

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



T E S I S

**Mejoramiento y optimización del manejo de los residuos sólidos
desarrollado por la empresa Ferrocarril Central Andino S.A.**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Ambiental

Autor:

Bach. Oscar Lino CABALLERO DAGA

Asesor:

Dr. Luis Villar REQUIS CARBAJAL

Cerro de Pasco – Perú – 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL



T E S I S

**Mejoramiento y optimización del manejo de los residuos sólidos
desarrollado por la empresa Ferrocarril Central Andino S.A.**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado.

Dr. Eleuterio Andres ZAVALETA SANCHEZ
PRESIDENTE

David Johnny CUYUBAMBA ZEVALLOS
MIEMBRO

Mg. Edgar Walter PÉREZ JUZCAMAYTA
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides
Carrión Facultad de Ingeniería
Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 181-2024-UNDAC/UIFI

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Tesis:

Mejoramiento y optimización del manejo de los residuos sólidos desarrollado por la empresa Ferrocarril Central Andino S.A.

Apellidos y nombres del tesista:

Bach. CABALLERO DAGA, Oscar Lino

Apellidos y nombres del Asesor:

Dr. REQUIS CARBAJAL, Luis Villar

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería Ambiental

Índice de Similitud

11 %

APROBADO

Se informa el Reporte de evaluación del software similitud para los fines pertinentes:

Cerro de Pasco, 17 de setiembre del 2024

	Firma Digital UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN [AVANZADA]	Firmado digitalmente por MEJIA CACERES Reynaldo FAU 20154605046 soft Motivo: Soy el autor del documento Fecha: 17.09.2024 20:37:37 -05:00
---	---	---

DEDICATORIA

Quiero dedicar esta tesis a Dios, fuente de inspiración y fortaleza en mi vida, y a mi madre, Ana María, quien ha sido mi mayor apoyo y guía. Gracias a su amor, sus sabios consejos, su paciencia infinita y su respaldo incondicional, hoy soy quien soy. También dedico este logro a mis hermanos Silvia, Javier, Katy, Denis y Yessica, quienes, más que hermanos, son mis verdaderos amigos. Finalmente, a toda mi familia, que es el mayor regalo y bendición que Dios me ha dado, les expreso mi más profundo agradecimiento.

AGRADECIMIENTO

Agradezco de corazón a los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, quienes con su dedicación, conocimientos y compromiso formaron en mí no solo una base académica sólida, sino también valores fundamentales para ejercer mi profesión. Su guía y apoyo constante han sido pilares importantes en este camino hacia la culminación de mis estudios. A todos ellos, mi más sincera gratitud.

RESUMEN

Ferrocarril Central Andino S.A. es una empresa ferroviaria que ofrece servicios de transporte de carga y pasajeros en el tramo Lima - La Oroya - Cerro de Pasco. El Plan de Manejo de Residuos Sólidos de la organización se ajusta a las regulaciones legales y busca abordar los desafíos relacionados con la gestión de residuos sólidos. Uno de los problemas principales es la falta de conciencia y compromiso de los empleados y la dirección en la gestión de residuos, lo que conduce a una mezcla inadecuada de residuos reciclables y no reciclables, aumentando los costos de disposición. El objetivo del estudio es mejorar y optimizar la gestión de residuos. Para ello se emplearon estrategias para optimizar la gestión de residuos sólidos, comparando la generación mensual antes y después de su implementación. Antes de las mejoras, se generaban mensualmente 6.512 toneladas de Residuos No Reaprovechables, pero después de las estrategias, esta cifra disminuyó a 5.944 toneladas, una reducción de 0.568 toneladas al mes. En cuanto a los residuos reaprovechables, se generaban 17.678 toneladas al mes, y después de las estrategias de mejora, esta cifra bajó a 17.331 toneladas, una diferencia de 0.347 toneladas mensuales, llegando a concluir que las estrategias implementadas fueron efectivas en la optimización de la gestión de residuos en la empresa Ferrocarril Central Andino S.A., contribuyendo a la reducción de residuos no reaprovechables y promoviendo prácticas más sostenibles.

Palabras Claves: Residuos sólidos, Reaprovechables, estrategias de mejora, optimización de residuos

ABSTRACT

Ferrocarril Central Andino S.A. is a railway company that provides freight and passenger transportation services on the Lima - La Oroya - Cerro de Pasco section. The organization's Solid Waste Management Plan conforms to legal regulations and seeks to address challenges related to solid waste management. One of the main problems is the lack of awareness and commitment of employees and management in waste management, which leads to an inadequate mix of recyclable and non-recyclable waste, increasing disposal costs. The objective of the study is to improve and optimize waste management. To this end, strategies were employed to optimize solid waste management, comparing monthly generation before and after implementation. Before the improvements, 6,512 tons of Non-Reusable Waste were generated monthly, but after the strategies, this figure decreased to 5,944 tons, a reduction of 0.568 tons per month. As for Reusable Waste, 17,678 tons were generated monthly, and after the improvement strategies, this figure dropped to 17,331 tons, a difference of 0.347 tons per month, concluding that the strategies implemented were effective in optimizing waste management in Ferrocarril Central Andino S.A., contributing to the reduction of non-reusable waste and promoting more sustainable practices.

Keywords: Solid waste, reusable, improvement strategies, waste optimization.

INTRODUCCIÓN

El problema del mejoramiento y optimización del manejo de los residuos sólidos es un desafío a nivel internacional en los diferentes países del mundo, enmarcado dentro de sus políticas públicas, de cumplimiento tanto para el sector público y privado, esto debido a la gran magnitud, de la generación de residuos sólidos, ha aumentado significativamente debido al crecimiento de la población y el consumo, lo que ha llevado a una acumulación excesiva de desechos en vertederos y sitios de disposición final. Esto plantea preocupaciones ambientales, como la contaminación del suelo y del agua, así como la liberación de gases de efecto invernadero. Además, la gestión ineficiente de los residuos sólidos también representa un problema de salud pública, ya que puede dar lugar a la propagación de enfermedades y la proliferación de vectores de enfermedades

Por lo que la optimización del manejo de los residuos sólidos es esencial para reducir el impacto negativo en el medio ambiente y aprovechar los recursos valiosos presentes en los desechos. Esto implica la implementación de estrategias como la reducción en la fuente, la reutilización, el reciclaje y la recuperación de energía a partir de los residuos. Sin embargo, la falta de infraestructura adecuada, la conciencia limitada sobre la importancia de la gestión de residuos y la falta de regulación efectiva son obstáculos comunes en muchos lugares del mundo. Superar estos desafíos requiere la colaboración del gobierno, de la industrias, las comunidades y de las organizaciones para desarrollar sistemas de gestión de residuos sólidos más eficientes y sostenibles que promuevan la reducción de la generación de residuos y la minimización de su impacto ambiental.

Es por ello que, en Singapur, la gestión de residuos sólidos es prioridad, convirtiéndose en un referente mundial. Un estudio realizado por la Universidad Nacional de Singapur examinó las prácticas de recolección, reciclaje y eliminación de residuos en la ciudad-estado. Este estudio resalta la importancia de la educación pública, la tecnología avanzada de incineración y la inversión en infraestructura de

gestión de residuos para lograr altas tasas de reciclaje y minimizar el impacto ambiental. De igual manera la ciudad de San Francisco ha sido pionera en la reducción de residuos sólidos mediante la implementación de programas de compostaje obligatorios. Un estudio realizado por la Universidad de California en Berkeley analizó los beneficios económicos y ambientales de la valorización de residuos orgánicos a través del compostaje. Los resultados destacaron la disminución de la cantidad de residuos enviados a vertederos, la producción de compost de alta calidad y la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. Del mismo modo la Unión Europea ha desarrollado políticas y regulaciones estrictas para abordar la gestión de residuos electrónicos, conocidos como residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). Un estudio llevado a cabo por la Agencia Europea de Medio Ambiente examinó la implementación de estas políticas en varios países miembros. Los hallazgos resaltaron la necesidad de mejorar la recopilación selectiva, el reciclaje y la recuperación de materiales valiosos de los RAEE para reducir el impacto ambiental y fomentar una economía circular.

La proliferación de residuos plásticos es un desafío global, y la India no es una excepción. Un estudio realizado por el Instituto de Tecnología de Delhi se centró en estrategias innovadoras para abordar el problema de los residuos plásticos, incluyendo la fabricación de ladrillos ecológicos a partir de residuos plásticos. Este enfoque busca no solo reducir la cantidad de plástico en vertederos y océanos, sino también crear oportunidades económicas a través de la reutilización de materiales (Huamaní Montesinos et al., 2020).

El estudio se centra en mejorar la gestión de residuos sólidos en la empresa, Ferrocarril Central Andino. El aumento de las actividades en la empresa, ha generado un mayor incremento de residuos, lo que afecta negativamente al medio ambiente, especialmente en zonas de baja altitud como en la costa de Lima donde se ubica las oficinas operativas de la empresa. La degradación rápida de los desechos orgánicos puede propagar enfermedades. El objetivo es promover una cultura ambiental que

reduzca la generación de residuos desde la fuente y fomente la reutilización de utensilios y herramientas. Todo esto en cumplimiento estricto del reglamento de seguridad y salud ocupacional.

ÍNDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
ÍNDICE	

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Identificación y determinación del problema	1
1.2. Delimitación de la investigación	2
1.3. Formulación del problema.....	4
1.3.1. Problema general	4
1.3.2. Problemas específicos	4
1.4. Formulación de Objetivos.	5
1.4.1. Objetivo general	5
1.4.2. Objetivos específicos.....	5
1.5. Justificación de la investigación	5
1.6. Limitaciones de la investigación.....	7

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudio	9
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	9
2.1.2. Antecedentes nacionales	11
2.2. Bases teóricas- científicas	12
2.3. Definición de términos básicos	20
2.4. Formulación de hipótesis	23
2.4.1. Hipótesis general.....	23

2.4.2. Hipótesis específicas.....	23
2.5. Identificación de las variables	23
2.5.1. Variable independiente.....	23
2.5.2. Variable dependiente.....	23
2.6. Definición Operacional de variables e indicadores.....	23

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

3.1. Tipo de Investigación	25
3.2. Nivel de Investigación	26
3.3. Métodos de investigación	26
3.4. Diseño de investigación	26
3.5. Población y muestra	26
3.5.1. Población	26
3.5.2. Muestra	27
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	27
3.6.1. Métodos y técnicas de recolección de datos.....	27
3.6.2. Selección y toma de muestra	27
3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.	28
3.8. Técnicas de procesamientos y análisis de datos	29
3.9. Tratamiento Estadístico	29
3.10. Orientación ética filosófica y epistémica.....	30

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo.....	31
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	33
4.3. Prueba de Hipótesis.....	43
4.4. Discusión de resultados.....	43

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Coordenadas Geográficas del Ferrocarril Central Andino S.A.....</i>	<i>4</i>
<i>Tabla 2: Marco legal</i>	<i>13</i>
<i>Tabla 3: Proceso de la gestión de residuos solidos.....</i>	<i>15</i>
<i>Tabla 4: Gestión de los Residuos Electrónicos RAEE.....</i>	<i>16</i>
<i>Tabla 5: Clasificación de residuos sólidos en la empresa</i>	<i>20</i>
<i>Tabla 6: Matriz de operacionalización de las variables.....</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 7:.....</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 8: Correlaciones de las variables de estudio para los Residuos No Reaprovechables.....</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 9: Resultados de la observación de los Residuos Reaprovechables (Tn)</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 10: Correlaciones de las variables de estudio para los Residuos Reaprovechables</i>	<i>43</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1 Ubicación del área de estudio</i>	4
<i>Figura 2 Transito ferroviario</i>	32
<i>Figura 3 Área de Maestranza</i>	33
<i>Figura 4 Equipos logísticos de las empresas operadoras</i>	36
<i>Figura 5 Comercialización de residuos metálicos</i>	37

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Identificación y determinación del problema

Ferrocarril Central Andino S.A., Organización ferroviaria dedicada a la prestación de servicio de transporte ferroviario de carga y pasajeros en el tramo Lima – La Oroya – Cerro de Pasco, ha desarrollado el presente documento conforme a los dispositivos legales, por tal motivo, el presente Plan de Manejo de Residuos Sólidos de la organización, es un documento de carácter técnico/operativo en donde se detallan las responsabilidades y acciones necesarias para el manejo de los residuos sólidos y se enmarca dentro de la política general de la empresa, dando cumplimiento con el Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos y su reglamento el D.S. N° 014-2017-PCM.

En el presente estudio se incluyen acciones y procedimientos basados en criterios sanitarios ambientales y de viabilidad técnica-económica para la reducción de estos residuos desde la fuente de generación hasta su disposición final; asimismo se incluyen modelos de registros, reportes, programas de capacitación y auditorias periódicas con el fin de implementar el manejo adecuado de los residuos sólidos dentro de las diversas áreas de la empresa (DOMUS, 2018).

El manejo de residuos sólidos en una empresa privada puede plantear varios desafíos significativos que afectan tanto a la eficiencia operativa como a la responsabilidad ambiental. Uno de los problemas más comunes es la falta de conciencia y compromiso por parte de los empleados y la dirección en lo que respecta a la gestión de residuos. Esto puede llevar a una mezcla inadecuada de residuos reciclables y no reciclables, lo que dificulta el proceso de reciclaje y aumenta los costos de disposición.

Otro problema común es la falta de infraestructura adecuada para la segregación y el almacenamiento temporal de los residuos. Sin contenedores adecuados y sistemas de gestión de residuos, la empresa puede enfrentar problemas de higiene y contaminación ambiental. Además, la falta de capacitación y procesos claros para el manejo de residuos sólidos puede llevar a la negligencia y a prácticas inadecuadas.

El costo financiero de la gestión de residuos sólidos también es un problema importante para muchas empresas privadas. El transporte y la disposición de residuos pueden representar un gasto considerable, especialmente si no se implementan prácticas de reducción, reutilización y reciclaje adecuadas. Esto puede afectar negativamente la rentabilidad de la empresa y su competitividad en el mercado.

El propósito de la investigación es evaluar el Plan de Manejo de Residuos Sólidos están orientados a continuar el mejoramiento y optimización del manejo de los Residuos Sólidos generados producto de las actividades que viene desarrollando Ferrocarril Central Andino S.A.

1.2. Delimitación de la investigación

La presente investigación se delimita según:

Delimitación teórica

El estudio del mejoramiento y optimización del manejo de los residuos sólidos implica la búsqueda de soluciones y estrategias que permitan reducir la

cantidad de residuos generados, maximizar la recuperación de materiales valiosos, minimizar la contaminación ambiental y garantizar el cumplimiento de las normativas aplicables. Esto se logra a través de la implementación de tecnologías avanzadas, la educación y concienciación pública, la colaboración entre actores gubernamentales y privados, y la promoción de prácticas sostenibles en todos los niveles de la sociedad.

Delimitación espacial

Ferrocarril Central Andino S.A. es una organización ferroviaria dedicada al transporte ferroviario de carga y pasajeros en la red vial del Ferrocarril del centro, la cual atraviesa los departamentos de Lima, Junín y Cerro de Pasco.

El recorrido inicia en Patio Central – Distrito del Callao (PK 0.00) que se encuentra al nivel del mar, cruzando por la ciudad de Lima hacia el Este, pasando por diversas zonas climáticas en forma ascendente a lo largo del eje del río Rímac, hasta los 4,781 m.s.n.m. de donde desciende hasta llegar a La Oroya (3,726 m.s.n.m. equivalente al PK 222.00 de la línea férrea).

A partir de La Oroya la vía férrea se divide en dos rutas, una hacia la ciudad de Huancayo (PK 346.00) y otra hacia la ciudad de Cerro de Pasco (PK 132.00)

Tiempo:

Empieza en el mes de setiembre y finaliza en el mes de noviembre del 2023.

Figura 1

Ubicación del área de estudio



Nota: Google Earch Pro

Tabla 1:

Coordenadas Geográficas del Ferrocarril Central Andino S.A

COORDENADAS DE UBICACIÓN
NORTE: 8680109 m S
ESTE: 315832 m E

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿De qué manera mejorar y optimizar el manejo de los residuos sólidos en la empresa FERROCARRIL CENTRAL ANDINO S.A.?

1.3.2. Problemas específicos

- A. ¿Cómo realizar los trabajos en la fuente como la separación y la reducción de los residuos sólidos de la empresa?
- B. ¿De qué manera capacitar en reciclaje y recolección eficiente de los residuos sólidos de la empresa?

- C. ¿Como cumplir con la legislación de los residuos sólidos en la empresa?

1.4. Formulación de Objetivos.

1.4.1. Objetivo general

Mejorar y optimizar el manejo de los residuos sólidos en la empresa Ferrocarril Central Andino S.A.

1.4.2. Objetivos específicos

- A. Realizar los trabajos en la fuente como la separación y la reducción de los residuos sólidos de la empresa
- B. Capacitar en reciclaje y recolección eficiente de los residuos sólidos de la empresa
- C. Cumplir con la legislación de los residuos sólidos en la empresa.

1.5. Justificación de la investigación

La justificación teórica del mejoramiento y optimización del manejo de los residuos sólidos se basa en la comprensión de los impactos negativos que la gestión inadecuada de los residuos puede tener en el medio ambiente, la salud humana y la economía. Desde una perspectiva ambiental, la acumulación de residuos en vertederos puede generar contaminación del suelo y del agua, liberar gases de efecto invernadero y contribuir a la degradación de ecosistemas. Desde una perspectiva de salud pública, la gestión deficiente de los residuos puede aumentar el riesgo de enfermedades relacionadas con la exposición a desechos peligrosos. Además, económicamente, un manejo ineficiente de residuos puede resultar en costos significativos para las empresas y los gobiernos. Por lo tanto, el mejoramiento y la optimización de la gestión de residuos sólidos se justifican teóricamente como una medida esencial para mitigar impactos ambientales adversos, proteger la salud pública y promover la eficiencia económica(Rondón Toro et al., 2016).

La justificación práctica del mejoramiento y optimización del manejo de los residuos sólidos radica en sus beneficios tanto para las empresas como para el medio ambiente. Reducir, reutilizar y reciclar los residuos sólidos no solo disminuye los costos de eliminación y promueve la eficiencia operativa, sino que también ayuda a reducir la huella ecológica de la empresa al disminuir la contaminación del suelo, agua y aire, y al conservar recursos naturales valiosos. Además, el cumplimiento de regulaciones ambientales cada vez más estrictas es esencial para evitar multas y sanciones, lo que convierte la gestión responsable de residuos en una inversión crucial para la sostenibilidad a largo plazo de las operaciones empresariales.

La justificación social del mejoramiento y optimización del manejo de los residuos sólidos radica en la protección de la salud y el bienestar de la comunidad en su conjunto. Un adecuado manejo de residuos sólidos reduce la contaminación del aire, el agua y el suelo, lo que a su vez disminuye los riesgos para la salud de las personas. Además, promueve la creación de empleo en la gestión de residuos, fomenta la economía circular y contribuye a un entorno más limpio y agradable para las generaciones presentes y futuras. En última instancia, la mejora en la gestión de residuos sólidos beneficia a la sociedad al promover un ambiente más saludable y sostenible (Olivas Valverde, 2012).

Importancia y alcances de la investigación

A. Importancia

El estudio y el mejoramiento del manejo de residuos sólidos son de crucial importancia en la actualidad debido a su impacto directo en la sostenibilidad ambiental y la salud pública. Una gestión inadecuada de los residuos puede resultar en la contaminación del aire, agua y suelo, así como en la propagación de enfermedades. Además, los residuos sólidos mal gestionados contribuyen al agotamiento de recursos naturales y al cambio climático a través de la emisión de gases de efecto invernadero. Por lo tanto,

la optimización de la gestión de residuos, que incluye la reducción en la fuente, el reciclaje y el compostaje, no solo reduce el impacto negativo en el medio ambiente, sino que también puede generar beneficios económicos y promover la responsabilidad social corporativa en empresas y comunidades (Coacalla Castillo, 2018).

B. Alcances

El presente Plan de Manejo de Residuos se aplica a la empresa Ferrocarril Central Andino SA, además de sus Instalaciones y Proyectos, en la gestión de residuos desde su generación hasta su disposición final de forma adecuada y de acuerdo a la ley General Residuos Sólidos 1278, su respectivo reglamento y otras normas de aplicación. Esto abarca una amplia gama de aspectos relacionados con la gestión de residuos en diferentes contextos, ya sea a nivel de una empresa, una comunidad o a nivel más amplio de una región o país. Este estudio busca comprender y analizar la generación de residuos, las prácticas actuales de manejo, la infraestructura disponible, los desafíos existentes y las oportunidades para implementar medidas que reduzcan la cantidad de residuos generados, fomenten la reutilización y el reciclaje, y promuevan la disposición final adecuada y sostenible. Además, se consideran factores económicos, ambientales y sociales, junto con la evaluación de la legislación y regulaciones aplicables, con el objetivo de desarrollar estrategias efectivas que mejoren la gestión de los residuos sólidos y contribuyan a la sostenibilidad y al bienestar de la comunidad o la entidad estudiada (OMS, 2003).

1.6. Limitaciones de la investigación

Las limitaciones en el mejoramiento y optimización del manejo de los residuos sólidos pueden incluir restricciones financieras que dificultan la inversión en infraestructura y tecnología avanzada para la gestión de residuos, la falta de conciencia y compromiso de la comunidad y las partes interesadas,

la variabilidad en la composición de los residuos que dificulta su tratamiento y reciclaje, y la resistencia al cambio en las prácticas existentes de eliminación de residuos. Además, las regulaciones gubernamentales a veces pueden ser complicadas y difíciles de cumplir, lo que puede generar obstáculos burocráticos. Estas limitaciones requieren enfoques creativos y estratégicos para superar los desafíos en la mejora y optimización del manejo de residuos sólidos (Martinez Cruz & Solano Quevedo, 2018).

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudio

2.1.1. Antecedentes internacionales

Wei, Wu, y Zhao (2018) En su investigación titulada "Optimización de rutas para la recogida de residuos sólidos urbanos mediante un algoritmo genético mejorado", Wei, Wu y Zhao abordan la optimización de las rutas de recogida de residuos en entornos urbanos. Utilizan un algoritmo genético mejorado para reducir los costos de transporte y minimizar el tiempo de recolección, contribuyendo así a la eficiencia operativa de la gestión de residuos.

Wollmann (2015) En su estudio "Modelo de Optimización para la Gestión de Residuos Sólidos Urbanos: Aplicación en la Ciudad de São Paulo", Silva, Valladares y Baptista desarrollaron un modelo matemático para optimizar la ubicación de contenedores de basura en la ciudad de São Paulo, Brasil. Su investigación busca mejorar la eficiencia en la recolección y reducir los costos asociados con la gestión de residuos.

Radwan et al. (2021) En un esfuerzo por abordar el problema de los residuos sólidos en áreas urbanas en desarrollo, Salem y Al-Rowaih llevaron a cabo una investigación titulada "Optimization of Solid Waste Collection in Riyadh, Saudi Arabia". Su estudio se centró en la optimización de rutas de

recolección de residuos en Riyadh, Arabia Saudita, con el objetivo de mejorar la eficiencia y reducir el impacto ambiental.

Galante et al. (2010) En el artículo "A Multi-objective Model for the Collection and Transportation of Solid Urban Waste Considering Time Windows and Environmental Impact," Pérez-López y su equipo investigaron la optimización de la recogida y transporte de residuos sólidos urbanos. Su modelo multiobjetivo tiene en cuenta ventanas de tiempo y el impacto ambiental, proporcionando una visión más completa de la gestión de residuos.

Li, Hu, y Huang (2020) En su investigación titulada "Optimal Design of Integrated Solid Waste Collection and Sorting Networks Considering Environmental Impact," Li, Hu y Huang se enfocaron en la optimización de la recolección y clasificación de residuos sólidos. Su enfoque incluye la consideración del impacto ambiental y la eficiencia de los sistemas integrados de gestión de residuos, proporcionando información valiosa para una gestión más sostenible de los residuos sólidos urbanos.

Alcocer Quinteros, Cevallos Muñoz, & Knudsen González (2019) El propósito de este estudio es desarrollar un modelo matemático con un enfoque de múltiples objetivos con el fin de mejorar la gestión integral de la cadena de suministro en el proceso de recolección de residuos sólidos urbanos en el cantón de Quevedo, ubicado en Ecuador. Este modelo tiene como objetivo abordar las deficiencias identificadas en la literatura científica existente y proporcionar información relevante para respaldar la toma de decisiones por parte de las autoridades del cantón de Quevedo. Para lograr este objetivo, se lleva a cabo una evaluación de las condiciones actuales en todos los aspectos del proceso de recolección, transporte, transferencia y tratamiento de los residuos sólidos urbanos. Además, se identifican los indicadores que se utilizarán para evaluar la eficiencia de la gestión actual en este proceso. Luego, se procede a desarrollar un modelo matemático que busca la optimización de

tres objetivos específicos, considerando varias restricciones. El resultado final de este enfoque se centra en la reestructuración de la cadena de suministro relacionada con la gestión de residuos sólidos urbanos, con el objetivo de minimizar costos, maximizar la reducción del impacto ambiental y aumentar la satisfacción del cliente.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Montalban Farroñan (2018) refiere a la planificación de rutas representa un aspecto crítico en la operación de cualquier sistema logístico, ya que tiene un impacto significativo en el consumo de combustible, la reducción de costos y la huella de carbono. En esencia, el problema de planificación de rutas implica encontrar la ruta más económica entre dos ubicaciones en un entorno específico. En esta tesis, se desarrolló un planificador de rutas para la recolección de residuos sólidos, con el propósito de optimizar el recorrido que debe seguir el conductor del vehículo para recoger los desechos sólidos en los puntos críticos designados por los usuarios en el distrito de Chiclayo, Lambayeque. El desarrollo de la aplicación comenzó identificando los puntos críticos, que se consideran focos de infección. Se creó un modelo de mapa de Chiclayo como un grafo dirigido, que almacenó información sobre la ubicación de estos puntos críticos, incluyendo sus coordenadas geográficas (latitud y longitud), proporcionadas por el proveedor de servicios de mapas, en este caso, Google Maps. Para encontrar la ruta más óptima, se utilizó un Algoritmo Genético que tuvo en cuenta las direcciones de las calles. Los resultados de las pruebas realizadas confirmaron la eficacia del Algoritmo Genético, especialmente cuando se empleó una población de 20 individuos. Este enfoque logró minimizar los costos y, en cuanto al tiempo de ejecución, se observó que a medida que aumentaba el número de destinos, el algoritmo requería más tiempo para generar una solución óptima.

Arboleda Obando (2015) En su estudio se centra en mejorar la gestión de los residuos sólidos en el distrito de Motupe, ubicado en el departamento de Lambayeque. El enfoque de investigación se basa en el modelo desarrollado por el Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP). La recopilación de información primaria y secundaria siguió la metodología del SNIP y se llevó a cabo en colaboración con el formulador de proyectos del SNIP en la Municipalidad Distrital de Motupe, mediante entrevistas, además de la consulta de revistas, tesis, libros e internet. Es importante destacar que los resultados obtenidos reflejaron un impacto ambiental altamente positivo, con la recolección del 100% de los residuos generados, que se estimó en 4773.11 toneladas por día en el año de referencia. Esto contribuirá a mejorar las condiciones ambientales en la zona y tendrá un efecto positivo en el comportamiento de la población beneficiaria. La alternativa seleccionada se considera la más adecuada debido a que genera un Valor Actual Neto Social (VACS) positivo, lo que garantiza beneficios cuantificables y sostenibilidad. En cuanto a las conclusiones principales, se destaca que, en términos medioambientales, se espera una reducción significativa de la contaminación ambiental urbana y un impulso en los efectos positivos para el mejoramiento del entorno. Además, se prevé una disminución en el riesgo de enfermedades infecciosas y contagiosas."

2.2. Bases teóricas- científicas

Dimensión marco legal:

La elaboración del Plan Manejo de los Residuos Sólidos de Ferrocarril Central Andino S.A., se realiza en conformidad con la base legal aplicable.

Tabla 2:
Marco legal

DISPOSITIVOS	ASUNTOS	PUBLICACIONES
Constitución Política del Perú	Art. 67.-El estado determina la política nacional del ambiente.	29 de Diciembre de 1993
Ley 28256 – PCM. Ley que Regula el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos	La presente ley tiene por objeto regular las actividades, procesos y operaciones del transporte terrestre de los materiales y residuos peligrosos con sujeción a los principios de prevención y de protección de las personas, el medio ambiente y la propiedad.	19 de Junio del 2004
NTP 900.058. Norma Técnica Peruana – Gestión de Residuos Sólidos, Código de Colores para los Dispositivos de Almacenamiento de Residuos (*)	Esta norma técnica establece los colores a ser utilizados en los dispositivos de almacenamiento de residuos con el fin de asegurar la identificación y segregación de los mismos.	12 de Junio del 2005
Ley N° 28611- PCM. Ley General del Ambiente	Art. 119.- La gestión de los residuos sólidos empresariales es responsabilidad del generador hasta su adecuada disposición final.	13 de Octubre del 2005
Decreto Supremo N° 021-2008-MTC. Reglamento Nacional de Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos	El presente reglamento tiene por objeto establecer las normas y procedimientos que regulan las actividades, procesos y operaciones del transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos, con sujeción a los principios de prevención y de protección de las personas, el ambiente y la propiedad.	10 de Junio del 2008
D.S N° 030-2008-MTC	Modifican reglamento nacional de transporte Terrestre de materiales y residuos Peligrosos	02 de octubre del 2008
RESOLUCIÓN MINISTERIAL, N° 200 - 2015 - MINAM	Aprueban disposiciones complementarias al Reglamento Nacional para la Gestión y Manejo de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos	13 de Agosto del 2015
RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 191-2016-MINAM	Aprueban el “Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos - PLANRES 2016 - 2024”	26 de julio de 2016
Decreto Supremo N° 003 – 2013 – VIVIENDA.- Reglamento para la gestión y Manejo de los Residuos de las Actividades de la Construcción y Demolición. Modificado por Decreto Supremo N° 019 – 2016 – VIVIENDA.	El presente Reglamento regula la gestión y manejo de los residuos sólidos generados por las actividades y procesos de construcción y demolición, a fin de minimizar posibles impactos al ambiente, prevenir riesgos ambientales, proteger la salud y el bienestar de la persona humana y contribuir al desarrollo sostenible del país.	21 de Octubre del 2016
Decreto Legislativo N° 1278, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos	El presente Decreto Legislativo establece derechos, obligaciones, atribuciones y responsabilidades de la sociedad en su conjunto, con la finalidad de propender hacia la maximización constante de la eficiencia en el uso de los materiales y asegurar una gestión y manejo de los residuos sólidos económica, sanitaria y ambientalmente adecuada, con sujeción a las obligaciones, principios y lineamientos de este Decreto Legislativo.	23 de Diciembre del 2016

<p>Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM Aprueban Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos</p>	<p>El presente dispositivo normativo tiene como objeto reglamentar el Decreto Legislativo N° 1278, Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, a fin de asegurar la maximización constante de la eficiencia en el uso de materiales, y regular la gestión y manejo de residuos sólidos, que comprende la minimización de la generación de residuos sólidos en la fuente, la valorización material y energética de los residuos sólidos, la adecuada disposición final de los mismos y la sostenibilidad de los servicios de limpieza pública.</p>	<p>21 de Diciembre del 2017</p>
--	--	---------------------------------

Dimensión evaluación y caracterización de residuos sólidos:

Responsabilidad del manejo de residuos sólidos. El Dpto. de Seguridad Industrial y Asuntos Ambientales, es el actual responsable del Manejo de los Residuos Sólidos.

Evaluación del manejo de residuos sólidos. En esta evaluación se han observado los procedimientos empleados para el manejo de los residuos sólidos e identificado las fuentes de generación, la cantidad generada, el almacenamiento, la frecuencia de recolección, el tipo de residuo, el medio de transporte y la disposición final, así como la responsabilidad de dicho manejo.

Identificaciones salidas de residuos por actividad. A continuación, se detallan los residuos que se viene generando producto de las actividades que se realiza en FCCA.

Tabla 3:

Proceso de la gestión de residuos solidos

PROCEDENCIA	RESIDUO	MANEJO
Transporte Ferroviario	No Peligroso: Papeles, cartones, restos de alimentos, envolturas de alimentos.	Recolectado y almacenado en cada una de las estaciones para luego ser transportado por el camión Municipal del Distrito donde se encuentra ubicada la Estación respectiva.
	Peligroso: *Barredura de mineral Restos de hidrocarburos por derrames Tierra contaminada con hidrocarburo	Recolectado y almacenado en cada una de las estaciones para luego ser transportado y dispuesto por la EO-RS. Durante el año 2019 la gestión de los residuos peligrosos se realizará a través de dos Empresas Operadoras de Residuos Sólidos (EO-RS) ENVAK S.A.C EPNA-1154-16 F&K SOLID SERVICES S.R.L EP-1507-064.16 CAMISEA COMBUSTIBLES S.R.L EP-0701-036.17
	RAE: Radios de corto alcance, linternas, bocinas de alarma, equipos de calefacción, faros de iluminación, cámaras de filmación.	Recolectado y almacenado en Est. Chosica, donde se realiza la evaluación correspondiente y clasificar su reuso, caso contrario será transportado y dispuesto por la EO-RS autorizada por la dirección general de la salud ambiental, así mismo en caso de ser comercializado se realizara con empresas debidamente autorizadas y registradas en DIGESA.
Mantenimiento Mecánico	No Peligroso: Papeles, cartones, restos de alimentos, envases, recipientes de alimentos., plásticos, vidrios, chatarra, viruta, desmote y maderas	Recolectado y almacenado en cada una de las estaciones para luego ser transportado por el camión municipal del Distrito en que se encuentra la Estación. En el caso de la chatarra se comercializa por una empresa comercializadora.EC-RS
	Peligroso: -Residuos sólidos con hidrocarburos (trapos, waypes, tierra contaminada, filtros), latas de pintura -Residuos líquidos con hidrocarburos (aceites, grasas, combustibles con agua).	Recolectado y almacenado en cada una de las estaciones para luego ser transportado y dispuesto por la EO-RS. Durante el año 2019 la gestión de los residuos peligrosos se realizará a través de dos Empresas Operadoras de Residuos Sólidos (EO-RS) ENVAK S.A.C EPNA-1154-16 F&K SOLID SERVICES S.R.L EP-1507-064.16 CAMISEA COMBUSTIBLES S.R.L EP-0701-036.17
Servicios Auxiliares	Restos de alimentos, envases recipientes de alimentos., plásticos y vidrios, servicios de SSHH	Recolectado y almacenado en cada una de las estaciones para luego ser transportado por el camión municipal del Distrito en que se encuentra la Estación.
	RAE: Computadoras, Pantalla de computadora, teclados, mouse, detector de metales en el equipo de vigilancia, teléfono fijos, celulares, microondas, refrigeradoras, balanzas,	Recolectado y almacenado en Est. Chosica, donde se realiza la evaluación correspondiente y clasificar su reuso, caso contrario será transportado y dispuesto por la EO-RS autorizada por la dirección general de la salud ambiental, así mismo en caso de ser comercializado se realizara con empresas

cafetera, ventiladores, televisores, impresoras, fotocopiadoras, termostatos, paneles de control.	debidamente autorizadas y registradas en DIGESA.
---	--

Tabla 4:

Gestión de los Residuos Electrónicos RAEE.

RESIDUO	TIPO DE RESIDUOS	UBICACION	CLASIFICACION
Radios de corto alcance, cámaras de filmación, bocinas de alarma, televisores	RESIDUOS ELECTRONICOS	Se encuentran en un recinto cerrado y seguro para evitar hurtos y pérdidas, el piso es adecuado e impermeabilizado para evitar contaminación	Aparatos electrónicos de consumo.
Detector de metales en el equipo de vigilancia, termostatos, paneles de control			Instrumentos de vigilancia y control.
Faros de iluminación, linternas			Aparatos de alumbrado.
Refrigeradoras, horno microondas, aparatos de calefacción, aparatos de aireación o ventiladores			Grandes electrodomésticos
Cafetera, balanzas			Pequeños electrodomésticos
Impresoras, fotocopiadoras, teléfono fijos, celulares, computadoras, Pantalla de computadora, teclados, mouse			Equipos de informática y telecomunicaciones

Dimensión Transporte

Transporte interno

Actualmente la recolección de residuos se viene realizando desde los almacenamientos intermedios y finales ubicados en cada una de las estaciones del ferrocarril, posterior a la segregación y evaluación de los residuos que tienen oportunidad de reciclaje y reuso, para el caso de los residuos peligrosos estos son transportados desde los almacenamientos a un carro tipo cajón, para luego gestionar su disposición final.

Transporte externo

Actualmente los residuos no peligrosos son recolectados y transportados por el camión Municipal del Distrito de cada una de las estaciones, en el caso de los plásticos, vidrios, papeles y cartones se realiza la evaluación de oportunidad de rehúso y reciclaje, en el caso de la viruta y restos de metal son comercializadas, en el caso de los residuos peligrosos estos son dispuesto desde los carros por una EO-RS autorizada.

Disposición final

La disposición final de los residuos es de acuerdo a su clasificación:

Residuos No Peligrosos; la disposición final de éste tipo de residuos, salvo aquellos destinados al reaprovechamiento, serán dispuestos en las áreas consideradas para tal fin por la Municipalidad de la jurisdicción en que se ubican cada una de las estaciones.

Residuos Peligrosos; la disposición final de éste tipo de residuos, son dispuestos por una EO-RS que cumpla todos los requisitos para realizar esta actividad de acuerdo a DIGESA.

Caracterización de los residuos sólidos

A. Residuos No Peligrosos:

Son los residuos sólidos generados en las actividades domésticas e industriales, y que por su naturaleza y composición pueden asimilarse en áreas generales; éstos no tienen efectos adversos a la salud, ni deterioran la calidad del medio ambiente.

Los residuos No Peligrosos, se clasifican en los siguientes:

- Residuos Domésticos: Son aquellos residuos generados en las actividades domésticas, a continuación, residuos domésticos generados:
- Restos de alimentos,
- Plásticos,

- Papel – Cartón,
- Latas,
- Vidrio.
- Residuos Industriales: Son aquellos residuos generados en las operaciones del Ferrocarril, constituidos por desechos de materiales de las actividades de campo, como:
 - Plásticos,
 - Trapos
 - Chatarra y viruta
 - Filtros de Aire
 - Envases de metal
 - Desmonte y madera

B. Residuos Peligrosos

Son residuos que, debido a su característica física, química y/o infecciosa, representan un riesgo inmediato y/o potencial para la salud de las personas y del medio ambiente. Los residuos peligrosos pueden presentar una o más de las siguientes características:

- Corrosivos
- Inflamables
- Explosivos
- Tóxicos, y/o
- Patógenos.

A continuación, se presentan los residuos peligrosos que se generan durante las actividades del Ferrocarril en sus instalaciones.

- Pilas
- Baterías
- Aceites y grasas

- Paños Absorbentes con Hidrocarburos
- Textiles (trapos, waipes, hilachas) contaminados con Hidrocarburos
- Suelos contaminados con Hidrocarburos
- Filtros de Aceite
- Pinturas (recipientes y sus derivados)
- Agua Contaminada con hidrocarburo.

C. Residuos Electrónicos

Aparatos eléctricos o electrónicos que han alcanzado el fin de su vida útil por uso u obsolescencia y que se convierten en residuos. Comprende también los componentes, subconjuntos, periféricos y consumibles de algunas categorías de aparatos.

A continuación, se presentan los residuos electrónicos que se generan durante las actividades del Ferrocarril, en sus instalaciones.

- **Aparatos electrónicos de consumo:**
 - ✓ Radios de corto alcance, cámaras de filmación, bocinas de alarma, televisores.
- **Instrumentos de vigilancia y control:**
 - ✓ Detector de metales en el equipo de vigilancia, termostatos, paneles de control.
- **Aparatos de alumbrado:**
 - ✓ - Faros de iluminación, linternas.
- **Grandes electrodomésticos:**
 - ✓ Refrigeradoras, horno microondas, aparatos de calefacción, aparatos de aireación o ventiladores.
- **Pequeños electrodomésticos:**
 - ✓ Cafeteras, balanzas.
 - ✓ Equipos de informática y telecomunicaciones:

- ✓ Impresoras, fotocopiadoras, teléfonos fijos, celulares, computadoras, Pantalla de computadora, teclados, mouse.

Tabla 5:

Clasificación de residuos sólidos en la empresa

PROCEDENCIA	RESIDUO	MANEJO
Transporte Ferroviario	No Peligroso: Papeles, cartones, restos de alimentos, envoltura de alimentos.	Recolectado y almacenado en cada una de las estaciones para luego ser transportado por el camión municipal del Distrito en el que se encuentra ubicada la Estación.
	Peligroso: *Barredura de mineral Restos de hidrocarburos por derrames Tierra contaminada con hidrocarburo.	Recolectado y almacenado en cada una de las estaciones para luego ser transportado y dispuesto por la EO-RS. Durante el año 2019 la gestión de los residuos peligrosos se realizará a través de dos Empresas Operadoras de Residuos Sólidos (EO-RS): ENVAK S.A.C EPNA-1154-16 F&K SOLID SERVICES S.R.L EP-1507-064.16 CAMISEA COMBUSTIBLES S.R.L EP-0701-036.17
Mantenimiento Mecánico	No Peligroso: Papeles, cartones, restos de alimentos, envases recipientes de alimentos., plásticos y vidrios chatarra, viruta, desmonte, maderas.	Recolectado y almacenado en cada una de las estaciones para luego ser transportado por el camión municipal del Distrito en que se encuentra la Estación respectivamente. En el caso de la chatarra se comercializa por una empresa comercializadora.EC-RS
	Peligroso: Residuos sólidos con hidrocarburos (trapos, waypes, tierra contaminada, filtros), latas de pintura Residuos líquidos con hidrocarburos (aceites, grasas, combustibles con agua.	Recolectado y almacenado en cada una de las estaciones para luego ser transportado y dispuesto por la EO-RS. Durante el año 2019 la gestión de los residuos peligrosos se realiza a través de dos Empresas Operadoras de Residuos Sólidos (EO-RS): ENVAK S.A.C EPNA-1154-16 F&K SOLID SERVICES S.R.L EP-1507-064.16 CAMISEA COMBUSTIBLES S.R.L EP-0701-036.17
Servicios Auxiliares	Restos de alimentos, envases recipientes de alimentos., plásticos y vidrios, servicios de SSHH.	Recolectado, almacenado en cada una de las estaciones para luego ser transportado por el camión municipal del Distrito en que se encuentra la Estación respectivamente.

2.3. Definición de términos básicos

Reducción en la fuente: La primera y más efectiva estrategia es reducir la cantidad de residuos que generamos en primer lugar. Esto puede lograrse mediante la compra de productos duraderos, la reutilización de elementos cuando sea posible y la elección de productos con menos envases y embalajes.

Reciclaje: Establecer un sistema de reciclaje eficiente es esencial. Esto incluye la recogida selectiva de materiales reciclables como papel, cartón, vidrio, plástico y metales. Los gobiernos locales suelen proporcionar servicios de recogida de residuos reciclables, pero también es importante educar a la comunidad sobre cómo separar y reciclar adecuadamente.

Compostaje: Fomentar el compostaje de residuos orgánicos, como restos de comida y desechos de jardín, reduce la cantidad de residuos que se envían a vertederos y contribuye a la creación de compost de alta calidad que puede utilizarse para enriquecer el suelo.

Recolección eficiente: Optimizar la recolección de residuos sólidos mediante la implementación de rutas eficientes y la programación adecuada. También es importante contar con contenedores adecuados y sistemas de recogida que eviten derrames y la dispersión de basura.

Separación en la fuente: Alentar a los hogares y las empresas a separar sus residuos en la fuente, es decir, antes de que lleguen a la planta de procesamiento. Esto facilita el reciclaje y el tratamiento adecuado de diferentes tipos de residuos.

Educación y concienciación: La educación pública es clave. La comunidad debe comprender la importancia de reducir, reutilizar y reciclar, así como conocer las prácticas adecuadas de eliminación de residuos. Campañas de concienciación y programas de educación ambiental pueden ser útiles.

Tecnología y automatización: El uso de tecnología avanzada, como sistemas de recogida de basura automatizados, sensores para medir la capacidad de los contenedores y sistemas de seguimiento de residuos, puede mejorar la eficiencia del manejo de residuos.

Legislación y regulación: Establecer leyes y regulaciones sólidas sobre el manejo de residuos sólidos es esencial. Esto incluye normativas sobre

la gestión de vertederos, la prohibición de ciertos tipos de desechos y la promoción de prácticas sostenibles.

Economía circular: Fomentar la transición hacia una economía circular, en la que los productos y materiales se reutilicen y reciclen en lugar de desecharse, puede tener un impacto significativo en la reducción de residuos.

Innovación y desarrollo tecnológico: La inversión en investigación y desarrollo de tecnologías más eficientes y sostenibles para el manejo de residuos puede abrir nuevas oportunidades para reducir el impacto ambiental de la gestión de residuos sólidos.

Impacto Ambiental: El manejo inadecuado de los residuos sólidos puede contaminar el suelo, el agua y el aire, lo que a su vez afecta negativamente a los ecosistemas naturales. Esto incluye la contaminación de cuerpos de agua, la degradación del suelo y la emisión de gases de efecto invernadero, lo que contribuye al cambio climático.

Salud Pública: Los residuos sólidos mal gestionados pueden ser un caldo de cultivo para enfermedades transmitidas por vectores y atraer plagas, lo que representa un riesgo para la salud pública. Además, los vertederos y la incineración pueden liberar sustancias tóxicas que afectan la salud de las comunidades cercanas.

Recursos Agotables: Muchos materiales presentes en los residuos sólidos, como metales y plásticos, son recursos valiosos que pueden reciclarse y reutilizarse. La gestión ineficiente de estos recursos contribuye al agotamiento de recursos naturales y a la generación de más residuos.

Costos Económicos: El manejo de residuos sólidos representa un gasto para las empresas y los gobiernos locales. Optimizar este proceso puede ayudar a reducir costos y aumentar la eficiencia.

Normativas y Regulaciones: La gestión de residuos sólidos está sujeta a regulaciones y leyes ambientales que varían según la región. Las empresas y

las administraciones públicas deben cumplir con estas normativas para evitar sanciones y litigios.

Sostenibilidad: En un contexto más amplio, la gestión de residuos sólidos se relaciona con la sostenibilidad y la economía circular. La promoción de prácticas de reducción, reutilización y reciclaje contribuye a la conservación de recursos y la reducción de la huella ecológica.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

El mejoramiento influye en la optimización del manejo de los residuos sólidos en la empresa Ferrocarril Central Andino S.A.

2.4.2. Hipótesis específicas

Los trabajos en la fuente como la separación y la reducción de los residuos sólidos de la empresa es significativo

La capacitación en reciclaje y recolección eficiente de los residuos sólidos de la empresa es relevante

La legislación de los residuos sólidos en la empresa se cumple.

2.5. Identificación de las variables

2.5.1. Variable independiente

Mejoramiento de la Gestión de los Residuos Sólidos

2.5.2. Variable dependiente

Optimización de Residuos Sólidos

2.6. Definición Operacional de variables e indicadores.

En la Tabla 3, se operacionalizó las variables de estudio, con el fin de hallar los objetivos de la presente investigación.

Tabla 6:

Matriz de operacionalización de las variables

VARIABLE	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Mejoramiento de Residuos Solidos	Es la implementación de estrategias y prácticas destinadas a reducir, reciclar y gestionar de manera más eficiente los desechos que generamos. Esto abarca la reducción en la fuente, la promoción del reciclaje y el compostaje, la mejora en la recolección y separación en la fuente, la educación pública y la implementación de tecnologías avanzadas. Además, busca fomentar una transición hacia una economía circular donde los productos y materiales se reutilicen y reciclen	Trabajos en la fuente	Reducción en la fuente	Ficha de observación
			Separación en la fuente	Ficha de observación
			Reciclaje	Ficha de observación
		Educación Ambiental	Recolección eficiente	Ficha de observación
			Educación e concientización	Ficha de observación
		Legislación y regulación	Normativas	Ficha de observación
Optimización de Residuos Solidos	Se refiere al proceso de mejorar la gestión de desechos con el objetivo de reducir su impacto ambiental y maximizar su valor. Esto implica estrategias como la reducción en la fuente, la recogida selectiva, el reciclaje y el compostaje, así como la implementación de tecnologías avanzadas y la promoción de la educación pública.	Reaprovechamiento	Compostaje	Ficha de observación
			Economía circular	Ficha de observación
			Tecnología y automatización	Ficha de observación
		Tecnología	Innovación y desarrollo tecnológico	Ficha de observación

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

3.1. Tipo de Investigación

La evaluación de la gestión de almacenamiento de los residuos sólidos se basa en un enfoque cuantitativo debido a la naturaleza de los datos recopilados. Estos datos se cuantifican utilizando la ficha de observación, que se deriva de la observación directa del manejo de los residuos en la empresa. La unidad de análisis en este estudio son los propios residuos sólidos. Además, este enfoque se clasifica como aplicado y de diseño no experimental, ya que no se manipulan deliberadamente las variables en cuestión, sino que se describen y analizan en su estado natural. El nivel del estudio es predominantemente descriptivo explicativo, ya que busca comprender y explicar las prácticas actuales de manejo de residuos en la empresa en lugar de probar hipótesis específicas o realizar cambios experimentales. Esta metodología proporciona una base sólida para evaluar y mejorar la gestión de residuos sólidos, permitiendo una comprensión detallada de las prácticas existentes y sus implicaciones (Hernández Sampieri & Mendoza Torres, 2018).

3.2. Nivel de Investigación

El nivel de este estudio es explicativo debido a que se fundamenta en los datos recopilados después de la implementación de las estrategias destinadas a mejorar la gestión de los residuos sólidos. En lugar de buscar causas o relaciones, se centra en comprender y explicar los resultados observados tras la aplicación de estas estrategias.

3.3. Métodos de investigación

El enfoque utilizado en este estudio es el método hipotético-deductivo, que implica la búsqueda de información y la exploración de investigaciones previas relacionadas con las variables de estudio. Este enfoque permite evaluar la gestión del almacenamiento de residuos y, al final del estudio, derivar conclusiones y recomendaciones basadas en una base sólida de datos y análisis previos.

3.4. Diseño de investigación

El diseño del estudio se clasifica como no experimental debido a que no implica la manipulación de variables. En lugar de ello, se observan y miden fenómenos y variables en su entorno natural, permitiendo un análisis posterior y la inferencia del comportamiento de la población a partir de la muestra recopilada. Esto facilita la comprensión de las relaciones y características presentes en un contexto real sin intervenir en él de manera activa.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

En este contexto, la población se refiere al conjunto completo de datos relacionados con el almacenamiento como infraestructura de la empresa ferroviaria, específicamente cuantificados en toneladas por mes. Esta población representa todos los casos que cumplen con las especificaciones relevantes

para el análisis, permitiendo una evaluación exhaustiva de la gestión de residuos sólidos y la eficiencia operativa de la empresa en ese aspecto.

3.5.2. Muestra

En este estudio, la muestra se seleccionó como un subconjunto del universo de datos, buscando representar adecuadamente tanto los residuos no reaprovechables (con 10 características) como los reaprovechables (con 9 características). Dado que el tamaño de la muestra coincide con el tamaño de la población, se adoptó un enfoque no probabilístico, ya que se consideró que no era necesario aplicar un proceso de selección aleatoria al ser una población de un tamaño manejable y accesible.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Métodos y técnicas de recolección de datos

En la búsqueda de mejorar la gestión de residuos sólidos en la empresa Ferroviaria mencionada, se optó por la técnica de observación. Esta elección se basa en su capacidad para proporcionar un instrumento de recolección de datos preciso y directo, permitiendo medir con precisión la eficacia de la gestión y disposición de estos residuos, lo que es esencial para identificar áreas de mejora y tomar decisiones informadas.

3.6.2. Selección y toma de muestra

El muestreo no probabilístico intencionado se eligió debido a la abundancia de datos disponibles al observar la gestión de residuos sólidos en la empresa ferroviaria. Dada la gran cantidad de información disponible, esta metodología permitió seleccionar de manera deliberada muestras representativas que proporcionaran una visión sólida de la situación sin depender de la probabilidad de selección.

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.

La selección de los instrumentos utilizados en el estudio de mejoramiento y optimización del manejo de los residuos sólidos fue un proceso crucial. Se llevó a cabo una exhaustiva revisión de la literatura científica y de las mejores prácticas en gestión de residuos para identificar los instrumentos más adecuados que se alinearan con los objetivos del estudio y las necesidades de la organización FERROCARRIL CENTRAL ANDINO S.A. Esto garantizó que los instrumentos seleccionados estuvieran respaldados por evidencia y experiencia previa en situaciones similares.

La validación de los instrumentos se realizó a través de un riguroso proceso que incluyó pruebas piloto y revisión por parte de expertos en gestión de residuos. Las pruebas piloto permitieron ajustar y refinar los instrumentos antes de su implementación a gran escala, asegurando que fueran efectivos en la recolección de datos relevantes y la medición de los resultados deseados. La revisión por parte de expertos garantizó que los instrumentos fueran apropiados desde una perspectiva técnica y científica.

La confiabilidad de los instrumentos se aseguró mediante la aplicación consistente y uniforme de los mismos a lo largo del estudio. Se establecieron procedimientos y protocolos claros para la recopilación y análisis de datos, y se capacitó al personal involucrado en su uso. Además, se llevaron a cabo pruebas de consistencia interna y se verificó la coherencia de los resultados a lo largo del tiempo para garantizar que los instrumentos proporcionaran mediciones confiables y consistentes de los cambios en la gestión de residuos sólidos. En conjunto, la selección, validación y confiabilidad de los instrumentos utilizados en el estudio contribuyeron a la solidez y credibilidad de los hallazgos y recomendaciones del mismo.

3.8. Técnicas de procesamientos y análisis de datos

La técnica de observación del pesaje a través de una balanza se reveló como un enfoque efectivo para cuantificar la generación de residuos sólidos en la empresa ferroviaria. Esta metodología proporciona datos precisos y directos sobre la cantidad de residuos producidos, lo que es esencial para evaluar el impacto de las estrategias de mejora y optimización en la gestión de residuos. Para llevar a cabo el análisis estadístico de estos datos, se recurrió a modelos inferenciales que se basaron en una muestra representativa de los registros. Esta selección se hizo considerando las características de los datos y garantizando su validez para las conclusiones posteriores.

El uso del coeficiente de correlación de Pearson (r de Pearson) fue fundamental para determinar la relación entre las variables relacionadas con la mejora y optimización de los residuos sólidos. Este coeficiente permitió cuantificar la fuerza y dirección de la asociación entre estas variables, lo que facilitó la identificación de patrones y tendencias. Además, el análisis de p valor se aplicó para llevar a cabo pruebas de hipótesis y evaluar la significancia estadística de las relaciones identificadas. En conjunto, estas herramientas estadísticas proporcionaron una base sólida para la toma de decisiones informadas y la formulación de recomendaciones en el proceso de mejora de la gestión de residuos sólidos en la empresa ferroviaria.

3.9. Tratamiento Estadístico

La elección de utilizar la correlación de Pearson como prueba paramétrica en este estudio se justifica por varias razones. En primer lugar, los datos recopilados sobre la generación de residuos sólidos son de naturaleza cuantitativa, lo que significa que se pueden expresar numéricamente y se prestan al análisis estadístico. La correlación de Pearson es especialmente adecuada para evaluar la relación lineal entre dos variables cuantitativas, en este caso, los promedios mensuales de la generación de residuos sólidos antes

y después de la implementación de las estrategias de mejora y optimización. Esta prueba permite determinar si existe una asociación significativa entre estos conjuntos de datos, lo que es esencial para evaluar la eficacia de las estrategias implementadas.

Además, al ser una prueba paramétrica, la correlación de Pearson asume ciertas características en la distribución de los datos, como la normalidad, que pueden ser razonablemente cumplidas en estudios con un tamaño de muestra adecuado. Esto proporciona mayor poder estadístico y precisión en la detección de diferencias o relaciones significativas entre las variables estudiadas.

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

El estudio se centra en evaluar la etapa de almacenamiento de los residuos sólidos en una empresa ferroviaria es de gran relevancia debido a su enfoque inédito y su alineación con la Ley 29733 en Perú, que regula la propiedad intelectual. Esta singularidad radica en que se aborda un aspecto crítico de la gestión de residuos en un contexto específico, lo cual no solo contribuye al cumplimiento de regulaciones ambientales, sino que también puede tener implicaciones legales y de propiedad intelectual en la forma en que se manejan los residuos sólidos. Esta investigación no solo se enfoca en la resolución de problemas prácticos en la empresa ferroviaria, sino que también genera conocimientos valiosos que pueden servir como antecedente y base teórica para futuras investigaciones. Los hallazgos y experiencias obtenidos en este estudio pueden informar y enriquecer investigaciones posteriores relacionadas con la gestión de residuos sólidos, proporcionando un punto de partida sólido para el desarrollo de estrategias más efectivas y sostenibles en este ámbito, y contribuyendo así al avance del conocimiento en la materia y al cumplimiento de las regulaciones pertinentes.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

La actividad principal de Ferrocarril Central Andino S.A. es el transporte de carga y pasajeros, así como actividades complementarias al transporte sobre mantenimiento mecánico del material rodante (locomotoras y vagones).

Transporte Ferroviario

Transporte de Carga: Servicio que se presta para el transporte de materiales o productos, dicho servicio es programado de acuerdo a los requerimientos del cliente.

- Recojo de carros vacíos de los patios o instalaciones de los clientes.
- Formación y/o armado de trenes, los mismos son realizados en las estaciones de: Patio central, Chosica, Matucana, La Oroya, Cerro de Pasco.
- Tránsito por la vía férrea, tramo Callao-Chosica- La Oroya- Huancayo y Cerro de Pasco.
- Entrega de carros cargados a los patios o instalaciones de los clientes.

Figura 2

Transito ferroviario



Mantenimiento Mecánico

Actividades complementarias al transporte ferroviario, realizadas con la finalidad de prevenir y controlar posibles impactos negativos causados por el deterioro del material rodante (locomotora, carros), como pueden ser los derrames por hidrocarburo y/o mineral.

A continuación, se detallan las actividades realizadas en mantenimiento mecánico:

- Reparación y mantenimiento de locomotoras, serán realizados en las estaciones de Chosica, Matucana, La oroya y Cerro de Pasco.
- Reparación y mantenimiento de coches y carros, serán realizados en las estaciones de Callao, Chosica, La oroya y Cerro de Pasco.
- Acondicionamiento y/o empaquetado de carros serán realizados en las estaciones de Callao, La oroya y Cerro de Pasco.
- Almacenamiento de combustible y material peligrosos, serán realizados en las estaciones de Monserrate, Chosica, La oroya y Cerro de Pasco.

Figura 3
Área de Maestranza



4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.

Procedimiento para el manejo

De acuerdo con el marco legal vigente, las condiciones del área de operación y las actividades que se realizan en cada una de las estaciones, se ha diseñado el presente plan basado en el tipo de residuo y la disposición final del mismo.

Minimización

La Organización Ferroviaria viene trabajando en forma continua en el programa de minimización de residuos en la fuente.

En este contexto se emplearán alternativas de sustitución eficiente de materiales, acciones sobre inventario de materiales, modificaciones en las operaciones, de manera tal que se reduce el volumen y riesgo asociado al manejo de residuos peligrosos.

- Sustitución de insumos y materiales peligrosos por materiales biodegradables o reusables (ejemplos: detergentes, pinturas, químicos), lo que conlleva en algunos casos a modificaciones en el equipamiento y procedimientos operacionales.
- Acciones sobre inventario de materiales, incluido dentro de los procedimientos de control de inventario (tamaño, caducidad, etc.) y control sobre el almacenamiento (procedimiento de almacenamiento, control de pérdidas y contaminación).

Segregación

La segregación consiste en separar un tipo de residuo específico, considerando sus características físicas y químicas para ser manejado de forma especial.

Esta segregación permitirá emplear técnicas de reaprovechamiento con mayor eficiencia y lograr así un buen desarrollo del plan, por lo tanto, el personal de la empresa debe ser consciente de su importancia, ya que además de clasificarlos, se minimiza el riesgo de peligrosidad. Para lograr una correcta segregación, se está aplicando la separación de los residuos desde su generación a través de cilindros los cuales están rotulados indicando que tipo de residuos se vestirán en ellos.

Asimismo, se lleva una capacitación constante al personal para toma de concientización en realizar una correcta segregación de los mismos.

A continuación, se detalla la clasificación interna de los residuos sólidos.

Reaprovechamiento

Consiste en volver a obtener un beneficio del bien, artículo, elemento o parte del mismo que constituye el residuo sólido. Se consideran técnicas de reaprovechamiento el reciclaje, reutilización y recuperación.

Actualmente, la empresa FCCA, emplea técnicas de reaprovechamiento como el reciclaje y reutilización.

Almacenamiento

Se deben ubicar en forma oportuna los puntos de almacenamiento primario, empleando recipientes o contenedores, con su respectiva tapa o cubierta.

Los contenedores deben estar debidamente tapados, para evitar emanación de malos olores y vapores sea el caso de residuos peligrosos; desorden y suciedad por rebalse en el contenedor.

Los contenedores para el almacenamiento primario de residuos, deben estar diferenciados por el tipo de residuo producido y ubicados en zonas seguras y estratégicas, de manera que se pueda recibir los residuos sin obstáculo y que a su vez no obstruyan las labores.

En caso de que el número de contenedores no cumpla con los requerimientos de almacenaje temporal, se procederá a la compra o confección del número de contenedores que se haya dispuesto son necesarios.

En cada estación se deberá administrar un área para el Almacenamiento Temporal de residuos, siguiendo las medidas de seguridad, salud e higiene ocupacional.

Los residuos de todas las áreas de cada estación, campamento o instalaciones de operación, son colectados en el área de almacenamiento temporal para su segregación previo a su tratamiento, reciclaje y/o disposición final.

Recolección

Actualmente la recolección de residuos se viene realizando en contenedores que se encuentran ubicados en cada una de las estaciones del Ferrocarril, dichos contenedores acumulan los residuos sólidos que se encuentran en cada área. Los residuos municipales son vertidos y trasladados

en bolsas negras, que son llevadas por el camión municipal del distrito de cada una de las estaciones los demás residuos son rehusados en la empresa, para el caso de los residuos peligrosos estos son transportados y dispuestos por la EO.

Durante el año 2018 la gestión de los residuos peligrosos se realizó a través de dos Empresas Operadoras de Residuos Sólidos (EO-RS):

- CAMISEA COMBUSTIBLES S.R.L EP-0701-036.17
- HUAMANCAR RUC 20536356011
- KANAY RUC 20553255709
- ECOGLOBO S.A.C. RUC 20601452651
- HEPAR S.A.C RUC 20603251068
- WR INGENIEROS RUC 20373779611

Figura 4

Equipos logísticos de las empresas operadoras



Comercialización

Algunos residuos generados por la empresa son comercializados a terceros, realizándose un seguimiento a estas actividades.

La mayor parte de los residuos de metal generados en la empresa son rehusados, sin embargo, aquellos que ya no son reaprovechados (chatarra y viruta), se destinan para la venta.

Figura 5

Comercialización de residuos metálicos



Transporte

Se debe tener en cuenta los implementos de Seguridad (Equipos de Protección Personal), especialmente para los residuos sólidos considerados como peligrosos. Se presenta un cuadro con los Equipos de Protección Personal.

- EPP, que se deben considerar para realizar la recolección y segregación, para el transporte al almacenamiento primario y al almacenamiento central.
- Las medidas de seguridad a tener en cuenta para el movimiento de residuos peligrosos (operaciones de transferencia y transporte) son:
- Dependiendo del tipo de residuo, éstos son embalados para su transporte seguro en contenedores, parihuelas, cilindros, bolsas y sacos.
- El uso y movimiento de los residuos debe ser minimizados.
- Los cilindros de residuos estarán rotulados indicando su contenido.
- Se llevarán registros del inventario de residuos, junto con todos los ingresos y saldos de almacenamiento. Se realiza inspecciones periódicas y la

conciliación contable de estos registros y cualquier desequilibrio significativo será sujeto a investigación y corrección.

- Las unidades de transporte, deberán contar con las medidas de respuesta para atender cualquier contingencia.
- Para realizar el movimiento de residuos peligrosos se deberá informar a la supervisión de seguridad inmediata para evaluar conjuntamente el análisis de riesgo de la tarea y obtener el permiso de trabajo respectivo.

Tratamiento

Actualmente la empresa no cuenta con ningún sistema de tratamiento de residuos, sin embargo, al contratar una EO-RS se deberá hacer el requerimiento del “Informe de Operadores”, la cual explica detalladamente el proceso de tratamiento al cual será sometido el residuo sólido.

Trasferencia

Actualmente la empresa no cuenta con ningún sistema de transferencia de residuos, sin existe algunos distritos donde se ubican las estaciones que cuentan con plantas de transferencia donde se descargan y almacenan temporalmente los residuos sólidos de los camiones o contenedores de recolección municipal, para luego continuar con su transporte en unidades de mayor capacidad.

Disposición Final

La disposición final consiste en operaciones para disponer un lugar donde almacenar temporalmente los residuos sólidos como última etapa de su manejo en forma permanente, sanitaria y ambientalmente segura.

Los residuos de características peligrosas, deben ser destinados a un relleno de seguridad autorizado, a través de dos Empresas Operadoras de Residuos Sólidos (EO-RS) debidamente registrada en la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) y autorizada por la Municipalidad correspondiente.

El relleno de seguridad debe contar con la infraestructura adecuada para la eliminación de tales desechos; en caso que no cuenten con la tecnología para la disposición de determinados residuos peligrosos, éstos serán almacenados bajo condiciones seguras hasta desarrollar nuevas tecnologías para la disposición de los mismos sin perjuicio a la salud de los trabajadores o el ambiente receptor.

La tabla 12 proporciona información sobre la cantidad de Residuos No Reaprovechables en toneladas (Tn) generados en un promedio mensual, así como la gestión de estos residuos sólidos en diferentes categorías. La primera categoría, denominada "Generales", incluye todo lo que no se puede reciclar y muestra un promedio mensual de 4.54 Tn de residuos. Por otro lado, la categoría "Peligrosos No Reaprovechables" se desglosa en varios tipos, como residuos contaminados con hidrocarburos, hospitalarios, fluorescentes, envases de explosivos, filtros de aire, cloruro de cianuro, reactivos químicos, cal y otros, con diferentes cantidades promedio mensuales. En total, la cantidad de Residuos No Reaprovechables generados mensualmente es de 6.512 Tn, y se refleja cómo se gestionan estos residuos en comparación con el promedio mensual, lo que proporciona una visión integral de la gestión de residuos sólidos en diversas categorías.

Esta tabla es valiosa para comprender la magnitud y la diversidad de los residuos no reaprovechables generados mensualmente, lo que puede ser fundamental para la planificación y la toma de decisiones en materia de gestión de residuos. Además, muestra cómo se distribuyen estos residuos en diferentes categorías, lo que puede ser útil para identificar áreas donde se deben tomar medidas específicas para mejorar la gestión y minimizar el impacto ambiental de estos residuos peligrosos y no reciclables.

Tabla 7:*Resultados de la observación de los residuos No Reaprovechables (Tn)*

Residuos No Reaprovechables (Tn)		Promedio mensual	Gestión de RR. SS	
Categoría	Tipo			
Generales	●	Todo lo que no se puede reciclar	4.54	4.68
		Contaminados con Hidrocarburo	0.78	0.31
		Hospitalarios	0.01	0.02
		Fluorescentes	0.00	0.01
Peligrosos No Reaprovechables		Envases de Explosivos	0.70	0.70
		Filtros de Aire	0.05	0.03
		CL. Cianuro	0.14	0.04
		B. Reactivos	0.08	0.16
		BL. Cal	0.01	0.01
		Otros	0.21	0.00
Total Mensual			6.512	5.944

La tabla 13 de correlaciones muestra una fuerte y altamente significativa correlación positiva ($r = 0,993$, $p < 0,01$) entre las variables "Manejo de residuos sólidos" y "Gestión de residuos sólidos". Esto indica que existe una relación muy cercana entre la forma en que se manejan los residuos sólidos y cómo se gestionan, lo que sugiere que un buen manejo de los residuos sólidos está estrechamente asociado con una eficiente gestión de los mismos en la muestra de 10 casos estudiados.

Tabla 8:

Correlaciones de las variables de estudio para los Residuos No Reaprovechables

		Manejo de RR.SS	Gestión de RR.SS
Manejo de RR.SS	Correlación de Pearson	1	,993**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	10	10
Gestión de RR.SS	Correlación de Pearson	,993**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	10	10

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

La tabla 14 residuos Reaprovechables (Tn) donde se relaciona el promedio mensual y la gestión de Residuos Sólidos proporciona información crucial sobre la cantidad mensual de residuos reaprovechables en diferentes categorías. Por ejemplo, los metales tienen una cantidad promedio mensual de 4.67 toneladas, con una gestión de residuos sólidos de 7.23 toneladas, lo que sugiere un déficit en la gestión de estos materiales. Por otro lado, el vidrio muestra un bajo promedio mensual de 0.00 toneladas, lo que indica que no se está generando residuo de vidrio para su reaprovechamiento. En cuanto al papel y cartón, se generan 0.51 toneladas mensuales con una gestión de residuos sólidos de 0.63 toneladas. La categoría de plástico muestra una notable diferencia, con 0.41 toneladas generadas y una gestión de solo 0.01 toneladas, lo que señala una posible oportunidad de mejora en la gestión de residuos plásticos. Los residuos orgánicos, como restos de comida y jardinería, alcanzan 4.63 toneladas mensuales, con una gestión de 4.04 toneladas. La madera en desuso, sin contaminar, genera 0.80 toneladas y tiene una gestión de 0.95 toneladas. Finalmente, los residuos peligrosos reaprovechables como el aceite residual generan 6.51 toneladas, pero su gestión es de solo 4.19 toneladas, lo que destaca la importancia de abordar adecuadamente este tipo de residuos. La gestión total mensual de residuos reaprovechables es de 17.331 toneladas, mientras que se generan un total de 17.678 toneladas, lo que sugiere un margen para mejorar la eficiencia en la gestión de estos valiosos recursos.

Tabla 9:*Resultados de la observación de los Residuos Reaprovechables (Tn)*

Residuos Reaprovechables (Tn)		Promedio mensual	Gestión de Residuos Sólidos	
Categoría	Tipo			
Metales	●	Material metálico	4.67	7.23
Vidrio	●	Material de vidrio	0.00	0.00
Papel y cartón	●	Cajas, periódico, papeles. A excepción de papel higiénico	0.51	0.63
Plástico	○	Plásticos limpios	0.41	0.01
Orgánico	●	Restos de comida y jardinería	4.63	4.04
Madera	●	Madera en desuso, sin contaminar	0.80	0.95
Peligrosos Reaprovechables	●	Aceite residual	6.51	4.19
		Baterías usadas	0.00	0.00
		CL. Mbc	0.15	0.29
Total Mensual			17.678	17.331

La tabla 15 muestra las correlaciones entre las variables "Manejo de Residuos Sólidos" y "Gestión de Residuos Sólidos". Se utiliza el coeficiente de correlación de Pearson para medir la relación entre estas dos variables, y se encuentra una fuerte correlación positiva de 0,882 entre ellas. Además, se indica que esta correlación es altamente significativa a un nivel de 0,01 (bilateral), lo que sugiere que existe una relación estadísticamente significativa entre cómo se manejan los residuos sólidos y cómo se gestionan, y que estos dos aspectos están estrechamente relacionados en el contexto del estudio. La muestra analizada consta de 9 observaciones para ambas variables.

Tabla 10:*Correlaciones de las variables de estudio para los Residuos Reaprovechables*

		Correlaciones	
		Manejo de Residuos Sólidos	Gestión de Residuos Sólidos
Manejo de Residuos Sólidos	Correlación de Pearson	1	,882**
	Sig. (bilateral)		,002
	N	9	9
Gestión de Residuos Sólidos	Correlación de Pearson	,882**	1
	Sig. (bilateral)	,002	
	N	9	9

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

4.3. Prueba de Hipótesis

H_0 : El mejoramiento no influye en la optimización del manejo de los residuos sólidos de la empresa Ferrocarril Central Andino S.A

H_1 : El mejoramiento influye en la optimización del manejo de los residuos sólidos de la empresa Ferrocarril Central Andino S.A.

Interpretación:

De acuerdo a las tablas 5 y 6, en la columna sig, el p_valor es menor al 0.05, por lo que se rechaza la hipótesis nula, asimismo se evidencia una fuerte correlación positiva de 0.993 y 0,882 respectivamente entre ellas, lo que existe una relación estadísticamente significativa entre, cómo se manejan los residuos sólidos y cómo se gestionan, y que estos dos aspectos están estrechamente relacionados, validándose la hipótesis alternativa H_1 , entendiéndose que el mejoramiento influye en la optimización del manejo de los residuos sólidos de la empresa Ferrocarril Central Andino S.A.

4.4. Discusión de resultados

A lo largo de los años, la investigación en el mejoramiento y optimización del manejo de residuos sólidos ha arrojado resultados significativos que contribuyen a la gestión sostenible de los desechos. En 2017, un estudio publicado en la revista "Waste Management" analizó la eficacia de la separación en la fuente de residuos sólidos en un área urbana y demostró que esta práctica

redujo significativamente la cantidad de desechos enviados a vertederos, promoviendo la reutilización y el reciclaje. Asimismo, en el año 2018, otra investigación destacada, publicada en "Environmental Science & Technology," se centró en la optimización de la recolección de residuos sólidos mediante el uso de algoritmos de rutas óptimas para camiones de basura. Este enfoque logró una reducción considerable en los costos operativos y la emisión de gases de efecto invernadero, al tiempo que mejoró la eficiencia de la recolección de residuos. Estos estudios ilustran el impacto positivo de la investigación en la mejora de la gestión de residuos sólidos, contribuyendo a la reducción de la contaminación y la promoción de prácticas más sostenibles (Yousefloo & Babazadeh, 2020).

Por lo que las empresas privadas en el Perú, enfrentan desafíos regulatorios y de cumplimiento a la Ley N° 27314 Ley General de Residuos Sólidos, en relación con la gestión de residuos. Las regulaciones ambientales pueden ser estrictas y cambiantes, y el incumplimiento de estas normativas puede resultar en sanciones financieras y daño a la reputación de la empresa, por lo que requiere un enfoque integral que aborde estos desafíos a través de la educación, la inversión en infraestructura adecuada y la implementación de prácticas sostenibles.

Para mejorar la gestión de residuos sólidos, es esencial implementar una serie de estrategias, comenzando por establecer una segregación adecuada utilizando contenedores codificados por colores según el tipo de residuo. Además, es crucial mantener registros actualizados de la cantidad y comercialización de los residuos generados, así como sensibilizar a proveedores y visitantes mediante cartillas informativas. Se deben llevar a cabo reuniones periódicas del comité de gestión de residuos sólidos y enfocarse en el correcto uso y disposición de los almacenes primarios, incluyendo la capacitación de los trabajadores.

Cada recipiente debe estar etiquetado con información clara sobre el tipo de residuo y se deben considerar bolsas del mismo color que los contenedores para evitar la mezcla durante el transporte. Se deben proporcionar fichas con la codificación de colores para indicar qué residuos deben depositarse en cada recipiente y realizar inspecciones periódicas para garantizar una segregación adecuada y tomar medidas correctivas según sea necesario.

En cuanto al transporte de residuos, se deben utilizar vehículos exclusivos equipados con extintores, radios, linternas, botiquines de primeros auxilios y cajas de herramientas para abordar situaciones de emergencia. La empresa operadora del servicio debe asegurar las medidas de seguridad durante el transporte y registrar la información de seguridad en el retiro de residuos. Además, la frecuencia de transporte hacia la disposición final no debe superar un mes, y se deben proporcionar equipos de protección personal para la recolección y segregación de residuos peligrosos. La supervisión ambiental debe garantizar el cumplimiento de estas medidas por parte de las empresas operadoras.

CONCLUSIONES

La gestión de residuos comienza en la fuente de generación, enfocándose en la reducción y reutilización para minimizar la cantidad de residuos a gestionar. La educación ambiental desempeña un papel esencial al concienciar a los trabajadores sobre la importancia de reducir el desperdicio. Antes de implementar mejoras, se generaban mensualmente 6.512 toneladas de Residuos No Reaprovechables, pero tras las estrategias de mejora, este número se redujo a 5.944 toneladas, lo que significa una disminución de 0.568 toneladas al mes. En cuanto a los Residuos Reaprovechables, se generaban 17.678 toneladas al mes, y después de las estrategias de mejora, esta cifra bajó a 17.331 toneladas, lo que representa una diferencia de 0.347 toneladas mensuales. Estos resultados demuestran la efectividad de promover la reducción y reutilización en la gestión de residuos.

La investigación ha resaltado la necesidad de implementar sistemas de recolección selectiva y separación de residuos en la fuente, lo que facilita su posterior tratamiento y reciclaje. La separación de residuos en orgánicos e inorgánicos, así como la promoción del compostaje a nivel doméstico, contribuyen significativamente a la reducción de la carga en los vertederos y la emisión de gases de efecto invernadero.

Se ha demostrado que la tecnología desempeña un papel esencial en la gestión de residuos. La implementación de sistemas de recolección inteligente, la automatización en el procesamiento de residuos y la inversión en tecnologías limpias para la disposición final son estrategias efectivas para mejorar la eficiencia y reducir los impactos ambientales.

La importancia de la colaboración entre el gobierno, la industria, la sociedad civil y el sector privado para lograr un manejo de residuos sólidos efectivo y sostenible. La formulación de políticas públicas adecuadas, la promoción de la responsabilidad extendida del productor y la participación activa de la comunidad son elementos esenciales para abordar este desafío global de manera efectiva y garantizar un futuro más limpio y saludable para las generaciones venideras.

RECOMENDACIONES

El mejoramiento y la optimización del manejo de los residuos sólidos son aspectos fundamentales para promover la sostenibilidad ambiental y reducir el impacto negativo en nuestro entorno, para ello se recomienda lo siguiente:

Antes de implementar cualquier estrategia de gestión de residuos, es fundamental realizar un estudio de la composición de los residuos sólidos. Esto ayudará a comprender qué tipos de materiales predominan en los desechos y a diseñar programas de gestión específicos para cada tipo de residuo.

Realizar un análisis de ciclo de vida de los productos y materiales que generan residuos puede proporcionar información valiosa sobre cómo reducir el impacto ambiental a lo largo de todo el ciclo de vida de los productos, desde la producción hasta la disposición final.

Fomentar la reducción en la fuente es una estrategia clave. Esto implica minimizar la cantidad de residuos generados en primer lugar. Puedes investigar y promover prácticas como la reutilización de productos, la compra de productos a granel y la reducción de envases y embalajes innecesarios.

Investiga y evalúa tecnologías y prácticas innovadoras para el manejo de residuos sólidos, como el compostaje, el reciclaje avanzado, la recuperación de energía a partir de residuos y la recolección selectiva. Estas soluciones pueden mejorar la eficiencia y la sostenibilidad de la gestión de residuos.

Involucrar a la comunidad local y educar a los ciudadanos sobre la importancia de una gestión de residuos responsable es esencial. Los estudios también deben considerar la comunicación efectiva y la participación activa de la comunidad en la toma de decisiones relacionadas con la gestión de residuos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Coacalla Castillo, C. E. (2018). *Indicadores de Gestión en el Manejo Integral de Residuos Sólidos de la Municipalidad Provincial de Aymaraes, Apurímac - 2018* [Universidad Cesar Vallejo].
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/29522/coacalla_cp.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- DOMUS. (2018). *PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS*.
<https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/Cap%2010%200%20Plan%20de%20Manejo%20de%20Residuos%20VF04.pdf>
- Galante, G., Aiello, G., Enea, M., & Panascia, E. (2010). A multi-objective approach to solid waste management. *Waste Management*, 30(8–9), 1720–1728.
<https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2010.01.039>
- Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). Metodología de la investigación: las tres rutas cuantitativa, cualitativa y mixta . In *Mc Graw Hill* (Vol. 1, Issue Mexico).
- Huamaní Montesinos, C., Tudela Mamani, J. W., Huamaní Peralta, A., Huamaní Montesinos, C., Tudela Mamani, J. W., & Huamaní Peralta, A. (2020). Gestión de residuos sólidos de la ciudad de Juliaca - Puno - Perú. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 22(1), 106–115.
<https://doi.org/10.18271/RIA.2020.541>
- Martínez Cruz, A. D., & Solano Quevedo, C. F. (2018). *ELABORACIÓN DEL ANÁLISIS DE MERCADO PARA EL PROGRAMA DE APROVECHAMIENTO DEL PGIRS A CENTROS DE ACOPIO Y RECICLADORES DE OFICIO DE ACUERDO A LA RESOLUCIÓN 754/14 EN EL MUNICIPIO DE CUMARAL-META* [Universidad Santo Tomás].
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/13708/2018andresmartinez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Olivas Valverde, J. A. (2012). Informe de evaluación ambiental de la gestión de los residuos sólidos municipales a los municipios provinciales a nivel nacional: municipios provinciales de la región Tumbes así como la capacitación a los responsables municipales de la gestión y manejo de los residuos. *Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA*. <http://repositorio.oefa.gob.pe/handle/20.500.12788/1084>
- OMS. (2003). *Evaluación Regional de los Servicios de Manejo de Residuos Sólidos Municipales*. OPS. <https://iris.paho.org/handle/10665.2/55771>
- Radwan, N., Khan, N. A., & Elmanfaloty, R. A. G. (2021). Optimization of solid waste collection using RSM approach, and strategies delivering sustainable development goals (SDG's) in Jeddah, Saudi Arabia. *Scientific Reports 2021 11:1*, 11(1), 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-96210-0>
- Rondón Toro, E., Szantó, M., Pacheco, J. F., Contreras, E., & Gálvez, A. (2016). Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios. *CEPAL*. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40407/1/S1500804_es.pdf
- Wollmann, C. (2015). *Análisis de la gestión de los residuos sólidos en Brasil. Una comparativa entre las diez ciudades más grandes de país*. Universidad Politécnica de Catalunya.
- Yousefloo, A., & Babazadeh, R. (2020). Designing an integrated municipal solid waste management network: A case study. *Journal of Cleaner Production*, 244, 118824. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2019.118824>

ANEXOS

Instrumentos de Recolección de Datos

Residuos No Reaprovechables (Tn)		Promedio mensual	Gestión de RR. SS	
Categoría	Tipo			
Generales	●	Todo lo que no se puede reciclar	4.54	4.68
		Contaminados con Hidrocarburo	0.78	0.31
Peligrosos No Reaprovechables	●	Hospitalarios	0.01	0.02
		Fluorescentes	0.00	0.01
		Envases de Explosivos	0.70	0.70
		Filtros de Aire	0.05	0.03
		CL. Cianuro	0.14	0.04
		B. Reactivos	0.08	0.16
		BL. Cal	0.01	0.01
		Otros	0.21	0.00
Total Mensual		6.512	5.944	

Resultados de la observación de los Residuos Reaprovechables (Tn)

Residuos Reaprovechables (Tn)		Promedio mensual	Gestión de Residuos Sólidos	
Categoría	Tipo			
Metales	●	Material metálico	4.67	7.23
Vidrio	●	Material de vidrio	0.00	0.00
Papel y cartón	●	Cajas, periódico, papeles. A excepción de papel higiénico	0.51	0.63
Plástico	○	Plásticos limpios	0.41	0.01
Orgánico	●	Restos de comida y jardinería	4.63	4.04
Madera	●	Madera en desuso, sin contaminar	0.80	0.95
Peligrosos Reaprovechables	●	Aceite residual	6.51	4.19
		Baterías usadas	0.00	0.00
		CL. Mbc	0.15	0.29
Total Mensual		17.678	17.331	

Actividad ferroviaria

Fotografía 1: Zona de almacenamiento temporal de los residuos solidos



Fotografía 2: Zona de almacenamiento de residuos solidos



Fotografía 3: Estación en Lima del Ferrocarril Central



Fotografía 4: Almacenamiento de los residuos líquidos



Anexo 2 Matriz de consistencia

Título: Mejoramiento y optimización del manejo de los residuos sólidos desarrollado por la empresa FERROCARRIL CENTRAL ANDINO S.A

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES E INDICADORES	MUESTRA	DISEÑO	ESTADISTICA
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	V.I	Población	Método	
¿De que manera mejorar y optimizar el manejo de los residuos sólidos en la empresa FERROCARRIL CENTRAL ANDINO S.A?	Mejorar y optimizar el manejo de los residuos sólidos en la empresa FERROCARRIL CENTRAL ANDINO S.A	El mejoramiento influye en la optimización del manejo de los residuos sólidos en la empresa FERROCARRIL CENTRAL ANDINO S.A	Mejoramiento de Residuos Solidos	Los residuos sólidos de la empresa	Hipotético - deductivo	Estadística Inferencial
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	V.D	Muestra	Nivel de investigación	Validación de hipótesis
¿Cómo realizar los trabajos en la fuente como la separación y la reducción de los residuos sólidos de la empresa?	Realizar los trabajos en la fuente como la separación y la reducción de los residuos sólidos de la empresa	Los trabajos en la fuente como la separación y la reducción de los residuos sólidos de la empresa es significativo	Optimización de Residuos Solidos	Muestreo intencionado no probabilístico	Explicativo	Pruebas paramétricas
¿De qué manera capacitar en reciclaje y recolección eficiente de los residuos sólidos de la empresa?	Capacitar en reciclaje y recolección eficiente de los residuos sólidos de la empresa	La capacitación en reciclaje y recolección eficiente de los residuos sólidos de la empresa es relevante			Diseño	R Pearson
¿Como cumplir con la legislación de los residuos sólidos en la empresa?	Cumplir con la legislación de los residuos sólidos en la empresa	La legislación de los residuos sólidos en la empresa se cumple			No experimental	