	Acciones para reducir emisiones de CO2 y residuos generados durante la producción del hielo industrial.....	100
3.8	Análisis de presupuesto para aplicación del método.....	101
3.9	Limitaciones de estudio.....	103
3.10	Marco de discusión	104
	CONCLUSIONES	105
	RECOMENDACIONES	107
	REFERENCIAS (o BIBLIOGRAFÍA)	108
	ANEXOS	117

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Preguntas.....	36
Tabla 2. Alcance de revisión.....	37
Tabla 3. Refinamiento de búsqueda.....	37
Tabla 4. Filtros de revisión.....	38
Tabla 5. Estudios primarios.....	40
Tabla 6. Clasificación de estudios primarios	52
Tabla 7. Puntos importantes para la definición y alcance del ACV.....	58
Tabla 8. Censo.....	66
Tabla 9. Categorías de impacto ambiental, indicadores de flujo y unidades de medida.	67
Tabla 10. Adaptación de variables para su medición y análisis.....	71
Tabla 11. Plan de análisis e interpretación de datos.....	72
Tabla 12. Información de especialistas	74
Tabla 13. Fases de evaluación por expertos de encuesta	75
Tabla 14. Fases de evaluación por expertos de entrevista.....	75
Tabla 15. Análisis de frecuencia de Cuestionario.....	75
Tabla 16. Análisis de frecuencia de Entrevista.....	76
Tabla 17. Resumen de procesamiento de datos.....	79
Tabla 18. Evaluación de Fiabilidad con Alfa de Cronbach.....	80
Tabla 19. Consumo de recursos	81
Tabla 20. Emisiones de GEI.....	81
Tabla 21. Residuos generados.....	82
Tabla 22. Interpretación de la magnitud del coeficiente de correlación de Pearson ..	82
Tabla 23. Evaluación de correlación con Pearson.....	84
Tabla 24. Información sobre Amoniaco.....	88
Tabla 26. Extracción de materia prima	95
Tabla 27. Producción del hielo.....	95
Tabla 28. Desmolde y manejo del hielo.....	96
Tabla 29. Almacenamiento	96
Tabla 30. Hielo.....	97
Tabla 31. Resultados de evaluación del impacto ambiental en OpenLCA	100

Tabla 32. Presupuesto del proyecto.....	101
Tabla 33. Cálculos (VAN, TIR y PR)	102

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de Ishikawa mediante método de estratificación	28
Figura 2. Proceso metodológico para mapeo sistemático	35
Figura 3. Gráfico de búsqueda de estudios primarios en formato DCM.....	39
Figura 4. Gráfico de burbuja	54
Figura 5. Ciclo de vida de un producto.....	56
Figura 6. Pasos del ACV basados en la norma ISO 14044:2006.....	57
Figura 7. Inventario del ciclo de vida aplicado en el proceso de producción.....	59
Figura 8. Elementos obligatorios y opciones del (AICV)	60
Figura 9. Procedimiento metodológico	65
Figura 10. Proceso de recolección de datos	68
Figura 11. Método Ábaco de Régnier	68
Figura 12. Encuestas a operarios.....	77
Figura 13. Vista aérea de la Fábrica “FOXTER PICOHIELO S.A.”	85
Figura 14. Vista frontal de la Fábrica “FOXTER PICOHIELO S.A.”	86
Figura 15. Organigrama de la empresa	86
Figura 16. Distribución de planta.....	87
Figura 17. Moldes de marquetas de hielo	90
Figura 18. Llenado de cubetas.....	90
Figura 19. Cisternas con salmuera	91
Figura 20. Área de desmolde	91
Figura 21. Área de almacenamiento.....	92
Figura 22. Entrega del producto.....	92

Figura 23. Metodología ACV	93
Figura 24. Interfaz del software	98
Figura 25. Entradas y salidas de extracción de materia prima.....	98
Figura 26. Producción de 334 bloques de hielo	99
Figura 27. Resultados de simulación	99

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Carta de aceptación de la empresa Foxter Picohielo S.A.	117
Anexo 2. Modelo de entrevista	118
Anexo 3. Modelo de cuestionario	121
Anexo 4. Formato de validación de expertos-encuesta.....	123
Anexo 5. Formato de validación de expertos-entrevista.....	125
Anexo 6. Validación por expertos-encuesta.....	127
Anexo 7. Validación por expertos-entrevista.....	129
Anexo 8. Tratamiento de datos para validación de entrevista.....	131
Anexo 9. Tratamiento de datos para validación de encuesta	131
Anexo 10. Tabulación método Ábaco de Régnier entrevista.....	132
Anexo 11. Tabulación método Ábaco de Régnier encuesta.....	132
Anexo 12. Datos de la encuesta en el software IBM SPSS 25.....	133
Anexo 13. Análisis de Fiabilidad en el software IBM SPSS 25	133
Anexo 14. Solicitud para permiso del uso de Analizador de gases.....	137
Anexo 15. Validación de datos realizados con Analizador de gases	138
Anexo 16. Recolección de datos de entrevista.....	139
Anexo 17. Recolección de datos de encuesta.....	140
Anexo 18. Medición de <i>CO2</i> en compresor a base de aceite mediante el analizador de gases.....	141
Anexo 19. Cálculos del presupuesto	142

LISTA DE ABREVIATURAS Y TABLA DE SÍMBOLOS

ODM: Objetivos de Desarrollo del Milenio

ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible

ARSA: Agencia de Regulación y Control Sanitario

CO₂: Dióxido de carbono

LCSA: Life Cycle Sustainability Assessment

ACV: Análisis del ciclo de vida

LPBF: Laser Powder Bed Fusion

ESR: Tratamiento de suelo y roca excavados

SALCA: Evaluación del Ciclo de Vida Agrícola Suizo

CCTS: Carbon capture, transport, and storage

RFID: Radio Frequency Identification

CE: Economía circular

HEV: Vehículos eléctricos híbridos

KPIs: Key Performance Indicators

PYMEs: Pequeñas y medianas empresas

GWP: Potencial de calentamiento global

FSC: Cadena de suministro de alimentos

EVSM: Energy Value Stream Mapping

BSC: Biomass Supply Chain

LCT: Life Cycle Thinking

AICV: Análisis de inventario del ciclo de vida

GEI: Gas efecto invernadero

“EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL EN LA PRODUCCIÓN DE BLOQUES DE HIELO INDUSTRIAL PARA LA EMPRESA FOXTER PICOHIELO S.A., CANTÓN SALINAS, ECUADOR”

Autor: Cochea González Meybelin Denisse

Tutor: Ing. Herrera Brunett Gerardo Antonio. PhD

RESUMEN

La sostenibilidad ambiental desempeña un papel fundamental al identificar y comprender los cambios ambientales planetarios, orientando así políticas y prácticas para abordar los desafíos de sostenibilidad a nivel local y global. La relación entre la participación en la fuerza laboral y las emisiones globales de gases de efecto invernadero ha sido objeto de estudio, resaltando la importancia de comprender y abordar esta relación para promover prácticas laborales sostenibles y mitigar el cambio climático. El objetivo de este estudio es evaluar la sostenibilidad ambiental en la producción de bloques de hielo industrial para la empresa Foxter Picohuelo S.A. en Ecuador, con el fin de identificar áreas de mejora que conduzcan a prácticas más sostenibles. La viabilidad de este estudio se basa en la disponibilidad de datos recopilados a través de una encuesta utilizando un cuestionario validado para garantizar la confiabilidad en la investigación científica. Los datos fueron analizados con el software SPSS - 25, obteniendo un coeficiente Alfa de Cronbach de 0.809, considerado bueno según los criterios establecidos. Para llevar a cabo el Análisis de Ciclo de Vida (ACV), se utilizó la metodología del ACV, recolectando datos y mediciones que se adjuntaron a la base de datos del software gratuito OpenLCA. La simulación realizada con OpenLCA permitió analizar el impacto ambiental generado durante el proceso de producción de hielo e identificar acciones para reducir las emisiones de CO₂ y los residuos. La investigación se divide en tres capítulos: recopilación de datos, marco metodológico y presentación de resultados.

Palabras Claves: *Conservación ambiental, Impacto ambiental, Competitividad industrial, Gestión de residuos.*

"EVALUATION OF ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY IN THE
PRODUCTION OF INDUSTRIAL ICE BLOCKS FOR THE
COMPANY FOXTER PICOHIELO S.A., CANTON SALINAS,
ECUADOR".

Author: Cochea González Meybelin Denisse

Tutor: Ing. Herrera Brunett Gerardo Antonio. PhD

ABSTRACT

Environmental sustainability plays a fundamental role in identifying and understanding global environmental changes, thus guiding policies and practices to address sustainability challenges at both local and global levels. The relationship between workforce participation and global greenhouse gas emissions has been studied, highlighting the importance of understanding and addressing this relationship to promote sustainable work practices and mitigate climate change. The objective of this study is to evaluate environmental sustainability in the production of industrial ice blocks for the company Foxter Picohielo S.A. in Ecuador, aiming to identify areas for improvement that lead to more sustainable practices. The viability of this study is based on the availability of data collected through a survey using a validated questionnaire to ensure reliability in scientific research. The data were analyzed using SPSS - 25 software, obtaining a Cronbach's Alpha coefficient of 0.809, considered good according to established criteria. To conduct the Life Cycle Assessment (LCA), the LCA methodology was used, collecting data and measurements that were attached to the database of the free software OpenLCA. The simulation conducted with OpenLCA allowed for the analysis of the environmental impact generated during the ice production process and the identification of actions to reduce CO₂ emissions and waste. The research is divided into three chapters: data collection, methodological framework, and presentation of results.

Key words: Environmental conservation, Environmental impact, Industrial competitiveness, Waste management.

INTRODUCCIÓN

La sostenibilidad ambiental se ha convertido en un tema crucial a nivel mundial, siendo una frase común en las conversaciones sobre el cambio climático, su relevancia radica en su potencial impacto para combatir la crisis climática (Segarra Jiménez Estefanía, 2022). Esta disciplina desempeña un papel fundamental al ayudar a identificar y comprender los cambios ambientales planetarios, guiando así políticas y prácticas para abordar los desafíos de sostenibilidad desde la parte local hasta lo global fomentando métodos integrales y colaborativos que garanticen la conservación del entorno natural y la calidad de vida de las personas (Shrivastava et al., 2020) se logra a través de la relación entre la participación en la fuerza laboral y su impacto en las emisiones globales de gases de efecto invernadero (Liu et al., 2024). Esto ha surgido como un tema de interés debido a la relevancia en la reducción de dichas emisiones, diversos estudios han examinado esta dinámica, revelando resultados sorprendentes que subrayan la importancia de comprender y abordar esta relación para promover prácticas laborales sostenibles y mitigar el cambio climático (Achuo et al., 2023).

La temática de la sostenibilidad ambiental en Hispanoamérica resalta la diversidad de ecosistemas y los desafíos ambientales en la región enfocándose en la protección y uso racional de los recursos naturales limitados como un aspecto fundamental de esta temática (Rosa & Frutos, 2022). Por lo tanto, se destaca la relevancia de la eficiencia energética-ambiental en los países de América Latina para lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), empleando el índice Hicks-Moorsteen como métrica cuyos resultados indican que, aunque la mayoría de los países han progresado tecnológicamente, con un incremento promedio del 15% en la adopción de tecnologías limpias entre 2010 y 2020, pocos han mejorado en eficiencia de recuperación, con solo un 5% de aumento en la eficiencia de recuperación de recursos en el mismo periodo, señalando áreas de mejora en la gestión de recursos y el desarrollo sostenible en la región (Ibrahim et al., 2023).

Ecuador, tras adoptar la Agenda 2030, enfrenta una situación económica complicada con indicadores en descenso en varios ámbitos, como un aumento del desempleo del 7.6% al 8.9% entre los años 2020 y 2022 y una reducción del

crecimiento del producto interno bruto (PIB) del 2.5% al 1.3% en el mismo periodo, para cumplir con los compromisos de la Agenda se requieren ajustes en políticas públicas, mayor compromiso ciudadano y mejora en el desempeño institucional (Martínez et al., 2023). Las empresas deben modificar sus operaciones, haciéndolas más respetuosas con el medio ambiente y cumpliendo normativas más estrictas de responsabilidad ambiental (Ajibike et al., 2021).

El análisis de una encuesta de Kantar Ibope Media en Ecuador revela que más del 50% de los participantes están dispuestos a gastar extra en productos saludables que beneficien al medio ambiente, demostrando un crecimiento en la conciencia ambiental. Además, el 70% se compromete a cambiar sus hábitos hacia prácticas más sostenibles, mientras que el 74% cree que las empresas deberían tener un rol activo en promover comportamientos responsables. El reciclaje es considerado fundamental por el 83% de los encuestados para construir un futuro sostenible, lo que indica un cambio significativo en la mentalidad hacia la circularidad y la protección ambiental (Factor Verde, 2024).

En la provincia Santa Elena la producción de bloques de hielo industrial es una operación esencial, con aplicaciones que van desde la conservación de alimentos hasta la refrigeración en la industria pesquera y la logística, la producción de bloques de hielo en Santa Elena ha visto un aumento del 15% en los últimos cinco años debido a la creciente demanda del sector pesquero. Hoy en día, la tecnología más común para mantener la cadena de frío en productos acuáticos es la conservación a baja temperatura (Feng et al., 2023). Sin embargo, esta actividad no está exenta de desafíos medioambientales significativos, con un aumento del 12% en el consumo de energía eléctrica por parte de las empresas en los últimos tres años, por lo que este fenómeno sugiere una marcada falta de conocimiento en las empresas respecto a las regulaciones ambientales actualmente en vigor en la provincia, ya que solo el 40% de las empresas han implementado medidas de mitigación ambiental (Ole et al., 2024).

El cantón Salinas se encuentra la parroquia Santa Rosa, en la que se localizan 4 empresas dedicadas a la producción de hielo industrial, destacando a la empresa Foxter Picohielo S.A. como una de las primordiales para el sector pesquero, esta tiene

como actividad principal la producción de bloques de hielo industrial y actualmente cuenta con instalaciones para la producción de un aproximado de 1144 bloques de hielo al día y almacenamiento en las cámaras de frío, mismos utilizados en diversas aplicaciones comerciales, lo cual puede tener un impacto significativo en la sostenibilidad ambiental de la región debido al uso de recursos naturales, la generación de residuos y las emisiones de gases de efecto invernadero. La empresa en la actualidad está tramitando el ARSA (Agencia de Regulación y Control Sanitario). Como lo indica en su estudio Chengot (2024) los efectos en un sector afectan directamente cómo funcionan los otros, por eso es importante coordinar los sectores del agua, la energía y los alimentos tanto en la forma en que se gestionan como en cómo se toman decisiones ya que se espera que la demanda mundial de alimentos, agua y energía aumente en un 35%, 40% y 50% respectivamente para el año 2030.

Planteamiento del problema

La contaminación ambiental es un problema crítico que afecta a millones de personas y ecosistemas (Cubas-Rimachi & Flores-Huamán, 2023). Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la contaminación del aire es responsable de aproximadamente 7 millones de muertes prematuras anualmente. Las emisiones de gases de efecto invernadero, especialmente el dióxido de carbono (CO₂), han aumentado en un 60%, lo que ha exacerbado el cambio climático, este aumento ha llevado a consecuencias graves como el incremento de la temperatura global, el deshielo de los glaciares y la subida del nivel del mar.

En Ecuador el incremento del consumo de la energía eléctrica contribuye a las emisiones de aproximadamente 40.5 millones de toneladas de gases contaminantes anuales en las que las características estructurales del país también generan emisiones de metano, azufre, CO₂, entre otros (Pinzón & Guerrero-Riofrio, 2024).

En la provincia de Santa Elena se encuentra la parroquia Santa Rosa, ubicada en el cantón Salinas que enfrenta importantes problemas ambientales. Recientemente, se llevó a cabo un análisis del agua debido a una intoxicación masiva que afectó a más de 1,128 personas y se determinó que el agua se encontraba en valores normales y apta para el consumo humano, aunque persisten preocupaciones sobre la gestión adecuada de los recursos hídricos. Estudios indican que la infraestructura del puerto pesquero en Santa Rosa es insuficiente, lo que contribuye indirectamente a problemas

medioambientales y afecta negativamente al turismo local (Navarrete Fernández Mario, 2009). La producción de bloques de hielo industrial en la provincia también presenta desafíos medioambientales significativos, con un aumento del 12% en el consumo de energía eléctrica en los últimos tres años.

A continuación, se describe la problemática que existe en la empresa Foxter Picohielo S.A. dentro del proceso de producción del hielo industrial.

Consumo de recursos naturales (Agua y energía eléctrica)

La empresa está ubicada a orillas del puerto pesquero, utiliza grandes cantidades de agua potable y energía eléctrica en su proceso de producción de hielo. Este alto consumo de recursos no solo incrementa los costos operativos, sino que también ejerce una presión considerable sobre los recursos naturales locales, especialmente en una región donde el acceso al agua potable puede ser limitado y la red eléctrica puede estar sobrecargada. La dependencia del agua potable para el producto final, en lugar de buscar alternativas más sostenibles, agrava la problemática ambiental.

Emisiones de gases de efecto invernadero (Emisiones de CO₂, amoníaco)

La utilización de amoníaco como refrigerante en la producción de hielo industrial representa un riesgo significativo para la atmósfera, debido a las posibles fugas y emisiones. Además, el uso intensivo de energía eléctrica, en gran parte generada por combustibles fósiles, contribuye a las emisiones de CO₂, un importante gas de efecto invernadero. Estas emisiones aumentan la huella de carbono de la empresa, contraviniendo los esfuerzos globales para mitigar el cambio climático.

Contaminación del agua (Descargas de agua salmuera, productos químicos utilizados en el tratamiento del agua)

El proceso de producción de hielo en la empresa incluye el uso de 30 sacos de sal al mes y la extracción de agua de mar para desmoldar las cubetas, la cual es posteriormente devuelta al mar. Esta práctica puede introducir productos químicos y salmuera en el ecosistema marino, contaminando el agua y afectando la flora y fauna locales. La falta de tratamiento adecuado de estas descargas puede resultar en daños

ambientales significativos, incluyendo la degradación de la calidad del agua y la alteración de los hábitats marinos.

Generación de residuos (Residuos sólidos y residuos líquidos)

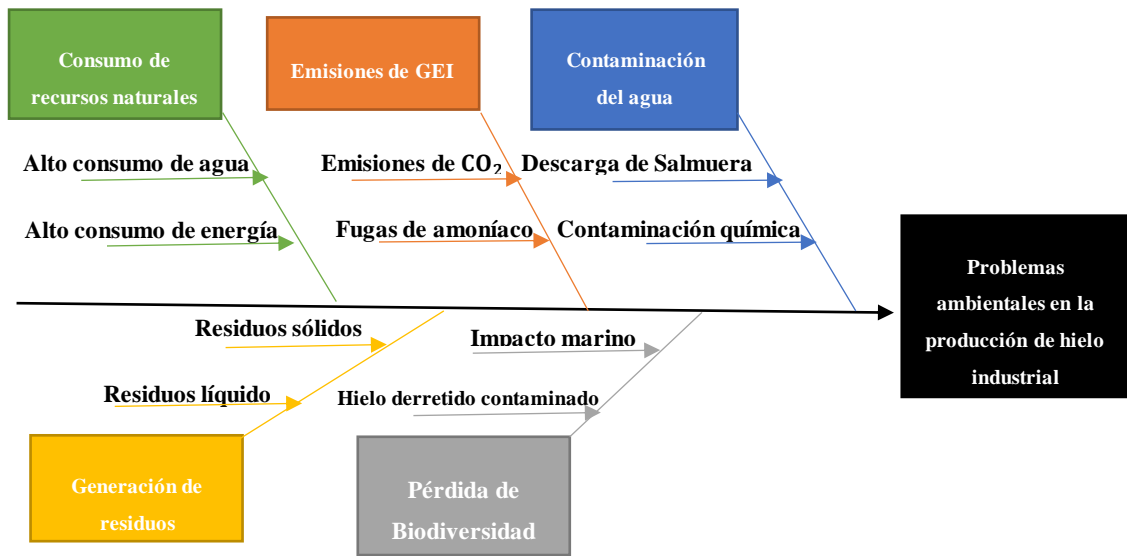
La producción de hielo industrial genera tanto residuos sólidos como líquidos. Los residuos sólidos pueden incluir embalajes, plásticos y otros materiales utilizados en el proceso, mientras que los residuos líquidos pueden consistir en aguas residuales y productos químicos. La gestión inadecuada de estos residuos puede llevar a la contaminación del suelo y del agua, así como a problemas de salud pública. La falta de un sistema eficiente de gestión de residuos agrava este problema, aumentando el riesgo de impactos negativos en el medio ambiente y en la comunidad local.

Pérdida de biodiversidad (Impacto en el ecosistema marino por la descarga de componentes del hielo al mar)

La descarga de componentes del hielo y otras sustancias en el mar desde las instalaciones de Foxter Picohielo S.A. tiene el potencial de causar daños significativos al ecosistema marino. Además, el hielo utilizado por los pescadores en alta mar, que se derrite y es posteriormente vertido al mar, a menudo contiene sangre y partículas de pescado. Estas descargas pueden alterar la composición química del agua, afectando la vida marina y los hábitats costeros. La pérdida de biodiversidad resultante no solo afecta la salud del ecosistema marino, sino que también tiene implicaciones para las comunidades locales que dependen del mar para su sustento, como los pescadores y el turismo.

En la siguiente figura 1 se muestra los problemas que existen dentro de la empresa de una manera más específica

Figura 1. Diagrama de Ishikawa mediante método de estratificación



Nota: Elaborado por autor

Formulación del problema de investigación

¿El análisis de la sostenibilidad ambiental en la producción de bloques de hielo industrial permite identificar y proponer acciones efectivas para reducir las emisiones de CO₂ y la generación de residuos en la producción de bloques de hielo industrial en la empresa Foxter Picohielo S.A.?

Alcance de la investigación

El estudio de evaluación de la sostenibilidad ambiental en la producción de bloques de hielo industrial es de suma importancia debido al impacto ambiental que esta actividad diaria puede tener en el entorno. Este análisis destaca las posibles repercusiones significativas en el medio ambiente, lo que subraya la necesidad de evaluar y mejorar las prácticas de producción para reducir su impacto negativo en el entorno. Calvillo-Arriola & Sotelo-Navarro (2024) menciona que la trascendencia de este estudio radica en su potencial para identificar áreas de mejora en la producción de bloques de hielo, lo cual podría conducir a prácticas más sostenibles. Su originalidad se evidencia en el enfoque específico en la producción de bloques de hielo industrial, un tema que no ha sido ampliamente estudiado en la literatura académica.

Una producción más sostenible puede reducir los impactos ambientales y mejorar el bienestar de la comunidad local, incluyendo la disponibilidad de recursos naturales. La viabilidad de este estudio se sustenta en la disponibilidad de datos y la posibilidad de implementar medidas correctivas mediante el desarrollo de un método de evaluación sostenible. Los beneficiarios de este estudio incluyen a la empresa ya que puede beneficiarse al mejorar su sostenibilidad, reducir costos y mejorar su imagen corporativa (Yan et al., 2024), se vería favorecida por una producción más sostenible, Foxter Picohielo S.A. podría atraer a más clientes preocupados por la sostenibilidad.

Justificación de la investigación

La evaluación de la sostenibilidad ambiental en la producción de bloques de hielo industrial en la empresa Foxter Picohielo S.A. es una tarea esencial para asegurar que las operaciones de la empresa sean ambientalmente responsables y sostenibles. Para lograr esto, se determinó realizar un análisis del ciclo de vida (ACV), una metodología que permite evaluar los impactos ambientales asociados con todas las etapas del proceso de producción, desde la extracción de materias primas hasta la disposición final del producto.

En última instancia, esta investigación es esencial para asegurar la competitividad y viabilidad a largo plazo de la empresa en un mercado que cada vez valora más la sostenibilidad y la responsabilidad ambiental. Al reducir las emisiones de CO₂ y la generación de residuos, la empresa no solo contribuye a la protección del medio ambiente, sino que también puede beneficiarse de ahorros significativos en costos operativos y de energía, así como de una mejor aceptación y fidelidad por parte de sus clientes y la comunidad.

Objetivos

Dado lo mencionado con anterioridad, este estudio tiene como objetivo general evaluar la sostenibilidad ambiental en la producción de bloques de hielo industrial para la empresa Foxter Picohelo S.A., cantón Salinas, Ecuador.

Con el fin de garantizar el cumplimiento del objetivo general, se definieron los siguientes objetivos específicos:

- Realizar el estado del arte mediante la revisión sistemática de la literatura para definir las variables vinculadas al caso de estudio. (Capítulo I)
- Desarrollar un marco metodológico mediante métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos basados en investigaciones previas. (Capítulo II)
- Proponer acciones mediante el análisis ACV para la reducción de emisión de CO₂ y residuos en la producción de bloques de hielo industrial. (Capítulo III)

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes investigativos

Los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) fueron sustituidos por los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en 2015, después de ofrecer valiosas lecciones sobre cómo mejorar globalmente, influenciados por las necesidades en desarrollo y un mundo cambiante. Como lo describe, (Ren, 2021) con la promesa de "no dejar a nadie atrás", las Naciones Unidas instaron a todas las naciones a comprometerse con los 17 ODS según sus propias necesidades. Estos objetivos tienen como finalidad la conservación del medio ambiente y la disminución de las disparidades en el bienestar, con el propósito de proteger nuestro planeta y garantizar el bienestar de las generaciones venideras. Para las empresas, reconocer y apoyar los ODS no solo les beneficia en la formación de sus negocios, sino que también es crucial seleccionar objetivos relevantes y mapear sus prioridades con las estrategias empresariales. Aunque es complicado adoptar todos los objetivos, centrarse en unos pocos que se puedan implementar y medir puede tener un impacto positivo y contribuir a la meta.

Parolin et al., (2024) las empresas manufactureras están cada vez más interesadas en desarrollar productos sostenibles, y la evaluación de tecnologías en las primeras etapas del diseño es crucial para lograrlo. Sin embargo, las herramientas de evaluación de sostenibilidad existentes son difíciles de implementar en estas etapas inciertas y con escasez de datos. Una revisión de la literatura propone recomendaciones para mejorar la evaluación de sostenibilidad en las etapas iniciales, incluyendo la extracción de propuestas de diseño de métodos probados. Integrar la sostenibilidad en los métodos de asistencia técnica puede ayudar a las empresas manufactureras a mejorar sus procesos de innovación y contribuir a un futuro más sostenible.

La importancia de evaluar y comparar la sostenibilidad en diferentes contextos, como en los países de Europa Central y Oriental. La utilización de métodos de evaluación para medir el progreso hacia los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) refleja la necesidad de establecer criterios claros y confiables para

evaluar la sostenibilidad en diversas áreas, incluida la producción industrial. Además, la identificación de países con un nivel más bajo de sostenibilidad, pero un alto potencial para el desarrollo sostenible resalta la importancia de identificar áreas de mejora y oportunidades para implementar prácticas más sostenibles en la producción de bloques de hielo industrial (Huang, 2023).

Por otro lado Abdul Shukor & Ng (2022) en su artículo propone la utilización de indicadores ambientales apropiados para la industria procesadora de aceites comestibles. El empleo del método Delphi resalta la importancia de tener un enfoque sistemático y consensuado para identificar indicadores relevantes de sostenibilidad. La carencia de indicadores estandarizados en esta industria refleja un desafío similar al que podría enfrentarse en la evaluación de la sostenibilidad en la producción de bloques de hielo industrial. Como menciona (Griggs et al., 2014), ambos estudios tienen como objetivo desarrollar un conjunto de indicadores ya que estos facilitan la evaluación efectiva de la sostenibilidad ambiental, lo cual es crucial para mejorar sus prácticas y reducir su impacto en el medio ambiente.

La Evaluación de Sostenibilidad del Ciclo de Vida (LCSA) es cada vez más importante debido a regulaciones más estrictas y a una creciente demanda de productos más respetuosos con el medio ambiente, como lo menciona en su artículo (Pausta et al., 2024). La falta de un método LCSA universal ha llevado a la creación de metodologías propias por parte de empresas, generando una variedad de métodos específicos y soluciones inflexibles. El artículo de Quernheim (2023) propone combinar tres métodos que abordan los aspectos social, ecológico y económico de la sostenibilidad, considerando diferentes niveles de disponibilidad y calidad de los datos. El sistema de asistencia propuesto se basa en métodos existentes para evaluar las tres dimensiones de la sostenibilidad durante todas las fases del ciclo de vida, ofreciendo una variedad de métodos cuantitativos, semicuantitativos y cualitativos para adaptarse a las necesidades del usuario y proporcionar resultados significativos para la toma de decisiones en el desarrollo del producto.

Wurst et al., (2022) en su artículo describe la evaluación de la sostenibilidad en la fabricación aditiva, especialmente en el proceso Laser Powder Bed Fusion (LPBF) destacando la necesidad de considerar los datos del ciclo de vida del producto y utilizar herramientas como el Análisis de Ciclo de Vida (LCA) para

evaluar la sostenibilidad. También menciona la importancia de la metodología de ACV según ISO 14040/44 para seleccionar ciclos de análisis y combinar indicadores de evaluación de impacto. Por otro lado, analiza publicaciones recientes sobre la sostenibilidad en productos fabricados con LPBF. Ambos resaltan la necesidad de mejorar la disponibilidad de datos, adaptar métodos existentes y desarrollar conocimientos específicos para una evaluación más efectiva de la sostenibilidad en la fabricación aditiva.

El estudio de Zira et al., (2023) menciona que, se evaluó la sostenibilidad de los sistemas ganaderos en el suroeste de Europa, considerando aspectos como los impactos ambientales, económicos y sociales, así como la competencia entre piensos y alimentos. Se utilizó la Evaluación de Sostenibilidad del Ciclo de Vida (LCSA) y se compararon diferentes sistemas ganaderos para identificar compensaciones entre los aspectos de la sostenibilidad. El objetivo era encontrar un equilibrio entre los aspectos de la sostenibilidad en los sistemas ganaderos para lograr prácticas más sostenibles. Esto tiene implicaciones para mejorar la sostenibilidad ambiental en la producción de hielo industrial, al permitir una evaluación más completa de los impactos y las compensaciones entre los diferentes aspectos de la sostenibilidad.

Los antecedentes investigativos destacan la transición de los Objetivos de Desarrollo del Milenio a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en 2015, subrayando su importancia para la conservación del medio ambiente y la reducción de disparidades en el bienestar. Las empresas deben alinear sus estrategias con los ODS, enfocándose en objetivos medibles y relevantes. Se enfatiza la necesidad de herramientas y metodologías efectivas para evaluar la sostenibilidad, como el Análisis de Ciclo de Vida (LCA) y la Evaluación de Sostenibilidad del Ciclo de Vida (LCSA), aplicadas en contextos diversos, incluyendo la producción industrial. Además, se resalta la importancia de indicadores ambientales estandarizados y la integración de la sostenibilidad en el diseño de productos para mejorar prácticas y reducir impactos ambientales.

1.2.Estado del arte

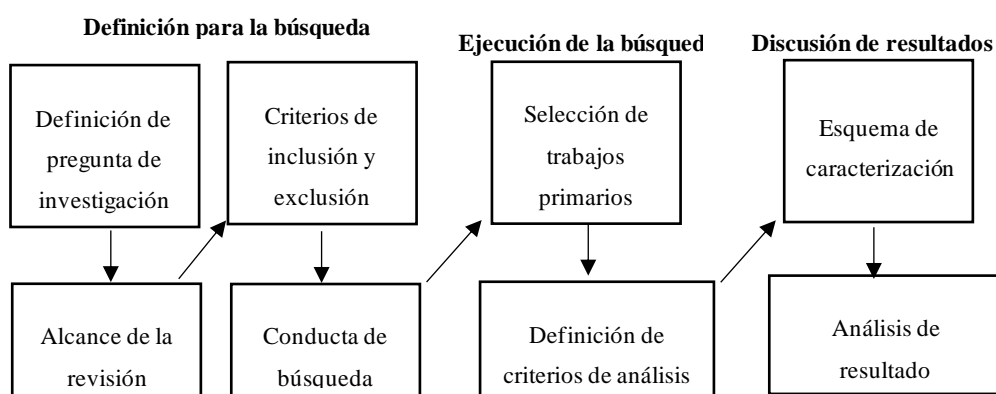
El estado del arte es un tipo de investigación documental que busca recopilar y analizar la evolución de un tema específico en un área del conocimiento (Denis Patricia Vinueza Cabezas, 2022).En el contexto de la investigación sobre la evaluación de la sostenibilidad en la producción de hielo industrial, el estado del arte implicaría revisar y sintetizar las investigaciones, desarrollos tecnológicos, prácticas y normativas más recientes relacionadas con la sostenibilidad en la producción industrial y, específicamente, en la producción de hielo. Esto incluiría aspectos como el uso de energías renovables, la gestión de residuos, la eficiencia energética y cualquier otro aspecto relevante para la sostenibilidad en este campo. El estado del arte proporcionará un marco de referencia para contextualizar la investigación e identificar posibles vacíos o áreas de desarrollo futuro.

1.2.1 Mapeo sistemático de la literatura

La herramienta de trabajo que se utilizará en el proyecto de investigación, en el sistema de conocimiento es el mapeo sistemático en la literatura, que se define como un enfoque metódico y estructurado para recopilar información que permite cuantificar la relevancia de un tema dentro de un campo de investigación. Facilita la identificación, categorización y análisis de la literatura relevante dentro de un dominio determinado, proporcionando una visión global del estado actual del tema (Pino et al., 2024).

El procedimiento metodológico para llevar a cabo un mapeo sistemático involucra varios pasos importantes. En primer lugar, se establece de forma clara la pregunta de investigación y los criterios para incluir o excluir estudios. Después, se lleva a cabo una búsqueda minuciosa y ordenada de la literatura en bases de datos pertinentes. Una vez recopilados los estudios, se realiza una selección inicial basada en los criterios establecidos, seguida de una revisión más exhaustiva de los estudios seleccionados. Durante esta revisión, se extraen los datos pertinentes de cada estudio y se organizan de forma estructurada. Por último, se elabora un informe detallado que resume los descubrimientos del mapeo sistemático y puede incluir recomendaciones para futuras investigaciones como se describe en la figura 2.

Figura 2. Proceso metodológico para mapeo sistemático



Nota: Imagen obtenida por (Carrizo & Moller, 2018.)

Según lo planteado por Carrizo & Moller, (2018.) el mapeo sistemático propuesto tiene las siguientes fases:

Preguntas de investigación

Dado que existen pocos estudios sistemáticos sobre la sostenibilidad en la producción de bloques de hielo industrial y falta claridad sobre los aspectos más investigados, este estudio tiene como objetivo abordar las preguntas de investigación presentadas en la tabla 1, cada una codificada como RQ1, RQ2 y RQ3, basándose en los tres objetivos planteados para la revisión.

Obj1. Analizar las prácticas actuales de producción industrial para identificar aquellas que generan un mayor impacto ambiental en las empresas.

Obj.2 Revisar y comparar los métodos utilizados en otras industrias para evaluar el impacto ambiental de sus procesos de producción.

Obj.3 Identificar las áreas de ineficiencia en el proceso de producción industrial y las acciones específicas para mejorar la eficiencia en la gestión de recursos y residuos en las empresas.

Tabla 1. Preguntas

Pregunta	
RQ1	¿Cuáles son las prácticas actuales en la producción industrial que generan un mayor impacto ambiental y cómo podrían mejorarse para promover la sostenibilidad?
RQ2	¿Qué métodos se han utilizado en otras industrias para evaluar el impacto ambiental en su producción?
RQ3	¿Cuáles son las principales áreas de ineficiencia en el proceso de producción industrial, en la gestión de recursos y residuos, y qué acciones específicas se pueden proponer para mejorar la eficiencia en estas áreas?

Nota: Elaborado por Autor

Con respecto a la primera pregunta, algunas de las prácticas actuales en la producción industrial que generan un mayor impacto ambiental incluyen el uso intensivo de recursos naturales, la generación de residuos y emisiones contaminantes, y la falta de consideración de la sostenibilidad a lo largo del ciclo de vida de los productos. Para mejorar la sostenibilidad en la producción industrial, se sugieren diversas estrategias, como la implementación de tecnologías más limpias y eficientes, la optimización de los procesos para reducir el consumo de recursos y la generación de residuos.

Para la segunda pregunta, los artículos revisados han utilizado diversos métodos para evaluar el impacto ambiental en la producción en diferentes industrias. Algunos de los métodos más comunes incluyen la Evaluación del Ciclo de Vida (ACV), que analiza el impacto ambiental de un producto o servicio a lo largo de su ciclo de vida completo.

En respuesta a la tercera pregunta, los artículos revisados indican que las principales áreas de ineficiencia en un proceso de producción industrial incluyen el consumo excesivo de energía, la gestión inadecuada de los recursos hídricos, la generación de residuos sólidos y líquidos, y las emisiones de gases de efecto invernadero.

Alcance de la revisión

Se realizaron búsquedas de producción científica en las bases de datos de Scopus y ScienceDirect, se llevaron a cabo dos tipos de búsqueda piloto, insertando términos en la base de datos y observando qué tipo de documentos se recuperaban. Los términos utilizados fueron SUSTAINABILITY ASSESSMENT, ENVIRONMENTAL ASSESSMENT y ICE PRODUCTION. La búsqueda final utilizó la cadena de búsqueda mostrada en la Tabla 2 para encontrar la producción científica que se analizará desde el año 2020 hasta 2024.

Tabla 2. Alcance de revisión

BASE DE DATOS	ECUACIÓN
ScienceDirect	"Environmental Sustainability AND Ice Production" OR TITLE "Enviromental Assessment"
Scopus	"Environmental Assessment" OR TITLE " Ice Production"
Total	624

Nota: Elaborado por autor

La cadena se ajustó meticulosamente a los requisitos específicos de cada plataforma de bases de datos. Como resultado de la búsqueda, se identificaron un total de 145 documentos en SCOPUS y 240 documentos en WEB OF SCIENCE.

Criterios de inclusión y exclusión

Se realizaron selecciones específicas para determinar qué incluir y qué excluir en la búsqueda, con el objetivo de mejorar los resultados. Se procuró que las búsquedas fueran lo más similares posible en ambos índices consultados. La Tabla 3 detalla los criterios de refinamiento para cada base de datos.

Tabla 3. Refinamiento de búsqueda

Criterios	ScienceDirect	Scopus
Periodo	Año 2020-2024	
Idioma	Ingles	
Tipo de documento	artículos, libros, capítulos de libros	
Área de conocimiento	Ciencias ambientales, sostenibilidad ambiental	

Nota: Elaborado por autor adaptada a la investigación de (Corona & Montoya, 2018)

Criterios de inclusión/exclusión: Se consideraron los siguientes.

- Se incluye estudios que aborden específicamente la sostenibilidad en la producción.
- Se incluyen investigaciones que presenten casos de estudio o ejemplos prácticos de buenas prácticas en sostenibilidad.
- Se incluye artículos que propongan nuevas metodologías o enfoques innovadores para evaluar la sostenibilidad.
- Se incluyen artículos en idioma inglés
- Se excluyen investigaciones desactualizadas o que no sean relevantes para el contexto actual.
- Se excluyen artículos que no presenten resultados claros o que carezcan de rigor científico en su metodología.

Preanálisis

Durante el preanálisis, se realizó una primera revisión de los documentos, leyendo los títulos y resúmenes para evaluar si eran pertinentes según los criterios establecidos. Se determinaron los documentos que se incluirían y excluirían en el estudio.

Conducta de la búsqueda

Para elegir los estudios primarios, se aplican los siguientes criterios de selección que se muestran en la siguiente tabla 4:

Tabla 4. Filtros de revisión

FILTROS		DESCRIPCION
PRIMER FILTRO	F1	Título: Se examinan los títulos de las publicaciones encontradas en las bases de datos.
		Resumen: Después de seleccionar los títulos, se revisan y leen los resúmenes de los estudios.
SEGUNDO FILTRO	F2	Texto completo: Las publicaciones que superaron la primera fase de selección se leen y analizan en su totalidad.

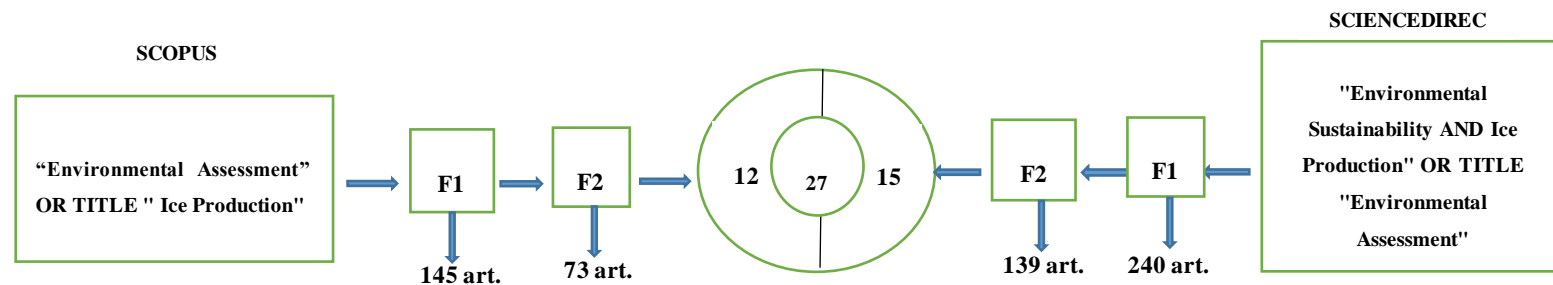
Nota: Elaborado por autor

El proceso de filtrado consta de dos etapas. En el primer filtro (F1), se examinan los títulos de las publicaciones encontradas en las bases de datos. Aquí, se busca identificar los estudios relevantes para la investigación. Posteriormente, se revisan y leen los resúmenes de los estudios seleccionados en la primera fase para determinar su idoneidad para el análisis. En el segundo filtro (F2) se analiza el texto completo de las publicaciones que pasaron la primera fase de selección. Esta etapa busca garantizar que los estudios seleccionados cumplan con los criterios de inclusión establecidos y que proporcionen la información necesaria para el análisis.

Ejecución de la revisión

Tras aplicar los términos de búsqueda y los criterios de selección en las bases de datos, se obtuvieron los resultados que se muestran en la Figura 3. En ella se presentan un total de 27 artículos científicos listos para contribuir a la investigación, los cuales se detallan en la Tabla 5 y 6, clasificados por autor, revista y su relevancia para el estudio.

Figura 3. Gráfico de búsqueda de estudios primarios



Nota: Elaborado por autor adaptado a la investigación de (Carrizo & Moller, 2018)

Al utilizar los criterios de búsqueda en diversas plataformas, junto con los parámetros de selección y exclusión, se obtuvo una muestra que incluye los siguientes resultados: en la base de datos de Scopus se seleccionaron un total de 145 artículos en el primer filtro y 73 en el segundo filtro, de los cuales 12 fueron considerados principales. En la base de datos de ScienceDirect se encontraron 240 artículos en el primer filtro, seleccionando 139 para el segundo filtro y escogiendo 15 como principales. En total, se recolectaron 27 artículos científicos listos para ser utilizados en la investigación.

Definición de criterios de análisis

Se establecieron ciertos criterios para evaluar y comparar los trabajos primarios seleccionados, con el objetivo de obtener una comprensión completa de los estudios en su conjunto. Los puntos examinados para crear un estudio integral y completo son:

- Identificación del artículo
- Referencia bibliográfica
- Publicación académica
- Campo o categoría de investigación (contribución al conocimiento)

En la siguiente tabla 5 se muestran las investigaciones primarias obtenidas durante la revisión de las bases de datos.

Tabla 5. Estudios primarios

Número	Título	Referencia
1	LCA applied to wastewater treatment	Scopus
2	Environmental impact of LCA on industries	Scopus
3	Environmental impacts of carbon capture, transport and storage supply chains: Current status and the way forward	Scopus
4	Technical and environmental assessment of end-of-life scenarios for a product	Scopus
5	Circular life cycle sustainability assessment: An integrated framework	Scopus

6	Cradle-to-grave environmental life cycle assessment of advanced technological products	Scopus
7	Development of an LCA-based tool to assess the environmental sustainability level of cosmetic products	Scopus
8	Life cycle assessment of the production of a product considering different energy sources.	Scopus
9	Environmental impact of packaging in seafood supply chains: A review of life cycle assessment studies.	Scopus
10	A life cycle sustainability assessment of supply chains	Scopus
11	Evaluation of environmental management plan implementation in water supply construction projects: Key performance indicators	Scopus
12	An optimization of a precooling system for batch processes: a case study of the tubular ice production process.	Scopus
13	Green business process management for corporate sustainability: a case study of small and medium-sized manufacturing enterprises (SMEs) in Germany.	ScienceDirect
14	From Life Cycle Assessment to circular design: A comparative study of digital tools for the built environment.	ScienceDirect
15	A sustainable product life cycle: From design and development to the post-use phase.	ScienceDirect
16	Product Life Cycle Assessment: A systematic review.	ScienceDirect
17	Life cycle assessment of additive manufacturing processes: A review.	ScienceDirect

18	The role of planetary boundaries in the assessment of absolute environmental sustainability at different scales	ScienceDirect
19	Research on life cycle assessment of air conditioning systems: A review of methodology, environmental impacts and areas for future improvement	ScienceDirect
20	Life cycle cost assessment of assets under climate change impacts.	ScienceDirect
21	Life cycle assessment of composite materials manufacturing	ScienceDirect
22	Circularity for the sake of circularity itself. Review of the scope of assessment methods for environmental performance in the circular economy.	ScienceDirect
23	The role of planetary boundaries in the assessment of absolute environmental sustainability across different scales	ScienceDirect
24	Life cycle sustainability assessment framework for resource recovery solutions in the water sector: strengths and weaknesses	ScienceDirect
25	A systematic review on the sustainability assessment of internal combustion engines.	ScienceDirect
26	Designing a comprehensive sustainability indicator for the food supply chain under climate change: A systematic review of the literatura	ScienceDirect
27	Circular economy and life cycle thinking applied to the biomass supply chain: A review	ScienceDirect

Nota: Elaborado por autor

A continuación, se describe cada uno de ellos:

ACV aplicado en tratamientos de aguas residuales

El artículo examina el uso del análisis del ciclo de vida (ACV) como una técnica de gestión ambiental en las plantas de tratamiento de aguas residuales. Esta metodología se enfoca en identificar y evaluar los recursos utilizados y los contaminantes generados y emitidos a diferentes vectores ambientales (agua, aire y suelo) durante todo el ciclo de vida de un bien o servicio. El ACV se propone como una herramienta válida para estimar y valorar los impactos ambientales que puedan surgir en las fases de prefactibilidad y factibilidad de estas plantas de tratamiento. Este enfoque permite una evaluación integral y sistemática de los efectos ambientales, ayudando a mejorar la toma de decisiones en la gestión de residuos y el diseño de procesos más sostenibles.

Impacto ambiental del ACV en las industrias

El Análisis del Ciclo de Vida (ACV) se destaca como una herramienta valiosa para minimizar el impacto ambiental de sistemas, procesos, productos y servicios. Este documento analiza, en su primera parte, el enfoque del ACV, incluyendo sus generalidades, normalización, técnicas y bases de datos. En la segunda parte, se aborda la aplicación del ACV en industrias como la generación de energía, manufactura, construcción y agricultura, mostrando mejoras en el desempeño ambiental y energético, así como una reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero, entre otros beneficios.

Impactos ambientales de las cadenas de suministro de captura, transporte y almacenamiento de carbono: Estado actual y camino a seguir

El escrito evalúa el efecto ambiental de las secuencias de adquisición, traslado y retención de carbono (CCTS) en la eliminación de contaminantes industriales. Se enfatiza que las CCTS son esenciales para alcanzar las metas de cero emisiones, aunque en la actualidad su implementación no alcanza la magnitud necesaria. Se sugiere que las cadenas iniciales, basadas en tecnologías existentes, podrían acelerar la adopción de las CCTS para fuentes específicas, como el traslado de CO₂ en envases estándar sin requerir nuevas infraestructuras. Según la evaluación del ciclo de vida, las cadenas iniciales de CCTS pueden almacenar más CO₂ del que emiten, lo que indica

que pueden evitar entre el 50 y el 70% de las emisiones de gases de efecto invernadero de fuentes específicas.

Evaluación técnica y ambiental de los escenarios de fin de vida útil para un producto

El texto examina la gestión de un producto al final de su vida útil, subrayando la importancia de una clasificación eficiente para optimizar el reciclaje, empleando métodos de Evaluación del Ciclo de Vida (LCA) en distintos escenarios. La investigación resalta la necesidad de examinar los efectos de las etiquetas RFID en la gestión del fin de vida útil de los productos, aportando una visión técnica y ambientalmente fundamentada sobre cómo mejorar la eficiencia del reciclaje de plásticos mediante innovaciones tecnológicas.

Evaluación de sostenibilidad del ciclo de vida circular: Un marco integrado

El texto destaca la necesidad de métodos sólidos para evaluar la economía circular (CE) y su impacto en la sostenibilidad. Utiliza un enfoque de Evaluación de la Sostenibilidad del Ciclo de Vida (SLCA) para evaluar la sostenibilidad de los sistemas circulares. Este enfoque incluye métodos de evaluación del ciclo de vida convencionales y adaptaciones específicas para abordar la circularidad. La técnica principal utilizada es la SLCA, que es una extensión de la Evaluación del Ciclo de Vida (LCA) que considera aspectos sociales y económicos además de los ambientales. La herramienta principal es un software de LCA adaptado para la SLCA. Se desarrolló un marco integrado que puede ayudar a los profesionales a tomar decisiones en ecología industrial.

Evaluación ambiental del ciclo de vida de cuna a tumba de productos tecnológicos avanzados

Como lo explica en su estudio Rashid & Pagone, (2023), la evaluación ambiental del ciclo de vida de cuna a tumba de productos tecnológicos avanzados es un proceso integral que examina los impactos ambientales desde la extracción de materias primas hasta su disposición final. Este enfoque permite identificar y cuantificar las emisiones, el consumo de recursos y otros efectos ambientales asociados a cada etapa del ciclo de vida.

Desarrollo de una herramienta basada en LCA para evaluar el nivel de sostenibilidad ambiental de los productos cosméticos

El interés mundial en la producción ecológica y la conservación del entorno está creciendo debido a la expansión global y el consumo excesivo, que agotan los recursos naturales y dañan la naturaleza. La industria de la belleza debe modernizarse para cumplir con estándares sostenibles. Se sugiere la herramienta EFAT, que utiliza el Análisis de Ciclo de Vida (ACV), para evaluar el nivel de sostenibilidad ambiental de los productos cosméticos, abordando deficiencias en la investigación.

Evaluación del ciclo de vida de la producción de un producto considerando diferentes fuentes de energía.

El estudio de Pazmiño et al., (2024) utiliza el análisis del ciclo de vida (ACV) para evaluar los impactos ambientales del proceso de producción de un producto, centrándose en el uso de un subproducto para reducir la dependencia de combustibles fósiles. Comparando motores de combustión interna, la red eléctrica ecuatoriana y un sistema de trigeneración CCHP, los resultados obtenidos mostraron la reducción significativamente las emisiones de CO₂. Además, el sistema de trigeneración CCHP demuestra ser el más eficiente, reduciendo el potencial de calentamiento global en un 45.2 %. El estudio concluye que la adopción de tecnologías energéticamente eficientes puede mejorar considerablemente la sostenibilidad ambiental.

Impacto ambiental del embalaje en las cadenas de suministro de productos del mar: Una revisión de estudios de evaluación del ciclo de vida

El envasado de alimentos, como el de los productos del mar, es necesario, pero también tiene efectos en el medio ambiente. Este estudio revisa estudios de Evaluación del Ciclo de Vida (LCA) para evaluar el impacto ambiental del envasado en las cadenas de suministro de productos del mar. El método utilizado es la revisión de la literatura científica, específicamente estudios de LCA relacionados con el envasado de productos del mar. La técnica principal es el análisis de la literatura científica para identificar y resumir los hallazgos relevantes de los estudios de LCA revisados. La herramienta utilizada es la revisión sistemática de la literatura científica sobre LCA en el envasado de productos del mar.

Una evaluación de sostenibilidad del ciclo de vida de las cadenas de suministro

La investigación de Zira et al., (2021) utiliza un enfoque de Evaluación de la Sostenibilidad del Ciclo de Vida (LCSA) para comparar las cadenas de suministro de un producto en Suecia. El método utilizado incluye el análisis del ciclo de vida para evaluar el desempeño ambiental, social y económico de cadenas de suministro. La técnica principal es la evaluación comparativa de las cadenas de suministro a través de indicadores de sostenibilidad. La herramienta utilizada es un modelo de evaluación de ciclo de vida que considera los aspectos ambientales, sociales y económicos. Los resultados indican que la línea ecológica es más sostenible en la mayoría de los criterios superficiales, aunque menos en algunos criterios específicos debido a mayores gastos e impactos ambientales.

Evaluación de la implementación del plan de gestión ambiental en proyectos de construcción de suministro de agua: Indicadores clave de desempeño

La evaluación de la aplicación de planes ambientales en proyectos de construcción es fundamental para alcanzar metas de sostenibilidad. Esta investigación utiliza un enfoque de evaluación para analizar la implementación de planes de gestión ambiental en proyectos de construcción de sistemas de suministro de agua. El método utilizado incluye el desarrollo de Indicadores Clave de Desempeño (KPIs, por sus siglas en inglés) para evaluar la implementación de los planes ambientales. La técnica principal es la evaluación de desempeño a través de estos indicadores. La herramienta utilizada es un conjunto de KPIs diseñados específicamente para evaluar la implementación de los planes de gestión ambiental en proyectos de construcción de sistemas de suministro de agua. Mediante indicadores de desempeño, las partes interesadas pueden medir de manera objetiva el cumplimiento de estos planes, identificando áreas de éxito y oportunidades de mejora. El análisis reveló tres grupos de indicadores, confirmando su importancia para mejorar la sostenibilidad ambiental en proyectos de suministro de agua.

Una optimización de un sistema de preenfriamiento para procesos por lotes: un estudio de caso del proceso de producción de hielo tubular

En esta investigación utiliza un enfoque de optimización para mejorar un sistema de preenfriamiento en procesos por lotes, específicamente en el proceso de producción de hielo tubular. El método que utilizó fue un análisis de optimización basado en modelos matemáticos del sistema de preenfriamiento. La técnica principal fue la modelización matemática y la optimización del sistema. La herramienta utilizada para este análisis fue un software de simulación y optimización, se crearon modelos matemáticos para predecir el comportamiento térmico de sistemas de preenfriamiento de agua en fabricantes de hielo tubulares. Los resultados sugieren que el sistema ofrece mayor eficiencia con una relación de capacidad calorífica específica del agua óptima de 0,48. Esto puede reducir el consumo de energía entre un 6,7% y un 11,6%, mejorando la productividad.

Gestión de procesos empresariales verdes para la sostenibilidad empresarial: un estudio de caso de pequeñas y medianas empresas (PYMEs) manufactureras de Alemania

Esta investigación utiliza un estudio de caso para determinar cómo las pequeñas y medianas empresas (PYMEs) manufactureras de Alemania implementan la gestión de procesos empresariales (BPM) verde para lograr la sostenibilidad empresarial. El método utilizado es un enfoque cualitativo basado en estudios de caso. La técnica principal es el análisis de casos. La herramienta utilizada implicó entrevistas, análisis documental y análisis de datos cuantitativos. La investigación sugiere un patrón de madurez de BPM ecológico que evalúa la sostenibilidad empresarial considerando seis aspectos de BPM ecológico, proponiendo sugerencias para un cambio más ágil hacia prácticas más sostenibles.

De la Evaluación del Ciclo de Vida al diseño circular: Un estudio comparativo de herramientas digitales para el entorno construido

El estudio utiliza un enfoque comparativo para evaluar herramientas digitales utilizadas en el diseño circular en el entorno construido donde se analiza instrumentos digitales para respaldar la Economía Circular en la construcción, enfocándose en CAD, BIM y extensiones informáticas. El método es un estudio comparativo, la técnica principal es la comparación de diferentes herramientas digitales. Subraya la relevancia del ACV en la evaluación ecológica de construcciones e identifica instrumentos y procedimientos extra para apoyar tácticas de diseño circular. Se enfatiza la urgencia

de mejorar la compatibilidad, incorporación de datos y creación de indicadores de circularidad.

Un ciclo de vida sostenible de un producto: Desde el diseño y desarrollo hasta la fase posterior al uso

El estudio de Martins & Marto, (2023) tiene un enfoque que examina los impactos ambientales, sociales y económicos en todas las etapas del ciclo de vida del producto, con el objetivo de identificar prácticas más sostenibles y proponer estrategias para mejorar la eficiencia y reducir la huella ambiental del producto en cada fase de su vida útil.

Evaluación del ciclo de vida de un producto: Una revisión sistemática

El estudio de Dong et al., (2021) subraya la importancia de evaluar el impacto ecológico de un producto a lo largo de su ciclo de vida completo. Se enfoca en la aplicación de la Evaluación del Ciclo de Vida (LCA) para analizar exhaustivamente el impacto ambiental y así evaluar estos efectos con el objetivo de mejorar el rendimiento ambiental, especialmente durante las fases de uso y al final de su vida útil. El método central es la revisión sistemática de la literatura, utilizando el análisis del ciclo de vida como herramienta.

Evaluación del ciclo de vida de los procesos de fabricación aditiva: Una revisión.

El escrito resalta la importancia de valorar los efectos ecológicos de la producción aditiva (AM) a través de la Evaluación del Ciclo de Vida (LCA). La técnica principal es la revisión donde se analizaron 77 investigaciones de LCA sobre AM, cubriendo aspectos ecológicos, económicos y sociales. La herramienta utilizada es el análisis del ciclo de vida donde se encontraron insuficiencias, como la focalización restringida en la sostenibilidad ambiental y la carencia de análisis de variables del producto en la sostenibilidad de AM. Se plantean futuras líneas de investigación, como la inclusión de nuevos materiales, la evaluación de la sostenibilidad en todos los aspectos y la consideración de fases posteriores a la producción.

El papel de los límites planetarios en la evaluación de la sostenibilidad ambiental absoluta en diferentes escalas

El escrito utiliza un enfoque basado en los límites biofísicos globales en la era Antropoceno y su impacto en la sostenibilidad medioambiental total. La técnica principal es el análisis conceptual y teórico. La herramienta utilizada es la revisión bibliográfica donde se examina cómo se han incorporado estos límites en estudios de sostenibilidad y se sugiere uniformar la asignación de áreas seguras operativas a nivel mundial y local. Se destaca la importancia de relacionar estos límites con el consumo humano y adoptar una visión integral para afrontar los retos ambientales mundiales.

Investigación sobre la evaluación del ciclo de vida de los sistemas de aire acondicionado: una revisión de la metodología, los impactos ambientales y áreas de mejora futura

El escrito resalta el crecimiento en la utilización de sistemas de aire acondicionado (AC) en construcciones a nivel global y la importancia de analizar su comportamiento medioambiental mediante la Evaluación del Ciclo de Vida (LCA). utiliza un enfoque de revisión sistemática donde se examinaron 41 investigaciones sobre el ACV de los sistemas de AC. La técnica principal es el análisis de la literatura científica existente sobre evaluaciones del ciclo de vida en sistemas de aire acondicionado revelando discrepancias en los enfoques y resultados. La herramienta utilizada es la revisión bibliográfica. Se encontró que los sistemas tradicionales generan mayores efectos en el potencial de calentamiento global (GWP), mientras que los sistemas de energía renovable presentan mayores impactos en otros aspectos ambientales. Se sugiere promover la transición hacia sistemas eléctricos ecológicos y evaluar detenidamente la integración de energías renovables en los sistemas de AC.

Evaluación del costo del ciclo de vida de activos bajo impactos del cambio climático.

El estudio de Soleimani-Chamkhorami et al., (2024) resalta las posibles amenazas que el cambio climático plantea a los activos de infraestructura y la importancia de evaluar cómo influirá en los gastos de mantenimiento mediante un enfoque de evaluación de costos del ciclo de vida. La técnica principal es el análisis de los costos a lo largo de toda la vida que propone un método para calcular el efecto del cambio climático en el costo total de los activos a lo largo de su vida útil, utilizando un modelo de riesgo proporcional. Un estudio de caso destacó la validez del proceso, identificando la lluvia, la temperatura y la humedad como factores.

Evaluación del ciclo de vida de la fabricación de materiales compuestos

La investigación analiza las emisiones de CO₂ asociadas con diferentes productos desde su extracción hasta su preparación para uso final. Utiliza el enfoque de Evaluación del Ciclo de Vida (LCA) para evaluar la fabricación de estos materiales compuestos. La técnica principal es el análisis del ciclo de vida del proceso de fabricación, apoyado por EVSM (Energy Value Stream Mapping), una técnica para mapear y visualizar el flujo de energía a lo largo del proceso. Además, se emplean diagramas de Sankey para visualizar datos y buscar oportunidades para reducir la huella de carbono. Este estudio se llevó a cabo en una fábrica en el Reino Unido y se centró en tres tipos específicos de materiales utilizados en la producción de esto.

Circularidad por la circularidad en sí misma. Revisión del alcance de los métodos de evaluación para el rendimiento ambiental en la economía circular

El estudio utiliza un método de revisión de alcance (scoping review) para examinar los métodos de evaluación del desempeño ambiental en la economía circular, también emplea técnicas de análisis de contenido para analizar los métodos identificados. En el estudio se muestra que la Economía Circular está creciendo en relevancia global, atrayendo interés interdisciplinario. Empresas, académicos y gobiernos impulsan su adopción con la aparición de "indicadores de circularidad". Se destaca la necesidad de fundamentar su implementación en evidencia científica para evitar acciones sin sustento.

El papel de los límites planetarios en la evaluación de la sostenibilidad ambiental absoluta a través de diferentes escalas

El artículo utiliza un enfoque teórico y analítico para examinar el papel de los límites planetarios en la evaluación de la sostenibilidad ambiental absoluta en diferentes escalas. Utiliza técnicas de revisión de literatura y análisis conceptual donde realiza un enfoque teórico y analítico centrándose en el marco de los límites planetarios (PB) y su capacidad para guiar políticas y evaluaciones de sostenibilidad ambiental absoluta (AES). Se plantea la necesidad de relacionar los PB con el consumo humano y de abordarlos de manera integral para comprender las conexiones globales. El documento ofrece recomendaciones para el diseño futuro de indicadores y evaluaciones AES basadas en los PB.

Marco de evaluación de la sostenibilidad del ciclo de vida para soluciones de recuperación de recursos en el sector del agua: fortalezas y debilidades

El texto resalta la importancia de examinar la sostenibilidad de las soluciones de recuperación de recursos en el sector hídrico para su evaluación, comparación y mejora. Se analizan tres características críticas de estas soluciones en relación con la Evaluación de Sostenibilidad del Ciclo de Vida (LCSA): su capacidad para beneficiar los procesos naturales, su dependencia de recursos naturales y su objetivo de evitar la transgresión de los umbrales ambientales. Se sugiere que la LCSA puede ajustarse para evaluar estas soluciones si se incluye la reciprocidad hacia la naturaleza, se restringen las compensaciones entre el bienestar económico y el daño ambiental, y se incorporan umbrales ambientales y emisiones pasadas.

Una revisión sistemática sobre la evaluación de la sostenibilidad de motores de combustión interna

El texto analiza el papel histórico de los motores de combustión interna (ICE) en el transporte y su impacto en las emisiones de CO₂. Destaca los retos que enfrentan para cumplir con las regulaciones de CO₂ y la competencia con vehículos eléctricos. Se señala la escasez de estudios sobre la Evaluación del Ciclo de Vida (LCA) de los ICE, lo que dificulta la evaluación de las nuevas tecnologías. Mediante el uso de métodos de revisión sistemática de estudios de LCA de ICE y técnicas de análisis de sostenibilidad se identificó limitaciones y vacíos en estos estudios.

Diseño de un indicador integral de sostenibilidad para la cadena de suministro de alimentos bajo el cambio climático: Una revisión sistemática de la literatura

El estudio utilizó una revisión sistemática de la literatura como método para recopilar información sobre el diseño de indicadores de sostenibilidad para la cadena de suministro de alimentos en el contexto del cambio climático donde destaca la importancia de la sostenibilidad de la cadena de suministro de alimentos (FSC) debido a la escasez de recursos y los desafíos ambientales. Realizo un análisis de contenido para examinar y sintetizar la información encontrada en los estudios revisados, donde se examinaron 96 investigaciones para crear un índice completo, el índice WEFEC, que evalúa la sostenibilidad del FSC considerando agua, energía, clima y ambiente. La

herramienta utilizada fue un software de gestión bibliográfica y análisis de datos para organizar y analizar la información recopilada.

Economía circular y pensamiento del ciclo de vida aplicados a la cadena de suministro de biomasa: Una revisión.

El texto destaca la importancia de la economía circular y el pensamiento del ciclo de vida (LCT) en las estrategias de desarrollo sostenible empresarial, especialmente en la cadena de suministro de biomasa (BSC). Se realizó una revisión utilizando el método PRISMA, examinando casos de estudio que aplican principios de economía circular y herramientas LCT. Los resultados muestran la aplicación de principios de economía circular y estrategias en BSC, así como un enfoque en la evaluación ambiental con cierta consideración económica y social. Se recomienda desarrollar herramientas integrales basadas en el ciclo de vida para mejorar la circularidad y la sostenibilidad de la bioenergía.

En la tabla 6 se presenta una recopilación de referencias bibliográficas organizadas de manera sistemática de las investigaciones obtenidas durante la revisión de las bases de datos.

Tabla 6. Clasificación de estudios primarios

NUMERO	CITA O AUTOR	REVISTA	AREA
1	(Pablo et al., 2020)	Scopus	Evaluación ciclo de vida
2	(Turín Sedano et al., 2021)	Scopus	Sostenibilidad
3	(Burger et al., 2024)	Scopus	Impacto ambiental
4	(Ahamed et al., 2024)	Scopus	Evaluación ciclo de vida
5	(Luthin et al., 2024)	Scopus	Evaluación ciclo de vida
6	(Rashid & Pagone, 2023)	Scopus	Evaluación ciclo de vida
7	(Rocca et al., 2023)	Scopus	Evaluación ciclo de vida
8	(Pazmiño et al., 2024)	Scopus	Evaluación ciclo de vida
9	(Almeida et al., 2022)	Scopus	Impacto ambiental
10	(Zira et al., 2021)	Scopus	Evaluación ciclo de vida
11	(Radzi et al., 2024)	Scopus	Sostenibilidad
12	(Chinsuwan et al., 2023)	Scopus	Sostenibilidad

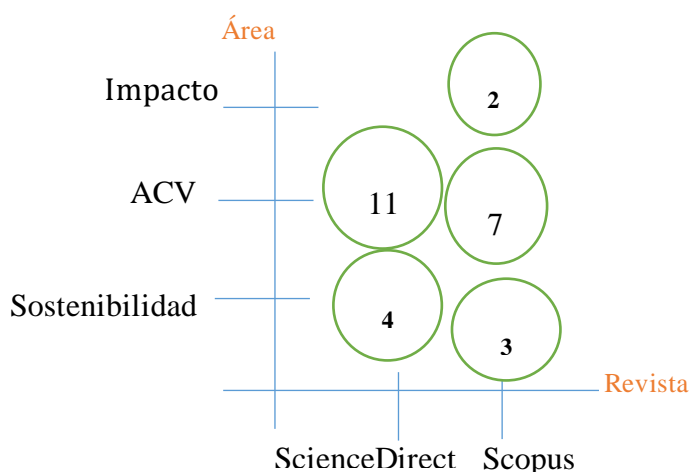
13	(Sohns et al., 2023)	ScienceDirect	Sostenibilidad
14	(Dervishaj & Gudmundsson, 2024)	ScienceDirect	Evaluación ciclo de vida
15	(Martins & Marto, 2023)	ScienceDirect	Evaluación ciclo de vida
16	(Dong et al., 2021)	ScienceDirect	Evaluación ciclo de vida
17	(Kokare et al., 2023)	ScienceDirect	Evaluación ciclo de vida
18	(M. Li et al., 2021a)	ScienceDirect	Sostenibilidad
19	(Litardo et al., 2023)	ScienceDirect	Evaluación ciclo de vida
20	(Soleimani-Chamkhorami et al., 2024)	ScienceDirect	Evaluación ciclo de vida
21	(Mudgal et al., 2021)	ScienceDirect	Evaluación ciclo de vida
22	(Harris et al., 2021)	ScienceDirect	Sostenibilidad
23	(M. Li et al., 2021b)	ScienceDirect	Evaluación ciclo de vida
24	(Bhambhani et al., 2022)	ScienceDirect	Evaluación ciclo de vida
25	(H. Liu et al., 2024)	ScienceDirect	Evaluación ciclo de vida
26	(Mirzaei et al., 2024)	ScienceDirect	Sostenibilidad
27	(Longo et al., 2024)	ScienceDirect	Evaluación ciclo de vida

Nota: Elaborado por autor

El análisis considerando las tres áreas (evaluación del ciclo de vida, sostenibilidad e impacto ambientales) muestra que la mayoría de los estudios primarios se centran en la evaluación del ciclo de vida, con un total de 18 estudios. La sostenibilidad ambiental es el segundo tema más común, con 7 estudios, seguido del impacto ambiental con 2 estudios. Esto indica que, si bien la evaluación del ciclo de vida es el área más investigada, también hay un interés significativo en la sostenibilidad ambiental. Por otro lado, el impacto ambiental parece ser un área menos explorada en comparación con las otras dos.

A continuación, se representa un gráfico de burbujas que ilustra el análisis realizado en el estudio del mapeo sistemático.

Figura 4. Gráfico de burbuja



Nota: Elaborado por autor

En la representación gráfica se puede apreciar que lo más destacado de los artículos de revista y de cada sector elegido, tenemos la siguiente interpretación en la cual observamos que el Análisis del Ciclo de Vida tuvo 18 textos hallados en ambas fuentes de información de las publicaciones, seguido del estudio de la sostenibilidad con una cantidad de 7 textos en las dos publicaciones y 2 en textos que investigan el efecto que generan las empresas.

1.2.2 Discusión de revisión

Por medio del proceso metodológico establecido por Carrizo & Moller, (2018), para realizar el mapeo sistemático de la literatura, se llevó a cabo la realización de varios pasos importantes, donde se definieron preguntas para la investigación relacionados con los objetivos planteados para la revisión, donde se determinó que, las prácticas actuales de producción industrial revela que las principales áreas que generan un mayor impacto ambiental incluyen el uso intensivo de recursos naturales, la generación de residuos y emisiones contaminantes, y la falta de consideración de la sostenibilidad a lo largo del ciclo de vida de los productos. Para abordar estos problemas y mejorar la sostenibilidad, se sugiere implementar tecnologías más limpias y eficientes, así como optimizar los procesos para reducir el consumo de recursos y la generación de residuos. Al revisar y comparar los métodos utilizados en otras industrias, se encontró que la Evaluación del Ciclo de Vida (ACV) es una de las

metodologías más comunes y efectivas para analizar el impacto ambiental de un producto o servicio a lo largo de todo su ciclo de vida. En cuanto a la identificación de áreas de ineficiencia en el proceso de producción industrial, se destacan el consumo excesivo de energía, la gestión inadecuada de los recursos hídricos, la generación de residuos sólidos y líquidos, y las emisiones de gases de efecto invernadero.

Para la realización de la cadena de búsqueda se utilizaron términos con referente a las variables del estudio, donde también se establecieron criterios de inclusión y exclusión, teniendo así un resultado de búsqueda de 625 artículos científicos, tomando en cuenta los filtros de la revisión se recopilaron 27 artículos de las bases de datos Scopus y ScienceDirect, proporcionando una visión amplia de los métodos utilizados para evaluar la sostenibilidad en diversas áreas. La revisión, guiada por preguntas de investigación específicas y criterios de inclusión y exclusión rigurosos, permitió sintetizar información relevante.

En la mayoría de los estudios, se aplicó el Análisis del Ciclo de Vida (ACV) en diversas producciones a lo largo de su ciclo completo para evaluar exclusivamente la sostenibilidad de su proceso productivo y los impactos ambientales y emisiones resultantes. En la mayoría de los casos, se emplean herramientas especializadas de software para la recopilación y análisis.

Estos estudios permitieron identificar enfoques exitosos como el Análisis de Ciclo de Vida (ACV), que se decidió aplicar en la producción de hielo industrial de la empresa Foxter PicoHielo S.A., pudiendo así, establecer el ACV definido por la norma ISO 14044:2006 como una metodología integral para evaluar el impacto ambiental y el uso de un software especializado para el análisis del ciclo de vida, y así optimizar procesos productivos, contribuyendo significativamente a la mejora de la sostenibilidad en la producción de hielo industrial de la empresa.

1.3. Marco teórico

1.3.1 Sostenibilidad ambiental

La sostenibilidad ambiental se refiere a la capacidad de mantener el equilibrio de los sistemas naturales, minimizando el impacto negativo de las actividades humanas en el medio ambiente, asegurando que los recursos naturales sean utilizados de manera

responsable y eficiente para satisfacer las necesidades presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. Implica la adopción de prácticas que promuevan la conservación de la biodiversidad, la protección de los ecosistemas, la reducción de la contaminación y la mitigación del cambio climático, entre otros aspectos.

La sostenibilidad ambiental en la producción se refiere a la implementación de prácticas y procesos que minimizan el impacto negativo en el medio ambiente durante todas las etapas del ciclo de vida del producto, desde la extracción de materias primas hasta su disposición final. Esto implica el uso eficiente de los recursos naturales, la reducción de emisiones y residuos, el empleo de materiales renovables y biodegradables, así como la adopción de tecnologías limpias y procesos de fabricación ecoeficientes, en la figura 5 se muestra el proceso del ciclo de vida de un producto.

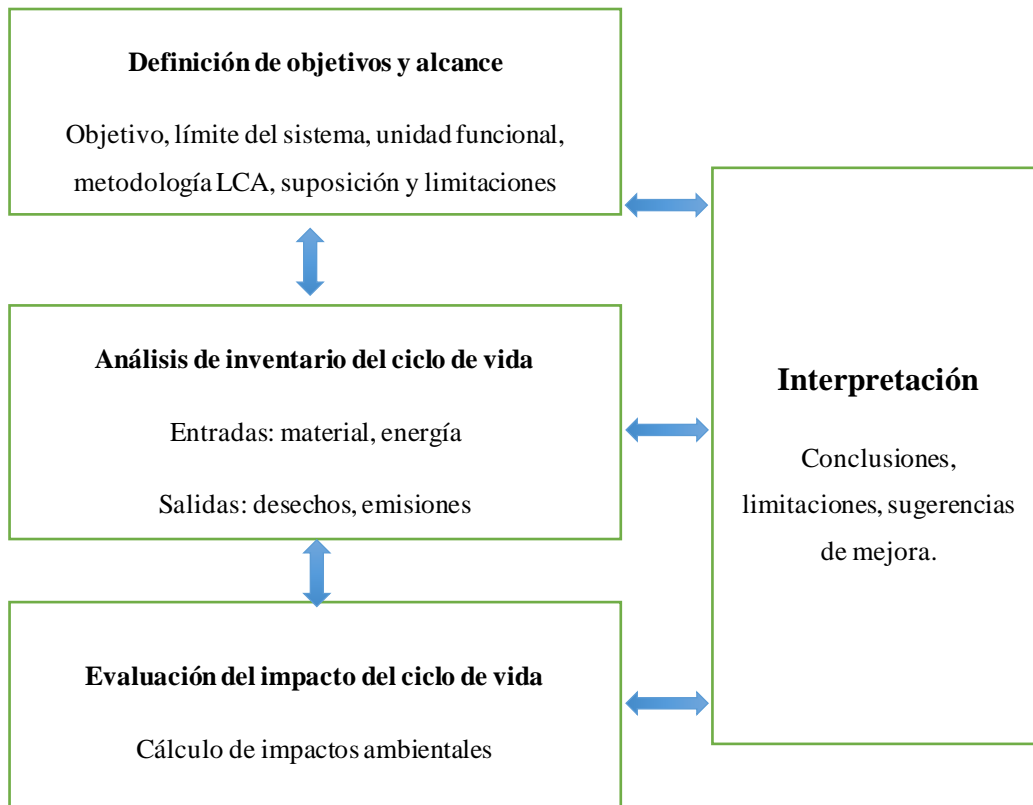
Figura 5. Ciclo de vida de un producto



Nota: Elaborado por autor

En el artículo de Kokare (2023) menciona la evaluación del ciclo de vida (LCA) como una metodología que se usa para calcular las emisiones ambientales que produce un proceso o producto a lo largo de su vida, presenta un marco metodológico del ACV definido por la norma ISO 14044:2006 en el que se realizan los siguientes pasos a continuación, presentados en la figura 6:

Figura 6. Pasos del ACV basados en la norma ISO 14044:2006

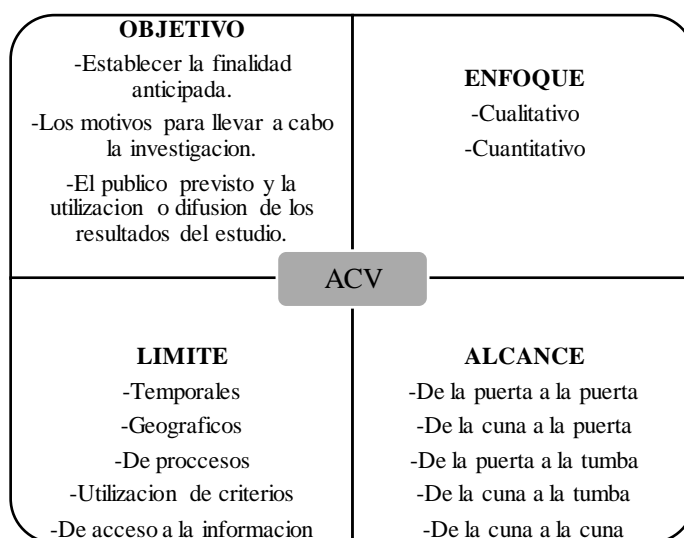


Nota: Imagen obtenida de Kokare (2023)

Diseño de objetivos y alcance

Tal y como se menciona en la norma ISO 14044 (2006), el objetivo y alcance del Análisis del ciclo de vida de cualquier empresa deben mantener la apropiada correspondencia con las operaciones, deben ser congruentes y establecerse de forma clara y precisa. En la siguiente tabla 7 se muestran los puntos importantes para la definición y alcance del ACV.

Tabla 7. Puntos importantes para la definición y alcance del ACV



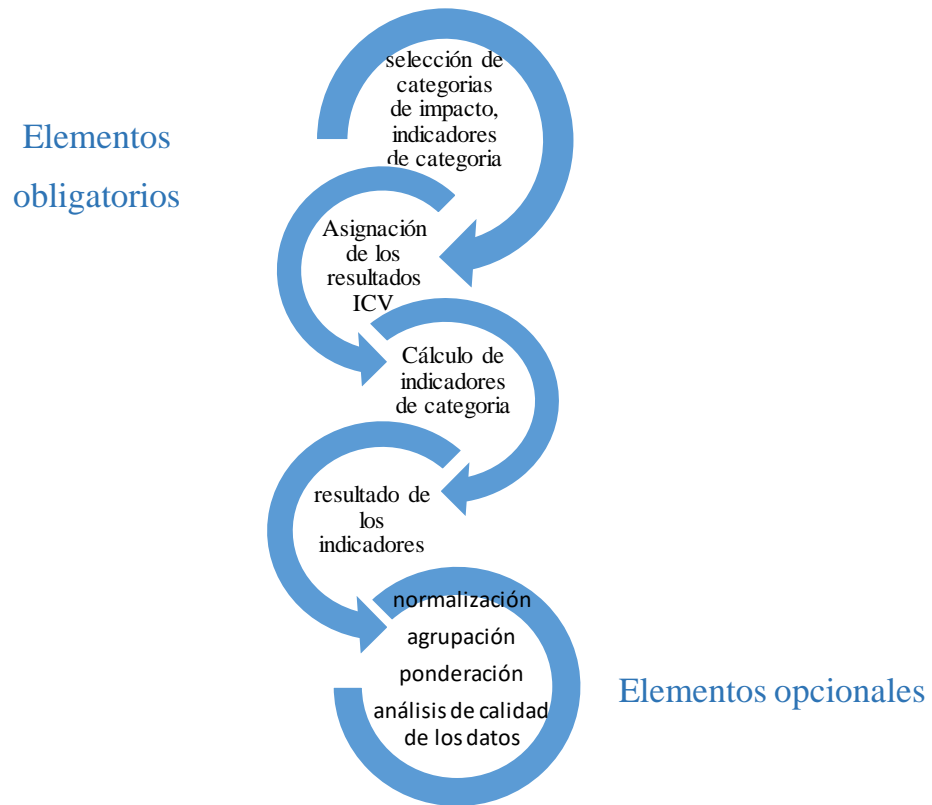
Nota: Elaborado por autor

La descripción de los objetivos y alcances constituye el inicio del análisis del ciclo de vida y necesita englobar tanto la delimitación precisa del sistema a analizar, como la extensión y profundidad del análisis, para establecer cuál es el fin de la investigación y cómo se emplearán los hallazgos y deducciones que se generen. En este se va a determinar aspectos que se van a evaluar como: emisiones de gases de efecto invernadero, consumo de recursos naturales y establecer los límites del sistema (desde la extracción de materias primas hasta el fin de vida del producto).

Recopilación de datos

Durante esta etapa se obtiene la información y los procedimientos de estimación para identificar y evaluar todos los efectos ecológicos adversos relacionados con la unidad operativa. En líneas generales, se refiere a estos efectos medioambientales como "cargas ecológicas" (Las Profesionales Españolas Ante El Reto Del). Se define como la salida o entrada de materia o energía de un sistema que genera un impacto ambiental negativo (Moreno & Pastran). Bajo esta definición, se abarcan tanto recopilar y cuantificar todos los flujos de materiales y energía asociados con el proceso de producción de hielo industrial, incluyendo materias primas, energía utilizada, emisiones atmosféricas, residuos generados.

Figura 8. Elementos obligatorios y opciones del (AICV)



Nota: Elaborado por autor

Elementos considerados obligatorios de AICV

1. Selección de categorías de impacto, indicadores de categoría

2. Clasificación

Durante este periodo se asignan los datos del registro a cada clasificación de repercusión basándose en el tipo de resultado ecológico previsto. Una clasificación de repercusión es una categoría que simboliza los resultados ambientales generales causados por los procesos o sistemas de productos.

3. Caracterización

Se trata de la representación, utilizando los elementos de descripción de los datos del registro para cada una de esas clasificaciones de repercusión.

Elementos considerados opciones en el AICV

1. Normalización

es un proceso que se utiliza para ajustar o estandarizar los datos, lo que permite comparar diferentes conjuntos de datos o variables que están en diferentes escalas o unidades.

2. Agrupación

Categorización y eventual clasificación de los indicadores.

3. Ponderación

Implica determinar unos elementos que asignan una relevancia proporcional a las diversas clasificaciones de repercusión para luego agregarlas y obtener un resultado ponderado en la forma de un solo índice ambiental global del sistema.

4. Análisis de calidad de datos

Facilitará comprender la confiabilidad de los resultados del AICV. Se ve como necesario en evaluaciones comparativas.

Interpretación de resultados

La interpretación es la etapa de un estudio de ciclo de vida en la cual se fusionan los resultados del análisis de inventario con la evaluación de impacto. Las conclusiones y sugerencias resultantes de esta comprensión pueden guiar la toma de decisiones. Este proceso ayuda a identificar en qué etapa del ciclo de vida del producto se originan los principales impactos ambientales y, por ende, qué aspectos del sistema evaluado pueden o deben ser mejorados.

Normativas para el Análisis de ciclo de vida

Se especifican las normas, estándares, enfoques, pautas y mecanismos, que definen el procedimiento en el cual deben llevarse a cabo las actividades para lograr los objetivos planteados.

Para la elaboración del tema de tesis propuesto se emplearán principalmente las Normas ISO vinculadas a la administración ambiental que serán el sustento informativo y recurso esencial fundamental para el desenlace en el planteamiento argumentativo presentadas a continuación:

NTC-ISO 14040. Gestión ambiental, análisis del ciclo de vida. Principios y marco referencial (presenta los principios generales y requerimientos metodológicos de ACV de productos y servicios).

ISO 14041. Guía para determinar los objetivos y alcances de un estudio de ACV para realizar el análisis de inventario.

ISO 14042. Guía para llevar a cabo la fase de evaluación de impacto ambiental de un estudio ACV.

ISO 14043. Guía para la interpretación de los resultados de un estudio ACV.

ISO 14044. Requisitos y directrices para el ACV.

ISO 14048. Entrega de información acerca del formato de los datos que sirven de base para la evaluación ACV.

ISO 14049. Ejemplos de aplicación 14041.

1.3.2 Producción de hielo

La producción de bloques de hielo se considera como uno de los más comercializados debido a una diversidad de aplicaciones y particularidades. Uno de los mayores usuarios de los bloques de hielo es la industria pesquera, ya que lo utilizan para preservar el pescado desde el momento que son capturados hasta que son comercializados; este tipo de hielo también se emplea en la industria alimenticia es la cual se utiliza para mantener los alimentos y bebidas (Arguello-Arguello, 2016)

La producción de hielo a partir del amoníaco es una técnica que involucra la utilización de sistemas de enfriamiento por compresión de vapor que emplean el amoníaco como agente enfriador. Este enfoque es frecuentemente empleado en contextos industriales y comerciales donde se precisa una abundante cantidad de hielo para mantener frescos productos o llevar a cabo procedimientos de enfriamiento.

El proceso de producción del hielo a partir del amoníaco es:

- **Extracción de materias primas:** El método de elaboración de hielo industrial a partir de amoníaco requiere la extracción de componentes básicos como el nitrógeno y el hidrógeno, que son utilizados para producir el amoníaco. La recolección de estos insumos puede conllevar el uso de energía y recursos naturales, así como la emisión de gases de efecto invernadero (GEI).
- **Producción de amoníaco:** La producción de amoníaco constituye una fase fundamental en el procedimiento. Se pueden emplear diversos métodos, tales como el proceso Haber-Bosch, que demanda altas temperaturas y presiones, lo que implica un alto consumo de energía (M. Ángeles Márquez, 2024). Esta etapa también podría generar emisiones de GEI y otros contaminantes.
- **Proceso de enfriamiento:** Durante la producción de hielo, el amoníaco actúa como agente refrigerante en sistemas de refrigeración por compresión de vapor. Este procedimiento incluye la compresión, condensación, expansión y

evaporación del amoníaco, requiriendo energía para mantener en funcionamiento el ciclo.

- **Formación de hielo:** Una vez que el amoníaco ha sido empleado para enfriar el agua y producir hielo, se pueden crear los productos finales. La elaboración de hielo puede implicar el uso de moldes, energía para mantener las condiciones de congelación y manipulación del producto congelado.
- **Distribución y utilización:** Tras la elaboración, el hielo industrial es distribuido a los consumidores finales, quienes lo emplean para diversos propósitos, como la conservación de alimentos o bebidas. El transporte y almacenamiento del hielo también pueden generar impactos ambientales, tales como emisiones de GEI vinculadas al transporte.
- **Fin de ciclo de vida y desecho final:** Una vez que el hielo ha cumplido su función, puede fundirse y retornar a su estado líquido. Según su manejo, el agua resultante podría ser reciclada, tratada o vertida al medio ambiente.

CAPÍTULO II

MARCO METODOLÓGICO

Basándose en los datos recopilados en el Capítulo 1, se analizó el enfoque de investigación, los instrumentos de recolección de datos y el procedimiento metodológico utilizado por diversos autores en los artículos científicos revisados. Esta revisión permitió establecer el marco metodológico empleado en la elaboración de propuestas a reducir el impacto ambiental en la empresa Foxter Picohielo S.A mediante el análisis ACV en el proceso de producción del hielo industrial.

2.1. Enfoque de investigación

El enfoque de investigación se refiere a la manera específica en que se aborda y se lleva a cabo un estudio o investigación. Define la perspectiva desde la cual se analiza el problema de investigación, así como los métodos y técnicas que se utilizarán para recopilar y analizar datos (Uddin et al., 2024). El enfoque de investigación puede ser cualitativo, cuantitativo o mixto, dependiendo de la naturaleza del estudio y de los objetivos de investigación.

La evaluación de la sostenibilidad ambiental en la producción de hielo industrial es multidisciplinario y aplicado. Se basa en la recopilación y análisis de información relevante de diversas fuentes, como literatura científica, normativas y regulaciones, así como en la identificación de prácticas sostenibles y tecnologías aplicables en el contexto de la producción de hielo industrial. Este enfoque busca abordar de manera integral los aspectos ambientales relacionados con la sostenibilidad en esta industria.

Bajo este contexto el enfoque relacionado al tema de investigación es un enfoque cuantitativo que según Hernández-Sampieri et al., (2014) es un proceso secuencial y probatorio, donde cada etapa es crucial y precede a la siguiente sin omitir pasos, en este se analizan las mediciones con métodos estadísticos y se extraen conclusiones.

La investigación presenta un alcance descriptivo al ofrecer una descripción exhaustiva de las variables y correlacional al analizar la relación entre la variable dependiente e independiente, específicamente investigando la relación entre la evaluación de la sostenibilidad y la producción de hielo industrial.

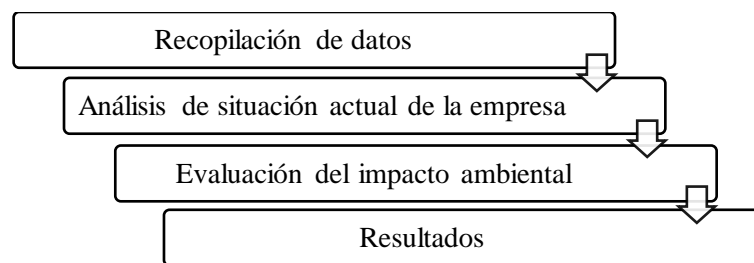
2.2. Diseño de investigación

La investigación se consideró de carácter no experimental, según lo mencionado por Hernández-Sampieri et al., (2014) el diseño de investigación no experimental implica que el investigador no altera las variables o condiciones del estudio, sino que observa y recopila datos en su entorno natural. En este enfoque, se busca comprender los fenómenos tal como se presentan en la realidad, sin intervenir de manera directa en ellos.

2.3. Procedimiento Metodológico

El procedimiento metodológico para la investigación sobre la evaluación de la sostenibilidad ambiental en la producción de hielo industrial se llevó a cabo mediante el estudio realizado por Ramírez-Orozco & Carvajal-Flórez, (2023), el cual tiene los siguientes pasos presentados en la figura 9:

Figura 9. Procedimiento metodológico



Nota: Elaborado por autor, adaptado a la investigación de Ramírez-Orozco & Carvajal-Flórez, (2023).

- **Recopilación de datos:** se realizó una visita a la empresa para la recopilación de datos que se obtuvieron mediante la elaboración de encuestas, entrevistas y tomas de mediciones con el analizador de gases.
- **Análisis de situación actual de la empresa:** durante esta etapa se llevó a cabo un diagnóstico de la empresa basado en los datos recolectados.
- **Evaluación de impacto ambiental:** en esta etapa se realizó el análisis ACV en el proceso de producción del hielo industrial en el software OpenLCA, utilizando los datos recolectados.
- **Resultados:** presentación de resultados y elaboración de presupuesto para la implementación de las mejoras.

2.4.Censo

Un censo es una operación integral que proporciona una instantánea detallada y precisa de la población y sus condiciones de vida en un momento determinado, facilitando el desarrollo de políticas y programas basados en datos exactos y actualizados (Marcano-Aular & Guzmán-Reyes, 2010).

La tabla 8 proporciona un desglose del personal por área dentro de una organización. Cada área se subdivide en roles específicos, y se indica el número de empleados correspondientes a cada rol.

Tabla 8. Censo

Área		Personal
Administrativo	Gerente administrativo	2
Producción	Operario	4
	Estibador	2
	Despachador	2
Mantenimiento	Técnico mecánico	1
	Técnico eléctrico	1
	Total	12

Nota: Elaborado por autor

2.5.Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de los datos

El enfoque de esta investigación es deductivo, partiendo de teorías y principios generales para llegar a conclusiones específicas sobre la sostenibilidad en la producción de hielo industrial. Para llevar a cabo la evaluación de sostenibilidad mediante el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) en el proceso de producción de hielo industrial en la empresa, se utilizarán métodos mixtos. Estos incluirán entrevistas o encuestas estructuradas y semiestructuradas con personal clave de la empresa, cuestionarios para recopilar datos específicos sobre el proceso, observación directa en la planta de producción, mediciones directas de parámetros ambientales y el uso de software especializado en ACV. Esta combinación de métodos y técnicas de recolección de datos permitirá obtener una visión integral de los aspectos ambientales del proceso de producción de hielo industrial, facilitando así una evaluación de sostenibilidad exhaustiva y significativa con un enfoque de investigación no experimental.

Las categorías de impacto consideradas para llevar a cabo este Análisis del Ciclo de Vida (ACV) son las que cuentan con un mayor consenso a nivel internacional. Las categorías incluidas son las que se detallan en la tabla 9. Estas abarcan la medición de dos indicadores de flujo: el consumo de energía y de agua y emisiones gas efecto invernadero.

Tabla 9. Categorías de impacto ambiental, indicadores de flujo y unidades de medida.

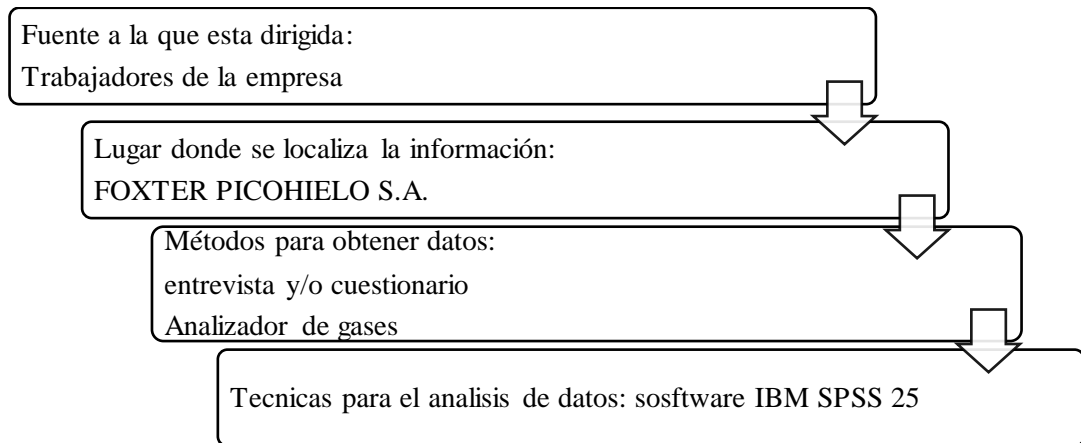
Categorías de impacto	Indicador	Unidad de medida
Consumo de recursos naturales	Agua, energía eléctrica, materiales	m ³ , kWh, kg, toneladas
Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)	Emisiones de CO ₂	kg de CO ₂ equivalente (CO ₂ e)
Contaminación del agua	Descargas de agua salmuera, productos químicos utilizados en el tratamiento del agua	m ³ , kg, g
Consumo de energía	Energía eléctrica consumida por equipos de refrigeración y proceso	KWh
Generación de residuos	Residuos sólidos y residuos líquidos	kg, litros
Pérdida de biodiversidad	Impacto en el ecosistema marino por la descarga de componentes del hielo al mar.	Área afectada

Nota: Elaborado por autor según la norma ISO 14044:2006

2.5.1. Métodos de recolección de los datos

Se dispone de un método específico para la recopilación de datos que guía en la selección de las técnicas e instrumentos necesarios para alcanzar el objetivo de obtener la información adecuada (Hernández-Sampieri et al., 2014). Este método ayuda a planificar cómo recopilar datos en la empresa de estudio de manera efectiva, asegurando que se obtenga la información relevante para las hipótesis planteadas en el proyecto de investigación la cual se describe en la figura 10.

Figura 10. Proceso de recolección de datos



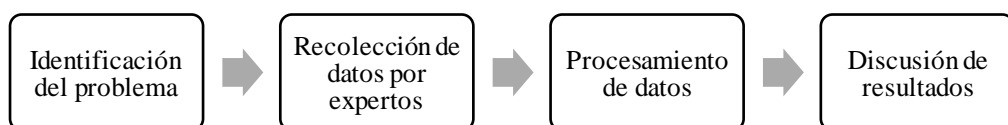
Nota: Elaborado por autor según (Hernández-Sampieri et al., 2014)

2.5.2. Técnicas de recolección de los datos

Cisneros-Caicedo et al., (2022) menciona que, en investigaciones, técnicas como la observación, entrevistas en profundidad, grupos focales y revisión documental profundizan el análisis. Destacan especialmente las técnicas Delphi, del Grupo Nominal y las Encuestas, ya que utilizan cuestionarios para la recolección de datos, y son comúnmente empleadas en entornos virtuales.

Las técnicas que se utilizaron para recolectar datos en esta investigación es la entrevista o encuesta a los directores y operadores de la planta de Foxter Picohielo S.A. Esta técnica fue validada por los expertos en gestión ambiental a través del método Ábaco de Régnier, ya que proporciona los datos necesarios para analizar el proceso de producción, consumo de recursos, contaminación, generación de residuos. Esto permite establecer que no afecta a las variables de estudio, siendo parte del proceso de recolección de datos previamente establecido.

Figura 11. Método Ábaco de Régnier



Nota: Elaborado por Martelo et al., (2017) adaptado a la investigación.

1. Identificación del problema.

La etapa inicial de la validación del instrumento Ábaco de Régnier requiere un planteamiento preciso del problema. Esto incluye definir claramente el objetivo del instrumento a ser validado, así como elaborar los estándares de evaluación y la escala de medida correspondiente.

2. Recolección de datos por expertos

En la segunda etapa, se obtuvieron las perspectivas de especialistas basadas en los instrumentos a validar. Estos especialistas fueron seleccionados meticulosamente según su experiencia y conocimientos pertinentes. La información obtenida proporcionó valiosos comentarios sobre la eficacia de los instrumentos, como se observa en los anexos 6 y 7.

3. Procesamiento de datos.

Una vez recolectadas las opiniones de los expertos, comienza la etapa de procesamiento de los datos. En este proceso la información recolectada se analizó minuciosamente con el propósito de evaluar la consistencia y coherencia de las respuestas de los expertos, identificar desacuerdos y realizar los ajustes necesarios sugeridos por los expertos y así mejorar la eficacia de los instrumentos. Para la tabulación de los resultados obtenidos se empleó el programa Microsoft Excel.

4. Discusión de los resultados.

La última etapa consiste en una discusión detallada de los resultados obtenidos durante la recopilación de perspectivas de especialistas y el procesamiento de los datos. Se analizaron los resultados de la validación y se tomó una decisión basada en la eficacia de los instrumentos.

2.5.3. Instrumentos de recolección de los datos

Los instrumentos de recolección de datos en la investigación científica se utilizan de manera variada según el tipo de investigación, sus objetivos y la técnica seleccionada (Cisneros-Caicedo et al., 2022). Para una investigación sobre la evaluación de la sostenibilidad ambiental en la producción de bloques de hielo industrial, se considera utilizar un cuestionario como método de recopilación de datos en una investigación, el componente esencial para recoger la información es el

cuestionario estandarizado, este cuestionario está compuesto por un conjunto de preguntas que siguen un formato estándar predefinido, así como también las entrevistas a los jefes de área para recolección de datos.

- **Cuestionario:** De acuerdo con los propósitos, esta se realizará a los trabajadores de la empresa, por medio de 8 preguntas cerradas, para recopilar datos sobre manejo de residuos, prácticas sostenibles para la contaminación del agua marina y los impactos que causa para la empresa Foxter Picohielo. Ver anexo 3.
- **Entrevista:** Esta fue dirigida a los jefes del área administrativa para conocer información detallada sobre consumo de recursos, emisiones GEI, residuos generados en la producción de hielo industrial, por medio de la realización de 8 preguntas abiertas. Ver anexo 2
- **Revisión de registros y documentos internos:** Examinar informes de consumo de recursos (agua, energía), registros de producción de bloques de hielo, registros de mantenimiento de equipos, informes de monitoreo ambiental, entre otros documentos, puede proporcionar datos cuantitativos y cualitativos importantes.
- **Analizador de gases:** Es un equipo empleado para cuantificar y examinar la cantidad de varios gases en una muestra de aire. Este se utilizó para medir el CO₂ del compresor ya que es el único equipo que trabaja con aceite.

2.6. Variables de estudio

- Variable independiente: sostenibilidad ambiental
- Variable dependiente: producción de hielo industrial

Adaptación de las variables para su medición y análisis.

La operacionalización de variables se refiere al proceso práctico y pedagógico de transformar conceptos abstractos o teóricos en medidas concretas y observables, este proceso es fundamental en la investigación social, ya que permite a los investigadores novatos realizar mediciones precisas y rigurosas de los constructos teóricos que están estudiando (Reguant-Alvarez & Martínez-Olmo).

En la tabla 10 se presenta cada una de las variables con sus respectivos indicadores, preguntas para la recolección de datos y sus respectivos instrumentos para la recolección de datos.

Tabla 10. Adaptación de variables para su medición y análisis

Variable independiente	Indicadores	Preguntas	Instrumento
Sostenibilidad ambiental	Uso de recursos naturales (agua, energía eléctrica, materiales), Emisiones de CO ₂ , Descargas de agua salmuera, Productos químicos utilizados en el tratamiento del agua e impactos ambientales.	<ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Se realizan acciones específicas para reducir la contaminación del agua marina debido a las descargas de agua salmuera u otros contaminantes? 2. ¿Se utilizan productos químicos más dañinos y se omiten medidas para reducir la contaminación del agua durante el proceso de producción de hielo industrial? 3. ¿Se omite el adecuado tratamiento de los residuos líquidos antes de su descarga al medio ambiente, contribuyendo a la contaminación del agua marina? 4. ¿Creen que las descargas de componentes del hielo al mar no tienen ningún impacto negativo en el ecosistema marino? 	Entrevista y/o encuesta
Variable dependiente	Indicadores	Preguntas	Instrumento
Producción de hielo industrial	Energía eléctrica consumida por equipos de refrigeración y proceso, Residuos sólidos	<ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Separan y clasifican adecuadamente los residuos generados durante el proceso de producción de hielo industrial? 2. ¿Se promueve entre el personal la importancia de adoptar prácticas sostenibles para reducir la contaminación del agua marina en el proceso de producción? 3. ¿Están capacitados para identificar y reportar posibles situaciones de contaminación del agua marina en el área de producción de hielo industrial? 4. ¿Consideran que Foxter Picohielo debería implementar más medidas para mitigar la contaminación del agua marina en su proceso de producción de hielo industrial? 	Entrevista y/o encuesta

Nota: elaborado por autor

2.7. Plan de análisis e interpretación de datos

Para la recolección de datos en el tema de evaluación de la sostenibilidad ambiental en la producción de bloques de hielo industrial, el procedimiento a incluir son los siguientes pasos presentados en la tabla 11:

Tabla 11. Plan de análisis e interpretación de datos

N.	Objetivos	Acciones	Herramientas	Resultados
1	Realizar el estado del arte mediante la revisión sistemática de la literatura para definir las variables vinculadas al caso de estudio.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Revisión sistemática de la literatura. 2. Análisis detallado de investigaciones previas 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Revisión de la literatura por medio de mapeo sistemático. 2. Base de datos de investigaciones. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificación precisa de variables relevantes. 2. Contextualización actualizada del caso de estudio.
2	Desarrollar métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos basados en investigaciones previas.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diseño de métodos de recolección de datos adaptados a la empresa. 2. Investigación de tecnologías y técnicas de recolección de datos innovadoras. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Entrevistas, encuestas estructuradas. 2. Abaco de Regnier 3. Visitas a instalaciones de producción. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Establecimiento de un marco metodológico sólido. 2. Recolección de datos precisa y relevante.
3	Proponer acciones mediante el análisis AVC para la mejora de la gestión de recursos y residuos en el proceso de producción	<ol style="list-style-type: none"> 1. Evaluación del Ciclo de Vida (ACV) del proceso de producción. 2. Identificación de áreas de mejora a partir de los resultados del ACV. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Software especializado en evaluación del ACV. 2. Encuestas y entrevista para recolección de datos 3. Medición de CO₂ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Planificación de acciones específicas de mejora. 2. Reducción del impacto ambiental del proceso de producción.

Nota: Elaborado por autor

CAPÍTULO III

MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Marco de resultados

En este capítulo se muestran los resultados obtenidos de los datos, donde se comprobó la validez y fiabilidad de los instrumentos como las entrevistas y encuestas por medio del método Ábaco de Regnier y mediante el software IBM SPSS 25 el Alfa de Cronbach. Al analizar los datos se pudo comprobar la hipótesis a través del coeficiente de correlación Pearson, el cual mostró como resultado la hipótesis alternativa presentándola como “La evaluación de sostenibilidad ambiental influye en la mejora de eficiencia energética y la reducción de residuos en la producción de hielo industrial para la empresa Foxter Picohielo S.A., cantón Salinas-Ecuador”.

La visita a la empresa Foxter Picohielo S.A permitió recolectar datos como el proceso de producción del hielo industrial, sus equipos y áreas de trabajo, por medio de las encuestas y entrevistas al personal administrativo y operarios se recolectó los datos sobre el consumo de recursos, emisiones GEI y el manejo de los residuos generados durante el proceso de producción del hielo. Al realizar el estado del arte en el Capítulo I se pudo identificar las metodologías aplicadas en la problemática del estudio, la cual fue planteada en el Capítulo II estableciendo el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) en el proceso de producción del hielo, de modo que se presentan los resultados para cumplir con el objetivo tres del trabajo de investigación presentado.

3.2. Recolección de datos

3.2.1 Validez de instrumento de recolección de datos

La comprobación del instrumento de recolección de datos se llevó a cabo mediante el método Ábaco de Regnier. Seguidamente, se explica la técnica de evaluación del instrumento.

1. Identificación del problema.

En este punto, se llevó a cabo la recolección de datos mediante la elaboración de preguntas basadas en la problemática del caso de estudio. Estas preguntas se formularon considerando las variables independiente y dependiente.

2. Recolección de datos por expertos

Cumpliendo con los requisitos establecidos por el método Ábaco de Régnier, se seleccionó un grupo de expertos que colaboraron con la estudiante. Estos expertos compartieron sus opiniones sobre las preguntas detalladas en los documentos para la recolección de datos. En la siguiente tabla 12 se muestra los datos de los expertos.

Tabla 12. Información de especialistas

Nombre	Formación académica	Experiencia en años
Jonny Villao Borbor	Ingeniero civil	40
Nadia Quevedo Pinos	Ingeniera agrónoma	20
Javier Soto Valenzuela	Biólogo	20
Daxania Rodríguez Moreno	Bióloga	29

Nota: Elaborado por autor

El grupo de expertos para la validación de encuestas está compuesto por profesionales altamente cualificados en diversas disciplinas. Este grupo incluye Ingenieros Civiles, Ambientales y Biólogos. Su amplia experiencia y conocimientos especializados aseguran que las encuestas sean precisas, relevantes y científicamente válidas, aportando una perspectiva integral y multidisciplinaria al proceso de validación.

3. Procesamiento de datos.

En este paso se realizó un análisis detallado de las respuestas a las preguntas evaluadas, de las cuales se procedió a ser corregidas las preguntas con baja puntuación según las recomendaciones por los expertos lo que nos brindaría una mejor validez y calidad de los instrumentos, una vez realizadas las correcciones necesarias se finalizó con la versión definitiva del instrumento.

La tabla 13 muestra las fases de evaluación realizadas por expertos para validar las encuestas. Los expertos están numerados del 1 al 4, y las fases de evaluación se dividen en Fase 1 y Fase 2, la participación de cada experto en estas fases de evaluación fue esencial para revisar, corregir y mejorar las preguntas de las encuestas.

Tabla 13. Fases de evaluación por expertos de encuesta

Expertos	Fase 1	Fase 2
1		X
2		X
2	X	
4		X
Total	1	3

Nota: Elaborado por autor

La tabla 14 muestra las fases de evaluación realizadas por expertos para validar las entrevistas, el total de participaciones por fases es de 2 expertos en la Fase 1 y 2 expertos en la Fase 2. Esta información es crucial para entender la cantidad de expertos involucrados en cada etapa del proceso de evaluación de las entrevistas, asegurando la calidad y validez del instrumento final.

Tabla 14. Fases de evaluación por expertos de entrevista

Expertos	Fase 1	Fase 2
1		X
2	X	
3	X	
4		X
Total	2	2

Nota: Elaborado por autor

La tabla 15 muestra un análisis de frecuencia de un cuestionario, dividido en dos fases. La Fase 1 tiene una frecuencia de 1 (25% de las respuestas), mientras que la Fase 2 tiene una frecuencia de 3 (75% de las respuestas). La frecuencia acumulada muestra un total de 4 respuestas. La interpretación indica que la Fase 2 es la más relevante según el cuestionario aplicado, ya que concentra la mayoría de las respuestas, sugiriendo áreas de mayor interés o preocupación en la evaluación realizada.

Tabla 15. Análisis de frecuencia de Cuestionario

ANÁLISIS DE FRECUENCIA DE LA ENCUESTA				
Fases	Frecuencia	F. acumulada	F. relativa	Porcentaje
1	1	1	0.25	25%
2	3	4	0.75	75%
Total	4		1	100%

Nota: Elaborado por autor

La tabla 16 muestra que en la primera fase se obtuvo una frecuencia de 2 respuestas, lo cual representa el 50% del total acumulado. En la segunda fase, también se registraron 2 respuestas, acumulando el 50% restante. De este modo, el total de respuestas para ambas fases suman 4, lo que constituye el 100% de las entrevistas realizadas. Este análisis destaca una distribución equitativa de las respuestas en ambas fases del estudio, lo que sugiere una consistencia en la participación de los entrevistados durante todo el proceso.

Tabla 16. Análisis de frecuencia de Entrevista

ANÁLISIS DE FRECUENCIA DE LA ENTREVISTA				
Fases	Frecuencia	F. acumulada	F. relativa	Porcentaje
1	2	2	0.5	50%
2	2	4	0.50	50%
Total	4		1	100%

Nota: Elaborado por autor

4. Discusión de los resultados.

Al comparar los resultados de las encuestas y las entrevistas, se puede observar que ambos instrumentos alcanzaron una participación completa del 100%, pero mostraron diferentes patrones de validación en las dos fases. Las encuestas mostraron una mayor frecuencia de aceptación en la segunda fase, lo que sugiere una mejora progresiva del cuestionario. En cambio, las entrevistas presentaron una mayor frecuencia de aceptación en la primera fase, indicando una validación más inmediata del instrumento.

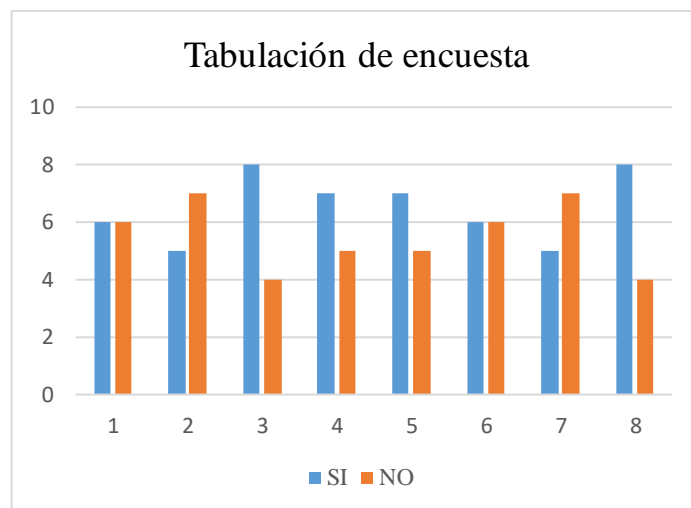
Estos resultados indican que ambos instrumentos fueron finalmente aceptados por los expertos, aunque el proceso de validación difirió ligeramente entre ellos. Las encuestas pueden haber requerido más refinamiento y ajustes, mientras que las entrevistas fueron consideradas adecuadas desde el inicio. Este análisis sugiere la importancia de un proceso de validación iterativo y adaptativo, que permita ajustes y mejoras continuas para asegurar la aceptación y efectividad de los instrumentos de evaluación.

3.2.2 Resultados de encuestas

A través de las encuestas realizadas a los 12 operarios mencionados en el marco metodológico, según el censo llevado a cabo en la empresa Foxter Picohielo S.A., se recopiló información que fue analizada utilizando el software IBM SPSS 25, que son presentadas a continuación:

Figura 12. Encuestas a operarios

Preguntas	SI	NO
1	6	6
2	5	7
3	8	4
4	7	5
5	7	5
6	6	6
7	5	7
8	8	4



Nota: Elaborado por autor

En la pregunta uno el resultado refleja una división equitativa en la percepción sobre las prácticas de manejo de residuos, lo que sugiere la necesidad de revisar y posiblemente mejorar estas prácticas en la producción de hielo industrial.

En la pregunta dos una mayoría significativa percibe que no se están tomando medidas adecuadas para mitigar la contaminación marina en el contexto de las descargas de agua salmuera y otros contaminantes, indicando una posible área crítica para la mejora en las prácticas ambientales de la industria.

En la pregunta tres los resultados sugieren una preocupación significativa entre los encuestados sobre las prácticas actuales de manejo de productos químicos y control de la contaminación del agua en la producción de hielo industrial, indicando una necesidad urgente de revisar y mejorar estas prácticas para reducir el impacto ambiental.

Para la pregunta cuatro los resultados indican una preocupación mayoritaria respecto a la gestión inadecuada de los residuos líquidos y su impacto ambiental.

En la pregunta cinco los resultados sugieren que, aunque una mayoría significativa se siente preparada para manejar situaciones de contaminación, una proporción considerable aún percibe una falta de capacitación adecuada en este aspecto crítico de la producción industrial.

Para la pregunta seis se mostró un equilibrio lo cual sugiere una división en las percepciones del personal sobre los esfuerzos de la empresa para fomentar prácticas sostenibles.

En la pregunta siete la mayoría reconoce un impacto negativo, lo que indica una preocupación predominante por los efectos ambientales de las prácticas de producción de hielo.

Por último, la pregunta ocho la mayoría está a favor de aumentar las iniciativas para proteger el ecosistema marino, lo que indica una conciencia y preocupación significativa por el impacto ambiental de las actividades de la empresa.

3.2.3 Análisis de encuestas en Alfa de Cronbach

La fiabilidad de un instrumento de medida es fundamental para asegurar la validez de los datos recolectados. Para evaluar esta fiabilidad, se utilizan diferentes métodos y coeficientes que indican el grado de consistencia interna y precisión del instrumento (L. Li, 2016).

El coeficiente alfa de Cronbach es un indicador ampliamente utilizado para medir la consistencia interna de un instrumento, pero su correcta interpretación es esencial, un valor alto del coeficiente sugiere una mayor consistencia entre los ítems del cuestionario, aunque no garantiza que el instrumento mida exactamente lo que se pretende evaluar (Ortiz-Ramírez & Vergel-Ortega, 2016).

Por ello, es fundamental considerar otros aspectos para asegurar la validez y fiabilidad del instrumento, el cálculo del alfa de Cronbach comúnmente realizado mediante software especializado como IBM SPSS 25, permite determinar la confiabilidad del instrumento a través de coeficientes que se interpretan en una escala de cero a uno, donde valores más cercanos a uno indican mayor fiabilidad. La elección del método adecuado y la correcta interpretación de los coeficientes son esenciales para la validación de los instrumentos de recolección de datos.

Según Hernández & Pascual-Barrera, (2018) las siguientes pautas para realizar la evaluación del coeficiente alfa de Cronbach con el propósito de ofrecer un análisis sobre la fiabilidad de los instrumentos de medición empleados en la investigación son las siguiente:

- Coeficiente alfa $>.9$ es excelente
- Coeficiente alfa $>.8$ es bueno
- Coeficiente alfa $>.7$ es aceptable
- Coeficiente alfa $>.6$ es cuestionable
- Coeficiente alfa $>.5$ es pobre
- Coeficiente alfa $<.5$ es inaceptable

En la siguiente tabla 17 se presenta un resumen del procesamiento de datos donde se realizó con la totalidad de los datos disponibles, sin ninguna exclusión, lo que sugiere que la recolección de datos fue completa y que todos los casos eran aptos para el análisis. Esto asegura que los resultados del estudio se basan en la totalidad de la muestra prevista.

Tabla 17. Resumen de procesamiento de datos

		N	%
Casos	Válido	12	100.0
	Excluido	0	.0
	Total	12	100.0

Nota: Elaborado por autor en base a resultados de software IBM SPSS 25

La tabla 18 muestra que el cuestionario o test consta de 8 ítems mismos que pueden influir en el valor del Alfa de Cronbach, generalmente, un mayor número de ítems puede llevar a un Alfa de Cronbach más alto, siempre y cuando los ítems sean homogéneos y midan el mismo constructo. En este caso, un Alfa de Cronbach de 0.809

con 8 ítems es una indicación positiva de que los ítems están bien diseñados y tienen una buena consistencia interna.

Tabla 18. Evaluación de Fiabilidad con Alfa de Cronbach

Estadísticas de fiabilidad	
Alfa de Cronbach	N de elementos
.809	8

Nota: Elaborado por autor en base a resultados de software IBM SPSS 25

3.2.4 Análisis de resultados de la entrevista

En esta fase, se presentan los resultados de las entrevistas realizadas a los jefes administrativos de la empresa Foxter PicoHielo S.A. El objetivo de estas entrevistas fue obtener información detallada sobre varios aspectos cruciales del proceso de producción de hielo industrial. Específicamente, se buscó recabar datos sobre el consumo de recursos, como agua y energía, así como las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que se generan. Además, se examinó la gestión y cantidad de residuos producidos durante todo el proceso de producción. Esta información es fundamental para evaluar la sostenibilidad ambiental y desarrollar estrategias para mejorar las prácticas actuales, reduciendo así el impacto ambiental de la producción de hielo industrial, como los que se presentan a continuación:

Consumo de recursos en el proceso de producción

Se realizó una entrevista al encargado del área administrativa de la empresa Foxter PicoHielo S.A., quien proporcionó información valiosa sobre el consumo de recursos en la producción de hielo industrial. Según el entrevistado, el consumo de agua es uno de los factores más críticos en el proceso, dado que se utiliza para la fabricación del hielo. En cuanto al consumo de energía, el encargado destacó que la producción de hielo industrial es un proceso intensivo en energía debido a la necesidad de mantener temperaturas extremadamente bajas durante la congelación del agua. Los sistemas de refrigeración y congelación operan continuamente para asegurar una producción constante, lo que se traduce en un alto consumo energético.

En la tabla 19 el consumo de recursos en la producción de hielo industrial revela un uso significativo de agua (50 m³) y energía eléctrica (91 140,00 kWh), ambos

provenientes de fuentes estatales. El agua utilizada se devuelve al mar sin tratamiento, lo que puede tener implicaciones ambientales negativas, y no se han adoptado medidas para mejorar la eficiencia energética, resultando en altos costos operativos y potencial impacto ambiental.

Tabla 19. Consumo de recursos

Consumo de agua		Consumo de energía	
Cantidad de agua utilizada en producción	50 m ³	Energía eléctrica utilizada en producción (24h)	91140,00 kWh
Origen del agua	De estado (Aguapen)	Fuentes de energía	De estado (CNEL EP)
Método de tratamiento del agua utilizada en la producción	Es devuelta al mar	Medidas adoptadas para mejorar la eficiencia energética	No hay medidas

Nota: Elaborado por autor

Emisiones de gas efecto invernadero en el proceso de producción

La empresa ha tomado medidas iniciales para mitigar las emisiones de GEI, como el mantenimiento regular de maquinarias y la evacuación en caso de fugas de amoníaco. Sin embargo, se pueden implementar acciones adicionales para mejorar la eficiencia y la sostenibilidad a largo plazo, estas incluyen la actualización de equipos antiguos, la implementación de sistemas de detección temprana y contención de fugas. Adoptar estas medidas no solo reducirá las emisiones de GEI, sino que también mejorará la seguridad y la eficiencia operativa de la empresa.

En la tabla 20 se muestran los resultados de las principales fuentes de emisión de GEI que presenta la empresa durante la producción del hielo industrial y las acciones que han tomado para su mitigación.

Tabla 20. Emisiones de GEI

Descripción de fuentes de emisión de GEI	Acciones para mitigar GEI
CO ₂	Se realizan mantenimientos mensuales a las maquinarias dado que son muy antiguas.
Amoníaco (NH ₃)	En caso de haber fugas se procede a evacuar a los operarios y personas cercanas a la localidad de la empresa.

Nota: Elaborado por autor

Residuos generados en el proceso de producción

En el proceso de producción de hielo industrial se generan dos tipos de residuos más comunes que son: sólidos y líquidos. A continuación, en la tabla 21 se describen los principales residuos generados y las medidas que toma la empresa para su gestión de residuos:

Tabla 21. Residuos generados

sólidos		líquidos	
Piezas desgastadas	Piezas y componentes de las maquinarias que se reemplazan durante el mantenimiento.	Aguas Residuales	Aguas utilizadas en el proceso de producción que pueden contener contaminantes como lubricantes, refrigerantes y pequeñas cantidades de amoníaco.
Medidas Tomadas		Medidas tomadas	
Separar y gestionar adecuadamente los filtros y piezas desgastadas, buscando opciones de reciclaje o disposición segura.		No existe algún tipo de medidas a tomas para su adecuada gestión	

Nota: Elaborado por autor

3.2.5 Verificación de hipótesis

Para realizar la verificación de la hipótesis se utilizó el software IBM SPSS 25, mediante el uso de la correlación de Pearson. Las propiedades mencionadas del coeficiente de correlación de Pearson no solo facilitan su uso y comprensión en el análisis de datos, sino que también aseguran una interpretación coherente y estandarizada de los resultados, esto refuerza su relevancia y utilidad en la investigación científica y en diversas aplicaciones prácticas (Lalinde et al., 2018).

Tabla 22. Interpretación de la magnitud del coeficiente de correlación de Pearson

Rango de valores r	Interpretación
$0,00 \leq r \leq 0,10$	Correlación nula
$0,10 \leq r \leq 0,30$	Correlación débil
$0,30 \leq r \leq 0,50$	Correlación moderada
$0,50 \leq r \leq 1,00$	Correlación fuerte

Nota: Elaborado por autor basado en la investigación de (Lalinde et al., 2018).

El coeficiente de correlación de Pearson, que varía entre -1 y +1, tiene dos componentes importantes: la magnitud y el signo. La magnitud, que se refiere al valor

numérico absoluto del coeficiente, indica la fuerza de la relación entre dos variables. Por otro lado, el signo del coeficiente (positivo o negativo) indica la dirección de la relación. Específicamente, un coeficiente de +1 o -1 representa una relación perfectamente lineal, siendo igual de fuerte independientemente del signo. Esto significa que una correlación de +1 indica una relación directa perfecta, mientras que una correlación de -1 indica una relación inversa perfecta (De et al., 2009).

Las hipótesis se formaron a partir de una correlación el cual según DomeneCh, (2018) indica que:

$H_0: r = 0$ Indica que no existe algún tipo de correlación

$H_1: r \neq 0$ Indica que si existe correlación el cual puede ser negativa o positiva

A continuación, se definen las variables y se formulan las hipótesis:

variable independiente: sostenibilidad ambiental

Variable dependiente: producción de bloques de hielo

Hipótesis nula

H_0 : La evaluación de sostenibilidad ambiental en la producción de hielo industrial no tiene influencia en la mejora de la eficiencia energética y la reducción de residuos para la empresa Foxter Picohielo S.A., cantón Salinas-Ecuador.

Hipótesis alternativa

H_1 : La evaluación de sostenibilidad ambiental influye en la mejora de la eficiencia energética y la reducción de residuos en la producción de hielo industrial para la empresa Foxter Picohielo S.A., cantón Salinas-Ecuador.

Se realizó el cálculo de correlación de Pearson en el software IBM SPSS 25, donde la variable independiente (VI) y la variable dependiente (VD) mostró un coeficiente de 0.744, indicando una correlación alta. Con un p-valor de 0.006, que es menor que 0.05, la correlación es estadísticamente significativa al nivel del 1%. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula de que no hay correlación significativa y se acepta la hipótesis alternativa, confirmando que existe una correlación significativa y alta entre VI y VD.

Tabla 23. Evaluación de correlación con Pearson

		Correlaciones	
		VI	VD
VI	Correlación de Pearson	1	.744**
	Sig. (bilateral)		.006
	N	12	12
VD	Correlación de Pearson	.744**	1
	Sig. (bilateral)	.006	
	N	12	12

Nota: Elaborado por autor en base a resultados de software IBM SPSS 25

3.3 Situación actual de la empresa FOXTER PICOHIELO

La empresa FOXTER PICOHIELO utiliza maquinaria instalada hace muchos años, lo que limita su producción a 1.144 bloques de hielo diarios. Como resultado, sus ventas no han aumentado durante este período, enfrentándose a la competencia de varias empresas productoras de hielo en la provincia. Además, los equipos obsoletos suelen ser menos eficientes en términos energéticos, lo que incrementa las emisiones de CO₂ y otros gases de efecto invernadero. Estos equipos también pueden generar más residuos y tener mayores tasas de fallo, afectando negativamente la sostenibilidad del proceso.

La empresa Foxter Picohielo S.A. actualmente no cuenta con ninguna certificación medioambiental. Sin embargo, en el año 2022 implementó un "Plan de Contingencias, Control de Riesgos y Seguridad Industrial", al cual se le dio poca relevancia al ámbito ambiental. Por esta razón, surge la necesidad de evaluar la sostenibilidad ambiental dentro del proceso de producción del hielo, ya que la empresa dispone de datos medibles para llevar a cabo dicha evaluación.

La ausencia de una evaluación sistemática y científica del impacto ambiental puede llevar a consecuencias graves tanto para el medio ambiente como para la empresa misma. Sin un enfoque integral y adecuado en la gestión ambiental, Foxter Picohielo S.A. corre el riesgo de contribuir a la contaminación lo que podría afectar negativamente la biodiversidad y la salud de las comunidades cercanas, al implementar una evaluación de sostenibilidad ambiental permitirá identificar los impactos

negativos del proceso de producción de hielo. Esto no solo mejorará la eficiencia operativa y el uso sostenible de recursos, sino que también contribuirá a la preservación del medio ambiente y a la responsabilidad social de la empresa. A través de esta evaluación, Foxter Picohielo S.A. podrá adoptar prácticas más sostenibles.

3.3.1 Antecedentes históricos

Foxter Picohielo inició sus operaciones en el año 2000 como una distribuidora de hielo industrial. Desde el año 2003, la empresa empezó a operar como productora y distribuidora de bloques de hielo industrial. Desde esa época hasta el presente, la empresa se ha dedicado a la manufactura y distribución de hielo para la parroquia Santa Rosa, el puerto pesquero y diversas áreas del cantón Santa Elena. Sin embargo, con el paso del tiempo, los equipos instalados han comenzado a presentar fallos durante la producción, lo cual ha provocado que los ingresos económicos no sean tan altos como se habían proyectado.

3.3.2 Ubicación

La fábrica de hielo “Foxter Picohielo S.A.” se encuentra situada en el puerto pesquero de la parroquia Santa Rosa, Cantón Salinas, en la Provincia de Santa Elena. Debido a su proximidad al puerto, se ha convertido en una de las empresas principales en la manufactura de hielo industrial para el sector pesquero.

Figura 13. Vista aérea de la Fábrica “FOXTER PICOHIELO S.A.”



Fuente: Google Maps

Figura 14. Vista frontal de la Fábrica “FOXTER PICOHIELO S.A.”

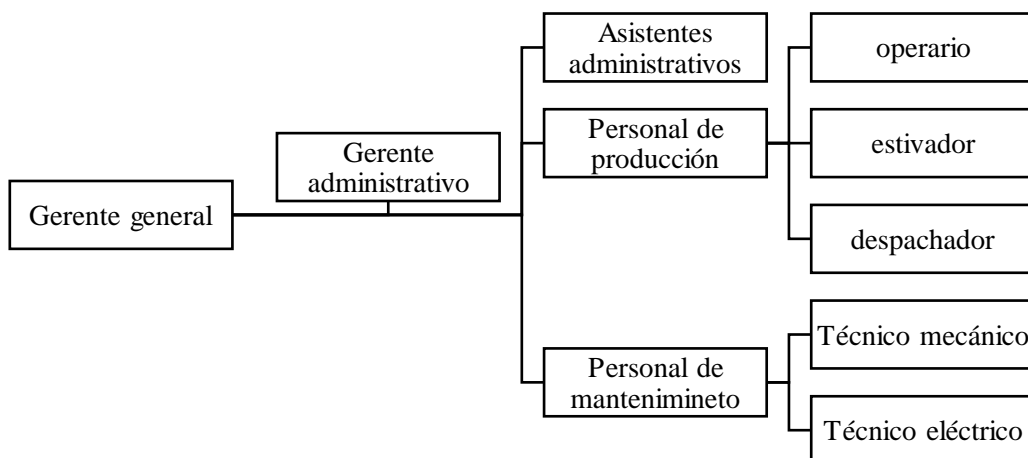


Fuente: Google Maps

3.3.3 Organigrama

La empresa Foxter Picohielo está integrada por el siguiente organigrama como es el gerente general, un gerente administrativo, asistente administrativo, el personal de producción que son los operarios, estibador y despachador, y el personal de mantenimiento en mecánica y electricidad como se presenta en la figura 15.

Figura 15. Organigrama de la empresa



Nota: Elaborado por autor

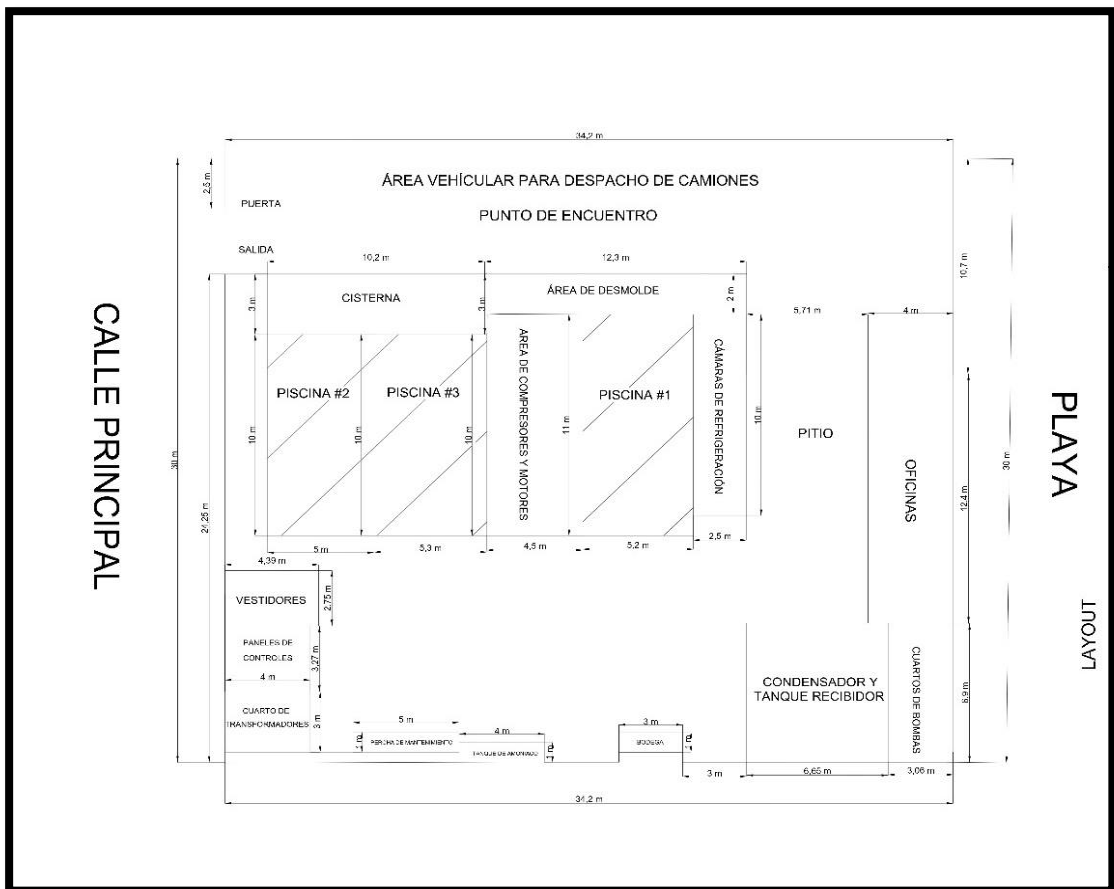
3.3.4 Distribución de la planta

La planta está distribuida dentro de un área de 1000 m², la cual se encuentra ordenada por la siguiente forma:

- Administración
- Producción
- Almacenamiento de Producto Terminado
- Mantenimiento

En la siguiente figura 16 se presenta el LAY-OUT o distribución de la planta, en el que se puede observar las áreas y el lugar de trabajo de producción de la empresa.

Figura 16. Distribución de planta



Nota: Elaborado por autor

3.3.5 Insumos para la fabricación

Para la fabricación del hielo industrial en la empresa se necesita de los siguientes productos:

- **Agua potable:** la empresa requiere de un consumo diario de agua de 50 m^3 para su producción, en la que cada marqueta tiene 0.08 m^3 , la misma que es adquirida mediante la empresa de AGUAPEN, la cual es apta para el consumo del ser humano y no causa efectos adversos al mismo, como lo dispone (“Ley- Orgánica-Salud,” 2023)
- **Salmuera:** es una solución química que en el proceso de producción está compuesta por el 25 % de concentración de cloruro de sodio (NaCl), sal en grano disuelta en agua (H_2O) con un 75 % de agua, de esta se consume 30 sacos al mes en cada tina, cada saco pesa 100 libras y su densidad es de 1.179 kg/m^3 .
- **Gas Amoniaco:** es un agente químico muy toxico y perjudicial para la salud humana, ya que su olor es intenso y desagradable, es importante recalcar que si se está expuesto durante cierto tiempo puede causar la muerte.

Según la MSDS presenta los siguientes datos más importantes sobre el amoniaco presentados en la tabla 24:

Tabla 24. Información sobre Amoniaco

No. De registro del servicio de abstractos químicos (CAS):	7664-41-7
% en peso	99.5-99.995
Forma y apariencia	Gas o liquido
pH	10.6-11.6 (0.02-1.7% solución acuosa)
Umbral de olor	5 a 25 ppm
Punto de fusión	-77 °C
Punto de ebullición	-33°C
Densidad (16°C)	0.62 g/cm^3
Presión de vapor (20°C)	52 kPa - 124.9 psi a 20 °C (liquido)
Solubilidad en agua (20 °C)	51.0 g/100g
Toxicidad para peces	0.09 a 3.51 mg NH_3 /L no ionizado
Toxicidad para plantas acuáticas	0.5- 500 mg NH_3 -N/L

Nota: Elaborado por autor basado en la investigación de (“Ficha de Seguridad Amoniaco (1),” 2023)

3.3.6 Equipos instalados en la fabrica

La empresa FOXTER PICOHIELO en la actualidad cuenta con equipos muy antiguos que con el pasar del tiempo se han desgastado, lo cual provoca que estos presenten un nivel de eficiencia muy bajo del 40-60%.

Tabla 25. Equipos instalados en la empresa

Equipo	Cantidad
Tanque de expedición y almacenamiento de gas amoniaco	1
Agitadores	2
Torre de enfriamiento	1
Evaporadores	3
Cisternas de almacenamiento del agua subterráneas	2
Piscinas para congelamiento	3
Áreas de desmolde y llenado de marquetas	2
Cámaras de almacenamiento	3
Cuarto de transformadores	1
Bombas de 2 y 3 HP	2
Compresor	2
Tuberías de refrigeración	2

Nota: Elaborado por autor

3.3.7 Descripción del proceso de producción del hielo

Esta planta de producción de hielo está constituida por varios procesos que fueron estudiados y analizados, presentados a continuación con el fin de entender su elaboración desde el ingreso de la materia prima hasta obtener el producto terminado.

Moldes de marquetas de hielo

El agua potable ingresa desde las tuberías de la empresa de Aguapen en el que pasan por un tratamiento para luego ser vertidas a las marquetas, la cual está dividida en 9 cubetas, mismas que han sido elaboradas de acero galvanizado con unas dimensiones de 150 x 40 x 20 cm, en el que caven 0,08 m³ de agua.

Figura 17. Moldes de marquetas de hielo



Fuente: Empresa FOXTER PICOHIELO

Llenado de cubetas

El agua ingresa a una presión de 15.57 kPa a las cubetas para luego ser trasladadas a el área de las piscinas en las que se encuentra el agua con salmuera junto con el refrigerante en el evaporador, los mismos que son encargados de la congelación de los moldes de agua.

Figura 18. Llenado de cubetas



Fuente: Empresa FOXTER PICOHIELO

Congelamiento en cisternas con salmuera

Los moldes de agua ingresan a la piscina con salmuera sometidas a un proceso de congelamiento por un lapso de tiempo de 18 a 20 horas.

Figura 19. Cisternas con salmuera



Fuente: Empresa FOXTER PICOHIELO

Desmolde

Las marquetas permanecen durante un lapso de 18 a 20 horas para luego ser elevadas y llevadas por medio de un puente de grúa hacia el área de desmolde en el que se encuentra una cisterna de agua marina que entra por medio de bombeo desde el mar a temperatura ambiente de 27°C la cual sirve para que el hielo se pueda desprender de los moldes con facilidad.

Figura 20. Área de desmolde



Fuente: Empresa FOXTER PICOHIELO

Almacenamiento

Finalmente se quita los hielos de las cubetas con ayuda de unas pinzas para ser llevados al área de almacenamiento que son cámaras de frío que se encuentran a una temperatura de -7°C y -8°C y así proceder a ser despachados.

Figura 21. Área de almacenamiento



Fuente: Empresa FOXTER PICOHIELO

Entrega final del producto

El hielo almacenado se transporta a las embarcaciones para luego ser utilizado principalmente para la preservación de productos pesqueros durante las operaciones en altamar, esto es crucial para mantener la frescura y la calidad del pescado capturado. Una vez que el hielo ha cumplido su función, generalmente se desecha directamente al mar lo cual implica la fusión del hielo y la liberación de agua dulce en el ambiente marino.

Figura 22. Entrega del producto

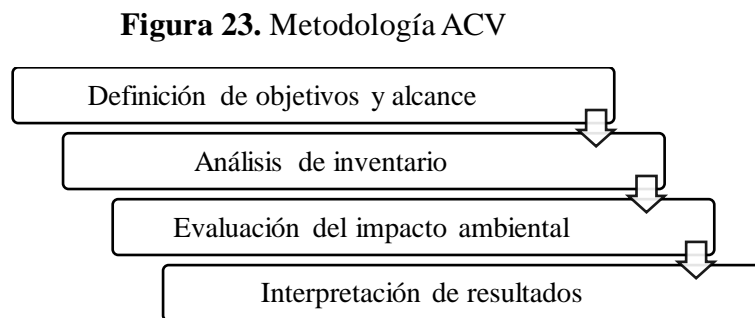


Fuente: Empresa FOXTER PICOHIELO

3.4. Análisis del ciclo de vida (ACV) (Propuesta)

Mediante el análisis situacional de la empresa se pudieron compilar datos para el análisis de ciclo de la vida del proceso de producción del hielo industrial, el estudio del ciclo de vida se elabora con base a las normas UNE ISO 14040:2006 y UNE ISO 14044:2006.

En la siguiente figura 23 se detallan las etapas de la metodología ACV que componen el análisis:



Nota: Elaborado por autor en base a las normas UNE ISO 14040:2006

3.4.1 Definición de objetivos y alcances

3.4.1.1 Objetivos del ACV

- Cuantificar el impacto ambiental del proceso de producción del hielo industrial mediante la metodología del análisis del ciclo de vida.
- Determinar las etapas y procesos que tienen la mayor contribución al impacto ambiental relacionado con la producción del hielo industrial.

3.4.2 Alcance del sistema

3.4.2.1 Unidad funcional

La unidad funcional es “334 marquetas de hielo que son 26.72 toneladas” esto implica que toda la información de datos de inventario y la evaluación serán de una producción de hielo en una piscina.

3.4.2.2 Límites del sistema

Con el propósito de obtener datos relevantes y alineados con los objetivos establecidos, se ha estructurado el análisis de los procesos unitarios en diversas fases

principales: extracción de materia prima, producción del hielo, desmolde y manejo del mismo, así como almacenamiento y uso final. En el estudio no se incluye el transporte y/o distribución del hielo por lo que, la empresa solo cuenta con un medio de transporte utilizado para varias actividades. El objetivo es mantener la investigación enfocada y precisa, evitando distracciones con microprocesos que carecen de relevancia o que son difíciles de documentar y suelen ser no homogéneos. Las emisiones indirectas no son consideradas en el alcance de este estudio.

Extracción del Agua:

- Captación de agua de la red de suministro de Aguapen.

Producción de Hielo:

- Llenado de marquetas con agua.
- Procesos de congelamiento en piscinas con salmuera y refrigerantes.
- Uso de equipos de refrigeración.

Desmolde y Manejo de Hielo:

- Uso de agua marina para desprender el hielo de los moldes.

Almacenamiento:

- Consumo de energía para mantener las cámaras a la temperatura adecuada.

Uso Final del Hielo:

- Utilización del hielo para la preservación de productos pesqueros durante las operaciones en altamar.
- Descarte del hielo en el mar después de su uso.

3.4.3 Análisis de inventario

Para elaborar el inventario de procesos en el análisis de ciclo de vida, se requirió recopilar información de la empresa en estudio para medir la cantidad de materiales y emisiones del sistema, utilizando como punto de partida los límites del sistema presentados anteriormente.

3.4.3.1 Datos de inventario extracción de agua

En la tabla 26 se presentan las entradas de materia prima y los insumos utilizados en el proceso de producción de hielo, correspondiente a la elaboración de

334 marquetas de hielo. Se registran 415 m³ de agua potable y 91,140 kWh de energía eléctrica. Además, se mencionan las emisiones indirectas relacionadas con el consumo energético. Esta información fue proporcionada por el jefe administrativo, quien mostró datos de los recibos sobre el consumo de agua y energía de la planta.

Tabla 25. Extracción de materia prima

Descripción	Cantidad
Material/Combustible	
Agua potable	415 m ³
Electricidad	
Energía eléctrica	91140,00 kWh
Emisiones indirectas	
Emisiones relacionadas con consumo energético	

Nota: Elaborado por autor

3.4.3.2 Datos de inventario producción de hielo

La tabla 27 detalla el inventario de producción de hielo, incluyendo los materiales y combustibles utilizados: 26.72 m³ de agua potable, 100 libras de salmuera para una piscina, 26.50 litros de aceite para el compresor y 58 m³ de amoníaco. Además, se utilizó 91,140.00 kWh de energía eléctrica y mediante la medición con el analizador gases de 5 muestras se determinó un promedio de emisión de 3.03% de CO₂ por el compresor.

Tabla 26. Producción del hielo

Descripción	Cantidad
Material/Combustible	
Agua potable	26.72m ³
Salmuera para 1 piscina	100 libras
Aceite/compresor	26.50 litros
Amoniaco	58m ³
Electricidad	
Energía eléctrica	91140,00 kWh
Emisiones	
CO ₂ / compresor	3.03 %

Nota: Elaborado por autor

3.4.3.3 Datos de inventario desmolde y manejo del hielo

La tabla 28 proporciona datos sobre el desmolde y manejo del hielo, detallando que se utilizó agua marina a 27°C para el desmolde del hielo y 91,140.00 kWh de energía eléctrica para el proceso, durante el manejo del puente de grúa. Además, se mencionan las emisiones indirectas relacionadas con el consumo energético.

Tabla 27. Desmolde y manejo del hielo

Descripción	Cantidad
Material/Combustible	
Agua marina	27 °C
Electricidad	
Energía eléctrica	91140,00 kWh
Emisiones indirectas	
Emisiones relacionadas con consumo energético	

Nota: Elaborado por autor

3.4.3.4 Datos de inventario de almacenamiento

La tabla 29 detalla los datos de inventario de almacenamiento de hielo, especificando que se utilizó 91,140.00 kWh de energía eléctrica para mantener las camas de frío activas lo cual causa emisiones indirectas relacionadas con el consumo energético durante el almacenamiento.

Tabla 28. Almacenamiento

Descripción	Cantidad
Electricidad	
Energía eléctrica	91140,00 kWh
Emisiones indirectas	
Emisiones relacionadas con consumo energético	

Nota: Elaborado por autor

3.4.3.5 Datos del uso de hielo

En la tabla 30 se muestran los datos de inventario del uso final del hielo, el cual cada embarcación lleva bordo 17 bloques de hielo para mantener el producto de pesca fresco durante un lapso de tiempo, luego de que el hielo es derretido se expulsa al mar con residuos de la pesca provocando una contaminación al mar.

Tabla 29. Hielo

Descripción	Cantidad
Material	
Hielo	17
Contaminación al mar	
Agua resultante de la fusión del hielo	

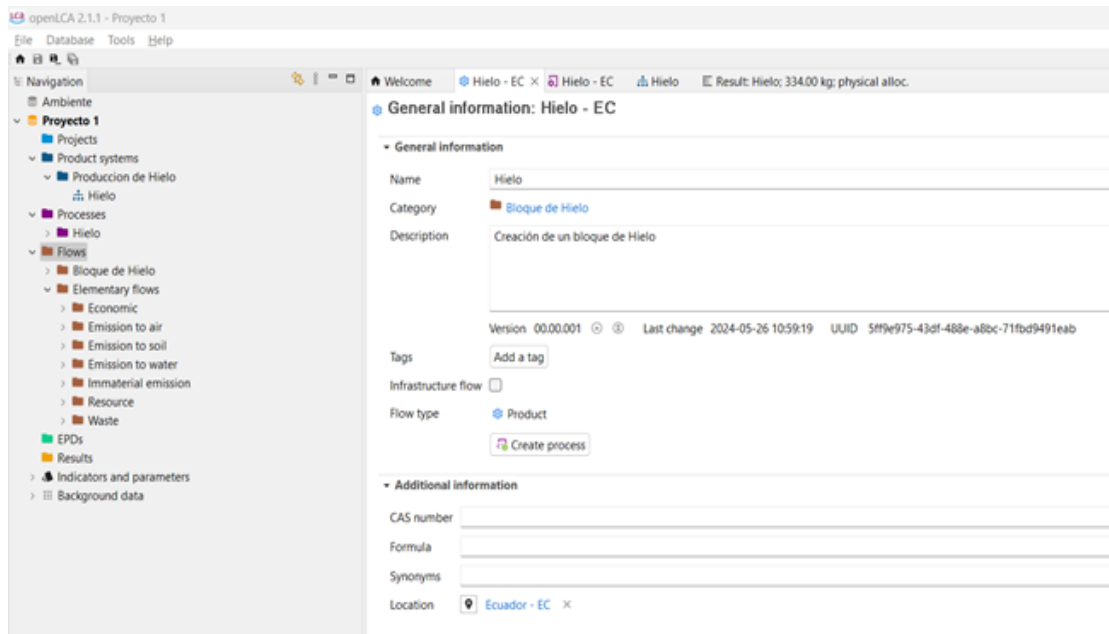
Nota: Elaborado por autor

3.5 Evaluación del impacto ambiental

Para analizar el impacto ambiental generado por la producción 334 marquetas de hielo se utilizó el software libre OpenLCA, mismo que permite estudiar los impactos ambientales asociados a la producción de un producto a través del análisis del inventario, tomando como referencia a las relaciones entre las entradas y las salidas que intervienen, se centra en evaluar las distintas fases en un proceso productivo, desde la obtención de la materias primas hasta la gestión de residuos permitiendo identificar y cuantificar los flujos de materiales y energía, nos ayuda a facilitar el mapeo detallado, así como la evaluación de los impactos ambientales asociados, tales como emisiones de gases, consumo de recursos naturales y generación de residuos.

En la Figura 24, se puede observar la interfaz del software en la cual se debe seguir las siguientes etapas para poder simular: Crear el flujo del proceso, creación del inventario (entradas y salidas), creación del sistema productivo que se está estudiando y por último la simulación de proceso.

Figura 24. Interfaz del software



Nota: Elaborado por autor

En la Figura 25, se puede observar las entradas y las salidas generadas en los procesos de producción de hielo desde la extracción de la materia prima, su producción y el desmolde de los bloques para luego ser almacenados.

Figura 25. Entradas y salidas de extracción de materia prima

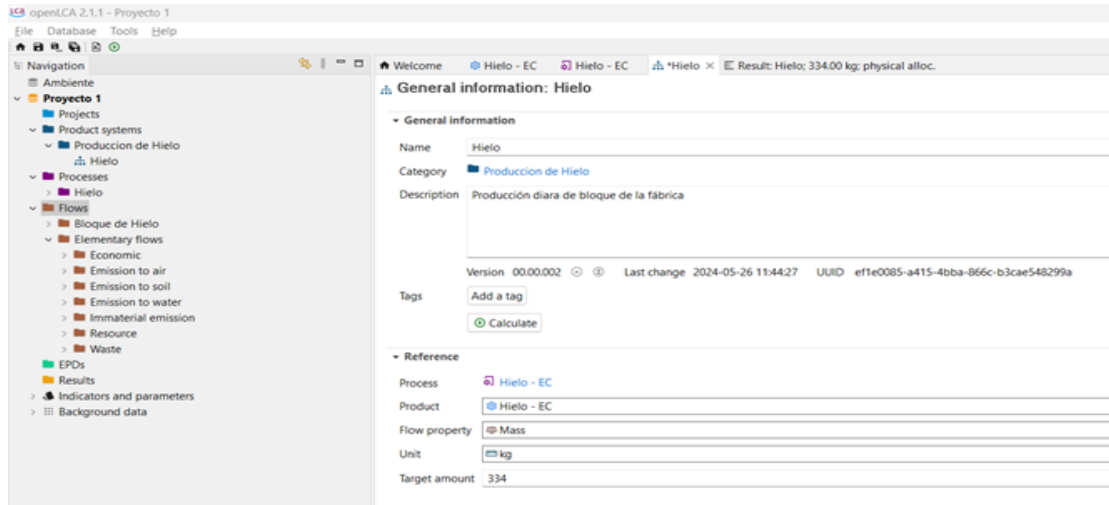
The screenshot shows the 'Inputs/Outputs' tab for the 'Hielo - EC' process. The table displays the following data:

Flow	Category	Amount	Unit	Costs/Reven...	Uncertainty	Avoided wa.	Provider	Data quality...	Location	Description
Water, process, drinking	Resource/in water	26.72000	kg		none					
Ammonia	Emission to air/high popul...	58.00000	kg		none					
Lithium, 0.15% in brine	Emission to soil/unspecified	45.26000	kg		none					
Carbon dioxide, from soil...	Emission to air/high popul...	26.50000	kg		none					
Outputs										
Hielo - EC	Bloque de Hielo	1.00000	kg		none					
Carbon dioxide	Emission to air/high popul...	90.00000	kg		none					
Cooling water	Emission to water/ocean	1.00000	m3		none					

Nota: Elaborado por autor

En la figura 26, podemos observar el sistema de proceso creado para la simulación, en donde se toma la producción diaria de la empresa de 334 bloques de hielos.

Figura 26. Producción de 334 bloques de hielo



Nota: Elaborado por autor

En la figura 27, se puede observar ya los resultados de la simulación, en donde lo que nos interesa estudiar en esta simulación es la cantidad de CO₂ y la cantidad de residuos que generan en la producción de 334 bloques de hielos.

Figura 27. Resultados de simulación

Inputs						Outputs					
Contri...	Flow	Category	Upstream i...	Direct	Unit	Contri...	Flow	Category	Upstream i...	Direct	Unit
	Ammonia - EC	Elementary flow...	1.93720E4	1.93720E4	kg		Carbon dioxide - EC	Elementary flow...	3.00600E4	3.00600E4	kg
	Carbon dioxide, from soil ...	Elementary flow...	8851.00000	8851.00000	kg		Cooling water - EC	Elementary flow...	334.00000	334.00000	m3
	Lithium, 0.15% in brine - EC	Elementary flow...	1.51168E4	1.51168E4	kg						
	Water, process, drinking - ...	Elementary flow...	8924.48000	8924.48000	kg						

Nota: Elaborado por autor

3.6 Interpretación de resultados de evaluación del impacto ambiental

En la Tabla 31 se presentan los resultados obtenidos de la simulación, donde podemos observar que el impacto ambiental generado por parte de la industria es de

manera considerable dado que diariamente está emitiendo 30060 kg de Dióxido de carbono CO₂, cuyo valor al año sería de 10,971,900 de CO₂ y del mismo modo con el agua resultante de la fusión del hielo al océano es considerable ya que es de 334 m³ diario, que al año sería 121910 m³

Tabla 30. Resultados de evaluación del impacto ambiental en OpenLCA

Impacto Ambiental	Cantidad/Diaria
Emisiones de CO ₂	30060 kg
Agua resultante de la fusión del hielo	334 m ³

Nota: Elaborado por autor

3.7 Acciones para reducir emisiones de CO₂ y residuos generados durante la producción del hielo industrial

El artículo de Su et al., (2023) subraya la importancia de la innovación en tecnología verde, que integra principios ecológicos en todas las etapas del ciclo de vida del producto, desde el diseño hasta la producción y el marketing, para lograr beneficios económicos, ecológicos y sociales. La transformación digital es clave para mejorar esta innovación, permitiendo a las empresas reorganizar el diseño de productos, procesos de I+D (investigación y desarrollo) y la utilización de recursos para eliminar tecnologías ineficientes y contaminantes. La digitalización facilita la identificación y resolución de demandas empresariales, asigna recursos a proyectos de tecnología verde y optimiza la integración y uso del conocimiento. También mejora la eficiencia en la asignación de recursos y el monitoreo ambiental en tiempo real, promoviendo la innovación abierta y colaborativa. Las empresas altamente contaminantes deben enfocarse en mejorar sus capacidades de innovación verde para lograr el ahorro de energía y la reducción de emisiones.

Acción de Mejora para Foxter Picohielo S.A.

Para Foxter Picohielo S.A., se recomienda adoptar un sistema digital (Software) de monitoreo y gestión de residuos que integre tecnologías de la información y la comunicación de próxima generación. Este sistema permitirá optimizar el uso de recursos, mejorar la eficiencia de producción y reducir las emisiones de CO₂ y la contaminación marina por el vertido de agua con partículas. Además, se debería invertir en tecnologías verdes, como sistemas de recuperación y reutilización del

amoníaco, y explorar métodos de tratamiento del agua de desecho antes de su vertido al mar, asegurando que cumpla con estándares ambientales estrictos. Estas acciones no solo mitigarán el impacto ambiental de la empresa, sino que también mejorarán su competitividad y sostenibilidad a largo plazo.

3.8 Análisis de presupuesto para aplicación del método

Para el presupuesto del proyecto de investigación se estimó un promedio del sueldo que recibe un investigador para el año 2023, proporcionado por el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS) que sería (\$465) y los costos de internet (\$44) y software que incluye capacitaciones (\$1,060). En la categoría tecnológica, el mayor gasto es la compra de equipos informáticos (\$7,000). Los materiales de oficina suman (\$20). En la categoría de otros, los gastos de transporte son \$190 y las impresiones \$35. El subtotal de estos costos es \$ 8,814.00. Adicionalmente, se consideran un 10% para imprevistos (\$881.40) y un 15% para reajuste (\$1,322.10), llevando el total a \$11,017.50.

Tabla 31. Presupuesto del proyecto

Rubro	Descripción	Cantidad	Costo Unitario (USD)	Costo Total (USD)
Humano	Investigador	1	\$465.00	\$465.00
Tecnológico	Internet	2	\$22.00	\$44.00
	Software	1	\$1,060.00	\$1,060.00
	Equipos informáticos	1	\$7,000.00	\$7,000.00
Oficina	Materiales de oficina	1	\$20.00	\$20.00
Otros	Transporte		\$190.00	\$190.00
	Impresiones		\$35.00	\$35.00
Subtotal				\$8,814.00
10% de imprevistos				\$881.40
15% de reajuste				\$1,322.10
TOTAL			\$11,017.50	

Nota: Elaborado por autor

Al tomar las acciones de implementar un sistema digital de monitoreo y gestión de residuos para poder así reducir las emisiones de CO₂ y residuos generados dentro de la producción del hielo industrial, se necesita de una inversión de \$11,017.50

dólares lo cual genera un flujo de \$ 3,305.25 anual de dólares con tasa del 10% por un tiempo de 5 años. Bajo este contexto se realiza el cálculo financiero de VAN, TIR y PR.

Donde el VAN (\$) es el valor actual neto, el TIR (%) es la tasa interna de retorno y PR (t) es el periodo de recuperación.

En la siguiente tabla 34 se muestra el análisis financiero del proyecto, incluye los flujos de fondos, el valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR) y el período de recuperación (PR).

Tabla 32. Cálculos (VAN, TIR y PR)

	0	1	2	3	4	5
Flujo Fondo	-\$ 11,017.50	\$ 3,305.25	\$ 3,305.25	\$ 3,305.25	\$ 3,305.25	\$ 3,305.25
Saldo Actual de 10%	-\$ 11,017.50	\$ 3,004.77	\$ 2,731.61	\$ 2,483.28	\$ 2,257.53	\$ 2,052.30
Saldo Actualizado Acumulado	-\$ 11,017.50	\$ - 8,012.73	\$ - 5,281.12	\$ - 2,797.83	\$ - 540.30	\$ 1,512.00

Nota: Elaborado por autor

Donde:

- TASA (%) = 1%
- VNA (\$) = Valor Neto Actualizado (Interés; flujo de caja) + desembolso inicial

$$\text{VNA (\$)} = \$12,529.50$$

- VAN (\$) = Beneficio Neto Actualizado – Inversión inicial

$$\text{VAN (\$)} = \$1,512.00$$

- TIR (%) = Diferencia del valor inicial (costo) y el valor final (retorno de la inversión) de la operación, dividido entre el valor inicial, el resultado se multiplicado por 100
- TIR (%) = 15% (supuesto de la tabla original, no recalculado aquí)
- PR (t) = Relación entre la inversión inicial y el lujo de efectivo por período

$$\text{PR} = 4 \text{ años} + 24 \text{ días}$$

3.9 Limitaciones de estudio

Dado que en la situación actual de la empresa se realizó un estudio dentro de la empresa y posteriormente una entrevista con el jefe administrativo, se pudo determinar que la empresa no maneja ningún tipo de evaluación frente a los impactos que causa su producción del hielo industrial hacia el medio ambiente, y por lo tanto se procedió a hacer el levantamiento de los datos por medio de encuestas a operarios y mediciones propias.

En base a este contexto la investigación encontró dificultades en medir las emisiones de CO₂ debido a que una parte de las máquinas utilizadas en el proceso de producción de hielo en Foxter Picohielo S.A. funcionan con energía eléctrica, lo que genera emisiones indirectas relacionadas con el consumo energético, por lo tanto, estas emisiones no fueron incluidas en los datos de inventario, ya que el estudio fue realizado dentro del proceso de producción del hielo.

3.10 Marco de discusión

La investigación se llevó a cabo en la empresa Foxter Picohielo S.A., con el objetivo de analizar la sostenibilidad ambiental en su proceso de producción de hielo industrial. Se utilizó el método de mapeo sistemático, tal como lo describe Carrizo & Moller, (2018.), junto con una revisión exhaustiva de la literatura existente. Esta aproximación permitió identificar y revisar estudios previos realizados por otros investigadores que han abordado diversos factores relevantes para este tipo de estudio. El análisis de estos estudios previos proporciona una base sólida para comprender los desafíos y las oportunidades en la búsqueda de prácticas más sostenibles en la producción de hielo industrial.

La evaluación de la sostenibilidad ambiental se centra en el análisis del ciclo de vida definido por la norma ISO 14044:2006, la cual proporciona una certificación de cómo llevar a cabo este procedimiento metodológico, que incluye la definición de objetivos y alcance, el análisis de inventario, la evaluación del impacto y la interpretación de los resultados.

Para cumplir con las directrices del capítulo II, se determinó que la investigación adoptaría un enfoque cuantitativo y cualitativo con un diseño descriptivo-correlacional y no experimental, siguiendo las pautas propuestas por (Regnér, 2002). Asimismo, se estableció el proceso metodológico utilizado para llevar a cabo la investigación (sección 2.3) y la recopilación de datos para el estudio.

En el capítulo III se llevó a cabo la recolección de datos siguiendo las etapas descritas en la (sección 3.2). Se utilizó el Ábaco de Regnier como herramienta de validación de datos y, posteriormente, se efectuó la validación del cuestionario mediante el software IBM SPSS 25. Esto permitió determinar que los datos obtenidos eran válidos para realizar el análisis del ciclo de vida propuesto en la investigación.

CONCLUSIONES

La revisión sistemática de la literatura ha permitido identificar de manera precisa las variables relevantes para el caso de estudio. Mediante la recopilación y análisis de 27 artículos científicos pertinentes, se ha logrado obtener una visión integral y actualizada sobre el tema en cuestión. Este exhaustivo proceso ha permitido identificar tendencias clave, avances significativos y áreas que requieren una investigación más profunda. Además, ha proporcionado una base teórica sólida que sustenta la investigación, enriqueciendo considerablemente la comprensión del tema, así como la validez y relevancia del trabajo.

En el marco metodológico de la investigación, se establecieron métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos basados en investigaciones previas, lo que ha resultado en una contribución significativa a la calidad y la validez del estudio. Para asegurar la precisión y relevancia de los datos recolectados, se diseñó un instrumento de recolección de datos que fue rigurosamente validado utilizando el método del Ábaco de Regnier. Este método permitió evaluar la coherencia y la pertinencia de las preguntas incluidas en el instrumento, garantizando que las respuestas obtenidas fueran representativas y fiables.

La validación del instrumento se complementó con herramientas metodológicas avanzadas a través del software IBM SPSS 25, un programa ampliamente reconocido en el ámbito de la investigación por sus capacidades estadísticas robustas. Entre las técnicas aplicadas, se incluyó el cálculo del Alfa de Cronbach, que es una medida de la consistencia interna de un conjunto de ítems o preguntas dentro del instrumento. Un alto valor del Alfa de Cronbach indicó que las preguntas del instrumento eran coherentes entre sí y que medían de manera fiable los constructos de interés.:

- El uso de IBM SPSS 25 permitió realizar análisis estadísticos adicionales que respaldaron la validez y fiabilidad del instrumento de recolección de datos, tales como análisis de factores para verificar la estructura subyacente de las preguntas y pruebas de correlación para asegurar que las variables medidas se comportaban de manera esperada.
- El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) del proceso de producción de hielo en Foxter Picohielo S.A. ha permitido evaluar exhaustivamente el impacto ambiental en cada etapa del ciclo de vida. Utilizando el software OpenLCA,

una herramienta avanzada para realizar ACV, se lograron identificar con precisión los principales contribuyentes a las emisiones de CO₂ y la contaminación del agua marina. OpenLCA facilitó la modelización detallada de cada fase del proceso productivo, desde la obtención de materias primas hasta la disposición final del producto, proporcionando una visión integral de los impactos ambientales asociados y facilitando el desarrollo de estrategias específicas para mejorar la sostenibilidad. Este análisis no solo asegura el cumplimiento normativo y mejora la competitividad, sino que también refuerza la transparencia y responsabilidad de la empresa, proporcionando una base sólida para decisiones futuras en gestión ambiental.

RECOMENDACIONES

Considerar la inclusión de estudios de casos prácticos que complementen la información teórica y profundicen la comprensión de la sostenibilidad en el contexto específico del estudio. Estos casos prácticos proporcionarán ejemplos concretos y aplicables, permitiendo una mejor interpretación de los conceptos teóricos y facilitando la identificación de mejores prácticas y áreas de mejora en la sostenibilidad de la producción industrial. Además, ayudarán a validar las hipótesis planteadas y a fortalecer la relevancia y aplicabilidad de los resultados obtenidos.

Llevar a cabo una validación cruzada de los datos recolectados mediante la aplicación de varios métodos reconocidos en la literatura especializada. Este enfoque garantizará la coherencia y confiabilidad de los resultados obtenidos. Es fundamental utilizar una variedad de métodos de validación, como la validación cruzada k-fold, la validación por Bootstrap, entre otros, para corroborar la consistencia de los datos y minimizar posibles sesgos o errores en el análisis. Este proceso robusto de validación asegurará que los resultados obtenidos sean sólidos y puedan ser interpretados con confianza.

Se recomienda llevar a cabo un exhaustivo análisis de impacto ambiental mediante la aplicación de metodologías reconocidas a nivel internacional, como el Análisis de Ciclo de Vida (ACV). Esta metodología permite evaluar de manera integral los impactos ambientales asociados con la producción de hielo industrial dentro de la empresa.

REFERENCIAS (o BIBLIOGRAFÍA)

- Abdul Shukor, S., & Ng, G. K. (2022). Environmental indicators for sustainability assessment in edible oil processing industry based on Delphi Method. *Cleaner Engineering and Technology*, 10. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2022.100558>
- Achuo, E. D., Nchofoung, T. N., Julie Tiague Zanfack, L., & Ekwelle Epoge, C. (2023). The nexus between labour force participation and environmental sustainability: Global comparative evidence. *Heliyon*, 9(11). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e21434>
- Ahamed, A., Huang, P., Young, J., Gallego-Schmid, A., Price, R., & Shaver, M. P. (2024). Technical and environmental assessment of end-of-life scenarios for plastic packaging with electronic tags. *Resources, Conservation and Recycling*, 201. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2023.107341>
- Ajibike, W. A., Adeleke, A. Q., Mohamad, F., Bamgbade, J. A., Nawi, M. N. M., & Moshood, T. D. (2021). An evaluation of environmental sustainability performance via attitudes, social responsibility, and culture: A mediated analysis. *Environmental Challenges*, 4. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100161>
- Almeida, C., Loubet, P., da Costa, T. P., Quinteiro, P., Laso, J., Baptista de Sousa, D., Cooney, R., Mellett, S., Sonnemann, G., Rodríguez, C. J., Rowan, N., Clifford, E., Ruiz-Salmón, I., Margallo, M., Aldaco, R., Nunes, M. L., Dias, A. C., & Marques, A. (2022). Packaging environmental impact on seafood supply chains: A review of life cycle assessment studies. *Journal of Industrial Ecology*, 26(6), 1961–1978. <https://doi.org/10.1111/jiec.13189>
- Bhambhani, A., van der Hoek, J. P., & Kapelan, Z. (2022). Life cycle sustainability assessment framework for water sector resource recovery solutions: Strengths and weaknesses. In *Resources, Conservation and Recycling* (Vol. 180). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.106151>
- Burger, J., Nöhl, J., Seiler, J., Gabrielli, P., Oeuvray, P., Becattini, V., Reyes-Lúa, A., Riboldi, L., Sansavini, G., & Bardow, A. (2024). Environmental impacts of

carbon capture, transport, and storage supply chains: Status and the way forward. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 132. <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2023.104039>

Calvillo-Arriola, A. E., & Sotelo-Navarro, P. X. (2024). A step towards sustainability: life cycle assessment of coffee produced in the indigenous community of Ocoatepec, Chiapas, Mexico. *Discover Sustainability*, 5(1). <https://doi.org/10.1007/s43621-024-00194-6>

Carrizo, D., & Moller, C. (n.d.-a). *Estructuras metodológicas de revisiones sistemáticas de literatura en Ingeniería de Software: un estudio de mapeo sistemático Methodological structures of systematic literature review in software engineering: a systematic mapping study.*

Carrizo, D., & Moller, C. (n.d.-b). *Estructuras metodológicas de revisiones sistemáticas de literatura en Ingeniería de Software: un estudio de mapeo sistemático Methodological structures of systematic literature review in software engineering: a systematic mapping study.*

Chengot, R., Zylberman, R., Momblanch, A., Salazar, O. V., Hess, T., Knox, J. W., & Rey, D. (2024). Evaluating the impacts of agricultural development and climate change on the water-energy nexus in Santa Elena (Ecuador). *Environmental Science and Policy*, 152. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2023.103656>

Chinsuwan, A., Yartprom, P., Yisunzam, P., & Somjun, J. (2023). An optimization of a pre-cooling system for batch processes: A case study of the tubular ice production process. *Case Studies in Thermal Engineering*, 50. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2023.103455>

Corona, C. N., & Montoya, M. S. R. (2018). Mapeo sistemático de la literatura sobre evaluación docente (2013-2017). *Educação e Pesquisa*, 44(0). <https://doi.org/10.1590/s1678-4634201844185677>

Cubas Rimachi, G. Y., & Flores Huamán, D. J. (2023). Contaminación ambiental y sus efectos en la sociedad. *Horizonte empresarial*, 10(1), 1–11. <https://doi.org/10.26495/rce.v10i1.2461>

- De, F., Médicas, C., & Cabrera, E. (2009). Instituto Superior de Ciencias Médicas de La Habana (ISCM-H). In *Rev haban cienc méd La Habana: Vol. VIII* (Issue 2).
- Denis Patricia Vinueza Cabezas, I. K. C. F. M. (2022). *Estado del Arte. Investigación formativa en la Educación Superior*.
- Dervishaj, A., & Gudmundsson, K. (2024). From LCA to circular design: A comparative study of digital tools for the built environment. *Resources, Conservation and Recycling*, 200. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2023.107291>
- DomeneCh, Raúl. (2018). La incertidumbre de la “significación” estadística The uncertainties of statistical “significance.” In *Rev Med Chile* (Vol. 146).
- Dong, Y., Zhao, Y., Hossain, M. U., He, Y., & Liu, P. (2021). Life cycle assessment of vehicle tires: A systematic review. In *Cleaner Environmental Systems* (Vol. 2). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.cesys.2021.100033>
- Factor Verde. (2024). Factor verde, impulsando la sostenibilidad. *Roche Encabeza La Sostenibilidad En Ecuador y El Mundo*.
- Feng, T., Ji, J., & Zhang, X. (2023). Research progress of phase change cold energy storage materials used in cold chain logistics of aquatic products. *Journal of Energy Storage*, 60, 106568. <https://doi.org/10.1016/J.EST.2022.106568>
- Griggs, D., Smith, M. S., Rockström, J., Öhman, M. C., Gaffney, O., Glaser, G., Kanie, N., Noble, I., Steffen, W., & Shyamsundar, P. (2014). An integrated framework for sustainable development goals. *Ecology and Society*, 19(4). <https://doi.org/10.5751/ES-07082-190449>
- Harris, S., Martin, M., & Diener, D. (2021). Circularity for circularity’s sake? Scoping review of assessment methods for environmental performance in the circular economy. In *Sustainable Production and Consumption* (Vol. 26, pp. 172–186). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.09.018>
- Hernández, H. A., & Pascual Barrera, A. E. (2018). Validación de un instrumento de investigación para el diseño de una metodología de autoevaluación del sistema

de gestión ambiental. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 9(1), 157–164. <https://doi.org/10.22490/21456453.2186>

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., María del Pilar Baptista Lucio, D., & Méndez Valencia Christian Paulina Mendoza Torres, S. (2014). *Con la colaboración de*.

Huang, R. (2023). SDG-oriented sustainability assessment for Central and Eastern European countries. *Environmental and Sustainability Indicators*, 19. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2023.100268>

Ibrahim, M. D., Alola, A. A., & Ferreira, D. C. (2023). Assessing sustainable development goals attainment through energy-environmental efficiency: The case of Latin American and Caribbean countries. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 57. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2023.103219>

Jacqueline-Cisneros-Caicedo, A. I., Jesús Urdánigo-Cedeño III, J., Fabián Guevara-García, A. I., & Enmanuel Garcés-Bravo, J. I. (2022b). Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos que apoyan a la Investigación Científica en tiempo de Pandemia Techniques and Instruments for Data Collection that Support Scientific Research in Pandemic Times Técnicas e Instrumentos de Coleta de Dados que apoiam a Pesquisa Científica em tempos de Pandemia. *Núm. 1. Enero-Marzo*, 8, 1165–1185. <https://doi.org/10.23857/dc.v8i41.2546>

Kokare, S., Oliveira, J. P., & Godina, R. (2023). Life cycle assessment of additive manufacturing processes: A review. In *Journal of Manufacturing Systems* (Vol. 68, pp. 536–559). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2023.05.007>

Lalinde, H., Diego, J., Castro, E., Rangel, C., Gerardo, J., Sierra, T., Andrés, C., Torrado, A., Karina, M., Sierra, C., Milena, S., Pirela, B., & José, V. (2018). *Sobre el uso adecuado del coeficiente de correlación de Pearson: definición, propiedades y suposiciones*. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?>

Li, L. (2016). *Revista de Iniciación Científica Journal of Undergraduate Research* (Vol. 2, Issue 2).

Li, M., Wiedmann, T., Fang, K., & Hadjikakou, M. (2021a). The role of planetary boundaries in assessing absolute environmental sustainability across scales. *In*

Environment International (Vol. 152). Elsevier Ltd.
<https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106475>

Li, M., Wiedmann, T., Fang, K., & Hadjikakou, M. (2021b). The role of planetary boundaries in assessing absolute environmental sustainability across scales. In *Environment International* (Vol. 152). Elsevier Ltd.
<https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106475>

Litardo, J., Gomez, D., Boero, A., Hidalgo-Leon, R., Soriano, G., & Ramirez, A. D. (2023). Air-conditioning life cycle assessment research: A review of the methodology, environmental impacts, and areas of future improvement. In *Energy and Buildings* (Vol. 296). Elsevier Ltd.
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.113415>

Liu, H., Yu, S., Wang, T., Li, J., & Wang, Y. (2024). A systematic review on sustainability assessment of internal combustion engines. *Journal of Cleaner Production*, 451, 141996. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141996>

Liu, Y., Du, J., Wang, Y., Cui, X., Dong, J., Gu, P., Hao, Y., Xue, K., Duan, H., Xia, A., Hu, Y., Dong, Z., Wu, B., Kropp, J. P., & Fu, B. (2024). Overlooked uneven progress across sustainable development goals at the global scale: Challenges and opportunities. *Innovation*, 5(2). <https://doi.org/10.1016/j.xinn.2024.100573>

Longo, S., Cellura, M., Luu, L. Q., Nguyen, T. Q., Rincione, R., & Guarino, F. (2024). Circular economy and life cycle thinking applied to the biomass supply chain: A review. In *Renewable Energy* (Vol. 220). Elsevier Ltd.
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.119598>

Luthin, A., Traverso, M., & Crawford, R. H. (2024). Circular life cycle sustainability assessment: An integrated framework. *Journal of Industrial Ecology*, 28(1), 41–58. <https://doi.org/10.1111/jiec.13446>

M.Ángeles Márquez, M. S. M. F. (2024). *Proceso Haber-Bosch para la producción de amoníaco*.

Marcano Aular, Y., & Guzmán Reyes Rosalba Talavera Pereira, Y. (2010). *Generación y procesamiento de censos comunitarios: alternativa para reflejar la realidad local*. 26(62), 70–79.

- Martelo, R. J., Villabona, N., & Jiménez-Pitre, I. (2017). Guía metodológica para definir el perfil profesional de programas académicos mediante la herramienta ábaco de régnier. *Formacion Universitaria*, 10(1), 15–24. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062017000100003>
- Martínez, A. P., Jara-Alvear, J., Andrade, R. J., & Icaza, D. (2023). Sustainable development indicators for electric power generation companies in Ecuador: A case study. *Utilities Policy*, 81. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2023.101493>
- Martins, A. M., & Marto, J. M. (2023). A sustainable life cycle for cosmetics: From design and development to post-use phase. In *Sustainable Chemistry and Pharmacy* (Vol. 35). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2023.101178>
- Mirzaei, A., Azarm, H., & Noshad, M. (2024). Designing sustainability comprehensive indicator for the food supply chain under climate change: A systematic literature review. In *Ecological Indicators* (Vol. 159). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.111722>
- Moreno, D. M., & Pastran, C. M. (n.d.). *Environmental impact of production processes. U review of its evolution and trends.* <http://revistas.unisimon.edu.co/index.php/identific/index>
- Mudgal, D., Pagone, E., Alkhunani, R. A., & Salonitis, K. (2021). Life-cycle-Assessment of Cast Stone Manufacturing: A Case Study. *Procedia CIRP*, 104, 624–629. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.11.105>
- Ole, N. C., Omotuyi, O. Y., Herbert, E. B., & Omukoro, D. E. (2024). Environmental laws and enforcement: Prospects and challenges. *Environmental Pollution and Public Health*, 305–326. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-95967-4.00006-4>
- Ortiz Ramírez, L. S., & Vergel Ortega, M. (2016). Fiabilidad de instrumento para medir resolución de problemas en grado tercero en población vulnerable. *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, 7(3), 86–93. <https://doi.org/10.22335/rlct.v7i3.586>
- Pablo, J., Miranda, R., Augusto, C., Ubaque, G., Alfonso, C., & Mejía, Z. (2020). The life-cycle assessment applied to plants wastewater treatment. In *Ciencia y Sociedad* (Vol. 41, Issue 3).

- Parolin, G., McAlloone, T. C., & Pigosso, D. C. A. (2024). How can technology assessment tools support sustainable innovation? A systematic literature review and synthesis. *Technovation*, 129. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2023.102881>
- Pausta, C. M., Kalbar, P., & Saroj, D. (2024). Life cycle assessment of nutrient recovery strategies from domestic wastewaters to quantify environmental performance and identification of trade-offs. *Scientific Reports*, 14(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-54060-6>
- Pazmiño, M. L., Mero-Benavides, M., Aviles, D., Blanco-Marigorta, A. M., Tinoco, D. L., & Ramirez, A. D. (2024). Life cycle assessment of instant coffee production considering different energy sources. *Cleaner Environmental Systems*, 12. <https://doi.org/10.1016/j.cesys.2024.100174>
- Pino, A. F. S., Ruiz, P. H., Mon, A., & Collazos, C. A. (2024). Mechanisms for measuring technology maturity on the Internet of Things in enterprises: A systematic literature mapping. *Internet of Things*, 25, 101100. <https://doi.org/10.1016/J.IOT.2024.101100>
- Pinzón, Y., & Guerrero-Riofrio, P. (2024). Índice de contaminación ambiental, consumo de energía no renovable, y políticas de eficiencia energética en Ecuador. *Revista Económica*, 12(1), 102–117. <https://doi.org/10.54753/rve.v12i1.2048>
- Quernheim, N., Winter, S., Arnemann, L., Wolff, S., Anderl, R., & Schleich, B. (2023). Method Set for an adaptable Sustainability Assessment along the Product Life Cycle. *Procedia CIRP*, 116, 498–503. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2023.02.084>
- Radzi, A. R., Farouk, A. M., Romali, N. S., Farouk, M., Elgamal, M., & Rahman, R. A. (2024). Assessing Environmental Management Plan Implementation in Water Supply Construction Projects: Key Performance Indicators. *Sustainability (Switzerland)*, 16(2). <https://doi.org/10.3390/su16020600>
- Ramírez-Orozco, A., & Carvajal-Flórez, E. (2023). *Manejo integral de residuos en una empresa prestadora de servicios de aseo: propuesta de mejora*. <https://doi.org/10.24050/reia>

- Rashid, S., & Pagone, E. (2023). Cradle-to-Grave Lifecycle Environmental Assessment of Hybrid Electric Vehicles. *Sustainability (Switzerland)*, 15(14). <https://doi.org/10.3390/su151411027>
- Regnér, H. (2002). A nonexperimental evaluation of training programs for the unemployed in Sweden. *Labour Economics*, 9(2), 187–206. [https://doi.org/10.1016/S0927-5371\(02\)00013-1](https://doi.org/10.1016/S0927-5371(02)00013-1)
- Ren, J. (2021). Methods in Sustainability Science: Assessment, Prioritization, Improvement, Design and Optimization. In *Methods in Sustainability Science: Assessment, Prioritization, Improvement, Design and Optimization*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2020-0-00430-5>
- Rocca, R., Acerbi, F., Fumagalli, L., & Taisch, M. (2023). Development of an LCA-based tool to assess the environmental sustainability level of cosmetics products. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 28(10), 1261–1285. <https://doi.org/10.1007/s11367-023-02219-0>
- Rosa, J. M., & Frutos, E. L. (2022). Health data science: Challenges and opportunities in Latin America. *Revista Medica Clinica Las Condes*, 33(6), 591–597. <https://doi.org/10.1016/j.rmclc.2022.09.007>
- Shrivastava, P., Stafford Smith, M., O'Brien, K., & Zsolnai, L. (2020). Transforming Sustainability Science to Generate Positive Social and Environmental Change Globally. In *One Earth* (Vol. 2, Issue 4, pp. 329–340). Cell Press. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.04.010>
- Sohns, T. M., Aysolmaz, B., Figge, L., & Joshi, A. (2023). Green business process management for business sustainability: A case study of manufacturing small and medium-sized enterprises (SMEs) from Germany. *Journal of Cleaner Production*, 401. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136667>
- Soleimani-Chamkhorami, K., Garmabaki, A. H. S., Kasraei, A., Famurewa, S. M., Odelius, J., & Strandberg, G. (2024). Life cycle cost assessment of railways infrastructure asset under climate change impacts. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 127. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2024.104072>

- Su, J., Wei, Y., Wang, S., & Liu, Q. (2023). The impact of digital transformation on the total factor productivity of heavily polluting enterprises. *Scientific Reports*, 13(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-33553-w>
- Turín Sedano, E., Arce Vizcarra, F., Zelada García, G., Muñoz Bravo, G., Benavente Villena, L., Cruz Caldas, L., Tinoco Gómez, Ó., Gutiérrez Falcón, P., Moore Torres Santiago Estrada Nuñez -Óscar Tinoco Gómez, R., & -, E. (2021). *Desafíos para el Ingeniero Industrial: Competencias ambientales*.
- Uddin, M. G., Nash, S., Rahman, A., Dabrowski, T., & Olbert, A. I. (2024). Data-driven modelling for assessing trophic status in marine ecosystems using machine learning approaches. *Environmental Research*, 242. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.117755>
- Wurst, J., Mozgova, I., & Lachmayer, R. (2022). Sustainability Assessment of Products manufactured by the Laser Powder Bed Fusion (LPBF) Process. *Procedia CIRP*, 105, 243–248. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.02.040>
- Yan, H. E., Guo, F., Zhang, B., Chan, Y. K., Zhou, H. T., Sun, L., He, T., Tang, J., Chen, H., Tan, W., To, S., & Yip, W. S. (2024). Sustainability assessment during machining processes: Evidence from the econ-environmental modelling. *Journal of Cleaner Production*, 448, 141612. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2024.141612>
- Zira, S., Rööös, E., Rydhmer, L., & Hoffmann, R. (2023). Sustainability assessment of economic, environmental and social impacts, feed-food competition and economic robustness of dairy and beef farming systems in South Western Europe. *Sustainable Production and Consumption*, 36, 439–448. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2023.01.022>
- Zira, S., Rydhmer, L., Ivarsson, E., Hoffmann, R., & Rööös, E. (2021). A life cycle sustainability assessment of organic and conventional pork supply chains in Sweden. *Sustainable Production and Consumption*, 28, 21–38. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.03.028>

ANEXOS

Anexo 1. Carta de aceptación de la empresa Foxter Picohielo S.A.

RUC: 0992229527001
Santa Rosa – Salinas

Santa Rosa 20 De octubre Del 2023

Señores:
Mgs. Franklin Reyes Soriano
Director de carrera de Ingeniería Industrial
Universidad Estatal Península de Santa Elena

Ciudad. -

De mis consideraciones:

Por medio de la presente Yo **Alvarado Vera Jacinto Agustín**, con cédula de identidad N° **091817692-6** en calidad de **GERENTE GENERAL** de la **Compañía FOXTER S.A.**, de la ciudad de Salinas, Parroquia Santa Rosa, **AUTORIZO** a la **Srta. Meybelin Denisse Cochea González**, con **C.I: 245009397-2**, aplicar en beneficio de nuestra compañía su proyecto de tesis de investigación científica, denominada **“EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL EN LA PRODUCCIÓN DE BLOQUES DE HIELO INDUSTRIAL PARA LA EMPRESA FOXTER PICOHIELO S.A., CANTÓN SALINAS, ECUADOR”**.

Para lo cual brindaremos las facilidades necesarias para la respectiva recolección de datos

Sin otro particular me suscribo de usted.

ATT:



Sr. JACINTO ALVARADO VERA
C.I. # 0918176926
GERENTE GENERAL

DIR: Santa Rosa – calle Malecón S/N, bajada a la playa, junto al mercado de mariscos
Telf: 0981951227



Anexo 2. Modelo de entrevista



UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL EN LA PRODUCCIÓN DE BLOQUES DE HIELO INDUSTRIAL PARA LA EMPRESA FOXTER PICOHIELO S.A., CANTÓN SALINAS, ECUADOR”

ENTREVISTA

Objetivo: obtener información detallada sobre consumo de recursos, emisiones GEI, residuos generados en la producción de hielo industrial en la empresa Foxter Picohielo S.A.

Datos generales	
Nombre	
Cargo	
Área	
Edad	

1. ¿Podría proporcionar detalles sobre el consumo de recursos naturales, como agua y energía, en el proceso de producción de hielo industrial en su área?

Consumo de agua (m³, kg, toneladas)	
Cantidad de agua utilizada durante el proceso de producción	
Origen del agua (por ejemplo, suministro municipal, pozo propio, etc.).	
Métodos de tratamiento o reutilización del agua utilizada en el proceso.	



UNIVERSIDAD ESTATALPENINSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



Consumo de energía (kWh)	
Energía eléctrica utilizada durante el proceso de producción	
Fuentes de energía utilizadas (por ejemplo, electricidad de red, generadores Diesel, etc.).	
Medidas adoptadas para mejorar la eficiencia energética.	

- ¿Qué medidas se han implementado para reducir el consumo de recursos en la producción de bloques de hielo industrial? ¿Cuál ha sido el impacto de estas medidas en términos de eficiencia y sostenibilidad?
- ¿Cuáles son las principales fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en el proceso de producción de hielo industrial en su área? ¿Se han tomado acciones específicas para mitigar estas emisiones?

Descripción de fuentes de emisión de GEI	Acciones para mitigar GEI



UNIVERSIDAD ESTATALPENINSULA DE SANTA ELENA



FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

4. ¿Cómo se gestionan los residuos generados durante el proceso de producción de hielo industrial? Por favor, describa el manejo de los diferentes tipos de residuos, como sólidos y líquidos.

Sólidos		Líquidos	
Tipo	Manejo	Tipo	manejo

5. ¿Existen metas establecidas para aumentar la tasa de reciclaje o reducir la generación de residuos?
6. ¿Se lleva a cabo algún tipo de monitoreo o seguimiento de las emisiones de contaminantes al aire y al agua durante el proceso de producción de hielo industrial? En caso afirmativo, ¿cómo se realiza este monitoreo y qué resultados se han obtenido hasta ahora?
7. ¿Cuáles considera que son los mayores desafíos en términos de reducción del consumo de recursos y emisiones, así como en la gestión de residuos en la producción de hielo industrial? ¿Qué estrategias están considerando para superar estos desafíos?
8. ¿Cuál es la visión a largo plazo de su área en cuanto a la sostenibilidad ambiental en la producción de hielo industrial? ¿Qué objetivos tienen establecidos para mejorar continuamente en este aspecto?

Anexo 3. Modelo de cuestionario



UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**“EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL EN LA
PRODUCCIÓN DE BLOQUES DE HIELO INDUSTRIAL PARA LA
EMPRESA FOXTER PICOHIELO S.A., CANTÓN SALINAS,
ECUADOR”**
ENCUESTA

Objetivo: obtener información detallada sobre manejo de residuos, prácticas sostenibles para la contaminación del agua marina y los impactos que causa para la empresa Foxter Picohielo.

Datos generales	
Nombre	
Cargo	
Área	
Edad	

1. ¿Separan y clasifican adecuadamente los residuos generados durante el proceso de producción de hielo industrial?
 - Sí
 - No
2. ¿Se realizan acciones específicas para reducir la contaminación del agua marina debido a las descargas de agua salmuera u otros contaminantes?
 - Sí
 - No
3. ¿Se utilizan productos químicos más dañinos y se omiten medidas para reducir la contaminación del agua durante el proceso de producción de hielo industrial?
 - Sí
 - No



UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



4. ¿Se omite el adecuado tratamiento de los residuos líquidos antes de su descarga al medio ambiente, contribuyendo a la contaminación del agua marina?
 - Sí
 - No
5. ¿Están capacitados para identificar y reportar posibles situaciones de contaminación del agua marina en el área de producción de hielo industrial?
 - Sí
 - No
6. ¿Se promueve entre el personal la importancia de adoptar prácticas sostenibles para reducir la contaminación del agua marina en el proceso de producción?
 - Sí
 - No
7. ¿Creen que las descargas de componentes del hielo al mar no tienen ningún impacto negativo en el ecosistema marino?
 - Sí
 - No
8. ¿Consideran que Foxter Pico hielo debería implementar más medidas para mitigar la contaminación del agua marina en su proceso de producción de hielo industrial?
 - Sí
 - No

Anexo 4. Formato de validación de expertos-encuesta

UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL						
ASUNTO	VALIDACION DE ENCUESTA POR EXPERTOS MEDIANTE ABACO DE REGNIER					
TEMA	EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL EN LA PRODUCCIÓN DE BLOQUES DE HIELO INDUSTRIAL PARA LA EMPRESA FOXTER PICOHIELO S.A., CANTÓN SALINAS, ECUADOR					
OBJETIVO	OBTENER INFORMACIÓN DETALLADA SOBRE MANEJO DE RESIDUOS, PRÁCTICAS SOSTENIBLES PARA LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA MARINA Y LOS IMPACTOS QUE CAUSA PARA LA EMPRESA FOXTER PICOHIELO.					
DATOS DEL EXPERTO						
NOMBRE						
PROFESION						
AÑOS DE EXPERIENCIA						
TELEFONO						
CORREO						
FECHA DE VALIDACION						
						FIRMA
ITEM	PREGUNTA	RESPUESTA				
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	¿Separan y clasifican adecuadamente los residuos generados durante el proceso de producción de hielo industrial? o Sí o No					
2	¿Se realizan acciones específicas para reducir la contaminación del agua marina debido a las descargas de agua salmuera u otros contaminantes? o Sí o No					
3	¿Se utilizan productos químicos más dañinos y se omiten medidas para reducir la contaminación del agua durante el proceso de producción de hielo industria? o Sí o No					



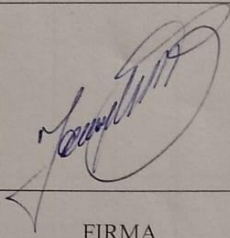
4	¿Se omite el adecuado tratamiento de los residuos líquidos antes de su descarga al medio ambiente, contribuyendo a la contaminación del agua marina? o Sí o No						
5	¿Están capacitados para identificar y reportar posibles situaciones de contaminación del agua marina en el área de producción de hielo industrial? o Sí o No						
6	¿Se promueve entre el personal la importancia de adoptar prácticas sostenibles para reducir la contaminación del agua marina en el proceso de producción? o Sí o No						
7	¿Creen que las descargas de componentes del hielo al mar no tienen ningún impacto negativo en el ecosistema marino? o Sí o No						
8	¿Consideran que Foxter Picohielo debería implementar más medidas para mitigar la contaminación del agua marina en su proceso de producción de hielo industrial? o Sí o No						
ESCALA							
	<i>Actitud Muy favorable</i> a la propuesta						
	<i>Actitud Favorable</i> a la propuesta						
	<i>Actitud Neutral</i> a la propuesta						
	<i>Actitud Desfavorable</i> a la propuesta						
	<i>Actitud Muy Desfavorable</i> a la propuesta						
	<i>No tiene una opinión clara</i> sobre la propuesta						

Anexo 5. Formato de validación de expertos-entrevista

 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</p> 							
ASUNTO	VALIDACION DE ENCUESTA POR EXPERTOS MEDIANTE ABACO DE REGNIER						
TEMA	EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL EN LA PRODUCCIÓN DE BLOQUES DE HIELO INDUSTRIAL PARA LA EMPRESA FOXTER PICOHIELO S.A., CANTÓN SALINAS, ECUADOR						
OBJETIVO	OBTENER INFORMACIÓN DETALLADA SOBRE CONSUMO DE RECURSOS, EMISIONES GEI, RESIDUOS GENERADOS EN LA PRODUCCIÓN DE HIELO INDUSTRIAL EN LA EMPRESA FOXTER PICOHIELO S.A.						
DATOS DEL EXPERTO							
NOMBRE							
PROFESION							
AÑOS DE EXPERIENCIA							
TELEFONO							
CORREO							
FECHA DE VALIDACION	FIRMA						
ITEM	PREGUNTA	RESPUESTA					
1	¿Podría proporcionar detalles sobre el consumo de recursos naturales, como agua y energía, en el proceso de producción de hielo industrial en su área?						
2	¿Qué medidas se han implementado para reducir el consumo de recursos en la producción de bloques de hielo industrial? ¿Cuál ha sido el impacto de estas medidas en términos de eficiencia y sostenibilidad?						


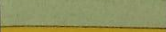
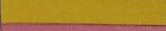



3	¿Cuáles son las principales fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en el proceso de producción de hielo industrial en su área? ¿Se han tomado acciones específicas para mitigar estas emisiones?						
4	¿Cómo se gestionan los residuos generados durante el proceso de producción de hielo industrial? Por favor, describa el manejo de los diferentes tipos de residuos, como sólidos y líquidos.						
5	¿Existen metas establecidas para aumentar la tasa de reciclaje o reducir la generación de residuos?						
6	¿Se lleva a cabo algún tipo de monitoreo o seguimiento de las emisiones de contaminantes al aire y al agua durante el proceso de producción de hielo industrial? En caso afirmativo, ¿cómo se realiza este monitoreo y qué resultados se han obtenido hasta ahora?						
7	¿Cuáles considera que son los mayores desafíos en términos de reducción del consumo de recursos y emisiones, así como en la gestión de residuos en la producción de hielo industrial? ¿Qué estrategias están considerando para superar estos desafíos?						
8	¿Cuál es la visión a largo plazo de su área en cuanto a la sostenibilidad ambiental en la producción de hielo industrial? ¿Qué objetivos tienen establecidos para mejorar continuamente en este aspecto?						
ESCALA							
	<i>Actitud Muy favorable</i> a la propuesta						
	<i>Actitud Favorable</i> a la propuesta						
	<i>Actitud Neutral</i> a la propuesta						
	<i>Actitud Desfavorable</i> a la propuesta						
	<i>Actitud Muy Desfavorable</i> a la propuesta						
	<i>No tiene una opinión clara</i> sobre la propuesta						

Anexo 6. Validación por expertos-encuesta



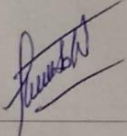
 UNIVERSIDAD ESTADAL PENINSULA DE SANTA ELENA UPSE FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL 						
ASUNTO	VALIDACION DE ENCUESTA POR EXPERTOS MEDIANTE ABACO DE REGNIER					
TEMA	EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL EN LA PRODUCCIÓN DE BLOQUES DE HIELO INDUSTRIAL PARA LA EMPRESA FOXTER PICOHIELO S.A., CANTÓN SALINAS, ECUADOR					
OBJETIVO	OBTENER INFORMACIÓN DETALLADA SOBRE MANEJO DE RESIDUOS, PRÁCTICAS SOSTENIBLES PARA LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA MARINA Y LOS IMPACTOS QUE CAUSA PARA LA EMPRESA FOXTER PICOHIELO.					
DATOS DEL EXPERTO						
NOMBRE	Jenny Vilcao Borbor					
PROFESION	Ing. Civil					
AÑOS DE EXPERIENCIA	40 años					
TELEFONO	0997144090					
CORREO	jennyvilcao@hotmail.com					
FECHA DE VALIDACION	14-MAYO-2021					
	 FIRMA					
ITEM	PREGUNTA	RESPUESTA				
1	¿Separan y clasifican adecuadamente los residuos generados durante el proceso de producción de hielo industrial? o Sí o No	✓				
2	¿Se realizan acciones específicas para reducir la contaminación del agua marina debido a las descargas de agua salmuera u otros contaminantes? o Sí o No	✓				

3	¿Se implementan medidas para minimizar la contaminación del agua durante el proceso de producción de hielo industrial, como el uso de productos químicos menos nocivos? o Sí o No	✓						
4	¿Se lleva a cabo un adecuado tratamiento de los residuos líquidos antes de su descarga al medio ambiente para prevenir la contaminación del agua marina? o Sí o No	✓						
5	¿Están capacitados para identificar y reportar posibles situaciones de contaminación del agua marina en el área de producción de hielo industrial? o Sí o No	✓						
6	¿Se promueve entre el personal la importancia de adoptar prácticas sostenibles para reducir la contaminación del agua marina en el proceso de producción? o Sí o No	✓						
7	¿Creen que las descargas de componentes del hielo al mar causan impactos negativos en el ecosistema marino? o Sí o No	✓						
8	¿Consideran que Foxter Picohielo debería implementar más medidas para mitigar la contaminación del agua marina en su proceso de producción de hielo industrial? o Sí o No	✓						

ESCALA

	Actitud <i>Muy favorable</i> a la propuesta
	Actitud <i>Favorable</i> a la propuesta
	Actitud <i>Neutral</i> a la propuesta
	Actitud <i>Desfavorable</i> a la propuesta
	Actitud <i>Muy Desfavorable</i> a la propuesta
	<i>No tiene una opinión clara</i> sobre la propuesta

Anexo 7. Validación por expertos-entrevista

 UNIVERSIDAD ESTADAL PENINSULA DE SANTA ELENA FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL						
ASUNTO	VALIDACIÓN DE ENCUESTA POR EXPERTOS MEDIANTE ABACO DE REGNIER					
TEMA	EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL EN LA PRODUCCIÓN DE BLOQUES DE HIELO INDUSTRIAL PARA LA EMPRESA FOXTER PICOHIELO S.A., CANTÓN SALINAS, ECUADOR					
OBJETIVO	OBTENER INFORMACIÓN DETALLADA SOBRE CONSUMO DE RECURSOS, EMISIONES GEI, RESIDUOS GENERADOS EN LA PRODUCCIÓN DE HIELO INDUSTRIAL EN LA EMPRESA FOXTER PICOHIELO S.A.					
DATOS DEL EXPERTO						
NOMBRE	JAVIER SOTO VALENZUELA		 FIRMA			
PROFESION	DOCENTE UNIVERSITARIO					
AÑOS DE EXPERIENCIA	20					
TELEFONO	099 8287233					
CORREO	jsoto@upse.edu.ec					
FECHA DE VALIDACION	13-05-2024					
ITEM	PREGUNTA	RESPUESTA				
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	¿Podría proporcionar detalles sobre el consumo de recursos naturales, como agua y energía, en el proceso de producción de hielo industrial en su área?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	¿Qué medidas se han implementado para reducir el consumo de recursos en la producción de bloques de hielo industrial? ¿Cuál ha sido el impacto de estas medidas en términos de eficiencia y sostenibilidad?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3	¿Cuáles son las principales fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en el proceso de producción de hielo industrial en su área? ¿Se han tomado acciones específicas para mitigar estas emisiones?	✓					
4	¿Cómo se gestionan los residuos generados durante el proceso de producción de hielo industrial? Por favor, describa el manejo de los diferentes tipos de residuos, como sólidos y líquidos.	✓					
5	¿Existen metas establecidas para aumentar la tasa de reciclaje o reducir la generación de residuos?	✓					
6	¿Se lleva a cabo algún tipo de monitoreo o seguimiento de las emisiones de contaminantes al aire y al agua durante el proceso de producción de hielo industrial? En caso afirmativo, ¿cómo se realiza este monitoreo y qué resultados se han obtenido hasta ahora?	✓					
7	¿Cuáles considera que son los mayores desafíos en términos de reducción del consumo de recursos y emisiones, así como en la gestión de residuos en la producción de hielo industrial? ¿Qué estrategias están considerando para superar estos desafíos?	✓					
8	¿Cuál es la visión a largo plazo de su área en cuanto a la sostenibilidad ambiental en la producción de hielo industrial? ¿Qué objetivos tienen establecidos para mejorar continuamente en este aspecto?	✓					

ESCALA

	Actitud <i>Muy favorable</i> a la propuesta
	Actitud <i>Favorable</i> a la propuesta
	Actitud <i>Neutral</i> a la propuesta
	Actitud <i>Desfavorable</i> a la propuesta
	Actitud <i>Muy Desfavorable</i> a la propuesta
	<i>No tiene una opinión clara</i> sobre la propuesta

Anexo 8. Tratamiento de datos para validación de entrevista

Expertos	Tema	Respuesta
		Muy favorable
		Favorable
		Neutral
		Desfavorable
		Muy Desfavorable
		No tiene una opinion clara
Elgo. Javier Soto Valenzuela	¿Podría proporcionar detalles sobre el consumo de recursos naturales, como agua y energía, en el proceso de producción de hielo industrial en su área?	No tiene una opinion clara
Elgo. Javier Soto Valenzuela	¿Qué medidas se han implementado para reducir el consumo de recursos en la producción de bloques de hielo industrial, mencione cual ha sido el impacto de estas medidas en términos de eficiencia y sostenibilidad?	Neutral
Elgo. Javier Soto Valenzuela	¿Cuáles son las principales fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en el proceso de producción de hielo industrial en su área?	Favorable
Elgo. Javier Soto Valenzuela	¿Cómo se gestionan los residuos generados durante el proceso de producción de hielo industrial? Por favor, describa el manejo de los diferentes tipos de residuos, como sólidos y líquidos.	Muy favorable
Elgo. Javier Soto Valenzuela	¿Existen metas establecidas para aumentar la tasa de reciclaje o reducir la generación de residuos?	Muy favorable
Elgo. Javier Soto Valenzuela	¿Se lleva a cabo algún tipo de monitoreo o seguimiento de las emisiones de contaminantes al aire y al agua durante el proceso de producción de hielo industrial? En caso afirmativo, ¿cómo se realiza este monitoreo y qué resultados se han obtenido hasta ahora?	Muy favorable
Elgo. Javier Soto Valenzuela	¿Cuáles considera que son los mayores desafíos en términos de reducción del consumo de recursos y emisiones, así como en la gestión de residuos en la producción de hielo industrial?	Muy favorable
Elgo. Javier Soto Valenzuela	¿Cuál es la visión a largo plazo de su área en cuanto a la sostenibilidad ambiental en la producción de hielo industrial?	Muy favorable
Ing. Jonny Villo Borbor	¿Podría proporcionar detalles sobre el consumo de recursos naturales, como agua y energía, en el proceso de producción de hielo industrial en su área?	Favorable
Ing. Jonny Villo Borbor	¿Qué medidas se han implementado para reducir el consumo de recursos en la producción de bloques de hielo industrial, mencione cual ha sido el impacto de estas medidas en términos de eficiencia y sostenibilidad?	Muy favorable

Anexo 9. Tratamiento de datos para validación de encuesta

Expertos	Tema	Respuesta
		Muy favorable
		Favorable
		Neutral
		Desfavorable
		Muy Desfavorable
		No tiene una opinion clara
Elgo. Javier Soto Valenzuela	¿Separan y clasifican adecuadamente los residuos generados durante el proceso de producción de hielo industrial?	Favorable
Elgo. Javier Soto Valenzuela	¿Se realizan acciones específicas para reducir la contaminación del agua marina debido a las descargas de agua salmuera u otros contaminantes?	Neutral
Elgo. Javier Soto Valenzuela	¿Se utilizan productos químicos más dañinos y se omiten medidas para reducir la contaminación del agua durante el proceso de producción de hielo industrial?	Muy favorable
Elgo. Javier Soto Valenzuela	¿Se omite el adecuado tratamiento de los residuos líquidos antes de su descarga al medio ambiente, contribuyendo a la contaminación del agua marina?	Favorable
Elgo. Javier Soto Valenzuela	¿Están capacitados para identificar y reportar posibles situaciones de contaminación del agua marina en el área de producción de hielo industrial?	Muy favorable
Elgo. Javier Soto Valenzuela	¿Se promueve entre el personal la importancia de adoptar prácticas sostenibles para reducir la contaminación del agua marina en el proceso de producción?	Favorable
Elgo. Javier Soto Valenzuela	¿Creen que las descargas de componentes del hielo al mar no tienen ningún impacto negativo en el ecosistema marino?	Favorable
Elgo. Javier Soto Valenzuela	¿Consideran que Foster Picochelo debería implementar más medidas para mitigar la contaminación del agua marina en su proceso de producción de hielo industrial?	Muy favorable
Ing. Jonny Villo Borbor	¿Separan y clasifican adecuadamente los residuos generados durante el proceso de producción de hielo industrial?	Muy favorable
Ing. Jonny Villo Borbor	¿Se realizan acciones específicas para reducir la contaminación del agua marina debido a las descargas de agua salmuera u otros contaminantes?	Muy favorable

Anexo 10. Tabulación método Ábaco de Régnier entrevista

	1	2	3	4	5	6	Elgo, Javier Soto Valenzuela	Ing. Jonny Viljo Borbur	Ing. Nadia Quevedo Pinos	Elgo, Daiziana Rodriguez
1	Muy favorable									
2	Favorable									
3	Neutral									
4	Desfavorable									
5	Muy Desfavorable									
6	No tiene una opinion clara									
7	¿Podría proporcionar detalles sobre el consumo de recursos naturales, como agua y energia, en el proceso de producción de hielo industrial en su área?									
8	¿Qué medidas se han implementado para reducir el consumo de recursos en la producción de bloques de hielo industrial, mencione cual ha sido el impacto de estas medidas en términos de eficiencia y sostenibilidad?									
9	¿Cuáles son las principales fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en el proceso de producción de hielo industrial en su área?									
10	¿Cómo se gestionan los residuos generados durante el proceso de producción de hielo industrial? Por favor, describa el manejo de los diferentes tipos de residuos, como sólidos y líquidos.									
11	¿Existen metas establecidas para aumentar la tasa de reciclaje o reducir la generación de residuos?									
12	¿Se lleva a cabo algún tipo de monitoreo o seguimiento de las emisiones de contaminantes al aire y al agua durante el proceso de producción de hielo industrial? En caso afirmativo, ¿cómo se realiza este monitoreo y qué resultados se han obtenido hasta ahora?									
13	¿Cuáles considera que son los mayores desafíos en términos de reducción del consumo de recursos y emisiones, así como en la gestión de residuos en la producción de hielo industrial?									

Anexo 11. Tabulación método Ábaco de Régnier encuesta

	1	2	3	4	5	6	Elgo, Javier Soto Valenzuela	Ing. Jonny Viljo Borbur	Ing. Nadia Quevedo Pinos	Elgo, Daiziana Rodriguez
1	Muy favorable									
2	Favorable									
3	Neutral									
4	Desfavorable									
5	Muy Desfavorable									
6	No tiene una opinion clara									
7	¿Separan y clasifican adecuadamente los residuos generados durante el proceso de producción de hielo industrial?									
8	¿Se realizan acciones específicas para reducir la contaminación del agua marina debido a las descargas de agua salmuera u otros contaminantes?									
9	¿Se utilizan productos químicos más dañinos y se omiten medidas para reducir la contaminación del agua durante el proceso de producción de hielo industrial?									
10	¿Se omite el adecuado tratamiento de los residuos líquidos antes de su descarga al medio ambiente, contribuyendo a la contaminación del agua marina?									
11	¿Están capacitados para identificar y reportar posibles situaciones de contaminación del agua marina en el área de producción de hielo industrial?									
12	¿Se promueve entre el personal la importancia de adoptar prácticas sostenibles para reducir la contaminación del agua marina en el proceso de producción?									
13	¿Creen que las descargas de componentes del hielo al mar no tienen ningún impacto negativo en el ecosistema marino?									
14	¿Consideran que Foster PicoHielo debería implementar más medidas para mitigar la contaminación del agua marina en su proceso de producción de hielo industrial?									

Anexo 12. Datos de la encuesta en el software IBM SPSS 25

IBM SPSS Statistics Editor de datos

Archivo Editar Ver Datos Transformar Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

16 : Pregun ta2

	ID	Pregun ta1	Pregun ta2	Pregun ta3	Pregun ta4	Pregun ta5	Pregun ta6	Pregun ta7	Pregun ta8	var	var	var	var	var	var	var	var	var
1	1	1	2	1	1	2	2	2	1									
2	2	2	2	2	1	1	1	2	2									
3	3	2	2	2	2	2	2	2	1									
4	4	1	1	1	1	1	1	1	1									
5	5	2	1	1	2	2	2	2	2									
6	6	2	2	2	1	2	2	2	1									
7	7	2	2	2	1	2	1	2	2									
8	8	1	2	2	2	2	2	1	2									
9	9	1	2	1	1	1	1	1	1									
10	10	1	1	1	2	1	1	2	1									
11	11	2	1	1	1	1	1	1	1									
12	12	1	1	1	1	1	1	1	1									
13																		
14																		
15																		
16																		
17																		
18																		
19																		
20																		
21																		
22																		
23																		
24																		

IBM SPSS Statistics Processor está listo

Unicode:ACTIVADO Clásico

28°C Parc. soleado 03:11 p. m. 21/05/2024

Anexo 13. Análisis de Fiabilidad en el software IBM SPSS 25

IBM SPSS Statistics Visualizador

Archivo Editar Ver Datos Transformar Insertar Formgto Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

Fiabilidad

Escala: ALL VARIABLES

Resumen de procesamiento de casos

Casos	Válido	N	%
	Válido ^a	12	100.0
	Excluido ^a	0	0
	Total	12	100.0

^a La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.

Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
.809	8

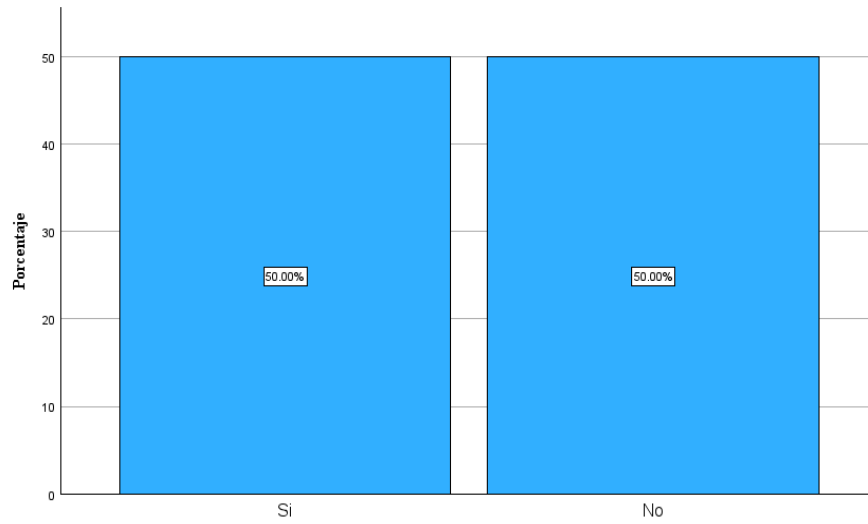
IBM SPSS Statistics Processor está listo

Unicode:ACTIVADO Clásico

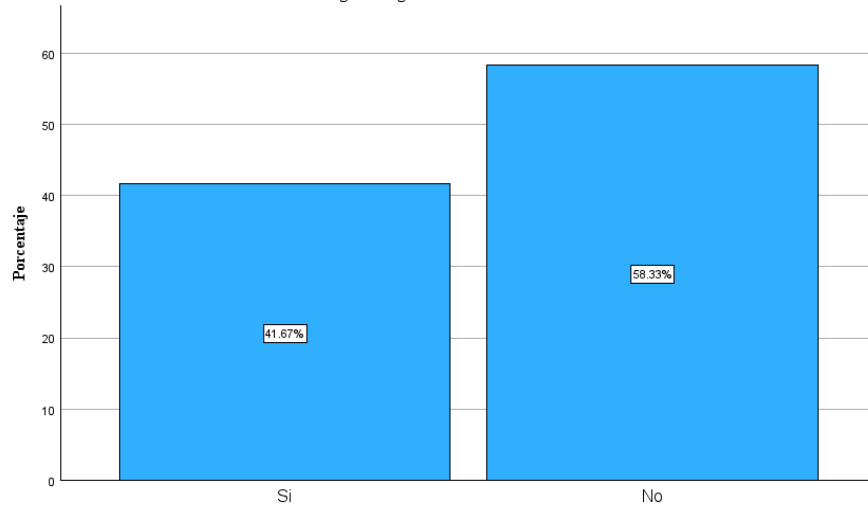
28°C Parc. soleado 03:13 p. m. 21/05/2024

Anexo 14. Gráficas de encuestas en el software IBM SPSS 25

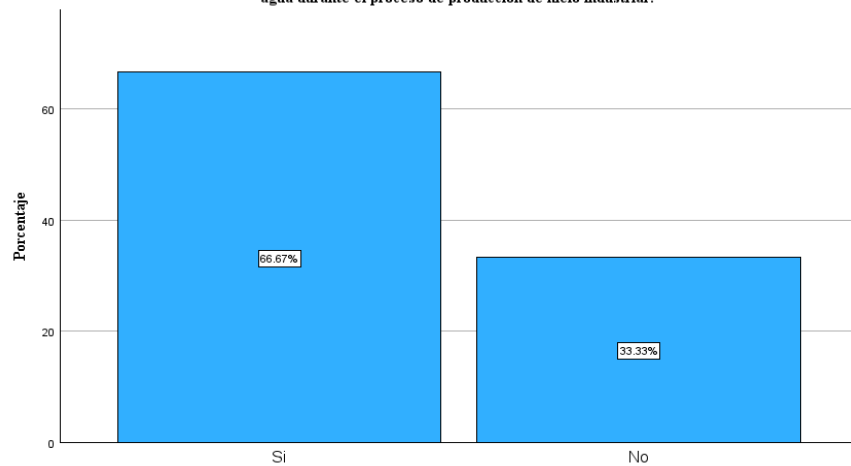
Pregunta 1. ¿Separan y clasifican adecuadamente los residuos generados durante el proceso de producción de hielo industrial?



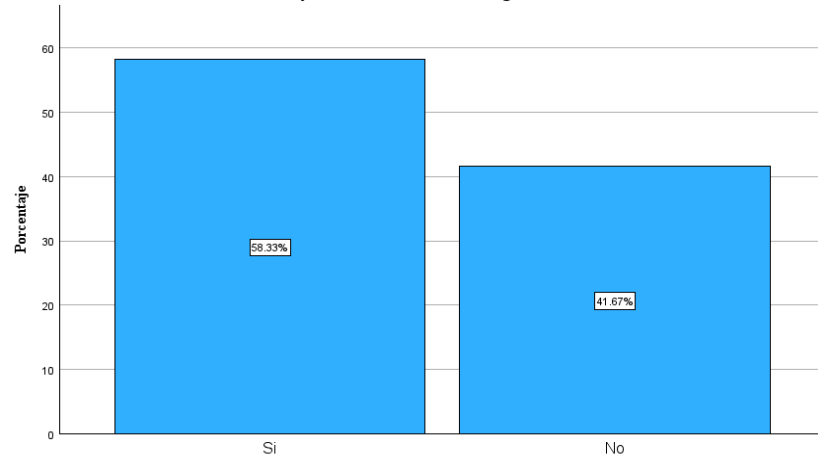
Pregunta 2. ¿Se realizan acciones específicas para reducir la contaminación del agua marina debido a las descargas de agua salmuera u otros contaminantes?



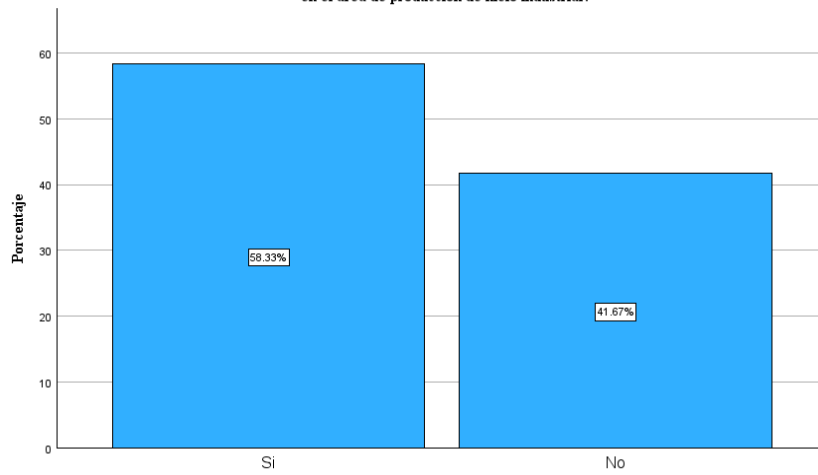
Pregunta 3. ¿Se utilizan productos químicos más dañinos y se omiten medidas para reducir la contaminación del agua durante el proceso de producción de hielo industrial?



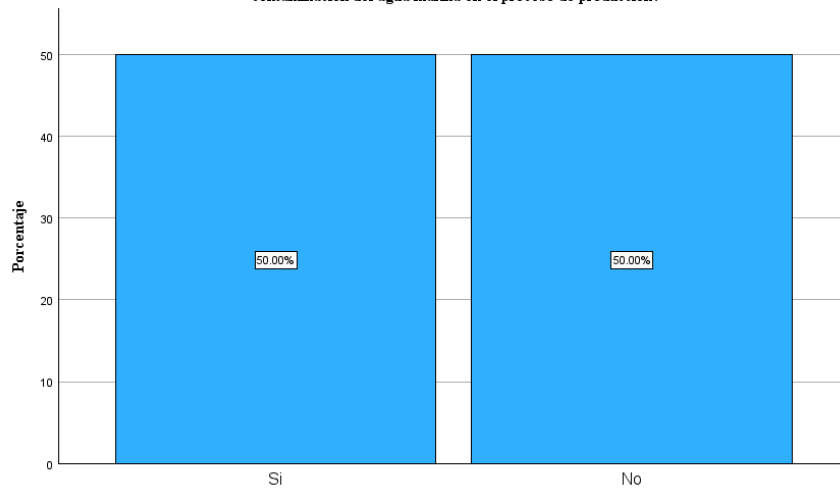
Pregunta 4. ¿Se omite el adecuado tratamiento de los residuos líquidos antes de su descarga al medio ambiente, contribuyendo a la contaminación del agua marina?



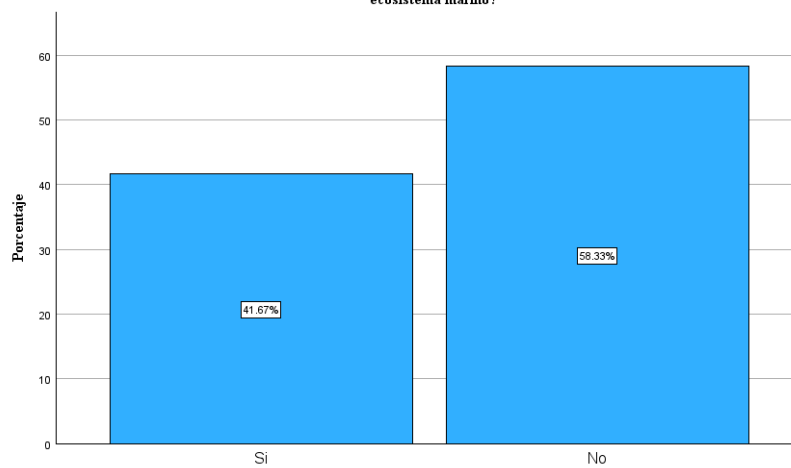
Pregunta 5. ¿Están capacitados para identificar y reportar posibles situaciones de contaminación del agua marina en el área de producción de hielo industrial?



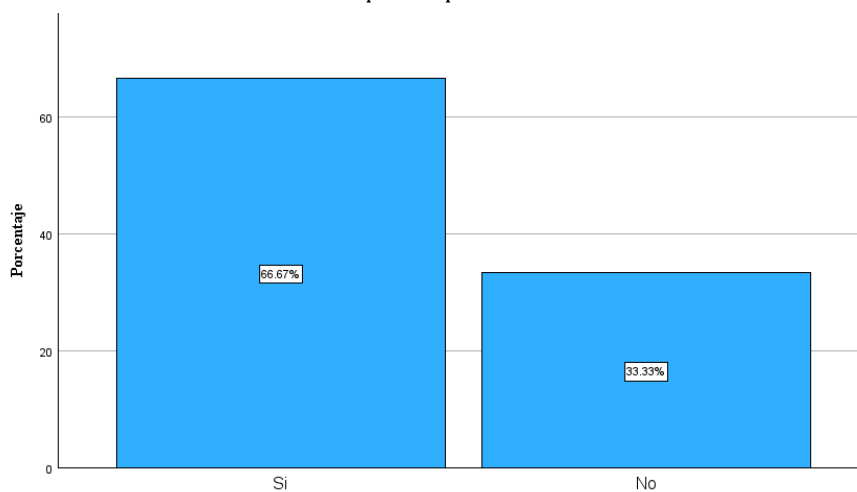
Pregunta 6. ¿Se promueve entre el personal la importancia de adoptar prácticas sostenibles para reducir la contaminación del agua marina en el proceso de producción?



Pregunta 7. ¿Creen que las descargas de componentes del hielo al mar no tienen ningún impacto negativo en el ecosistema marino?

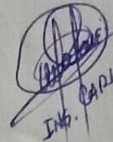


8. ¿Consideran que Foxter Picohielo debería implementar más medidas para mitigar la contaminación del agua marina en su proceso de producción de hielo industrial?



Anexo 15. Solicitud para permiso del uso de Analizador de gases

La Libertad, 20 de mayo de 2024


Ing. Carlos Malavé

ING. CARLOS MALAVÉ DOCENTE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN
PETRÓLEO UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA

Estimado Ing. Carlos Malavé,

Por medio de la presente, me dirijo a usted, yo Herrera Brunett Gerardo Antonio, con C.I. 0909254260, desempeñándome como Docente de la Carrera de Ingeniería Industrial y tutor de tesis de la estudiante Cochea González Meybelin Denisse, con número de la cédula de identidad número 2450093972 y actualmente inscrito en la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE) en la Carrera de Ingeniería Industrial.


Solicitamos su autorización para la obtención de un Medidor de Gases Nobles, indispensable para el proyecto de tesis titulado: "EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL EN LA PRODUCCIÓN DE BLOQUES DE HIELO INDUSTRIAL PARA LA EMPRESA FOXTER PICOHIELO S.A., CANTÓN SALINAS, ECUADOR". Este proyecto se basa en el análisis del ciclo de vida del proceso de producción del hielo para identificar los impactos ambientales que este genera, misma que se requiere del uso del medidor para realizar el levantamiento de datos.

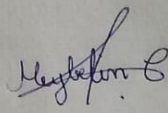
Reconocemos la importancia de los recursos de la UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA y garantizamos que el Medidor de Gases Nobles será empleado de manera responsable y exclusivamente para fines académicos. Nos comprometemos a asumir cualquier responsabilidad por daños o pérdidas que puedan ocurrir durante su uso.

Agradecemos de antemano su atención y esperamos contar con su aprobación para proceder con la adquisición del Medidor de Gases Nobles. Quedamos a su disposición para brindar cualquier información adicional que considere necesaria.

Esperamos su pronta respuesta.

Atentamente,


Herrera Brunett Gerardo Antonio
Tutor de Trabajo de Titulación
C.I. 0909254260


Cochea González Meybelin Denisse
Estudiante de UIC
C.I. 2450093972

Anexo 16. Validación de datos realizados con Analisador de gases

Ing. Carlos Malavé
ENCARGADO DE LABORATORIO DE FISICA
CARRERA DE INGENIERIA EN PETROLEO

En su despacho. –

Yo **Cochea González Meybelin Denisse** portador de la C.I. 2450093972, me comunico con usted a través de este medio para solicitar la validación de los datos obtenidos mediante la herramienta ANALIZADOR DE GASES PORTATIL KANE, que servirá para el desarrollo de Trabajo de Titulación con el tema “EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL EN LA PRODUCCIÓN DE BLOQUES DE HIELO INDUSTRIAL PARA LA EMPRESA FOXTER PICOHIELO S.A., CANTÓN SALINAS, ECUADOR”

Tabla 1. Datos de emisiones

Mediciones	%CO ₂	%CO	%O ₂	HCppm
1	0,9	1,39	15,15	8,95
2	2,90	2,01	14,76	6,10
3	4,00	0,67	14,13	2,14
4	3,40	1,61	14,39	15,00
5	1,80	2,64	15,66	140,00
Promedio	3,03	1,66	14,82	34,44

Nota: Elaborado por Autor

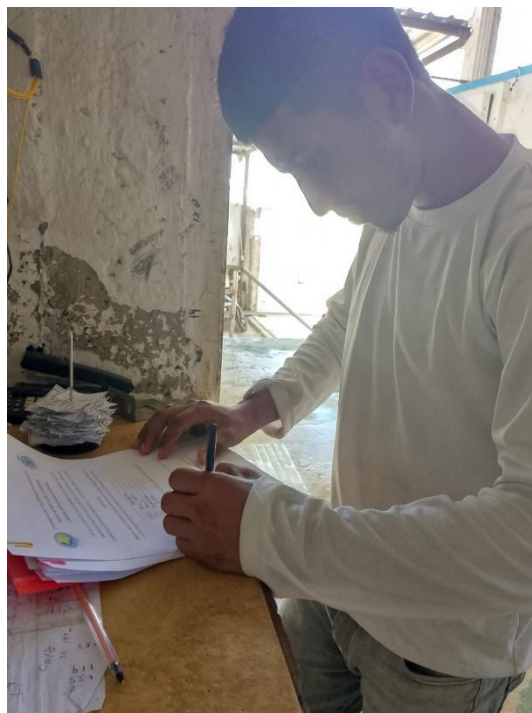
Cochea González Meybelin Denisse
C.I. 2450093972
Correo institucional: meybelin.cocheag@upse.edu.ec

ING. CARLOS MALAVÉ CARRERA.

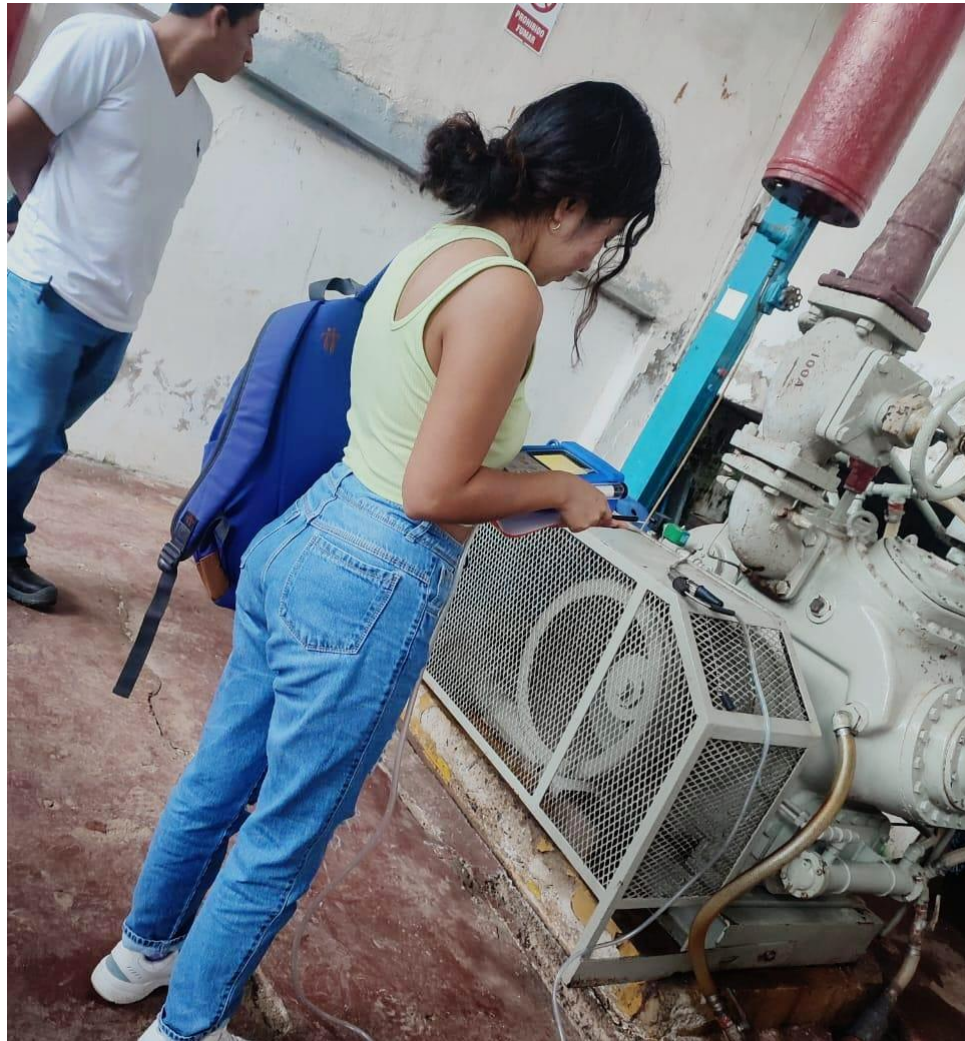
Anexo 17. Recolección de datos de entrevista



Anexo 18. Recolección de datos de encuesta



Anexo 19. Medición de CO_2 en compresor a base de aceite mediante el analizador de gases.



Anexo 20. Cálculos del presupuesto

Rubro	Descripción	Cantidad	Costo Unitario (USD)	Costo Total (USD)
Humano	Modelador	1	\$465.00	\$465.00
	Internet	1	\$22.00	\$22.00
	Software	1	\$0.00	\$0.00
Tecnológico	Computador	1	\$7,000.00	\$7,000.00
	Cursos de capacitación	1	\$90.00	\$90.00
Oficina	Materiales de oficina	1	\$20.00	\$20.00
Otros	Transporte		\$190.00	\$190.00
	Impresiones		\$35.00	\$35.00
	Subtotal			\$7,782.00
	10% de imprevistos			\$778.20
	15% de reajuste			\$1,167.30
	TOTAL		\$9,727.50	

	0	1	2	3	4	5
Flujo Fondo	\$ 9,727.50	\$ 2,918.25	\$ 2,918.25	\$ 2,918.25	\$ 2,918.25	\$ 2,918.25
Saldo Actual	\$ 9,727.50	\$ 2,652.95	\$ 2,411.78	\$ 2,192.52	\$ 1,993.20	\$ 1,812.00
Saldo Actual	\$ 9,727.50	\$ -7,074.55	\$ -4,662.77	\$ -2,470.24	\$ -477.04	\$ 1,334.96

