

Elaboración de un plan de gestión de residuos sólidos para el distrito de Lobitos, Talara

Preparation of a solid waste management plan for the district of Lobitos, Talara

Francisco Javier Bosio-Vier ^{1a}, Armando Aramayo-Bazzetti ^{1b}

Recibido: 05/11/2023 - Aprobado: 05/01/2024 - Publicado: 08/04/2024

RESUMEN

Esta investigación se enfoca en la elaboración de un Plan de Gestión de Residuos Sólidos para el distrito de Lobitos, ubicado en la ciudad de Talara. Los objetivos principales incluyeron la realización de un diagnóstico para evaluar la situación actual del manejo de residuos sólidos, la caracterización cualitativa y cuantitativa de los residuos sólidos domiciliarios diarios (separados en la fuente), y el desarrollo de un plan de manejo alternativo adecuado. El estudio se llevó a cabo en julio de 2021, abarcando un total de 69 hogares durante 8 días consecutivos.

Los resultados revelaron un promedio de 1 tonelada diaria de residuos, con un desglose del 39% de residuos orgánicos, el 19% de residuos no aprovechables, el 9% de plásticos, el 9% de metales, el 9% de papel y cartón, el 8% de residuos peligrosos (incluyendo redes de pesca) y, finalmente, el 7% de vidrio. El volumen diario promedio generado fue de 4,4 m³, con una densidad promedio de 31,6 kg/m³.

A partir de estos resultados y una encuesta al personal de limpieza pública, se detectaron deficiencias que sirvieron de base para formular estrategias de acción, que tienen como objetivo orientar la optimización del manejo de residuos en la zona, con la intención de mejorar la eficiencia y la sostenibilidad en el tratamiento de los desechos.

Palabras claves: Residuos sólidos domiciliarios, plan de gestión de residuos sólidos, cuantificación, capacitación, generación diaria.

ABSTRACT

This research focuses on the presentation of a Solid Waste Management Plan for the district of Lobitos, located in Talara - Piura. The main objectives included carrying out a analysis to evaluate the how things stand locally, characterizing daily household garbage in qualitatively terms and quantitatively too (separated at the source), and developing an appropriate alternative management plan. The study was held out in July 2021, covering a total of 69 houses along 8 consecutive days.

The results exposed an average of 1 ton of waste per day, with a breakdown of 39% organic waste, 19% unusable waste, 9% plastics, 9% metals, 9% paper and cardboard, 8% hazardous waste (including fishing nets) and, finally, 7% glass. The average daily volume generated was 4,4 m³, with an average density of 31,624 kg/m³.

Based on these results and a survey conducted among public cleaning personnel, insufficiencies were recognized that served as a basis for the formulation of action strategies. These strategies are intended to guide the optimization of waste handling in the area, seeking to improve efficiency and sustainability in waste treatment.

Keywords: Household solid waste, solid waste management plan, quantification, training, daily generation.

¹ Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Ciencias. Departamento de Ingeniería Ambiental. Lima, Perú.

a Autor para correspondencia: 20090108@lamolina.edu.pe - ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-6255-3219>

b Docente. E-mail: ajaramayob@lamolina.edu.pe - ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5105-746X>

I. INTRODUCCIÓN

La gestión eficiente de los residuos sólidos, un desafío significativo en el contexto del rápido crecimiento poblacional, es responsabilidad municipal en Perú según la Ley Orgánica Municipal. En este país en desarrollo, más de la mitad de los desechos municipales son de naturaleza orgánica y putrescible. Es crucial planificar la gestión integral de los residuos sólidos mediante la formulación de planes de manejo para distritos y centros poblados menores.

La responsabilidad municipal comienza cuando el individuo, desde su hogar, entrega sus desechos o los coloca en los lugares establecidos por la autoridad distrital correspondiente para su recolección, según lo establecido en la Ley General de Residuos Sólidos. La minimización de la generación de residuos sólidos en el origen, según el Decreto Legislativo n.º 1278, es el principal objetivo de la gestión integral de residuos sólidos en Perú.

Hasta la fecha, el distrito de Lobitos carece de un Plan de Manejo de Residuos Sólidos, lo que ha resultado en una gestión deficiente evidenciada por la acumulación de residuos en varios puntos frecuentados por la población, aumentando el riesgo de enfermedades infecciosas. Además, se cuenta con un vertedero como sitio de disposición final que no cumple con los requisitos legales. Este vertedero, ubicado a menos de 500 metros de la costa, presenta riesgos ambientales ya que los lixiviados arrastran sustancias tóxicas hacia la napa freática.

Según el VI Informe Nacional de Residuos Sólidos del MINAM en 2013, Perú enfrenta una brecha significativa en la infraestructura para la disposición final de desechos sólidos, con solo 65 rellenos sanitarios para una necesidad de 190 a nivel nacional. Además, de las municipalidades, solo 398 de 196 provinciales y 1646 distritales han obtenido la aprobación de sus Planes de Manejo de Residuos Sólidos (PMRS).

Esta investigación cobra importancia al presentar una propuesta de Plan de Manejo de Residuos Sólidos para la Municipalidad Distrital de Lobitos, con objetivos específicos que incluyen un diagnóstico de la situación actual del manejo de residuos sólidos en el distrito, la caracterización cualitativa y cuantitativa de los residuos domiciliarios generados, y la elaboración de un plan de manejo alternativo en todas las etapas, desde la recolección hasta la disposición final, con posibles usos posteriores de los residuos sólidos generados en el distrito de Lobitos.

II. METODOLOGÍA

En el distrito de Lobitos, Piura, esta investigación abordó variables como la producción per cápita de desechos sólidos domiciliarios, la composición porcentual de los residuos domésticos y la densidad de los desechos. La zona, próxima a estaciones de bombeo y extracción de petróleo, tanto en tierra como en plataformas marítimas, contribuye a la relevancia de los datos recopilados.

Este estudio progresa a través de tres fases consecutivas:

2.1. Evaluación del tratamiento vigente de los desechos

Se exploró la localidad contactando a todos los hogares e invitándolos a participar en el estudio durante un periodo de 8 días (los resultados del primer día no se consideraron en los cálculos) con el fin de evaluar la producción per cápita local. Se aplicó la metodología utilizada por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, que implicó la separación de los residuos y la recopilación de datos cuantitativos. Se evitó la necesidad de separar los residuos, ya que se realizaron previamente en el lugar de origen. Cada hogar recibió diariamente un conjunto de siete bolsas de colores diferentes para la identificación de sus residuos, junto con una hoja que sirvió como guía para cada tipo de residuo y su bolsa correspondiente. De este modo, fue posible trabajar con los residuos sin alterarlos. La supervisión del manejo de los residuos sólidos se llevó a cabo conforme a lo establecido en el Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos. Se calculará la cantidad promedio, tanto en peso como en volumen, de los residuos generados para determinar el volumen total y establecer la capacidad requerida de los contenedores en cada zona.

2.1.1. Determinación del número de muestra

Tras consultar con las oficinas administrativas de la Municipalidad Distrital de Lobitos y considerar el promedio de habitantes por vivienda, se determinó el número de muestra "n". La fórmula empleada para calcular el tamaño de la muestra en poblaciones limitadas o finitas (Aguilar, 2005) es:

$$n = \frac{Z^2 N \sigma^2}{(N - 1)E^2 + Z^2 \sigma^2} \quad (1)$$

En dónde:

n = muestra de los hogares

N = número total de hogares

Z = nivel de confianza 95% = 1.96

σ = desviación estándar

E = error permitido

De acuerdo con el "Cuarto Informe Nacional de Residuos Sólidos" elaborado por el Ministerio del Ambiente en el año 2014, se establece el valor recomendado para la desviación estándar de 0.231 kg/hab/día. Para el error permisible, se empleará el 10% de la generación per cápita (GPC) nacional, que es de 0.53 kg/hab/día.

2.1.2. Ruta para la recolección de los residuos sólidos

Se diseñará un itinerario para abarcar la recogida de desechos en todas las viviendas y diversos establecimientos, optimizando el tiempo dedicado al recojo y transporte.

2.2. Utilización de un cuestionario experimental

Con el fin de ampliar la perspectiva desde la experiencia de los empleados del servicio, se realizó una investigación experimental, basada en la 'Orientación Metodológica para la Realización del Análisis de Caracterización de Servicios Sociales Municipales' del MINAM de 2015, el 'Manual

del Entrevistador' del INEI de 2021, y diversos trabajos de investigación de la UNALM que tratan sobre la gestión de residuos.

2.3. Descripción física de los desechos sólidos

2.3.1. Actividad de campo

Se basó en la segregación y cuantificación de las diferentes naturalezas de desechos domiciliarios generados a diario, garantizando que no se fusionaran con los residuos producidos en momentos subsiguientes. El proceso de medición y descripción física se desarrolló mediante los siguientes pasos:

1. El reconocimiento de los desechos descartados se llevó a cabo según el color de cada bolsa.
2. Se procedió a la pesada utilizando una balanza previamente calibrada. Se anotaron dichos pesos en función del tipo de residuo, la vivienda y la cantidad de habitantes.
3. Luego, las bolsas fueron colocadas en el interior de un cilindro, donde se cuantificó el volumen total generado.
4. Finalmente, las bolsas fueron reintegradas en idénticas condiciones, ya que el servicio de recolección de residuos se encargó de su gestión.

2.3.2. Trabajo de escritorio

Se analizó la información recopilada en el terreno para calcular los promedios diarios de producción de residuos, los porcentajes correspondientes a cada categoría de residuos y su densidad. A continuación, se detallan los principales parámetros determinados:

2.3.2.1. Cálculo de la producción por persona (generación per cápita)

Este indicador resulta crucial para comprender la producción global de residuos sólidos. Así, es posible evaluar el equipo requerido para la recopilación, traslado e infraestructura durante un período planificado (MINAM, 2015). La fórmula necesaria para calcular el GPC es la siguiente:

$$GPCViv n = \frac{(Pnd2 + Pnd3 + \dots + Pnd8)}{7Z} \quad (2)$$

En dónde:

GPCViv n: Producción por habitante de la casa 'n'.

Pnd2: Peso de los desechos recolectados en la casa 'n' en el día n° 2.

Pnd3: Peso de los desechos recolectados en la casa 'n' en el día n° 3.

Pnd8: Peso de los desechos recolectados en la casa 'n' en el día n° 8.

Z: Número de habitantes por la casa 'n'.

2.3.2.2. Determinación de la composición de los desechos

Se determinó el tanto por ciento de cada componente diario considerando los datos del peso total de los residuos recopilados cada día (Wt) y el peso de cada componente (Pi). La fórmula empleada se muestra a continuación:

$$Porcentaje (\%) = \left(\frac{Pi}{Wt}\right) * 100 \quad (3)$$

En dónde:

Pi: Peso de cada elemento.

Wt: Peso total.

Para calcular la media porcentual de cada elemento, se suman los porcentajes de cada componente diario y luego se dividen entre los siete días medidos. No se considera el primer día, utilizando así los datos recopilados a partir del segundo día.

2.3.2.3. Determinación de la densidad de los desechos

Se empleó un contenedor de forma tubular de 250 litros con lados homogéneos, altura y diámetro previamente medidos. Luego, se procedió a cargar este contenedor con los distintos desechos recolectados en cuestión midiendo finalmente la distancia sin residuos. La densidad de cada uno de los residuos comerciales se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$Densidad (S) = \frac{W}{V} = \frac{W}{\pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 (H - h)} \quad (4)$$

En dónde:

S: Densidad de los desechos (kg/m³).

W: Peso de los desechos.

V: Volumen de los desechos.

D: Diámetro del contenedor.

H: Altura del contenedor.

h: Distancia sin desechos del contenedor.

π : Invariable 3.1416.

Con base en los resultados derivados de la densidad, se determinó el volumen necesario por día para la transferencia de desechos domiciliarios desde su punto de origen hasta los lugares designados para su traslado y/o disposición final

2.3.3. Desarrollo del Plan de Gestión de Desechos Sólidos

El Plan de Gestión de Residuos Sólidos propuesto se basará en la información recopilada durante la caracterización física de los desechos y en las alternativas que sean compatibles con la Ley General de Residuos Sólidos.

III. RESULTADOS

3.1. Análisis de la gestión de desechos sólidos

Se efectuó un recorrido por todas las calles con el fin de estimar los trayectos entre los contenedores y los domicilios para analizar la labor seguida por la cuadrilla de limpieza. Durante la inspección no se identificaron contenedores para un acopio temporal y los presentes no poseen las medidas necesarias para los desechos producidos. Están ubicados cada 10 o 12 viviendas, presentan un diseño poco práctico y una señalización incorrecta, tal como se aprecia en la Figura 1.

El servicio de recolección de desechos opera todos los días de la semana, incluso los sábados, comenzando a las nueve de la mañana. Los trabajadores encargados de la limpieza de calles inician su labor a las seis de la mañana debido a la escasez de viento en ese momento. Se utilizan dos furgones de tres ruedas de la marca 'Mavila',

modelo 'Cargo 300R', con una capacidad máxima de 4 m³. Sin embargo, el proceso no cumple con los estándares mínimos de salubridad, ya que el mismo vehículo se utiliza para transportar al personal, lo que contamina tanto a los trabajadores como a quienes entran en contacto con ellos. La Figura 2 ilustra el proceso de transporte de los residuos.

El equipo de limpieza está compuesto por 24 individuos, de los cuales 14 son recolectores, 8 son barrenderos y 2 son choferes. El sitio designado para la disposición final de los residuos es un vertedero autorizado por la municipalidad, donde los sacos se rompen, esparciendo los desechos y finalmente quemándolos. Debido a que todas las bolsas llegan con residuos mezclados, tampoco es factible llevar a cabo una separación para una posible reutilización en el futuro. La Figura 3 muestra el lugar de disposición final de los residuos.

Figura 1
Señalización deficiente de los recipientes



Figura 2
Vehículo saturado con residuos recolectados



Figura 3
Botadero municipal colapsado



3.2. Resultados del cuestionario

Aquí se presentan los resultados clave:

- La participación fue del 91.7% del personal, con un total de 15 varones, que conformaron el 68%, y 7 mujeres, constituyendo el 32% restante.
- La mayor parte de los encuestados (50%) ha estado desempeñándose en el servicio durante un lapso de 1 a 3 meses. El 27% lleva ejecutando estas tareas por más de 3 meses, mientras que el 23% lleva menos de 4 semanas en el trabajo. Esto indica que un 73% cuenta con menos de 3 meses de experiencia, lo cual es una carencia de práctica laboral considerable.
- De la totalidad de los encuestados, un 18% aún no ha recibido ningún tipo de formación, otro 18% no recuerda la última vez que participó en alguna sesión informativa laboral. Por otro lado, un 64% asegura que sí ha recibido charlas y entrenamientos para desempeñar adecuadamente sus funciones.
- El 14% reporta haber experimentado algún corte causado por un residuo durante la recolección de desechos. Seis personas (correspondientes al 27%) indican haberse golpeado durante la jornada laboral, y solo una persona (equivalente al 5%) sufrió una caída debido a un desnivel. Doce personas, es decir, el 55%, sigue sin incidentes en el trabajo.
- Dieciséis participantes, lo que equivale al 73%, consideran que el servicio de limpieza debería ser mejorado. Algunas de sus sugerencias incluyen la provisión de uniformes completos, la reposición de sus equipos de protección personal (EPP) y herramientas, la reparación de vehículos en desuso, la implementación de una señalización adecuada en el vertedero y la instalación de un equipo de primeros auxilios en los furgones.
- El 41% no está de acuerdo con el quemado de los desechos al aire libre. Por otro lado, 8 personas (un 36%) opinan que cada cierto tiempo es necesario, mientras que otros 4 (18%) sí están de acuerdo con este procedimiento. En resumen, 12 personas, más

de la mitad (55%), frecuentemente aceptan la quema de los residuos sólidos recolectados.

3.3. Aquí se presentan los resultados obtenidos durante la caracterización de residuos sólidos:

3.3.1. Composición física

La caracterización se realizó en un periodo de 8 días, del 18 al 25 de julio de 2021. Durante este tiempo, se cuantificaron los desechos domiciliarios producidos por un número previamente calculado de viviendas. El cálculo del número de muestra "n" se completó utilizando la fórmula previamente dispuesta:

n = muestra de los hogares.

N = número total de hogares = 355

Z = nivel de confianza 95% = 1.96

σ = desviación estándar = 0.231 kg/hab/día

E = error permitido 0.053 kg/hab/día

Finalmente se obtiene:

$$n = \frac{(1.96^2)(355)(0.231^2)}{(354)(0.053^2) + (1.96^2)(0.231^2)} = 61 \quad (4)$$

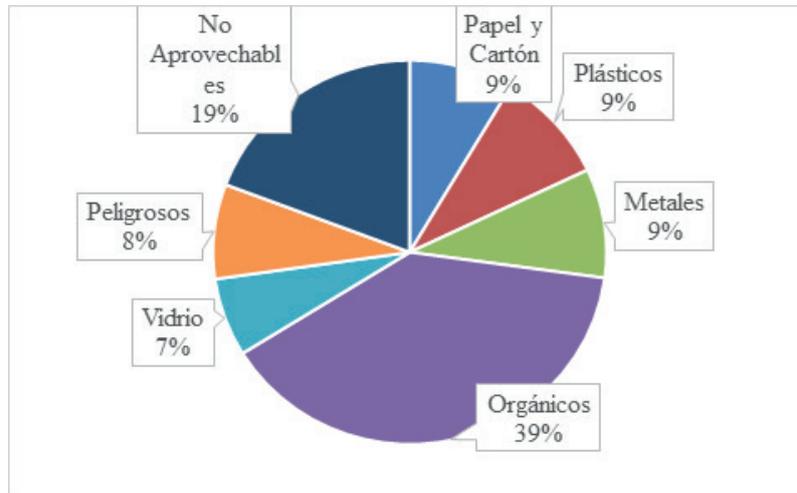
Se añadió una muestra de contingencia de 6 viviendas adicionales (aplicando un 10 por ciento de muestra adicional), lo que elevó la muestra total a 67. Gracias a la respuesta positiva, se sumaron 2 viviendas más, alcanzando un total de 69 casas. En la Figura 4 se ilustra el respaldo local.

En el procedimiento se utilizó una balanza manual de 20 kg. Se compraron 10 unidades idénticas, utilizando una diferente cada vez para prevenir la deformación interna de la resistencia y asegurar una lectura precisa. Antes de comenzar el trabajo, se verificó la lectura de la balanza con una pesa de masa conocida. En la Figura 5 se presentan los valores obtenidos en el muestreo. El residuo principal desechado fueron los orgánicos (39%), seguidos de los no aprovechables (19%), plásticos (9%), metales (9%), papel y cartón (9%), residuos peligrosos (8%) y, finalmente, vidrio (7%).

Figura 4
Apoyo local



Figura 5
Composición % de los desechos producidos por las 69 viviendas censadas



Los residuos orgánicos generalmente no llegan al vertedero, dado que los habitantes los utilizan como alimento para animales (patos y cerdos) o como componentes para la producción de compost en el hogar. Un aspecto notable es la cantidad significativa de plásticos; se observan bolsas atrapadas en árboles y pequeñas quebradas, donde el viento fuerte las lleva incluso hasta la cresta de las lomas adyacentes.

La mayoría de los residuos peligrosos estaban constituidos por redes de pesca, que contienen materiales de pesca, varillas de hierro y restos orgánicos marinos, los cuales pueden causar heridas a quienes las manipulen. Estas redes suelen ser abandonadas en el fondo del mar, actuando como "redes fantasma" que causan daño a la fauna marina. Por esta razón, es crucial que los pescadores regresen con todo su material completo de trabajo.

Una consecuencia positiva de esta investigación fue facilitar un negocio para la venta de estas redes. Junto a la empresa "Madera Plástica", los pescadores de Lobitos ahora pueden vender el material que ya no utilizan. Se les pagará un monto acordado por cada kilogramo de red, cabo o boya recibido, y como a veces regresan con hasta

100 kg para desechar, ahora obtienen un ingreso adicional por reciclar. La compañía proporcionaría un contenedor designado para este servicio.

3.3.2. Determinación de parámetros

Después de pesar los residuos, se colocaron en un cilindro plástico con dimensiones de 0.5 m de diámetro y 0.7 m de altura, para calcular así el volumen y la densidad de los residuos sólidos evaluados.

Al calcular el peso y el volumen de los residuos sólidos recolectados, se puede determinar el tamaño correcto de los contenedores. Se llevó a cabo el cálculo de la producción de desechos por habitante, la producción media, la densidad media y el volumen medio producido diariamente a nivel local. Los valores se detallan a continuación en la Tabla 1.

Se observa la generación total de residuos sólidos fue de una tonelada diaria, lo que equivale aproximadamente a 2.3 kg en cada hogar. Estos desechos describen un volumen de 4.4 m³. al día y la densidad de los residuos es de 31.6 kg/m³. Se obtuvo como resultado una generación per cápita (GPC) de 0.673 kg/hab/día.

Tabla 1
Parámetros para el manejo de los desechos locales

Indicadores	Cantidades
Producción por habitante	0.673 kg/hab/día
Producción local al día	1 toneladas/día
Densidad al día	31.624 kg/m ³
Volumen al día	4.385 m ³

IV. DISCUSIÓN

A continuación, en la Tabla 2 se comparan los resultados obtenidos en el estudio con los datos de otras localidades del Perú. Se pueden observar valores similares en la generación per cápita (GPC) de los desechos producidos a nivel domiciliario.

Se obtiene una menor densidad media porque las mediciones de altura y peso de los desechos domiciliarios por categoría fueron realizadas in situ, sin mezclar o acoplar los residuos para ser transportados y posteriormente medidos, como lo hacen otras municipalidades. Es decir, se presenta una medida más real al no manipular la basura.

4.1. Descripción de la preparación de un plan de gestión de residuos

Se ha desarrollado una guía destinada a mejorar y gestionar de manera adecuada los residuos sólidos, específicamente los residuos domiciliarios. Este plan abarca diversas etapas de la gestión de desechos, como el recojo, la separación por clases, su traslado y la ubicación final. Está fundamentado en los resultados obtenidos en las fases previas de esta investigación.

El objetivo principal es lograr una segregación eficiente y que los residuos sean identificados rápidamente y de manera segura al llegar. Esto permite evitar la necesidad de abrir las bolsas de residuos para dispersarlos y quemarlos. Solamente considerando las condiciones actuales de la localidad de Lobitos se podrán reducir al mínimo los riesgos para la salud de los trabajadores y de la población, mediante el empleo de ideas que ayuden a mejorar el recojo y la gestión posterior de los desechos domiciliarios.

4.1.1 Estrategias de acción propuestas

- Impulsar la separación de residuos desde su origen y reducir la generación de desechos.
- Implementar programas de formación y sesiones informativas sobre seguridad.
- Introducir sesiones de orientación y discusiones sobre seguridad.

- Determinar lugares apropiados para la ubicación de los recipientes de desechos.
- Los vehículos de recolección deben ser especialmente diseñados para llevar a cabo el servicio.
- Contar con un relleno o vertedero sanitario conforme a la legislación ambiental.

4.1.2. Puesta en marcha y obtención de estructuras para el almacenamiento temporal intermedio

Los contenedores de almacenamiento temporal, distribuidos por barrio (un total de 6), deben tener diferentes colores para facilitar la segregación de residuos realizada en casa. Se recomienda instalar al menos 4 basureros para los desechos de tipo orgánico, los no reciclables, los plásticos y los metales. Los modelos óptimos incluyen contenedores con una capacidad superior a 200 litros, algunos con ruedas para facilitar su movilidad y tapa de apertura completa. Considerando la demanda, se aconseja colocar un grupo de 4 contenedores cada 5 o 6 viviendas.

Además, cada barrio debe contar con dos conjuntos de contenedores para las otras 3 categorías restantes (residuos peligrosos, vidrio y papel/cartón). A lo largo de calles, plazas y la costa, se necesitan contenedores más pequeños, resistentes al sol y a los fuertes vientos, para la disposición de desechos comunes de los peatones.

4.2. Plan de formación y enseñanza para la conservación ambiental

Este plan debe abordar cuestiones medioambientales, sanitarias y de seguridad laboral enfocadas en la gestión adecuada de desechos. Los objetivos generales incluyen la preparación del personal para una ejecución eficiente, proporcionar oportunidades de crecimiento profesional en sus roles laborales y cambiar actitudes para fomentar un entorno laboral seguro y satisfactorio. Las capacitaciones pueden ser inductivas, facilitando la integración del nuevo colaborador; preventivas, dirigidas a evitar incidentes; correctivas, orientadas a solucionar problemas durante la operación laboral; y de desarrollo de carrera, con el propósito de aumentar la productividad. A continuación, se detallan algunos de los temas que deben abordarse. (Tabla 3).

Tabla 2
Comparación de parámetros de distintas localidades a nivel nacional

Localidad	GPC (kg/hab/día)	Densidad Media (kg/m ³)
Arequipa, Arequipa	0.43	159.26
Ate	0.663	161.21
Ica, Ica	0.543	179.35
Lobitos, Piura	0.673	31.624
Mazamari, Satipo	0.413	249.43
Miraflores, Lima	0.80	123.23
Salaverry, Trujillo	0.52	173.36
San Bartolo	0.52	143.60
Santiago de Surco	0.63	109.105

Tabla 3
Listado de preparaciones o formaciones

Temas	Tiempo
Seguridad laboral	4 horas
Gestión y administración ambiental, directrices y Estrategias para el medio ambiente	4 horas
Correcto manejo del equipo de protección personal.	4 horas
Relevancia de la clasificación	2 horas
Significado de la recuperación	2 horas
Recopilación y desplazamiento de desechos sólidos	4 horas
Gestión de desechos peligrosos	5 horas
Proceso y eliminación definitiva de desechos sólidos	5 horas
Reutilización y comercio de materiales reciclados	5 horas
Formación ambiental	4 horas
Involucramiento de la comunidad en la administración de desechos	2 horas
Preservación y salvaguarda de la vida silvestre	2 horas

4.3. Procedimiento para el servicio de limpieza de vías públicas

El servicio de barrido abarca la higiene de calles, pasajes, la playa y cualquier área pública con el propósito de mantener una localidad organizada y limpia. Este servicio implica la limpieza del ancho total de la acera, la cuneta y una extensión de aproximadamente medio metro desde la calzada hacia el centro del camino. Todos los residuos recogidos durante el barrido deben ser empaquetados y posteriormente trasladados al lugar designado. La tarea se llevará a cabo de forma manual, utilizando equipos mínimos que deben ser proporcionados al personal. Este equipo incluye escobillones, escobas, recogedores, bolsas plásticas, contenedores de plástico de 140 litros con ruedas (uno cada 3 o 4 personas), elementos reflectantes de seguridad como chalecos y conos, así como otros elementos necesarios como lámparas o rastrillos. Además, la Municipalidad de Lobitos debe suministrar a cada trabajador uniformes limpios y equipos de protección personal (EPP) con un reemplazo aproximado cada 4 meses. Estos EPP incluyen:

- Se proporcionarán overoles para trabajo industrial.
- Prenda de protección con bandas reflectantes.
- Calzado de trabajo sin cordones para evitar accidentes y proteger contra insectos o reptiles.
- Guantes de cuero estilo herrero.
- Mascarilla facial.
- Gafas para el sol.
- Gorra como elección.

4.4. Procedimiento para el servicio de recolección, transporte y eliminación definitiva de residuos del hogar

El recojo de desechos domiciliarios implica recoger residuos desde la acera hacia un camión recolector que se desplaza a baja velocidad. Todos los participantes asistirán a las reuniones diarias previas al trabajo para revisar el procedimiento del día y prevenir eventos inesperados mediante el análisis de riesgos o peligros cercanos.

Los conductores recibirán una hoja de verificación llamada "checklist" para reportar cualquier discrepancia mecánica en el camión compactador o en el vehículo utilizado, además de someterse a la prueba del alcoholímetro.

Con el fin de prevenir derrames, se prohíbe empujar o pegar los desechos hacia la persona cuando son vertidos en la tolva del furgón. Cualquier residuo derramado accidentalmente debe ser barrido y recogido de inmediato. El vehículo debe trabajar con una capacidad máxima del 75%. Al llegar al destino, se llevará a cabo el pesaje del camión antes de iniciar la descarga. Una vez completado el servicio, se realizará un segundo pesaje del vehículo antes de regresar al estacionamiento para ser desinfectado con una solución de hipoclorito de sodio al 1%.

4.5. Programación del recojo

Los servicios de recolección se llevarán a cabo todos los días de la semana, menos los domingos, de 7 a.m. a 4 p.m. La Tabla 4 detalla el horario de operación propuesto.

4.6. Alternativas para el furgón

Debe emplearse al menos un camión equipado con tolva cerrada de 12 a 17 m³, que cuente con un sistema de descarga automatizada. Asimismo, se puede instalar una herramienta de supervisión denominada "Datacar", la cual registra todos los detalles del recorrido del vehículo. Al concluir la jornada, se procederá a procesar la información registrada con el objetivo de generar un informe. Además, se contará con un aparato GPS o sistema de posicionamiento global.

4.7. Disposición final de desechos de los hogares

La metodología implica trabajar en un área específica, necesitando un solo lugar de descarga para el vehículo de carga. Es necesario realizar el registro y pesaje de este vehículo antes de descargar los desechos recogidos. A continuación, un cargador frontal o montacargas realizará la dispersión de los residuos de manera que se amontonen en el fondo hasta llegar a la capacidad máxima prevista. Para finalizar, se llevará a cabo la extensión del suelo que se retiró previamente para cubrir completamente la basura.

Tabla 4
Frecuencia y horarios

Sector	Horario
Nuevo Lobitos	07:00 – 09:00
Primavera	09:00 – 11:00
Bellavista	11:00 – 12:00
Barrio Viejo	13:00 – 14:00
Zarumilla	14:00 – 15:00
Castilla	15:00 – 16:00

V. CONCLUSIONES

El tratamiento de los desechos carece de un lugar adecuado para su disposición final, así como de los camiones necesarios para la labor y de un equipo debidamente capacitado y preparado. En la cuantificación de los residuos, se estableció una producción media diaria de 1 tonelada. De esta cantidad, el 39% corresponde a desechos orgánicos, el 19% a desechos no reutilizables, el 9% a plásticos, el 9% a metales, el 9% a papel y cartón, el 8% a residuos peligrosos y, finalmente, el 7% a vidrio. Los indicadores incluyen una generación per cápita de 0.673 kg/hab/día, una densidad diaria promedio de 31.624 kg/m³ y un volumen medio de 4.4 m³.

Este trabajo concluye con la formulación de una propuesta integral para la gestión adecuada de los desechos domiciliarios. Se logró realizar el primer cálculo de los residuos generados localmente, y se destacan medidas como la implementación de programas de capacitación, la adquisición de recipientes adecuados para cada tipo de residuo y la disposición de materiales no reciclables en un punto que cumpla con las leyes sanitarias.

VI. REFERENCIAS

- Aguilar, S. (2005). Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. *Salud en Tabasco*, 11(1-2), 333-338. <https://www.redalyc.org/pdf/487/48711206.pdf>
- Decreto Legislativo 1278. Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Ministerio del Ambiente (MINAM). 24 de Abril de 2017. D.S 014-2017-MINAM. <https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/sinia/archivos/public/docs/1599663-10.pdf>
- Ministerio del Ambiente. (2013). Cuarto Informe Nacional de Residuos Sólidos Municipales y No Municipales. *Gestión 2010 - 2011. Resumen ejecutivo*. Perú. https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/sinia/archivos/public/docs/4to_informe_residuos_solidos_0.pdf
- Ministerio del Ambiente. (2015). Guía metodológica para el desarrollo del Plan de Manejo de Residuos Sólidos. Perú. <https://redrrss.minam.gob.pe/material/20150302183324.pdf>
- Organización Panamericana de la Salud & Organización Mundial de la Salud. (2003). Evaluación Regional de los Servicios de Manejo de Residuos Sólidos Municipales. *Resumen ejecutivo*. Perú. Extraído de: https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/55771/peru_residuos_solidos_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Contribución de autoría

Conceptualización: Francisco Javier Bosio Vier; Curación de datos: Francisco Javier Bosio Vier; Análisis formal: Armando Aramayo Bazzetti; Adquisición de fondos: Francisco Javier Bosio Vier; Investigación: Francisco Javier Bosio Vier; Metodología: Francisco Javier Bosio Vier; Administración del proyecto: Francisco Javier Bosio Vier; Recursos: Francisco Javier Bosio Vier; Software: Francisco Javier Bosio Vier; Supervisión: Armando Aramayo Bazzetti; Validación: Armando Aramayo Bazzetti; Visualización: Armando Aramayo Bazzetti; Redacción - borrador original: Francisco Javier Bosio Vier; Redacción - revisión y edición: Armando Aramayo Bazzetti.

Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de intereses