

Universidad Católica de Santa María
Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales
Escuela Profesional de Ingeniería Industrial



**Caracterización y Valorización de Residuos Sólidos Municipales para
Incentivar la Economía Circular en el Distrito de Ilo, 2023**

Tesis presentada por el Bachiller:

Talavera Herrera, Juan Diego

ORCID: 0009-0006-5775-6046

para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

Asesor (a):

Dr. Zevallos Gonzales, Wilbert Felipe

ORCID: 0000-0003-1249-6130

Arequipa - Perú

2024

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INGENIERIA INDUSTRIAL

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 25 de Abril del 2024

Dictamen: 010105-C-EPII-2024

Visto el borrador del expediente 010105, presentado por:

2016200031 - TALAVERA HERRERA JUAN DIEGO

Titulado:

**CARACTERIZACIÓN Y VALORIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES
PARAINCENTIVAR LA ECONOMÍA CIRCULAR EN EL DISTRITO DE ILO, 2023**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

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

INGENIERO INDUSTRIAL

**29276357 - RODRIGUEZ SALAZAR OSWALDO
RENEDICTAMINADOR**



**29267647 - VALENCIA BECERRA ROLARDI
MARIODICTAMINADOR**



**29453832 - VALDIVIA PORTUGAL
CESARDICTAMINADOR**



Caracterización y Valorización de Residuos Sólidos Municipales para Incentivar la Economía Circular en el Distrito de Ilo, 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

5%

INDICE DE SIMILITUD

8%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	www.repositorio.unam.edu.pe Fuente de Internet	1%
2	bibliotecadigital.udea.edu.co Fuente de Internet	1%
3	repositorio.cientifica.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	#N/A. "PIGARS de la Provincia de Aija 2020-IGA0013322", O.M. N° 012-2020-MPA/A, 2021 Publicación	1%

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Apagado

Dedicatoria

*Dedico esta investigación a mis padres Juan Talavera Zúñiga y Jenny Herrera Miranda,
agradeciendo todo el amor y sacrificio buscando mi bienestar.*

*A mis abuelos Moisés Herrera y Jenny Miranda, agradeciendo el amor y apoyo
incondicional en mi vida.*

*A mi lugar favorito, siendo la razón de la búsqueda por mejorar mi persona todos los
días y el albergue de paz mío.*

*A mi hermana Emily Talavera Herrera, esforzándome por darle el ejemplo y
comprensión como hermano mayor.*



Resumen

La investigación aborda la problemática de la gestión de residuos sólidos (GRS) en el distrito de Ilo, provincia de Ilo, región Moquegua, Perú, con un enfoque en la economía circular en el sistema de GRS, la valorización de los residuos sólidos (VRS) para promover la economía circular. La tesis se justifica por problemas ambientales, económicos, sociales y tecnológicos relacionados con GRS en el distrito. Se propone un enfoque de economía circular en GRS, VRS y la sostenibilidad de los residuos sólidos (RS) en el distrito de Ilo. El estudio se basa en la investigación previa y se desarrolla en cinco capítulos principales: planteamiento del problema, fundamento teórico, metodología del estudio, resultados del estudio y discusión y análisis de rentabilidad y sostenibilidad: valor económico de RS en el distrito Ilo. Los resultados fueron presentados en tablas y gráficos que permitieron el análisis situacional de la generación municipal de RS. El autor concluye con recomendaciones para futuras investigaciones y para la GRS en el distrito de Ilo, enfocándose en la segregación y promoviendo la adopción de prácticas y tecnologías más sostenibles y eficientes en la gestión de los residuos.

Palabras Clave: gestión de residuos sólidos, valorización de residuos sólidos municipales, economía circular, generación municipal de residuos sólidos, segregación de residuos sólidos, caracterización de residuos sólidos.

Abstract

The research addresses the problem of solid waste management (SWM) in the district of Ilo, province of Ilo, Moquegua region, Peru, with a focus on the circular economy in the SWM system, the valorization of municipal solid waste (SWV) to promote the circular economy. The thesis is justified by environmental, economic, social and technological problems related to SWM in the district. A circular economy approach to SWM, SWV and solid waste sustainability in the district of Ilo is proposed. The study is based on previous research and is developed in five main chapters: problem statement, theoretical foundation, study methodology, study results and discussion and analysis of profitability and sustainability: economic value of solid waste in the Ilo district. The results were presented in tables and graphs that allowed for a situational analysis of municipal solid waste generation. The author concludes with recommendations for future research and solid waste management in the district of Ilo, focusing on the segregation and valorization of municipal solid waste, and promoting the adoption of more sustainable and efficient practices and technologies in waste management.

Keywords: solid waste management, municipal solid waste valorization, circular economy, municipal solid waste generation, solid waste segregation, solid waste characterization.

Tabla de Contenido

Resumen	5
Abstract	6
Tabla de Contenido	7
Índice de Tablas	12
Índice de figuras	14
Índice de Anexos	17
Introducción	18
Capítulo I: Planteamiento Del Problema	20
Problemática De La Investigación:	20
Justificación	21
Justificación Ambiental	21
Justificación Económica	21
Justificación Social	21
Justificación Tecnológica	22
Objetivo General	22
Objetivos Específicos	22
Capítulo II: Fundamento Teórico	24
Antecedentes De La Investigación	24
Marco Teórico	38

Definición De Residuos Sólidos _____	38
Generación De Residuos Sólidos _____	38
Clasificación De Los Residuos Sólidos _____	39
La Gestión De Residuos Sólidos _____	40
Etapas y procesos del manejo y análisis de residuos sólidos _____	45
Técnicas De Minimización De Residuos Sólidos _____	46
Factores De Un Manejo Incorrecto De Los Residuos _____	46
Riesgos Vinculados Al Manejo Incorrecto De Los Residuos _____	47
Ciclo De Vida De Los Residuos Sólidos _____	49
Economía Circular _____	49
Mercado De Consumo _____	49
Diseño De Los Productos Dentro De La Economía Circular _____	50
La Economía Circular Y Su Relación Con La Responsabilidad Social _____	50
Área Degradada Por Residuos Sólidos _____	50
Capítulo III: Análisis de la situación actual de la gestión de residuos sólidos en el distrito	
Ilo _____	53
Descripción Geográfica _____	53
Análisis Legal _____	54
Análisis Infraestructural Del Distrito Ilo Para La Gestión De Residuos Sólidos _____	55
Áreas Degradadas por Residuos Sólidos Municipales _____	56
Áreas de Infraestructuras de Residuos Sólidos _____	58
Programa de segregación en la fuente _____	58

Capítulo IV: Metodología Del Estudio	61
Tipo y Nivel de Investigación	61
Tipo	61
Nivel	61
Campo de Verificación	61
Determinación Del Número De Muestras	70
Zonificación De La Institución	70
Determinación De La Población	72
Determinación Del Tamaño De Muestra	72
Procedimiento Para La Realización Del Estudio	79
Recursos Humanos	79
Equipos Y Materiales Utilizados	80
Capacitación Al Personal Encargado De Realizar La Segregación	81
Ejecución Del Estudio	82
Fase De Empadronamiento	82
Fase De Recolección	83
Etapa de Análisis	84
Determinación De La Generación De Residuos Sólidos	85
Generación Domiciliaria	85
Generación No Domiciliaria	86
Determinación De La Composición Física De Los Residuos Sólidos	89
Capítulo V: Resultados Del Estudio Y Discusión	93

Generación Per Cápita De Los Residuos Sólidos	93
Generación De Residuos Sólidos Domiciliarios	93
Generación De Residuos Sólidos No Domiciliarios	94
Composición Física De Los Residuos Sólidos	101
Residuos Sólidos Domiciliarios	101
Residuos Sólidos No Domiciliarios	108
Residuos Sólidos En El Distrito Ilo	115
Discusión De Los Resultados	122
Capítulo VI: Análisis de Rentabilidad y Sostenibilidad: Valor Económico De Residuos Sólidos En El Distrito	125
Cuantificación Del Valor Económico De Los Residuos Sólidos Municipales Caracterizados En El Distrito	125
Estimación Del Valor Económico De Los Residuos Sólidos Municipales Aprovechables Metálicos Y No Metálicos Del Distrito Ilo	129
Capítulo VII: Conclusiones y Recomendaciones	134
Conclusiones	134
Recomendaciones	134
Referencia	136
Plan de Incentivos para Mejorar la Gestión Municipal	143
Ley de Gestión de Residuos Sólidos en Perú	144

**Detalle De Presupuesto Por Componente Del Proyecto “MEJORAMIENTO Y
AMPLIACIÓN DEL SERVICIO DE LIMPIEZA PÚBLICA Y DISPOSICIÓN FINAL
DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LA PROVINCIA DE ILO” _____ 146**



Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Tamaños de muestra según el total de predios domiciliarios existentes.</i>	64
Tabla 2 <i>Número de zonas para la distribución del tamaño de muestra según el total de predios domiciliarios existentes.</i>	65
Tabla 3 <i>Tamaños de muestra según el total de predios domiciliarios existentes.</i>	66
Tabla 4 <i>Grupos de establecimientos comerciales con clases homogéneas</i>	67
Tabla 5 <i>Tamaño de muestra para cada zona del distrito Ilo</i>	71
Tabla 6 <i>Tamaños de muestra según el total de predios domiciliarios existentes</i>	73
Tabla 7 <i>Tamaño de muestra para generadores no domiciliarios según el total existente en el distrito Ilo.</i>	74
Tabla 8 <i>Tamaño de muestra para cada tipo de establecimiento comercial e institución</i>	74
Tabla 9 <i>Tamaños de muestra según el total de predios domiciliarios existentes</i>	75
Tabla 10 <i>Tamaño de muestra para cada grupo de establecimiento comercial</i>	76
Tabla 11 <i>Tamaño de muestra para cada clase de institución educativa según el porcentaje de representatividad dentro del distrito Ilo</i>	77
Tabla 12 <i>Mercados existentes en el distrito Ilo</i>	78
Tabla 13 <i>Muestra de rutas de barrido del distrito Ilo</i>	79
Tabla 14 <i>Tamaños de muestra según el total de predios domiciliarios existentes</i>	79
Tabla 15 <i>Materiales y equipos necesarios para la realización del estudio</i>	80
Tabla 16 <i>Caracterización de tipos de residuo sólido</i>	90

Tabla 17 <i>Generación domiciliaria per cápita de cada zona</i>	93
Tabla 18 <i>Generación Diaria Por Fuente No Domiciliaria</i>	99
Tabla 19 <i>Generación diaria de fuentes de generación de residuos sólidos municipales en el distrito Ilo</i>	100
Tabla 20 <i>Generación municipal de residuos sólidos en el distrito Ilo</i>	101
Tabla 21 <i>Caracterización de residuos sólidos domiciliarios en el distrito Ilo</i>	102
Tabla 22 <i>Caracterización de residuos sólidos no domiciliarios en el distrito Ilo</i>	108
Tabla 23 <i>Caracterización de residuos sólidos municipales en el distrito Ilo</i>	116
Tabla 24 <i>Lista de valor de mercado de residuos sólidos aprovechables según el programa RECICLA de la municipalidad provincial de Ilo</i>	126
Tabla 25 <i>Valor económico de los residuos sólidos recolectados durante el estudio</i>	127
Tabla 26 <i>Valor económico de los residuos sólidos aprovechables del distrito Ilo</i>	129
Tabla 27 <i>Proyección del valor económico de los residuos sólidos generados en el distrito Ilo</i>	130
Tabla 28 <i>Análisis financiero de la comercialización de RR.SS.</i>	131

Índice de Figuras

Figura 1 <i>Caracterización de los residuos sólidos</i>	40
Figura 2 <i>Contenedores usados para la separación de los residuos sólidos desde el lugar de origen</i>	42
Figura 3 <i>Almacenamiento temporal urbano para residuos sólidos</i>	43
Figura 4 <i>Recolección de residuos sólidos municipales</i>	44
Figura 5 <i>Disposición final de residuos sólidos municipales</i>	45
Figura 6 <i>Problemas urbanos por residuos sólidos</i>	48
Figura 7 <i>Área degradada por residuos sólidos</i>	51
Figura 8 <i>Cartografía de la provincia Ilo</i>	53
Figura 9 <i>Áreas degradadas y de infraestructuras (RRSS) en el distrito Ilo</i>	56
Figura 10 <i>Imagen satelital de la provincia Ilo con acercamiento en el botadero municipal del distrito Ilo</i>	57
Figura 11 <i>Zonificación del distrito Ilo según nivel socioeconómico</i>	71
Figura 12 <i>Capacitación al personal seleccionado para la realización del estudio</i>	82
Figura 13 <i>Personal en ejecución de la fase de empadronamiento durante el estudio</i>	83
Figura 14 <i>Personal en ejecución de la fase de recolección durante el estudio</i>	84
Figura 15 <i>Espacio físico habilitado para la fase de análisis del estudio</i>	85
Figura 16 <i>Análisis de la generación per cápita domiciliaria</i>	94
Figura 17 <i>Medición por grupos de establecimientos comerciales</i>	95

Figura 18 <i>Proporción de generación de los grupos de establecimientos comerciales</i>	96
Figura 19 <i>Generación de instituciones educativas</i>	97
Figura 20 <i>Proporción de generación de instituciones educativas</i>	98
Figura 21 <i>Proporción de residuos sólidos aprovechables y no aprovechables domiciliarios</i> ...	105
Figura 22 <i>Proporción de residuos sólidos orgánicos, inorgánicos y no aprovechables domiciliarios</i>	106
Figura 23 <i>Proporción de residuos sólidos orgánicos domiciliarios</i>	107
Figura 24 <i>Proporción de residuos sólidos inorgánicos domiciliarios</i>	108
Figura 25 <i>Proporción de residuos sólidos aprovechables y no aprovechables no domiciliarios</i>	112
Figura 26 <i>Proporción de residuos sólidos orgánicos, inorgánicos y no aprovechables no domiciliarios</i>	113
Figura 27 <i>Proporción de la composición de residuos sólidos orgánicos no domiciliarios</i>	114
Figura 28 <i>Proporción de la composición de residuos sólidos inorgánicos no domiciliarios</i>	115
Figura 29 <i>Proporción de residuos sólidos aprovechables y no aprovechables municipales</i>	119
Figura 30 <i>Proporción de residuos sólidos orgánicos, inorgánicos y no aprovechables municipales</i>	120
Figura 31 <i>Proporción de residuos sólidos orgánicos municipales</i>	121
Figura 32 <i>Proporción de residuos sólidos inorgánicos municipales</i>	122
Figura 33 <i>Valor económico en el mercado de residuos sólidos aprovechables según MINAM.</i>	125

Figura 34 *Valor en el mercado de residuos sólidos aprovechables según el programa RECICLA
de la municipalidad provincial de Ilo*..... 126



Índice de Anexos

ANEXO 1 Plan de Incentivos para Mejorar la Gestión Municipal.....	143
ANEXO 2 Ley de Gestión de Residuos Sólidos en Perú.....	144
ANEXO 3 Detalle De Presupuesto Por Componente Del Proyecto “MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DEL SERVICIO DE LIMPIEZA PÚBLICA Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LA PROVINCIA DE ILO”	146



Introducción

La gestión de residuos sólidos (GRS) es un problema creciente a nivel mundial, especialmente en áreas urbanas y en países en vías de desarrollo. El crecimiento poblacional, la industrialización y cambios en el estilo de vida han llevado a un aumento en la generación de residuos sólidos (RS), que en muchos casos se destinan a vertederos a cielo abierto, generando problemas ambientales y sociales.

En el distrito de Ilo, provincia de Ilo, región Moquegua, Perú, se ha observado un crecimiento poblacional anual del 1,6% y una densidad poblacional aproximada de 46,2 habitantes/km². Esta situación ha generado problemas en la disposición final de los residuos sólidos (DFRS) ubicado en el sector "Pampa de Palo" a 12 km de la zona poblada (botadero municipal).

Esta tesis tiene como objetivo principal realizar y analizar la caracterización y valorización de los residuos sólidos (VRS) municipales en el distrito de Ilo, con el fin de incentivar la economía circular en la gestión de estos residuos. Se abordarán aspectos como la generación de RS, la composición física de los mismos, la valorización económica y la sostenibilidad de los residuos sólidos municipales (RSM) en el distrito de Ilo. Se tomarán en cuenta diferentes enfoques y tecnologías para la GRS, como la economía circular en el sistema de GRS, VRS y la conversión de RSM en energía (Waste-to-Energy – W2E).

Esta investigación es relevante para el contexto local, nacional e internacional, ya que contribuye a la comprensión de cómo abordar el creciente problema de GRS y promover un enfoque más sostenible y económico en la DFRS.



CAPITULO I

Capítulo I: Planteamiento Del Problema

Problemática De La Investigación:

La gestión de residuos sólidos (GRS) es un problema a nivel mundial y que con el paso del tiempo se vuelve más complejo debido al crecimiento poblacional, la industrialización y cambios en el estilo de vida, más aún en las naciones en desarrollo los cuales en su mayoría eliminan los residuos en vertederos a cielo abierto, actividad que requiere de una gran cantidad de tierra y puede generar varios problemas ambientales (Valencia et al., 2021).

Así es, se promulga la Ley N°29332 que aprueba el Programa de Incentivos a la Mejora de la Gestión Municipal (anexo 1), avalado por el D.S N°366-2021-EF el mismo que se refiere a la aprobación de los procedimientos para el cumplimiento de metas y la asignación de recursos del Programa de Incentivos a la Mejora de la Gestión Municipal.

Al evaluar el crecimiento poblacional del distrito de Ilo observamos un crecimiento anual del 1,6% y una densidad poblacional aproximada de 46.2hab/km² INEI (2017). La provincia Ilo carece de la infraestructura adecuada para la disposición final de los residuos sólidos (DFRS) generados según el reglamento del decreto legislativo n° 1278, ley de gestión integral de residuos sólidos, el cual establece: Art. 36 “La valorización de residuos sólidos (VRS) debe priorizarse frente a la disposición final de los mismos” (Ley 29332, 2009); Art. 41 “La DFRS se realiza en rellenos sanitarios, los mismos que son implementados por las municipalidades o empresas operadoras de residuos sólidos” (Ley 29332, 2009).

Por ello la presente investigación gira entorno a clasificar los residuos sólidos municipales (RSM) desde la fuente para en lo posterior darle un valor al mismo acorde al mercado actual. Esto ayudará a mejorar la gestión municipal referido a la segregación de RSM.

Justificación

Justificación Ambiental

En los últimos años, se ha visto que el distrito de Ilo tuvo un crecimiento poblacional anual del 1,6%, INEI (2017). Lo que se relaciona directamente con la generación de residuos sólidos con una aproximación de 45 toneladas/diarias MPI (2016). Con la caracterización de los residuos sólidos (CRS) se podrá segregar de manera correcta aprovechando la reutilización de cada RS, el mismo que tendrá un valor de acorde al mercado los mismos que impulsaran al distrito de Ilo a iniciar e incentivar la economía circular.

Justificación Económica

Muy aparte de la problemática ambiental que conlleva los residuos sólidos, estos generan pérdidas económicas, debido a que devalúan la calidad de los terrenos, disminuyen las tasas de turismo y la recuperación del paisaje implica una inversión fuerte.

En tal sentido, esta investigación busca estimar un valor económico de los RS, con la finalidad de obtener bienes y servicios y ser fuente de trabajo formal para los recicladores.

Justificación Social

Los residuos sólidos acumulados son un foco infeccioso que genera malos olores, es una fuente de insectos y patógenos y uno de los principales problemas que afecta el bienestar y salud de la población, debido a que causa incomodidad, estrés, dolores de cabeza, problemas psicológicos y bajo rendimiento laboral. Por otro lado, el paisaje se ve gravemente perjudicado, debido a que los residuos le otorgan un mal aspecto y deterioran su calidad, obstruyendo las relaciones entre seres humanos y ambiente.

Justificación Tecnológica

No existe un aprovechamiento de los RS que se generan a diario en el distrito de Ilo y su disposición final en los botaderos conlleva problemas ambientales, sociales y económicos.

Determinar el valor de los RS aprovechables, incrementa los ingresos monetarios en las familias de los recicladores formales, reduce el impacto ambiental de los RS y reduce la posibilidad de contraer enfermedades infecciosas.

Objetivo General

Caracterizar y valorizar los residuos sólidos municipales del distrito Ilo con el fin de incentivar la economía circular.

Objetivos Específicos

- Analizar la situación actual de la gestión de residuos sólidos municipales en el distrito Ilo.
- Realizar la segregación y estudio de caracterización de los residuos sólidos municipales en el distrito de Ilo.
- Determinar la generación de residuos sólidos municipales y establecer el porcentaje de composición física de los mismos.
- Cuantificar el valor económico de los residuos sólidos municipales caracterizados en el estudio.
- Estimar el valor económico de los residuos sólidos municipales aprovechables metálicos y no metálicos del distrito Ilo.



CAPITULO II

Capítulo II: Fundamento Teórico

Antecedentes De La Investigación

Un estudio realizado por Ayeleru et al. (2018) propone la generación y caracterización de RSM en la ciudad de Johannesburgo. En este trabajo realizó un estudio tiene como objetivo determinar la caracterización y el patrón de los residuos sólidos urbanos (RSU) en la ciudad de Johannesburgo (CoJ), Sudáfrica. Los resultados revelaron que los plásticos y los RS orgánicos constituyen el mayor contenido de residuos tanto en la basura diaria (DR) como en la basura redonda (RCR). Los resultados mostraron además que los DR son del 28 % y el 26 % para los desechos plásticos, mientras que el 28 % y el 29 % de los desechos orgánicos representaron los RCR durante las temporadas de verano e invierno, respectivamente. Se evaluó que el contenido de la proporción de carbono a nitrógeno (C:N) de los desechos de alimentos empleados en este estudio era de 22.27 H 44 NO 16. Se utilizó el software STATA 12 y la técnica estadística ANOVA para evaluar la variación estacional entre las estaciones de invierno y verano (en un espacio de seis meses). Los valores de p obtenidos para el DR fueron (valor de $p = 0,9775$) y para el RCR fueron (valor de $p = 0,9760$) con un nivel de confianza del 95 % utilizando las pruebas STATA 12. De igual manera, el pvalor obtenido para el DR fue ($p\text{-valor} = 0.999$) y para el RCR fue ($p\text{-valor} = 0.991$) a su vez utilizando pruebas de ANOVA al 95% de nivel de confianza. Además, se utilizó el software Minitab para pronosticar la tendencia de generación de residuos entre 2016 y 2025. Con base en los resultados generales, se concluyó que las diferencias entre los residuos generados en ambas temporadas no fueron estadísticamente significativas ($p > 0,05$). Además, un total de 102, Se generarían 406 toneladas de residuos durante el período considerado (un período de diez años). Esto indica una tendencia negativa para CoJ en términos

de generación de residuos. Sin embargo, esta tendencia se puede mitigar mediante la implementación de Zero Waste (ZW).

Rathore et al. (2020) propone la optimización económica, ambiental y social de la GRS en el contexto de la economía circular. En su presente estudio examina la viabilidad económica, ambiental y social de la economía circular en la GRS. Este estudio propone un concepto para la utilización de los RSU orgánicos recolectados convirtiéndolos en biogás y luego usarlos como combustible en una planta de energía térmica (TPP) para reducir la carga en las minas de carbón. Se formula un modelo de programa no lineal entero mixto (MINLP) para la minimización del costo total, que es la suma de (i) costo de funcionamiento, (ii) costo de transporte, (iii) costo de contratación, (iv) costo ambiental, (v) costo social, y (vi) costo de penalización. El sistema propuesto es validado por un estudio de caso en una ciudad de Bilaspur, India. El modelo desarrollado se evalúa para dos escenarios: (i) escenario actual, en el que los RSU desagregados se recolectan de las fuentes y se desechan en rellenos sanitarios, y la TPP obtiene su combustible solo de la mina de carbón; y (ii) escenario propuesto, en el que los RSU orgánicos recolectados se envían a la planta de biogás y desde allí, el biogás se transporta a la TPP como combustible. El modelo se resuelve para ambos escenarios e identifica que el sistema propuesto está funcionando mejor. Está reduciendo el costo total del sistema actual en alrededor de INR 30 462 326 por día, que consiste en una reducción en el costo de funcionamiento, transporte, ambiental y social en INR 225580, 30120443, 113905 y 2397. Además de eso, también está reduciendo la emisión de carbono en 186,43 toneladas diarias. Además, el análisis de sensibilidad se realiza variando la eficiencia de recolección y el parámetro de capacidad de TPP para probar la idoneidad del modelo a nivel mundial y en diferentes ciudades. A partir del análisis, se identifica

que el modelo es implementable a nivel mundial y se adapta mejor a las ciudades que tienen una capacidad TPP baja.

Según el estudio de Munir et al. (2021) el procesamiento de residuos sólidos municipales en energía para una economía circular en Nueva Zelanda. Propone que un enfoque de economía circular puede gestionar de forma segura los MSW mientras mitiga la creciente demanda de energía cuando los residuos se convierten en energía mediante diversas tecnologías de RSU en energía. El presente estudio revisa el estado actual de la generación comparativa de RSU, el déficit de energía y el procesamiento de residuos en energía. Se revisan varias tecnologías de conversión de residuos en energía, se describe su potencial y estado actual en Nueva Zelanda, y se identifican sus desafíos asociados para desarrollar un proceso de conversión de residuos en energía potencialmente prometedor para una economía circular en Nueva Zelanda. Las tecnologías de conversión de residuos en energía en Nueva Zelanda pueden lograr el éxito comercial y los niveles de preparación de la comunidad mediante el uso de mejores estrategias de comunicación para informar a los usuarios finales y las partes interesadas relevantes, y agregando capas de seguridad adicionales alrededor de sus procesos. Se recomiendan varias combinaciones de tecnologías de conversión de residuos en energía para el procesamiento exitoso de la conversión de residuos en energía en Nueva Zelanda, ya que ninguna tecnología puede cumplir eficazmente el propósito del procesamiento de la conversión de residuos en energía por sí sola.

Según el estudio de García-Bucio et al. (2022) se utilizó indicadores de la bioeconomía circular para el aprovechamiento de la fracción orgánica de los residuos sólidos municipales (OFMSW). El desarrollo sostenible es necesario impulsar las acciones inherentes a la economía circular (EC), como el manejo y aprovechamiento adecuado de los RSU incluyendo su fracción

orgánica (RESU) para obtener productos con relevancia comercial. No obstante, los criterios y métricas para evaluar la circularidad de productos y procesos presentan una variedad de formas y referencias, y en algunos casos carecen de un marco metodológico claro que permita aplicarlos de manera concreta en la bioeconomía circular (EBC), lo que significa el tratamiento de materiales de origen biológico a través de bioprocesos. En este trabajo, revisamos críticamente los indicadores publicados que se utilizan para evaluar los procesos de CE para recopilar los indicadores apropiados para su aplicación en sistemas de bioeconomía circular, particularmente aquellos que involucran el tratamiento de la OFMSW. Estos indicadores pueden ser cuantitativos o cualitativos y brindan a los tomadores de decisiones elementos sobre aspectos económicos, ambientales, sociales y de eficiencia productiva. El grupo de indicadores seleccionados de nuestro proceso de revisión consta de 17 métricas e indicadores que fueron elegidos en función de la relevancia de las variables que involucran y su potencial de aplicación a los bioprocesos de tratamiento OFMSW. Este estudio es una contribución a la ordenación de la información técnica existente sobre este tipo de indicadores y proporciona información útil para un marco conceptual que fomente el avance de la bioeconomía circular y su aplicación a OFMSW.

Desde la posición de Sharma et al. (2021) realizó un enfoque de economía circular en el sistema de gestión de residuos sólidos (SGRS) para lograr los ODS de la ONU. Este estudio se enfoca en la GRS basada en la economía circular (CE) podría ayudar a alcanzar los objetivos previstos de la ONU-SDG. En esta revisión se entendió que los principios rectores de los ODS de la ONU, como la salud pública, las preocupaciones ambientales, el valor de los recursos y el desarrollo económico, son similares a los que han impulsado el crecimiento de las actividades de gestión de desechos; por lo tanto, para lograr los objetivos de UN-SDG, se debe priorizar un enfoque de CE en el sistema de gestión de residuos sólidos en la agenda económica post-

COVID. Sin embargo, los problemas de política, tecnología y participación pública pueden obstaculizar el cambio al modelo CE; por lo tanto, el crecimiento del nicho podría provenir del desarrollo de empleos verdes distintivos impulsados por la GRS, la formalización de los recicladores informales y el enfoque en la educación y la capacitación del trabajador informal. La revisión también hizo hincapié en la creación de empleos verdes mediante la inversión en infraestructura de reciclaje que nos permitiría abordar las preocupaciones relacionadas con el cambio climático. Los diseños de productos y modelos comerciales basados en CE enfatizarían los bienes multifuncionales, extendiendo la vida útil de los productos y sus partes, y la fabricación inteligente para ayudar a los sectores público y privado a maximizar la utilidad del producto (reduciendo así la generación de desechos) al tiempo que proporciona beneficios económicos y ambientales a largo plazo. El estudio también recomendó políticas sólidas que priorizaron las inversiones en la descentralización de los sistemas de desechos sólidos, la localización de las cadenas de suministro, el reciclaje y la recuperación ecológica, el intercambio de información y la colaboración internacional para lograr los ODS de la ONU.

Por su parte, en la investigación de Paes et al. (2019) propone una gestión de residuos sólidos orgánicos (GRSO) en una perspectiva de economía circular. Dado que, la GRSO a través de los principios de la CE y creó una agenda de investigación sobre el tema. Las principales amenazas y debilidades fueron: costo logístico y gestión de la cadena de suministro; estacionalidad; disponibilidad y falta de homogeneización de la materia prima (residuos orgánicos); calidad y eficiencia del producto alternativo, que no es económicamente competitivo con los tradicionales; y la falta de normas y reglamentos técnicos. Las principales fortalezas fueron: la posibilidad de convertir los flujos de residuos en recursos valiosos, contribuyendo a la mejora ambiental, disminución de la liberación de gases de efecto invernadero y la reducción de

costos; estimulación de proyectos cooperativos y producción de bioquímicos y energía; y la creación de empleo y nuevas oportunidades de inversión como resultado del desarrollo de un nuevo modelo de negocio y una nueva cadena de valor basada en residuos orgánicos, impulsando empresas que apuestan por soluciones verdes. La agenda de investigación propuesta se concentró en las cadenas de valor emergentes y la modificación de los modelos comerciales, la legislación y los impuestos existentes para ayudar en la competitividad de los materiales alternativos derivados de los desechos orgánicos en una perspectiva de CE.

Este estudio realizado por Tsai et al. (2020) postula la GRS en una CE. Tiene como objetivo presentar un análisis bibliométrico sistemático basado en datos sobre la GRS como base en una economía circular. La literatura actual aún no se ha desarrollado por completo dada la complejidad del concepto y el conocimiento correspondiente. El análisis bibliométrico tradicional carece de la capacidad de filtrar palabras clave importantes para direcciones futuras, y las frecuencias de las palabras clave se describen numéricamente. Este estudio aplica el método de peso de entropía para convertir las frecuencias a pesos y realiza comparaciones regionales basadas en una base de datos; por lo tanto, este estudio contribuye a la literatura proporcionando posibles direcciones futuras. La base de datos incluye 413 artículos publicados y se enumeran 41 indicadores. Los resultados se utilizan para identificar indicadores válidos para la mejora y proporcionar una comparación regional de vanguardia. Los 5 indicadores principales para el estudio futuro son la incineración, la evaluación del ciclo de vida, residuos plásticos, clasificación de residuos sólidos y sostenibilidad. Un análisis de acoplamiento bibliográfico proporciona una comparación de 5 regiones y revela que África y América del Norte tienen menos estudios que otras regiones.

De acuerdo con Hemidat et al. (2022) señala la GRS en el contexto de una CE en la Región MENA. En su estudio realiza la gestión de residuos se limita principalmente a la recolección, el transporte y la eliminación. Dado que recientemente se ha dado alta prioridad a la economía circular en la agenda política de la región MENA, todos los estados miembros de MENA están tratando de alejarse de la eliminación de desechos a la antigua, "gestión de desechos", hacia un tratamiento de desechos más inteligente, "eficiencia de recursos". Este documento presenta una visión general integral de los sistemas nacionales para la GRS y la recuperación de materiales y energía como un aspecto importante de los mismos. en el contexto de la economía circular en países seleccionados de la región MENA. Dado que las tecnologías de política, regulación y tratamiento están tradicionalmente conectadas a la gestión de los RSU, el enfoque de este artículo es doble. En primer lugar, tiene como objetivo identificar las diferentes prácticas de GRS empleadas en países seleccionados de la región MENA y sus enfoques para adoptar la economía circular y, en segundo lugar, examina hasta qué punto las políticas y tecnologías aplicadas juegan algún papel en este contexto. El estudio reveló que la mayoría de los problemas de GRS en los países analizados parecen deberse a factores políticos y la naturaleza descentralizada de la gestión de residuos con gestión y responsabilidades de múltiples niveles. De hecho, la recuperación de materiales y energía en el contexto de la GRS no difiere significativamente en los países de la región MENA considerados. En la mayoría de los casos, el "desperdicio" todavía se considera un "problema" en lugar de un recurso. Por lo tanto, se requiere una nueva visión sobre cómo la GRS puede transformarse en una economía circular; existe la necesidad de un cambio de paradigma de un modelo de economía lineal a un modelo de CE.

Según el estudio de Hoang et al. (2022) realiza una revisión de perspectivas sobre la ruta de conversión de RS en energía. Enfatizando que el manejo adecuado de los RSM es fundamental debido a su alta tasa de generación y el potencial para reducir al mínimo los efectos en el medio ambiente al reducir simultáneamente el agotamiento de los recursos y la contaminación. La utilización de RSM para el reciclaje es importante para transformar el modelo de economía lineal en uno circular. La revisión actual analiza y clasifica los RSM a las tecnologías energéticas en enfoques directos e indirectos desde la perspectiva de la economía circular. El enfoque directo implica la incineración de RSM para la recuperación de calor. El enfoque indirecto, que incluye procesos termoquímicos y bioquímicos, es más complicado pero atractivo debido a la variedad de los productos valorizados, como el gas de síntesis, bioaceite, biocarbón, digestato, humus. Sin embargo, aún no se ha establecido un consenso sobre el mejor enfoque de tratamiento de los RSM debido a la inconsistencia de los criterios de evaluación en los estudios existentes. En el caso de convertir RSM en energía (Waste-to-Energy – W2E), sus indicadores económicos, como el capital, el cumplimiento y el costo de operación, son criterios importantes cuando se consideran las implementaciones. En el trabajo actual, se analizan las características críticas de las tecnologías para las rutas de RSM a energía. Además, también se evalúan exhaustivamente las características económicas y el papel de los RSM en la bioeconomía circular.

Por su lado, Ferronato et al. (2019) menciona el análisis comparativo de las ventajas y oportunidades para la valorización de residuos. El estudio evalúa las estrategias efectivas de GRS en los países en desarrollo para mejorar la sostenibilidad a nivel mundial. Se deben superar muchas barreras relacionadas con la introducción de políticas ambientales, inversiones efectivas, inclusión social y conciencia pública, que son temas importantes en los países de ingresos

medios bajos. La economía circular podría representar la respuesta para mejorar las actividades actuales de GRS en todo el mundo, ya que denota el principio de valorización y reciclaje de residuos para impulsar las economías en desarrollo. Este artículo se centra en este tema, analizando las principales oportunidades para mejorar el estado actual de la gestión de residuos sólidos en las grandes ciudades en desarrollo. Se revisa la GRS de dos países: Rumanía es el país emergente donde la Economía Circular se está convirtiendo en un objetivo de futuro debido a las ayudas económicas y regulaciones de fuerza que la Unión Europea (UE) estableció para las naciones que forman parte de la alianza; a modo de comparación, se informa que Bolivia evalúa las principales diferencias encontradas para desarrollar sistemas de reciclaje en un país no perteneciente a la UE. Estos dos estudios de caso podrían ser de interés para resaltar los principales pros y contras de la participación en una organización amplia como la UE para introducir en breve los principios de la economía circular. Además, en el estudio se describe un modelo teórico de CE para el desarrollo de grandes ciudades en países de ingresos bajos y medios para comparar de manera efectiva qué posibilidades se pueden extender para estos países con respecto a residuos sólidos urbanos explotación. A pesar del nivel económico, Rumania y Bolivia se enfrentan a muchos problemas de GRS, aunque en diferente magnitud. Para el estudio de caso rumano, es visible cómo no puede alcanzar los objetivos europeos para 2020 debido a la necesidad de un cambio en el comportamiento público de reciclaje. Bolivia, en cambio, representa el caso donde se requieren ayudas internacionales y nuevas inversiones, considerando el sector informal en el sistema de gestión formal como una oportunidad real para mejorar la tasa de reciclaje local. En conclusión, la comparación sugiere cómo los apoyos externos llevaron a implementar los principios de la CE dentro de una región en desarrollo. El modelo de CE

propuesto se recomienda para el desarrollo de las grandes ciudades con el fin de impulsar una nueva forma de empleo seguro, fomentando las actividades que aún están en marcha.

De acuerdo con Wainaina et al. (2023) señala la recuperación de recursos y economía circular a partir de RSO mediante tecnologías de digestión aeróbica y anaeróbica. Propone la recuperación de recursos de la corriente de desechos se está volviendo importante para una economía sostenible, la conservación del ecosistema y la reducción de la dependencia de los recursos naturales finitos. En este sentido, una economía circular de base biológica considera los desechos y residuos orgánicos como recursos potenciales que pueden utilizarse para suministrar productos químicos, nutrientes y combustibles necesarios para la humanidad. Esta revisión exploró el papel de las tecnologías de digestión aeróbica y anaeróbica para el avance de una sociedad circular de base biológica. Se discutieron las rutas desarrolladas dentro del dominio de la digestión anaeróbica, como la producción de biogás y otros productos químicos de alto valor (ácidos grasos volátiles). También se abordó el potencial para recuperar nutrientes importantes, como el nitrógeno a través del compostaje. Se hizo hincapié en los modelos innovadores para mejorar la economía y el rendimiento de los procesos, que incluyen la codigestión de varios desechos orgánicos sólidos, la recuperación de múltiples bioproductos y bioprocesos integrados.

Desde la posición de Van Fan et al. (2020) en su estudio señala la implementación de CE en el sistema de tratamiento de RSM utilizando P-graph. Evalúa los residuos sólidos urbanos (RSU) son uno de los problemas asociados al crecimiento económico y de la población urbana. El objetivo de este estudio es desarrollar un diseño integrado de sistemas de gestión de residuos en apoyo de una Economía Circular por P-graph (una herramienta de optimización gráfica bipartita) como una herramienta eficaz de apoyo a la toma de decisiones. El estudio de caso considera cuatro composiciones de RSU basadas en diferentes niveles de ingreso del país. La

resolución del modelo P-graph identifica los enfoques de tratamiento más adecuados, considerando el equilibrio económico entre el costo operativo principal, el tipo, el rendimiento, la calidad de los productos, así como la emisión de GEI (costo de externalidad). La identificación de soluciones casi óptimas por P-graph es útil para lidiar con las compensaciones entre objetivos en conflicto, por ejemplo, política local e implementación práctica, que son difíciles de monetizar. Para un país de bajos ingresos, la solución óptima incluye una combinación de separación en la fuente, reciclaje, incineración (calor, electricidad), digestión anaeróbica (biocombustible, digestato) y vertedero. Evita un estimado de 411 kg de CO₂eq /t de RSU procesados y consigue un beneficio potencial de 42 €/t de RSU procesados. La optimización generalmente favorece el tratamiento biológico mecánico a medida que aumenta el nivel de ingreso del país, lo que afecta la composición de los RSU. Los precios relativos del biocombustible, la electricidad y el calor (>20 %) causan un impacto significativo en la estructura de tratamiento de más alto rango y en la utilidad general. Este estudio muestra que el marco desarrollado por P-graph es una herramienta eficaz para la planificación de sistemas de RSU. Para estudios futuros, las entradas de datos localizados pueden incorporarse al marco propuesto para una solución personalizada y una evaluación de viabilidad económica.

Por su parte, en la investigación Rashid et al. (2021) Reciclaje de residuos alimentarios para la producción de compost y su valoración económica y ambiental como indicadores de CE de la GRS. En su estudio valida los valores monetarios económicos y ambientales de toda la cadena de procesos para convertir los desechos de alimentos orgánicos (OFW) en compost., siguiendo los indicadores CE. Los ahorros monetarios del enriquecimiento de macronutrientes (carbono y NPK) mediante la aplicación de compost al suelo y su valor de reemplazo del fertilizante mineral nunca se han informado en el modelo CE. Se estima que la producción de

OFW de la ciudad de La Meca aumentará hasta 1,60 Mt en 2030 debido al crecimiento de la población interna y al aumento del número de peregrinos que viajan para realizar rituales religiosos. Esta cantidad masiva de OFW puede producir 0,23–0,40 Mt de compost en 2015–2030 y reducir 0,043–0,076 Mt de emisión de CH₄. La implementación de esta tecnología generará ingresos netos de 240–419 MSAR por la venta de compost junto con un sustituto potencial de 124–216 kt de fertilizantes químicos durante 2015–2030, después de la CE. Los ahorros ambientales (vertimiento de desechos y créditos de carbono relacionados con la reducción de CH₄) pueden ser de 618–1078 MSAR, mientras que los ahorros de reemplazo de fertilizantes serán de 74–129 MSAR en 2015–2030. En general, implementar la tecnología de compostaje siguiendo el modelo CE tiene el potencial de agregar un ingreso neto acumulativo de 1626 MSAR a la economía nacional del Reino de Arabia Saudita en 2030. Implementar el modelo CE en OFW genera compost, reduce los problemas de gestión de desechos al cerrar el ciclo de reciclaje de materiales, generar ingresos adicionales y agregar ingresos netos a la economía nacional. También ayudará a los responsables de la toma de decisiones a diseñar una política adecuada de gestión sostenible de residuos.

Evidenciado diferentes tratamientos para los residuos sólidos enfocadas para promover la CE, Patterson et al. (2023) realiza un aislamiento cuantitativo y caracterización de nano fibrillas de carboximetilholocelulosa tratadas con vapor a partir de RSM. El cual, propone el aislamiento de sólidos orgánicos y fibras ricas en celulosa de los RSM mediante tratamiento con vapor de alta presión y en la conversión de los materiales fibrosos prepulidos de papel usado, materiales de embalaje, cartón, etc., en nanofibrillas de celulosa de valor añadido. La desfibrilación químico-mecánica de residuos sólidos municipales tratados con vapor se optimizó utilizando eterificación de carboximetilo heterogénea y no regioselectiva junto con cizallamiento

por mezclador, transformando así una mezcla heterogénea de RSU en nanofibrillas de carboximetilholocelulosa homogéneas sin el uso de pretratamientos convencionales de materia prima celulósica cruda. Estas nanofibrillas de celulosa recubiertas de hemicelulosa y carboximetiladas se aislaron cuantitativamente con un rendimiento $>95\%$ con anchos de 3 a 8 nm, espesores de 1 a 3 nm y longitudes de hasta 1000 nm. Postulamos que este avance de combinar un suministro global inagotable de residuos de celulosa, pretratamiento en autoclave de vapor a gran escala y un proceso de carboximetilación industrialmente relevante podría desbloquear el mayor potencial de los nanomateriales celulósicos sostenibles para una economía circular.

Como menciona Peng et al. (2019) plantea la gestión Sostenible del Digestato de la Fracción Orgánica de los RSM y Desperdicios de Alimentos Bajo los Conceptos de Alternativas Regreso a la Tierra y Economía Circular. La digestión anaerobia (DA) de la fracción orgánica de los RSM y los residuos alimentarios consiguen beneficios tanto ambientales como económicos. Este bioproceso, bien conocido por producir biogás, se usa ampliamente para aplicaciones industriales en todo el mundo. A pesar del uso de AD en todo el mundo, la sustentabilidad general de este proceso como fuente de combustible alternativo (es decir, biometano) está intrínsecamente ligada al manejo exitoso de uno de sus principales subproductos, el digestato. Para que el digestato se clasifique como un "producto" en lugar de un "desecho" y para lograr el cumplimiento normativo, esta corriente líquida debe someterse a tratamientos biológicos o fisicoquímicos. El tratamiento más común para el digestato es el uso como enmienda del suelo. Superávit de nutrientes, requerimientos estacionales agrícolas variables, el aumento de los costos de transporte y la aceptación del mercado (p. ej., riesgo para la seguridad alimentaria) representa el principal obstáculo para el uso de digestato para aplicaciones agrícolas. Por lo tanto, es

necesario estudiar enfoques alternativos para las opciones de manejo y utilización del digestato.

Un concepto alternativo es el Back to Earth Alternative (BEA), cuyo objetivo es devolver los residuos debidamente tratados a su estado no móvil, tal como fueron extraídos de la tierra para ser utilizados como materia prima, lo que lograría el cierre real de los materiales. ciclos De manera similar, se puede introducir el mismo concepto en el proceso de gestión del digestato, con el objetivo de reducir los costos de los recursos y mitigar los impactos potenciales sobre el cambio climático, mediante el empleo de un modelo de CE más holístico en lugar del modelo de economía lineal comúnmente conocido como "tomar-hacer". disponer". El objetivo general de este estudio es introducir los conceptos de CE y BEA en el proceso de gestión del digestato teniendo en cuenta la calidad inicial del digestato y las técnicas y procesos necesarios para cumplir con los requisitos reglamentarios y de calidad específicos para la utilización de este flujo de residuos. para diferentes aplicaciones. También se evaluó el análisis de costo-beneficio y el impacto ambiental para cada BEA.

Por su parte, Kumar et al. (2023) propone la biomasa de residuos agrícolas para la producción sostenible de bioenergía. Dicho estudio utiliza métodos avanzados apoyan el desarrollo económico de la producción de energía mediante la utilización de biomasa residual, al tiempo que limitan los efectos ecológicos. El uso de biomasa de residuos agrícolas se considera una importante fuente de energía alternativa que reduce notablemente las emisiones de gases que causan el efecto invernadero. Los residuos agrícolas producidos como desechos después de cada paso de la producción agrícola se utilizan como activos de biomasa sostenibles para la producción de bioenergía. Sin embargo, la biomasa de residuos agrícolas necesita pasar por algunos cambios cíclicos, entre los cuales el pretratamiento de la biomasa contribuye a la eliminación de la lignina y tiene un papel importante en la eficiencia y el rendimiento de la

producción de bioenergía. Como resultado de la rápida innovación en la utilización de residuos agrícolas para la bioenergía derivada de la biomasa, aparece una descripción general completa de los emocionantes aspectos más destacados y los avances necesarios, además de un análisis detallado de la materia prima, la caracterización, la bioconversión y los procedimientos contemporáneos de pretratamiento. Con este fin, en este estudio se examinó el estado actual en la generación de bioenergía a partir de agrobiomasa a través de diversos procedimientos de pretratamiento, además de presentar desafíos relevantes y una perspectiva para futuras investigaciones.

Marco Teórico

Definición De Residuos Sólidos

Los residuos sólidos son definidos como material orgánico con un contenido de sólido de 10 a 40%. Son sustancias o productos que no tienen un valor útil para quienes lo generaron. Se basa en términos de sistemas sociales, residuos sólidos y gestión de residuos sólidos siendo que se clasifica en residuos domésticos o municipales, residuos industriales y residuos hospitalarios (Segura et al., 2020).

Generación De Residuos Sólidos

El incremento aumento de la urbanización está generando una gran cantidad de RSU obteniendo un impacto socioeconómico y ambiental (Rathore et al., 2020). Este incremento se ha convertido en un problema a nivel mundial, esto se debe a que la generación de desechos aumenta a medida que aumenta la población (Ayeleru et al., 2018). Su generación parte por actividades humanas siendo que un gran porcentaje es generado por los hogares, áreas

comerciales o mercado siendo que contienen materia orgánica, sustancias tóxicas y residuos sucios (Rathore et al., 2020).

Clasificación De Los Residuos Sólidos

La clasificación y separación en origen de los residuos sólidos proporciona datos sobre la generación de residuos y la calidad de las fracciones con fines de recolección y manejo. Esto para poder identificar los riesgos y peligros que son perjudiciales para el medio ambiente, además priorizar acciones de gestión. Los residuos sólidos se pueden clasificar de diferentes formas según su origen, composición y características (Palomar et al., 2019).

Composición De Los Residuos Sólidos. El análisis de la composición de los RS es importante para su selección y planificación del sistema de transporte, almacenamiento y disposición (Khalid et al., 2022). El flujo de residuos se clasifica además en cinco categorías: plástico, papel, metal, botellas de vidrio y residuos utilizan (Palomar et al., 2019). Siendo que, los residuos generados que son reutilizables y reciclables son el papel, cartón, textiles, toallitas, servilletas, vidrio, plástico y orgánicos, que pueden ser aprovechados de manera eficiente, otros que destacan los residuos son los plásticos, metales, pieles, cauchos, entre otros (Florián et al., 2023).

Características De Los Residuos Sólidos. La caracterización es fundamental para evaluar los efectos potenciales sobre la naturaleza y la civilización (Khalid et al., 2022). Siendo que la caracterización de su composición de los residuos se utiliza para el diseño de la instalación de recuperación de materiales adecuada para su manejo y eliminación eficiente (Palomar et al., 2019).

Figura 1

Caracterización de los residuos sólidos



Nota. La figura representa la actividad de caracterización de residuos sólidos por dos personas.

Tomado de *Caracterización de los Residuos Sólidos*, jonathan, 2020, Sildeshare

(<https://www.slideshare.net/>).

La Gestión De Residuos Sólidos

Recientemente la GRS ha llamado la atención para activistas y ambientalistas e investigadores de ambientes seguros en las universidades, institutos y otros centros de educación superior (Ayeleru et al., 2018). La gestión de residuos sólidos no solo se enfoca en gestionar de forma segura, sino también en convertir en energía para satisfacer la creciente demanda (Kumar et al., 2023). Siendo que proporciona un recurso completo para una evaluación integral, crítica e informativa de las opciones de gestión de residuos incluyendo las diferentes actividades multidisciplinarias como la recolección hasta el transporte de desechos (Rathore et al., 2020). Donde la GRS y la gestión de residuos sólidos municipales (GRSM), es la base para la CE siendo que este surge cuando el valor de los recursos, materiales y productos, el cual, su

generación de residuos desarrolla tácticas para la sostenibilidad y competencia, para lograr una mayor prevención de residuos y cierre de los ciclos de materiales y crea inventarios de flujos económicos (Tsai et al., 2020).

Métodos De Gestión Del Manejo De Residuos Sólidos. Los diferentes métodos se realizan diagnósticos de los residuos sólidos y se plantea una propuesta para el manejo integrado de los residuos sólidos que se puedan encontrar; se identificaron riesgos y amenazas y se diseñó un plan de monitoreo ambiental con indicadores de efectividad. Siendo que esto se caracteriza desde su generación hasta su disposición, con la propuesta de programas ambientales orientados a la adecuación de las instalaciones, uso eficiente de insumos, reducción y aprovechamiento de residuos (Florián et al., 2023).

Separación En La Fuente. El presente método nos da a conocer las condiciones adecuadas para los diferentes tipos de residuos para un destino determinado, el compromiso de la población influye en la separación de los residuos. Siendo que su separación en la fuente varía el valor que se pueda obtener del residuo, el cual, involucra residuos reciclados (La Rosa Caballero et al., 2022). Se realiza la actividad de seleccionar y almacenar los diferentes RS desde su lugar de origen, para facilitar considerablemente su posterior manejo y aprovechamiento (López Sepúlveda et al., 2020).

Figura 2

Contenedores usados para la separación de los residuos sólidos desde el lugar de origen



Nota. Ejemplo de infraestructura pública para la segregación de residuos sólidos. Fuente:

¿Separas en la fuente o Reciclas?, ESPUSATO E.S.P., 2017, ESPUSATO (espusato.gov.co).

Almacenamiento De Residuos Sólidos. Se refiere a la contención temporal del material, el cual, se busca tener un almacenamiento adecuado para evitar riesgos en el medio ambiente y cuidar la integridad de la población. Su acumulación de RS en recipientes o ambientes adecuados hasta su valorización o disposición final (La Rosa Caballero et al., 2022).

Figura 3

Almacenamiento temporal urbano para residuos sólidos



Nota. Ejemplo de infraestructura para el almacenamiento público temporal de residuos sólidos urbanos. Fuente: *Edificios deben tener sistemas de almacenamiento de residuos*, Angélica Blanco Cortina, 2013, *El Universal* (www.eluniversal.com.co).

Servicio De Recolección Y Transporte De Residuos Sólidos Urbanos. Va juntamente con la selección de los RS para su disposición final. El proceso de recolección es la continuación de su almacenamiento en los contenedores en sus puntos establecidos y posteriormente se vierte el contenido en los vehículos de recolección (La Rosa Caballero et al., 2022).

Figura 4

Recolección de residuos sólidos municipales



Nota. Ejemplo de maquinaria usada para la recolección de residuos sólidos municipales (Compactadora). Fuente: *Municipalidades son aliadas estratégicas en la adecuada gestión de residuos sólidos*, Ministerio del ambiente, 2020, Gob.pe (www.gob.pe).

Valorización De Residuos Sólidos. Se debe a la disposición y obtener la reinserción de estos en la cadena de valor. Dado que, el proceso de aprovechar y recuperar los materiales o contenidos en los RS para su transformación en productos útiles y su valoración aporta diferentes alternativas de tratamiento (La Rosa Caballero et al., 2022).

Disposición Final De Residuos Sólidos. Se debe realizar una disposición final adecuada para una mejor planificación y gestión del sitio de los RS para tener un mejor conocimiento para

su método de tratamiento, la eliminación permanente y segura de materiales de desechos para minimizar sus posibles impactos ambientales y para la población (Hoque et al., 2020).

Figura 5

Disposición final de residuos sólidos municipales



Nota. Ejemplo de relleno sanitario formal para la disposición final de residuos sólidos. Fuente: *Gobiernos locales aplican guía ambiental para solucionar escasez de zonas adecuadas para disposición final de residuos sólidos, Ministerio del ambiente, 2022, gob.pe (www.gob.pe).*

Etapas y procesos del manejo y análisis de residuos sólidos

El Ministerio del Ambiente (MINAM), en el año 2019, desarrolló la Guía de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales. En la que se mencionan las tres etapas para el manejo de los RS. La primera etapa, correspondiente a la planificación, se centra en la formación del equipo de trabajo, se asegura los aspectos logísticos y se identifica las fuentes de generación y la identificación de las muestras. En la segunda etapa, se realiza el trabajo de campo, donde se

maneja y analiza las muestras. Finalmente, en la etapa de análisis de la información, se determinan la generación de residuos per-cápita de proveniencia domiciliaria y no domiciliaria; se estima la composición de los residuos, su densidad y la humedad de estos.

Técnicas De Minimización De Residuos Sólidos

Para la reducción de los RS se emplea la gestión de estos mismos, en el estudio se mencionan las principales metodologías para la minimización de los RS, dándoles un valor agregado o sacando algún beneficio económico o social (Jebaranjitham et al., 2022). Se encuentran de forma jerárquica de acuerdo con los beneficios que conllevan:

- Compostaje
- Valorización y comercialización de residuos sólidos aprovechables
- Digestión anaerobia
- Formación de Biogás
- Pirólisis lenta
- Formación de carbón vegetal
- Generación de energía a partir de residuos

Factores De Un Manejo Incorrecto De Los Residuos

Falta De Infraestructura. La escasa infraestructura para tratar los RS es uno de los principales problemas para la disposición final. Según datos del MINAM, en el año 2021 en el Perú existen 63 rellenos sanitarios distribuidos en todo el territorio. Es un número insuficiente que genera la acumulación y disposición inadecuada de los RS, los cuales acaban en ríos, lagos o ambientes marino costeros, por lo que se deterioran los recursos naturales y se crean focos infecciosos (Aguilar et al., 2010).

Insuficiente Legislación Y Regulación. Las políticas públicas, acompañadas de incentivos e infraestructura promueven una economía circular en la que se aproveche los RS. Sin embargo, una estructura legal, en la que se apoye el modelo económico lineal y/o convencional donde el pensamiento principal es el de “tomar hacer-desechar”, conlleva a la generación insostenible de residuos sólidos, amplificando los problemas sociales y económicos y produciendo pérdidas económicas a toda la población (Rebehy et al., 2023).

Educación Ambiental Y Escasa Conciencia. La educación ambiental es una estrategia empleada para la concientización a la población sobre las problemáticas ambientales que se sufren en el contexto local, regional, nacional y mundial. Su implementación promueve la reducción de la explotación de los recursos naturales, el consumo responsable, la creación de hábitos ambientales y fomentar un pensamiento ecológico (Sharma et al., 2023). La carencia de esta fomenta el desperdicio de los recursos y la generación indiscriminada de RS.

Consumo Excesivo. El consumo excesivo es un comportamiento intrínseco del ser humano que se potencia con los descuentos proporcionado por las grandes industrias, las cuales diseñan productos con un tiempo de vida útil corto, por lo que la generación de RS aumenta a niveles desproporcionados y los botaderos se hacen insuficientes en un periodo pequeño (Bokhari et al., 2023).

Riesgos Vinculados Al Manejo Incorrecto De Los Residuos

Impactos Ambiental. Los residuos pueden tener diferentes riesgos y provocan impactos ambientales significativos siendo que la disposición inapropiada de estos da a lugar a la polución del suelo, del agua y del aire.; de esta manera genera impacto en la biodiversidad y los

ecosistemas por lo cual, se busca desarrollar un manejo adecuado de los residuos (Mrozik et al., 2021).

Problemas Urbanos Paisajísticos. El impacto paisajístico y visual se debe a la alteración del confort estético provocado por la visibilidad de los vertederos de los residuos sólidos debido a su acumulación, afectando cuencas visuales y recursos paisajísticos esto es visible en las carreteras, vías férreas y zonas residenciales teniendo un impacto negativo (Unal et al., 2020).

Figura 6

Problemas urbanos por residuos sólidos



Nota. Evidencia de la poca articulación de la gestión de residuos sólidos en el país. Fuente: *Decenas de soldados del Batallón de Ingeniería realizaron el trabajo de limpieza ante la emergencia que vive la población*, Elmer Huerta, 2018, El Comercio (elcomercio.pe).

Riesgos Para La Salud Humana. Los diversos riesgos para la salud humana parte de la exposición de sustancias químicas peligrosas por un manejo inadecuado de la DFRS siendo

expreso a la población provocando efectos adversos a la salud; así mismo se relaciona con la proliferación de vectores de enfermedades. El cual, los desechos van desde la contaminación, lesiones, problemas respiratorios e infecciones siendo todos estos problemas amenazan la integridad de la población (Yang et al., 2018).

Ciclo De Vida De Los Residuos Sólidos

El análisis del ciclo de vida (LCA) es una herramienta para la evaluación de RS durante el proceso que atraviesan desde su generación hasta su disposición final (Khandelwal et al., 2019). Siendo que su generación, recolección, transporte, tratamiento y su disposición final radica en la importancia de evaluar e identificar los impactos ambientales y oportunidades de mejora (Iqbal et al., 2020).

Economía Circular

Es un modelo económico que se basa en sustituir el modelo lineal con alternativas como reducción, reúso, reciclaje, recuperación y realizando una reincorporación de materiales en diversas etapas del proceso con el fin de ampliar el ciclo de vida del producto, creando un ciclo continuo de producción y consumo sostenible. Este procedimiento tiene tres niveles llevando a cabo a nivel micro, meso y macroeconómico siendo su objetivo realizarse mediante el desarrollo sostenible (García-Bucio et al., 2022).

Mercado De Consumo

La generación de RS se basa en el aumento del consumo, el cual, es una consecuencia de un mercado consumista menos consciente. Siendo que la situación del mercado debe adaptarse al reciclaje y desarrollar tecnologías de procesamiento, así mismo los consumidores tiene la capacidad de influir en la demanda de productos y servicios sostenibles basándose en un

consumo responsable, promoción de productos circulares, educación y concienciación, así como, la innovación y emprendimiento (Shamsuyeva et al., 2021).

Diseño De Los Productos Dentro De La Economía Circular

El diseño de productos y servicios influyen en el comportamiento del usuario desde el aspecto del diseño circular implicando principios y estrategias que prioricen la sostenibilidad, las consideraciones que se toman para su diseño es la durabilidad y longevidad dado que se busca materias de fabricación de alta calidad, además se busca modular y estandarizar la compatibilidad con otros productos y sistemas, la reparabilidad y el mantenimiento se basa para prolongar la vida útil, la selección de materiales y reciclabilidad contribuyendo a la vida útil del producto (Wastling et al., 2018).

La Economía Circular Y Su Relación Con La Responsabilidad Social

La sostenibilidad y la responsabilidad social está relacionado al crecimiento económico centrándose en promover prácticas sostenibles y conscientes en el ámbito empresarial y social para tener un uso eficiente de los recurso, reducción de residuos para evitar y mitigar con los problemas de contaminación; a su vez se crea empleos y se obtiene un desarrollo económico, teniendo en cuenta la colaboración y participación de las partes interesadas para el desarrollo de la CE (Upadhyay et al., 2021).

Área Degradada Por Residuos Sólidos

Un área degradada por residuos sólidos municipales es aquella donde se ha acumulado de forma permanente este tipo de desechos sin seguir los criterios técnicos requeridos para una instalación de disposición final adecuada, y/o sin la debida autorización para ello. (Perù. Ministerio del Ambiente, 2019).

Figura 7

Área degradada por residuos sólidos



Nota: Ejemplo de residuos sólidos expuestos a intemperie degradando un área no adaptada para estos fines. Fuente: Se inician obras para recuperar áreas dañadas por residuos sólidos en Amazonas y Piura, MINAM, 2023, gob.pe (www.gob.pe).



CAPITULO III



Capítulo III: Análisis de la gestión de residuos sólidos actual en el distrito Ilo

Descripción Geográfica

La provincia de Ilo, creada el 26 de mayo de 1970, forma parte de la región Moquegua. Dentro de esta provincia se reconocen 3 distritos: El Algarrobal, Pacocha e Ilo.

Figura 8

Cartografía de la provincia Ilo



Nota. La ciudad de Ilo es la capital de la provincia Ilo, limitando con el Océano y la provincia de Jorge Basadre, Tacna. Fuente: Ilo, Jane Austen, 2011, (tunaandsweetcorn.wordpress.com).

Análisis Legal de Responsabilidad

La ley N° 18298 establece que la capital de la provincia Ilo será la ciudad de Ilo, así como la capital del distrito Ilo. La ley N° 27982 indica que, la municipalidad provincial tiene autoridad sobre el territorio de la provincia correspondiente y el distrito central (El Puerto).

La ley N° 27314 en el Art.10 nos da a entender que las municipalidades provinciales tienen la responsabilidad de gestionar los residuos sólidos generados en hogares, comercios y actividades similares en toda su jurisdicción. Esto implica coordinar con el gobierno regional correspondiente para promover la construcción, mejora o adaptación de infraestructuras para el manejo de los residuos sólidos, así como eliminar los vertederos que representen un riesgo para la salud pública y el medio ambiente.” (Ley N° 27314, 2000).

La estructura jerárquica de la entidad administrativa local de Ilo establece a la subgerencia de limpieza pública y mantenimiento de áreas verdes, dependiente jerárquicamente de la Gerencia de Servicios a la Ciudad (GSC) y esta a su vez, dependiente de la gerencia municipal, encargada de supervisar el manejo apropiado de los RSM desde su generación hasta su tratamiento definitivo.

El Acuerdo de concejo N° 035-2022-MPI, que tiene por fecha 30 de junio de 2022 considera que la sub gerencia de ordenamiento urbano y catastro a través del informe N° 294-2021-SGOUCA/GDUA-MPI recepcionado el 3 de junio de 2021 comunica a la Gerencia de Desarrollo Urbano Ambiental (GDUA) que la municipalidad provincial de Ilo (MPI) no cuenta con un relleno sanitario autorizado de manera formal para la eliminación de residuos sólidos, razón por la que, como parte del plan de acondicionamiento territorial de la provincia de Ilo se ha propuesto la ubicación del relleno sanitario, según modelo elaborado en base a la normativa del

MINAM y con su supervisión; se programa la ejecución del proyecto “MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DEL SERVICIO DE LIMPIEZA PÚBLICA Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LA PROVINCIA DE ILO”. Acordó solicitar a la superintendencia nacional de bienes estatales la transferencia a título gratuito a favor de la MPI, del predio ubicado en el margen izquierdo de la Carretera Binacional P-36, pampa Piedra Hueca, del distrito de El Algarrobal, Provincia de Ilo y Región de Moquegua, con un área de 32.4296 hectáreas para su ejecución. Relleno sanitario con CUI N° 2360053.

El decreto supremo N° 001-2022-MINAM Art. 65. Entendemos que la valorización se considera la opción principal de gestión y manejo de residuos sólidos en lugar de la disposición final. Esta práctica es llevada a cabo tanto por los generadores de residuos fuera del ámbito de la gestión municipal como por las Empresas Operadoras de Residuos Sólidos (EO-RS) que poseen instalaciones de valorización. (MINAM, 2022).

El decreto legislativo N°1013 en su Art.1. crea al Ministerio del Ambiente (MINAM), que delimita su ámbito de competencia sectorial y regula tanto su estructura orgánica como sus funciones. Como segunda disposición complementaria se crea el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) como un organismo público técnico especializado, con personalidad jurídica de derecho público interno, que funciona como un ente presupuestario adjunto al Ministerio del Ambiente. Su función principal es la fiscalización, supervisión, control y sanción en asuntos ambientales. (Congreso de la República, 2017).

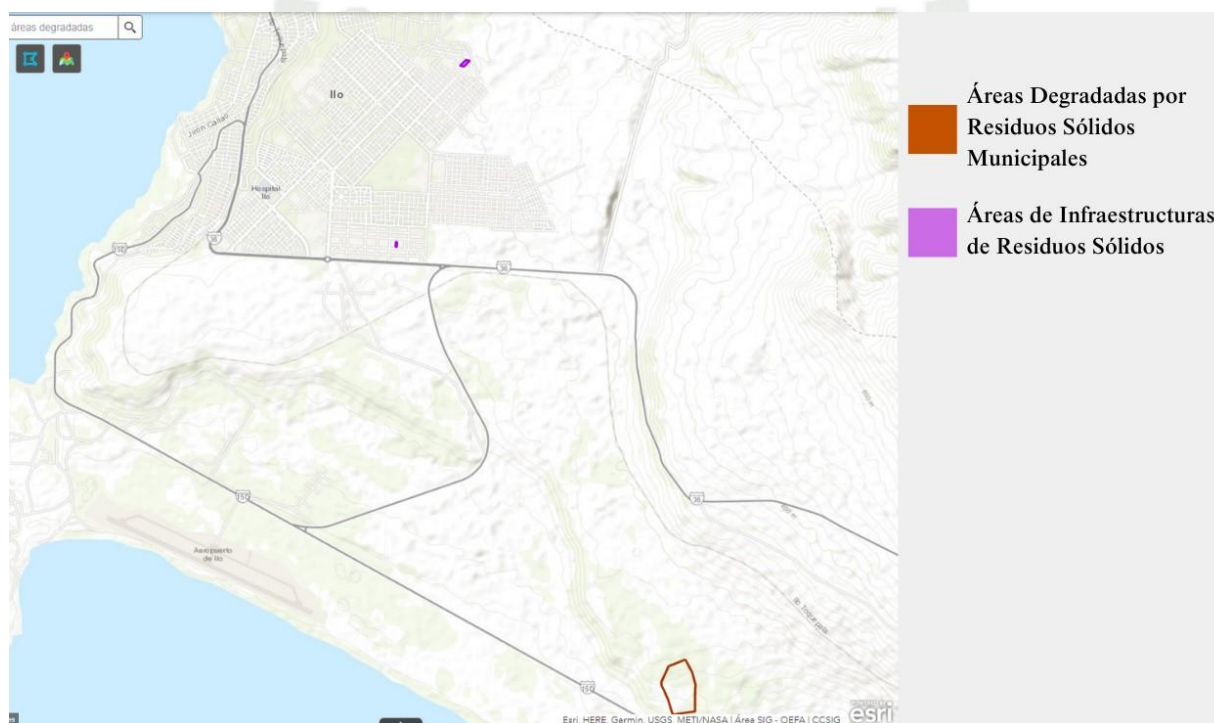
Análisis Infraestructural Del Distrito Ilo Para La Gestión De Residuos Sólidos

En el historial de administrados sancionados por OEFA dentro de la plataforma del estado peruano, la MPI con RUC: 20154497873 tiene por única sanción el hecho imputado

(Expediente 3162-2018-OEFA/DFAI/PAS “El administrado no realizó los monitoreos de calidad de aire correspondiente al año 2015, de conformidad a lo aprobado en su Instrumento de Gestión Ambiental”. Sanción no relacionada con la gestión de RSM.

Figura 9

Áreas degradadas y de infraestructuras (RRSS) en el distrito Ilo



Nota. El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental reconoce dos áreas de infraestructuras de residuos sólidos (EO-RS) y un área degradada por residuos sólidos municipales. Fuente: AppResiduos, organización de evaluación y fiscalización ambiental

Áreas Degradadas por Residuos Sólidos Municipales

El ministerio de salud define como botadero a aquel lugar donde se disponen los RS sin ningún tipo de control. Considerando que el crecimiento anual y la densidad poblacional tiene una relación directa en referencia a la generación de residuos sólidos, los mismos que tienen

como disposición final un botadero municipal, generando un área degradada por RSM. Ubicada en el sector “Pampa de palo” a 12 Km de la zona poblada.

Figura 10

Imagen satelital de la provincia Ilo con acercamiento en el botadero municipal del distrito Ilo



Nota. En la ilustración se muestra un acercamiento al área degradada por residuos sólidos generados en el distrito Ilo. Adaptado de Imágenes ©2023 Airbus, CNES / Airbus, Maxar Technologies.

Esta zona aproximadamente recibe un total de 45 toneladas/diarias de RS (MPI, 2016). Los mismos que se encuentran en la intemperie generando diferentes problemas ambientales y sociales. Esta inadecuada disposición de residuos sólidos es genera problemas debido a la falta de control y planificación, evidencia la poca articulación entre los recicladores formalizados, y la existencia de recicladores informales que obtienen residuos sólidos aprovechables y con valor

económico en el mercado del reciclaje operando con maquinaria pesada y personal dentro del botadero municipal, segregando y extrayendo materiales reciclables sin el adecuado control de seguridad y demás prestaciones laborales, realizando las operaciones necesarias para la comercialización expuestos a riesgos y peligros como pueden ser lesiones, incendios, atascos de maquinaria, etc.

Áreas de Infraestructuras de Residuos Sólidos

La infraestructura de RS se refiere a las instalaciones y sistemas diseñados para la gestión adecuada de los desechos. Estas infraestructuras incluyen vertederos, plantas de tratamiento de residuos, estaciones de transferencia y otros lugares donde se manejan y procesan los residuos sólidos. El objetivo principal es garantizar una disposición segura y sostenible de los desechos, minimizando su impacto ambiental y protegiendo la salud pública.

En el distrito Ilo encontramos dos áreas de infraestructuras de residuos sólidos reconocidos por OEFA: TRANSPORTES & GRUAS AVA S.A.C. y SERVICIOS MULTIPLES MAHUSA S.A.C. Ambos catalogados como Infraestructuras de valorización denominados como instalaciones de comercialización de residuos sólidos ubicados en la zona denominada “Pampa Inalámbrica” en zonas de crecimiento industrial dentro del distrito Ilo.

Programa de segregación en la fuente

Adicionalmente, la MPI, implementó el programa de segregación “Ilo Recicla en Casa” (denominado también Programa RECICLA). Implementando la formalización y monitoreo de las actividades de recolección de los recicladores, además de mejorar la coordinación entre los usuarios y proveedores del servicio de recolección de RS como parte del cumplimiento de la ley

de gestión integral de residuos sólidos (consultar anexo 2) autorizando las operaciones de recolección a las asociaciones de recicladores.

Sin embargo, la implementación y el crecimiento del mercado de comercialización de RS no sigue el ritmo de la generación, además que, gran parte de la población no parece familiarizada con la existencia de estos servicios. Es por esto por lo que, la mayor parte de los RS son directamente transportados al botadero municipal.





CAPITULO IV

Capítulo IV: Metodología Del Estudio

Tipo y Nivel de Investigación

Tipo

Esta investigación es de naturaleza descriptiva con un enfoque cuantitativo, con el fin de generar una caracterización de los residuos sólidos municipales que permita darles una valoración y mejorar la economía circular en el distrito de Ilo.

Nivel

La presente investigación cuenta con un nivel de investigación perceptual debido a que se caracterizará por ser descriptiva al caracterizar, tipificar, clasificar, identificar, diagnosticar los residuos sólidos municipales y generar un valor económico a los mismos para apoyar al crecimiento de la economía circular del distrito de Ilo.

Campo de Verificación

Ubicación Espacial. Distrito de Ilo, tomando en consideración el trabajo en conjunto con la municipalidad distrital de Ilo, tomando en cuenta los planes de acopio concertados de la municipalidad de Ilo que se tengan en consideración.

Ubicación Temporal. El período de estudio de esta investigación corresponde al periodo de agosto a octubre del año 2023.

Unidades de Estudio. Se tomará como base las dimensiones de la sostenibilidad ambiental, la generación de valor agregado a los residuos sólidos municipales y los principios de la CE.

Estrategias de recolección de datos. Para la organización y recolección de los datos de la presente investigación se requiere de los recursos online, de bases científicas y otros medios con credibilidad científica, las pruebas estadísticas se trabajarán con aspectos éticos y profesionales evidenciando los resultados obtenidos.

Tipo de Procesamiento. Digitalización y evaluación computarizada a través del ingreso de la información para la generación de reportes en una hoja Excel.

Graficación. Al final del reporte final se tomarán los datos más relevantes para generar gráficas comparativas que nos puedan ayudar a la interpretación y a la situación actual de la investigación en curso.

Métodos de análisis de datos.

Caracterización De Los Residuos Sólidos Municipales Distrito De Ilo. Para la determinación de la composición de los RSM durante la DFRS se utilizó la metodología mencionada por la Guía de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales (GCRSM) establecida por el MINAM en el año 2019. Contempla tres etapas: En la primera etapa de planificación, se determinó el número de muestras a evaluar, la elaboración de documentos y formatos, la logística empleada, se calculó el presupuesto del estudio y se conformó el equipo de trabajo. En la etapa de trabajo de campo y operaciones, se implementó un plan de seguridad e higiene, se segregó los residuos sólidos aprovechables y se determinó los parámetros de calidad de residuos. Finalmente, en la etapa de Análisis de información se determinó la conformación de los RS aprovechables y se estimó los RS no metálicos y metálicos aprovechables.

Determinación De La Generación De Residuos Sólidos Municipales Y Cuantificación Del Porcentaje De Composición Física De Los Mismos. Para la determinación

de la generación de RS se tiene que establecer puntos de monitoreo con un conjunto de muestras que sean representativas de la población o fenómeno en estudio. Se aplicó la metodología empleada por el MINAM que consiente en:

Cálculo De La Población Actual. Tomando en cuenta los datos del censo del 2017 ejecutado en el país por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), el cual informa que Ilo tiene 66479 habitantes y se consideró la tasa de crecimiento anual intercensal, que es del 1.7%. Se calculó la cantidad de habitantes para el año 2023 con la Ecuación 1, recomendada por MINAM:

$$PF = Pi \times (1 + r)^n \quad (1)$$

Donde:

Pi = Población inicial

r = Tasa de crecimiento anual

n = Número de años entre 2017 a 2023

PF = Población para el 2023

Cálculo de Muestras.

Cálculo De Muestras De Residuos Domiciliarios

Tamaño de Muestra. Se tomó en cuenta la información brindada por la GDUA de la MPI con respecto a la cantidad de viviendas en el área de estudio y el tamaño de la muestra se determinará considerando que la población sigue una distribución normal. Se tomaron en cuenta los tamaños de muestra para diferentes

cantidades de hogares en el distrito, según lo establecido por el Ministerio del Ambiente (MINAM), como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1

Tamaños de muestra según el total de predios domiciliarios existentes.

Rango de viviendas (N)	Tamaño de muestra (n)	Muestras de contingencia (20% * n)	Total muestras domiciliarias
[-500] viviendas	45	9	54
[500 a 1 000] viviendas	71	14	85
[1 000 a 5 000] viviendas	94	19	113
[5 000 a 10 000] viviendas	95	19	114
[+10 000] viviendas	95	23	115

Nota. Tamaño de muestra a considerar de acuerdo con la cantidad de viviendas. Fuente: (Perú. Ministerio del Ambiente., 2019).

Organización Del Distrito Por Zonas De Estudio. Dentro del país podemos encontrar diversos estratos socioeconómicos que pueden presentar atributos distintos en cuanto a generación o composición, por lo tanto, se estudió de manera diferenciada.

Tabla 2

Número de zonas para la distribución del tamaño de muestra según el total de predios domiciliarios existentes.

Rango de viviendas (N)	Zonificación
[-1000] viviendas	-
[1 000 a 10 000 viviendas]	Hasta 02 zonas
[+10 000] viviendas	Hasta 03 zonas

Nota. La generación de residuos sólidos puede ser variable según nivel socioeconómico. Fuente: (Perú. Ministerio del Ambiente., 2019).

Se aplicó una zonificación y distribuyó la muestra de acuerdo con la representatividad de cada una según el número de predios domiciliarios.

Cálculo De Muestras De Residuos No Domiciliarios.

Se tomó en cuenta la información brindada por la GDU de la Municipalidad de Ilo en cuanto al número y clasificación de los generadores no domiciliarios.

Los mercados, el servicio de barrido y limpieza de espacios públicos (SBLEP) y las instituciones educativas (IE) tienen dinámicas diferenciadas se trataron de forma particular.

Establecimientos Comerciales. Se consideraron los intervalos de tamaño de muestra proporcionados por el MINAM.

Tabla 3

Tamaños de muestra según el total de predios domiciliarios existentes.

Rangos de fuentes no domiciliarias	Tamaño de muestra	Muestras de contingencia	Total
Menor a 50	$N < 50$	0	Es igual a n
Más de 50 y hasta 100	50	10	60
Más de 100 y hasta 250	70	14	84
Más de 250 y hasta 500	81	16	97
Más de 500 y hasta 1000	88	18	106
Más de 1000	88	22	110

Nota. Tamaño de muestra para establecimientos comerciales e instituciones. Fuente: (Perú. Ministerio del Ambiente., 2019).

Se disgregó en 4 clases: Establecimientos comerciales, restaurantes, hoteles e instituciones tanto públicas como privadas. Cubriendo la mayor parte posible de la variabilidad existente en cada una de las mismas distribuyendo la muestra según la representatividad de cada una. Los establecimientos comerciales fueron clasificados agrupando negocios que mostraban similitudes en sus categorías.

Tabla 4*Grupos de establecimientos comerciales con clases homogéneas*

Clase de fuente “Establecimiento Comercial”	Grupo
Bodegas	1
Panaderías	
Bazares	2
Cabinas de Internet	
Librerías	
Locutorios	
Ferreterías	3
Farmacias y boticas	4
Peluquerías	
Salones de belleza	
Centro de entretenimiento	5

Nota. Agrupación de clases de Establecimientos Comerciales por características homogéneas.

Fuente: Equipo de estudio de caracterización

Para cada grupo propuesto se distribuyó el tamaño de muestra de la clase “Establecimientos comerciales” según el índice de representatividad de cada grupo.

Instituciones Educativas. Se clasificaron las instituciones educativas en tipos según el número de alumnos y el tipo de institución por nivel de educativo que se presentan: Por siguiente se determinó el tamaño de muestra para cada clase tomando el 20% del total de cada tipo, sin exceder la cantidad de 10 muestras en total, según lo recomendado por MINAM.

Mercados. Se tomó en cuenta la información brindada por la GDUA y se midió la generación en un día de cada uno.

Servicio de Barrido y Limpieza De Espacios Públicos. Se tomó en cuenta la información brindada por la GSC a la ciudad en cuanto a las rutas de barrido que se cumplen en el distrito Ilo.

Se siguió la recomendación del MINAM de muestrear de 3 a 5 rutas considerando la distancia mínima de 5km.

Cuantificación Del Valor Económico De Los Residuos Sólidos Municipales

Caracterizados En El Estudio. Se tomó en cuenta tanto fuentes oficiales como información adicional de mercado local para cuantificar y determinar el valor económico de los residuos sólidos

Revisión De Fuentes. Se tomaron en cuenta el valor económico de los RS expuestos en el método ejemplificado por MINAM en la Guía Metodológica para Elaborar e Implementar un Programa de Segregación en la Fuente y Recolección Selectiva de Residuos Sólidos Municipales, en 2015.

Obtención De Información Adicional. Se recibió información por parte del personal del programa Recicla de la MPI sobre los precios existentes en el mercado local para los residuos sólidos aprovechables.

Cuantificación Del Valor Económico. Se cuantificó el valor económico de los RS en base a estos datos, estableciendo precios específicos para cada tipo de residuo sólido.

Determinación Del Valor Económico. Con esta lista de materiales y precios obtenidos en el mercado de intercambio de residuos sólidos, se determinó el valor económico de los tipos de residuos sólidos.

Determinación Del Valor Económico De Los Residuos Sólidos Municipales

Aprovechables Metálicos Y No Metálicos Del Distrito Ilo. Se optó por la metodología empleada por Cartagena (2022). Se realizó la determinación del del valor actual neto (VAN):

$$VAN = \sum_{n=1}^N \frac{FC_n}{(1+i)^n} - I_0 \quad (2)$$

Donde:

FC_n = Flujo de caja

N = Número de periodos considerados

i = Tasa de descuento

I_0 = Inversión en el periodo cero

Posteriormente, se determinó la Tasa interna de retorno (TIR):

$$TIR = \sum_{n=1}^N \frac{FC_n}{(1+i)^n} \quad (3)$$

Donde:

FC_n = Flujo de caja

N = Número de periodos considerados

i = Tasa de descuento

Finalmente, para ver el índice de rentabilidad, se empleó el análisis de beneficio/costo

(B/C):

$$\frac{B}{C} = \frac{\text{Valor presente neto de ingreso}}{\text{Valor presente neto de egreso}} \quad (4)$$

Determinación Del Número De Muestras

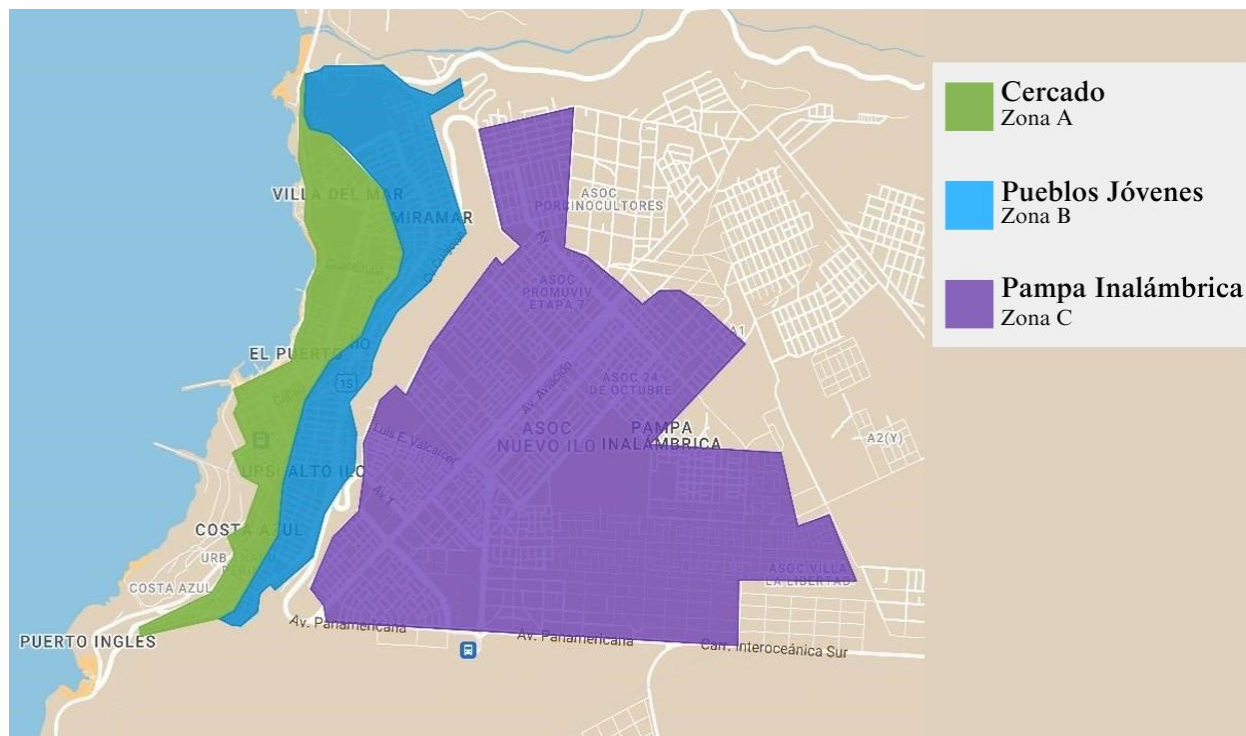
Zonificación De La Institución

Se siguió la recomendación del MINAM en cuanto a la zonificación del distrito tomando en cuenta el número de viviendas existentes.

La GDUA de la municipal provincial de Ilo, informó que existen más de 10000 viviendas, se zonificó el distrito en 3 zonas con diferentes niveles socioeconómicos para estudiar la generación de RS de cada uno de manera diferenciada:

Figura 11

Zonificación del distrito Ilo según nivel socioeconómico



Nota: Zonificación urbana según nivel socioeconómico del distrito Ilo. Fuente: Adaptado de Google (n.d.). [Google Maps Distrito Ilo, Provincia de Ilo, Región Moquegua]

Tabla 5

Tamaño de muestra para cada zona del distrito Ilo

Zonas	Cantidad de predios domiciliarios	% Representatividad	Tamaño de muestra por zona
El Puerto (A)	2877	11%	14
Pueblos Jóvenes (B)	5097	20%	23
Pampa Inalámbrica (C)	17055	68%	78
Total	25029	100%	115

Nota. Representatividad y distribución del tamaño de muestra según representatividad de cada zona. Fuente: Elaboración propia.

Se consideró 3 zonas identificándolas como A, B y C. Según la información catastral obtenida gracias a la GDUA, dentro de la zona A existen 2877 predios domiciliarios, dentro de la zona B existen 5097 predios domiciliarios y finalmente, dentro de la zona C existen 17055 predios domiciliarios. Obteniendo un porcentaje de representatividad de 11%, 20% y 68% para las zonas A, B y C respectivamente.

Determinación De La Población

Se calculó la cantidad de habitantes para el año 2023 con la fórmula recomendada por MINAM (Ecuación 1). Obteniendo un total de 73555 habitantes para el año 2023 en el distrito Ilo.

Determinación Del Tamaño De Muestra

Cálculo De Tamaño De Muestra Para Generadores Domiciliarios. La GDUA informó que dentro del distrito Ilo existen más de 25 mil predios domiciliarios. Debido a que el total de predios domiciliarios excedía los 10000 y de acuerdo con los rangos de cantidad de predios domiciliarios determinados por MINAM (Tabla 1), se tomó un tamaño de muestra de 95, adicionalmente se tomaron 23 muestras de contingencia, haciendo un total de 115 muestras como tamaño de muestra de residuos domiciliarios.

Cálculo De Tamaño de Muestra Para Generadores No Domiciliarios. La GDUA informó que hay una diversidad de actividades comerciales y servicios presentes en la comunidad. A continuación, se detalla la cantidad de establecimientos por tipo: Establecimientos

Comerciales: 1014; Restaurantes: 440; Hoteles: 108; Instituciones Públicas y Privadas: 958; Instituciones Educativas: 144; Rutas de barrido y limpieza: 65; Mercados: 6.

Tamaños De Muestra. En total, se registran 2735 establecimientos en la zona. Estos datos ofrecen una visión general de la distribución y diversidad de actividades comerciales y de servicio.

Tabla 6

Tamaños de muestra según el total de predios domiciliarios existentes

Tipo	Cantidad
Establecimientos	
Comerciales	1014
Hoteles	108
Instituciones Públicas y Privadas	958
Restaurantes	440
Instituciones Educativas	144
Rutas de barrido y limpieza	65
Mercados	6
Total	2735

Nota. Considerando que cada tipo de generador no domiciliario tiene características variables deben ser estudiados de manera diferenciada. Fuente: GDU A, 2023.

Se tomó en cuenta que la GDU A informó que existen más de mil generadores no domiciliarios, según los rangos establecidos por MINAM mostrados en la tabla 6 debemos tomar un tamaño de muestra de 88, agregando 22 muestras de contingencia, haciendo un total de 110 como tamaño de muestra total.

Tabla 7

Tamaño de muestra para generadores no domiciliarios según el total existente en el distrito Ilo

Número total de fuentes generadoras no domiciliarios en el distrito	Tamaño de muestra	Muestras de contingencia	Tamaño de muestra total
Hasta 50	$N < 50$	0	Es igual a n
[50 a 100]	50	10	60
[100 a 250]	70	14	84
[250 a 500]	81	16	97
[500 a 1 000]	88	18	106
[+1 000]	88	22	110

Nota. Tamaño de muestra de generadores no domiciliarios según el total de generadores no domiciliarios existentes en el distrito Ilo. Fuente: (Perú. Ministerio del Ambiente., 2019).

Seguidamente se calculó el porcentaje de representatividad con el fin de realizar un análisis diferenciado para cada tipo de fuente generadora.

Tabla 8

Tamaño de muestra para cada tipo de establecimiento comercial e institución

Tipo	Cantidad	% Representatividad	Tamaño de muestra
Establecimientos Comerciales	1014	40%	44
Instituciones públicas y privadas	958	38%	42
Hoteles	108	4%	4

Tipo	Cantidad	% Representatividad	Tamaño de muestra
Restaurantes	440	18%	20
Total	2520	100%	110

Nota. Distribución del tamaño de muestra para generadores no domiciliarios entre los tipos identificados en el distrito Ilo. Fuente: (Perú. Ministerio del Ambiente., 2019).

Tamaño De Muestra Para Establecimientos Comerciales. Se desglosó la cantidad de fuentes del tipo “Establecimientos Comerciales” en grupos que presentaban características homogéneas según la información obtenida gracias a la GDUA.

Tabla 9

Tamaños de muestra según el total de predios domiciliarios existentes

Grupo	Clase de fuente “Establecimiento Comercial”	Cantidad
1	Bodegas	560
	Panaderías	
	Bazares	
2	Cabinas de Internet	229
	Librerías	
	Locutorios	
3	Ferreterías	83
	Farmacias y boticas	
4	Peluquerías	56
	Salones de belleza	

Grupo	Clase de fuente “Establecimiento Comercial”	Cantidad
5	Centro de entretenimiento	86
Total		1014

Nota. La disgregación permite una mayor cobertura de la variabilidad existente en los establecimientos comerciales. Fuente: GDU, 2023.

Dado que el tamaño de muestra asignado para establecimientos comerciales es de 44 muestras (Tabla 7), se calculó el porcentaje de representatividad de cada grupo para realizar la distribución del tamaño de muestra entre los grupos:

Tabla 10

Tamaño de muestra para cada grupo de establecimiento comercial

Grupo	Cantidad	% Representatividad	Tamaño de muestra
1	560	55%	24
2	229	23%	10
3	83	8%	4
4	56	6%	2
5	86	8%	4
Total	1014	100%	44

Nota. Según el porcentaje de representatividad de los grupos de establecimientos comerciales se distribuye el tamaño de fuente total. Fuente: GDU, 2023.

Se tomó un tamaño de muestra de 24 para el grupo 1, 10 para el grupo 2, 4 para el grupo 3, 2 para el grupo 4 y 4 para el grupo 5.

Tamaño De Muestra Para Instituciones Educativas. La GDUa informó que dentro del distrito Ilo existen 14 instituciones educativas superiores con más de 200 alumnos y 14 con menos de 200 alumnos, además de 52 instituciones educativas con más de 200 alumnos y 64 con menos de 200 alumnos. Haciendo un total de 144 instituciones educativas dentro del distrito Ilo. MINAM recomienda tomar el 20% del total de cada clase anteriormente mencionada de institución educativa como muestra sin exceder las 10 muestras en total, por lo que se tomó el índice representativo de cada clase para distribuir esta cantidad entre las cuatro clases.

Tabla 11

Tamaño de muestra para cada clase de institución educativa según el porcentaje de representatividad dentro del distrito Ilo

Tipo	Cantidad	%	Muestra
I.E.S. +200 alumnos	3	10%	1
I.E.S. -200 alumnos	3	10%	1
I.E. +200 alumnos	10	36%	4
I.E. -200 alumnos	13	44%	4
Total	29	100%	10

Nota. El tamaño de muestra total asignado para instituciones educativas se distribuye según el porcentaje de representatividad en el distrito Ilo de cada tipo de I.E. Fuente: Elaboración propia.

Se tomó un tamaño de muestra de 1 para IES con más de 200 alumnos, 1 para IES con menos de 200 alumnos, 4 para IE con más de 200 alumnos, y 4 para IE con menos de

200 alumnos., haciendo un total de 10 muestras para las instituciones educativas en el distrito Ilo.

Tamaño De Muestra Para Mercados. La GDUA informó que existen 6 mercados dentro del distrito Ilo, por lo que se tomó el total de mercados existentes en el distrito según la recomendación del MINAM:

Tabla 12

Mercados existentes en el distrito Ilo

Nº	Nombre del mercado
1	Mercado Miramar
2	Mercado Nueva Victoria
3	Mercado Pacocha
4	Mercado Mariscal Nieto
5	Mercado Nuevo Ilo
6	Mercado Alto Ilo

Nota. Se tomó el número total de mercados existentes en el distrito Ilo. Fuente: GDUA, 2023.

Tamaño De Muestra Para El Servicio De Barrido Y Limpieza De Espacios Públicos. De acuerdo con la información proporcionada, para el muestreo del SBLEP en el distrito de Ilo, se siguió la recomendación del MINAM de muestrear de 3 a 5 rutas, considerando una distancia mínima de 5 km por ruta.

Específicamente, se tomó como tamaño de muestra 3 rutas del SBLEP, asegurándose de que cada una de ellas superara los 5 km de longitud, tal como lo indica la guía del MINAM.

Tabla 13

Muestra de rutas de barrido del distrito Ilo

Nº	Nombre de ruta	Distancia
1	Av. Pedro Huilca	5.48 km
2	Malecón	6.35 km
3	Av. Kenedy	5.70 km

Nota. Selección de rutas mayores a 5km lineales de cobertura de barrido como tamaño de muestra. Fuente: GDU, 2023.

Procedimiento Para La Realización Del Estudio

Recursos Humanos

Se solicitó directamente a la GSC y al programa recicla de la MPI la habilitación de un espacio de trabajo y transporte requeridos.

Seguidamente se coordinó la colaboración de promotores ambientales y personal de recolección selectiva del programa recicla de la municipalidad provincial de Ilo a quienes se les asignó las actividades de empadronamiento domiciliario y no domiciliario, además de la segregación de RS.

Tabla 14

Tamaños de muestra según el total de predios domiciliarios existentes

Descripción de puesto	Cantidad	Actividades
Coordinador	1	Liderar el desarrollo, procesamiento y coordinación del estudio.

Descripción de puesto	Cantidad	Actividades
Monitor de participantes	5	Apoyo al desarrollo y procesamiento del estudio. Supervisar la implicación de los productores en la investigación.
Operador en campo	11	Recolectar, segregar, clasificar y medir las muestras de residuos sólidos.
Conductor	4	Transportar las muestras de los residuos.

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Equipos Y Materiales Utilizados

Los materiales y equipos utilizados se detallan a continuación:

Tabla 15

Materiales y equipos necesarios para la realización del estudio

Material	Cantidad	Unidad
Bolsa 1.10 m x 0.90 m, 50 lt, 50 micras (min).	Paquete	50
Bolsa (25 lt)	Paquete	50
Bolsa Hermética (2kg)	Paquete	10
Recipiente muestra RRSS	Unidad	1
Manta plástica de segregación (De polietileno, espesor entre 2 µm y 2,5 µm)	Unidad	1
Bidón de Agua	Unidad	10
Lejía	Galón	5
Botiquín	Unidad	1
Combustible	Galón	80

Material	Cantidad	Unidad
Guantes de nitrilo reforzado	Unidad	16
Mandil PVC	Unidad	16
Mascarilla N95	Paquete	10
Lentes de seguridad	Unidad	16
Botas de jebe	Unidad	16
Traje de bioseguridad	Unidad	16
Gorro sanitario	Paquete	10
Alcohol	Galón	5
Balanza (100 kg)	Unidad	1
Wincha (5 m)	Unidad	1

Nota. Suministros necesarios para la realización del estudio de caracterización. Fuente: (Perú. Ministerio del Ambiente., 2019).

Capacitación Al Personal Encargado De Realizar La Segregación

Antes del inicio del estudio se realizaron capacitaciones a los colaboradores del equipo de trabajo de campo, especificando los siguientes temas relacionados a sus actividades:

- Legislación vigente a nivel nacional y local sobre GRS, evaluando las fases del ciclo de vida de RS.
- Significado, relevancia y fases relacionadas con la identificación de los RS presentes en el área.
- Procedimientos para medir diversos parámetros como peso, densidad, composición física y contenido de humedad de los RS.
- Medidas de seguridad e higiene laboral durante el proceso.

- Selección de áreas específicas y trazado de las rutas para la recolección de muestras.

Figura 12

Capacitación al personal seleccionado para la realización del estudio



Nota. Personal recibiendo capacitación sobre segregación de residuos sólidos. Fuente: GSC, 2023.

Ejecución Del Estudio

Fase De Empadronamiento

1. El equipo en terreno explicó a los generadores que participaban en el estudio los objetivos y la metodología del trabajo.
2. Se registró el nombre del representante del establecimiento, la dirección y el número de habitantes o empleados.

3. Se suministraron los materiales necesarios a cada uno de los establecimientos seleccionados, indicando que depositaran en ellos los residuos generados durante el día, procurando no alterar sus costumbres o rutinas diarias..

Figura 13

Personal en ejecución de la fase de empadronamiento durante el estudio



Nota. Sensibilización e inscripción de participantes del estudio de caracterización. Fuente: GSC, 2023).

Fase De Recolección

1. El Equipo de Campo fue responsable de realizar la recolección diaria de muestras, utilizando los vehículos habilitados por la municipalidad provincial para recogerlas en las fuentes generadoras en las distintas áreas en el Distrito de Ilo.

2. Se llevó a cabo la recolección diaria de muestras, entregándose una nueva bolsa para el próximo día. Este proceso se continuó de manera regular durante 8 días.
3. Cada muestra fue debidamente etiquetada para su fácil identificación.
4. Se proporcionó una especificación del tipo de generador, ya sea domiciliario o no domiciliario.

Figura 14

Personal en ejecución de la fase de recolección durante el estudio



Nota. Recolección de los residuos sólidos destinados al estudio de caracterización. Fuente: GSC, 2023.

Etapas de Análisis

Finalizada la recolección de las muestras, estas fueron transportadas al área habilitada por la MPI, ubicada frente al Vivero Municipal en San Gerónimo, Ilo. En esta ubicación específica, se procedió con la recolección de muestras, su posterior pesaje y clasificación, todo ello con el propósito de recopilar datos técnicos conforme a la metodología establecida en el estudio.

Figura 15

Espacio físico habilitado para la fase de análisis del estudio



Nota. Lugar de segregación y análisis de los residuos recolectados destinados al estudio de caracterización. Fuente: Elaboración propia.

Determinación De La Generación De Residuos Sólidos***Generación Domiciliaria***

Para calcular la generación per cápita por cada vivienda, se divide la cantidad total de residuos generados por todas las viviendas entre el número total de habitantes en esas viviendas, se tomó en cuenta la guía del MINAM 2019, en la que se consideró el peso en Kg de cada muestra por día:

$$GPC_i = \frac{\text{día 1} + \text{día 2} + \text{día 3} + \text{día 4} + \text{día 5} + \text{día 6} + \text{día 7}}{\text{Número de habitantes} \times 7} \quad (5)$$

$$GPC_i = \text{Kg/vivienda/día}$$

Para la generación per-cápita domiciliaria se tomó en cuenta:

$$GPC_d = \frac{GPC_1 + GPC_2 + GPC_{n-1} + GPC_n}{\text{Número de habitantes} \times 7} \quad (6)$$

$$GPC_i = Kg/día$$

Seguidamente, se tomó en cuenta la generación per cápita obtenida para cada zona, se multiplicó por la representatividad de cada una y se sumaron los resultados para obtener la generación per cápita domiciliaria del distrito.

Generación No Domiciliaria

Establecimientos Comerciales. Se tomó la generación promedio multiplicado al total de tamaño de muestra.

$$GPE_i = \text{Suma de generación promedio} * \text{total contado} \quad (7)$$

$$GPE_i = Kg/Grupo/día$$

Seguidamente se sumó la generación total de cada grupo establecido previamente.

$$GPE = GPE_1 + GPE_2 + GPE_3 + GPE_4 + GPE_5 \quad (8)$$

$$GPE = Kg/día$$

Restaurantes. En el caso de los restaurantes se tomó en cuenta:

$$GPR_i = \frac{\text{promedio kg peso recolectado}}{\text{Número de restaurantes muestreados}} \quad (9)$$

$$GPR_i = Kg/Restaurante/día$$

Seguidamente, se calculó el total de residuos provenientes de restaurantes.

$$GPR = GPR_i * Total de restaurantes \quad (10)$$

$$GPR = Kg/día$$

Hoteles. En el caso de los hoteles se tomó en cuenta:

$$GPH_i = \frac{\text{promedio kg peso recolectado}}{\text{Número de hoteles muestreados}} \quad (11)$$

Donde:

$$GPH_i = Kg/Hotel/día$$

Seguidamente, se calculó el total de residuos provenientes de hoteles.

$$\text{Generación total} = GPH * Total de hoteles \quad (12)$$

$$GPH = Kg/Hotel/día$$

Instituciones Públicas y Privadas. Se determinó la generación de residuos sólidos por medio de la recolección y medición de muestras, seguidamente se aplicó:

$$GPIPP_i = \frac{\text{Promedio kg recolectado en días laborables}}{7 \text{ días}} \quad (13)$$

$$GPIPP_i = Kg/I. P. P./día$$

Seguidamente, se calculó el total de residuos provenientes de instituciones públicas y privadas.

$$GPIPP = GPIPP * \text{Número de I.P.P} \quad (14)$$

$$GPIPP = Kg/día$$

Instituciones Educativas. En el caso de IE se aplicó:

$$GPIE_i = \frac{\text{Promedio kg peso recolectado}}{\text{Total de alumnos y personal de la I.E.}} \quad (15)$$

$$GPIE_i = Kg/I.E./Día$$

Seguidamente se calculó el total de residuos provenientes de Instituciones Educativas

$$GPIE = GPIE_i * \text{Total de Instituciones Educativas} \quad (16)$$

$$GPIE = Kg/Día$$

Mercados. En el caso de los mercados se pesó la generación de cada uno de los 6 mercados existentes y se sumó la medición de cada uno.

$$GPM = \sum \text{Generación de cada mercado} \quad (17)$$

$$GPIM = Kg/Día$$

Servicio De Barrido Y Limpieza De Espacios Públicos. En el caso de los RS del SBLEP, se determinó mediante la fórmula:

$$GPIBar_i = \frac{Kg \text{ en peso recolectado}}{Km \text{ lineal}} \quad (18)$$

$$GPIBar_i = Kg/Km$$

Seguidamente, se calculó el total de residuos provenientes del SBLEP.

$$GPIBar = GPIBar_i * \text{Promedio Km lineales cubiertos al día} \quad (19)$$

$$GPIBar = Kg/Día$$

Generación Total De Residuos Sólidos No Domiciliarios. Para el total de RS no domiciliarios se sumó el total de todos los rubros estudiados, siendo:

$$GND = GPE + GPR + GPH + GPIPP + GPIE + GPM + GPIBar \quad (20)$$

Determinación De La Composición Física De Los Residuos Sólidos

Para la cuantificación de la composición física de los RS se utilizó el método del cuarteo, en el que se juntan los residuos recolectados diariamente de procedencia domiciliaria y no domiciliaria y se obtiene una muestra para su evaluación.

Para las muestras de RS recolectadas, se abrieron y vaciaron las bolsas sobre el suelo y se trozó los residuos sólidos grandes para homogeneizar la muestra; posteriormente, se dividió la muestra total en cuatro partes iguales y se seleccionó dos partes opuestas, las cuales formaron una nueva muestra reducida. Este proceso se repitió hasta obtener una muestra pequeña y manejable para luego clasificarla siguiendo la GCRSM proporcionada por MINAM en el año 2019, como se observa en la Figura N°07.

Tabla 16

Caracterización de tipos de residuo sólido

Tipo de Residuo Sólido
1. Residuos aprovechables
1.1 Residuos Orgánicos
Residuos de alimentos
Residuos de poda
Otros
1.2 Residuos inorgánicos
1.2.1 Papel
Papel Blanco
Papel Periódico
Papel Mixto
1.2.2 Cartón
Cartón Blanco
Cartón Marrón
Cartón Mixto
1.2.3. Vidrio
Vidrio Transparente
Vidrio de colores
Otros
1.2.4 Plástico
Plástico PET
Plástico PEAD
Plástico PEBD
Plástico PP
Plástico PS
Plástico PVC
1.2.5 Envases multicapa
1.2.6 Metales
Lata
Acero
Fierro
Aluminio
Otros
1.2.7 Textiles
1.2.8 Cuero, Jebe, Caucho
2. Residuos no aprovechables
Bolsas plásticas un solo uso
Residuos sanitarios

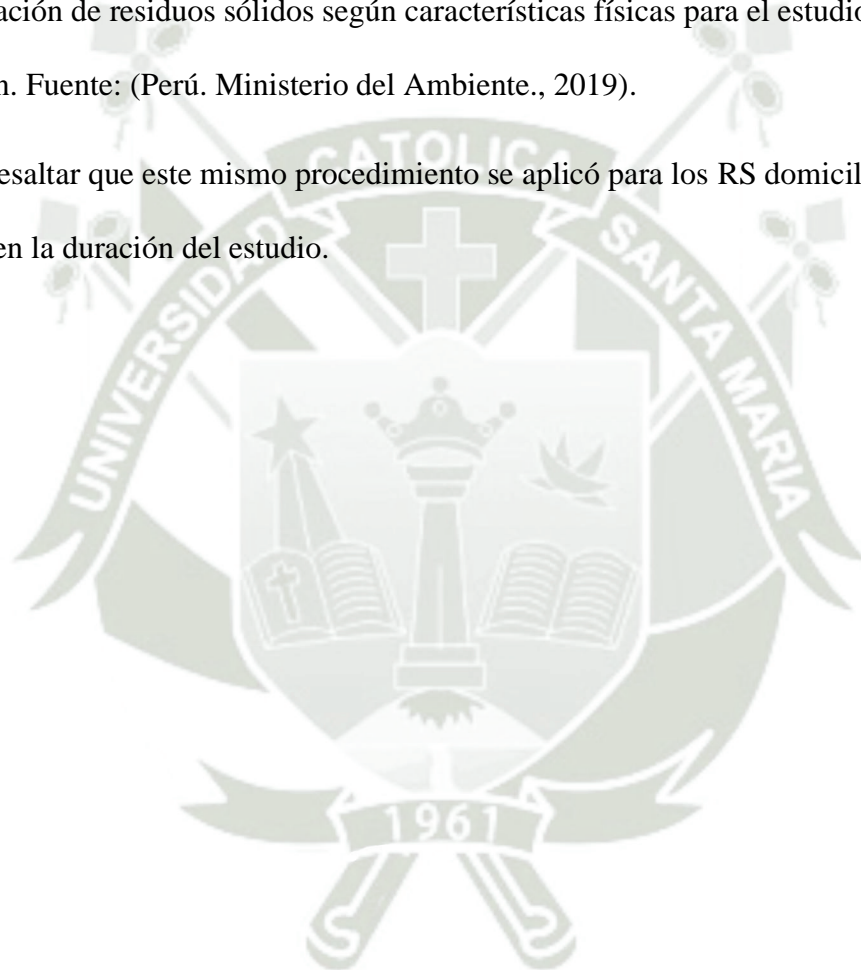
Tipo de Residuo Sólido

Pilas
Tecnopor
Residuos inertes
Restos de medicamentos
Envolturas plásticas
No categorizados

TOTAL

Nota. Clasificación de residuos sólidos según características físicas para el estudio de caracterización. Fuente: (Perú. Ministerio del Ambiente., 2019).

Cabe resaltar que este mismo procedimiento se aplicó para los RS domiciliarios y no domiciliarios en la duración del estudio.





CAPITULO V

Capítulo V: Resultados Del Estudio Y Discusión

Generación Per Cápita De Los Residuos Sólidos

Generación De Residuos Sólidos Domiciliarios

Se calculó la generación per cápita para cada zona siendo 0.66 kg/habitante/día para A, 0.56 kg/habitante/día para B y 0.51 kg/habitante/día para C.

Tabla 17

Generación domiciliaria per cápita de cada zona

Zona	Representatividad	GPC	Cálculo
El Puerto (A)	12%	0.66	0.08
Pueblos Jóvenes (B)	20%	0.56	0.11
Pampa Inalámbrica (C)	68%	0.51	0.35
Total	100%	GPCd	0.54

Nota. Generación per cápita del distrito Ilo considerando la distribución hecha por nivel socioeconómico. Fuente: Elaboración Propia

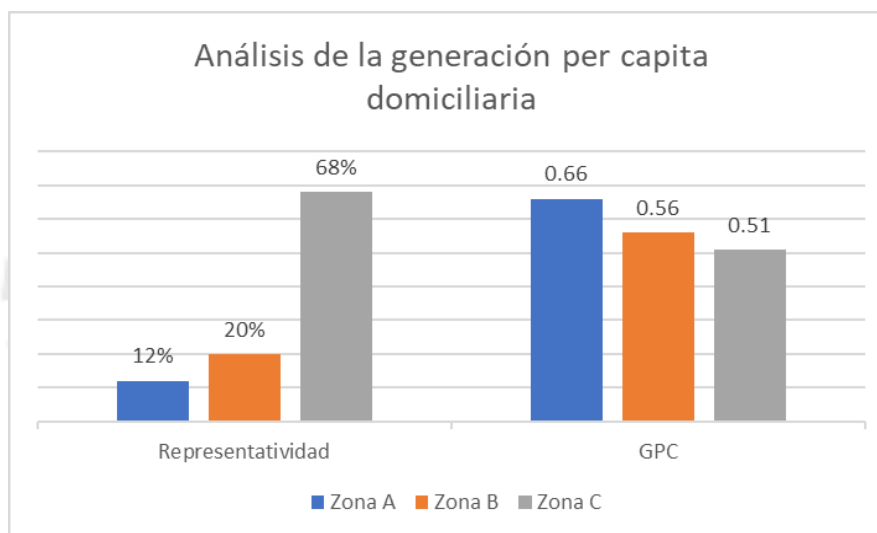
De acuerdo a los cálculos realizados en el estudio, la generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios en el distrito de Ilo se determinó en 0.54 kg por habitante por día. Este valor se obtuvo al ponderar la generación per cápita de cada una de las tres zonas identificadas en el distrito, considerando su respectiva representatividad.

Específicamente, se encontró que la zona de El Puerto (A) presenta una generación per cápita de 0.66 kg/hab/día, la zona de Pueblos Jóvenes (B) una generación de 0.56 kg/hab/día, y la zona de Pampa Inalámbrica (C) una generación de 0.51 kg/hab/día. Al integrar estos valores

según la representatividad de cada zona (12%, 20% y 68% respectivamente), se obtuvo la generación per cápita promedio de 0.54 kg/hab/día para todo el distrito de Ilo..

Figura 16

Análisis de la generación per cápita domiciliaria

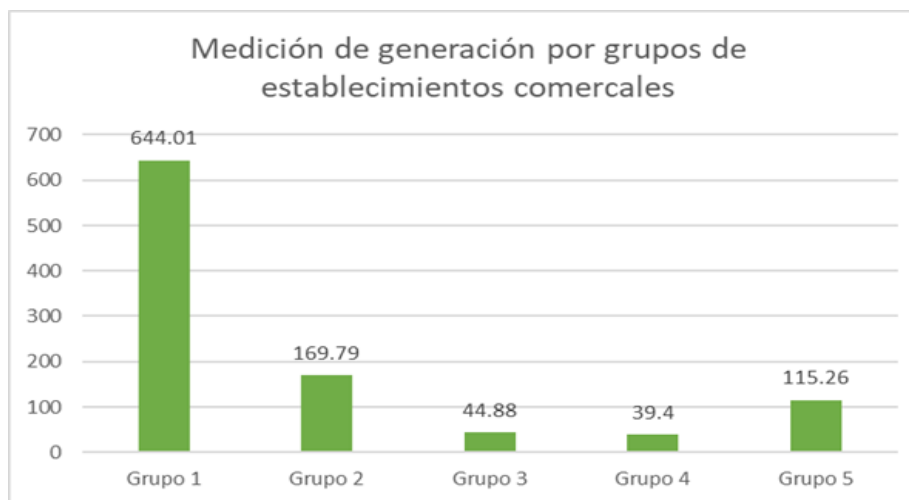


Nota. Comparación del porcentaje de representatividad en el distrito Ilo y la generación per cápita que presenta cada zona. Fuente: Elaboración Propia.

Se determinó a través de una proyección, tomando en cuenta la población calculada, que el distrito Ilo generaría cerca de 39 toneladas de residuos sólidos por fuente domiciliaria, mensualmente alcanzaría las 1171.67 toneladas y anualmente alcanzaría las 14049.98 toneladas.

Generación De Residuos Sólidos No Domiciliarios

Establecimientos Comerciales. Se midió la generación de RS para las agrupaciones de establecimientos comerciales.

Figura 17*Medición por grupos de establecimientos comerciales*

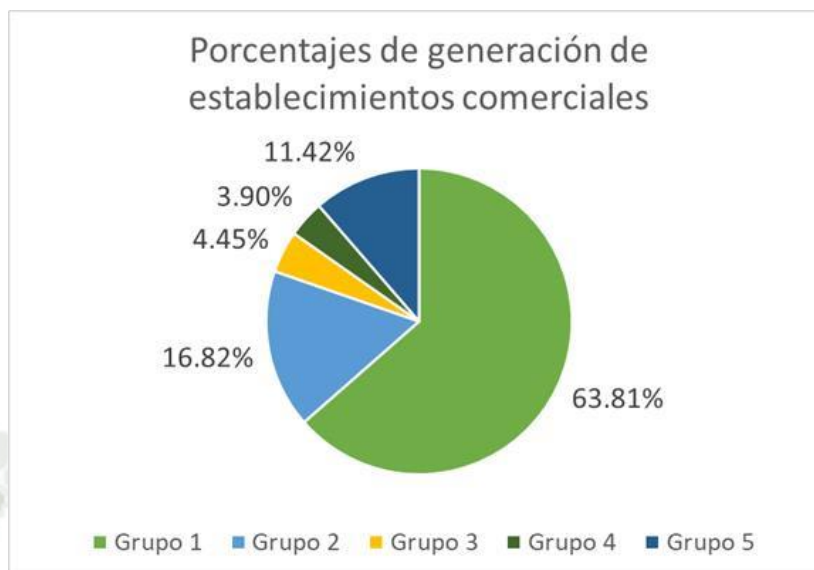
Nota. Cantidad de generación por grupo de establecimiento comercial en kilogramos por día.

Fuente: Elaboración Propia

Se encontró que el grupo 1, conformado por bodegas y panaderías, genera 644.01 kg de residuos sólidos al día; el grupo 2, conformado por librerías, basares, cabinas de internet y locutorios, generan 169.79 kg de residuos al día; el grupo 3, conformado por ferreterías, generan 44.88 kg de residuos al día; el grupo 4, conformado por farmacias y peluquerías, generan 39.40 kg de residuos al día; finalmente el grupo 5 conformado por centros de entretenimiento genera 115.26 kg de residuos al día. Siendo la generación total de RS por establecimientos comerciales de 1009.34 kg al día. Extendiendo el periodo de tiempo de la medición a una proyección anual los establecimientos comerciales generarían 362.36 toneladas de residuos sólidos al año.

Figura 18

Proporción de generación de los grupos de establecimientos comerciales



Nota. Comparación de la proporción de generación diaria de los grupos de establecimientos comerciales Fuente: Elaboración Propia

Se encontró que el 63.81% de los RS generados por establecimientos comerciales provienen de bodegas y panaderías; el 16.82% provienen de librerías, basares, cabinas de internet y locutorios; el 4.45% provienen de ferreterías; el 3.90% provienen de farmacias y peluquerías; finalmente el 11.42% de residuos provienen de centros de entretenimiento.

Restaurantes. Se midió la generación de RS de los restaurantes encontrando que la generación diaria es de 2050 kg al día, extendiendo el periodo de tiempo por medio de una proyección anual, encontramos que los restaurantes generarían 738.29 toneladas de residuos al año.

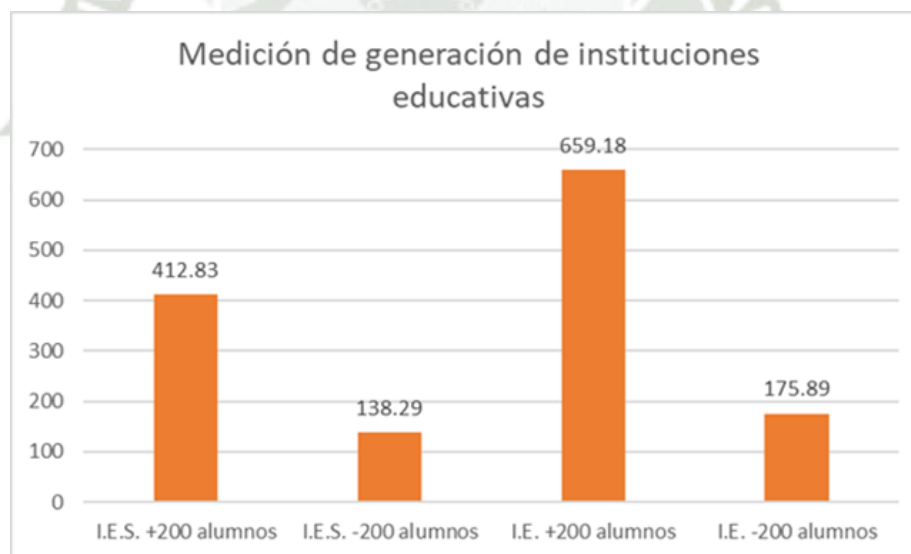
Hoteles. Se midió la generación de RS de los hoteles encontrando que la generación diaria es de 280.37 kg al día, extendiendo el periodo de tiempo por medio de una proyección anual, se encontró que los hoteles generarían 100.93 toneladas de residuos sólidos al año.

Instituciones Públicas y Privadas. Se midió la generación de RS de las instituciones públicas y privadas encontrando que la generación diaria es de 2615.65 kg al día, extendiendo el periodo de tiempo por medio de una proyección anual encontramos que las instituciones públicas y privadas generarían 941.62 toneladas de residuos sólidos al año.

Instituciones Educativas. Se midió la generación de RS de instituciones educativas.

Figura 19

Generación de instituciones educativas

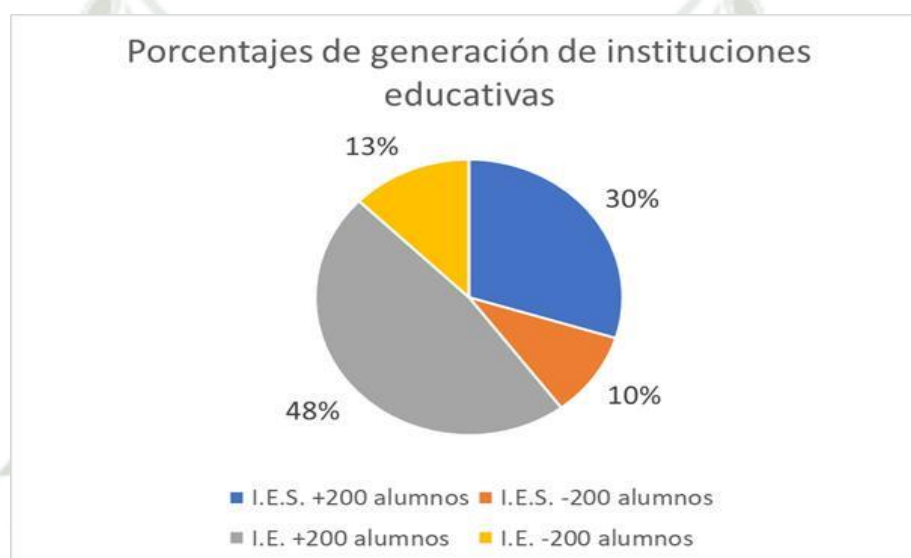


Nota. Generación diaria en kilogramos de las instituciones educativas. Fuente: Elaboración propia.

Se observó que las IES con más de 200 alumnos generan 412.83 kg de residuos al día, mientras que las IES con menos de 200 alumnos generan 138.29 kg al día. Por otro lado, las IE, tanto las que tienen más de 200 alumnos como las de menos, alumnos generan 659.18 kg y 175.89 kg de residuos al día, respectivamente.

Figura 20

Proporción de generación de instituciones educativas



Nota. Comparación de la proporción de generación de instituciones educativas. Fuente: Elaboración propia.

Se descubrió que el 48% de los residuos generados por IE provienen de aquellas con más de 200 alumnos, mientras que el 13% proviene de IE con menos de 200 alumnos. Además, el 10% proviene de IES con menos de 200 alumnos y el 30% de las IES con más de 200 alumnos. Si extendemos el período de medición a una proyección anual, las instituciones educativas generarían un total de 499.03 toneladas de residuos sólidos al año.

Mercados. Se consideró la medición total de los mercados presentes en Ilo (mercado Miramar, mercado Nueva Victoria, mercado Pacocha, mercado Alto Ilo, mercado Mariscal Nieto y mercado Nuevo Ilo). Se encontró que la generación diaria de RS de los mercados es de 12584.25 kg/día, extendiendo el periodo de tiempo por medio de una proyección anual, encontramos que los mercados generarían 4530.33 toneladas de residuos sólidos al año.

Servicio De Barrido Y Limpieza De Espacios Públicos. Se encontró que los residuos que se recolectan por el SBLEP alcanzan los 2337.86 kg de residuos sólidos al día. Extendiendo el periodo de tiempo de la medición a una proyección anual el SBLEP generaría 841.63 toneladas de residuos sólidos al año.

Generación Total De Residuos No Domiciliarios. Se calculó la generación diaria total de residuos sólidos no domiciliarios.

Tabla 18

Generación Diaria Por Fuente No Domiciliaria

Nº	Fuente de Generación	Generación diaria (kg/día)
1	Establecimientos comerciales	1009.34
2	Restaurantes	2050.80
3	Hoteles	280.37
4	Instituciones públicas y privadas	2615.62
5	Instituciones educativas	1386.19
6	Mercados	12584.25
7	Servicio de barrido y limpieza de espacios públicos	2337.86

N°	Fuente de Generación	Generación diaria (kg/día)
	TOTAL	22264.43

Nota. Generación de residuos sólidos por tipo de fuente no domiciliaria en el distrito Ilo. Fuente: Elaboración propia.

Se determinó que la generación de RS en el distrito Ilo por fuente no domiciliaria es de 22264.43 kg por día. Extendiendo el periodo de tiempo del cálculo a una proyección anual la generación por fuente no domiciliaria alcanzaría los 8126.52 toneladas de RS al año.

Generación Total De Residuos Sólidos Municipales. Se estimó la generación diaria y anual de fuentes domiciliarias y no domiciliarias para el distrito Ilo.

Tabla 19

Generación diaria de fuentes de generación de residuos sólidos municipales en el distrito Ilo

N°	Fuente de generación	Kg/día	Ton/año	%
1	Viviendas	39055.5	14059.98	63.69%
2	Establecimientos Comerciales	1009.34	363.36	1.65%
3	Restaurantes	2050.8	738.29	3.34%
4	Hoteles	280.37	100.93	0.46%
5	Instituciones públicas y privadas	2615.62	941.62	4.27%
6	Instituciones educativas	1386.19	499.03	2.26%
7	Mercados	12584.25	4530.33	20.52%
8	Servicio de barrido y limpieza de espacios públicos	2337.86	841.63	3.81%
	TOTAL	61319.93	22075.17	100.00%

Nota. Generación diaria por cada tipo de fuente generadora presente en el distrito Ilo. Fuente: Equipo de estudio de caracterización.

Se estimó que la generación domiciliaria es de 39055.5 kg/día, la generación no domiciliaria es de 22264.43 kg/día, por lo que la generación municipal del distrito Ilo es de 61319.93 kg/día. Extendiendo el periodo de tiempo de la estimación a una proyección anual la generación de RS del distrito Ilo es de 22075.17 toneladas por año.

Tabla 20

Generación municipal de residuos sólidos en el distrito Ilo

Estimación poblacional distrito Ilo para 2023 (N° habitantes)	Generación Domiciliaria (kg/día)	Generación No Domiciliaria (kg/día)	Generación Municipal (kg/día)	GPC Municipal (kg/habitante/día)
73555	39055.5	22264.43	61319.93	0.83

Nota. Cálculo de la generación per cápita municipal en el distrito Ilo. Fuente: Elaboración propia.

Se tomó en cuenta la generación municipal estimada y se determinó que la generación per cápita municipal para el distrito Ilo es de 0.83 kg/habitante/día.

Composición Física De Los Residuos Sólidos

Residuos Sólidos Domiciliarios

La descripción detallada de los RS según su origen en los hogares se encuentra disponible en la tabla 21.

Tabla 21

Caracterización de residuos sólidos domiciliarios en el distrito Ilo

Tipo de Residuo Sólido	Día 1 (Kg)	Día 2 (Kg)	Día 3 (Kg)	Día 4 (Kg)	Día 5 (Kg)	Día 6 (Kg)	Día 7 (Kg)	TOTAL	%
1. Residuos aprovechables	6,71	9,35	23,15	14,00	8,35	16,40	19,20	97,16	61,31%
1.1 Residuos Orgánicos	4,13	8,20	18,35	10,20	5,60	10,00	12,90	69,38	43,78%
Residuos de alimentos	4,13	8,20	18,35	10,20	5,60	10,00	12,90	69,38	43,78%
Residuos de poda								0,00	0,00%
1.2 Residuos inorgánicos	2,58	1,15	4,80	3,80	2,75	6,40	6,30	27,78	17,53%
1.2.1 Papel	0,02		0,45		0,10	0,30	3,50	4,37	2,76%
Papel Blanco	0,02		0,45		0,10	0,30	3,10	3,97	2,51%
Papel Periódico							0,40	0,40	0,25%
Papel Mixto								0,00	0,00%
1.2.2 Cartón	0,50	0,20	0,20	0,40	0,10	3,20	0,40	5,00	3,16%
Cartón Blanco								0,00	0,00%
Cartón Marrón	0,45	0,20	0,20	0,40	0,10	3,20	0,40	4,95	3,12%
Cartón Mixto	0,05							0,05	0,03%
1.2.3. Vidrio			0,10	1,40	1,00	0,70		3,20	2,02%

Tipo de Residuo	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	TOTAL	%
Sólido	(Kg)	(Kg)	(Kg)	(Kg)	(Kg)	(Kg)	(Kg)		
Vidrio			0,10	1,20	1,00	0,70		3,00	1,89%
Transparente									
Vidrio de colores								0,00	0,00%
Otros				0,20				0,20	0,13%
1.2.4 Plástico	1,35	0,70	1,40	1,10	1,20	0,40	1,60	7,75	4,89%
Plástico PET	0,70	0,40	1,40	1,10	0,60		1,40	5,60	3,53%
Plástico PEAD	0,20							0,20	0,13%
Plástico PEBD	0,40	0,30			0,60		0,20	1,50	0,95%
Plástico PP								0,00	0,00%
Plástico PS	0,05					0,40		0,45	0,28%
Plástico PVC								0,00	0,00%
1.2.5 Envases multicapa		0,04	0,10					0,14	0,09%
1.2.6 Metales	0,44	0,01	0,85	0,20	0,25	0,80	0,50	3,05	1,92%
Lata	0,25	0,01	0,75	0,20	0,20	0,70	0,40	2,51	1,58%
Acero								0,00	0,00%
Fierro						0,10		0,10	0,06%
Aluminio	0,17		0,10		0,05		0,10	0,42	0,27%
Otros	0,02							0,02	0,01%
1.2.7 Textiles	0,20	0,20	0,50		0,10	0,20	0,30	1,50	0,95%

Tipo de Residuo	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	TOTAL	%
Sólido	(Kg)	(Kg)	(Kg)	(Kg)	(Kg)	(Kg)	(Kg)		
1.2.8 Cuero, Jebe, Caucho	0,07		1,20	0,70		0,80		2,77	1,75%
2. Residuos no aprovechables	4,00	1,45	10,40	10,60	10,25	18,51	6,10	61,31	38,69%
Bolsas plásticas un solo uso	0,27		0,95	0,40		6,80		8,42	5,31%
Residuos sanitarios	1,61	1,00	4,45	3,90	3,40	5,60	2,60	22,56	14,24%
Pilas	0,05							0,05	0,03%
Tecnopor	0,07	0,10	0,45	0,20	0,10	0,30	0,90	2,12	1,34%
Residuos inertes	0,22	0,20	3,00		2,90	0,40		6,72	4,24%
Restos de medicamentos			0,10		0,05	0,01	0,10	0,26	0,16%
Envolturas plásticas	0,10	0,10	0,35	0,10	0,20	0,50	0,20	1,55	0,98%
No categorizados	1,68	0,05	1,10	6,00	3,60	4,90	2,30	19,63	12,39%
TOTAL	10,71	10,80	33,55	24,60	18,60	34,91	25,30	158,47	100,00%

Nota. Peso recolectado por día durante 7 días de cada tipo de residuo sólido de origen domiciliario. Fuente: Elaboración propia.

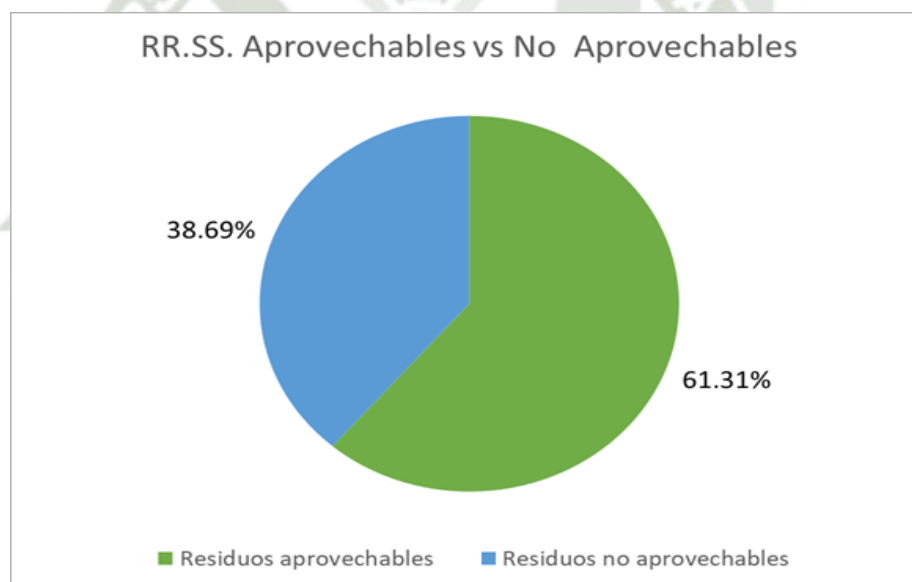
Se determinó que la composición de RS domiciliarios siendo que el 43.78% son de tipo orgánico, el 17.53% son inorgánicos, de los cuales un 4.89% corresponden a plásticos, 3.16%

son residuos de cartón, 2.76% residuos de papel; dentro de los residuos no aprovechables los residuos sanitarios alcanzan el 14.24%, las bolsas de un solo uso conforman el 5.31% y residuos inertes un 4.24%.

Se comparó los RS domiciliarios aprovechables con los no aprovechables, siendo el 61.31% de los RS domiciliarios son aprovechables con un total de 97.16 kg siendo la mayor parte de la muestra analizada, en cuanto a los residuos no aprovechables, estos conforman el 38.69% del total de las muestras analizadas con un peso de 61.31 kg.

Figura 21

Proporción de residuos sólidos aprovechables y no aprovechables domiciliarios



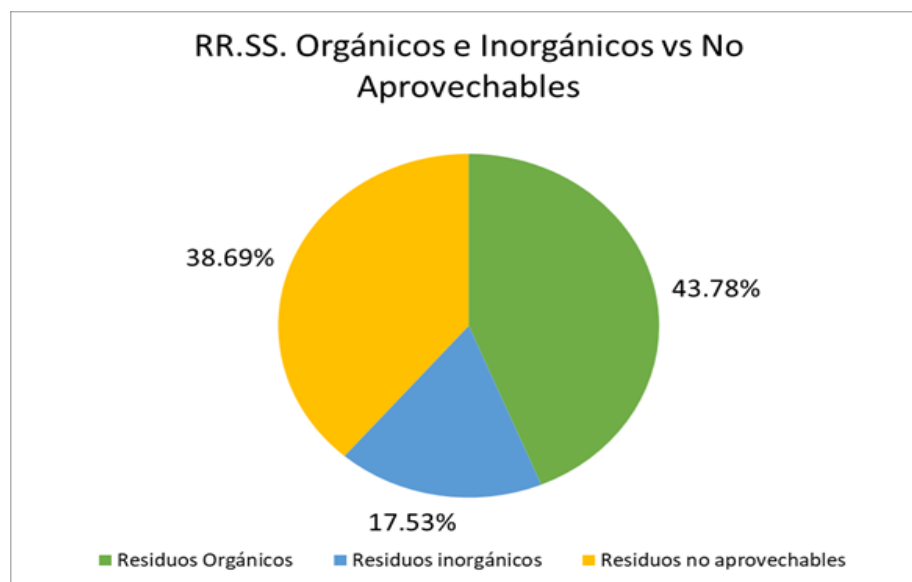
Nota. Comparación de la cantidad de residuos aprovechables y no aprovechables por fuente domiciliaria. Fuente: Elaboración propia.

Se comparó los RS orgánicos conformando un 43.78% con un peso total de 69.38 kg, en cuanto a los residuos sólidos inorgánicos estos conforman el 17.53% con un peso de 27.78 kg,

tomando en cuenta los residuos sólidos no aprovechables, estos conforman un porcentaje mayor a los inorgánicos.

Figura 22

Proporción de residuos sólidos orgánicos, inorgánicos y no aprovechables domiciliarios



Nota. Comparación de la cantidad de residuos orgánicos, no inorgánicos y no aprovechables por fuente domiciliaria. Fuente: Elaboración Propia.

Se encontró que el total de los RS domiciliarios orgánicos son residuos de alimentos, es decir, la totalidad de los 69.38 kg de residuos sólidos domiciliarios orgánicos son residuos de alimentos.

Figura 23

Proporción de residuos sólidos orgánicos domiciliarios



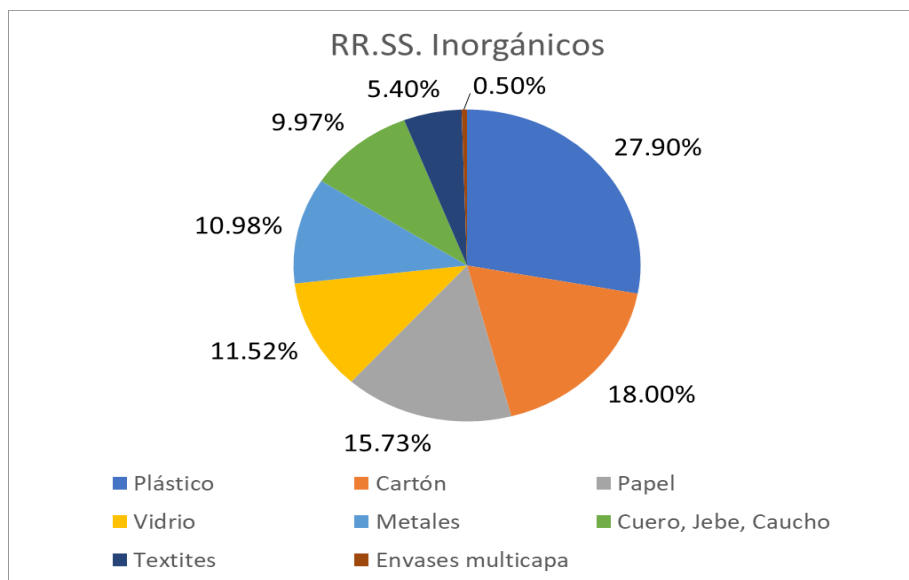
Nota. Comparación de la cantidad de los tipos de residuos orgánicos por fuente domiciliaria.

Fuente: Elaboración propia.

Se encontró que la composición física de los RS inorgánicos consta de un 27.9% plásticos con un peso de 7.75 kg, el cartón conforma el 18% con un peso de 5 Kg, el papel conforma el 15.73% con un peso de 4.37 kg, los metales conforman el 10.98% con un peso de 3.05 kg, los residuos de cuero, jebe y caucho conforman el 9.97% con un peso de 2.77 kg, los textiles conforman el 5.4% con un peso de 1.5 kg y finalmente los envases multicapa conforman el 0.5% con un peso de 0.14 kg.

Figura 24

Proporción de residuos sólidos inorgánicos domiciliarios



Nota. Comparación de las cantidades de cada tipo de residuos sólidos inorgánicos por fuente domiciliaria. Elaboración propia.

Residuos Sólidos No Domiciliarios

La caracterización de residuos sólidos por fuente no domiciliaria se presenta en la tabla 22.

Tabla 22

Caracterización de residuos sólidos no domiciliarios en el distrito Ilo

Tipo de Residuo Sólido	Día 1 (Kg)	Día 2 (Kg)	Día 3 (Kg)	Día 4 (Kg)	Día 5 (Kg)	Día 6 (Kg)	Día 7 (Kg)	TOTAL	%
1. Residuos aprovechables	635,85	626,90	606,21	632,64	671,16	552,32	566,93	4292,01	98,06%

Tipo de	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	TOTAL	%
Residuo Sólido	(Kg)	(Kg)	(Kg)	(Kg)	(Kg)	(Kg)	(Kg)		
1.1 Residuos Orgánicos	357,23	346,81	353,01	346,77	339,29	358,02	365,75	2466,88	56,36%
Residuos de alimentos	353,02	344,79	352,86	345,69	337,23	357,32	365,72	2456,63	56,13%
Residuos de poda	2,18	0,85			1,50	0,50		5,03	0,11%
Otros	2,03	1,17	0,15	1,08	0,56	0,20	0,03	5,22	0,12%
1.2 Residuos inorgánicos	278,62	280,09	253,20	285,87	331,87	194,30	201,18	1825,13	41,70%
1.2.1 Papel	2,79	2,25	2,30	3,14	3,85	0,99	13,85	29,17	0,67%
Papel Blanco	1,03	0,51	1,26	1,49	2,79	0,83	13,80	21,71	0,50%
Papel Periódico	0,65	0,50	0,58	0,51	0,50	0,00	0,05	2,79	0,06%
Papel Mixto	1,11	1,24	0,46	1,14	0,56	0,16		4,67	0,11%
1.2.2 Cartón	267,84	268,91	237,88	269,55	319,70	181,95	177,75	1723,58	39,38%
Cartón Blanco							0,25	0,25	0,01%
Cartón Marrón	267,84	268,91	237,88	269,52	319,70	181,95	177,50	1723,30	39,37%
Cartón Mixto				0,03				0,03	0,00%
1.2.3. Vidrio	1,20	1,91	2,35	3,81	0,41	2,00	0,85	12,53	0,29%
Vidrio Transparente	0,10	0,26	0,60	0,38	0,41	0,70	0,60	3,05	0,07%

Tipo de	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	TOTAL	%
Residuo Sólido	(Kg)	(Kg)	(Kg)	(Kg)	(Kg)	(Kg)	(Kg)		
Vidrio de colores	1,00	1,65	1,65	3,25		1,30	0,25	9,10	0,21%
Otros	0,10		0,10	0,18				0,38	0,01%
1.2.4 Plástico	5,29	6,10	8,53	7,04	6,73	7,14	6,76	47,59	1,09%
Plástico PET	4,74	5,36	4,86	5,61	5,81	5,95	5,68	38,01	0,87%
Plástico PEAD	0,30	0,71	0,41	0,47	0,54	0,03		2,46	0,06%
Plástico PEBD	0,15		0,98	0,12	0,33	0,31	0,01	1,90	0,04%
Plástico PP	0,10	0,03		0,25			0,30	0,68	0,02%
Plástico PS			0,13	0,55	0,05	0,85	0,77	2,35	0,05%
Plástico PVC			2,15	0,04	0,00			2,19	0,05%
1.2.5 Envases multicapa	0,45	0,08	0,10	0,06	0,03	0,05		0,77	0,02%
1.2.6 Metales	0,78	0,64	0,34	1,57	1,05	1,17	1,67	7,22	0,16%
Lata	0,68	0,49	0,14	0,73	0,42	1,09	0,52	4,07	0,09%
Acero								0,00	0,00%
Fierro	0,10		0,15	0,40	0,40		0,65	1,70	0,04%
Aluminio		0,05		0,29	0,13	0,03	0,25	0,75	0,02%
Otros		0,10	0,05	0,15	0,10	0,05	0,25	0,70	0,02%
1.2.7 Textiles	0,20	0,20	0,50		0,10	0,20	0,30	1,50	0,03%
1.2.8 Cuero, Jebe, Caucho	0,07		1,20	0,70		0,80		2,77	0,06%

Tipo de Residuo Sólido	Día 1 (Kg)	Día 2 (Kg)	Día 3 (Kg)	Día 4 (Kg)	Día 5 (Kg)	Día 6 (Kg)	Día 7 (Kg)	TOTAL	%
2. Residuos no aprovechables	14,44	14,73	8,97	14,91	11,49	6,33	13,93	84,80	1,94%
Bolsas plásticas un solo uso	2,35	3,23	1,60	2,04	1,10	0,93	2,55	13,80	0,32%
Residuos sanitarios	2,35	2,09	1,17	1,13	4,45	1,55	2,46	15,20	0,35%
Pilas								0,00	0,00%
Tecopor	0,89	0,88	1,53	1,04	0,96	0,43	0,82	6,55	0,15%
Residuos inertes	5,37	1,74	1,83	3,70	1,65	1,85	1,25	17,39	0,40%
Restos de medicamentos	0,23	0,33	0,21	0,08	0,23	0,03	0,36	1,47	0,03%
Envolturas plásticas	0,78	0,58	0,30	0,44	0,28	0,21	0,45	3,04	0,07%
No categorizados	2,47	5,88	2,33	6,48	2,82	1,33	6,04	27,35	0,62%
TOTAL	650,29	641,63	615,18	647,55	682,65	558,65	580,86	4376,81	100,00%

Nota. Peso recolectado por día durante 7 días de cada tipo de residuo sólido de origen no domiciliario. Fuente: Elaboración propia.

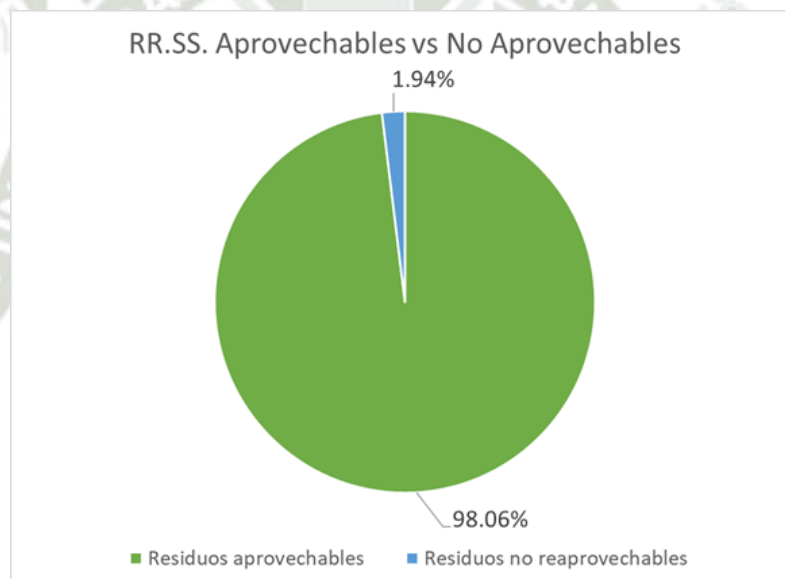
En cuanto a la composición de los RS sólidos no domiciliarios se determinó que el 56.36% son de tipo orgánico, el 41.70% son inorgánicos, de los cuales un 1.09% corresponden a plásticos, 39.38% son residuos de cartón, 0.67% residuos de papel; dentro de los residuos no

aprovechables los residuos sanitarios alcanzan el 0.35%, las bolsas de un solo uso conforman el 0.32% y residuos inertes un 0.40%.

Se comparó los RS domiciliarios aprovechables con los no aprovechables, siendo el 98.06% de los RS no domiciliarios son aprovechables con un total de 4292.01 kg siendo la mayor parte de la muestra analizada, en cuanto a los residuos no aprovechables, estos conforman el 1.94 % del total de las muestras analizadas con un peso de 84.80 kg.

Figura 25

Proporción de residuos sólidos aprovechables y no aprovechables no domiciliarios

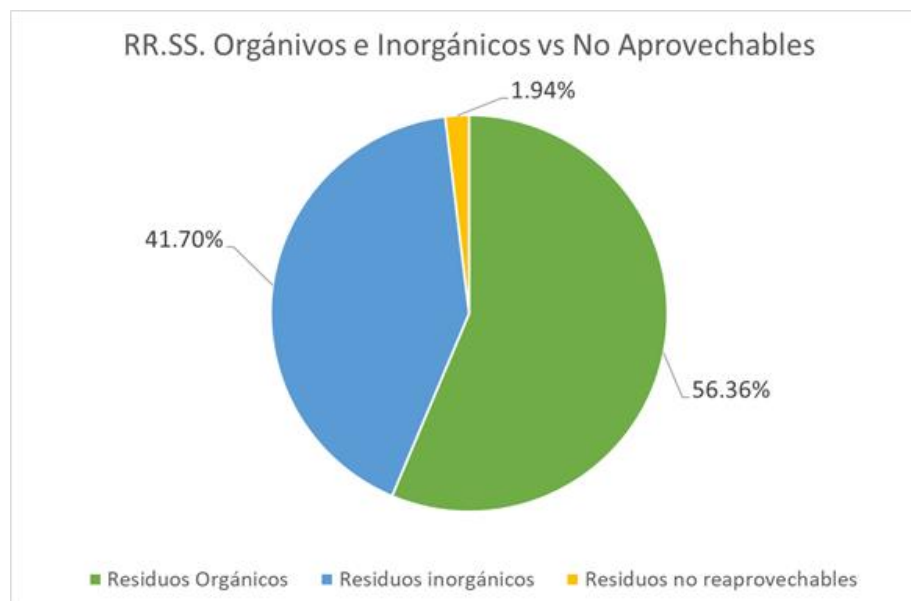


Nota. Comparación de la cantidad de residuos aprovechables y no aprovechables por fuente no domiciliaria. Elaboración propia.

Se comparó los RS orgánicos conformando un 43.78% con un peso total de 69.38 kg, en cuanto a los residuos sólidos inorgánicos estos conforman el 17.53% con un peso de 27.78 kg, tomando en cuenta los RS no aprovechables, estos conforman un porcentaje mayor a los inorgánicos.

Figura 26

Proporción de residuos sólidos orgánicos, inorgánicos y no aprovechables no domiciliarios

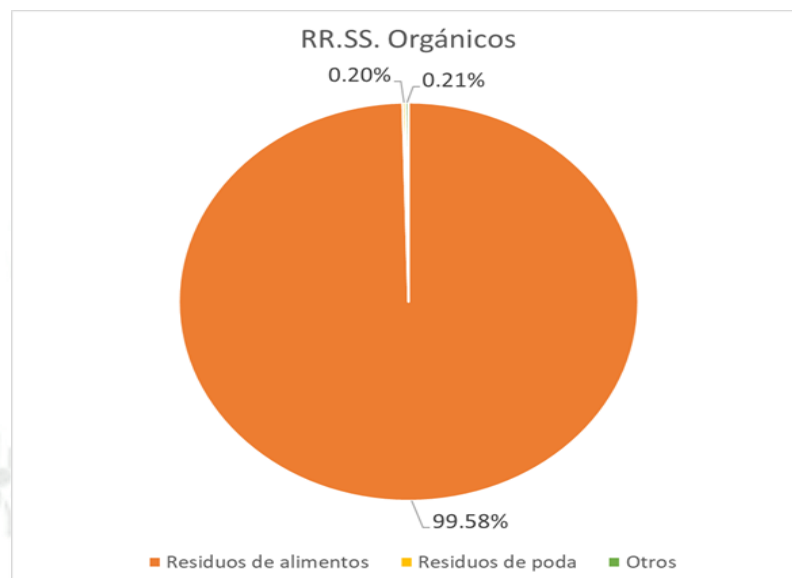


Nota. Comparación de la cantidad de residuos orgánicos, no inorgánicos y no aprovechables por fuente no domiciliaria. Elaboración propia.

Se comparó los RS orgánicos conformando un 56.36% con un peso total de 2466.88 kg, en cuanto a los residuos sólidos inorgánicos estos conforman el 41.70% con un peso de 1825.13 kg, tomando en cuenta los RS no aprovechables, estos conforman un porcentaje menor a los otros.

Figura 27

Proporción de la composición de residuos sólidos orgánicos no domiciliarios



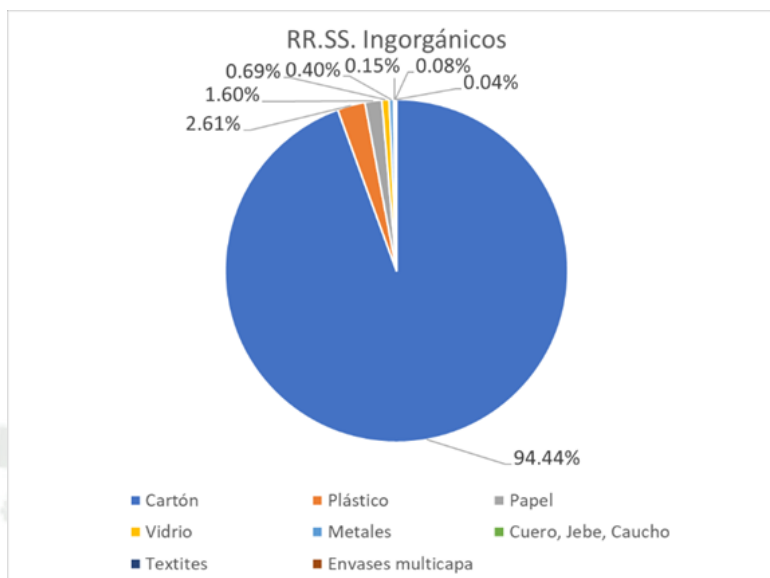
Nota. Comparación de la cantidad de los tipos de residuos orgánicos por fuente no domiciliaria.

Elaboración propia.

Se encontró que los RS no domiciliarios orgánicos se conforman por un 99.58% de residuos de alimentos con un peso de 2456.63 kg, los residuos de poda conforman el 0.20% con un peso de 5.03 kg, un 0.21% lo conforman otros residuos orgánicos como huesos, estiércol de animales u otros con un peso de 5.22 kg.

Figura 28

Proporción de la composición de residuos sólidos inorgánicos no domiciliarios



Nota. Comparación de las cantidades de cada tipo de residuos sólidos inorgánicos por fuente no domiciliaria. Fuente: Elaboración propia.

Se encontró que la composición física de los RS inorgánicos consta de un 94.44% cartón con un peso de 1723.58 kg, el plástico conforma el 2.61% con un peso de 47.59 Kg, el papel conforma el 1.60% con un peso de 29.17 kg, el vidrio conforma el 0.69% con un peso de 12.53 kg, los residuos de cuero, jebe y caucho conforman el 0.15% con un peso de 2.77 kg, los textiles conforman el 0.08% con un peso de 1.5 kg y finalmente los envases multicapa conforman el 0.04% con un peso de 0.77 kg.

Residuos Sólidos En El Distrito Ilo

La caracterización de RS por fuente municipal (domiciliaria y no domiciliaria se presenta en la tabla 23.

Tabla 23

Caracterización de residuos sólidos municipales en el distrito Ilo

Tipo de Residuo Sólido	Total RR.SS. Domiciliarios	Total RR.SS. No Domiciliarios	Suma Domiciliarios y No Domiciliarios	
	(kg/sem)	(kg/sem)	(kg/sem)	%
1. Residuos aprovechables	97,16	4292,01	4389,17	96,78%
1.1 Residuos Orgánicos	69,38	2466,88	2536,26	55,92%
Residuos de alimentos	69,38	2456,63	2526,01	55,70%
Residuos de poda	0,00	5,03	5,03	0,11%
Otros	0,00	5,22	5,22	0,12%
1.2 Residuos inorgánicos	27,78	1825,13	1852,91	40,86%
1.2.1 Papel	4,37	29,17	33,54	0,74%
Papel Blanco	3,97	21,71	25,68	0,57%
Papel Periódico	0,40	2,79	3,19	0,07%
Papel Mixto	0,00	4,67	4,67	0,10%
1.2.2 Cartón	5,00	1723,58	1728,58	38,11%
Cartón Blanco	0,00	0,25	0,25	0,01%
Cartón Marrón	4,95	1723,30	1728,25	38,11%
Cartón Mixto	0,05	0,03	0,08	0,00%

Tipo de Residuo	Total RR.SS.	Total RR.SS. No	Suma Domiciliarios y	
	Domiciliarios	Domiciliarios	No Domiciliarios	%
	(kg/sem)	(kg/sem)	(kg/sem)	
1.2.3. Vidrio	3,20	12,53	15,73	0,35%
Vidrio				
Transparente	3,00	3,05	6,05	0,13%
Vidrio de colores	0,00	9,10	9,10	0,20%
Otros	0,20	0,38	0,58	0,01%
1.2.4 Plástico	7,75	47,59	55,34	1,22%
Plástico PET	5,60	38,01	43,61	0,96%
Plástico PEAD	0,20	2,46	2,66	0,06%
Plástico PEBD	1,50	1,90	3,40	0,07%
Plástico PP	0,00	0,68	0,68	0,01%
Plástico PS	0,45	2,35	2,80	0,06%
Plástico PVC	0,00	2,19	2,19	0,05%
1.2.5 Envases multicapa	0,14	0,77	0,91	0,02%
1.2.6 Metales	3,05	7,22	10,27	0,23%
Lata	2,51	4,07	6,58	0,15%
Acero	0,00	0,00	0,00	0,00%
Fierro	0,10	1,70	1,80	0,04%
Aluminio	0,42	0,75	1,17	0,03%
Otros	0,02	0,70	0,72	0,02%

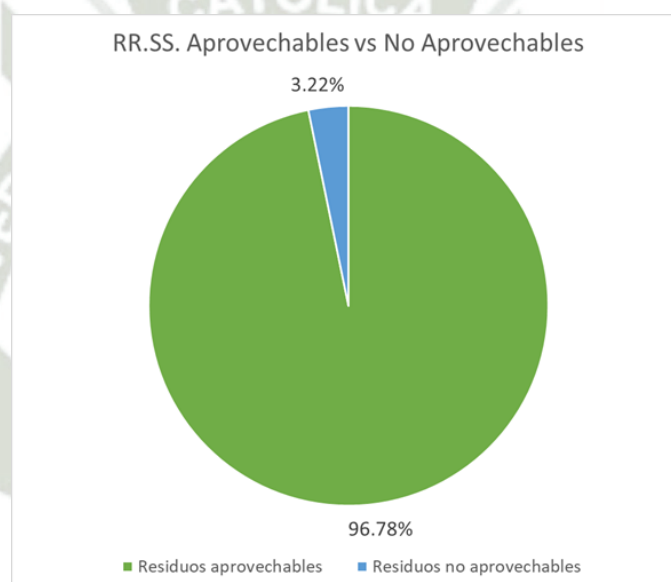
Tipo de Residuo	Total RR.SS.	Total RR.SS. No	Suma Domiciliarios y	
	Domiciliarios	Domiciliarios	No Domiciliarios	%
Sólido	(kg/sem)	(kg/sem)	(kg/sem)	
1.2.7 Textiless	1,50	1,50	3,00	0,07%
1.2.8 Cuero, Jebe, Caucho	2,77	2,77	5,54	0,12%
2. Residuos no aprovechables	61,31	84,80	146,11	3,22%
Bolsas plásticas un solo uso	8,42	13,80	22,22	0,49%
Residuos sanitarios	22,56	15,20	37,76	0,83%
Pilas	0,05	0,00	0,05	0,00%
Tecnopor	2,12	6,55	8,67	0,19%
Residuos inertes	6,72	17,39	24,11	0,53%
Restos de medicamentos	0,26	1,47	1,73	0,04%
Envolturas plásticas	1,55	3,04	4,59	0,10%
No categorizados	19,63	27,35	46,98	1,04%
TOTAL	158,47	4376,81	4535,28	100,00%

Nota. Peso recolectado por día durante 7 días de cada tipo de residuo sólido de origen municipal (domiciliario y no domiciliario). Fuente: Elaboración propia.

Se determinó la composición de los RS municipales recolectados del distrito Ilo, siendo el 55.92% de tipo orgánico, el 40.86% son inorgánicos, de los cuales un 1.22% corresponden a plásticos, el 38.11% son residuos de cartón, 0.74% residuos de papel; dentro de los residuos no aprovechables, los residuos sanitarios alcanzan el 0.83%, las bolsas de un solo uso conforman el 0.49% y residuos inertes un 0.53%.

Figura 29

Proporción de residuos sólidos aprovechables y no aprovechables municipales



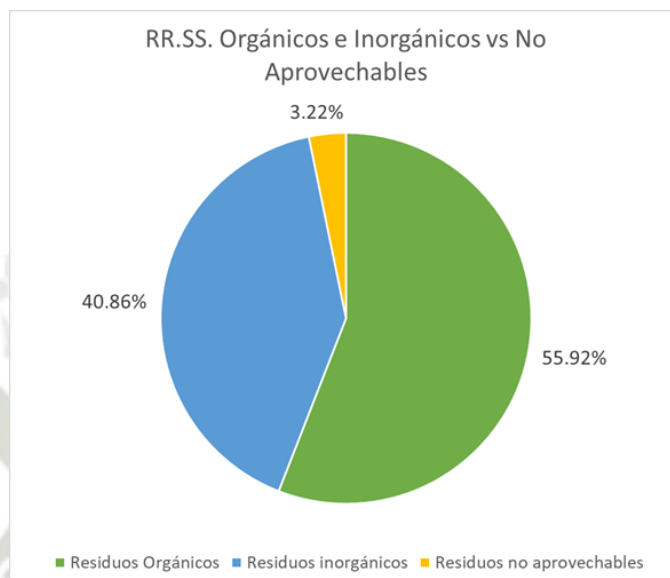
Nota. Comparación de la cantidad de residuos municipales aprovechables y no aprovechables.

Fuente: Elaboración Propia.

Se comparó los RSM aprovechables con los no aprovechables, siendo el 96.78% de los residuos sólidos municipales aprovechables con un total de 4389.17 kg siendo la mayor parte de la muestra analizada, en cuanto a los residuos no aprovechables, estos conforman el 3.22% del total de las muestras analizadas con un peso de 146.11 kg.

Figura 30

Proporción de residuos sólidos orgánicos, inorgánicos y no aprovechables municipales

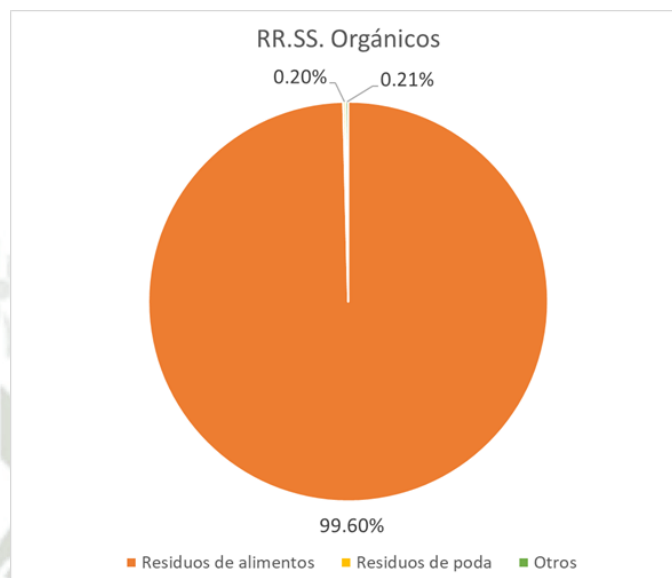


Nota. Comparación de la cantidad de residuos municipales orgánicos, no inorgánicos y no aprovechables. Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con el análisis de caracterización de RSM realizado en el distrito de Ilo, se encontró que los residuos orgánicos conforman el 55.92% del total, con un peso de 2,536.26 kg, mientras que los residuos inorgánicos representan el 40.86%, con un peso de 1,852.91 kg. Los RS no aprovechables conforman un porcentaje menor en comparación a los orgánicos e inorgánicos.

Figura 31

Proporción de residuos sólidos orgánicos municipales



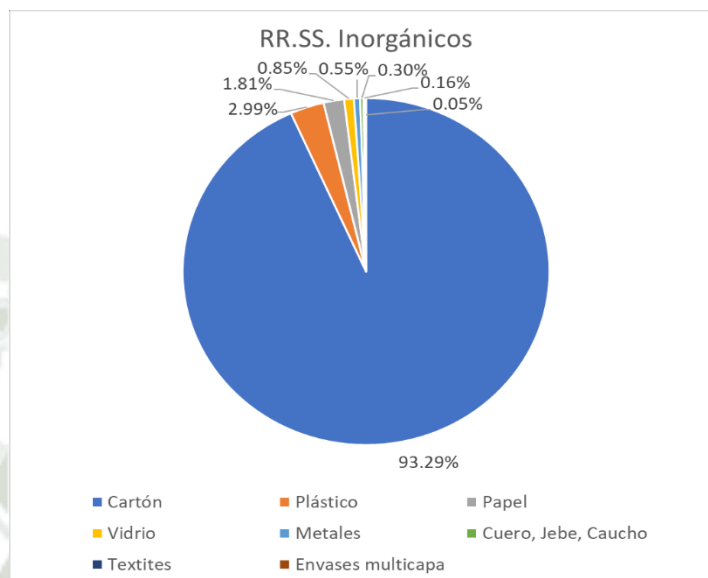
Nota. Comparación de la cantidad de los tipos de residuos sólidos municipales orgánicos.

Fuente: Elaboración Propia

Según la información proporcionada, se identificó que los RSM orgánicos en el distrito de Ilo se componen en un 99.60% por residuos de alimentos, con un peso de 2526.01 kg. Los residuos de poda representan el 0.20% del total, con un peso de 5.03 kg, mientras que otros residuos orgánicos, como huesos, estiércol de animales u otros, conforman el 0.21% restante, con un peso de 5.22 kg.

Figura 32

Proporción de residuos sólidos inorgánicos municipales



Nota. Comparación de las cantidades de cada tipo de residuos sólidos municipales inorgánicos.

Fuente: Elaboración propia.

Se encontró que la composición física de los RSM inorgánicos consta de un 93.29% cartón con un peso de 1728.58 kg, el plástico conforma el 2.99% con un peso de 55.34 Kg, el papel conforma el 1.81% con un peso de 33.54 kg, el vidrio conforma el 0.85% pesando 15.73 kg, los residuos de cuero, jebe y caucho conforman el 0.30% con un peso de 5.54 kg, los textiles conforman el 0.16% con un peso de 3.00 kg y finalmente los envases multicapa conforman el 0.05% con un peso de 0.91 kg.

Discusión De Los Resultados

El aprovechamiento de los RS generados en el distrito Ilo es una alternativa que debe priorizarse frente a la DFRS en un área degradada por RS de acuerdo con la capacidad y disponibilidad tecnológica del país.

Esta investigación se realizó durante los meses de agosto a octubre del año 2023 encontrando que en coincidencia con Ayeleru et al. (2018), en su investigación en la ciudad de Johannesburgo, los residuos orgánicos constituyen la mayor parte de generación, sin embargo, los resultados muestran que en el caso del distrito Ilo los residuos de cartón representan el mayor porcentaje de residuos sólidos inorgánicos. Esto da a lugar a que la conversión de residuos sólidos orgánicos para luego usarlos como combustible planteado por Rathore P. & Sarmah (2020), en conjunto con las métricas e indicadores para descubrir la potencial aplicación de tratamiento utilizados por García-Bucio (2022) y las recomendaciones tecnológicas para el procesamiento exitoso de conversión de residuos en energía dadas por Munir (2021), podría ser beneficioso para el ambiente y la economía del distrito Ilo, ya que por la tasa de crecimiento poblacional positiva y la generación actual de RS solamente indican que la fuente orgánica de residuos irá en aumento considerándose una fuente importante materia prima para la generación de energía.



CAPITULO VI

Capítulo VI: Análisis de Rentabilidad y Sostenibilidad: Valor Económico De Residuos

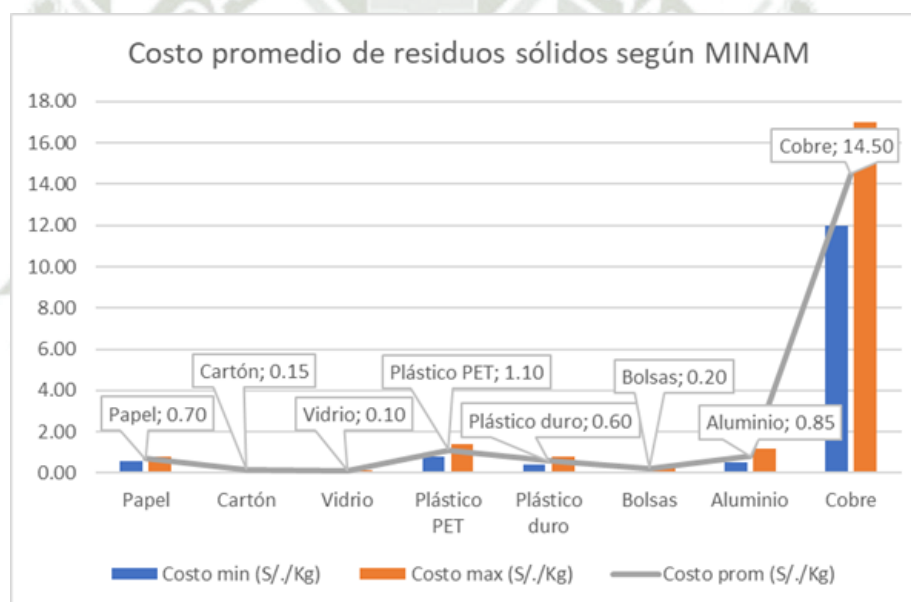
Sólidos En El Distrito

Cuantificación Del Valor Económico De Los Residuos Sólidos Municipales Caracterizados En El Distrito

Se tomaron en cuenta los datos expuestos en el método ejemplificado de valorización económica de los RS aprovechables según nivel de participación (MINAM, 2015).

Figura 33

Valor económico en el mercado de residuos sólidos aprovechables según MINAM

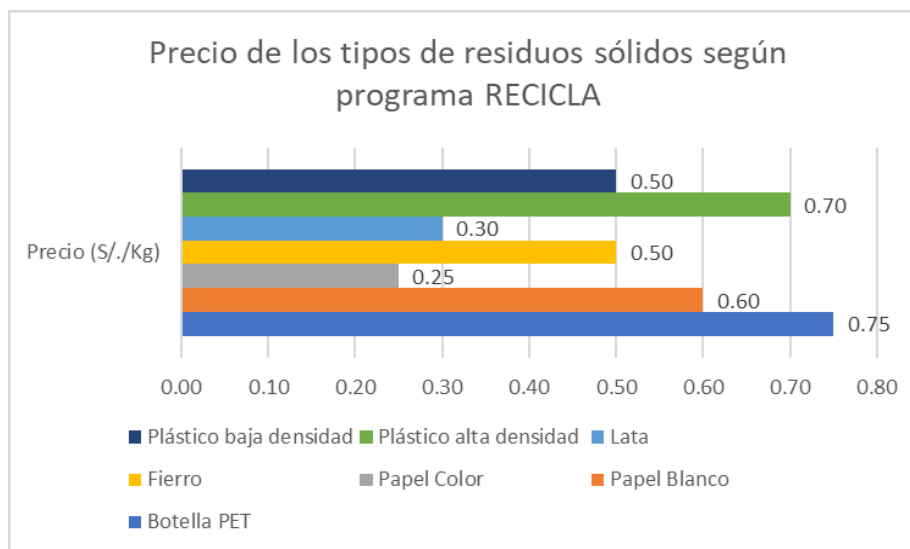


Nota. Comparación de los precios de mercado de los residuos sólidos aprovechables según MINAM. Fuente: (MINAM, 2015).

Adicionalmente se recibió información por parte del personal del programa recicla de la MPI sobre los precios existentes en el mercado local para los RS aprovechables.

Figura 34

Valor en el mercado de residuos sólidos aprovechables según el programa RECICLA de la MPI



Nota. Comparación de los valores de mercado de residuos sólidos aprovechables según el programa Ilo Recicla en Casa. Fuente: Programa RECICLA de la MPI.

Se cuantificó el valor económico de los residuos sólidos económicos en base a estos datos, estableciéndose los siguientes precios específicos para cada tipo de residuo sólido.

Tabla 24

Lista de valor de mercado de residuos sólidos aprovechables según el programa RECICLA de la MPI

Tipo de residuo sólido	PRECIO
Papel blanco	0.60
Papel color	0.25
Cartón	0.15
Vidrio	0.10
Plástico PET	1.10

Tipo de residuo sólido	PRECIO
Plástico duro (PVC)	0.60
Plástico alta densidad (PEAD)	0.70
Plástico baja densidad (PEBD)	0.50
Aluminio	0.85
Fierro	0.50
Lata	0.30

Nota. Lista de precios de compra por kilogramo de residuo material por reciclar. Fuente: Programa RECICLA de la MPI.

Con esta lista de materiales y precios obtenidos en el mercado de compra de RS aprovechables, se determinó el valor económico de los tipos de RS.

Tabla 25

Valor económico de los residuos sólidos recolectados durante el estudio

Tipo de Residuo Sólido	Total RR.SS. Domiciliarios (kg/sem)	Total RR.SS. No Domiciliarios (kg/sem)	Suma	PRECIO (S/. / Kg)	Precio Total (S/.)
			Domiciliarios y No Domiciliarios (kg/sem)		
Papel Blanco	3.97	21.71	25.68	0.60	15.408
Papel Mixto	0.00	4.67	4.67	0.25	1.1675
Cartón Marrón	4.95	1723.30	1728.25	0.15	259.2375
Vidrio	3.20	12.53	15.73	0.10	1.573
Plástico PET	5.60	38.01	43.61	1.10	47.971
Plástico PVC	0.00	2.19	2.19	0.60	1.314

Tipo de Residuo Sólido	Total RR.SS. Domiciliarios (kg/sem)	Total RR.SS. No Domiciliarios (kg/sem)	Suma		Precio Total (S/.)
			Domiciliarios y No Domiciliarios (kg/sem)	PRECIO (S/. / Kg)	
Plástico PEAD	0.20	2.46	2.66	0.70	1.862
Plástico PEBD	1.50	1.90	3.40	0.50	1.7
Aluminio	0.42	0.75	1.17	0.85	0.9945
Fierro	0.10	1.70	1.80	0.50	0.9
Lata	2.51	4.07	6.58	0.30	1.974
				TOTAL	334.10

Nota. Valor de los residuos sólidos reciclables recolectados durante el estudio de caracterización.

Fuente: Elaboración Propia.

Se determinó que el total del valor de los RS domiciliarios y no domiciliarios recolectados en el estudio que tienen un precio en el mercado conocido y fueron caracterizados en el estudio es de S/. 334.10 (TRESCIENTOS TREINTA Y CUATRO NUEVOS SOLES CON 10 CÉNTIMOS).

En cuanto a los RS que no formaron parte de la valorización monetaria se recomendó evaluar la posibilidad de evaluar la implementación un proceso de compostaje o producción de biogás para los residuos orgánicos, en cuanto a los residuos sólidos inorgánicos no contemplados se recomendó evaluar alternativas de reprocesamiento y creación de valor para introducir estos materiales aprovechables dentro del mercado.

Estimación Del Valor Económico De Los Residuos Sólidos Municipales Aprovechables Metálicos Y No Metálicos Del Distrito Ilo

Se consideró, el porcentaje de representación de cada tipo de RS calculados en la caracterización de los residuos sólidos municipales, la generación municipal calculada para el distrito Ilo (61319.93 kg/día) y posteriormente se estimó la cantidad de cada tipo de residuo cuyo valor económico en el mercado es conocido para estimar el valor económico total.

Tabla 26

Valor económico de los residuos sólidos aprovechables del distrito Ilo

Tipo de residuo sólido	% de generación diaria	Generación Municipal (Kg/día)	Valor económico (S/. /kg)	Valor económico total (S/.)
Papel blanco	0.57%	347.21	0.60	S/ 208.33
Papel color	0.10%	63.14	0.25	S/ 15.79
Cartón	38.11%	23371.52	0.15	S/ 3,505.73
Vidrio	0.35%	212.68	0.10	S/ 21.27
Plástico PET	0.96%	589.64	1.10	S/ 648.60
Plástico duro (PVC)	0.05%	29.61	0.60	S/ 17.77
Plástico alta densidad (PEAD)	0.06%	35.96	0.70	S/ 25.18
Plástico baja densidad (PEBD)	0.07%	45.97	0.50	S/ 22.99
Aluminio	0.03%	15.82	0.85	S/ 13.45
Fierro	0.04%	24.34	0.50	S/ 12.17
Lata	0.15%	88.97	0.30	S/ 26.69
			TOTAL	S/ 4,517.94

Nota. Valor económico de cata tipo de residuo según el porcentaje de generación diaria que representa, la generación municipal total y el valor económico estimando del precio de compra.

Fuente: Elaboración Propia.

Se estimó que el valor de mercado del total de los RS generados diariamente en el distrito Ilo es de S/. 4,517.94 el valor de RS en un periodo mensual sería de S/.135,538.20 anualmente alcanzaría el valor de S/. 1,626,458.40 (UN MILLON SEISCIENTOS VEINTISÉIS MIL CUATROCIENTOS CINCUENTA Y OCHO NUEVOS SOLES CON CUARENTA CÉNTIMOS).

Tabla 27

Proyección del valor económico de los residuos sólidos generados en el distrito Ilo

VALOR ECONÓMICO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS EN EL DISTRITO ILO		
Día	S/	4,517.94
Mes	S/	135,538.20
Año	S/	1,626,458.40

Nota. Proyección del valor económico de residuos sólidos reciclables para la generación municipal por mes y año. Fuente: Elaboración Propia

Evaluando la oportunidad de comercialización de RS reaprovecharles, se consideró el valor en el mercado de los RS generados en un mes en el distrito Ilo como ingreso en un flujo de caja durante 12 meses.

Tomando en cuenta un costo de oportunidad del 8.5%, dato adaptado de la SBS, informando que el banco que ofrece una mayor tasa de interés por un depósito a plazo fijo para el

2023 es Banco Falabella, que brinda un 8,5% anual. Le sigue Banco Ripley, con una tasa de 7,5%, y Scotiabank, con 5,5%.

Considerando como capital inicial la suma de los subtotales de los componentes relacionados al adecuado reaprovechamiento de RS (Componente 4.0) en el detalle de presupuesto por componente del proyecto “MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DEL SERVICIO DE LIMPIEZA PÚBLICA Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LA PROVINCIA DE ILO” (Anexo 3) asciende a S/. 540,520.55.

Destinaremos el 10% del valor de la capital inicial como egreso mensual en nuestro flujo de caja considerándolo como costos directos comunes. Por ejemplo: salarios del programa de formalización, mantenimiento de infraestructura, etc. Siendo S/. 54052.06.

Se obtuvieron los indicadores financieros: VAN, TIR y la relación B/C.

Tabla 28

Análisis financiero de la comercialización de RR.SS.

Periodo	Capital Inicial	Ingresos	Egresos	Flujo
0	S/ 540.520,55			-S/ 540.520,55
1		S/ 135.532,20	-S/ 54.052,06	S/ 81.480,15
2		S/ 135.532,20	-S/ 54.052,06	S/ 81.480,15
3		S/ 135.532,20	-S/ 54.052,06	S/ 81.480,15
4		S/ 135.532,20	-S/ 54.052,06	S/ 81.480,15
5		S/ 135.532,20	-S/ 54.052,06	S/ 81.480,15
6		S/ 135.532,20	-S/ 54.052,06	S/ 81.480,15
7		S/ 135.532,20	-S/ 54.052,06	S/ 81.480,15
8		S/ 135.532,20	-S/ 54.052,06	S/ 81.480,15
9		S/ 135.532,20	-S/ 54.052,06	S/ 81.480,15
Periodo	Capital Inicial	Ingresos	Egresos	Flujo

10	S/ 135.532,20	-S/ 54.052,06	S/ 81.480,15
11	S/ 135.532,20	-S/ 54.052,06	S/ 81.480,15
12	S/ 135.532,20	-S/ 54.052,06	S/ 81.480,15
		VAN	S/ 73.106,23
		TIR	11%
		B/C	18,28

Nota. Valor actual neto, tasa interna de retorno y relación costo-beneficio de la comercialización de RR.SS. aprovechables en el distrito Ilo. Fuente: Elaboración Propia

Primeramente, obtenemos un VAN positivo, obtenemos un valor TIR atractivo ya que es mayor a las tasas de ahorro que ofrecen la mayoría de las instituciones bancarias en el país. Por último, el valor para B/V es al menos 18 veces más alto que los costos.

A large, faint watermark of the Universidad Católica de Santa María logo is centered on the page. It features a shield with a cross, a book, and a lamp, with the text 'UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARIA' and the year '1961' visible.

CAPITULO VII

Capítulo VII: Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

1. Se logró caracterizar y valorizar los residuos sólidos municipales del distrito Ilo con el fin de incentivar la economía circular.
2. Se realizó la segregación y estudio de caracterización de los residuos sólidos municipales en el distrito de Ilo.
3. Se determinó la generación de residuos sólidos municipales y estableció el porcentaje de composición física de los mismos.
4. Se cuantificó el valor económico de los residuos sólidos municipales caracterizados en el estudio, cuantificado el valor económico de diferentes tipos de residuos sólidos aprovechables en el Distrito Ilo, considerando precios de mercado locales. El valor total de los residuos sólidos caracterizados asciende a los S/. 334.10.
5. Se estimó el valor económico de los residuos sólidos municipales aprovechables metálicos y no metálicos del distrito Ilo, considerando que es significativo, alcanzando S/. 4,517.94 por día, S/. 135,538.20 por mes y S/. 1,626,458.40 por año.

Recomendaciones

1. Como primera recomendación, realizar un estudio de caracterización detallado de los residuos sólidos en el distrito de Ilo en la temporada de verano ya que es donde encontramos una mayor afluencia y diferentes actividades en el distrito, que incluya la cuantificación de la generación de residuos por tipo de

establecimiento, la identificación de patrones de generación y la evaluación de la efectividad de las estrategias de gestión de residuos.

2. En segundo lugar, promover la segregación desde la fuente ya que esto reduce costos y fortalece el sentido de pertenencia de la población.
3. Debido a que una parte significativa de los residuos sólidos son inorgánicos, se recomienda promover el reciclaje de materiales como el cartón, el plástico y el papel. Además de proporcionar un valor agregado para aquellos que no tienen un valor en el mercado y así empezar la comercialización. Esto puede lograrse a través de campañas de sensibilización, la implementación de programas de recolección selectiva y el apoyo a emprendimientos de reciclaje.
4. Priorizar la recuperación y valorización de los residuos, en lugar de su eliminación. Esto incluye tecnologías de conversión de residuos a energía (incineración, procesos termoquímicos y bioquímicos) que permiten obtener productos como gas de síntesis, bioaceite, biocarbón, digestato, etc.
5. Desarrollar políticas, regulaciones y marcos legales que incentiven la economía circular y la valorización de residuos. Esto es clave para superar barreras como la falta de competitividad de los productos alternativos derivados de residuos.
6. Finalmente, se recomienda invertir en la comercialización de residuos sólidos reciclables debido que el análisis financiero ha sido positivo.

Referencia

Aguilar Virgen, Q., Armijo-de Vega, C., Taboada González, P., & Aguilar, X. M. (2010).

Potencial de recuperación de residuos sólidos domésticos dispuestos en un relleno sanitario.

Revista de ingeniería, (32), 16-27.

Ayeleru, O. O., Okonta, F. N., & Ntuli, F. (2018). Municipal solid waste generation and

characterization in the City of Johannesburg: A pathway for the implementation of zero waste.

Waste Management, 79, 87-97. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.07.026>.

Bokhari, F. A., Dobson, P. W., Morciano, M., & Suhrcke, M. (2023). Banning volume discounts to curb excessive consumption: A cautionary tale. *European Economic Review*, 156, 104480.

<https://doi.org/10.1016/j.euroecorev.2023.104480>.

Cartagena Condori, A. (2022). Estimación del valor económico de residuos sólidos municipales aprovechables generados en el distrito de Ilo, 2019.

Hoque, M. M., & Rahman, M. T. U. (2020). Landfill area estimation based on solid waste collection prediction using ANN model and final waste disposal options. *Journal of Cleaner Production*, 256, 120387. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120387>.

Iqbal, A., Liu, X., & Chen, G. H. (2020). Municipal solid waste: Review of best practices in application of life cycle assessment and sustainable management techniques. *Science of The Total Environment*, 729, 138622. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138622>.

Khalid, I., Ullah, S., Umar, I. S., & Nurdiyanto, H. (2022). The problem of solid waste: origins, composition, disposal, recycling, and reusing. *International Journal of Advanced Science and Computer. Applications*, 1(1), 27-40. <https://doi.org/10.47679/ijasca.v1i1.6>.

Khandelwal, H., Dhar, H., Thalla, A. K., & Kumar, S. (2019). Application of life cycle assessment in municipal solid waste management: A worldwide critical review. *Journal of cleaner production*, 209, 630-654. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.233>.

Kumar, J. A., Sathish, S., Prabu, D., Renita, A. A., Saravanan, A., Deivayanai, V. C., . . .

Hosseini-Bandegharai, A. (2023). Agricultural waste biomass for sustainable bioenergy production: Feedstock, characterization and pre-treatment methodologies. *Chemosphere*, 331 <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.138680>.

Congreso de la República del Perú. (2000, 20 de Julio). Ley N°27314 de 2000. Sistema Nacional de Información Ambiental.

Congreso de la República del Perú. (2009, 21 de marzo). Ley N.º 29332 de 2009. *El Peruano*. <https://www.leyes.congreso.gob.pe/Documentos/Leyes/29332.pdf>

MINAM, M. d. (2015). Guía metodológica para elaborar e implementar un Programa de Segregación en la Fuente y Recolección Selectiva de Residuos Sólidos Municipales. Sistema Nacional de Información Ambiental. https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/sial-sialtrujillo/archivos/public/docs/guia_metodologica_para_elaborar_programa_de_segregacion_en_la_fuente.pdf

Perù. Ministerio del Ambiente. (2019). Guía para la formulación del plan de recuperación de áreas degradadas por residuos sólidos municipales.

Perú. Ministerio del Ambiente. (2019). Guía para la caracterización de residuos sólidos municipales. Repositorio Digital del Ministerio del Ambiente.

<http://repositoriodigital.minam.gob.pe/xmlui/handle/123456789/707>

Ferronato, N., Rada, E. C., Portillo, M. A. G., Cioca, L. I., Ragazzi, M., & Torretta, V. (2019). Introduction of the circular economy within developing regions: A comparative analysis of advantages and opportunities for waste valorization. *Journal of environmental management*, 230, 366-378. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.09.095>.

Florián, S. D. U., Navarro, L. M., & Torres-Benítez, A. (2023). Manejo de residuos sólidos en establecimientos comerciales: el caso de un restaurante urbano en la región central de Colombia. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, 17(1), e03107-e03107. <https://doi.org/10.24857/RGSA.V17N1-003>.

García-Bucio, P., Sotelo-Navarro, P. X., Poggi-Varaldo, H. M., Cañizares-Villanueva, R. O., & Escamilla-Alvarado, C. (2022). Circular bioeconomy indicators for utilization of the organic fraction of municipal solid waste. [INDICADORES DE LA BIOECONOMÍA CIRCULAR PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA FRACCIÓN ORGÁNICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS] *Revista Internacional De Contaminacion Ambiental*, 38(Special issue 3), 78-92. <https://doi.org/10.20937/RICA.54350>.

Hemidat, S., Achouri, O., El Fels, L., Elagroudy, S., Hafidi, M., Chaouki, B., ... & Guo, J. (2022). Solid waste management in the context of a circular economy in the MENA region. *Sustainability*, 14(1), 480. <https://doi.org/10.3390/su14010480>.

Hoang, A. T., Varbanov, P. S., Nižetić, S., Sirohi, R., Pandey, A., Luque, R., & Ng, K. H. (2022). Perspective review on Municipal Solid Waste-to-energy route: Characteristics, management strategy, and role in circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 131897. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131897>.

Jebaranjitham, J. N., Christyraj, J. D. S., Prasannan, A., Rajagopalan, K., Chelladurai, K. S., & Gnanaraja, J. K. J. S. (2022). Current scenario of solid waste management techniques and challenges in Covid-19 – A review. *Heliyon*, 8(7), e09855. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09855>.

La Rosa Caballero, V. I. (2022). Estudio del tipo de residuos sólidos del distrito de Punta Hermosa y potencial para la valorización mediante el reciclaje y compostaje.

López Sepúlveda, C. A. (2020). Tipos de reciclaje y separación en la fuente, como métodos para disminuir el porcentaje de materiales aprovechables que llegan al relleno sanitario doña Juana en la ciudad de Bogotá.

MINAM. (2018). Guía de caracterización de residuos sólidos municipales. Lima, Perú: Ministerio del Ambiente.

Ministerio del Ambiente (2021). Mapa Nacional de Infraestructura de disposición final. Recuperado el 4 de mayo de 2023 de: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2002072/Ma%20Nacional%20de%20Infraestructura%20de%20disposici%C3%B3n%20final.pdf>.

Mrozik, W., Rajaeifar, M. A., Heidrich, O., & Christensen, P. (2021). Environmental impacts, pollution sources and pathways of spent lithium-ion batteries. *Energy & Environmental Science*, 14(12), 6099-6121. <http://doi.org/10.1039/D1EE00691F>.

Munir, M. T., Mohaddespour, A., Nasr, A. T., & Carter, S. (2021). Municipal solid waste-to-energy processing for a circular economy in New Zealand. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 145, 111080. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111080>.

Paes, L. A. B., Bezerra, B. S., Deus, R. M., Jugend, D., & Battistelle, R. A. G. (2019). Organic solid waste management in a circular economy perspective—A systematic review and SWOT analysis. *Journal of Cleaner Production*, 239, 118086.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118086>.

Palomar, A. A. U., Sundo, M. B., Velasco, P. P., & Camus, D. R. D. (2019). End-of-pipe waste analysis and integrated solid waste management plan. *Civil Engineering Journal*, 5(9), 1970-1982. <http://dx.doi.org/10.28991/cej-2019-03091386>.

Patterson, G. D., McManus, J. D., McSpedon, D., Nazneen, S., Wood, D. F., Williams, T., . . . Orts, W. J. (2023). Garbage to nanocellulose: Quantitative isolation and characterization of steamtreated carboxymethyl holocellulose nanofibrils from municipal solid waste. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, 11(7), 2727-2736.

<https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.2c05236>.

Peng, W., & Pivato, A. (2019). Sustainable management of digestate from the organic fraction of municipal solid waste and food waste under the concepts of back to earth alternatives and circular economy. *Waste and biomass valorization*, 10(2), 465-481.

<https://doi.org/10.1007/s12649-017-0071-2>.

Rathore, P., & Sarmah, S. P. (2020). Economic, environmental and social optimization of solid waste management in the context of circular economy. *Computers & Industrial Engineering*, 145, 106510. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106510>.

Rathore, P., Sarmah, S. P., & Singh, A. (2020). Location–allocation of bins in urban solid waste management: a case study of Bilaspur city, India. *Environment, Development and Sustainability*, 22, 3309-3331. <https://doi.org/10.1007/s10668-019-00347-y>.

Rashid, M. I., & Shahzad, K. (2021). Food waste recycling for compost production and its economic and environmental assessment as circular economy indicators of solid waste management. *Journal of Cleaner Production*, 317, 128467.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128467>.

Rebehy, P. C. P. W., Salgado, A. P., Junior, Ometto, A. R., De Freitas Espinoza, D., Rossi, E., & Novi, J. C. (2023). Municipal solid waste management (MSWM) in Brazil: Drivers and best practices towards to circular economy based on European Union and BSI. *Journal of Cleaner Production*, 401, 136591. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136591>.

Sharma, H. B., Vanapalli, K. R., Samal, B., Cheela, V. S., Dubey, B. K., & Bhattacharya, J. (2021). Circular economy approach in solid waste management system to achieve UN-SDGs: Solutions for postCOVID recovery. *Science of The Total Environment*, 800, 149605.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149605>.

Sharma, N., Paço, A. D., & Upadhyay, D. (2023). Option or necessity: Role of environmental education as transformative change agent. *Evaluation and Program Planning*, 97, 102244. <https://doi.org/10.1016/j.evalprogplan.2023.102244>.

Shamsuyeva, M., & Endres, H. J. (2021). Plastics in the context of the circular economy and sustainable plastics recycling: Comprehensive review on research development, standarization and market. *Composites Part C: open access*, 6, 100168.

<https://doi.org/10.1016/j.jcomc.2021.100168>.

Segura, A., Rojas, L., & Pulido, Y. (2020). Referentes mundiales en sistemas de gestión de residuos sólidos. *Revista espacios*, 41(17), 1-9. ISSN: 0798 1015 Tsai, F. M., Bui, T. D., Tseng, M. L., Lim, M. K., & Hu, J. (2020).

Municipal solid waste management in a circular economy: A datadriven bibliometric analysis.

Journal of Cleaner Production, 275, 124132. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124132>.

Unal, M., Cilek, A., & Guner, E. D. (2020). Implementation of fuzzy, Simos and strengths, weaknesses, opportunities and threats analysis for municipal solid waste landfill site selection:

Adana City case study. Waste Management & Research, 38(1_suppl), 45-64.

<https://doi.org/10.1177/0734242X19893111>.

Upadhyay, A., Mukhuty, S., Kumar, V., & Kazancoglu, Y. (2021). Blockchain technology and the circular economy: Implications for sustainability and social responsibility. Journal of Cleaner

Production, 293, 126130. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126130>.

Van Fan, Y., Klemeš, J. J., Walmsley, T. G., & Bertók, B. (2020). Implementing Circular Economy in municipal solid waste treatment system using P-graph. Science of The Total

Environment, 701, 134652. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134652>.

Yang, H., Ma, M., Thompson, J. R., & Flower, R. J. (2018). Waste management, informal recycling, environmental pollution and public health. J Epidemiol Community Health, 72(3),

237-243. <http://dx.doi.org/10.1136/jech-2016-208597>.

Wainaina, S., Awasthi, M. K., Sarsaiya, S., Chen, H., Singh, E., Kumar, A., ... & Taherzadeh, M. J. (2020). Resource recovery and circular economy from organic solid waste using aerobic and

anaerobic digestion technologies. Bioresource Technology, 301, 122778.

<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.122778>.

Wastling, T., Charnley, F., & Moreno, M. (2018). Design for circular behaviour: Considering users in a circular economy. Sustainability, 10(6), 1743. <https://doi.org/10.3390/su100>.

ANEXO 1

Plan de Incentivos para Mejorar la Gestión Municipal

La Ley N.º 29332, también conocida como Plan de Incentivos para Mejorar la Gestión Municipal (PI), fue promulgada en Perú con el objetivo de promover condiciones que contribuyan a la mejora de la gestión municipal. El plan es una herramienta de incentivos presupuestarios vinculada al Presupuesto por Resultados (PpR) y es administrado por el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF). El PI está diseñado para promover el crecimiento y el desarrollo sostenible de la economía local, alentando a los municipios a mejorar continuamente su gestión local, con objetivos específicos como mejorar la recaudación y gestión de los impuestos municipales, mejorar la ejecución de proyectos de inversión pública, reducir la desnutrición crónica infantil, simplificar los procedimientos para crear un clima empresarial favorable, mejorar la prestación de servicios públicos locales y prevenir riesgos de desastres. El PI también está vinculado al Programa de Incentivos para Mejorar la Gestión Municipal, que promueve la mejora de la calidad de los servicios públicos prestados por las municipalidades provinciales y distritales en todo el país, con un enfoque en la mejora de la calidad y sostenibilidad de los servicios de saneamiento rural. El PI también es implementado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, que ha logrado resultados positivos en la mejora de los servicios de saneamiento rural desde 2015. El PI también está vinculado al Plan de Mejoramiento y Modernización Municipal (PI), que es una herramienta para transferir recursos a los municipios en función del logro de objetivos específicos en un período determinado. Los objetivos se formulan por diversas entidades públicas del gobierno central y requieren un trabajo coordinado con los municipios para lograr resultados específicos.

ANEXO 2

Ley de Gestión de Residuos Sólidos en Perú

La Ley de Gestión de Residuos Sólidos en Perú está principalmente regulada por la Ley General de Residuos Sólidos (Ley N.º 27314) y la Ley de Gestión Integrada de Residuos Sólidos (Decreto Legislativo N.º 1278). Estas leyes establecen los derechos, obligaciones y responsabilidades de la sociedad en su conjunto para garantizar el uso eficiente de materiales y la gestión adecuada y disposición de residuos sólidos de manera económica, sanitaria y ambientalmente apropiada.

La Ley General de Residuos Sólidos (Ley N.º 27314) se centra en la gestión integrada de residuos sólidos, incluyendo la prevención o minimización de la generación de residuos, la promoción de la prestación de servicios privados y el establecimiento de medidas para prevenir la contaminación ambiental. También establece las competencias del Consejo Nacional del Ambiente (CONAM) en la coordinación de la aplicación de la ley y la promoción de planes integrales de gestión de residuos en diferentes ciudades.

La Ley de Gestión Integrada de Residuos Sólidos (Decreto Legislativo N.º 1278) tiene como objetivo promover el uso eficiente de materiales, minimizar la generación de residuos y garantizar la gestión y disposición adecuada de los residuos sólidos. Establece principios y lineamientos para la gestión integrada de residuos sólidos, incluyendo la promoción de la investigación y experimentación para maximizar el valor de los residuos y reducir su peligrosidad.

El Reglamento del Decreto Legislativo N.º 1278 (Decreto N.º 014-2017-MINAM) proporciona disposiciones detalladas para la implementación de la Ley de Gestión Integrada de

Residuos Sólidos. Cubre diversos aspectos, como la clasificación de residuos, los roles y responsabilidades de diferentes actores y los procedimientos para la gestión y disposición de residuos. El reglamento también promueve el uso de tecnologías limpias y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en la gestión de residuos.

Además de estas leyes y reglamentos, existen normas específicas y estándares técnicos relacionados con la gestión de residuos sólidos en diversos sectores, como el sector salud. Por ejemplo, la NTS N.º 199-MINSA/2018/DIGESA establece pautas y procedimientos para la gestión y disposición de residuos sólidos en establecimientos de salud, servicios y centros de investigación.

En resumen, la Ley de Gestión de Residuos Sólidos en Perú se basa en los principios de prevención de residuos, minimización y gestión y disposición adecuada. Involucra diversas leyes, reglamentos y normas técnicas que tienen como objetivo garantizar el uso eficiente de materiales, proteger el medio ambiente y promover la salud pública y el bienestar.

ANEXO 3

**Detalle De Presupuesto Por Componente Del Proyecto “MEJORAMIENTO Y
AMPLIACIÓN DEL SERVICIO DE LIMPIEZA PÚBLICA Y DISPOSICIÓN FINAL DE
RESIDUOS SÓLIDOS DE LA PROVINCIA DE ILO”**

ITEM	COMPONENTES	SUB TOTALES	
1.0	Adecuado almacenamiento de RR.SS. y barrido	S/	1,469,712.01
1.1	Equipamiento	S/	242,949.49
1.2	Vehiculos	S/	1,168,687.52
1.3	Intangibles	S/	58,075.00
2.0	Eficiente servicio de recolección y transporte	S/	2,615,202.42
2.1	Equipamiento	S/	23,423.15
2.2	Vehiculos	S/	2,580,279.27
2.3	Intangibles	S/	11,500.01
3.0	Adecuado tranferencia de residuos solidos	S/	7,300,853.02
3.1	infraestructura	S/	7,138,013.02
3.2	Equipamiento	S/	162,840.00
4.0	Adecuado reaprovechamiento de RR.SS.	S/	540,520.55
4.1	Equipamiento	S/	72,315.53
4.1	Infraestructura	S/	436,316.52
4.3	Intangibles	S/	31,889.50
5.0	Apropiada disposición final de RR.SS. Municipales	S/	5,417,355.47
5.1	infraestructura	S/	3,895,792.79
5.2	Vehiculos	S/	1,370,570.00
5.3	Intangibles	S/	145,199.00
5.4	Equipamiento	S/	5,793.68
6.0	Eficiente gestión administrativa y financiera	S/	57,500.03
6.1	Intangibles	S/	46,000.02
6.2	Equipamiento	S/	11,500.01
7.0	Adecuadas practicas de la población	S/	477,594.41
7.1	Intangibles	S/	477,594.41
		Total	S/ 17,878,737.91