Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

Gestión ambiental sostenible para la disposición final de los residuos sólidos municipales en la provincia de Camaná, Arequipa 2024

Tesis presentada por:

Segovia Walde, Felix Fernando

ORCID: 0009-0004-0230-9949

para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Asesor(a):

Dra. Bejarano Meza, María Elizabeth

ORCID: 0000-0002-4943-6097

Arequipa – Perú

2026

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INGENIERIA AMBIENTAL

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 05 de Junio del 2026

Dictamen: 015032-C-EPIA-2026

Visto el borrador del expediente 015032, presentado por:

2018400171 - SEGOVIA WALDE FELIX FERNANDO

Titulado:

GESTIÓN AMBIENTAL SOSTENIBLE PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES EN LA PROVINCIA DE CAMANÁ, AREQUIPA 2024

Nuestro dictamen es:

APROBADO

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

INGENIERO AMBIENTAL

29727348 - LAZARTE ARREDONDO SONIA
DICTAMINADOR

43297964 - CAMPOS OLAZAVAL LIZBETH MARIANELLA
DICTAMINADOR

72384055 - MEDINA RAMOS ROBERT JOAQUIN
DICTAMINADOR

GESTIÓN AMBIENTAL SOSTENIBLE PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES EN LA PROVINCIA DE CAMANÁ, AREQUIPA 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%	21%	17%	8%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	6%
2	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	4%
3	dokumen.site Fuente de Internet	2%
4	GUERRERO TORRES YOEL RICARDO. "EIA-SD del Proyecto Denominado Mejoramiento y Ampliación de la Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales en la Ciudad de Cerro de Pasco, Provincia de Pasco - Pasco-IGA0018159", R.G. N° 0119-2022-GMPP-A/GM, 2022 Publicación	1%
5	apirepositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	IBAÑEZ NAVARRO ISRAEL ESSAU. "EIA-SD del Proyecto Relleno Sanitario, Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos y Planta de	1%

Dedicatoria

Dedico la presente tesis a Dios.
A mis padres por su apoyo incondicional en lo que realizo,
por formarme como persona de buenos principios,
por motivarme en continuar en el camino profesional.
Por su impulso a seguir día a día buscando un mejor futuro.

Agradecimientos

En especial a mis padres, por su incondicional apoyo emocional, por creer en mí siempre, guiarme por el buen camino, por darme fuerza, seguir mis objetivos y por estar presentes en cada etapa de mi formación profesional.

Este logro es también suyo.

Agradezco también al equipo de profesores del Departamento de Ingeniería Ambiental de la Universidad Católica de Santa María, quienes a lo largo de mi formación académica me brindaron las herramientas y conocimientos necesarios para desarrollar esta investigación.

A mi asesora Ing. Elizabeth Bejarano por su apoyo y conocimiento brindado.

Finalmente, agradezco a la Municipalidad provincial de Camaná, que me brindó apoyo, permitió el acceso a instalaciones y datos necesarios para la realización de los estudios de campo.

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo general proponer un plan de Gestión Ambiental sostenible de la disposición final de los residuos sólidos en la provincia de Camaná, Arequipa, 2024. La metodología tiene fue de enfoque cualitativo y cuantitativo, nivel explicativa y diseño no experimental. El estudio consistió en la caracterización de residuos sólidos domiciliarios, comercial y especiales, evaluando tres alternativas para la ubicación del relleno sanitario, su dimensionamiento comprende la infraestructura de disposición final y una planta de valorización, evaluando los impactos ambientales asociados a su operación. Los resultados evidenciaron una generación total de 13.35 toneladas diarias y una generación per cápita municipal de 1.07 kg/hab./día, con predominio de residuos orgánicos (50.27%) y una alta humedad promedio (71.33%), lo que sustenta la implementación de compostaje. Se identificó la Quebrada de Corralones como el emplazamiento óptimo, proyectándose un relleno sanitario semimecanizado con una vida útil de 10 años bajo el método de trincheras. El diseño técnico especificó una densidad de compactación de 0.5 kg/m³ sobre una densidad in situ de 128.40 kg/m³. El diseño contempló celdas con taludes 3:1, cobertura diaria de 20 cm y cobertura final de 0.60 cm, un sistema de impermeabilización con geomembrana HDPE de 1.5 mm, drenaje interno con tuberías perforadas para captación de lixiviados, poza de almacenamiento y drenaje pluvial perimetral. Además, se proyectó una generación promedio anual de 234.73 m³ de lixiviados y una producción estimada de 10,156.17 m³/año de metano, incorporando un sistema de captación y control de biogás. Se concluye que la propuesta formulada es técnica, ambiental y operativamente viable, permitiendo mejorar la disposición final y la valorización orgánica e inorgánica de los residuos sólidos en la provincia.

Palabras clave: disposición final, relleno sanitario, valorización de residuos.

ABSTRACT

The general objective of this research was to propose a sustainable Environmental Management Plan for the final disposal of solid waste in the province of Camaná, Arequipa, in 2024. The methodology employed a mixed-methods approach, combining qualitative and quantitative methods, an explanatory level, and with a non-experimental design. The study involved characterizing household, commercial, and special solid waste, evaluating three alternative locations for the sanitary landfill, and assessing the size and dimensions of the landfill, including the final disposal infrastructure and a waste valorization plant. The environmental impacts associated with its operation were also evaluated. The results showed a total daily waste generation of 13.35 tons and a per capita municipal generation of 1.07 kg/person/day, with a predominance of organic waste (50.27%) and a high average moisture content (71.33%), which supports the implementation of composting plant. The Corralones Ravine was identified as the optimal site, and a semi-mechanized sanitary landfill with a 10-year lifespan was planned to use the trench method. The technical design specified a compaction density of 0.5 kg/m³ based on an-in-situ density of 128.40 kg/m³. The design included cells with 3:1 slopes, a daily cover of 20 cm, and a final cover of 0.60 cm, a waterproofing system with a 1.5 mm HDPE geomembrane, internal drainage with perforated pipes for leachate collection, a storage pond, and perimeter stormwater drainage. Annual leachate generation was estimated at 234.73 m³, and methane generation at approximately 10,156.17 m³/year, for which a biogas capture and control system was incorporated. The proposed plan is technically sound, environmentally protective, and operationally viable, enhancing final disposal practices and resource organic and inorganic recovery in the province.

Keywords: final disposal, sanitary landfill, waste valorization.

INDICE

DEDICATORIA
AGRADECIMIENTOS
RESUMEN
ABSTRACT
GLOSARIO DE ABREVIATURAS
INTRODUCCIÓN 1
CAPITULO I 3
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 3
1.1. Planteamiento del problema y su relevancia 3
1.2. Justificación de la investigación. 4
a. Justificación ambiental: 4
b. Justificación social: 4
c. Justificación económica: 5
1.3 Objetivo de la investigación. 5
1.3.1 Objetivo general 5
1.3.2 Objetivos específicos 5
1.4. Hipótesis. 6
1.5. Variables e indicadores 6
a. Variable independiente: 1. Caracterización técnica y cuantitativa de los residuos sólidos. 6
b. Variable dependiente: 6
1. Diseño técnico de la infraestructura de disposición final y valorización. 6
2. Gestión ambiental sostenible 6
CAPITULO II 8
2. FUNDAMENTO TEÓRICO 8
2.1. Antecedentes 8
2.1.1. Antecedentes Internacionales 8
2.1.2. Antecedentes Nacionales 11
2.2 Marco teórico. 16
2.2.1. Indicadores de Generación y Caracterización 16
2.2.2. Residuos sólidos inorgánicos y orgánicos. 16
2.2.3. Residuos sólidos Municipales 17
2.2.4. Otros tipos de residuos sólidos. 18

2.2.5. Tipos de residuos sólidos reciclables. 19
2.2.6. Manejo de los residuos sólidos. 20
2.2.7. Rellenos sanitarios 22
2.2.8. Método de diseño de celdas. 23
2.2.9. Planta de reciclaje 23
2.2.10. Desarrollo Sostenible 25
2.2.11. Gestión integral de los residuos solidos 25
2.2.12. Economía circular 26
2.3. Marco legal 27
CAPITULO III 29
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 29
3.1. Tipo y nivel de investigación 29
3.2. Diseño de la Investigación. 30
3.3. Población y Muestreo. 31
3.3.1. Ubicación geográfica del área de estudio 31
3.3.2. Aspectos generales del distrito de Camaná 32
3.4. Descripción de la Investigación. 33
A. Caracterización de los residuos sólidos 33
B. Determinación de la ubicación del relleno sanitario. 44
C. Dimensionamiento del relleno sanitario. 49
D. Desarrollo de un modelo de plantas de reciclaje. 55
E. Evaluación de los impactos ambientales 59
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos 63
CAPITULO IV 66
4. RESULTADOS 66
4.1. Estudio de la caracterización de residuos sólidos municipales. 66
4.1.1. Responsable del desarrollo del estudio 66
4.1.2. Elaboración del plan y cronograma de trabajo 66
4.1.3. Organización del equipo de campo 67
4.1.4. Sensibilización y Empadronamiento 68
4.1.5. Aspectos demográficos 69
4.1.6. Procesos del estudio de caracterización 70
4.2. Estudio de la Caracterización de Residuos Sólidos Domiciliarios. 70
4.2.1. Determinación de la población actual y número de viviendas 70
4.2.2. Determinación del tamaño de muestra domiciliaria 71

4.2.3. Determinación de la generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios 75
4.2.4. Determinación de la densidad de los residuos sólidos domiciliarios. 76
4.2.5. Determinación de la humedad de los residuos sólidos domiciliarios 76
4.2.6. Determinación de la composición física de los residuos sólidos domiciliarios 77
4.3. Determinación del número de muestras de Fuentes Comerciales y Especiales 84
4.3.1. Determinación del número de generadores de residuos Comerciales 84
4.3.2. Distribución de muestras en establecimientos comerciales 85
4.3.3. Determinación de muestras en restaurantes 86
4.3.4. Determinación de muestras en hoteles 87
4.3.5. Determinación de muestras en instituciones públicas 87
4.3.6. Determinación de muestras en instituciones educativas 87
4.3.7. Determinación de muestras en centros de abastos 89
4.3.8. Determinación de generación en actividades de limpieza pública y áreas verdes ..89
4.3.9. Determinación de residuos sólidos de generadores especiales 91
4.4. Generación del número de muestras de Fuentes Comerciales y Especiales 91
4.4.1. Generación de residuos sólidos en establecimientos comerciales 91
4.4.2. Generación de residuos sólidos en hoteles 92
4.4.3. Generación de residuos sólidos en restaurantes 93
4.4.4. Generación de residuos sólidos en mercados 93
4.4.5. Generación de residuos sólidos en instituciones públicas y privadas 93
4.4.6. Generación de residuos sólidos en instituciones educativas 94
4.4.7. Generación de residuos sólidos de limpieza pública 94
4.4.8. Generación de residuos sólidos especiales 95
4.4.9. Generación Total de residuos sólidos de fuentes comerciales y especiales. 95
4.4.10. Densidad de los residuos sólidos comerciales y especiales 96
4.4.11. Humedad de residuos sólidos comerciales y especiales 97
4.4.12. Composición de los residuos sólidos comerciales y especiales 97
4.5. Generación total y per cápita de residuos sólidos. 102
4.5.1. Densidad de los residuos sólidos municipales 103
4.5.2. Humedad de los residuos sólidos municipales 104
4.5.3. Composición física de los residuos sólidos municipales 104
4.6. Comparación de resultados con estudios Nacionales. 108
4.7. Análisis de encuesta de percepción ciudadana sobre la gestión de residuos sólidos. .. 110
4.8. Determinar y evaluar la ubicación del relleno sanitario. 114
4.8.1. Criterios de Restricción 114

4.8.2. Criterios de Selección. 120
4.8.3. Definición de parámetros, pesos y sistema de calificación 125
4.8.4. Identificación de alternativas de ubicación del relleno sanitario 125
4.8.5. Evaluación de la Alternativa N.º 1: Zona "Quebrada Corralones". 125
4.8.6. Evaluación de la Alternativa N° 2: Zona "Jaguey" 128
4.8.7. Evaluación de la Alternativa Nº3: Zona "San Marino" 130
4.8.8. Resultados evaluación de áreas propuestas para ubicación del relleno sanitario 133
4.8.9. Calificación de alternativas de ubicación del relleno sanitario 135
4.8.10. Planos de Ubicación y perimétrico de las tres alternativas. 137
4.8.11. Selección del área definitiva para la ubicación del relleno sanitario 141
4.8.12. Características hidrogeológicas y geológicas del área seleccionada 141
4.8.13. Ubicación definitiva del área seleccionada 142
4.8.14. Descripción geográfica del distrito de Camaná y Quilca 146
4.8.15. Resultados de las condiciones topográficas del área de estudio 146
4.8.16. Resultados de las características del suelo 146
4.8.17. Resultados de la Geomorfología y geología 148
4.8.18. Formación Camaná 148
4.8.19. Recursos hídricos superficiales 152
4.8.20. Resultados meteorológicos y climatológicos 152
4.8.21. Resultados de flora y fauna 156
4.9. Dimensión del relleno sanitario y la planta de reciclaje. 156
4.9.1. Dimensionamiento del relleno sanitario 156
4.9.2. Correlación estadística entre generación de residuos y crecimiento poblacional 162
4.9.3. Diseño de celdas y Sistemas de control 166
4.9.4. Sistemas de Drenaje, Lixiviados y Biogás 169
4.10. Dimensionamiento de la planta de compostaje. 179
4.10.1. Dimensionamiento planta de compostaje. 180
4.10.2. Beneficios de Economía Circular. 185
4.11. Dimensionamiento planta de reciclaje inorgánicos. 185
4.11.1. Dimensionamiento planta. 185
4.11.2. Cálculo de dimensiones de la planta de reciclaje 187
4.12. Área y dimensionamiento de las Plantas de Reciclaje 192
4.13. Area Administrativa. 192
4.14. Evaluar los impactos ambientales del relleno sanitario. 200
4.14.1. Plan de control y monitoreo ambiental. 204

4.15. Discusión de resultados 207
4.15.1. Discusión de la generación de residuos sólidos 207
4.15.2. Discusión de la composición de residuos sólidos 207
4.15.3. Discusión de la densidad municipal 208
4.15.4. Discusión de la opción más viable 208
4.15.5. Discusión del diseño propuesto 208
4.15.6. Discusión de la propuesta del sistema de drenaje 209
4.15.7. Discusión de la evaluación de impactos ambientales 210
4.15.8. Discusión de la propuesta del plan de control y monitoreo ambiental 210
CAPITULO V 211
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 211
5.1. Conclusiones 211
5.2. Recomendaciones 212
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 214

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Matriz de operacionalización de variables 7
Tabla 2 Densidad poblacional de los distrito de la Provincia Camaná 32
Tabla 3 Población por sexo Censo 2017Camaná 36
Tabla 4 Número de viviendas del distrito de Camaná 36
Tabla 5 Tamaño de muestra domiciliaria para el distrito de Camaná 38
Tabla 6 Formato de Generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios según estratos . 38
Tabla 7 Generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios del distrito de Camaná 39
Tabla 8 Formato de registro diario de pesos no domiciliarios y especiales 42
Tabla 9 Criterios mínimos para la restricción y selección de área para disposición final segura de residuos sólidos municipales 45
Tabla 10 Rol principal y funciones específicas de las entidades del Estado 46
Tabla 11 Escala de calificación para el puntaje ponderado final del terreno 49
Tabla 12 Matriz de Evaluación de Impactos Ambientales 60
Tabla 13 Aspectos para considerar en la matriz CONESA 61
Tabla 14 Encuesta – Gestión integral de residuos solidos 64
Tabla 15 Coordinación con diversas áreas de la Municipalidad 66
Tabla 16 Actividades que se ejecutarán en el estudio de caracterización 67
Tabla 17 Equipo de campo para la ejecución del estudio de caracterización 68
Tabla 18 Población por sexo del distrito de Camaná 69
Tabla 19 Cálculo del crecimiento intercensal 70
Tabla 20 Población actual del distrito de Camaná 2024 71
Tabla 21 Tamaño de muestra domiciliaria para el distrito de Camaná 71
Tabla 22 Zonificación del distrito de Camaná 72
Tabla 23 Cálculo de Generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios según estratos 75
Tabla 24 Generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios. 75
Tabla 25 Densidad de los residuos sólidos domiciliarios 76
Tabla 26 Densidad suelta de los residuos sólidos domiciliarios 76
Tabla 27 Resultados de humedad de muestras domiciliarias 77
Tabla 28 Cálculo de humedad de residuos sólidos en los domicilios 77
Tabla 29 Clasificación de los residuos sólidos para determinar la composición física 78
Tabla 30 Composición física promedio de los residuos sólidos de fuentes domiciliarias 80
Tabla 31 Clasificación de generadores comerciales y especiales 84
Tabla 32 Cantidad de fuentes comerciales para determinar número de muestras 84

Tabla 33 Tamaño de muestra para fuentes generadoras de residuos sólidos comerciales 85
Tabla 34 Distribución de muestras de fuentes generadoras de residuos sólidos comerciales . 85
Tabla 35 Distribución de muestras de fuentes generadoras de residuos sólidos comerciales en establecimientos 86
Tabla 36 Número de muestras del rubro de restaurantes 86
Tabla 37 Número de muestras del rubro de hoteles 87
Tabla 38 Agrupación de muestras en clases en instituciones públicas 87
Tabla 39 Instituciones educativas 88
Tabla 40 Institutos de Educación Superior 88
Tabla 41 Agrupación de muestras en instituciones educativas 89
Tabla 42 Centros de abastos que participaron en el estudio de caracterización 89
Tabla 43 Identificación de rutas de barrido y limpieza pública 90
Tabla 44 Fuentes de generación y subclases Especiales 91
Tabla 45 Generación de residuos sólidos en establecimientos comerciales 92
Tabla 46 Generación de residuos sólidos en hoteles 92
Tabla 47 Generación de residuos sólidos en los restaurantes 93
Tabla 48 Generación de residuos sólidos de mercados 93
Tabla 49 Generación de residuos sólidos en instituciones públicas y privadas 94
Tabla 50 Generación de residuos sólidos en instituciones educativas 94
Tabla 51 Generación de residuos sólidos de limpieza pública 95
Tabla 52 Generación de residuos sólidos de fuentes especiales 95
Tabla 53 Resumen de generación de residuos sólidos de fuentes comerciales y especiales ... 96
Tabla 54 Densidad de residuos sólidos comerciales 96
Tabla 55 Densidad suelta de residuos sólidos comerciales 97
Tabla 56 Cálculo de la humedad de residuos sólidos comerciales 97
Tabla 57 Composición general de los residuos sólidos de fuentes comerciales 98
Tabla 58 Generación total de residuos sólidos en el distrito de Camaná 102
Tabla 59 Generación per cápita municipal del distrito de Camaná 103
Tabla 60 Promedio distrital de la densidad de residuos sólidos 103
Tabla 61 Promedio distrital de la humedad de residuos sólidos 104
Tabla 62 Composición municipal de los residuos sólidos del distrito de Camaná 105
Tabla 63 Composición porcentual de residuos 2016 – 2023 108
Tabla 64 Generación per cápita de residuos domiciliarios diario según departamentos 2016 – 2023 109

Tabla 65 Generación per cápita Municipal de residuos sólidos, según distritos Lima 2016 – 2024 110
Tabla 66 Análisis ponderado de la Dimensión 1 111
Tabla 67 Análisis ponderado de la Dimensión 2 112
Tabla 68 Matriz de alineación estratégica 113
Tabla 69 Escala de calificación para el puntaje ponderado final 125
Tabla 70 Puntaje máximo ponderado por parámetro de evaluación de la Alternativa Nº1: Zona Quebrada Corralones 126
Tabla 71 Puntaje máximo ponderado por parámetro de evaluación de la Alternativa N°2: Zona Jaguey 128
Tabla 72 Puntaje máximo ponderado de evaluación de la Alternativa Nº3: Zona San Marino 131
Tabla 73 Criterios de evaluación de áreas propuesta para la ubicación del relleno sanitario 134
Tabla 74 Calificación de alternativas según criterios técnicos, ambientales y sociales 135
Tabla 75 Calificación de alternativas de ubicación del relleno sanitario 136
Tabla 76 Resultado de alternativas de ubicación del relleno sanitario 137
Tabla 77 Coordenadas de la ubicación de la Quebrada Corralones 145
Tabla 78 Generación municipal del distrito de Camaná 2024–2034 157
Tabla 79 Promedio distrital de la densidad de residuos sólidos 158
Tabla 80 Generación y área requerida para el relleno sanitario del distrito de Camaná 161
Tabla 81 Base de datos utilizada para el análisis estadístico de correlaciones 162
Tabla 82 Correlación entre la generación de residuos y el crecimiento poblacional 165
Tabla 83 Area Total de Plataforma de compostaje 182
Tabla 84 Resultado de ancho total de pilas 183
Tabla 85 Resultados de longitud de pilas 183
Tabla 86 Resultados de la longitud total 183
Tabla 87 Resultado del área total de la planta de compostaje 183
Tabla 88 Proyección de la demanda de residuos sólidos reciclables inorgánicos 186
Tabla 89 Cálculo de dimensiones de la planta de reciclaje inorgánicos 189
Tabla 90 Área total de la planta de reciclaje 190
Tabla 91 Área total de la planta de reciclaje inorgánicos 190
Tabla 92 Matriz de Evaluación de Impactos Ambientales 201
Tabla 93 Plan de Control y Monitoreo Ambiental del Relleno Sanitario 206

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa de la Provincia y Distrito de Camaná. 31
Figura 2 Pasos para la ejecución del estudio de caracterización de Residuos Sólidos 34
Figura 3 Medidas tomadas para el cálculo de la densidad 39
Figura 4 Cuarteo de la muestra 40
Figura 5 Flujograma del esquema metodológico 63
Figura 6 Zonas B-C y D de empadronamiento de viviendas Domiciliarias para la realización del estudio de caracterización 73
Figura 7 Zonas de empadronamiento de Comercios y Especiales para la realización del estudio de caracterización 74
Figura 8 Composición física promedio de los residuos sólidos de fuentes domiciliarias 83
Figura 9 Composición general de los residuos sólidos de fuentes comerciales 101
Figura 10 Composición física de los residuos sólidos municipales del distrito de Camaná. 107
Figura 11 Característica Territorial del Area de Estudio Aeropuertos 115
Figura 12 Característica Territorial del Area de Estudio 115
Figura 13 Característica Territorial del Area de Estudio Fallas Geológicas 116
Figura 14 Característica Territorial del Area de Estudio Sísmicas 117
Figura 15 Zona Sismicidad Regional para el borde Occidental Sur del Perú 117
Figura 16 Plano Catastral Camaná 118
Figura 17 Característica Territorial del Area de Estudio Areas Protegidas 119
Figura 18 Plano ubicación Quebrada Corralones y Centros poblados 120
Figura 19 Plano Geomorfología y Topografía 121
Figura 20 Plano ubicación Quebrada Corralones y Aguas superficiales 122
Figura 21 P Plano de Ubicación de las tres alternativas 138
Figura 22 Plano Perimétrico de Alternativa N°2: Jaguey 138
Figura 23 Plano Perimétrico de Alternativa N°3: San Marino 140
Figura 24 Ubicación Quebrada Corralones, Quilca, Camaná, Arequipa 143
Figura 25 Plano perimétrico de la Quebrada Corralones 144
Figura 26 Mapa de ubicación de los distritos de Camaná y Quilca 146
Figura 27 Mapa topográfico de la zona elegida Quebrada Corralones 147
Figura 28 Terreno quebrada Corralones 149
Figura 29 Terreno quebrada Corralones 149
Figura 30 Suelo Terreno Quebrada Corralones 150
Figura 31 Terreno quebrada Corralones 150

Figura 32 Tipos de suelos Camaná 151
Figura 33 El clima en Camaná 152
Figura 34 Temperatura máxima y mínima promedio en Camaná 153
Figura 35 Probabilidad diaria de precipitación en Camaná 153
Figura 36 Promedio mensual de lluvia en Camaná 154
Figura 37 Niveles de comodidad de la humedad en Camaná 154
Figura 38 Velocidad promedio del viento en Camaná 155
Figura 39 Dirección del viento en Camaná 155
Figura 40 Variables consideradas en el IBM SPSS 163
Figura 41 Comando para la correlación 163
Figura 42 Tabla de opciones para la correlación 164
Figura 43 Resultados de la correlación 164
Figura 44 Forma de Celda. Relleno Sanitario 166
Figura 45 Corte de un relleno sanitario 168
Figura 46 Avance diario de un relleno sanitario 169
Figura 47 Diversos componentes de un balance hidráulico para un relleno sanitario 172
Figura 48 Detalle de una tubería para colección de lixiviado 172
Figura 49 Vista en planta chimenea 177
Figura 50 Detalle de Chimenea 178
Figura 51 Flujograma de propuesta de relleno sanitario 179
Figura 52 Esquema de pilas de planta de compostaje 182
Figura 53 Diseño de la planta de compostaje 184
Figura 54 Diseño de planta de reciclaje de inorgánicos. 191
Figura 55 Area administrativa del relleno sanitario 195
Figura 56 Ubicación de relleno sanitario en mapa de zona Qda. Corralones 196
Figura 57 Diseño de área administrativa, planta de reciclaje y planta de compostaje 197
Figura 58 Diseño de relleno sanitario, área administrativa, planta de reciclaje y planta de compostaje 198
Figura 59 Flujograma de la propuesta de relleno sanitario y planta de reciclaje 199

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Constancia de asistencia al estudio de Caracterización, por la Gerencia de Servicios y Control Ambiental de la Municipalidad Provincial de Camaná 223
Anexo 2 Carta de Invitación a Viviendas participar en el estudio de Caracterización. 224
Anexo 3 Carta de Invitación a Fuentes No Domiciliarias para participar en el estudio de Caracterización. 225
Anexo 4 Aprobación de Caracterización de Residuos Sólidos en el distrito de Camaná. 226
Anexo 5 Registros de viviendas participantes. 228
Anexo 6 Resultados de análisis de humedad - Laboratorio. 230
Anexo 7 Revisión de encuesta por tres expertos en gestión ambiental y manejo de residuos sólidos. Encuesta de percepción sobre manejo de residuos sólidos. 234
Anexo 8 Encuesta de percepción sobre manejo de residuos sólidos. 243
Anexo 9 Resultado de encuestas. 244
Anexo 10 Gráficos de resultado de encuestas. 247
Anexo 11 Convenio Terreno Quebrada Corralones con Municipalidad Camaná. 250

INDICE DE ANEXOS FOTOGRAFICOS

Anexo fotográfico 1 11-A. Sticker para empadronamiento domiciliario. 254
Anexo fotográfico 2 11-B. Sticker para empadronamiento para las fuentes no domiciliarias. 254
Anexo fotográfico 3 11-C: Fotos empadronamiento de viviendas. 254
Anexo fotográfico 4 11-D: Recojo de las muestras domiciliarias, comerciales y especiales. 255
Anexo fotográfico 5 11-E: Determinación de Densidad de residuos sólidos recolectados. . 255
Anexo fotográfico 6 11-F: Muestra para cálculo de la humedad de los residuos sólidos 255
Anexo fotográfico 7 11-G: Terreno Quebrada Corralones 256
Anexo fotográfico 8 11-H: Fotos actual Botadero de la Municipalidad de Camaná. 256
Anexo fotográfico 9 11-I: Vista aérea en 3D de la planta de relleno sanitario 257
Anexo fotográfico 10 11-J: Vista lateral en 3D de la planta de compostaje y Trincheras 257
Anexo fotográfico 11 11-K: Vista lateral en 3D de la planta de compostaje. 257
Anexo fotográfico 12 11-L: Vista aérea en 3D aérea de la planta de reciclaje. 258

GLOSARIO DE ABREVIATURAS

Abreviatura	Definición
ABS	Poliuretano, policarbonato, poliamida (discos compactos, baquelita, micas, carcazas electrónicas, juguetes)
AMBIDES	Ambiente y Desarrollo Sostenible.
AUTODEMA	Autoridad Autónoma de Majes
DIGESA	Dirección General de Salud Ambiental.
EDUCCA	Programa Municipal de Educación, Cultura y Cuidado Ambiental.
EIA	Evaluación de Impacto Ambiental.
GIRS	Gestión Integral de Residuos Sólidos.
GSR	Gestión Sostenible de Recursos Sólidos
HA o Ha	Hectárea.
HDPE o PEAD	Polietileno de Alta Densidad. (botellas de champú, botellas de yogur, baldes de pintura)
INEI	Instituto Nacional de Estadística e Informática.
INGENMET	Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico.
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change. (Panel Intergubernamental del Cambio Climático).
LAVINVSERV	Laboratorio de Investigación y Servicios de la Universidad Nacional de San Agustín.
MINAM	Ministerio del Ambiente.
NOM	Norma Oficial Mexicana.
OEFA	Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental.
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible.

PAVRSO	Plan Anual de Valorización de Residuos Orgánicos.
PEBD - LDPE y	polietileno de baja densidad. (bolsas, botellas de jarabes pomos de cremas, bolsas de suero, bolsas de leche
PET	Polietileno tereftalato. (botellas transparentes).
PIGARS	Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos
PIP	Proyecto de Inversión Pública.
PP	Polipropileno. (empaques de alimentos (fideos y galletas), tapas para baldes de pintura, tapas de gaseosas
PS	Poliestireno (juguetes, jeringas, cucharitas transparentes, vasos de tecnopor, platos descartables
PVC	Cloruro de polivinilo. (tubos, botellas de aceite, aislantes eléctricos, pelotas, suela de zapatillas, botas, etc.)
RAEE	Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos.
RSU	Residuos Sólidos Urbano.
SEDS	Sitios de eliminación de residuos sólidos
SEDUE	Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología.
SEGAT	Servicio de Gestión Ambiental de Trujillo.
SERFOR	Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre.
SERMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
TETRABRICK	Envase Cuadrado de Cartón, aluminio y polietileno.
WHATER SPARK	Sitio WEB Metrológico.
WEF	World Economic Forum (Foro Económico mundial)
WM	Weighted Mean (Media Ponderada).

INTRODUCCIÓN

La gestión integral de los residuos sólidos municipales (GIRS) representa uno de los retos ambientales y sanitarios más relevantes en ciudades en expansión, donde el crecimiento urbano y demográfico suele superar la capacidad operativa de los sistemas existentes. Una mala disposición ocasiona impactos significativos, como la contaminación del suelo, de cuerpos de agua superficiales, subterráneos, la emisión de gases de efecto invernadero, la proliferación de vectores y riesgos directos para la salud pública. Por ello, la disposición final debe realizarse en infraestructuras técnicamente diseñadas, ambientalmente seguras y socialmente aceptables; como los rellenos sanitarios, que aseguran el confinamiento controlado de los residuos y la mitigación efectiva de sus impactos.

Desde la perspectiva de la economía circular, la GIRS trasciende la etapa de disposición final y prioriza la prevención en la generación, la segregación en la fuente, la reutilización, el reciclaje y la valorización de los residuos, reduciendo progresivamente la fracción destinada a confinamiento. En este marco, los rellenos sanitarios dejan de concebirse únicamente como infraestructuras de eliminación y pasan a integrarse como componentes finales de un sistema más amplio que articula recuperación de materiales, tratamiento de la fracción orgánica y aprovechamiento energético.

Asimismo, los residuos dispuestos en rellenos sanitarios generan biogás como resultado de la degradación anaerobia. Cuando este gas es captado y gestionado mediante sistemas adecuados, puede emplearse como fuente de energía, contribuyendo a la reducción de emisiones de metano y generando beneficios ambientales y económicos coherentes con el enfoque de valorización energética.

El diseño técnico de un sistema de disposición final, entendido como parte del sistema completo de GIRS, requiere considerar criterios geológicos, hidrológicos, ambientales y sociales para la selección del sitio, junto con parámetros de ingeniería para el dimensionamiento de celdas, sistemas de impermeabilización, drenaje y tratamiento de lixiviados, manejo de aguas pluviales y captación de biogás. Estas medidas permiten minimizar riesgos de contaminación, asegurar la estabilidad operativa y garantizar la vida útil de la infraestructura dentro de un esquema de gestión sostenible.

Entonces resulta necesario formular propuestas técnicas que integren la disposición final segura, con estrategias de valorización de residuos, bajo principios de economía

circular y planificación territorial. La implementación de un plan de gestión integral sostenible no solo aborda la problemática actual de disposición, sino que fortalece la gestión municipal, mejora la calidad ambiental y promueve un modelo de desarrollo responsable con los recursos y el entorno.

CAPITULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema y su relevancia

Diversas crisis sanitarias a lo largo del tiempo han evidenciado la necesidad de fortalecer la gestión y el tratamiento de los residuos sólidos. Un ejemplo reciente fue la emergencia provocada por el COVID-19, que incrementó de manera sustancial el consumo de insumos sanitarios (en particular mascarillas y equipos de protección) y, con ello, la generación de residuo municipales y peligrosos. Villanueva (2022) documenta que, en Barcelona, se investigaron prácticas inadecuadas en la gestión de residuos generados durante la pandemia de 2020, donde algunas empresas encargadas de su disposición final no aplicaron procedimientos técnicos apropiados, llegando a verterlos en espacios abiertos, lo que favoreció focos de infección y proliferación de plagas.

La deficiente gestión de residuos sólidos es un problema transversal a países de todos los continentes; no obstante, América Latina presenta una de las situaciones más críticas. El Grupo Banco Mundial (2018) advierte sobre los riesgos actuales y futuros asociados a sistemas ineficientes de manejo de residuos. En México, por ejemplo, se reportó un incremento del 10.8% en la generación de residuos sólidos urbanos en los últimos años, proyectándose volúmenes anuales muy elevados si no se adoptan medidas correctivas. De forma similar, en Bogotá, la disposición final depende de un único relleno sanitario que recibe residuos tanto de la ciudad como de municipios aledaños, lo que incrementa la presión operativa y los riesgos ambientales cuando no se cuenta con una gestión técnica adecuada (Herrera et al., 2020).

En el contexto peruano, Causa (2019) señala que el manejo ineficiente de los residuos sólidos representa un riesgo significativo para la salud pública y el ambiente. Una proporción importante de los residuos generados no llega a infraestructuras formales, siendo dispuesta en botaderos a cielo abierto y terrenos no acondicionados. Esta situación se asocia, principalmente, a la limitada disponibilidad y operatividad de rellenos sanitarios a nivel nacional, lo que incentiva prácticas de disposición clandestina y agrava los impactos sanitarios y ambientales.

A escala local, Apaza y Arizábal (2023) indican que la provincia de Camaná, en el departamento de Arequipa, enfrenta una problemática vinculada a la gestión inadecuada de los residuos sólidos municipales. En la actualidad, los residuos

generados por la población no reciben tratamiento ni disposición técnica apropiada, siendo depositados en un botadero municipal, lo que evidencia la necesidad de implementar un sistema completo de GIRS con enfoque de economía circular que priorice la valorización y garantice una disposición final ambientalmente segura. Ver Anexo 11-H: Fotos actual Botadero de la Municipalidad de Camaná. Se genera 13.35 Ton diarias proveniente de 12,472 habitantes el cual se encuentra en el botadero expuesto al medio ambiente, proliferando vectores, gases contaminante, los GEI, entre otros expuesto a la población circundante (PIGAR 2020). Esta situación impacta negativamente en la imagen de la provincia y perjudica la calidad de vida de los residentes y visitantes, especialmente durante la temporada de verano, cuando el turismo aumenta considerablemente y la generación de residuos sólidos se incrementa. La ausencia de una planta de tratamiento de residuos sólidos agrava esta problemática, generando efectos como riesgos para la salud pública, daños ambientales y deterioro de la percepción turística de la provincia.

1.2. Justificación de la investigación.

a. Justificación ambiental:

La implementación de un sistema completo de Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS) en la provincia de Camaná permitirá no solo optimizar la disposición final, sino también intervenir en las etapas previas de prevención, segregación, aprovechamiento y tratamiento, bajo principios de economía circular. Un relleno sanitario diseñado y operado con criterios de sostenibilidad, integrado a programas de valorización de materiales y tratamiento de la fracción orgánica, reducirá de manera significativa los impactos ambientales asociados a los botaderos a cielo abierto, como la contaminación del suelo, de cuerpos de agua y del aire. Asimismo, el control técnico de lixiviados, la captación de biogás y la reducción de la fracción destinada a confinamiento contribuirán a la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero y a la protección de los ecosistemas locales, promoviendo la conservación de la biodiversidad y el uso responsable de los recursos naturales en beneficio de las generaciones presentes y futuras.

b. Justificación social:

El enfoque de GIRS con economía circular mejorará de forma directa la calidad de vida de la población, al eliminar puntos críticos de acumulación de residuos y

promover una gestión ordenada desde la fuente hasta la disposición final. La correcta operación de un relleno sanitario, articulado con programas de segregación domiciliaria, reciclaje y compostaje, reducirá la proliferación de vectores y los riesgos sanitarios, beneficiando especialmente a grupos vulnerables. Además, se fortalecerá la participación ciudadana mediante prácticas de segregación en la fuente y educación ambiental, consolidando una cultura de corresponsabilidad en el manejo de residuos. Esta transformación contribuirá a una imagen urbana más limpia y organizada, reforzando el sentido de pertenencia de los habitantes y posicionando a la provincia como un espacio saludable y atractivo para visitantes.

c. Justificación económica:

La adopción de un sistema GIRS con enfoque de economía circular representa una inversión estratégica con retornos económicos sostenibles. La reducción de pasivos ambientales y de costos asociados a la atención de enfermedades derivadas de una mala gestión de residuos generará ahorros para la administración local. De manera complementaria, la valorización de residuos mediante reciclaje, recuperación de materiales, compostaje y aprovechamiento energético del biogás abrirá nuevas oportunidades económicas y fuentes de empleo durante las etapas de implementación y operación. Este modelo permitirá dinamizar actividades vinculadas al mercado de materiales recuperados y a la gestión de la fracción orgánica, fortaleciendo cadenas locales de valor. A su vez, la mejora en el orden y limpieza urbana impulsará la actividad turística y el crecimiento del sector servicios, consolidando beneficios económicos de mediano y largo plazo para la provincia.

1.3 Objetivo de la investigación.

1.3.1 Objetivo general

Determinar la Gestión Ambiental Sostenible para la disposición final de los residuos sólidos en la provincia de Camaná, Arequipa, 2024.

1.3.2 Objetivos específicos

a) Caracterizar los residuos sólidos generados en la provincia de Camaná, Arequipa 2024.
b) Determinar y evaluar la ubicación del relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos en la provincia de Camaná, Arequipa 2024.

c) Dimensionar el relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos generales y la planta de reciclaje de los residuos sólidos valorizados.

d) Evaluar los impactos ambientales para la aplicación del plan de manejo de la gestión integral de los residuos sólidos.

1.4. Hipótesis.

La aplicación de una Gestión Ambiental sostenible mejora significativamente la disposición final y el aprovechamiento de los residuos sólidos a través de un relleno sanitario y una planta de valorización en la provincia de Camaná

1.5. Variables e indicadores

a. Variable independiente: 1. Caracterización técnica y cuantitativa de los residuos sólidos.

Indicadores:

- Generación total diario y per cápita
- % de fracción orgánica recuperable.
- % de fracción inorgánica valorizables.

b. Variable dependiente:

1. Diseño técnico de la infraestructura de disposición final y valorización.

Indicadores:

- Área requerida y volumen de confinamiento.
- Horizonte de vida útil del relleno.
- Capacidad operativa de la planta de valorización.

2. Gestión ambiental sostenible.

Indicadores:

- Grado de severidad de impactos ambientales.
- Eficiencia de aprovechamiento/valorización de residuos (%)
- Viabilidad del Plan de Manejo Ambiental

Tabla 1

Matriz de operacionalización de variables

Tipo de variable	Variable	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Nominal
Independiente:	Caracterización técnica y cuantitativa de los residuos solidos	Generación de residuos solidos	Peso de residuos sólidos generados	Balanza, registros municipales	Tn
		Tipos de residuos solidos	Orgánico Inorgánico Valorizables	Guía de caracterización Fichas de registro	%
Dependiente	***Diseño técnico de la infraestructura de disposición final y valorización.***	Area requerida y volumen de confinamiento	Área	Planos, cálculo de volumen residuos y estudios de impacto ambiental	Ha, m3
		Horizonte de vida útil del relleno	Años de operación	Calculo	Años
		Capacidad operativa de la planta de valorización	Volumen	Area requerida y volumen de confinamiento	Ton/día
		Grado severidad de impactos ambientales	Puntaje numérico	Horizonte de vida útil del relleno	Leve Moderado Severo Critico
	Gestión ambiental Sostenible	Eficiencia de aprovechamiento/valorización de residuos	Tiempo de servicio	Capacidad operativa de la planta de valorización	%
		Viabilidad del Plan de Manejo Ambiental	Nivel de conformidad	Cumple o No cumple	Lista de cotejo (Checklist) basada en la normativa ambiental.

CAPITULO II

2. FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Guerra y Cajas (2022) se propusieron reconocer y sensibilizar sobre la importancia de la gestión de residuos sólidos urbanos (RSU), con énfasis en países de Latinoamérica. La metodología empleada fue de enfoque cualitativo, utilizando el análisis documental en un contexto no experimental, revisando 25 artículos, informes y documentos oficiales de organismos de control ambiental. Los resultados evidenciaron que los principales puntos críticos en la gestión de RSU son la falta de separación en la fuente, el deficiente tratamiento de residuos reutilizables y la ausencia de educación ambiental como parte de las políticas públicas. Como conclusión, se determinó que la gestión sostenible de RSU requiere la implementación de programas, normas y políticas que promuevan mejoras continuas y opciones técnicas eficientes, garantizando así la sostenibilidad, el derecho a la ciudad y el bienestar de las poblaciones urbanas.

Sánchez-Muñoz, Cruz-Cerón y Maldonado-Espinel (2019) se propusieron analizar la correlación entre la generación de residuos sólidos urbanos y variables socioeconómicas en nueve ciudades de América Latina. La metodología empleada fue un análisis estadístico de datos oficiales recopilados entre los años 2007 y 2014. Los resultados mostraron que existe una correlación significativa entre el ingreso por habitante y la tasa de cobertura escolar con la generación de residuos sólidos. Como conclusión, se destacó la importancia de sensibilizar a la población sobre su rol en la reducción de los residuos generados, como parte de una adecuada gestión para el desarrollo sostenible.

Susunaga Miranda, Ortiz Muñiz, Castañeda Chávez, Lango Reynoso y Hernández Berriel (2022) se propusieron identificar y evaluar los sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos abandonados en la Región de Sotavento, estado de Veracruz, México. La metodología empleada incluyó el uso de sistemas de información geográfica, entrevistas a los ayuntamientos y visitas de campo. Los resultados revelaron la existencia de nueve botaderos abandonados: dos rellenos sanitarios, dos tiraderos controlados y cinco tiraderos a cielo abierto, ocupando en conjunto un área de 366,852 m^2, con un volumen de residuos acumulados de 2,015,500 m^3 y aproximadamente 2,498,571 toneladas de desechos confinados sin control. Como conclusión, se evidenció

que estos sitios generan impactos ambientales no percibidos, por lo que su identificación es clave para iniciar procesos de clausura y remediación conforme a la normativa mexicana.

Montes (2018) tuvo como objetivo revisar la evolución de las políticas públicas y de la normatividad ambiental en Colombia, con el fin de evidenciar los avances en la gestión integral de residuos sólidos. La metodología consistió en un análisis documental de la legislación y reglamentación ambiental del país, enfocándose en la construcción de un marco sólido de políticas orientadas a minimizar los impactos ambientales generados por los residuos. Los resultados evidenciaron que, aunque se han logrado avances importantes en la formulación de políticas y normas, persisten problemas como el incremento en la generación de residuos, el bajo aprovechamiento y la disposición final incontrolada en algunas regiones. En conclusión, se identificó que Colombia ha fortalecido su marco normativo ambiental, pero aún enfrenta desafíos en la implementación efectiva de la gestión integral de residuos sólidos, lo que genera impactos sanitarios y ambientales.

Saldaña Durán y Nájera González (2019) tuvieron como objetivo identificar zonas potenciales para la ubicación de un relleno sanitario de residuos sólidos en el municipio de Tepic. La metodología empleada fue un análisis espacial del municipio, considerando cuatro criterios establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, además de dos rasgos naturales: pendiente, cobertura y uso del terreno. Los resultados permitieron identificar que el 5.4 % de la superficie del municipio (aproximadamente 9090.8 ha) presenta características adecuadas para la ubicación de un relleno sanitario, mientras que el 94.6 % restante posee limitaciones o restricciones para este propósito. En conclusión, este estudio constituyó un primer acercamiento para la localización de áreas idóneas destinadas a la disposición final de residuos sólidos urbanos, evidenciando la importancia de contar con herramientas técnicas que garanticen la sostenibilidad ambiental en la selección de estos sitios.

López Pulgarín y Franco Orozco (2021) se propusieron analizar los métodos alternativos al uso de rellenos sanitarios para la gestión de residuos sólidos en países en desarrollo como Colombia. La metodología utilizada fue una revisión de literatura que abordó problemáticas actuales de Colombia y regiones específicas como Antioquia y Medellín, además de un análisis normativo basado en la Resolución 1390 y el Decreto 838, ambos del año 2005. Los resultados destacaron que, aunque existen alternativas económicamente viables y ambientalmente sostenibles, como el compostaje, la

incineración, la pirólisis y la gasificación, su implementación es limitada por la falta de voluntad política y no por carencias técnicas. Como conclusión, se identificó que el país cuenta con capacidades institucionales para modernizar su sistema de disposición de residuos, pero enfrenta desafíos significativos debido a una gestión política ineficaz y a la limitada incorporación de tecnologías avanzadas en el manejo de desechos.

Molano Camargo (2019) tuvo como objetivo analizar la conformación de un paisaje tóxico urbano en torno al relleno sanitario Doña Juana en Bogotá, entre 1988 y 2019, dentro del contexto de políticas neoliberales de gestión de residuos y su impacto en comunidades empobrecidas. La metodología fue un análisis histórico basado en la revisión de documentos diversos como prensa, informes técnicos, expedientes judiciales y entrevistas, lo que permitió reconstruir tres décadas de diseño y operación del relleno sanitario en el sur de la ciudad. Los resultados evidenciaron que, aunque el relleno sanitario fue concebido como una solución técnica para la gestión de residuos, su implementación exacerbó las desigualdades sociales y ambientales en las periferias de Bogotá. Como conclusión, se determinó que estas infraestructuras no solo contienen desechos, sino que reflejan tensiones políticas y sociales, activando luchas por la defensa del territorio y dejando en evidencia las limitaciones de los enfoques técnicos en contextos de desigualdad estructural.

Pincay Chóez (2021) tuvo como objetivo analizar la importancia del manejo de los lixiviados y otros componentes generados en el relleno sanitario de la ciudad de Jipijapa. La metodología consistió en una investigación documental basada en una revisión sistemática de fuentes primarias y secundarias, utilizando plataformas como Google Académico, Redalyc, Scielo y Redib, así como estudios específicos sobre rellenos sanitarios. Los resultados evidenciaron que los rellenos sanitarios, aunque fundamentales para la disposición final de residuos sólidos, generan subproductos como lixiviados y gases con alto poder contaminante, que pueden provocar impactos ambientales severos sobre fuentes de agua superficial y subterránea. Como conclusión, se destacó que las técnicas de disposición de residuos sólidos deben incluir medidas rigurosas como la compactación de capas, la conformación de pendientes y drenajes, el control de humedad, y la instalación de geomembranas para minimizar los riesgos ambientales asociados a estas infraestructuras.

Ibarra-López, Narváez-Castro y de la Rosa (2020) se propusieron analizar la disposición de los residuos sólidos urbanos y su generación de biogás en el Relleno Sanitario del Cantón Ambato, Ecuador, cuyo objetivo fue estudiar cómo los residuos

generan biogás y lixiviados. La metodología consistió en dividir el relleno sanitario en ocho zonas (A-H), de las cuales se tomaron muestras representativas de suelo y biogás para realizar ensayos de laboratorio. En las muestras de suelo se analizaron parámetros como pH, materia orgánica y humedad, mientras que en las de biogás se determinó el contenido de metano. Los resultados mostraron que la zona C es la que genera la mayor cantidad de metano, y el suelo del relleno es de carácter básico. Además, el estudio reveló que el relleno recibe 120 toneladas/día de residuos sólidos, de los cuales el 65% son orgánicos, lo que refuerza el potencial de aprovechamiento del biogás. Como conclusión, el estudio indicó que para mejorar el aprovechamiento del biogás generado, se debe optimizar la compactación del suelo y la humedad en las zonas con mayor generación de metano, como las zonas C-H, destacando la importancia de un manejo técnico adecuado del relleno sanitario en una zona agropecuaria como Ambato.

Bedoya (2023) se centró en analizar las problemáticas relacionadas con los rellenos sanitarios en Colombia, las cuales se han originado por un manejo inadecuado en aspectos como su localización, tratamiento y la coexistencia con asentamientos humanos. El objetivo de su estudio fue reflexionar sobre estas problemáticas dentro del contexto colombiano y las disposiciones regulatorias existentes, destacando la falta de planificación y ordenamiento territorial como factores clave. La metodología utilizada consistió en una reflexión crítica que permitió evidenciar cómo la administración pública, a través de su "silencio cómplice", ha agravado estas situaciones. El estudio concluye que la escasa planificación de los territorios y el desconocimiento de cómo el crecimiento social impacta directamente en la generación de desechos son elementos fundamentales que contribuyen a un manejo deficiente de los rellenos sanitarios, lo que genera un impacto ambiental negativo y dificulta el desarrollo adecuado de la sociedad.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Whittembury (2021) planteó como objetivo proponer un modelo de gestión sostenible de los residuos sólidos urbanos para el distrito de la Banda de Shilcayo. La metodología fue de tipo aplicada, con un diseño no experimental, y la muestra estuvo conformada por 8 funcionarios, 54 trabajadores y 64 ciudadanos. Se empleó la encuesta como técnica y el cuestionario como instrumento. Los resultados mostraron que, si bien la municipalidad cuenta con políticas y normativas que buscan involucrar a todos los actores, existen deficiencias en la formalización de los recicladores y en el cumplimiento de metas, lo que genera insatisfacción por la impuntualidad del servicio

de recojo y limpieza pública. Además, se evidenció que los funcionarios y trabajadores tienen buena cultura de reciclaje, pero no separan los residuos ni utilizan bolsas reutilizables. Se concluyó que el modelo de gestión sostenible de residuos sólidos urbanos se sustenta en la economía circular (8R) y se inserta en los procedimientos establecidos en el artículo 32 de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos N° 1278, modificada por el Decreto Legislativo N° 1501 en 2020.

Prudencio (2019) planteó como objetivo demostrar qué modelo de gestión –público, privado o mixto– para el manejo de los residuos sólidos municipales es financiera y ambientalmente sostenible en el tiempo. La metodología fue exploratoria y explicativa, considerando que en el Perú no existían investigaciones previas con esas variables, y se buscó explicar la relación causal entre los modelos de gestión y la sostenibilidad. Los resultados evidenciaron que la gestión mixta es la más sostenible tanto en el componente financiero como en el ambiental, incidiendo favorablemente en la conservación del ambiente. Se concluyó que la combinación de esfuerzos entre el sector público y privado permite una mejor sostenibilidad económica y ambiental en la gestión de residuos sólidos municipales.

Huanacuni y Huanca (2020) tuvieron como objetivo investigar los desafíos de la gestión sostenible de residuos sólidos (GSR) en Ilave, Collao, ante la problemática de que solo el 22% de los residuos recolectados se eliminaba adecuadamente y el distrito carecía de estrategias adecuadas de GSR en el año 2018. La metodología consistió en la recolección de datos mediante observaciones naturalistas en el principal vertedero de Ilave y la aplicación de cuestionarios a nueve empresas de residuos encargadas de la recolección, además del Municipio de Ilave. Los resultados evidenciaron que los principales desafíos para un sistema de gestión eficiente y sostenible fueron la falta de separación de residuos en la fuente, fondos insuficientes y carencia de equipos. Se identificó que las empresas privadas cumplían mayormente el rol de recolectores secundarios, mientras que las empresas recicladoras actuaban como recolectores primarios, con un tratamiento de residuos realizado a niveles mínimos y de manera no sostenible. En el vertedero, la maquinaria se encontraba fuera de servicio, lo que generaba un vertido indiscriminado en lugar de aplicar métodos adecuados. Se concluyó que la gestión sostenible de residuos sólidos en Ilave enfrenta serias deficiencias que requieren programas a largo plazo y acciones integrales para mejorar el tratamiento y disposición final.

Gamonal (2020) tuvo como objetivo entregar una solución ambiental al problema del manejo de residuos sólidos municipales en el distrito de Olmos, provincia de Lambayeque, mediante el diseño de infraestructura para el aprovechamiento y disposición final de residuos sólidos. La metodología consistió en el uso de datos proporcionados por la Municipalidad de Olmos, como el estudio de caracterización de residuos, además de la determinación del tamaño de población beneficiada, la selección del área mediante estudios topográficos, de mecánica de suelos y otros estudios técnicos, basados en los lineamientos del MINAM y fuentes teóricas confiables. Los resultados plantearon el diseño de una infraestructura en un área de 10 hectáreas que incluye un relleno sanitario manual, drenaje de lixiviados, dos plantas de valorización (reciclaje y compostaje), accesos internos, caseta de control, oficina administrativa, almacén, servicios de agua, saneamiento y vestuarios. Se concluyó que la implementación de esta infraestructura permitirá involucrar a la población en la comercialización formal del reciclaje, la producción de compostaje para fertilización agrícola y la disposición final adecuada de residuos no reciclables, minimizando así los impactos ambientales y sanitarios en la localidad.

Vigo (2022) se propuso confirmar la relación significativa entre la educación ambiental y la disposición final de residuos sólidos en un mercado de abastos del distrito de Trujillo – 2021. La metodología fue de tipo descriptiva correlacional, con una muestra de 81 comerciantes, aplicando encuestas de 32 ítems por variable, validadas por juicio de expertos, además de un cuestionario de 10 preguntas dirigido al subgerente de calidad ambiental y proyectos del SEGAT Trujillo. Los resultados mostraron que el 75.3 % de los encuestados presentó un nivel medio en educación ambiental y el 24.7 % un nivel alto; mientras que, respecto a la disposición final de residuos sólidos, el 39.5 % mostró un nivel medio, el 25.9 % un nivel alto y el 34.6 % un nivel bajo. La correlación de Spearman fue de 0.873 con un p-valor de 0.00, evidenciando una relación positiva y significativa entre ambas variables. Como conclusión, se aceptó la hipótesis de investigación, determinando que existe una relación significativa entre la educación ambiental y la disposición final de residuos sólidos.

Huayllane Baca y Meza Castro (2020) realizaron una investigación con el objetivo de diagnosticar la gestión ambiental del relleno sanitario de Jahuaccollay en la Municipalidad de Urubamba. El estudio, de enfoque mixto y de carácter descriptivo y no experimental, utilizó encuestas, entrevistas y registros de inspección para determinar

el estado de la gestión ambiental en el relleno sanitario. Los resultados revelaron que, aunque el relleno cuenta con un sistema de drenaje, un vaso de vertido, una poza de lixiviados y una balanza electrónica, el conocimiento sobre la gestión ambiental por parte de la alta dirección es limitado (43,1%) y el 100% de los operadores desconocen dicha gestión. En la operación del relleno, se observó que no se considera la planificación de celdas de trabajo, no se construyen chimeneas y no existe un programa de reciclaje. Además, desde su apertura, no se han realizado auditorías ambientales. Como conclusión, el estudio señala que, a pesar de que el relleno sanitario posee las características básicas de una infraestructura de disposición final, la falta de conocimiento sobre la gestión ambiental y la ausencia de controles operacionales impactan negativamente en su eficiencia. Finalmente, los autores propusieron una mejora en la gestión ambiental basada en la norma ISO 14001:2015.

Albán Meléndez (2022) se propuso realizar un estudio de caracterización de los residuos sólidos municipales para el diseño de un relleno sanitario en el distrito de Chambará, Perú. La metodología consistió en un análisis documental de los residuos sólidos generados, los diseños de rellenos sanitarios existentes y las disposiciones legales vigentes, como la Guía del Ministerio del Ambiente de Perú. Los resultados mostraron que se planificó un relleno sanitario de tipo manual, con metodología de trincheras o zanja, diseñado para una vida útil de diez años. El relleno sanitario requeriría un volumen total de 5692 m^3 y 11 zanjas de 9 m de ancho por 19.50 m de largo, distribuidas en un terreno de 2467 m^2. Se determinó que la generación de residuos sólidos domiciliarios per cápita es de 0.177 kg/habitante/día (562.69 kg/día) y que los residuos no domiciliarios generan 38.85 kg/día, alcanzando un total de 601.51 kg/día (0.601 ton/día). Como conclusión, el estudio resalta las características y dimensiones del relleno sanitario necesario, con densidades promedio de residuos domiciliarios de 114.38 kg/m^3 y de residuos no domiciliarios de 308.55 kg/m3.

Villanueva Puelles (2022) desarrolló un proyecto cuyo objetivo fue encontrar una solución ambiental para el manejo de residuos sólidos municipales en Chancay Baños, Provincia de Santa Cruz, Cajamarca. En este proyecto, se diseñó la infraestructura necesaria para el aprovechamiento y la disposición final de los residuos sólidos, con el fin de involucrar a la población en la comercialización y el reciclaje formal mediante la valorización de residuos aprovechables. Además, se buscó asegurar la adecuada disposición final de los residuos no aprovechables, minimizando así los impactos ambientales y sanitarios derivados de la disposición en botaderos a cielo

abierto que no cumplen con los requisitos medioambientales. El diseño de la infraestructura se llevará a cabo en un área de 7 hectáreas e incluirá un relleno sanitario manual, drenaje de lixiviados, dos plantas de valorización (segregación y almacenamiento), accesos internos, instalaciones auxiliares como caseta de control, oficina administrativa, servicios de agua y saneamiento, vestuarios, entre otros. Para desarrollar el proyecto, se realizó un estudio de caracterización de residuos sólidos, ya que la Municipalidad de Chancay Baños no disponía de dicho estudio. Además, se determinó la magnitud de la población favorecida, se llevó a cabo un análisis de zonas para seleccionar el terreno más adecuado y se realizaron los análisis pertinentes, como levantamientos topográficos y evaluaciones de la mecánica del suelo. Todo esto se fundamentó en las directrices proporcionadas por el Ministerio del Ambiente (MINAM) y otras fuentes de credibilidad.

Muñoz Estrada (2024) tuvo como objetivo proponer un diseño de relleno sanitario para el distrito de Pachamarca, provincia de Churcampa, Huancavelica. La metodología utilizada fue descriptiva, no experimental, y transversal. Se realizó un estudio de caracterización de residuos sólidos domiciliarios y no domiciliarios, en el cual se determinó que la generación per cápita fue de 0.49 kg/hab/día con una densidad de 106.75 kg/m³ en los residuos domiciliarios, siendo el 51% orgánicos. El estudio también evaluó dos posibles ubicaciones para el relleno sanitario, eligiendo el Centro Poblado de Mitoccasa como la opción óptima con un puntaje de 4.88. Como resultado del análisis, se propuso un diseño de relleno sanitario manual, tipo trinchera, con una vida útil de 10.59 años y un volumen útil acumulado de 10,035.11 m³. El diseño requeriría tres zanjas de 65 m de largo, 25 m de ancho y 2.5 m de altura, además de un área mínima de 5,173.24 m². Se concluyó que el relleno sanitario sería una solución adecuada para la gestión de residuos sólidos en la zona.

Causa Mamani (2019) tuvo como objetivo realizar un estudio de caracterización de residuos sólidos municipales y proponer un diseño de relleno sanitario manual para el distrito de Cairani, provincia Candarave, Tacna. La metodología empleada fue la Guía metodológica para el estudio de caracterización de residuos sólidos municipales, elaborada por el MINAM (2019). Los resultados mostraron que la generación per cápita total fue de 0.32 kg/hab/día. En cuanto a los residuos domiciliarios, se encontraron 118.65 kg/día de residuos inorgánicos y 116.40 kg/día de residuos orgánicos, con una densidad promedio de 155.33 kg/m³. Para los residuos no domiciliarios, la generación total fue de 4.91 kg/día en tiendas, 5.59 kg/día en instituciones públicas, 8.52 kg/día en

instituciones educativas, 7.01 kg/día en barrido de calles y 2.90 kg/día en restaurantes, resultando en una generación total anual de 1,167 toneladas. El diseño propuesto para el relleno sanitario manual contempló un volumen mínimo de 3,321.73 m³ y un área útil mínima de 1,384.05 m², con un área adicional de 1,937.7 m². La vida útil estimada del proyecto es de 5 años.

2.2 Marco teórico.

2.2.1. Indicadores de Generación y Caracterización

A. **Generación de Residuos Sólidos Per Cápita (GPC):** Mide la cantidad promedio de residuos sólidos generados por habitante en un tiempo determinado (kg/hab/día). Permite proyectar necesidades de infraestructura y comparar con estándares nacionales.

B. **Composición de los Residuos Sólidos** : Determina el porcentaje de materia orgánica, inorgánica (plástico, papel, vidrio) y residuos peligrosos en el total de los residuos. Es crucial para diseñar programas de valorización.

C. **Densidad de los Residuos Sólidos (kg/m³)**: Mide la relación entre el peso y el volumen de los residuos. Sirve para evaluar el nivel de compactación durante la recolección y optimizar la capacidad de los rellenos sanitarios.

D. **Porcentaje de Residuos Sólidos Orgánicos Valorizados**: Proporción de residuos orgánicos recolectados que se destinan a compostaje u otro tratamiento, respecto al total de orgánicos generados (%).

E. **Porcentaje de Valorización de Residuos Inorgánicos**: Proporción de residuos inorgánicos (plásticos, papel, metales) comercializados o reutilizados sobre el total inorgánico generado (%).

F. **Tasa de Desvío de Residuos del Relleno Sanitario**: Porcentaje del total de residuos generados que no llegan a disposición final gracias al reciclaje, compostaje o reutilización (%)

G. **Huella de Carbono de la Gestión de Residuos:** Cantidad de gases de efecto inv**1**ernadero (toneladas de CO2 equivalente) generados por el transporte y disposición de los residuos.

2.2.2. Residuos sólidos inorgánicos y orgánicos.

Los residuos sólidos inorgánicos son aquellos materiales que, debido a su composición y características físicas, tardan muchos años en degradarse y desaparecer del ambiente. Sin embargo, gran parte de estos residuos pueden ser recuperados y transformados mediante procesos de reciclaje. La correcta separación y recolección de estos residuos permite su reaprovechamiento, contribuyendo así a la reducción del uso de recursos naturales y al ahorro energético. Además, promueve la disminución del volumen de residuos que terminan en rellenos sanitarios o botaderos, optimizando su vida útil y reduciendo la contaminación ambiental (MINAM, 2023).

Por otro lado, los residuos sólidos orgánicos son aquellos que provienen de restos vegetales y alimenticios, los cuales son biodegradables y se descomponen de manera natural en un periodo relativamente corto. Los residuos orgánicos constituyen el 56 % de los residuos generados en el país. Su adecuada separación resulta esencial, ya que pueden ser aprovechados para elaborar compost o abono natural. Además, este reaprovechamiento reduce la cantidad de residuos depositados en rellenos sanitarios, disminuye los gases de efecto invernadero generados por la descomposición inadecuada y mejora las condiciones ambientales (MINAM, 2023).

2.2.3. Residuos sólidos Municipales

Los residuos sólidos municipales son aquellos materiales que se generan en las actividades diarias y que, si no se reciclan o aprovechan, terminan siendo desechados. Cuando estos residuos se acumulan de manera descontrolada, pueden convertirse en una amenaza tanto para la salud de las personas como para el medio ambiente, ya que, si no se gestionan adecuadamente, pueden propiciar la propagación de enfermedades (Córdoba-Hernández & Pérez-García-Burgos, 2020). Tirar los residuos en espacios abiertos, sin tratamiento, no solo contamina el entorno, sino que también afecta la calidad de vida de las comunidades. Por eso, es urgente implementar soluciones eficaces para manejar los residuos de manera adecuada (Espinoza-Quispe et al., 2020).

Aquí detallo de manera más sencilla los diferentes tipos:

A. Residuo domiciliario: Son los desechos que generamos en nuestras casas, como restos de comida, envases, papeles, plásticos, entre otros; estos pueden ser reciclados o descompuestos de manera natural.

B. Residuo comercial: Viene de tiendas, restaurantes, oficinas y otros negocios. Incluye productos desechados por los clientes, empaques, y los materiales que usan las empresas para operar, como cartón, plásticos y más.

C. Residuo de limpieza de espacios públicos: Son los restos que se recogen de las calles, parques y plazas. A menudo son una mezcla de tierra, hojas secas y otros materiales que surgen de mantener limpios los espacios urbanos.

2.2.4. Otros tipos de residuos sólidos.

A. Residuo de establecimientos de atención de salud: Este tipo de residuos se genera en hospitales, clínicas y consultorios médicos. Son materiales que pueden ser peligrosos, que requieren un manejo especial para evitar riesgos para la salud.

B. Residuo industrial: Proviene de las fábricas y plantas de producción. Pueden ser desechos de productos fabricados, como plásticos, metales, químicos y otros materiales, algunos de los cuales pueden ser peligrosos y necesitan un tratamiento adecuado para evitar daños al medio ambiente.

C. Residuo de construcciones (RCD): Son los restos que quedan de obras de construcción o demolición. Aunque a menudo son voluminosos, algunos de estos residuos pueden ser reciclados o reutilizados.

D. Residuo agropecuario: Proviene de actividades relacionadas con la agricultura y la ganadería. Estos residuos, al igual que otros, deben ser gestionados de forma responsable para evitar que contaminen el entorno.

2.2.4.1. Residuos biocontaminados. Los residuos biocontaminados son aquellos que contienen o pueden contener agentes biológicos capaces de transmitir enfermedades a las personas o al ambiente. Se generan principalmente en establecimientos de atención de salud, laboratorios clínicos, centros de investigación, consultorios odontológicos y veterinarios, durante actividades de diagnóstico, tratamiento, inmunización o investigación. Estos residuos requieren un manejo diferenciado desde su generación hasta su disposición final para prevenir riesgos sanitarios y ambientales (MINAM, 2017; MINSA, 2018).

Dentro de esta categoría se incluyen materiales como gasas, algodones, guantes, mascarillas, agujas, jeringas, tejidos, sangre, fluidos corporales, cultivos microbiológicos y otros elementos contaminados con agentes infecciosos. Debido a su potencial de transmisión de enfermedades, estos residuos deben ser segregados en recipientes específicos, almacenados temporalmente bajo condiciones de seguridad y sometidos a tratamientos autorizados antes de su disposición final (MINSA, 2018).

2.2.4.2. Residuos peligrosos. Los residuos peligrosos son aquellos que, por presentar características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad,

inflamabilidad o patogenicidad, representan un riesgo para la salud humana y el ambiente cuando no son manejados adecuadamente. Estos residuos pueden originarse en actividades industriales, mineras, agrícolas, comerciales, de servicios y también en algunos establecimientos de salud (MINAM, 2017).

Entre los residuos peligrosos se encuentran aceites usados, solventes, pinturas, baterías, pilas, lámparas fluorescentes, pesticidas vencidos, envases contaminados con sustancias químicas y residuos con metales pesados. Su gestión requiere procedimientos específicos de segregación, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final, conforme a la normativa ambiental vigente, con el fin de evitar la contaminación del suelo, agua y aire, así como los riesgos para la salud pública (MINAM, 2017).

Categorías de residuos peligrosos

Los residuos peligrosos pueden clasificarse según el riesgo que representan en las siguientes categorías:

- **Residuos corrosivos:** poseen sustancias capaces de deteriorar materiales o causar quemaduras en tejidos vivos, como ácidos y bases fuertes.
- **Residuos reactivos:** presentan inestabilidad química y pueden generar reacciones violentas, explosiones o liberar gases tóxicos al entrar en contacto con otras sustancias.
- **Residuos explosivos:** son aquellos que pueden detonar o producir explosiones debido a cambios de temperatura, presión o por efecto de impactos.
- **Residuos tóxicos:** contienen sustancias que pueden causar efectos adversos sobre la salud humana o los ecosistemas por inhalación, ingestión o contacto con la piel.
- **Residuos inflamables:** incluyen materiales sólidos, líquidos o gaseosos que pueden incendiarse con facilidad en presencia de una fuente de calor o chispa.
- **Residuos patogénicos o infecciosos:** contienen microorganismos capaces de producir enfermedades, siendo comunes en establecimientos de atención de salud y laboratorios clínicos (MINAM, 2017; MINSA, 2018).

2.2.5. Tipos de residuos sólidos reciclables.

Los residuos reciclables son aquellos residuos sólidos que, luego de su generación, pueden ser reaprovechados mediante procesos de transformación, logrando que se conviertan nuevamente en materia prima o en productos útiles para el consumo. Este proceso permite darles un valor agregado, evitando que se conviertan en desechos destinados a los rellenos sanitarios o botaderos. Además, el reciclaje puede fomentar

la creación de microempresas y promover la inversión privada en el manejo de residuos, siempre que se garantice un volumen mínimo que justifique la actividad económica. El MINAM 2021, estableció una Guía para la Segregación de residuos sólidos municipales en la fuente y recolección selectiva, según esta se clasifican los residuos más comunes. A continuación, se describen los más representativos:

2.2.5.1. Latas de Aluminio. Las latas de aluminio son residuos reciclables comúnmente empleados para contener líquidos y, en menor medida, alimentos semisólidos. Su reciclaje es especialmente valioso debido a que permite reducir hasta en un 95% la contaminación ambiental, en comparación con la producción de aluminio a partir de materia prima virgen. Además, reciclar una sola lata ahorra la cantidad de energía suficiente para mantener encendido un televisor durante tres horas. Este tipo de residuo reciclable es de alta demanda en la industria, pues el aluminio reciclado mantiene sus propiedades originales, lo que lo convierte en un material reutilizable de manera indefinida.

2.2.5.2. Papel y Cartón. El papel y el cartón son residuos cuya materia prima proviene principalmente de los árboles, lo que hace que su reciclaje tenga un impacto positivo en la conservación de los recursos forestales y contribuye a la reducción de la contaminación del aire y del agua. El rendimiento del papel reciclado es del 90%, mucho mayor en comparación con el 50% que se obtiene a partir de pulpa de celulosa virgen.

2.2.5.3. Otros Materiales Reciclables. Entre ellos se encuentran el plástico, el vidrio, los metales como hierro y cobre, y los textiles. Estos materiales, al ser reciclados, reducen la extracción de recursos naturales, ahorran energía y disminuyen la cantidad de residuos que terminan en los rellenos sanitarios.

2.2.6. Manejo de los residuos sólidos.

El manejo de los residuos sólidos implica una serie de procesos fundamentales que permiten gestionarlos de manera eficiente y minimizar su impacto ambiental. Estos procesos están diseñados para asegurar que los residuos sean manejados de forma adecuada en cada etapa, desde su generación hasta su disposición final:

A. Barrido y limpieza de espacios públicos: Este proceso es el primer paso en la gestión de los residuos sólidos, y consiste en la recolección de residuos sólidos en áreas públicas como calles, parques y plazas. Se realiza mediante el barrido manual o

mecánico, con el objetivo de mantener estos espacios limpios y evitar que estos se acumulen, lo que podría generar problemas de salud pública y contaminación ambiental.

B. Segregación: La segregación se refiere a la separación de los residuos en diferentes categorías según su tipo. En este proceso, se distingue entre los residuos orgánicos, reciclables, no reciclables y peligrosos. La segregación adecuada es crucial para facilitar el reciclaje y la valorización de los materiales, lo que reduce la cantidad de residuos enviados a disposición final y promueve el aprovechamiento de recursos.

C. Almacenamiento: Después de la segregación, los residuos se almacenan temporalmente en puntos de acopio o contenedores adecuados. Este almacenamiento debe hacerse de forma ordenada y segura para evitar la contaminación y la proliferación de plagas, además de garantizar que los materiales reciclables y peligrosos sean manejados de manera diferenciada.

D. Recolección: La recolección es el proceso mediante el cual los residuos son recogidos de los puntos de almacenamiento, ya sea en viviendas, comercios, instituciones o áreas públicas. Es una actividad clave para asegurar que los residuos no se acumulen en las calles y se trasladen a las instalaciones de tratamiento o disposición final.

E. Valorización: Busca aprovechar los residuos, para obtener materiales que puedan ser reciclados o reutilizados, y ser reintegrados a la cadena productiva, reduciendo la necesidad de extraer nuevos recursos y disminuyendo el volumen de residuos que llegan a los vertederos.

F. Transporte: El transporte es la fase en la que los residuos recolectados son trasladados desde los puntos de acopio hasta las instalaciones de tratamiento, reciclaje o disposición final. Es fundamental que este transporte se realice de forma segura y eficiente para evitar que los residuos se derramen o contaminen durante el traslado.

G. Transferencia: En este proceso, los residuos son transferidos de un vehículo a otro, o de un contenedor a otro, antes de llegar a su destino final. La transferencia puede ocurrir en estaciones de acopio, donde los residuos se agrupan y se preparan para ser enviados a su tratamiento o disposición final.

H. Tratamiento: El tratamiento de los residuos sólidos es un proceso que tiene como objetivo reducir su volumen, eliminar sustancias peligrosas o convertirlos en productos útiles. Esto puede incluir técnicas como el compostaje de residuos orgánicos o el tratamiento biológico para eliminar componentes tóxicos.

I. Disposición final: Finalmente, los residuos que no pueden ser reciclados ni valorizados, deben ser dispuestos de manera adecuada en rellenos sanitarios, vertederos o, en algunos casos, mediante el uso de tecnologías de incineración o enterramiento controlado. La disposición final busca evitar la contaminación del suelo, el aire y el agua, minimizando los impactos negativos en el medio ambiente y la salud pública.

J. Vida útil de relleno sanitario: Es el tiempo en años en que se utilizará un sitio seleccionado para la disposición final de los residuos sólidos, la vida útil del sitio depende de muchas variables como: el volumen de residuos sólidos a disponer y el método de operación.

2.2.7. Rellenos sanitarios.

Según Tuesta (2022), los rellenos sanitarios son sitios diseñados para la disposición final de los residuos sólidos, y su clasificación depende de diversos factores, como el tamaño de la población, la cantidad de residuos generados y los equipos disponibles para su manejo. Existen tres tipos principales de rellenos sanitarios: manual, semimecanizado y mecanizado, cada uno con características específicas en cuanto a su capacidad y el tipo de equipamiento utilizado.

2.2.7.1. Relleno sanitario manual: Esta técnica se emplea en poblaciones pequeñas, donde la capacidad de generación de residuos no supera las 06 toneladas diarias (DS. 014-2017-MINAM). En estos rellenos, los residuos se depositan directamente en el suelo y se gestionan de manera manual utilizando herramientas simples como rastrillos y pisones. La compactación y la cobertura de los residuos se realizan de manera manual, sin el uso de maquinaria pesada.

2.2.7.2. Relleno sanitario semimecanizado: Este tipo de relleno está diseñado para poblaciones intermedias, que generan entre 06 hasta 50 toneladas de residuos sólidos al día (DS. 014-2017-MINAM). En estos rellenos, se emplean equipos pesados para realizar las tareas de construcción y manejo de los residuos, como tractores y cargadores frontales, que permiten un manejo más eficiente y rápido de los residuos, optimizando el proceso de confinamiento y control de las emisiones.

2.2.7.3. Relleno sanitario mecanizado: Este diseño es adecuado para grandes urbes de población, y se utiliza en áreas donde la cantidad de residuos generados supera las 50 toneladas diarias (DS. 014-2017-MINAM). En estos rellenos, todo el proceso de operación se realiza con equipos mecánicos, como tractores de oruga y cargadores frontales. El uso exclusivo de maquinaria pesada facilita la

esparción, compactación y cobertura de los residuos, y asegura una mayor capacidad de operación y eficiencia en la gestión del sitio.

2.2.8. Método de diseño de celdas.

El diseño de celdas puede ser:

2.2.8.1. Método de trinchera o zanja: Las trincheras o zanjas, normalmente se realizan cuando los terrenos no tienen pendientes, cuando el suelo es de fácil excavación. Este método consta de: excavación de zanjas con dimensiones de acuerdo a las necesidades; se puede usar maquinaria pesada, se debe realizar la impermeabilización del sitio para la infiltración de los lixiviados, así mismo la instalación de drenes para recolectar los lixiviados y realizar permanente control; los residuos son depositados en las trincheras, compactados y cubiertos con un material de cobertura.

2.2.8.2. Método de área: Este método es adecuado para terrenos planos o semi-planos donde excavar zanjas no es viable, en lugar de excavar, el suelo natural se acondiciona y nivela para permitir la disposición de residuos. El terreno debe contar con características adecuadas de permeabilidad para que no se filtren lixiviados. Además, debe identificarse una fuente de material de cobertura que sea apropiado en cantidad y calidad. Las celdas se construyen con una pendiente suave en sus taludes para evitar deslizamientos y garantizar estabilidad a medida que se eleva el nivel del relleno, este método es más adecuado cuando no es posible excavar zanjas debido a las condiciones del terreno.

2.2.8.3. Combinación de ambos métodos: En terrenos planos donde es posible excavar, se puede aplicar una combinación de ambos métodos. Se inicia la operación con el método de trinchera y, una vez que el terreno lo permite, se continúa con el método de área. Las ventajas de este enfoque incluyen la optimización del uso del terreno, aprovechando al máximo el volumen útil para la disposición final, y la posibilidad de utilizar el material excavado como cobertura para los residuos. Este método solo es adecuado en lugares donde las condiciones permiten la excavación sin afectar el nivel freático y donde el suelo es apto para usarse como material de cobertura.

2.2.9. Planta de reciclaje

El reciclaje se refiere al proceso mediante el cual los materiales que ya han sido utilizados y que comúnmente se consideran desechos, son transformados en recursos

útiles, permitiendo así su reaprovechamiento. En este sentido, Barrientos (2010) señala que el reciclaje es un proceso que involucra tratamientos físicos, químicos o mecánicos, mediante los cuales se somete un producto o materia ya utilizada a diversas etapas de recuperación, con el objetivo de obtener materia prima que pueda ser empleada en la elaboración de nuevos productos. De acuerdo con esta definición, el reciclaje no solo contribuye a la reducción de los residuos, sino que también promueve la reutilización de materiales en beneficio de la sociedad, garantizando que estos sean acondicionados de manera adecuada y en condiciones salubres para su posterior aprovechamiento.

El reciclaje es una actividad fundamental en la gestión sostenible de los residuos sólidos, y su éxito depende, en gran medida, del funcionamiento adecuado de las plantas de reciclaje. El proceso de reciclaje en una planta eficiente se compone de varias etapas que aseguran la correcta recuperación de los materiales aprovechables:

A. Recepción y Clasificación Inicial de Residuos: El proceso inicia con la llegada de los camiones recolectores de residuos sólidos urbanos a la planta. Estos descargan los materiales en un área de recepción, donde son trasladados mediante cintas transportadoras hacia el interior de las instalaciones. En este punto, se lleva a cabo una revisión visual preliminar para retirar manualmente los residuos voluminosos, peligrosos o aquellos que claramente no son reciclables. Los desechos de gran tamaño se derivan hacia máquinas troceadoras, que los fragmentan en piezas más manejables, integrándolos nuevamente en el flujo de reciclaje.

B. Separación de Materiales Reciclables: Posteriormente, se realiza una clasificación más exhaustiva, combinando procesos manuales y mecánicos. Los sistemas automatizados utilizan imanes para extraer metales ferrosos, como latas y otros objetos metálicos. Además, se aplican técnicas como la flotación y la criba, que permiten separar los plásticos, papeles y otros desechos según sus tamaños, densidades y propiedades físicas. También se emplean detectores ópticos avanzados que identifican los tipos de plásticos por sus características visuales y composición, separando aquellos que son aptos para el reciclaje de los que no lo son.

C. Trituración y Compactación: Una vez separados y seleccionados los materiales reciclables, estos se someten a compactación en grandes bloques o son triturados en fragmentos pequeños para reducir su volumen. Esta optimiza el almacenamiento y facilita el transporte de los materiales hacia otras plantas específicas encargadas de su transformación final (Knauf Industries, 2023).

D. Tratamiento y Procesamiento de Residuos: En esta etapa, los materiales reciben un tratamiento especializado según su tipo. Por ejemplo:

El papel y cartón son mezclados con agua para formar una pasta, eliminando impurezas como tintas, grapas, plásticos mediante filtrado y otros métodos de purificación.

Los plásticos se lavan y secan para eliminar restos de alimentos, aceites u otros contaminantes que podrían dificultar su reutilización.

Los metales son derretidos para formar láminas o bloques listos para ser reprocesados en productos industriales.

Este paso es fundamental, ya que asegura que los residuos se conviertan en materia prima limpia y de calidad, apta para ser reutilizada en fabricación de nuevos productos.

2.2.10. Desarrollo Sostenible

El desarrollo sostenible es un proceso que busca armonizar el crecimiento económico, la inclusión social y la protección ambiental, garantizando el bienestar de las personas y el uso eficiente de los recursos naturales, de manera que se satisfagan las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones. Este enfoque está alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), que orientan las políticas públicas a nivel mundial hacia la erradicación de la pobreza, la reducción de desigualdades y la lucha contra el cambio climático, asegurando que el progreso económico no se logre a costa del deterioro ambiental. En este contexto, se basa en el equilibrio entre el aprovechamiento responsable de los ecosistemas, la mejora de la calidad de vida y la promoción de un futuro más justo para todos.

2.2.11. Gestión integral de los residuos solidos.

La gestión integral de los residuos sólidos es un proceso que considera todas las etapas del manejo de los residuos, como un sistema interrelacionado, en lugar de tratarlas como acciones aisladas. Esta gestión busca abordar de manera eficiente los problemas ambientales asociados con los residuos sólidos, integrando diversas actividades que se desarrollan de forma ordenada y progresiva:

- Se prioriza la prevención, lo que implica estar preparados para tomar medidas que eviten la generación de residuos.

- Se promueve la minimización de los impactos y del volumen de residuos, identificando los puntos críticos de contaminación y reduciéndolos al máximo.

- La reutilización y el reciclaje, donde se reaprovechan los residuos en nuevos procesos, como la elaboración de compost a partir de residuos orgánicos o la confección de productos con materiales reciclados.

- Se aplica el tratamiento, cuyo objetivo es disminuir la peligrosidad de los residuos mediante procesos que reduzcan los componentes dañinos.

- Por último, se realiza la disposición final de los residuos de manera segura, en rellenos sanitarios que garanticen la protección del ambiente y la salud pública (MINAM, s.f.).

2.2.12. Economía circular

La economía circular es un modelo económico que busca optimizar el uso de los bienes creados y reducir la generación de residuos, basándose en los principios de reducir, reciclar y reutilizar. A diferencia del modelo lineal tradicional, la economía circular se enfoca en prolongar la vida útil de los productos, reintegrar los materiales en el ciclo productivo y minimizar el impacto ambiental a lo largo del ciclo de vida de los bienes. La economía circular es un modelo que se basa en tres principios: Eliminar residuos y contaminación desde el diseño; mantener productos y materiales en uso y regenerar sistemas naturales.

Aplicado a residuos sólidos municipales, este modelo permite transformar desechos en recursos útiles. Esta transición implica el uso de energía renovable, la reducción de sustancias tóxicas, el desarrollo tecnológico y cambios en los patrones de consumo (WEF, 2020).

Entonces, la economía circular busca transformar la forma en que producimos y consumimos, promoviendo el uso eficiente de los recursos. En lugar de seguir el modelo tradicional de "tomar, hacer y desechar", se enfoca en “reducir, reutilizar, reciclar y regenerar” los productos y materiales (Ellen MacArthur Foundation, 2015), de manera que se mantengan en circulación el mayor tiempo posible. Este modelo ayuda a disminuir la generación de residuos y reduce la necesidad de extraer nuevos recursos naturales, lo que tiene un impacto positivo en el medio ambiente.

Incentiva la innovación, las empresas deben diseñar productos que sean más fáciles de reciclar o reutilizar. En un mundo que enfrenta la escasez de recursos y el

cambio climático, la economía circular ofrece una solución clave para avanzar hacia un desarrollo más sostenible y una economía más resiliente.

La economía circular identifica potenciales beneficios: Ambientales: como mejoras en el manejo del residuo generado por las podas y follaje, reincorporando al suelo de los mismos árboles el sustrato producido, cerrando el círculo, reduciendo los residuos depositados en rellenos sanitarios, reduciendo la proliferación de vectores sanitarios (moscas, aves, ratones) y la generación de lixiviados y olores molestos.

Sociales: La reducción de pérdidas y desperdicios de alimentos, garantizando un uso eficiente de recursos y creando una generación con más conciencia ambiental.

Económicos: Aumentando de la producción agrícola y economía local, por la valorización de residuos orgánicos, y oportunidades para hacer sinergia y articularse con el sector privado, en torno al conocimiento y la capacidad existente para valorizar.

2.3. Marco legal

Decreto Legislativo N.º 1278 – Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos (2017): Regula la gestión integral de los residuos sólidos en todo el país, con un enfoque basado en la economía circular, la valorización de residuos y la responsabilidad extendida del productor.

Decreto Supremo N.º 014-2017-MINAM – Reglamento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos: Instrumento normativo que desarrolla las disposiciones del Decreto Legislativo N.º 1278, estableciendo los lineamientos para la adecuada gestión y manejo de los residuos sólidos, con especial énfasis en la minimización, reutilización, reciclaje y disposición final adecuada.

Ley N.º 28611 – Ley General del Ambiente: Norma marco ambiental que establece el derecho de toda persona a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el desarrollo de la vida, así como la obligación de los gobiernos locales de gestionar adecuadamente los residuos sólidos domiciliarios y comerciales.

Ley N.º 29419 – Ley que Regula la Actividad de los Recicladores: Fomenta la formalización e inclusión social de los recicladores, garantizando condiciones de trabajo dignas y seguras.

Decreto Supremo N.º 005-2010-MINAM – Reglamento de la Ley que Regula la Actividad de los Recicladores: Desarrolla los mecanismos de implementación de la Ley N.º 29419, asegurando la formalización y regulación de la actividad de reciclaje.

Decreto Supremo N.º 002-2013-MINAM – Reglamento Nacional para la Gestión y Manejo de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE): Regula el manejo adecuado de los residuos de equipos eléctricos y electrónicos, promoviendo la recuperación y el reciclaje de sus componentes.

Ley N.º 30884 – Ley que Regula el Plástico de un Solo Uso y los Reci Envases Descartables (2018): Establece medidas para la reducción del uso de plásticos de un solo uso, promoviendo alternativas sostenibles y el consumo responsable.

Decreto Supremo N.º 005-2019-MINAM – Reglamento de la Ley que Regula el Plástico de un Solo Uso: Detalla las disposiciones y plazos para la prohibición progresiva de determinados plásticos y fomenta la adopción de materiales biodegradables.

Resolución Ministerial N.º 457-2018-MINAM, que aprueba la Guía para la caracterización de residuos sólidos municipales, publicado el 31 de diciembre de 2018.

Resolución Ministerial N°00143-2025-MINAM, mediante la cual se aprueba la Guía para la elaboración de la Línea Base en el marco del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental – SEIA (en adelante, la "Nueva Guía"). Orienta la caracterización técnica de los factores ambientales en los estudios de impacto ambiental, para sustentar la identificación de impactos, su predicción y evaluación.

Resolución Ministerial N° 138-2021-MINAM, el Minam aprobó la Guía para implementar el programa de segregación en la fuente y recolección selectiva de residuos sólidos, con el objetivo de orientar a las municipalidades sobre la implementación de dicho programa y a fin de que los residuos sólidos aprovechables generados logren ser valorizados.

Resolución Ministerial N.º 165-2021-MINAM: Aprueban la Guía para la identificación de zonas potenciales para infraestructura de disposición final de residuos sólidos municipales. MINAM 2021

CAPITULO III

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo y nivel de investigación

La presente investigación presenta un enfoque mixto (cuantitativo y cualitativo). El enfoque cuantitativo permitió determinar la generación per cápita de residuos sólidos, la composición física, la densidad, las proyecciones poblacionales y el dimensionamiento del relleno sanitario mediante mediciones directas, modelos matemáticos y procedimientos estadísticos. Por su parte, el enfoque cualitativo permitió analizar las características ambientales, legales y territoriales del área de estudio, considerando los criterios establecidos en la normativa nacional vigente para la selección del sitio, la evaluación de impactos ambientales y la formulación del plan de manejo ambiental.

Para el diseño de ingeniería se desarrolló una proyección con un horizonte de 10 años, empleando modelos matemáticos y procedimientos estadísticos para estimar el crecimiento poblacional del distrito de Camaná hasta el año 2034. A partir de estas proyecciones se determinaron el volumen de residuos sólidos generados, el volumen de las celdas de disposición final, el área requerida para el relleno sanitario, así como los volúmenes estimados de lixiviados y biogás. Asimismo, mediante un balance de masa se estimó la cantidad de residuos que ingresará diariamente a la planta de valorización y el volumen que será destinado a la disposición final en el relleno sanitario.

El enfoque cualitativo permitió evaluar aquellos factores que no pueden determinarse únicamente mediante mediciones numéricas, sino que requieren la interpretación de criterios técnicos, ambientales y normativos. En este sentido, se analizaron las condiciones topográficas, geológicas, climáticas, la dirección predominante del viento, la proximidad a centros poblados, cuerpos de agua y zonas arqueológicas, así como el cumplimiento de los criterios establecidos en la normativa técnica vigente del Ministerio del Ambiente (MINAM) para la localización de rellenos sanitarios. Del mismo modo, la evaluación de impactos ambientales se realizó mediante la aplicación de la Matriz CONESA, la cual permitió valorar cualitativamente la magnitud e importancia de los impactos ambientales generados por el proyecto y sustentar la formulación del Plan de Manejo Ambiental.

El nivel de la investigación es explicativo, debido a que no se limita a describir las características de los residuos sólidos municipales, sino que analiza cómo la

generación, composición y densidad de los residuos condicionan el dimensionamiento del relleno sanitario, la planta de valorización y las medidas de control ambiental propuestas. Asimismo, explica la relación existente entre las condiciones del área de estudio y los criterios técnicos de diseño establecidos en las guías del Ministerio del Ambiente (MINAM), permitiendo sustentar técnicamente la propuesta de infraestructura para un horizonte de planificación de diez años.

3.2. Diseño de la Investigación.

El diseño de la investigación es no experimental, debido a que las variables de estudio fueron observadas y analizadas en su contexto natural, sin manipulación intencional por parte del investigador. La investigación se centró en evaluar las características técnicas, ambientales, geológicas, topográficas y legales del terreno ubicado en la Quebrada Corralones, con el propósito de determinar su aptitud para la implementación de un relleno sanitario y una planta de valorización de residuos sólidos, conforme a los criterios establecidos en la normativa ambiental vigente.

La investigación es de corte transversal, ya que la recolección de la información y el análisis espacial multicriterio (Malczewski, 2004) se realizaron en un único momento, tomando como referencia las condiciones existentes del área de estudio durante el periodo de evaluación. A partir de esta línea base se efectuaron las proyecciones de generación de residuos sólidos, dimensionamiento del relleno sanitario y estimación de su vida útil mediante modelos matemáticos, sin requerir un seguimiento temporal o mediciones repetidas de las variables físicas y ambientales del terreno.

La metodología empleada se sustentó en documentos técnicos y normativos especializados. Para la caracterización de los residuos sólidos municipales se utilizó la Guía para la Caracterización de Residuos Sólidos Municipales (MINAM, 2018); para la selección del sitio y el dimensionamiento del relleno sanitario se aplicaron los criterios establecidos en la Guía de Diseño, Construcción, Operación, Mantenimiento y Cierre de Rellenos Sanitarios (MINAM, 2018); y para el planteamiento de la planta de valorización y la segregación de residuos se consideraron los principios de gestión integral de residuos sólidos propuestos por Tchobanoglous et al. (2002). Estas referencias proporcionaron el sustento técnico para el desarrollo de la propuesta de infraestructura y de los procesos de manejo de los residuos sólidos municipales.

3.3. Población y Muestreo.

3.3.1. Ubicación geográfica del área de estudio

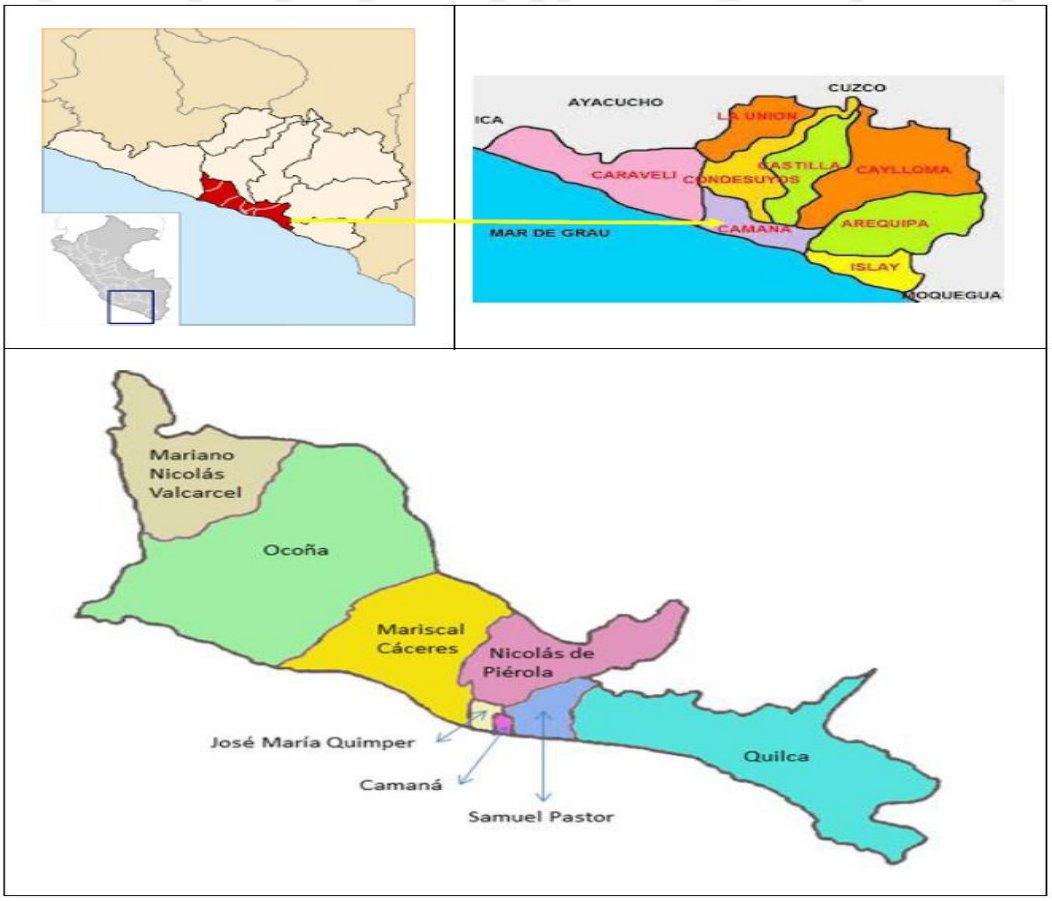
El distrito de Camaná es uno de los ocho distritos que conforman la provincia de Camaná, ubicada en el departamento de Arequipa, bajo la administración del Gobierno Regional de Arequipa, en el sur del Perú. El distrito presenta una superficie aproximada de 11.6 km² y se encuentra a una altitud promedio de 15 metros sobre el nivel del mar.

Los límites del distrito de Camaná son los siguientes: al norte con el distrito de José Maria Químper, al noroeste con el distrito de Nicolas de Piérola, al sur con el distrito de Samuel Pastor y al oeste con el océano Pacífico. Sus coordenadas geográficas corresponden a una latitud sur de 16°37'00'' y una longitud oeste de 72°43'00''.

La ubicación regional del área de estudio se presenta en la Figura 1, mientras que la división distrital de la provincia de Camaná se muestra en la Figura 3.

Figura 1

Mapa de la Provincia y Distrito de Camaná



Nota: Camaná, Arequipa, Perú - Genealogía - Familysearch Wiki.

3.3.2. Aspectos generales del distrito de Camaná

En relación con el clima, el distrito de Camaná presenta veranos calurosos y nublados, e inviernos prolongados, templados y parcialmente nublados, con un régimen climático seco durante todo el año, la temperatura promedio anual oscila entre los 17 °C y 27 °C.

Desde el punto de vista hidrográfico, el componente más relevante es el océano Pacífico, cuyas aguas frías influyen en las condiciones climáticas del distrito y sostienen una importante actividad pesquera, asimismo, el río Camaná constituye una fuente hídrica fundamental para la actividad agrícola de la provincia.

En cuanto a los ecosistemas, la provincia de Camaná presenta una clara diferenciación morfológica que sustenta la cobertura vegetal y la diversidad faunística, destacando el ecosistema marino-litoral, donde predominan peces, aves, mamíferos e invertebrados marinos.

Según el Censo Nacional de Población y Vivienda del INEI del 2,017, el distrito de Camaná cuenta con una población de 13,367 habitantes, de los cuales el 49.5 % corresponde a varones y el 50.5 % a mujeres. Esta distribución poblacional se presenta en la Tabla 2. Se considera que el 100 % de la población del distrito se encuentra asentada en la zona urbana. Así mismo la población de los distritos de la Provincia de Camaná.

Tabla 2

Densidad poblacional de los distrito de la Provincia Camaná

Distrito	Total	Varones	Porcentaje	Mujeres	Porcentaje
Camaná	13,367	6,621	49.5%	6,746	50.5%
José Maria Qimper	4,641	2,236	48.2%	2,405	51.8%
Mariano Nicolas Valcarcel	6,997	3,816	54.5%	3,181	45.5%
Mariscal Cáceres	6,195	3,259	52.6%	2,936	47.4%
Nicolas de Piérola	7,106	3,493	49.2%	3,613	50.8%
Ocoña	4,171	2,196	52.6%	1,975	47.4%
Samuel Pastor	15,950	7,879	49.4%	9,071	50.6%

Nota: Censo de población y vivienda, INEI 2017.

3.4. Descripción de la Investigación.

A. Caracterización de los residuos sólidos

La caracterización de residuos es un enfoque sistemático para determinar la generación, composición física, densidad y humedad de los residuos sólidos municipales y sirve como una herramienta de gestión ambiental que contribuye a optimizar el manejo integral del servicio de residuos sólidos municipales. Determinando: La generación per cápita y generación total de los residuos sólidos domiciliarios, la generación per cápita y generación total de los residuos sólidos comerciales y especiales, la composición física, la densidad y el porcentaje de humedad de residuos sólidos domiciliarios, comerciales y especiales. Estos datos también nos sirven para estimar la factibilidad de la segregación en fuente, el reciclaje o tratamiento de los residuos sólidos municipales, con la posibilidad de promover el reaprovechamiento de residuos a nivel masivo con participación de la población.

Para la elaboración de la caracterización se utilizó la metodología propuesta por la Guía de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales MINAM-2018, la cual contempla 03 etapas como son: planificación, trabajo de campo y operaciones y Análisis de información, a continuación, se detallan los pasos seguidos para la ejecución del Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos en el Distrito de Camaná:

En la Figura 2, se detalla los pasos para la ejecución del estudio de caracterización de Residuos Sólidos, los cuales son:

Planificación: Establecer metas y objetivos, desarrollar el estudio y elegir un plan de personal.

Actividades de campo: capacitar al personal, reunir el equipo necesario, realizar muestreos, clasificar y pesar los residuos.

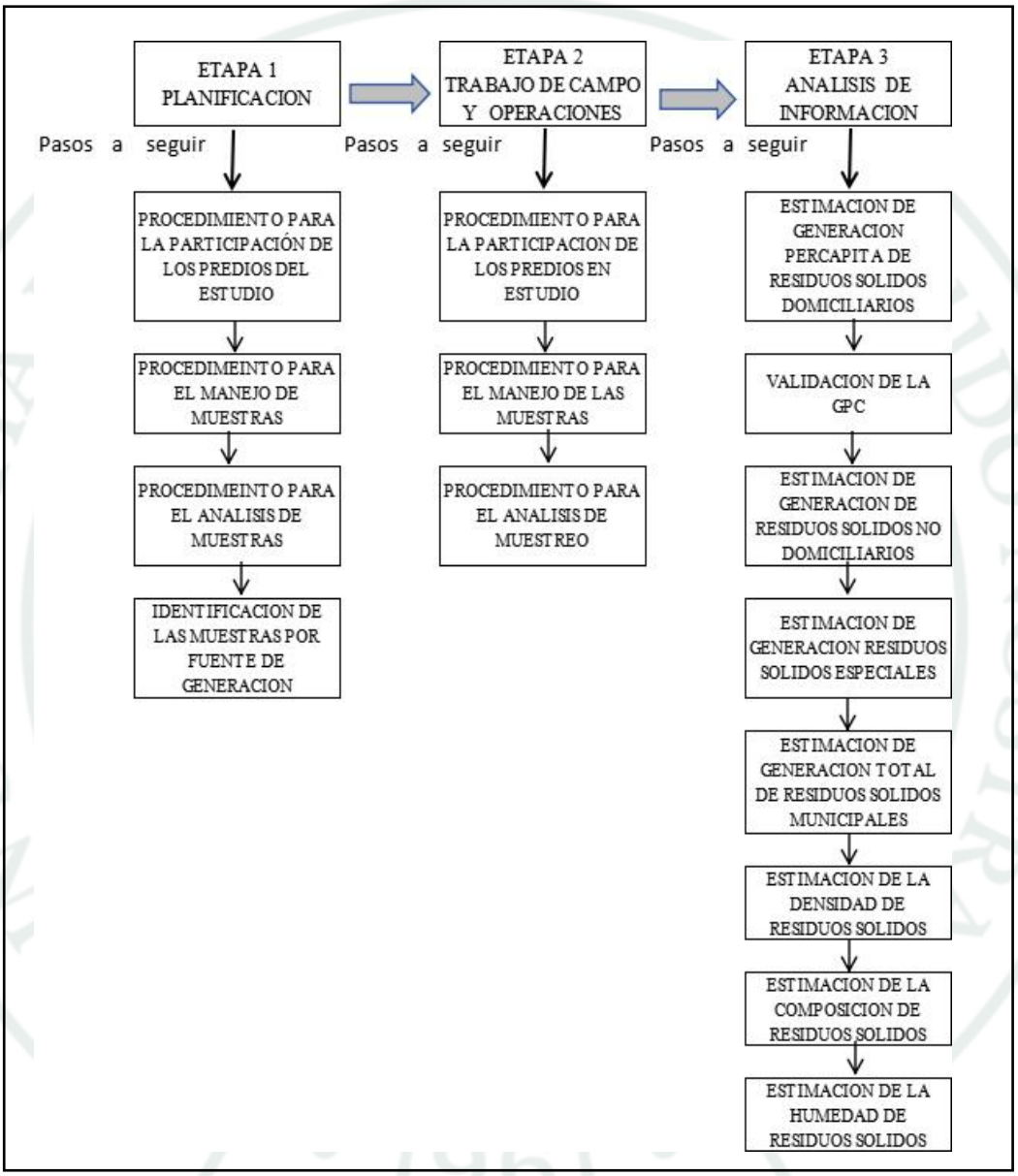
Datos y resultados: realizar el estudio de datos, interpretar y determinar resultados e incorporar los resultados en las actividades de gestión de residuos. Las muestras de residuos se clasifican según los tipos de materiales o productos, y el peso de los materiales clasificados se utiliza para calcular la proporción de cada categoría de material.

Esta información del muestreo de Residuos Sólidos Municipales (RSM) se utiliza para desarrollar una composición promedio estimada de residuos para una ciudad. La composición por tipo de residuos permite recomendar los procesos de valorización orgánica e inorgánica, con enfoque de economía circular. La metodología

adoptada sigue el enfoque aplicado en el estudio What a Waste 2.0 del Banco Mundial (Kaza et al., 2018), el cual integra la caracterización, proyección y planificación de la disposición final de residuos sólidos.

Figura 2

Pasos para la ejecución del estudio de caracterización de Residuos Sólidos



Nota: Guia MINAM 2018.

El estudio de caracterización de residuos proporciona información sobre el sistema actual de gestión de residuos, como las condiciones de desviación y disposición final, que puede utilizarse para establecer objetivos de reducción o desviación de residuos.

Para realizar la caracterización debemos tener en cuenta:

a) Seleccionar el área donde se realice el estudio como una parte importante de la planificación, la ubicación del estudio debe ser cerca de donde se recolectan los residuos para facilitar la selección de muestras y reducir los costos de transporte, a la vez que se minimiza el impacto del estudio en las operaciones diarias de la instalación, debe ser segura y cómoda para el personal que realiza el estudio, lo que incluye evitar el contacto con el tráfico de camiones y maquinaria pesada, reducir la exposición al polvo, la exposición solar, riesgos para la salud y eliminar la necesidad de que el personal recorra el sitio para acceder a los baños.
b) Programación: Planificar el estudio de caracterización de residuos durante el día, en un lugar bien ventilado y en momentos en que las condiciones o eventos inusuales no afecten a los residuos en los espacios destinados al estudio; las lluvias intensas pueden hacer que los residuos sean más pesados de lo normal debido al exceso de peso del agua.
c) Duración: El número de días de trabajo de campo debe permitir tiempo suficiente para obtener y clasificar la cantidad de muestras de residuos. Los residuos generados en los hogares fluctúan según los días laborables y los fines de semana, es importante recolectar los residuos durante toda la semana para tener en cuenta esta fluctuación.
d) Personal: La disponibilidad de personal capacitado para apoyar es fundamental para el éxito, las personas deben comprometerse a desempeñar sus funciones y responsabilidades durante todo el estudio. Se debe procurar mantener el mismo personal durante todo el estudio para garantizar la coherencia con el material que se clasifica y reducir la necesidad de capacitar a nuevo personal, lo cual puede prolongar la duración del estudio.
e) Costos: Se debe considerar la ubicación, la programación y la dotación de personal, ya que estos factores pueden influir en el costo total del estudio.

El procedimiento metodológico y secuencial establecido para la Caracterización de Residuos Sólidos Municipales, se estructura a través de las siguientes fases operativas:

1. Estudio de la Caracterización de Residuos Sólidos Domiciliarios.

1.1. Población y Viviendas.

Según el censo INEI 2017, el distrito de Camaná cuenta con una población estimada de 13,367 habitantes, siendo el 49.5% varones y 50.5% mujeres.

Tabla 3

Población por sexo Censo 2017

Concepto	Valor
Densidad Poblacional de habitantes del distrito de Camaná	13,367
Varones 6,621	49.50%
Mujeres 6,746	50.50%

Nota: Censo de población y vivienda, INEI 2017.

1.2. Zonificación del distrito de Camaná

Para determinar el número de viviendas en Camaná, se utilizó la información del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2017), que incluye datos sobre la población censada desglosados por edad, sexo, tipo de vivienda, y zonas urbanas y rurales. Según estos datos, se identificaron 4,673 viviendas en el distrito.

La población del distrito de Camaná está conformada por diferentes estratos socioeconómicos, con la finalidad de realizar el estudio de caracterización de residuos sólidos municipales de manera representativa, el distrito fue dividido en dos zonas o estratos socioeconómicos, tomando como base la información del nivel de pobreza monetaria del INEI (2018), clasifica a la población según sus condiciones económicas.

En la Tabla 4 se presenta el Número de viviendas del distrito de Camaná.

Tabla 4

Número de viviendas del distrito de Camaná

Tipo de vivienda	Cantidad
Casa independiente	4,382
Departamento en edificio	103
Vivienda en quinta	51
Vivienda en casa de vecindad	101
Vivienda improvisada	22
Local no destinado para hab. humana	14
TOTAL	**4,673**

Nota: Censo de población y vivienda, INEI 2017.

1.3. Determinación de la población actual y número de viviendas

Para la ejecución del estudio de caracterización, se calculó la población actual del distrito de Camaná tomando como base el Censo Nacional de Población y Vivienda del INEI (2017) y la tasa de crecimiento intercensal. La estimación se realizó aplicando la Fórmula 5, que es ecuación de tipo crecimiento geométrico, se utiliza específicamente para calcular la población actual, (Población actual INEI).

Cálculo de la población actual, en la que se considera la población del último censo, la tasa de crecimiento poblacional y el número de años transcurridos.

$$Pa = \text{Población último censo} * (1 + tcp/100)^{n} \qquad \text{(Fórmula 5)}$$

Donde:

Pa = población actual.

n = número de años entre el último censo y el presente año.

tcp = tasa de crecimiento entre últimos dos censos.

Asimismo, la tasa de crecimiento intercensal fue calculada mediante la Fórmula 6, que es ecuación de tipo crecimiento geométrico para hallar la tasa de crecimiento poblacional medio anual (Tasa de crecimiento poblacional INEI).

Cálculo de la tasa de crecimiento poblacional, considerando la población censada en los años 2007 y 2017.

$$TCP = \left[\frac{Pcf}{Pci}^{\left[\frac{1}{añof - añoi}\right]} \right] - 1 \quad * 100 \qquad \text{(Formula 6)}$$

Donde:

TCP = Tasa de crecimiento poblacional

Pci = población censada en el año i

Pcf = población censada en el año f

añoi = valor año i

añof = valor año f

1.4. Determinación del tamaño de muestra domiciliaria

Se identifica el total de viviendas del distrito de Camaná y se procede a determinar el tamaño de muestra domiciliaria para el estudio de caracterización de residuos sólidos municipales. Utilizando la Tabla 14 de Tamaño de muestra domiciliaria, de la metodología propuesta en la Guía para la Caracterización de Residuos Sólidos Municipales, MINAM 2018.

En la Tabla 5 se presenta el tamaño de muestra domiciliaria.

Tabla 5

Tamaño de muestra domiciliaria para el distrito de Camaná

Rangos de viviendas (N)	Tamaño de Muestra (n)	Muestra de contingencia (20% de n)	Total, de muestras domiciliarias
Hasta 500 viviendas	45	9	54
Más de 500 y hasta 1000 viviendas	71	14	85
Más de 1000 y hasta 5000 viviendas	94	19	113
Más de 5000 y hasta 10000 viviendas	95	19	114
Más de 10000 viviendas	95	23	119

Nota: Guía de Caracterización de Residuos Sólidos del MINAN

1.5. Determinación de la generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios

Para el cálculo de la generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios, se realiza la identificación y pesado de las bolsas recolectadas en cada vivienda empadronada, registrándose la información en formatos diarios de control.

Tabla 6

Formato de Generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios según estratos

DIA	ESTRATO B - C				ESTRATO D			
	VIVIENDAS	HABITANTES	PESO (KG/DIA)	GPC	VIVIENDAS	HABITANTES	PESO (KG/DIA)	GPC
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
TOTAL								

Nota: Elaboración propia

Una vez que concluido con el pesado de las bolsas durante los días que dure el estudio, se procede a digitalizar los datos obtenidos, con el fin de obtener los promedios por cada zona aplicando la fórmula 7:

$$GPC = \frac{\text{Dia 1} + \text{Dia 2} + \text{Dia 3} + \text{Dia 4} + \text{Dia 5} + \text{Dia 6} + \text{Dia 7}}{\text{Número de habitantes X Día}} \qquad \text{(Fórmula 7)}$$

Una vez concluido el periodo de muestreo, el resultado determina la generación per cápita domiciliaria validada en kg/hab/día, cuyos valores desagregados por estrato socioeconómico se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7

Generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios del distrito de Camaná

ESTRATO	GPC validada (Kg/hab/día)	Representatividad (%)	GPC Domiciliaria (Kg/hab/día)
Estrato			
Estrato			
TOTAL			

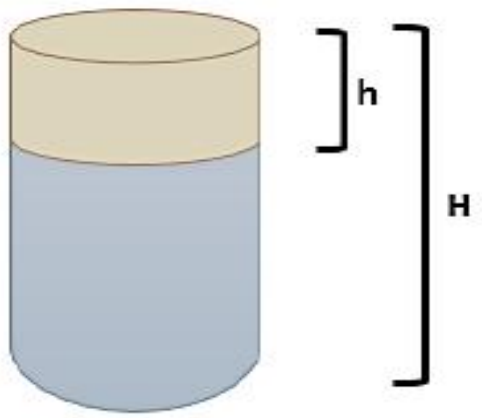
Nota: Elaboración propia

1.6. Determinación de la densidad de los residuos sólidos domiciliarios

La densidad de los residuos sólidos se determina empleando un cilindro de 200 litros de capacidad, cuyas dimensiones se detallan en la Figura 3. Medidas tomadas para el cálculo de la densidad. El procedimiento consiste en seleccionar bolsas al azar previamente pesadas, vaciar su contenido en el cilindro, compactar el material mediante 4 caídas controladas y medir la altura ocupada por los residuos.

Figura 3

Medidas tomadas para el cálculo de la densidad



La densidad se calculada en gabinete aplicando la Fórmula 8 (R.M. N°457-2018- MINAM). Determinación de la densidad de residuos sólidos, considerando el peso del residuo y el volumen ocupado.

$$D = \frac{M}{V} = \frac{M}{\pi \times \left(\frac{Diametro}{2}\right)^2 \times (H - h)}$$

(Formula 8)

Donde:

D: Densidad de los residuos sólidos (kg/m)

M: Peso de los residuos sólidos
V: Volumen del residuo sólido
d: Diámetro del cilindro
H: Altura total del cilindro
h: Altura no ocupada por residuos sólidos
$\boldsymbol{\pi}$: Constante ($\boldsymbol{\pi}$ = 3.1416)

1.7. Determinación de la humedad de los residuos sólidos domiciliarios

La humedad influye directamente en la generación de lixiviados y en los procesos de tratamiento del compostaje. Para su determinación, se trabaja con una fracción orgánica de los residuos sólidos domiciliarios obtenidos durante el estudio de caracterización.

El procedimiento consiste en seleccionar aproximadamente 1 kg de residuos orgánicos al azar, los cuales se trozan en fragmentos de 1 cm × 1 cm, colocados en bolsas herméticas y debidamente etiquetados. Este procedimiento se realiza los días 2 y 7 del estudio. Para su determinación de humedad en un Laboratorio Certificado.

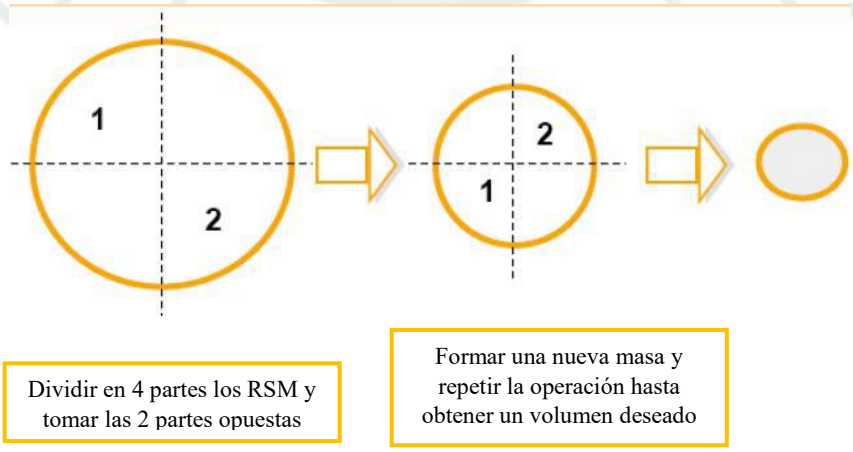
1.8. Determinación de la composición física de los residuos sólidos domiciliarios

Para la determinación de la composición física, se emplea la metodología de cuarteo, la cual permite obtener muestras representativas a partir de los residuos recolectados diariamente. Este procedimiento se ilustra en la Figura 4, donde se muestra el proceso de homogenización y reducción del volumen de residuos hasta obtener una muestra aproximada de 30 kg.

La clasificación de los residuos sólidos se realizara considerando categorías, definidas en función de su naturaleza y potencial de aprovechamiento.

Figura 4

Cuarteo de la muestra



1.9. Análisis estadístico de muestras domiciliarias

Para analizar la relación entre el crecimiento poblacional y la generación de residuos sólidos en el distrito de Camaná, se aplicarán técnicas estadísticas inferenciales. Se aplicará un coeficiente de correlación para evaluar la relación entre el crecimiento poblacional y la generación de residuos sólidos, siguiendo metodologías empleadas en estudios similares en el Perú (Cueva et al., 2022).

Previamente al análisis de correlación, se evaluó la distribución de normalidad de las variables mediante la prueba de Shapiro-Wilk, debido a que el tamaño de la muestra fue de 11 observaciones. Los resultados mostraron que la población ($p = 0,867$), la generación per cápita domiciliaria ($p = 0,747$), la generación per cápita municipal ($p = 0,870$) y la generación anual de residuos ($p = 0,864$) presentaron valores de significancia mayores a 0,05, por lo que se aceptó el supuesto de normalidad. En consecuencia, para determinar la relación entre las variables se empleó el coeficiente de correlación de Pearson utilizando el software IBM SPSS Statistics.

Se analizaron las correlaciones entre la población urbana proyectada, la Generación Per Cápita municipal (GPC) y la generación municipal anual de residuos sólidos, con la finalidad de identificar la dinámica del sistema y el factor crítico que incide en el dimensionamiento del relleno sanitario.

2. Estudio de la caracterización de residuos sólidos de fuentes Comerciales y especiales.

2.1 Recolección de Muestras de Generadores Comerciales y Especiales.

Para realizar el estudio en establecimientos comerciales se repartirán bolsas de color diferente a los domiciliarios, repartiendo a los comercios empadronados.

2.2. Determinación de la Generación de Residuos Sólidos Comerciales

Para determinar la generación de residuos sólidos comerciales, se realizan las siguientes actividades:

• En los establecimientos comerciales seleccionados al igual que en los domicilios se empadronan y recogen los residuos sólidos generados diariamente durante 8 días seguidos, descartando los residuos del día 0. Los residuos recolectados se trasladan al área de trabajo para determinar los parámetros correspondientes

• De la misma manera que los residuos domiciliarios se pesara cada bolsa recolectada, previa identificación del código de empadronamiento, registrando los valores en el formato de registro de pesos diarios.

Tabla 8

Formato de registro diario de pesos no domiciliarios y especiales

N°	Código	Generación de Residuos Sólidos Comerciales y Especiales							Generación Total
		Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7	
		Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg/día
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									

Nota: Elaboración Propia.

• Una vez que se ha concluido con el pesado de las bolsas durante los días que dura el estudio se procede a digitalizar y validar los datos obtenidos.

• La estimación de la generación de residuos sólidos comerciales es la suma de los promedios obtenidos de cada una de las diferentes fuentes de generación definidas anteriormente en el cálculo de la muestra, multiplicados por el total de generadores de cada una de ellas.

2.3. Determinación de la Composición Física, Densidad y Humedad

Para determinar la composición física, densidad y humedad de los residuos de los establecimientos comerciales, se realiza el mismo procedimiento que para las muestras de origen domiciliario.

2.4. Determinación de la Generación en las Instituciones Educativas

Para el desarrollo de esta etapa se realizaran las siguientes actividades: Se pesaran durante 5 días (lunes a viernes) los residuos sólidos generados de las instituciones educativas empadronadas, para luego hacer los cálculos respectivos.

Para calcular la generación total de los residuos sólidos se multiplica la generación promedio por el total de generadores (alumnos, profesores y personal administrativo) en las Instituciones Educativas del distrito, según Formula 9:

Fórmula 9

G. Total = Generación promedio corregida x Total de alumnos y personal de las IE

2.5. Determinación de la Generación en Instituciones Públicas

Para determinar la generación de residuos sólidos en Instituciones Públicas y Privadas, se desarrollaran las siguientes actividades:

- Entrega de oficios de invitación para participar en el estudio a los representantes y/o

autoridades competentes de cada institución.

- Recabar información básica para realizar los cálculos y proyecciones de la generación de residuos sólidos.

- En cada una de las instituciones empadronadas, se recogerán y pesaran los residuos

generados, (según días y horarios de trabajo).

Para calcular la generación de los residuos sólidos por Instituciones públicas se aplicó la siguiente fórmula:

Fórmula 10:

$$GPpp = \frac{\text{Promedio de peso recolectado X días laborados}}{\text{7 días}}$$

Donde:

GPpp = Generación de promedio corregida por institución pública/privada (kg/institución/día).

2.6. Determinación de la Generación del Servicio de Limpieza Pública

Para la determinación de la generación total de barrido de calles se coordina previamente con el jefe del Área de Limpieza Pública con el fin de programar las siguientes actividades:

- Identificar las rutas de barrido del distrito.

- Selección de rutas a trabajar para el pesaje diario de los residuos generados durante 6 días (según días de trabajo).

Si la distancia total barrida es mayor a 5 km se deberá seleccionar de 3 a 5 rutas como mínimo por tipo de vías: comercial, residencial, entre otros estas rutas deberán contener, como mínimo, 5 Km de recorrido total. Una vez registrados los datos se calcula la generación total considerando el promedio corregido de residuos generados por barrendera/día y el total de kilómetros lineales barridos.

2.7. Determinación de la Generación de Residuos Especiales

La caracterización solo se centrará en cuantificar los residuos producidos de manera constante por laboratorios de ensayos ambientales y similares, lubricentros, centros veterinarios, centros comerciales y ferias.

En el caso de laboratorios de ensayos ambientales y similares, lubricentros, centros veterinarios, se deben identificar la cantidad de generadores y tomar, como mínimo, un 20% de los generadores existentes en cada fuente de generación, En los establecimientos Especiales seleccionados al igual que en los domicilios se empadronan y recogen los residuos sólidos generados diariamente durante 8 días seguidos, descartando los residuos del día 0, se pesara cada bolsa recolectada, previa identificación del código de empadronamiento, registrando los valores en el formato de registro de pesos diarios. La estimación de la generación de residuos sólidos comerciales es la suma de los promedios obtenidos de cada una de las diferentes fuentes de generación definidas anteriormente en el cálculo de la muestra, multiplicados por el total de generadores de cada una de ellas.

Los eventos masivos y los residuos de demolición o remodelación de edificaciones de obras menores no comprendidos dentro de las competencias del Sector Vivienda y Construcción entre otros, salvo los que están dentro del ámbito de competencias sectoriales, no forman parte de esta caracterización, ya que cuentan con dinámicas particulares.

B. Determinación de la ubicación del relleno sanitario.

Para determinar la ubicación técnicamente para el relleno sanitario, se utilizarán estudios previos y datos geoespaciales proporcionados por entidades competentes. Se evaluarán aspectos clave como la zonificación territorial, la accesibilidad, las condiciones topográficas, la proximidad a cuerpos de agua y la estabilidad del suelo. Además, se tomarán en cuenta estudios hidrogeológicos para conocer el nivel freático y minimizar el riesgo de contaminación ambiental, garantizando así una ubicación segura y sostenible.

Para la identificación y evaluación de áreas potenciales para la construcción de un relleno sanitario, se consideraron los criterios establecidos en la Guía para la identificación de zonas potenciales para infraestructura de disposición final de residuos sólidos municipales, RM. 165-2021-MINAM 2021. La tabla 9, proporciona directrices fundamentales y criterios mínimos para la restricción y selección de área para disposición final segura de residuos sólidos municipales, asegurando que el área seleccionada cumpla con los requisitos técnicos y ambientales necesarios para la correcta gestión de los residuos sólidos, garantizando la sostenibilidad y minimizando los impactos negativos sobre el entorno y la salud pública.

Tabla 9

Criterios mínimos para la restricción y selección de área para disposición final segura de residuos sólidos municipales

CRITERIOS DE RESTRICCIÓN			CRITERIOS DE SELECCIÓN		
ITEM	**CRITERIOS**	**COMENTARIOS**	**ITEM**	**CRITERIOS**	**COMENTARIOS**
I.	**Seguridad aeroportuaria distancia a aeropuertos o pistas de aterrizaje (m)**	No se deberá escoger zonas menores a 13 km.	**I.**	**Distancia a centros poblados**	El área para disposición final segura deberá ubicarse a una distancia no menor a ≥500 m. de poblaciones, granjas porcinas, avícolas por excepción
II.	**Fallas geológicas, áreas inestables**	El área para la disposición final segura se ubicará a 60 m. o más de las fallas que hayan tenido desplazamiento durante el Holoceno. También hace algunas excepciones.	**II.**	**Geomorfología**	Se debe preferir lugares con superficies planas o con pendientes moderadas.
III.	**Zonas sísmicas**	El área para la disposición final segura no deberá ubicarse en lugares propensos a sufrir agrietamientos, desprendimientos, desplazamientos u otros movimientos de masas que pongan en riesgo la seguridad del personal y/o la operatividad en el área.	**III.**	**Condiciones hidrológicas**	Deberán considerar el uso de aquellas zonas donde las aguas superficiales se encuentren a una distancia mayor de 500m. del perímetro de las áreas evaluadas.
IV.	**Infraestructura existente**	No se podrán seleccionar zonas que se encuentren dentro de las áreas de influencia de obras de infraestructura tales como embalses, represas, refinerías, obras hidroeléctricas, entre otros	**IV.**	**Condiciones hidrogeológicas**	Se preferirá el uso de aquellas zonas donde las aguas subterráneas se encuentren a una profundidad mayor (03) tres metros de la base del área para disposición final segura proyectada.
V.	**Plan urbano y proyectos de desarrollo regional o nacional**	- No se permitirá la ubicación de la disposición final segura en áreas incompatibles con el plan de desarrollo urbano de la ciudad. - No se deberán ubicar en áreas naturales protegidas por el Estado. - No se deberán ubicar en áreas vulnerables a desastres naturales (Inundaciones, Deslizamientos de tierra, piedra y/o lodo). - No se deberá ubicar en zonas arqueológicas.	**V.**	**Geología**	Se tendrá preferencia por aquellos lugares que presenten condiciones geológicas favorables del subsuelo como tipo de suelo, estratigrafía, entre otros.
VI.	**Saneamiento físico legal del terreno**	- No se considerará terreno que se encuentra en litigio. - En caso de arrendamiento, el municipio deberá contar con un convenio o contrato firmado y debidamente legalizado por ambas partes. - Cuando el terreno sea propiedad del Municipio, éste deberá está registrado en el catastro de la propiedad, señalando que será de uso restringido.	**VI.**	**Vida útil**	La vida útil del lugar seleccionado debe ser mayor o igual a 05 (cinco) años.
VII.	**Participación ciudadana**	No deberá considerar áreas en conflicto, Si existe rechazo de la población al área propuesta, esta no deberá ser considerada.	**VII.**	**Material de cobertura**	- El área seleccionada como cantera del material de cobertura debe contar con suficiente material de fácil extracción, el mismo que deberá ubicarse dentro del área evaluada o cerca de la misma para garantizar la vida útil. - Se debe preferir materiales finos areno-arcillosos. - Se deberá garantizar su adquisición durante la vida útil de la infraestructura.
			VIII.	**Dirección de los vientos**	De preferencia la dirección predominante de los vientos debe estar orientada en sentido contrario a la zona urbana o poblaciones cercanas en relación al área evaluada.

Nota: Guía para la identificación de zonas potenciales para infraestructura de disposición final de residuos sólidos municipales, RM. 165-2021-MINAM 2021

1. Marco institucional y normativo aplicable a la ubicación del relleno sanitario.

La determinación de la ubicación de un relleno sanitario en la provincia de Camaná se desarrolla considerando el marco normativo vigente en el Perú, el cual regula de manera específica la planificación, evaluación y aprobación de infraestructuras de disposición final de residuos sólidos. La legislación nacional establece un enfoque de gestión integral, donde los residuos sólidos dejan de ser considerados únicamente como desechos y pasan a concebirse como recursos potenciales dentro de una cadena de valorización, en concordancia con los principios de la economía circular.

En este contexto, la selección del terreno para un relleno sanitario no se limita al cumplimiento de criterios técnicos aislados, sino que responde a un proceso articulado que involucra a diversas entidades del Estado, cada una con competencias claramente definidas. Este entramado institucional resulta determinante para la viabilidad técnica, ambiental y administrativa del proyecto.

En la Tabla 10 se presenta el rol principal y las funciones específicas de las entidades del Estado involucradas en el proceso de selección, evaluación, aprobación y fiscalización de la infraestructura de disposición final de residuos sólidos en el ámbito provincial.

Tabla 10

Rol principal y funciones específicas de las entidades del Estado

Entidad	Rol Principal	Funciones Especificas
Ministerio del Ambiente (MINAM)	Ente rector a nivel nacional	Promueve políticas y planes; aprueba la clasificación de proyectos y sus términos de referencia; declara emergencias en gestión de residuos.
Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA)	Autoridad técnico-sanitaria	Aprueba estudios de selección del área; emite opinión técnica favorable para la aprobación de proyectos municipales; norma y vigila los aspectos sanitarios.
Municipalidades Provinciales	Responsables de la gestión integral	Planifican y aprueban los PIGARS; aprueban proyectos de infraestructura mediante resolución de alcaldía, previa opinión técnica de DIGESA.

Entidad	Rol Principal	Funciones Especificas
Municipalidades Distritales	Responsables de la recolección y transporte	Aseguran la prestación de los servicios; determinan las áreas a ser utilizadas en coordinación con la municipalidad provincial.
Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA)	Fiscalización y supervisión	Supervisa el cumplimiento de la normativa por parte de las entidades; tiene competencia directa para fiscalizar el manejo en actividades económicas como la minería.

Fuente: Elaboración propia.

2. Criterios Normativos del MINAM para la Selección de Áreas de Disposición Final Segura en la Provincia de Camaná

La selección del sitio óptimo para la infraestructura del Relleno Sanitario y planta de valorización en la provincia de Camaná se fundamenta en la Resolución Ministerial N.º 165-2021-MINAM y el Decreto Legislativo N.º 1278, Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Se desarrollan detalladamente los criterios técnicos aplicados al contexto territorial de la provincia:

Para la determinación de la ubicación más adecuada del relleno sanitario, se empleó un enfoque de evaluación multicriterio, sustentado en información técnica, ambiental, social y territorial proveniente de estudios previos. Este proceso permitió analizar de manera integral las condiciones físicas del terreno, su entorno ambiental y su compatibilidad con la planificación territorial vigente.

La selección del terreno constituye la etapa más crítica del proceso de planificación, dado que condiciona la sostenibilidad operativa, el control de impactos ambientales y la aceptación social del proyecto a largo plazo.

3. Criterios de proximidad y socioambientales.

Dentro del análisis multicriterio, se evaluaron los criterios de proximidad a centros poblados, infraestructuras sensibles y cuerpos de agua, conforme a la normativa sanitaria y ambiental vigente. Se consideró la distancia mínima a viviendas, granjas de crianza, cuerpos de agua superficiales y aeropuertos, así como la exclusión de áreas naturales protegidas, zonas de recarga hídrica, humedales, áreas arqueológicas y zonas de valor cultural.

Se evaluaran mediante sistemas de tele detección y cartografía digital. Se traza un buffer radial alrededor del terreno evaluado y se genera un área de influencia, se utilizara herramientas: Software QGIS) y utilizando imágenes satelitales actualizadas de Google Earth Pro o agencias geoespaciales como el IGN.

4. Criterios geológicos, hidrogeológicos y geotécnicos.

El análisis técnico del terreno incluyó la evaluación de la topografía, pendiente, tipo de suelo, permeabilidad, profundidad de la capa freática y vulnerabilidad frente a peligros geológicos y sísmicos. Se priorizaron terrenos con pendientes moderadas, suelos de baja permeabilidad y niveles freático profundos, a fin de reducir el riesgo de contaminación de las aguas subterráneas y facilitar las operaciones de disposición final.

Asimismo, se consideró la poca presencia de barreras sanitarias naturales y la necesidad de implementar barreras geológicas artificiales en aquellos casos donde el suelo no cumpliera con los valores de permeabilidad exigidos por la normativa técnica.

Se evaluaran realizando un levantamiento topográfico del terreno para generar las curvas de nivel y calcular el porcentaje de inclinación de la superficie. utilizando GPS Diferencial (GNSS) para obtener el porcentaje de pendiente y grado de estabilidad del relieve. Con diseño de ingeniería en software CAD (AutoCAD Civil 3D).

5. Compatibilidad con la planificación territorial.

La ubicación del relleno sanitario fue evaluada en función de su compatibilidad con los instrumentos de planificación territorial, tales como los planes de ordenamiento territorial, planes urbanos y el Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos (PIGARS) de la provincia de Camaná. Este análisis permitió garantizar que la infraestructura propuesta se integre de manera armónica con el desarrollo urbano, las actividades productivas y las áreas de conservación.

6. Definición de parámetros, pesos y sistema de calificación.

Para la evaluación comparativa de las alternativas, se definieron parámetros cuantificables agrupados en componentes técnicos, ambientales y sociales. Asimismo, se establecieron valores límite o de referencia conforme a la normativa vigente y se asignó un peso de importancia a cada parámetro, considerando su relevancia para la aceptación social, el cumplimiento legal y el adecuado funcionamiento del relleno sanitario, en la Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario mecanizado elaborada por el MINAM (2018), se tiene la forma de dar el valor de la importancia del indicador.

En la Tabla 11 se presenta la escala de calificación utilizada para la obtención del puntaje ponderado final de cada alternativa.

Tabla 11

Escala de calificación para el puntaje ponderado final del terreno

Puntaje Ponderado Total	Calificación
0 - 146	MALO o Terreno No aceptable u opción Marginal
147 -195	REGULAR o terreno moderadamente aceptable.
196 -245	BUENO o Terreno aceptable.
246 - 292	MUY BUENO o Terreno aceptable de Primera Opción.

C. Dimensionamiento del relleno sanitario.

1. Dimensionamiento del relleno sanitario.

Se basará en datos históricos sobre la generación de residuos sólidos en la provincia y el estudios de Caracterización de Residuos Sólidos 2024, se analizarán estudios técnicos que consideren la tasa de generación de residuos y el crecimiento poblacional, permitiendo así estimar la capacidad requerida en un horizonte de planificación adecuado. A partir de esta información, se definirán las dimensiones del relleno, su vida útil y las especificaciones de las celdas de disposición final, aplicando modelos matemáticos y criterios de ingeniería ambiental para garantizar una gestión eficiente y sostenible.

Conforme a las pautas de la Guía de Diseño, Construcción, Operación, Mantenimiento y Cierre de Rellenos Sanitarios Mecanizados MINAM 2018, se evaluaran los diferentes tipo de relleno sanitario para el manejo de los residuos generados y para el dimensionamiento del relleno, siendo estas la Fórmula 11, 12, 13, 14 y 15:

1) Cálculo de conversión del volumen total de residuos a disponer:

$$Vrs = P \times G \times T \qquad \text{(Fórmula 11)}$$

- Vrs: Volumen total de residuos sólidos a disponer (m^3)
- P: Población estimada (habitantes)
- G: Generación per cápita diaria de residuos (kg/hab/día)
- T: Tiempo de operación del relleno sanitario (días)

2) Cálculo de conversión del volumen de residuos compactados:

$V_{rc} = V_{rs} \times D$ (Fórmula 12)

- V_{rc}: Volumen de residuos compactados (m^3)
- D: Factor de densificación (generalmente entre 0.3 y 0.5)

3) Cálculo del volumen total de residuos más material de cobertura

- $V_{trs} = V_{rc} + MC$ (Formula 13)
- V_{trs}: Volumen total de residuos más material de cobertura
- V_{rc}: Volumen de residuos compactados (m^3)
- MC: Material de cobertura (%)

4) Cálculo de dimensionamiento del área requerida del relleno sanitario

$A = V_{trs} / H$ (Fórmula 14)

- A: Area total del relleno sanitario (m2)
- V_{trs} : Volumen total de residuos más material de cobertura (m3/año)
- H: Altura promedio de las celdas (m)

5) Calculo de planificación del Número de trincheras del relleno sanitario

N = V_{trs} (por años) / Volumen de celda o trinchera (Fórmula 15)

- N: Número de trincheras
- V_{trs}: Volumen total de residuos más material de cobertura (m3)
- Volumen de celda o trinchera (m3)

Asimismo, se deben tener en cuenta ciertas consideraciones técnicas adicionales:

Generación per cápita de residuos (G): Varía según la región y tipo de población. Es esencial realizar estudios de caracterización de residuos para obtener datos precisos.

Factor de densificación (D): Depende de la maquinaria utilizada y las prácticas operativas. Un mayor grado de compactación reduce el volumen para la disposición final.

Altura de las celdas (H): Debe considerar la capacidad de compactación, la estabilidad estructural y la prevención de filtraciones.

Número de celdas (N): Debe planificarse en función de la vida útil del relleno sanitario y la capacidad de expansión futura.

6) Cálculo del Diseño de celdas. Ecuación de dimensionamiento lineal**.** Longitud de Celda.

$$L = \frac{Vz}{A \times hz} \qquad \text{(Formula 16)}$$

L = largo o longitud

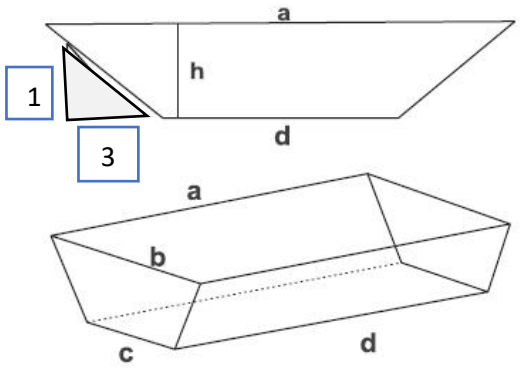
Vz = volumen de la zanja(promedio de Volumen de RRSS+MC en 10 años)

a = ancho (m)

hz = profundidad (m)

7) Cálculo de volumen de celda. Ecuación geométrica de un prismoide.

$$\text{Volumen de celda} = \tfrac{1}{3}.\ h\ (a \times b + c \times d) + (\sqrt{(a \times b) \times (c \times d)}) \qquad \text{(Formula17)}$$



Largo de celda: a

Ancho de celda: b

Profundidad Promedio de celda: h

Talud de celda

2. Diseño de la celda diaria.

El diseño de las celdas diarias, la compactación, el uso de material de cobertura, así como los criterios de estabilidad de taludes y operación, se desarrollaron conforme a la normativa vigente.

Para garantizar la sostenibilidad y el cumplimiento de las normativas ambientales en la operación del relleno sanitario, este diseño debe considerar la capacidad volumétrica requerida para la disposición de residuos a lo largo de la vida

útil, así como la gestión de los lixiviados y gases generados. Según Tchobanoglous G. (2002), una gestión integral de residuos sólidos debe incluir no solo la disposición final, sino también el control y tratamiento de los subproductos de la descomposición, como lixiviados y biogás, para minimizar los impactos ambientales.

El talud de la celda es el plano inclinado en donde se apoyan los residuos y los equipos compactadores.

El material de cubierta es la tierra necesaria que cubre los residuos después de haberlos depositado, esparcido y compactado; este material, evita la proliferación de vectores, animales como ratas, insectos, moscas y mosquitos; malos olores al descomponerse los residuos y la dispersión de los residuos fuera del relleno por el viento. Se recomienda un espesor de 20 cm. compactados de tierra entre los niveles de celdas (SEDUE, 1984 y el Instituto Tecnológico Geominero de España, 1992) y como cobertura final con material apropiado en un espesor no menor de 0.60 m. La compactación de los residuos sólidos debe alcanzar una compactación de 500 kg/m3, así aumenta la descomposición de la materia orgánica, la cual se transforma en agua, humus y gases, lo que reduce su volumen haciendo que las celdas superiores se compacten debido al peso de las celdas inferiores.

3. Sistemas de Drenaje, Lixiviados y Biogás

La prevención Barrera Primaria, es el diseño geotécnico protegiendo con sistemas de impermeabilización y capas de drenaje para captar el lixiviado antes de que percole hacia el subsuelo.

El diseño metodológico óptimo exige un sistema de barrera compuesta de geosintético más suelo de baja permeabilidad, trabajando en paralelo con un sistema de drenaje dimensionado para mantener la carga hidráulica bajo el límite crítico de 30 cm. Esto asegura que el lixiviado se capte de manera eficiente sin generar presiones que fuercen su filtración al subsuelo.

a. Sistema de Lixiviado.

Los líquidos generados por la descomposición de la basura en el relleno sanitario son denominados líquidos percolados o lixiviados, de color oscuro y de mal olor, tienen alta demanda bioquímica de oxígeno y muy contaminantes en aguas superficiales, estos aumentan significativamente con las lluvias que caen en el relleno sanitario, por lo que deben tener su propio sistema de alcantarillado sanitario, se tienen

que construir drenes de lixiviados en el interior de las trincheras en todo el largo de la trinchera para ser trasladados hacia a una poza de captación.

Se diseñará un sistema de captación de drenes de lixiviados en el interior de las plataformas, en todo lo largo al pie del talud, se captarán y conducirán a los lixiviados hacia la poza de captación, las trincheras serán impermeabilizadas con geomembranas de HPDE y protegidas con geotextiles; en su interior se construirán drenes que estarán constituidos por una capa de grava drenante y tuberías perforadas en el fondo de cada celda, sobre la geomembrana de polietileno de alta densidad - HPDE y una tubería de captación al final de la trinchera hacia el pozo colector, la tubería debe estar protegida por una capa de grava de menor diámetro para evitar daños a la tubería.

Este diseño incluye obras de drenaje pluvial perimetral, sistema de captación y conducción de lixiviados. La tasa de lixiviado producida por un relleno sanitario eventualmente es igual a la tasa de filtración de la precipitación (Call Recovery, 1997). (Jorge Jaramillo 2002, pag. 115), la generación de lixiviado se presenta fundamentalmente durante los periodos de lluvias y se interrumpe durante los periodos secos. Por tal razón, sería conveniente una adaptación de este método de cálculo para calcular la generación del lixiviado en función de la precipitación de los meses de lluvias y no de todo el año (Jorge Jaramillo 2002). La estimación de lixiviados se realizó mediante el método Suizo, este permite estimar de manera rápida y sencilla el caudal de lixiviado. Este criterio es importante a la hora de estimar la red de drenaje o almacenamiento, conforme a la Fórmula 18 de cálculo de generación de lixiviados..

Aplicando el método Suizo, por meses:

$$\text{Lixiviado} = \text{Precipitación} \times \text{Área} \times \text{Coeficiente} \qquad \text{(Formula 18)}$$

1 m = 103 mm

• Para rellenos débilmente compactados con peso específico de 0.4 a 0.7 ton/m3, se estima una producción de lixiviado entre 25 y 50% (K= 0.25 a 0.50) de la precipitación media anual correspondiente al área del relleno.

• Para rellenos fuertemente compactados con peso específico > 0.7 ton/m3, se estima una generación de lixiviado entre 15 y 25% (K= 0.15 a 0.25) de la precipitación media anual correspondiente al área del relleno.

El método para manejar el lixiviado del relleno sanitario determina el riesgo asociado con la contaminación de posibles acuíferos subterráneos.

b. Sistema de Biogás.

El valor de la generación potencial de metano en los residuos solo depende en el tipo de residuos en el relleno sanitario con excepción de los climas seco donde la falta de humedad limita la generación de metano. La falta de humedad o muy poco humedad provoca la inhibición de las bacterias generadoras de metano, conforme el contenido de celulosa en los residuos aumenta, el valor de también aumenta. Las unidades de generación de metano están en metros cúbicos por tonelada de residuos, lo cual significa que el valor de gas metano es el producido por tonelada de residuos según se descompone la materia. (Victoria Ludwig, 2007, Pag. 1-5)

Los valores teóricos generación de metano varían entre 6.2 y 270 m3 /Mg (Megagramo) de residuos (EPA, 1991)

Se debe construir un sistema de drenaje de gases con tuberías de captación, el drenaje de gases está constituido por un sistema de ventilación de piedra y tubería perforada, revestida con piedra que funciona a manera de chimeneas o tubos de ventilación que atraviesan en sentido vertical todo el relleno. Estas se construyen conectándolas a los drenajes de lixiviado que se encuentran en el fondo y se las proyecta hasta la superficie, a fin de lograr una mejor eficiencia en el drenaje de líquidos y gases.

Para el sistema de captación de biogás, se diseñó considerando el Modelo de Degradación de primer orden (FOD) del IPCC.

La metodología del IPCC para estimar las emisiones de CH4 provenientes de los Sitios de eliminación de residuos sólidos (SEDS), se basa en el Modelo de Degradación de primer orden (FOD). En este método se formula la hipótesis de que el componente orgánico degradable (Carbono orgánico degradable, COD) de los desechos se descompone lentamente a lo largo de unas pocas décadas, durante las cuales se forman el CH4 y el CO2, se detalla el cálculo paso a paso siguiendo la metodología de Directrices del IPCC (2006), Vol. 5:

Estimación de la masa anual de residuos:

Masa anual = Vrs * densidad (Fórmula 18)

Determinación del Carbono Orgánico Degradable (DOC) valores por defecto del IPCC para clima tropical:

DOC total = (Fracción orgánica * DOC) + (Fracción inorgánica * DOC)

Parámetros de degradación (k y DOCf)

- Constante de decaimiento (k): Para un clima seco (menor 1000 mm lluvia) y cálido (mayor 20°C), el IPCC sugiere valores bajos. Aplicando un promedio ponderado según la composición, se obtiene k = 0.0662
- DOCf (Fracción de DOC que realmente se descompone): Se utiliza el valor estándar de 0.5
- F (Fracción de metano en biogás): 0.5

El Potencial de Generación de Metano (Lo)

Primero determinamos cuánto metano puede generar cada tonelada de residuo según su composición:

$$Lo = MCF * DOC * DOCf * F * 16/12$$

Donde:

- MCF (Factor de corrección de metano)
- DOC (Carbono Orgánico Degradable)
- DOCf (Fracción que se degrada): 0.5 (valor por defecto IPCC).
- F (Fracción de CH_4 en el biogás)
- 16/12: Factor de conversión de Carbono a Metano = 1.333
- La densidad del metano = 0.667 kg/m³

La Ecuación de Degradación de Primer Orden (FOD)

La producción de metano al ser una masa constante anual la formula se simplifica mediante una serie geométrica para el flujo de metano en 10 años:

$$Q\ CH4_{10} = M.\ Lo.\ (1 - e\ ^{-k.t})$$

Masa anual (M)

Lo en masa:

Factor de decaimiento: (1 - e ^-0.0610)

Conforme al modelo IPCC, respalda el diseño de un sistema de captación con pozos verticales espaciados cada 25 m, tal como proponen López et al. (2020). Este sistema no solo mitiga las emisiones de gases de efecto invernadero, sino que también representa una oportunidad futura para la valorización energética, alineándose con los principios de la Ley General del Ambiente (Ley Nº 28611) y el Decreto Legislativo Nº 1278.

D. Desarrollo de un modelo de plantas de reciclaje.

Los procesos de transformación se utilizan para reducir el volumen y el peso de los residuos que requieren eliminación, así como para recuperar productos de

conversión y energía. La fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos (RSU) puede transformarse mediante diversos procesos químicos y biológicos. El proceso de transformación biológica más común es el compostaje aeróbico (G..Tchobanoglous 2002)

El diseño del modelo de plantas de reciclaje se basará en información existente sobre la cantidad y tipo de residuos reciclables generados. Se evaluará la viabilidad de su implementación considerando aspectos técnicos, económicos y ambientales, de estrategias implementadas, con programas de segregación en la fuente y promoviendo un enfoque de economía circular que optimice el aprovechamiento de los residuos.

Si las municipalidades promueven la educación ambiental e implementan una recolección selectiva de los residuos sólidos en su jurisdicción, como parte de su política para resolver los problema que generan los residuos sólidos, entonces se puede obtener beneficios ambientales, como la disminución en la cantidad y peligrosidad de los residuos, la conservación, protección del entorno, de sus recursos naturales y mejora de la calidad de vida.

El compostaje es la descomposición biológica de la fracción orgánica biodegradable de los RSU en condiciones controladas, hasta alcanzar un estado suficientemente estable para su almacenamiento y manipulación sin inconvenientes, y para su uso seguro en aplicaciones terrestres (Golueke et al., 1955; Golueke, 1972; Díaz et al., 1993)".

El compostaje de RSU produce una reducción de volumen de hasta un 50 % y consume aproximadamente el 50 % de la masa orgánica en base a peso seco, liberando principalmente CO_2 y agua. El compostaje descompone los tejidos vegetales y animales fácilmente degradables.

El cálculo del área total de la plataforma de compostaje tiene diversos factores que se combinan para determinar las dimensiones del área requerida. Entre ellos se encuentran el volumen total de material a procesar durante todas las etapas del proceso, desde la construcción de las pilas hasta la eliminación del producto almacenado, la configuración de las pilas, el espacio necesario para el equipo de manipulación de materiales, maniobra, y el sistema de aireación forzado o por volteo (G. Tchobanoglous, 2002).

Para detallar los cálculo de áreas y dimensionamiento técnico de las plantas de reciclaje orgánico e inorgánico, utilizaremos al autor más relevante y respetado a nivel mundial, George Tchobanoglous 2002, con un enfoque estándar en las facultades de

ingeniería ambiental y civil. El dimensionamiento de plantas de compostaje y reciclaje de inorgánicos requiere fórmulas basadas en la física de los materiales. La metodología de Tchobanoglous aporta criterios indispensables que resuelven los problemas reales de la operación, su validación empírica global y sus modelos matemáticos no son teóricos; nacieron de la evaluación de cientos de plantas operando en condiciones reales en Estados Unidos y el mundo.

a) Dimensionamiento planta de compostaje orgánicos.

Pasos para calcular el área de la plataforma, se organizan en cuatro grupos principales:

A. Volumen total de materia prima a compostar.
B. Area ocupada únicamente por las pilas.
C. Area de maniobra
D. Area total de la plataforma.

A. Volumen total de materia prima.

Volumen total de materia prima en m^3

B. Area ocupada únicamente por las pilas.

Se calcula de la siguiente manera (Tchobanoglous, 2002, Cap. 12-16):

1. Volumen de material a compostar
2. Periodo de compostaje (tiempo de retención)
3. Volumen total de material en la plataforma
4. Dimensiones de la pila: largo, alto y ancho
5. Volumen de la pila:
6. Número de pilas = volumen total de material / volumen de la pila
7. Distancia entre pilas
8. Espacio alrededor del perímetro del área de compostaje
9. Longitud del área de compostaje = longitud de la pila + espacio del perímetro
10. Ancho del área de compostaje = ancho de las pilas + distancia entre pilas + espacio del perímetro
11. Área requerida para pilas = largo × ancho

C. Area de curado, cribado y maniobra

Se calcula de la siguiente manera (Tchobanoglous, 2002, Cap. 12-18):

Area de curado o maduración = 13% del área de compostaje

Area de cribado y almacenamiento final = 33% del área de compostaje.

D. Area total de la plataforma:

Total de Plataforma de compostaje = Área requerida para pilas + Area de maduración + Area de cribado y almacenamiento final

b) Dimensionamiento planta de reciclaje inorgánicos.

La proyección de la demanda del servicio de aprovechamiento de residuos sólidos inorgánicos se estima a partir de la generación total de residuos sólidos municipales, en función de este porcentaje se determina una demanda diaria de toneladas por día de residuos inorgánicos aprovechables.

La planta de reciclaje estará diseñada para la segregación, acopio y acondicionamiento de los materiales reciclables más representativos identificados en la caracterización de residuos sólidos, los cuales se detallan a continuación.

Los papel, cartón, plásticos, estarán conformados principalmente por PET, PEAD, PEBD y PP; estos materiales serán clasificados por tipo, limpiados y compactados en fardos para su posterior comercialización.

Se proyecta la demanda anual del servicio de aprovechamiento de residuos sólidos reciclables inorgánicos para el periodo 2024–2034.

Cálculo de dimensiones de la planta de reciclaje

El cálculo de las dimensiones de la planta de reciclaje se realiza considerando la cantidad de residuos sólidos recepcionados diariamente, la capacidad de diseño del sistema de reciclaje y la proporción correspondiente a la fracción inorgánica reciclable, aplicando los principios de G. Tchobanoglous 2002, ya que sus métodos son conservadores y con validez internacional, según:

1. Cálculo de la Capacidad de Diseño (Qd)

Tchobanoglous sugiere usar un factor de fluctuación de 1.25:

Capacidad de diseño (Qd) = Cantidad RS diario X factor de fluctuación

2. Área de Recepción y Descarga

Area Recepción = (Qd / densidad) X 3

La densidad típica para RSM es de 250 kg/m3 o 0.25 Tn/m3, (Tchobanoglou)

Aplicar el factor de maniobra de camiones multiplicar por 3

3. Línea de Clasificación (Transportador de banda)

Este es el corazón de la planta, según Tchobanoglous estima que un operario clasifica eficientemente 300 kg/h en promedio.

Número de operarios: (Capacidad de planta Kg /8 hrs) / 300 kg/operario

Largo de la banda = espacio por operario (3 metros lineales) X N° operarios

Ancho de la nave = ancho de banda + ancho de pasillos de operarios + espacio para los contenedores

El área total de línea de Clasificación = Largo de la banda X Ancho de la nave

4. Área de Compactación y Empacado.

Una vez clasificado el material se prensa. Una prensa ocupa 15 m2, según Tchobanoglous, recomienda dejar espacio para alimentación y retiro de pacas de 10 m2

Area de compactación y empacado = Equipos X cantidad.

5. Almacenamiento de Producto Recuperado

Dependiendo de la frecuencia de despacho de material reciclado, se debe almacenar el flujo diario más 25% , por los días de espera para despacho.

Volumen almacenamiento = flujo diario / densidad de las pacas (0.5 Tn/m3)

Area de almacenamiento = Volumen almacenamiento / altura de pacas

Area total = Area almacenamiento X factor de maniobra de montacargas (2.5)

E. Evaluación de los impactos ambientales

Para evaluar los impactos ambientales generados por la disposición final de los residuos sólidos en el distrito de Camaná, se empleará la Matriz de Evaluación de Impactos Ambientales de Conesa, en su versión simplificada. La evaluación de los impactos ambientales se realizara en base al principio de predicción y modelamiento, como una evaluación antes del hecho, no inventando datos, sino que los proyecto usando ingeniería, datos de la zona y antecedentes de proyectos similares, donde el análisis cruzó las acciones propuestas en las fases de construcción, operación y cierre. Esta herramienta metodológica permite identificar, valorar y jerarquizar los efectos que una actividad puede producir sobre los distintos componentes del medio ambiente. La matriz cruzará las acciones, con los factores ambientales afectados, tales como el suelo, el agua, el aire, la flora, la fauna y el paisaje.

Para la identificación y caracterización de los impactos potenciales, se usarán las guías de identificación y caracterización de los impactos ambientales en el marco del SEIA, aprobado mediante Resolución Ministerial N° 455-2018-MINAN.

En la tabla 12 se señalan los impactos ambientales reales y potenciales más frecuentes generados por infraestructuras de residuos sólidos:

Tabla 12

Matriz de Evaluación de Impactos Ambientales

Infraestructura de residuos sólidos	Impacto ambiental
Plantas de transferencia	Presencia de vectores patógenos.
	Deterioro en la calidad del suelo por la infiltración de lixiviados al suelo.
	Incremento de los niveles de ruido.
	Oportunidad de generación de empleo.
	Dinamización de la economía.
Infraestructura de valor – Compostaje	Deterioro en la calidad del suelo por la infiltración de lixiviados al suelo.
	Presencia de vectores patógenos.
	Afectaciones a la calidad del aire por la generación de gases y producción de olores, debido a la descomposición de los residuos sólidos.
	Oportunidad de generación de empleo.
	Dinamización de la economía.
Infraestructura de valor energético	Emisiones de gases tóxicos, escorias metálicas y material particulado.
	Oportunidad de generación de empleo.
	Dinamización de la economía.
Rellenos sanitarios y rellenos de seguridad	Afectaciones a la calidad del aire por la generación de gases y producción de olores, debido a la descomposición de los residuos sólidos.
	Asentamiento del terreno y compactación debido al tránsito de la maquinaria pesada, ocasionado por el movimiento de tierras, desalojo de materiales y tránsito sobre el relleno sanitario.
	Deterioro en la calidad del suelo por la infiltración de lixiviados.
	Afectación a la calidad del agua superficial y subterránea por la filtración de los aceites de los talleres de mantenimiento de maquinaria y equipos.
	Presencia de vectores patógenos.
	Riesgo de incendio.
	Infiltración de lixiviados generados por la degradación de los residuos sólidos y del agua de lluvia que percola el relleno, la misma se contamina al entrar en contacto con los residuos sólidos en proceso de descomposición.
	Roturas o rajaduras de tuberías que conducen los lixiviados a un tratamiento.
	Degradación estética del paisaje.
	Oportunidad de generación de empleo.
	Dinamización de la economía.
Plantas de tratamiento	Emisiones de gases tóxicos y escorias metálicas.
	Malos olores.
	Fugas de gases calientes.
	Contaminación del suelo por derrame de sustancias o residuos peligrosos.
	Oportunidad de generación de empleo.
	Dinamización de la economía.

Fuente: Guía para la formulación y evaluación de instrumentos de gestión ambiental para infraestructuras de residuos sólidos, R.M. 144-2021, MINAM

Los resultados se presentaran en la Tabla 13 donde el análisis cruzó las acciones propuestas en las fases de construcción, operación y cierre, con los factores ambientales receptores, determinando la significancia de cada impacto, se le asignará un valor de importancia de acumulación del impacto, en función de su Intensidad (I), Extensión (EX), Momento (MO), Persistencia (PE), Reversibilidad (RV), Sinergia (SI), Acumulación (AC), Efecto (EF), Periodicidad (PR), Recuperabilidad (RC) e Importancia (IM).

A partir de la combinación de estos criterios, se establece la significancia del impacto, lo cual permite priorizar las acciones de gestión y mitigación necesarias para minimizar los efectos negativos del proyecto sobre el medio ambiente.

Tabla 13

Aspectos para considerar en la matriz CONESA

Componentes	**Factor**	**Impacto**	**Actividad**	**Fase**	**Naturaleza**	**INTENSIDAD**	**EXTENSION**	**MOMENTO**	**PERSISTENCIA**	**REVERSIVILIDAD**	**SINERGIA**	**ACUMULACION**	**EFECTO**	**PERIOCIDAD**	**RECUPERABILIDAD**	**IMPORTANCIA**	**Importancia**
Físico	Suelo																
	Agua																
	Aire																
Biológico	Flora																
	Fauna																
Paisaje	Paisaje																
Socio económico	Salud Pública																
	Calidad de vida																
	Recursos Naturales																
	Empleo																

Nota: Elaboración propia

Leyenda de Atributos

Atributo	Significado	Valores
Naturaleza	Beneficioso o perjudicial	(+) Beneficioso / (-) Perjudicial
I	Intensidad (grado de destrucción, mide que tan grave es la afectación)	1 (Baja), 2 (Media), 4 (Alta), 8 (Muy Alta)
EX	Extensión (área de influencia sobre la que se extiende el efecto)	1 (Puntual), 2 (Parcial), 4 (Extenso), 8 (Total)
MO	Momento (plazo de manifestación, tiempo que tarda en manifestarse el impacto)	1 (Largo Plazo), 2 (Medio Plazo), 4 (Inmediato), 8 (Crítico)
Atributo	**Significado**	**Valores**
PE	Persistencia (permanencia del efecto, tiempo que se espera que el impacto permanezca en el sitio una vez terminada la acción que lo produjo)	1 (Fugaz), 2 (Temporal), 4 (Permanente)
RV	Reversibilidad (Posibilidad de que el medio vuelva a las condiciones iniciales por medios naturales)	1 (Corto Plazo), 2 (Medio Plazo), 4 (Irreversible)
SI	Sinergia (potenciación con otros impactos, cuando el impacto final es mayor que la suma de los impactos individuales)	1 (Simple), 2 (Sinérgico), 4 (Muy Sinérgico)
AC	Acumulación (incremento progresivo, efecto que resulta de la suma de impactos repetidos en el tiempo.)	1 (Simple), 4 (Acumulativo)
EF	Efecto (relación causa-efecto, es la relación directa o indirecta del impacto)	1 (Indirecto), 4 (Directo)
PR	Periodicidad (regularidad de manifestación, frecuencia con la que ocurre el impacto)	1 (Irregular), 2 (Periódico), 4 (Continuo)
MC	Recuperabilidad (reconstrucción por medios humanos, la posibilidad de reconstruir o mitigar el impacto mediante la acción humana)	1 (Inmediata), 2 (Medio Plazo), 4 (Mitigable), 8 (Irrecuperable)

Fórmula de Importancia (IM):

$$IM=3I+2EX+MO+PE+RV+SI+AC+EF+PR+MC$$

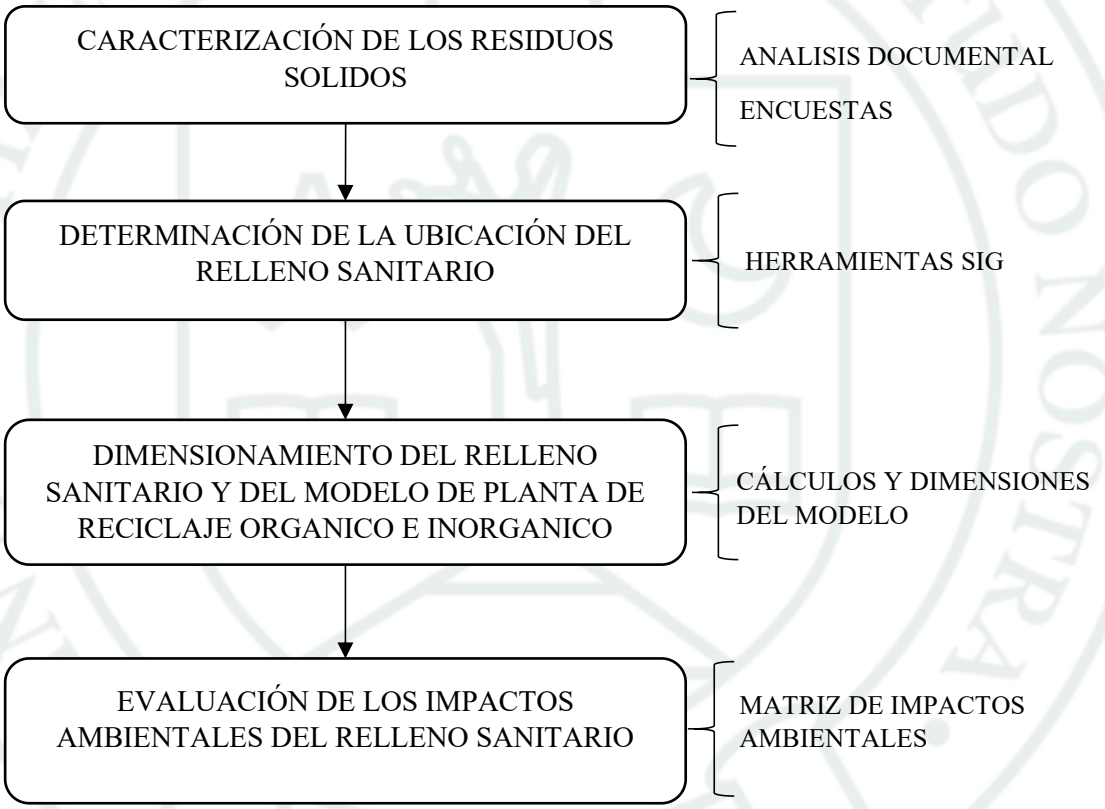
Clasificación:

- **< 25:** Irrelevante
- **25 – 50:** Moderado
- **> 50:** Severo (para negativos) / Muy Positivo (para beneficiosos)

Flujograma del esquema metodológico de los Métodos de Investigación.

Figura 5

Flujograma del esquema metodológico



Nota: Elaboración propia

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Son las técnicas utilizadas de análisis documental, información primaria y secundaria para la evaluación del área donde se ubicara el relleno sanitario.

Se aplicó la encuesta mostrada en la siguiente tabla 14 sobre la percepciones de los habitantes sobre la gestión de los residuos sólidos.

Tabla 14

Encuesta – Gestión integral de residuos solidos

Gestión Integral Sostenible de la Disposición Final de los Residuos Sólidos Municipales – Camaná, Arequipa 2024						
Escala de Likert **1 = Totalmente en desacuerdo** **2 = En desacuerdo** **3 = Ni de acuerdo ni en desacuerdo** **4 = De acuerdo** **5 = Totalmente de acuerdo**						
DIMENSIÓN 1: Tipos de residuos sólidos						
Nº	**Ítem**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
1	En mi hogar se generan residuos orgánicos como restos de comida, cáscaras, entre otros.					
2	También se generan residuos inorgánicos como plásticos, vidrios, metales o papel.					
3	Habitualmente separo los residuos en orgánicos e inorgánicos.					
4	En mi comunidad existen lugares habilitados para el acopio de residuos reciclables.					
5	Considero que el municipio debería implementar más puntos de reciclaje.					
6	Es importante conocer la composición de los residuos que generamos para una buena gestión.					
DIMENSIÓN 2: Generación de residuos sólidos						
Nº	**Ítem**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
7	Conozco el horario y ruta del recojo de basura en mi zona.					
8	En mi casa se generan grandes cantidades de residuos cada semana.					
9	El servicio de recolección de residuos es eficiente y constante.					
10	La acumulación de basura en calles o espacios públicos es frecuente en mi distrito.					
11	Me preocupa la cantidad de residuos que generamos como comunidad.					
12	Me gustaría recibir orientación para reducir la cantidad de residuos que produzco.					
13	La mala disposición de residuos representa un problema de salud y ambiente.					
14	Estoy dispuesto(a) a participar en campañas municipales para mejorar la gestión de residuos.					
15	Sería importante contar con una planta de reciclaje en la provincia para reducir impactos.					

Nota: Elaboración propia.

Con el propósito de garantizar la calidad del instrumento de recolección de datos, la encuesta fue sometida a la revisión de tres expertos en gestión ambiental y manejo de residuos sólidos. Estos especialistas evaluarán la redacción, claridad y coherencia de los ítems en relación con los objetivos del estudio. Posteriormente, se aplicó una prueba piloto a una muestra reducida de la población, lo que permitirá

calcular el coeficiente Alfa de Cronbach. Este indicador estadístico permitirá comprobar la confiabilidad del instrumento, verificando que las preguntas mantengan una consistencia interna adecuada.

Asimismo, un instrumento de recolección tiene como finalidad crear las condiciones para que los datos extraídos se puedan medir. Todo instrumento que se utilice en un estudio debe tener un carácter objetivo, valido y con alto índice de confiabilidad; de lo contrario, no resultaría útil y brindaría resultados poco creíbles (Mendoza y Ávila, 2020).

Este estudio utilizará entonces, información clave necesaria para cumplir con los objetivos planteados, que permitieron registrar de forma detallada todos los datos pertinentes sobre la caracterización de los residuos sólidos y el desarrollo optimo del modelo propuesto para la planta de reciclaje. De igual forma, permitieron el procesamiento de información proveniente de las entidades y reportes hechos por estudios anteriores, donde se contemplan normas, aspectos técnicos y registros oficiales de la zona.

CAPITULO IV

4. RESULTADOS

4.1. Estudio de la caracterización de residuos sólidos municipales.

4.1.1. Responsable del desarrollo del estudio

Para la elaboración del Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos, se conformó un equipo encargado de ejecutar y monitorear el desarrollo del estudio. Se coordino y articuló acciones con diversas áreas de la municipalidad, con el fin de recopilar información relevante durante la etapa de planificación. En la Tabla 15, se detallan las gerencias involucradas y las funciones específicas que desempeñaron en el proceso.

Tabla 15

Coordinación con diversas áreas de la Municipalidad

Gerencia	Funciones
Gerencia de Servicios y Control Ambiental	Conducir y gestionar el proceso para elaborar el estudio.
	Aprobar el plan de trabajo elaborado por el responsable de campo.
Gerencia de Infraestructura y Desarrollo Urbano	Facilitar la información para el desarrollo del estudio con mapas de zonificación, direcciones actualizadas, actividades de los predios, entre otros.
	Información de número de viviendas por zonas, anexos, etc.
Gerencia de Administración Tributaria	Facilitar la información para el desarrollo del estudio con listado de establecimientos comerciales en la zona urbana del distrito, entre otros.

Nota. Elaboración propia

Ver Anexo 1: Constancia de asistencia y participación al estudio de Caracterización del Bachiller Felix Fernando Segovia Walde, por la Gerencia de Servicios y Control Ambiental de la Municipalidad Provincial de Camaná.

4.1.2. Elaboración del plan y cronograma de trabajo

Conformado el equipo, se procedió a la elaboración del plan de trabajo y cronograma de actividades, lo que permitió organizar, ordenar y sistematizar las acciones necesarias para el desarrollo del estudio de caracterización. Las actividades

programadas para cada fase del estudio se presentan en la Tabla 16, donde se detallan las tareas desarrolladas en oficina y en campo.

Tabla 16

Actividades que se ejecutarán en el estudio de caracterización

Lugar	Actividades
Oficina	Coordinar con las autoridades y funcionarios de la municipalidad.
	Determinar el tamaño de muestra.
	Determinar los recursos (materiales y humanos).
	Organizar y capacitar al equipo de trabajo.
	Distribuir y seleccionar la muestra.
	Procesar y analizar los resultados.
	Redactar informe del estudio.
	Presentar el informe preliminar del estudio.
	Subsanar observaciones del informe del estudio.
	Presentar el informe final del estudio.
Campo	Identificar las zonas de muestreo.
	Informar y sensibilizar a los participantes del estudio.
	Empadronar a participantes, codificar muestra (domiciliario y no domiciliario)
	Recolectar y entregar las bolsas.
	Determinación de parámetros: GPC, Densidad, Humedad, Composición física

Nota: Elaboración propia

4.1.3. Organización del equipo de campo

De manera complementaria, se conformó el equipo de campo, cuya estructura organizativa y funciones específicas se detallan en la Tabla 17.

Tabla 17

Equipo de campo para la ejecución del estudio de caracterización

Personal	Responsabilidad	Tareas
Profesional o técnico responsable	- Liderar el proceso de desarrollo y culminación del estudio. - Supervisar y monitorear la integridad del trabajo de campo.	- Coordinar con el equipo técnico respecto al abastecimiento de bienes, insumos e información. - Elaborar el plan de trabajo y presentarlo a la Gerencia de medio ambiente. - Realizar el reconocimiento de las zonas de trabajo. - Aplicar la metodología y procedimientos para el trabajo de campo del estudio. - Capacitar y asignar tareas al equipo de campo. - Asegurar el cumplimiento de las normas de seguridad, salud e higiene. - Gestionar la recolección y transporte de las muestras de los residuos para su disposición final. - Gestionar con el laboratorio el horario de ingreso de las muestras para el análisis de humedad. - Analizar la información y generar resultados. - Elaborar el informe de estudio y presentarlo al equipo de planificación
Conductor de la unidad vehicular	- Asegurar el transporte de las muestras de residuos por las rutas y horarios de recolección establecidos.	- Realizar la revisión y limpieza de la unidad vehicular antes, durante y después de la recolección diaria. - Reportar oportunamente el abastecimiento de combustible al responsable de campo.

Nota: Elaboración propia

4.1.4. Sensibilización y Empadronamiento

El estudio se inició con las siguientes actividades:

- Empadronamiento: Entrega de carta de invitación para participar en el estudio, llenado de hojas de empadronamiento, firma de cargo de entrega de carta de invitación, pegado de sticker a la vivienda participante.

- Entrega de bolsas: se hizo la entrega de bolsas de polietileno a las viviendas y fuentes comerciales y especiales empadronadas para que dispongan sus residuos sólidos diariamente, para ello se utilizaron bolsas de color verde para las muestras domiciliarias y bolsas marrones para las fuentes no domiciliarias, ambas de 100 litros de capacidad.

Con fecha 22 de junio al 24 de junio del 2024 se realizó en campo el trabajo de empadronamiento de las viviendas, establecimientos comerciales, mercados e instituciones educativas con la finalidad de confirmar su participación en el estudio de caracterización.

- El responsable del predio domiciliario y/o no domiciliario fue capacitado para que no cambie sus hábitos y costumbres de consumo durante los 8 días que dura el estudio de caracterización.

- Se empadronó a todas las viviendas participantes registrando sus datos personales, dirección y número de personas que habitan en su vivienda

- En cada vivienda participante y predio de fuente comercial, se colocó un sticker con un código de identificación para poder realizar el recojo de las bolsas.

- Se entregó una carta de invitación a participar en el estudio de caracterización a nombre de la Gerencia de Servicios y Control Ambiental.

- De la misma manera se realizó para los establecimientos comerciales y especiales.

4.1.5. Aspectos demográficos

Según el Censo Nacional de Población y Vivienda del INEI del 2,017, el distrito de Camaná cuenta con una población de 13,367 habitantes, de los cuales el 49.5 % corresponde a varones y el 50.5 % a mujeres. Esta distribución poblacional se presenta en la Tabla 18. Asimismo, se considera que el 100 % de la población del distrito se encuentra asentada en la zona urbana.

Tabla 18

Población por sexo del distrito de Camaná

Total	Varones	Porcentaje	Mujeres	Porcentaje
13,367	6621	49.5 %	6746	50.5 %

Nota: Censo de población y vivienda, INEI 2017.

El distrito registra un total de 4,673 viviendas, predominando las casas independientes.

4.1.6. Procesos del estudio de caracterización

Como parte inicial del desarrollo del estudio de caracterización de residuos sólidos, se realizó una capacitación dirigida a los integrantes del equipo de campo. Esta capacitación tuvo como finalidad estandarizar los procedimientos y fortalecer las capacidades técnicas del personal encargado de la ejecución del estudio. Los temas abordados incluyeron la problemática de los residuos sólidos a nivel nacional, regional y local; la normatividad vigente, las etapas del ciclo de los residuos sólidos; las definiciones, importancia y fases del estudio de caracterización; la metodología para la determinación de parámetros como peso, densidad, composición física y humedad; la definición de zonas y rutas de recojo; así como el protocolo para el manejo de residuos sólidos.

4.2. Estudio de la Caracterización de Residuos Sólidos Domiciliarios.

4.2.1. Determinación de la población actual y número de viviendas

Para la ejecución del estudio de caracterización, se calculó la población actual del distrito de Camaná tomando como base el Censo Nacional de Población y Vivienda del INEI (2017) y la tasa de crecimiento intercensal.

Asimismo, la tasa de crecimiento intercensal fue calculada mediante la Fórmula 6 (Tasa de crecimiento poblacional INEI).

Cálculo de la tasa de crecimiento poblacional, considerando la población censada en los años 2007 y 2017.

Los resultados obtenidos para este cálculo se presentan en la Tabla 19, donde se evidencia una tasa de crecimiento poblacional negativa de –0.99 %.

Tabla 19

Cálculo del crecimiento intercensal

Años	Pci (Censo 2007)	Pcf (Censo 2017)	Crec. Unid.	**Tasa Crec. Pob. %**
10	14,758	13,367	-1,391	**- 0.99**

Nota: Elaboración propia en base al Censo 2007 y 2017 del INEI

Con este valor y aplicando la Fórmula 5, (Población actual INEI), estimamos la población actual del distrito para el año 2024, cuyos resultados se muestran en la Tabla 20, determinándose una población total de 12,472 habitantes.

Tabla 20

Población actual del distrito de Camaná 2024

	Población Total
Po	13,367
Tcp % (Camaná)	-0.99
n	7
Población actual	**12,472**

Nota: Elaboración propia.

4.2.2. Determinación del tamaño de muestra domiciliaria

Una vez identificado el total de viviendas del distrito de Camaná, la cual es 4,673 viviendas se procedió a determinar el tamaño de muestra domiciliaria para el estudio de caracterización. Utilizando la metodología propuesta en la Guía para la Caracterización de Residuos Sólidos Municipales, MINAM 2018.

En la Tabla 21 se presenta el tamaño de muestra domiciliaria.

Tabla 21

Tamaño de muestra domiciliaria para el distrito de Camaná

Rangos de viviendas (N)	Tamaño de Muestra (n)	Muestra de contingencia (20% de n)	Total, de muestras domiciliarias
Hasta 500 viviendas	45	9	54
Más de 500 y hasta 1000 viviendas	71	14	85
Más de 1000 y hasta 5000 viviendas	**94**	**19**	**113**
Más de 5000 y hasta 10000 viviendas	95	19	114
Más de 10000 viviendas	95	23	119

Nota: Guía de Caracterización de Residuos Sólidos del MINAN

Se tomo como base muestra 156 viviendas con 500 habitantes, ubicando:

Estrato B - C: de 143 viviendas con 457 habitantes, cuya representatividad en porcentaje es de 91.4%

Estrado D: de 13 viviendas con 43 habitantes, cuya representatividad en porcentaje es de 8.6%

En este contexto, en la Tabla 22 se presenta la zonificación del distrito de Camaná, donde se identifican los estratos ZONA B-C y ZONA D, así como su respectiva representatividad porcentual y principales características socioeconómicas.

Tabla 22

Zonificación del distrito de Camaná

Estrato	Representatividad %	Descripción
ZONA B-C	91.4%	- Urbanizaciones antiguas y/o populares densamente pobladas. - Poseen servicios básicos con mejores condiciones que el estrato bajo. - Ingreso económico mayor o igual al sueldo mínimo.
ZONA D	8.6%	- AA.HH. con viviendas precarias, de material rústico. - Carecen de algunos servicios básicos. Estrato en proceso de consolidación. - Ingreso económico familiar por debajo del sueldo mínimo.

Nota: Elaboración propia – Municipalidad Provincial Camaná

Asimismo, en la Figura 6 se muestran las zonas B-C y D correspondientes al empadronamiento de viviendas domiciliarias consideradas para la realización del estudio de caracterización. De igual forma, la Figura 7 presenta las zonas de empadronamiento de fuentes No domiciliarias (comercios) y generadores Especiales utilizadas en el estudio.

Ver Anexo 02. Carta de Invitación a Viviendas para participar en el estudio de Caracterización.

Ver Anexo 03. Carta de Invitación a Fuentes Comerciales y especiales, para participar en el estudio de Caracterización.

Ver Anexo 04: Aprobación de Caracterización de Residuos Sólidos en el distrito de Camaná

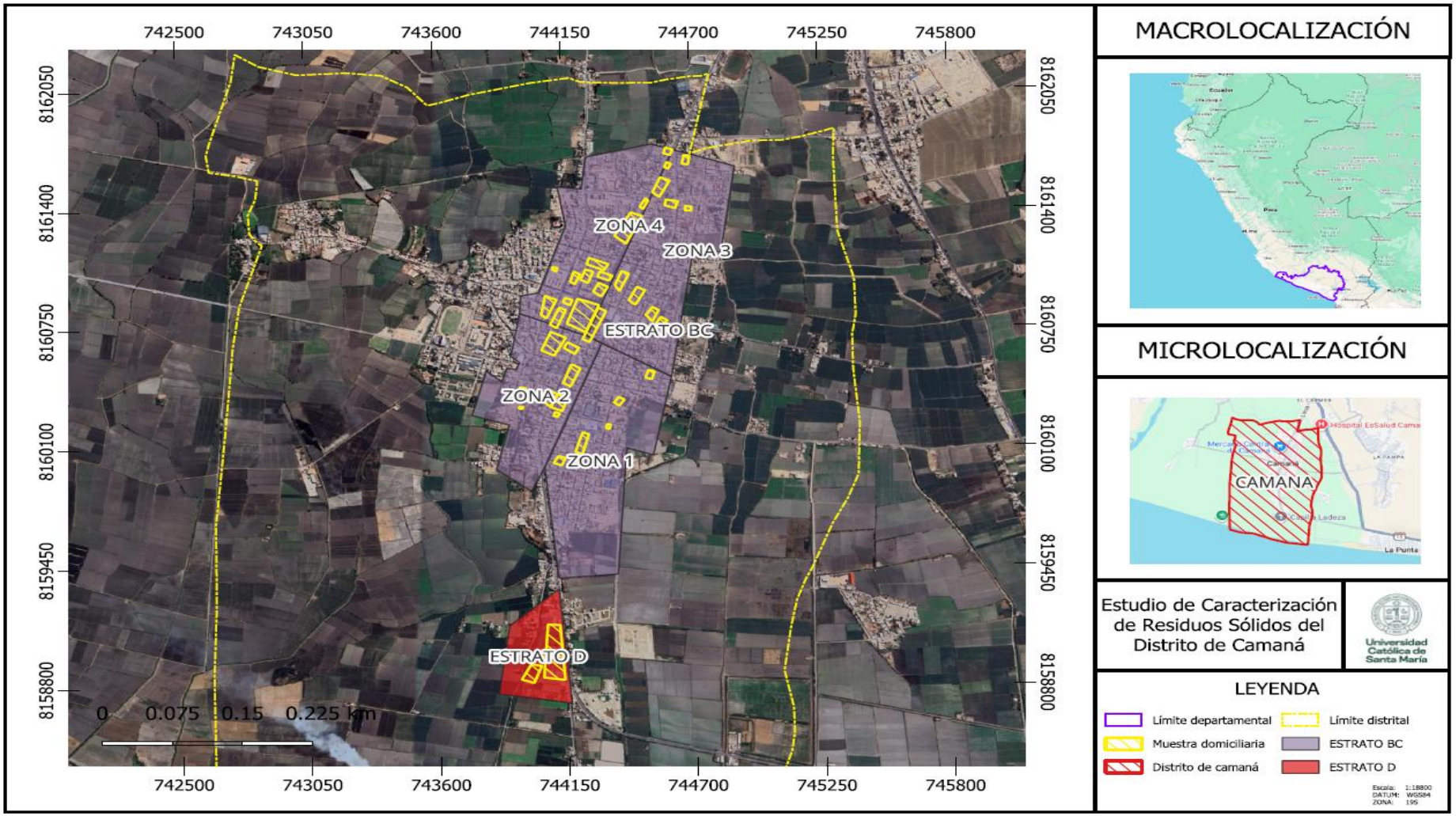
Ver Anexo 11-A Sticker para empadronamiento de viviendas.

Ver Anexo 11-B Sticker para empadronamiento de las fuentes comerciales y especiales.

Ver Anexo 11-C Fotos Empadronamiento de viviendas y establecimientos comerciales.

Figura 6

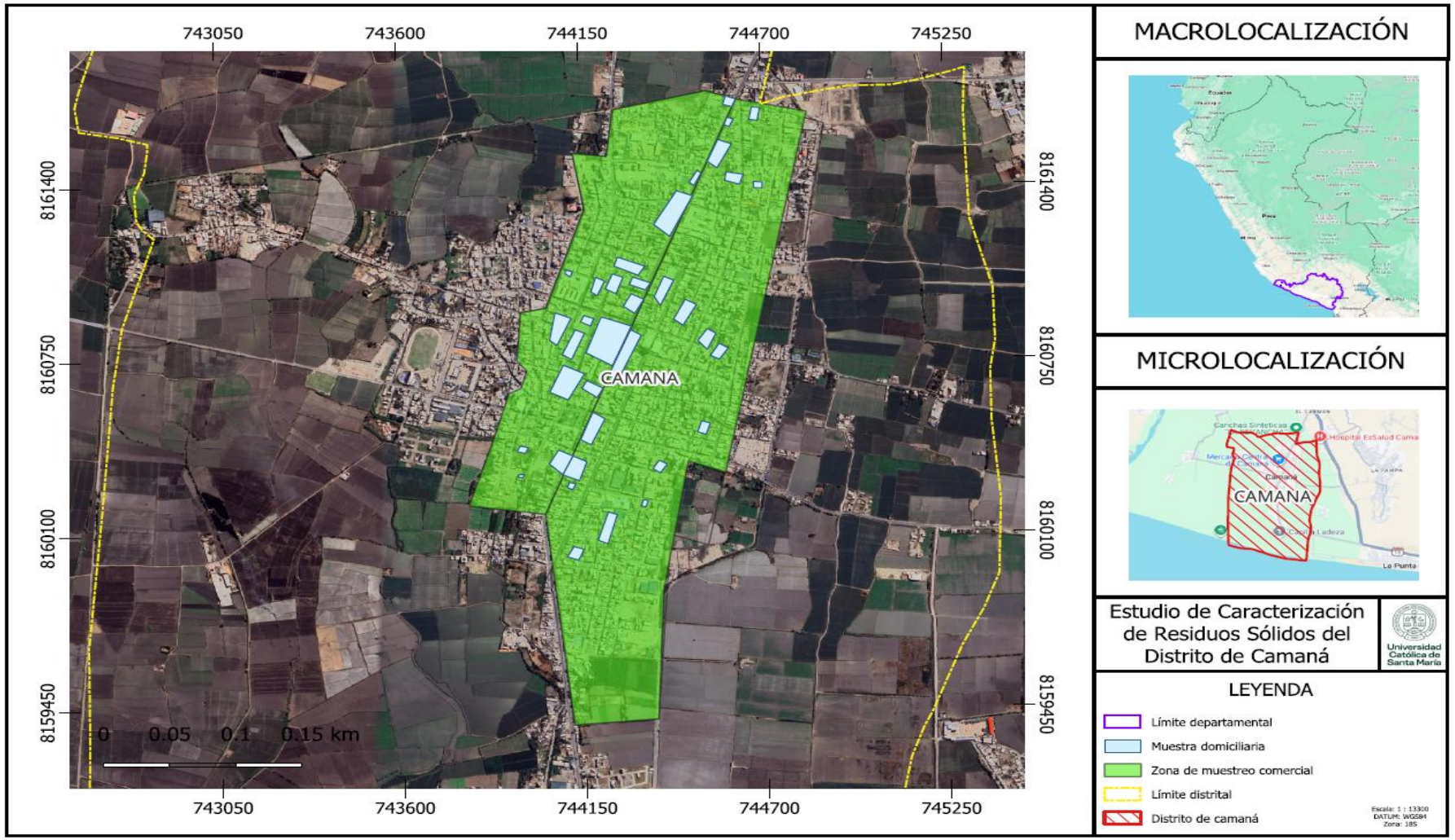
Zonas B-C y D de empadronamiento de viviendas Domiciliarias para la realización del estudio de caracterización



Nota: Elaboración propia

Figura 7

Zonas de empadronamiento de Comercios y Especiales para la realización del estudio de caracterización



Nota: Elaboración propia

4.2.3. Determinación de la generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios

El periodo de muestreo fue siete días consecutivos, realizando el muestreo de 100 viviendas en el estrato B-C y en el estrato D de las 13 viviendas diarias, alternando las viviendas en el estrato B-C cada día, los datos fueron digitalizados y procesados para obtener los promedios correspondientes por zona, aplicando la Fórmula 7, de generación per cápita por vivienda según guía de caracterización del MINAM 2018, los resultados se muestran en la tabla 23.

Tabla 23

Cálculo Generación per cápita residuos sólidos domiciliarios según estratos

DIA	ESTRATO B - C				ESTRATO D			
	VIVIENDAS	HABITANTES	PESO (KG/DIA)	GPC	VIVIENDAS	HABITANTES	PESO (KG/DIA)	GPC
1	10	30	16.99	0.57	13	10	4.92	0.49
2	10	31	17.21	0.56	13	43	21.61	0.50
3	10	32	17.53	0.55	13	43	18.48	0.43
4	10	30	19.39	0.65	13	43	23.4	0.54
5	10	30	18.24	0.61	13	43	21.84	0.51
6	10	31	21.96	0.71	13	43	21.47	0.50
7	10	32	19.41	0.61	13	43	21.63	0.50
TOTAL	**100**	**216**	**130.73**	**0.61**	**91**	**268**	**133.35**	**0.50**

Nota: Elaboración propia

Una vez concluido el periodo de muestreo, como resultado del estudio de caracterización, se determinó que la generación per cápita domiciliaria validada para el distrito de Camaná es de 0.60 kg/hab/día, cuyos valores desagregados por estrato socioeconómico se presentan en la Tabla 24.

Ver Anexo 11-D: Recojo de muestras domiciliarias.

Tabla 24

Generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios.

ESTRATO	GPC validada (Kg/hab/día)	Representatividad (%)	GPC Domiciliaria (Kg/hab/día)
Estrato B-C	0.61	91.4%	0.56
Estrato D	0.50	8.6%	0.04
TOTAL		**100%**	**0.60**

Nota: Elaboración propia

4.2.4. Determinación de la densidad de los residuos sólidos domiciliarios.

La densidad de los residuos sólidos se determinó empleando un cilindro de 200 litros y calculada aplicando la Fórmula 8 (MINAM 2019). Determinación de la densidad de residuos sólidos, considerando el peso del residuo y el volumen ocupado.

Los resultados obtenidos para la densidad promedio distrital y la densidad suelta se presentan en la Tabla 25 y en la Tabla 26, respectivamente.

Tabla 25

Densidad de los residuos sólidos domiciliarios.

Parámetro	Peso volumétrico diario (Kg/m3)							Densidad promedio kg/m3
	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7	
Peso del Residuo (kg)	28.4	26.7	29.2	21.1	24.9	30.4	26.3	
Volumen que ocupa el residuo (m3)	0.1887	0.17	0.18	0.18	0.19	0.19	0.19	**145.79**
Densidad	**150.50**	**157.57**	**159.46**	**118.55**	**133.44**	**161.2**	**139.46**	

Nota: Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos

Tabla 26

Densidad suelta de los residuos sólidos domiciliarios.

Parámetro	Peso volumétrico diario (Kg/m3)							Densidad promedio kg/m3
	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7	
Peso del Residuo (kg)	28.4	26.7	29.2	21.1	24.9	30.4	26.3	
Volumen que ocupa el residuo (m3)	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	**102.83**
Densidad	**109.4**	**102.8**	**112.5**	**81.3**	**95.5**	**117.1**	**101.3**	

Nota: Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos

Ver Anexo 11-E: Determinación de densidad de residuos sólidos recolectados

4.2.5. Determinación de la humedad de los residuos sólidos domiciliarios

Se selecciono aproximadamente 1 kg de residuos orgánicos al azar, los cuales fueron trozados en fragmentos de 1 cm × 1 cm, colocados en bolsas herméticas y debidamente etiquetados. Este procedimiento se realizó los días 2 y 7 del estudio. El

análisis de humedad fue efectuado en el Laboratorio de Investigación y Servicios (LAVINVSERV) de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

En la Tabla 27 y 28 se presentan los resultados de humedad obtenidos para los estratos B-C y D, registrándose una humedad promedio general de 73.89 %. Asimismo, al calcular la humedad en función del peso total de los residuos sólidos generados, se determinó un valor de 53.39 %, resultado que resulta relevante para el diseño del relleno sanitario y la estimación de la generación de lixiviados.

Tabla 27

Resultados de humedad de muestras domiciliarias.

ESTRATO	Humedad % (Dia 2)	Humedad % (Dia 7)	Promedio Humedad %
ESTRATO B-C	65.03	77.85	71.44%
ESTRATO D	77.84	74.83	76.34%
PROMEDIO GENERAL			73.89 %

Nota: Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos

Tabla 28

Cálculo de humedad de residuos sólidos en los domicilios.

Dia de Muestreo	Peso de residuos sólidos orgánicos A (kg)	Peso de residuos sólidos inorgánicos B (kg)	Fracción de residuos sólidos orgánicos (%) r=(A)/(A+B)	Humedad (en base a residuos orgánicos) (%)	Humedad (en base a peso total de residuos sólidos) %
2	10.71	4.27	0.71	71.4	51.1
7	12.46	4.63	0.73	76.3	55.7
Promedio					**53.4 %**

Nota: Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos

Ver Anexo 11-F: Muestra para cálculo de la humedad.

Ver Anexo 6: Resultados de análisis de humedad - Laboratorio.

4.2.6. Determinación de la composición física de los residuos sólidos domiciliarios

Para su determinación de la composición física, se realizó la metodología de cuarteo, con una muestra aproximada de 30 kg.

La clasificación de los residuos sólidos se realizó considerando 26 categorías, definidas en función de su naturaleza y potencial de aprovechamiento. La clasificación utilizada se presenta en la Tabla 29.

Tabla 29

Clasificación de los residuos sólidos para determinar la composición física

Ítem	Tipo de residuos sólidos	Detalle
1	Residuos de alimentos	Considera restos de alimentos, cáscaras de frutas y vegetales, excrementos de animales menores, huesos y similares.
2	Residuos de maleza y poda	Considera ramas, tallos, raíces, hojas y otras partes de las plantas producto del clima y podas.
3	Otros orgánicos	Estiércol de animales menores, huesos y similares
4	Papel blanco	Considera papel blanco tipo bond, o que su pulpa sea de color blanco
5	Papel periódico, papel mixto	Considera a los periódicos, papel Kraft, páginas de cuadernos, revistas, otros similares
6	Cartón, Cartoncillo	Considera cartón marrón, cartón blanco, cartón mixto, que este compuesto por más de una capa.
7	Vidrio transparente	Considera vidrio transparente sin rastros de color
8	Otros colores	Considera los colores: Marrón, ámbar, azul, entre otros.
9	Plástico PET	Considera botellas de bebidas, gaseosas, aceites.
10	Plástico PEAD (alta densidad)	Considera envases de plástico (botellas de lácteos, shampo, detergente líquido, suavizante)
11	Plástico PEBD (baja densidad)	Considera empaques de alimentos, empaques de plástico de papel higiénico, empaques de detergente, empaque film, empaques de snacks, caramelos, galletas
12	Polipropileno PP	Baldes, tinas, rafia, estuches negros de CD, tapas de bebidas, tapers
13	Poliestireno PS	Considera tapas cristalinas de CD, micas, vasos de yogurt, cubetas de helado, envases de lavavajillas
14	Policloruro de vinilo PVC	Tuberías de agua, desagüe y eléctricas
15	Tetrabrik (envases multicapa)	Considera envases de leche, jugos, etc.
16	Latas-hojalata	Considera latas de atún, leche, conservas, etc.
17	Acero, fierro, otros metales	Considera partes de herramientas, alambres de construcción, considera restos de cobre como: cables de luz (sin forro plástico), tuberías, bronce

Ítem	Tipo de residuos sólidos	Detalle
18	Aluminio	Considera latas de gaseosa, cerveza que no contengan restos de hierro, desodorantes, autopartes de aluminio, etc.
19	Telas, textiles, caucho, cuero , jebe	Considera restos de telas, textiles, restos de cuero o jebes
20	Bolsas plásticas de un solo uso	Considera las bolsas chismosas
21	Residuos Sanitarios	Considera papel higiénico/Pañales/toallas sanitarias, excretas de mascotas.
22	Pilas	Todo tipo de pilas
23	Tecnopor	Considera todo material de poliestireno expandido
24	Residuos Inertes	Considera, tierra, piedras, ladrillos y similares.
25	Restos de medicamentos	Considera restos de medicina
26	Otros no categorizados	Considera aquellos restos que no se encuentran dentro de la clasificación por tipo de residuo.

Nota: Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos

Los resultados de la composición física promedio de los residuos sólidos domiciliarios se presentan en la Tabla 30, mientras que su representación gráfica se muestra en la Figura 8.

Tabla 30

Composición física promedio de los residuos sólidos de fuentes domiciliarias

TIPO RESIDUO SOLIDO	COMPOSICION PROMEDIO VIVIENDAS							TOTAL	COMPOSICION PORCENTUAL
	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7		
	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	
1. Residuos aprovechables.	**18.49**	**18.61**	**19.32**	**23.80**	**19.07**	**18.84**	**19.47**	**137.60**	**82.38%**
1.1. Residuos orgánicos	**13.38**	**13.55**	**11.79**	**14.80**	**13.09**	**13.77**	**13.80**	**94.18**	**56.39%**
Residuos de alimentos (restos de comida, cascaras, restos de frutas, verduras, hortalizas y otros similares)	12.44	12.42	11.10	13.42	11.45	12.30	11.63	84.76	50.75%
Residuos de malezas (restos de flores, hojas, tallos, grass y otros similares)	0.74	0.80	0.58	0.65	1.18	0.84	1.36	6.15	3.68%
Residuos orgánicos (estiércol de animales menores, huesos y similares)	0.20	0.33	0.11	0.73	0.46	0.63	0.81	3.27	1.96%
1.2.Residuos Inorgánicos	**5.11**	**5.06**	**7.53**	**9.00**	**5.98**	**5.07**	**5.67**	**43.42**	**26.00%**
1.2.1. Papel	1.11	0.65	1.78	2.11	0.86	0.82	0.80	8.13	4.87%
Blanco	0.55	0.00	0.31	0.27	0.23	0.43	0.36	2.15	1.29%
Color	0.22	0.46	1.33	1.67	0.48	0.23	0.27	4.66	2.79%
Periódico	0.34	0.19	0.14	0.17	0.15	0.16	0.17	1.32	0.79%
1.2.2.Carton	0.61	0.26	0.63	2.34	1.08	0.40	0.93	6.25	3.74%
Corrugado	0.19	0.00	0.25	2.14	0.79	0.21	0.55	4.13	2.47%
Cartoncillo	0.42	0.26	0.38	0.20	0.29	0.19	0.38	2.12	1.27%
1.2.3. Vidrio	0.52	0.46	0.66	1.39	0.46	0.18	0.29	3.96	2.37%
Transparente	0.32	0.46	0.66	1.28	0.46	0.10	0.29	3.57	2.14%
Otros colores (marrón, ámbar, verde. Azul, entre otros)	0.20	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.31	0.19%
Otros (vidrio de ventana)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.08	0.05%
1.2.4. Plástico	2.11	2.63	3.49	2.10	2.44	2.38	2.40	17.55	10.51%

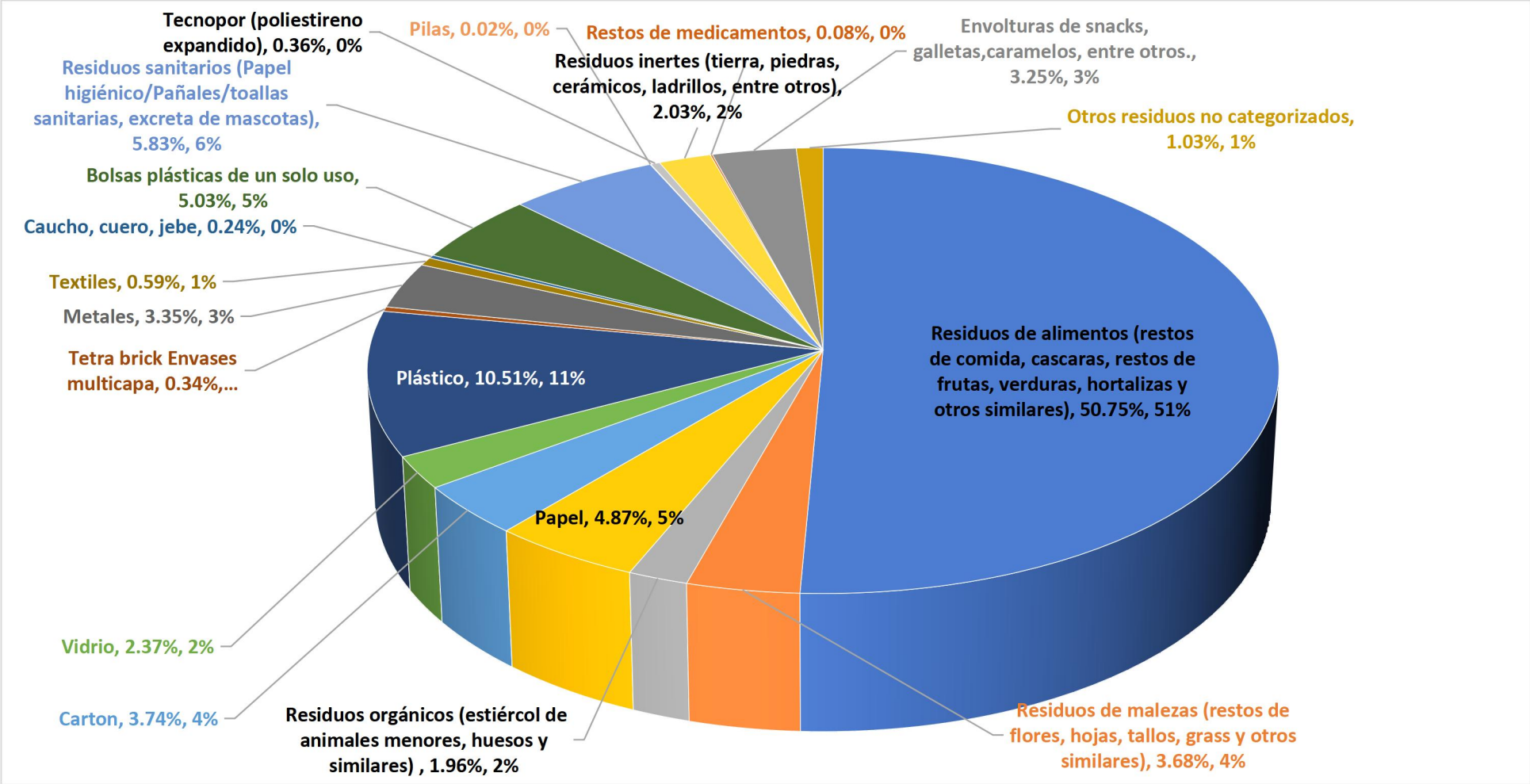
TIPO RESIDUO SOLIDO	COMPOSICION PROMEDIO VIVIENDAS							TOTAL	COMPOSICION PORCENTUAL
	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7		
	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	
PET-Tereftalato de polietileno (1) (aceite y botellas de bebidas y agua, entre otros similares)	1.17	0.88	1.64	0.89	0.99	1.47	1.13	8.17	4.89%
PEAD-Polietileno (2) (botellas de lácteos, shampo, detergente líquido, suavizante)	0.37	0.72	0.45	0.24	0.25	0.00	0.36	2.39	1.43%
PEBD-Polietileno de baja densidad (4) (empaques de alimentos, empaques de plástico de papel higiénico, empaques de detergente, empaque film)	0.07	0.32	0.51	0.47	0.40	0.34	0.10	2.21	1.32%
PP-Polipropileno (5) (baldes, tina, rafia, estuches negros de CD, tapas de bebidas, tapers)	0.45	0.53	0.78	0.48	0.77	0.45	0.74	4.20	2.51%
PS-Poliestireno (6) (tapas cristalinas de CDs, micas, vaso de yogurt, cubetas de helado, envases de lavavajillas)	0.05	0.18	0.03	0.02	0.03	0.05	0.07	0.43	0.26%
PVC-Policloruro de vinilo (3) (Tuberías de agua, desagüe y eléctricas)	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.07	0.00	0.15	0.09%
1.2.5. Tetra brick Envases multicapa	0.05	0.09	0.08	0.12	0.05	0.03	0.14	0.56	0.34%
1.2.6. Metales	0.65	0.82	0.71	0.90	0.68	0.98	0.85	5.59	3.35%
Latas-hojalata (latas de leche, atún, entre otros)	0.65	0.53	0.59	0.64	0.55	0.59	0.69	4.24	2.54%
Aluminio fino	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
Aluminio intermedio	0.00	0.19	0.12	0.00	0.00	0.09	0.00	0.40	0.24%
Aluminio grueso	0.00	0.07	0.00	0.24	0.13	0.00	0.14	0.58	0.35%
Otros metales	0.00	0.03	0.00	0.02	0.00	0.30	0.02	0.37	0.22%
1.2.7. Textiles	0.06	0.09	0.10	0.00	0.41	0.23	0.09	0.98	0.59%
1.2.8. Caucho, cuero, jebe	0.00	0.06	0.08	0.04	0.00	0.05	0.17	0.40	0.24%

TIPO RESIDUO SOLIDO	COMPOSICION PROMEDIO VIVIENDAS							TOTAL	COMPOSICION PORCENTUAL
	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7		
	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	
2. Residuos No Aprovechables.	**4.05**	**4.10**	**4.04**	**4.37**	**4.46**	**4.24**	**4.16**	**29.42**	**17.62%**
Bolsas plásticas de un solo uso	1.23	1.40	1.01	1.52	0.97	1.05	1.21	8.39	5.03%
Residuos sanitarios (Papel higiénico/Pañales/toallas sanitarias, excreta de mascotas)	1.22	1.50	1.38	1.20	1.54	1.45	1.44	9.73	5.83%
Pilas	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.04	0.02%
Tecnopor (poliestireno expandido)	0.13	0.05	0.09	0.10	0.14	0.02	0.07	0.60	0.36%
Residuos inertes (tierra, piedras, cerámicos, ladrillos, entre otros)	0.52	0.05	0.52	0.25	0.70	0.94	0.41	3.39	2.03%
Restos de medicamentos	0.02	0.03	0.00	0.02	0.00	0.03	0.03	0.13	0.08%
Envolturas de snacks, galletas, caramelos, entre otros.	0.80	0.66	0.94	0.84	0.71	0.62	0.85	5.42	3.25%
Otros residuos no categorizados	0.13	0.39	0.10	0.44	0.38	0.13	0.15	1.72	1.03%
TOTAL	**22.54**	**22.71**	**23.36**	**28.17**	**23.53**	**23.08**	**23.63**	**167.02**	**100.00%**

Nota: Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos

Figura 8

Composición física promedio de los residuos sólidos de fuentes domiciliarias



Nota: Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos.

4.3. Determinación del número de muestras de Fuentes Comerciales y Especiales

Para el desarrollo de la caracterización de residuos sólidos comerciales y especiales, incluyó establecimientos comerciales, restaurantes, hoteles, instituciones públicas y privadas, instituciones educativas, actividades de barrido y limpieza, mercados y generadores especiales.

En la Tabla 31 se presenta la clasificación de los generadores comerciales y especiales identificados, donde se registra un total de 744 fuentes generadoras.

Tabla 31

Clasificación de generadores comerciales y especiales

Generadores No Domiciliarios	Cantidad Total
Establecimientos comerciales	415
Restaurantes	85
Hoteles	27
Instituciones Públicas y Privadas	25
Instituciones Educativas	29
Barrido y Limpieza	13
Mercados	2
Especiales	148
TOTAL	**744**

Nota: Elaboración propia en base de la información de la MPC.

4.3.1. Determinación del número de generadores de residuos Comerciales

El distrito cuenta con aproximadamente 744 generadores comerciales registrados mediante licencias de funcionamiento. En la Tabla 32 se detalla la cantidad total de fuentes comerciales consideradas para la determinación del tamaño de muestra, donde se incluyen establecimientos comerciales, restaurantes, hoteles e instituciones públicas y privadas.

Tabla 32

Cantidad de fuentes comerciales para determinar número de muestras

Generadores Comerciales	Cantidad Total
Establecimientos comerciales	415
Restaurantes	85
Hoteles	27
Instituciones Públicas y Privadas	25
TOTAL	**552**

Nota: Elaboración propia en base de la información de la MPC.

Según Guía para la Caracterización de Residuos Sólidos (MINAM 2019), se determinó el tamaño de muestra al rango de más de 500 y hasta 1000 generadores, estableciéndose un total de 106 muestras comerciales, se detalla en la Tabla 33.

Tabla 33

Tamaño de muestra para fuentes generadoras de residuos sólidos comerciales

Rango total de fuentes de generación comerciales en el distrito (N)	Tamaño de muestra (n)	Muestras de contingencia	Total de muestras comerciales
Menor a 50 generadores	n<50	0	Es igual a n
Mas 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: Guía de Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos

En la Tabla 34 se muestra la distribución final de las 106 muestras entre establecimientos comerciales, restaurantes, hoteles e instituciones públicas y privadas.

Tabla 34

Distribución de muestras de fuentes generadoras de residuos sólidos comerciales

Generadores Comerciales	Cantidad Total	Representatividad %	Nº Muestras
Establecimientos comerciales	415	75.2	80
Restaurantes	85	15.4	16
Hoteles	27	4.9	5
Instituciones Públicas y Privadas	25	4.5	5
TOTAL	**552**	**100**	**106**

Nota: Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos

4.3.2. Distribución de muestras en establecimientos comerciales

La Tabla 35 presenta la distribución por clase de establecimientos comerciales, detallando el número de comercios por clase y el número de muestras asignadas.

Tabla 35

Distribución de muestras de fuentes generadoras de residuos sólidos comerciales en establecimientos

Clase	Establecimiento Comerciales	N° de comercios	Total por clase	Representatividad %	N° Muestra
1	Tiendas, bodegas	106	138	33.3	27
	Electrodomésticos	12			
	Minimarket	1			
	Depósitos	19			
2	Librería - Bazar	63	126	30.4	24
	Servicio de fotocopias e impresiones	10			
	Agencias de publicidad	2			
	Locutorios, venta artículos de celulares	51			
3	Peluquería y cosméticas Saunas y Spa	15	32	7.7	6
	Farmacias	17			
4	Playas de estacionamiento	1	64	15.4	12
	Ferretería	34			
	Transporte	29			
5	Modistería/Sastrería, Plastiquería, Zapatería, Vidriería	8	53	12.7	10
	Florería	5			
	Mueblería - Carpintería	27			
	Funeraria	2			
	Electrodomésticos	11			
6	Grifo	2	2	0.5	1
	TOTAL		**415**	**100**	**80**

Nota: Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos

4.3.3. Determinación de muestras en restaurantes

En el distrito de Camaná se identificaron 85 establecimientos entre restaurantes, pollerías y locales de expendió de alimentos. En la Tabla 36 se presenta el número de muestras asignadas al rubro de restaurantes.

Tabla 36

Número de muestras del rubro de restaurantes

Restaurantes	Cantidad Total	Nº Muestras
Clase 1	85	16

Nota: Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos

4.3.4. Determinación de muestras en hoteles

La Tabla 37 muestra el número de muestras asignadas al rubro de hoteles.

Tabla 37

Número de muestras del rubro de hoteles

Hoteles	Cantidad Total	Nº Muestras
Clase 1	27	5

Nota: Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos

4.3.5. Determinación de muestras en instituciones públicas

La Tabla 38 presenta la agrupación de estas instituciones, la cantidad por clase, su representatividad y el número de muestras asignadas y propuestas.

Tabla 38

Agrupación de muestras en clases en instituciones públicas

Clase	Instituciones Públicas y Privadas	Cantidad	Representatividad %	N° Muestra	N° Muestra Propuesta
Clase 1	Municipalidad	1	4	0.20	1
Clase 2	Comisarias, compañía de bomberos	3	12	0.60	1
Clase 3	Parroquias, templos, similares	2	8	0.40	1
Clase 4	Bancos, agencias, similares	19	76	3.80	4
	TOTAL	25	100	5	7

Nota: Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos

4.3.6. Determinación de muestras en instituciones educativas

Se identificaron 25 instituciones educativas, así como 4 institutos de educación superior, en la Tabla 39 presenta instituciones educativas, mientras que los institutos de educación superior se muestran en la Tabla 40.

Tabla 39

Instituciones educativas

N°	Nombre de IE	Nivel / Modalidad	Total
1	LA DEHEZA	Inicial - Jardín	9
2	40229 VIRGEN DE LA MEDALLA MILAGROSA	Primaria	9
3	DOMINGO SAVIO	Básica Alternativa - Avanzado	10
5	RETOÑITOS DE AMOR	Inicial No Escolarizado	12
6	DIVINO REDENTOR	Inicial - Jardín	13
7	40228	Primaria	14
8	ANGELES DE DIOS	Inicial No Escolarizado	15
9	LOS NIÑOS Y SU MUNDO	Inicial - Cuna Jardín, primaria	22
10	PRITE CAMANA	Básica Especial	44
11	PEQUEÑOS GENIOS	Inicial - Jardín	47
12	HONORIO DELGADO ESPINOZA	Básica Alternativa - Inicial e Intermedio	69
13	MEDALLA MILAGROSA	Básica Especial - Inicial, Primaria	74
14	SANTA LUZMILA	Inicial - Jardín	86
15	900 NIÑO JESUS DE PRAGA	Inicial - Jardín	220
16	SANTA MARIA NEW SCHOOL	Inicial, primaria, secundaria	226
17	40226 SANTA ROSA DE LIMA	Inicial Primaria	280
18	MENDEL CAMANA	Inicial, primaria, secundaria	308
19	VIRGEN DE LA RECONCILIACION	Inicial, primaria, secundaria	313
20	DE JESUS E.I.R.L.	Inicial, primaria, secundaria	378
21	GRUPO MEGA	Inicial, primaria, secundaria	480
22	40227 EDUARDO PORTUGAL	Inicial Primaria	491
23	41040 JOSE CARLOS MARIATEGUI	Primaria	492
24	SEBASTIAN BARRANCA	Inicial, primaria, secundaria	1308
25	41041 CRISTO REY	Inicial, primaria, secundaria	1649

Nota: ESCALE 2024.

Tabla 40

Institutos de Educación Superior

N°	Nombre del Instituto	Nivel / Modalidad	Tipo de Gestión	Total
1	EL CARMEN	Técnico Productiva	Privada	7
2	MACON PERU	Técnico Productiva	Privada	22
3	AMERICAN TECH	Técnico Productiva	Privada	34
4	INDOAMERICA	Técnico Productiva	Privada	42

Nota: ESCALE 2024

Para el cálculo de la generación de residuos sólidos en instituciones educativas, estas fueron agrupadas en tres clases según el número total de alumnos. La Tabla 41 presenta la agrupación de muestras y el número de muestras asignadas a cada clase.

Tabla 41

Agrupación de muestras en instituciones educativas

Clase	Instituciones Educativas	Cantidad Total	Representatividad 20%	Nº muestras
Clase 1	I. Superior con menos de 200 alumnos	4	0.80	1
Clase 2	I.E. con más de 200 alumnos	11	2.20	2
Clase 3	I.E. con menos de 200 alumnos	14	2.80	3
	TOTAL	**29**	**5.80**	**6**

Nota: Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos

4.3.7. Determinación de muestras en centros de abastos

El distrito de Camaná cuenta con dos centros de abastos: el Mercado Central y el Mercado Don Alberto.

Tabla 42

Centros de abastos que participaron en el estudio de caracterización

CLASE	MERCADO	CANTIDAD
Clase 1	Mercado central y Don Alberto	2

Nota: Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos

Para este rubro se realizó el pesaje diario de los residuos sólidos generados durante siete días consecutivos.

4.3.8. Determinación de generación en actividades de limpieza pública y áreas verdes

Para la determinación de la generación total de residuos sólidos provenientes del servicio de barrido de calles, se identificaron las rutas de barrido y seleccionaron aquellas que serían consideradas para el pesaje diario de los residuos generados.

El procedimiento consistió en el pesaje diario de los residuos recolectados por los operarios de barrido durante un periodo de seis días, de acuerdo con los días laborales establecidos. Con los datos registrados, se calculó la generación total de residuos sólidos del servicio de limpieza pública considerando el promedio corregido

de residuos generados por barrendera o barrendero por día y el total de kilómetros lineales barridos en el distrito.

El servicio de barrido y limpieza pública se realiza a través de 13 rutas establecidas cubriendo calles, avenidas y vías principales. En la Tabla 43 se identifican las rutas de barrido, indicando la distancia barrida y el tipo de ruta correspondiente.

Tabla 43

Identificación de rutas de barrido y limpieza pública

Nombre de la ruta	Distancia barrida km	Tipo de ruta
Ruta 1	2.67	Todo Av. Lima, Pasj. Stenica, Jr. Villa Hermosa, Pasj. Las Begonias, Calle La Cantuta, Calle. Begazo cdra. 1 y 2, Av. Camaná cdra. 19, 18 y 17, Pasj. San Martin, Pasj. María Esther, Pasj. La Monja -Pasj. Gutiérrez, Pasj. Fernando Belaunde Terri, Pasj. Carrión.
Ruta 2	2.80	Todo Prolg. Mariscal Castilla, Todo Av. Mariscal Castilla, Calle La Merced cdra. 3, Prolg. Los Geranios cdra. 1, Todo Helbert
Ruta 3	2.09	Todo Calle. Garci Carbajal, Todo Pasj. IV Centenario, Todo Jr. San Martin, Urb. Barrio Magisterial (Calle Magisterial, Calle Universitaria), Calle S/N
Ruta 4	2.95	Todo Calle Samuel Pastor, Pasj. Pastor, Todo Calle Manco Cápac, Jr. Juan Bautista Navarrete, cdra. 3 y 4 (hasta la Calle Moquegua), Pasj. Navarrete, todo Calle Moquegua, Pasj. Von Humbolt-Pasj. San Miguel cdra. 1, Pasj. Prado, Pasj. Yáñez, Pasj. Muñoz 1, Pasj. Muñoz 2, Pasj. S/N, Pasj. Amanda Calle Manuel Granda cdra. 3 Urb. Las Gardenias
Ruta 5	1.26	Todo Jr. Ocoña, Pasj. Ocoña, Todo Prolg. Ocoña (hasta el canal), Callejón del Mercado Central, Pasj. S/N (Celima)
Ruta 6	1.33	Todo Jr. Quilca Todo Prolg. Quilca (hasta el puente, entrada de Uchumayo), Pasj. Carnero Todo Prolg. 2 de mayo
Ruta 7	2.01	Todo Jr. Pizarro, Todo Jr. Comercio, Todo Prolg. Comercio, Callejon. Zavalaga, Calle Núñez del Prado cdra. 2, Pasj. 2 de mayo (Backus), Jr. 2 de mayo cdra. 1 al 3 (desde 9 de noviembre hasta final), Todo Calle Noviciado (hasta la Quilca), Pasj. Tasara
Ruta 8	1.97	Todo Calle Alfonso Ugarte, Calle Sta. Elsa, Pasj. San Agustín, Pasj. San Lázaro, Todo Calle Puente Grau, Pasj. Concordia cdra. 1, Jr. José María Morante Ugarte, Prolg. José María Morante, Urb. Granda etapa II, Urb. Granda (Calle Granda, Calle Miguel Grau, Calle Los Incas)
Ruta 9	1.88	Av. 9 de noviembre, Calle Las Vegas, Calle La Florida, Calle S/N (al frente del coliseo), Calle Bellavista, Calle Olímpica, Calle Núñez del Prado cdra. 1, Jr. Juan Bautista Navarrete cdra. 1 y 2
Ruta 10	1.21	Todo Calle Sebastián Barranca, Todo Jr. Nicolás de Piérola, Jr. 28 de julio cdra. 3 y 4
Ruta 11	2.73	Calle. La Merced cdra. 1 y 2, todo Urb. Villa Salazar, Prolg. 2 de mayo cdra. 1 y 2, Pasj. Concordia cdra. 2, Asoc. Viv. Los Chávez, Jr. 28 de Julio cdra. 5 al 7 (desde registros públicos), Jr. teniente Ferrer cdra. 1, Jr. Primavera cdra. 1 y 2 (hasta Av. Camaná), Pasj. S/N, Jr. Los Geranios cdra. 2 y 3, Urb. Santa Rosa (Calle Progreso, Pasj. Raimondi, Calle Los Girasoles, Calle Los Jazmines, Calle Los Claveles)
Ruta 12	2.08	Av. Camaná cdra. 4 al 16, Calle Amanda, Pasj. Herbert Samalvides, Pasj. Torres, Pasj. Revollar, Pasj. Einstein, Todo Calle San F. de Asís, Pasj. Perú, Jr. Primavera cdra. 4, Alrededor del Parque Santa Rosa de Lima, Todo Calle Las Rosas, Todo Calle Dalias
Ruta 13	2.06	Todo Jr. Agustín Gamarra, Todo Prolg. Agustín Gamarra, Todo Calle Francisco Bolognesi, Calle Manuel Granda cdra. 1 y 2 (hasta la Moquegua), Todo Jr. Martínez (hasta Av. Camaná), Pasj. Leoncio Prado, Pasj. Martínez, Calle Mariano Melgar Todo Asoc. Álvarez Pasj. Tupac Amaru Pasj. Micaela Parado De Bellido, P. De Bellido

Nota: Elaboración propia en base a la información de la MPC.

De acuerdo con la Guía de Caracterización de Residuos Sólidos del MINAM 2019, se seleccionaron tres rutas de barrido (rutas 1, 3 y 9), las cuales fueron evaluadas mediante el pesaje diario de los residuos generados durante seis días consecutivos.

4.3.9. Determinación de residuos sólidos de generadores especiales

Se identificaron como generadores de residuos sólidos especiales los establecimientos como: centros médicos, laboratorios, veterinarias, lubricentros, centros comerciales, ferias, entre otros. Debido a la variabilidad en los volúmenes y características de los residuos generados por este tipo de fuentes, su identificación permitió delimitar su participación dentro del sistema de gestión de residuos sólidos municipales del distrito. Identificándose 148 generadores de residuos sólidos especiales, se agruparon en cinco clases, considerando el tipo de actividad desarrollada. La Tabla 44 presenta las fuentes de generación, la cantidad de establecimientos por clase y el total de muestras asignadas 20% del total.

Tabla 44 Fuentes de generación y subclases Especiales

Fuentes de generación y subclases Especiales

Clase	Fuente de generación	Cantidad	Total de muestras por clase
CLASE 1	Taller mecánico y Lubricentros	66	13
CLASE 2	Laboratorios	30	6
CLASE 3	Consultorio médico, odontológico, veterinarias, clínicas	49	10
CLASE 4	Centros comerciales	2	1
CLASE 5	Ferias	1	1
	TOTAL	**148**	**31**

Nota: Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos

4.4. Generación del número de muestras de Fuentes Comerciales y Especiales

4.4.1. Generación de residuos sólidos en establecimientos comerciales

La generación de residuos sólidos en los establecimientos comerciales alcanza un valor de 593.51 kg/día. En la Tabla 45 se presenta la generación diaria, mensual y anual de residuos sólidos por clase de establecimiento comercial.

Tabla 45

Generación de residuos sólidos en establecimientos comerciales

Clase	Establecimiento Comerciales	Generación Diaria Kg/día	Generación Diaria (Tn/día)	Generación mensual (Tn/mes)	Generación anual (Tn/Año)
1	Tiendas, bodegas Electrodomésticos Minimarket Depósitos	235.25	0.24	7.06	85.87
2	Librería - Bazar Servicio de fotocopias e impresiones Agencias de publicidad Locutorios, venta artículos de celulares	127.54	0.13	3.83	46.55
3	Peluquería y cosméticas, Saunas Spa, Farmacias	35.62	0.04	1.07	13.00
4	Playas de estacionamiento Ferretería Transporte	117.52	0.12	3.53	42.89
5	Modistería/Sastrería, Plastiquería, Zapatería, Vidriería Florería Mueblería - Carpintería Funeraria Electrodomésticos	70.49	0.07	2.11	25.73
6	Grifo	7.09	0.01	0.21	2.59
	TOTAL	**593.51**	**0.59**	**17.81**	**216.63**

Nota: Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos

4.4.2. Generación de residuos sólidos en hoteles

La generación diaria de residuos sólidos en los hoteles es de 55.10 kg/día. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 46.

Tabla 46

Generación de residuos sólidos en hoteles

Clase	GPC/ día	N° Total Establecimiento	Generación Diaria Kg/día	Generación Diaria (Tn/día)	Generación mensual (Tn/mes)	Generación anual (Tn/Año)
CLASE 1	2.04	27	**55.10**	**0.06**	**1.65**	**20.11**

Nota: Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos

4.4.3. Generación de residuos sólidos en restaurantes

La generación total de residuos sólidos en los restaurantes asciende a 368.40 kg/día. La Tabla 47 muestra la generación diaria, mensual y anual correspondiente a este rubro.

Tabla 47

Generación de residuos sólidos en los restaurantes

Clase	GPC /día	N° Total Establecimiento	Generación Diaria Kg/día	Generación Diaria (Tn/día)	Generación mensual (Tn/mes)	Generación anual (Tn/Año)
CLASE 1	4.33	85	**368.40**	**0.37**	**11.05**	**134.47**

Nota: Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos

4.4.4. Generación de residuos sólidos en mercados

Los centros de abastos generan diariamente 2,624.29 kg de residuos sólidos. En la Tabla 48 se detalla la generación de residuos sólidos del Mercado Central y del Mercado Don Alberto.

Tabla 48

Generación de residuos sólidos de mercados

Centro de Abasto	GPC/día	Generación Diaria (Tn/día)	Generación mensual (Tn/mes)	Generación anual (Tn/Año)
Mercado Central	1,384.29	1.38	41.53	**505.26**
Mercado Don Alberto	1,240.00	1.24	37.20	**452.60**
TOTAL	**2,624.29**	**2.62**	**78.73**	**957.86**

Nota: Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos

4.4.5. Generación de residuos sólidos en instituciones públicas y privadas

La producción diaria de residuos sólidos en instituciones públicas y privadas es de 69.41 kg/día. La Tabla 49 presenta la generación de residuos sólidos por clase de institución.

Tabla 49

Generación de residuos sólidos en instituciones públicas y privadas

Clase	Instituciones Públicas y Privadas	Cantidad	GPC /día	Generación Diaria (Tn/día)	Generación Mensual (Tn/mes)	Generación anual (Tn/Año)
Clase 1	Municipalidad	1	5.50	0.006	0.17	2.01
Clase 2	Comisarias, compañía de bomberos	3	1.93	0.006	0.17	2.12
Clase 3	Parroquias, templos, similares	2	1.02	0.002	0.06	0.74
Clase 4	Bancos, agencias, similares	19	2.95	0.06	1.7	20.47
TOTAL				**0.07**	**2.08**	**25.34**

Nota: Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos

4.4.6. Generación de residuos sólidos en instituciones educativas

La generación diaria de residuos sólidos en las instituciones educativas es de 501.66 kg/día. Los resultados se muestran en la Tabla 50.

Tabla 50

Generación de residuos sólidos en instituciones educativas

Clase	Instituciones Públicas y Privadas	Generación Diaria (Tn/día)	Generación Mensual (Tn/mes)	Generación anual (Tn/Año)
Clase 1	I. Superior con menos de 200 alumnos	0.006	0.18	2.13
Clase 2	I.E. con más de 200 alumnos	0.468	14.04	170.82
Clase 3	I.E. con menos de 200 alumnos	0.028	0.83	10.15
TOTAL		**0.50**	**15.05**	**183.11**

Nota: Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos

4.4.7. Generación de residuos sólidos de limpieza pública

Los residuos sólidos generados por la actividad de limpieza pública alcanzan un valor de 593.46 kg/día. En la Tabla 51 se presenta la generación de residuos sólidos de las rutas de barrido evaluadas.

Tabla 51

Generación de residuos sólidos de limpieza pública

Clase	Generación Diaria (Kg/día)	N° total de rutas	Generación Diaria (Tn/día)	Generación Mensual (Tn/mes)	Generación anual (Tn/Año)
Ruta 1	31.86	27.00	**0.59**	**17.80**	**216.61**
Ruta 2	20.96				
Ruta 3	13.11				
TOTAL	**21.98**				

Nota: Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos

4.4.8. Generación de residuos sólidos especiales

La generación de residuos sólidos especiales asciende a 1,060.40 kg/día. La Tabla 52 presenta la generación de residuos por tipo de establecimiento especial.

Tabla 52

Generación de residuos sólidos de fuentes especiales

N°	Tipo de establecimiento	Generación Diaria (Tn/día)	Generación Mensual (Tn/mes)	Generación anual (Tn/Año)
1	Lubricentros	0.07	2.11	25.65
2	Laboratorios de Ensayo y similares	0.03	0.92	11.20
3	Centros veterinarios	0.08	2.44	29.69
4	Centros Comerciales	0.13	3.84	46.75
5	Ferias	0.75	22.50	273.75
	TOTAL	**1.06**	**31.81**	**387.05**

Nota: Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos

4.4.9. Generación Total de residuos sólidos de fuentes comerciales y especiales.

En la Tabla 53 se presenta el resumen de la generación total de residuos sólidos de las fuentes comerciales y especiales evaluadas. La generación total asciende a 5.86 toneladas por día, mientras que la generación anual alcanza 2,141.18 toneladas.

Tabla 53

Resumen de la generación de residuos sólidos de fuentes comerciales y especiales

N°	FUENTE DE GENERACION NO DOMICILIARIO	GENERACIÓN TOTAL (KG/DIA)	GENERACIÓN TOTAL (TN/DIA)	GENERACIÓN TOTAL TN/AÑO
1	ESTABLECIMIENTOS COMERCIALES	593.51	0.59	216.63
2	HOTELES	55.10	0.06	20.11
3	RESTAURANTES	368.40	0.37	134.47
4	MERCADOS	2624.29	2.62	957.86
5	INSTITUCIONES PUBLICAS Y PRIVADAS	69.41	0.07	25.34
6	INSTITUCIONES EDUCATIVAS	501.66	0.50	183.11
7	BARRIDO DE CALLES	593.46	0.59	216.61
8	ESPECIALES	1060.40	1.06	387.05
	TOTAL	**5,866.23**	**5.86**	**2,141.18**

Nota: Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos

4.4.10. Densidad de los residuos sólidos comerciales y especiales

La densidad de los residuos sólidos comerciales y especiales presenta un valor promedio de 111.02 kg/m³. En la Tabla 54 se muestran los resultados de la densidad diaria compactada, mientras que la Tabla 55 presenta la densidad de los residuos sólidos sin compactar, cuyo valor promedio es de 85.12 kg/m³.

Tabla 54

Densidad de residuos sólidos comerciales

Parámetro	Densidad diaria (Kg/m3)							
	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7	
Peso del Residuo (kg)	21.30	19.50	24.10	23.60	18.50	26.40	21.30	**Densidad promedio kg/m3**
Volumen que ocupa el residuo (m3)	0.19132	0.20498	0.21045	0.19678	0.19405	0.19678	0.19952	**111.02**
Densidad	111.33	95.13	114.52	119.93	95.34	134.16	106.76	

Nota: Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos

Tabla 55

Densidad suelta de residuos sólidos comerciales

PARÁMETRO	DENSIDAD DIARIA (kg/m3)							DENSIDAD PROMEDIO kg/m3
	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7	
DENSIDAD (S)	82.04	75.10	92.82	90.89	71.25	101.68	82.04	**85.12**

Nota: Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos

4.4.11. Humedad de residuos sólidos comerciales y especiales

La humedad de los residuos sólidos comerciales es un parámetro relevante para la estimación de la generación de lixiviados y el diseño de rellenos sanitarios. Se tomaron muestras de materia orgánica los días 2 y 7 del estudio, obteniéndose un valor promedio de humedad de 68.77 %, conforme a los resultados del laboratorio.

En la Tabla 56 se presenta el cálculo de la humedad de los residuos sólidos comerciales.

Tabla 56

Cálculo de la humedad de residuos sólidos comerciales

Fuente	Humedad % (Dia 2)	Humedad % (Dia 7)	Promedio Humedad %
Comerciales y Especiales	69.23	68.30	68.77 %
TOTAL			68.77 %

Nota: Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos

Ver Anexo 06: Resultados de análisis de humedad - Laboratorio

4.4.12. Composición de los residuos sólidos comerciales y especiales

La caracterización de la composición de los residuos sólidos comerciales y especiales evidencia diferencias según el tipo de fuente generadora. En términos generales, se observa que la fracción predominante corresponde a residuos orgánicos, especialmente en restaurantes y mercados.

La Tabla 57 presenta la composición general de los residuos sólidos de fuentes comerciales, detallando los tipos de residuos, su composición en kilogramos y su composición porcentual. La Figura 9 muestra la composición general de los residuos sólidos comerciales.

Tabla 57

Composición general de los residuos sólidos de fuentes comerciales

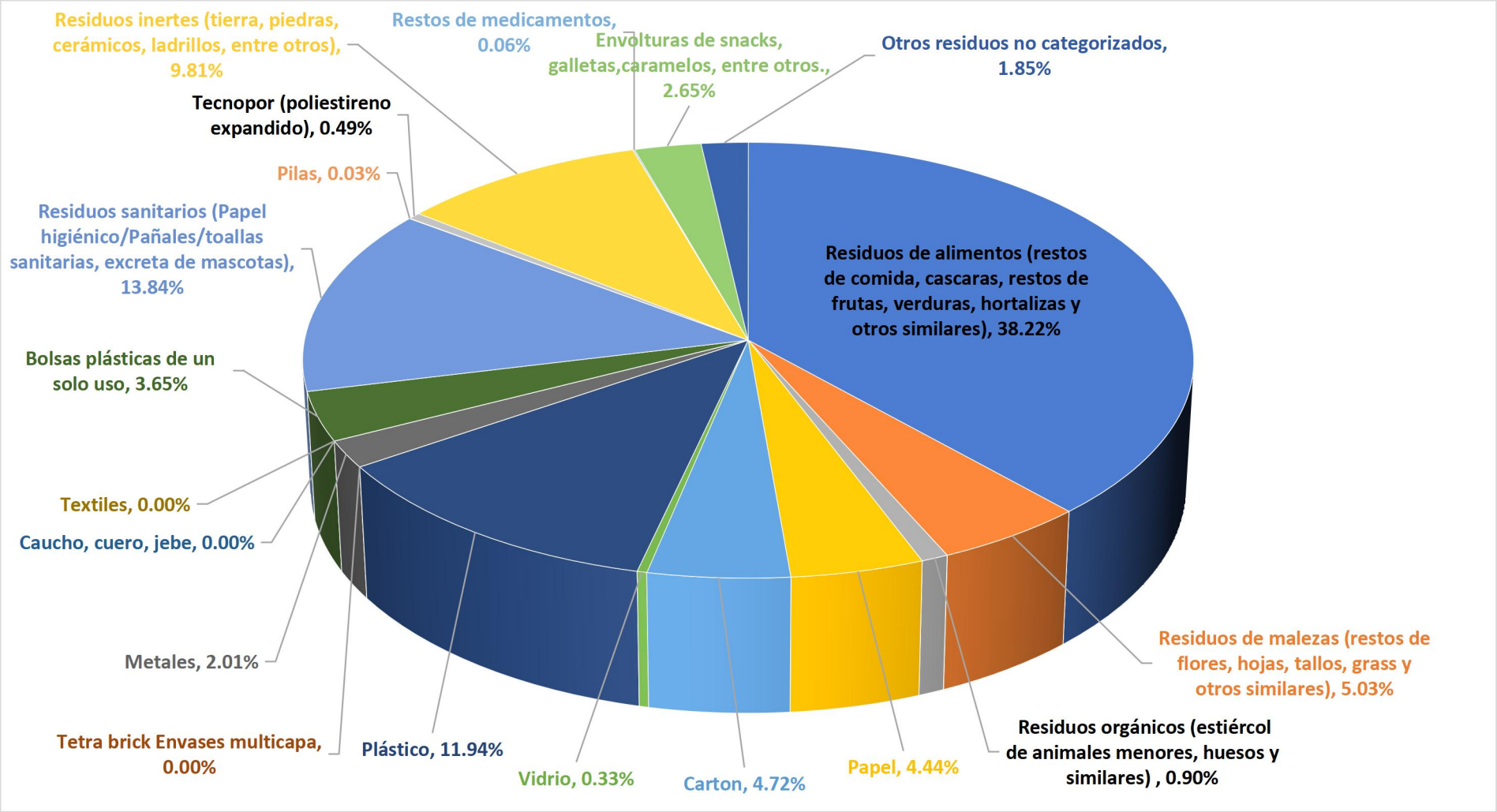
TIPO RESIDUO SOLIDO	COMPOSICION							TOTAL	COMPOSICION PORCENTUAL
	Establecimientos	Hoteles	Restaurantes	Instituciones P. y P.	Instituciones Educativas	Barrido	Mercados		
	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	
1. Residuos aprovechables.	**0.81**	**0.39**	**0.83**	**0.76**	**0.73**	**0.4**	**0.79**	**4.71**	**67.62%**
1.1. Residuos orgánicos	**0.34**	**0.23**	**0.68**	**0.39**	**0.45**	**0.33**	**0.66**	**3.08**	**44.15%**
Residuos de alimentos (restos de comida, cascaras, restos de frutas, verduras, hortalizas y otros similares)	0.312	0.206	0.679	0.389	0.424	0.04	0.612	2.66	38.22%
Residuos de malezas (restos de flores, hojas, tallos, grass y otros similares)	0.025	0.024	0.000	0.002	0.018	0.251	0.030	0.35	5.03%
Residuos orgánicos (estiércol de animales menores, huesos y similares)	0.002	0.002	0.002	0.000	0.004	0.039	0.014	0.06	0.90%
1.2.Residuos Inorgánicos	0.46	0.15	0.15	0.37	0.29	0.07	0.14	1.64	23.47%
1.2.1. Papel	0.03	0.01	0.00	0.13	0.13	0.01	0.01	0.31	4.44%
Blanco	0.011	0.000	0.000	0.093	0.060	0.001	0.000	0.17	2.36%
Color	0.000	0.002	0.001	0.009	0.003	0.005	0.007	0.03	0.39%
Periódico	0.020	0.003	0.001	0.025	0.066	0.002	0.002	0.12	1.70%
1.2.2.Carton	0.14	0.00	0.01	0.08	0.05	0.01	0.05	0.33	4.72%
Corrugado	0.082	0.000	0.001	0.028	0.023	0.005	0.027	0.17	2.38%
Cartoncillo	0.057	0.001	0.006	0.050	0.022	0.007	0.021	0.16	2.35%
1.2.3. Vidrio	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.33%

TIPO RESIDUO SOLIDO	COMPOSICION							TOTAL	COMPOSICION PORCENTUAL
	Establecimientos	Hoteles	Restaurantes	Instituciones P. y P.	Instituciones Educativas	Barrido	Mercados		
	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	
Transparente	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.002	0.01	0.08%
Otros colores (marrón, ámbar, verde. Azul, entre otros)	0.002	0.003	0.003	0.001	0.002	0.001	0.002	0.01	0.17%
Otros (vidrio de ventana)	0.000	0.002	0.000	0.001	0.000	0.000	0.002	0.01	0.08%
1.2.4. Plástico	0.24	0.14	0.11	0.12	0.10	0.05	0.07	0.83	11.94%
PET-Tereftalato de polietileno (1) (aceite y botellas de bebidas y agua, entre otros similares)	0.122	0.097	0.094	0.075	0.069	0.038	0.034	0.53	7.59%
PEAD-Polietileno (2) (botellas de lácteos, shampo, detergente líquido, suavizante)	0.000	0.004	0.001	0.002	0.018	0.006	0.012	0.04	0.62%
PEBD-Polietileno de baja densidad (4) (empaques de alimentos, empaques de plástico de papel higiénico, empaques de detergente, empaque film)	0.073	0.035	0.013	0.020	0.006	0.002	0.015	0.16	2.36%
PP-Polipropileno (5) (baldes, tina, rafia, estuches negros de CD, tapas de bebidas, tapers)	0.046	0.004	0.001	0.016	0.002	0.000	0.005	0.07	1.08%
PS-Poliestireno (6) (tapas cristalinas de CDs, micas, vaso de yogurt, cubetas de helado, envases de lavavajillas)	0.001	0.000	0.003	0.008	0.003	0.001	0.003	0.02	0.28%
PVC-Policloruro de vinilo (3) (Tuberías de agua, desagüe y eléctricas)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.01%
1.2.5. Tetra brick Envases multicapa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
1.2.6. Metales	0.05	0	0.03	0.04	0.01	0.01	0.01	0.14	2.01%

TIPO RESIDUO SOLIDO	COMPOSICION							TOTAL	COMPOSICION PORCENTUAL
	Establecimientos	Hoteles	Restaurantes	Instituciones P. y P.	Instituciones Educativas	Barrido	Mercados		
	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	
Latas-hojalata (latas de leche, atún, entre otros)	0.022	0.000	0.022	0.041	0.013	0.003	0.003	0.10	1.49%
Aluminio fino	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.00	0.01%
Aluminio intermedio	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.001	0.00	0.06%
Aluminio grueso	0.006	0.002	0.001	0.001	0.000	0.002	0.000	0.01	0.17%
Otros metales	0.018	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.02	0.27%
1.2.7. Textiles	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
1.2.8. Caucho, cuero, jebe	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
2. Residuos No Aprovechables.	**0.20**	**0.61**	**0.16**	**0.23**	**0.26**	**0.59**	**0.20**	**2.26**	**32.38%**
Bolsas plásticas de un solo uso	0.066	0.062	0.012	0.009	0.005	0.059	0.041	0.25	3.65%
Residuos sanitarios (Papel higiénico/Pañales/toallas sanitarias, excreta de mascotas)	0.026	0.419	0.085	0.162	0.200	0.012	0.060	0.96	13.84%
Pilas	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.00	0.03%
Tecnopor (poliestireno expandido)	0.001	0.006	0.011	0.005	0.001	0.007	0.003	0.03	0.49%
Residuos inertes (tierra, piedras, cerámicos, ladrillos, entre otros)	0.005	0.090	0.032	0.024	0.033	0.448	0.052	0.68	9.81%
Restos de medicamentos	0.003	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.00	0.06%
Envolturas de snacks, galletas, caramelos, entre otros.	0.023	0.027	0.018	0.022	0.015	0.058	0.022	0.18	2.65%
Otros residuos no categorizados	0.075	0.010	0.006	0.002	0.005	0.010	0.021	0.13	1.85%
TOTAL	**1.01**	**1.00**	**0.99**	**0.99**	**0.99**	**0.99**	**0.99**	**6.97**	**100.00%**

Figura 9

Composición general de los residuos sólidos de fuentes comerciales



Nota: Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos

4.5. Generación total y per cápita de residuos sólidos.

Como parte final de la caracterización integral de los residuos sólidos en el distrito de Camaná, se consolidaron los resultados obtenidos de las fuentes domiciliarias, comerciales y especiales, con la finalidad de estimar la Generación Total Municipal. En la Tabla 58 se presenta la generación total de residuos sólidos por tipo de fuente, expresada en toneladas por día, mes y año.

De acuerdo con los resultados obtenidos, la generación total diaria de residuos sólidos asciende a 13.35 toneladas, alcanzando una generación mensual de 400.48 toneladas y una generación anual de 4,872.55 toneladas. Se observa que la mayor contribución corresponde a los residuos domiciliarios con 7.48 t/día, seguidos por los residuos generados en mercados con 2.62 t/día, mientras que los residuos provenientes de fuentes especiales representan 1.06 t/día.

Tabla 58

Generación total de residuos sólidos en el distrito de Camaná

FUENTE DE GENERACIÓN	GENERACIÓN DIARIA (T)	GENERACIÓN AL MES (T)	GENERACIÓN AL AÑO (T)
DOMICILIOS	7.4832	224.50	2731.37
ESTABLECIMIENTOS COMERCIALES	0.59351	17.81	216.63
HOTELES	0.05510	1.65	20.11
RESTAURANTES	0.36840	11.05	134.47
MERCADOS	2.62429	78.73	957.86
INSTITUCIONES PUBLICAS Y PRIVADAS	0.06941	2.08	25.34
INSTITUCIONES EDUCATIVAS	0.50166	15.05	183.11
BARRIDO DE CALLES	0.59346	17.80	216.61
ESPECIALES	1.06040	31.81	387.05
TOTAL	**13.34943**	**400.48**	**4,872.55**

Nota: Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos

A partir de la información consolidada, se determinó la generación per cápita municipal, la cual resulta de la suma de la generación domiciliaria y comercial. En la Tabla 59 se presenta el cálculo de la generación per cápita municipal considerando una población urbana de 12,472 habitantes, para el 2024.

Los resultados indican que la generación per cápita distrital es de 1.07 kg/hab/día, correspondiendo 0.60 kg/hab/día a residuos domiciliarios y 0.47 kg/hab/día a residuos comerciales y especiales. Este valor refleja la presión ejercida por las

actividades urbanas, comerciales, institucionales y de servicios sobre el sistema de gestión municipal.

Tabla 59

Generación per cápita municipal del distrito de Camaná

Población Urbana del Distrito (hab.)	GPC domiciliaria (Kg/hab/día)	Generación Domiciliaria (Kg/hab/día)	Generación Comercial y especiales (Kg/hab/día)	Generación Municipal (Kg/hab/día)	GPC Municipal (Kg/día)
12,472	0.60	7,483.20	5,866.23	13,349.43	**1.07**

Nota: Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos

4.5.1. Densidad de los residuos sólidos municipales

La densidad de los residuos sólidos municipales constituye un parámetro fundamental para el dimensionamiento del sistema de recolección, transporte y disposición final. A nivel distrital, se obtuvo un valor promedio de densidad de 128.40 kg/m³, considerando los residuos domiciliarios y comerciales.

En la Tabla 60 se muestran los valores diarios de peso volumétrica obtenidos durante los siete días de evaluación, así como los promedios correspondientes a cada tipo de fuente. Los residuos domiciliarios presentan un promedio de 145.79 kg/m³, mientras que los residuos comerciales y especiales registran un promedio de 111.02 kg/m³, evidenciando diferencias asociadas a la composición y grado de compactación de cada fracción.

Tabla 60

Promedio distrital de la densidad de residuos sólidos

Fuente de Generación	Densidad diaria (Kg/m3)							Densidad promedio kg/m3	Densidad promedio kg/m3
	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7		
Residuos Domiciliarios	150.60	157.57	159.46	118.77	133.44	161.20	139.46	145.79	128.40
Residuos Comerciales y especiales	111.33	95.13	114.52	119.93	95.34	134.16	106.76	111.02	

Nota: Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos

4.5.2. Humedad de los residuos sólidos municipales

La humedad de los residuos sólidos municipales es un indicador relevante para la evaluación de procesos de valorización, generación de lixiviados y diseño de infraestructura de disposición final. Se obtuvo un valor promedio distrital de 71.33 % de humedad.

En la Tabla 61 se presentan los resultados de humedad para residuos domiciliarios, comerciales y especiales, registrándose un valor de 73.89 % para residuos domiciliarios y 68.77 % para residuos comerciales. Estos resultados evidencian una alta presencia de fracción orgánica en el total de residuos generados a nivel distrital.

Tabla 61

Promedio distrital de la humedad de residuos sólidos

Fuente	Humedad Residuos Domiciliarios %	Humedad Residuos Comerciales %	Promedio Humedad %
	73.89	68.77	71.33 %
TOTAL			71.33 %

Nota: Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos

Anexo 06: Resultados de análisis de humedad - Laboratorio

4.5.3. Composición física de los residuos sólidos municipales

La composición física de los residuos sólidos municipales permite identificar las fracciones predominantes y evaluar el potencial de aprovechamiento y valorización. A nivel distrital, los resultados muestran que los residuos orgánicos representan la mayor proporción con 50.27 %, seguidos por los residuos inorgánicos aprovechables de 24.73%, dentro de los cuales destacan los plásticos con 11.22 %, el papel con 4.66 %, el cartón con 4.24 % y el vidrio con 1.35 %.

En la Tabla 62 se presenta la composición porcentual de los residuos sólidos municipales, diferenciando residuos domiciliarios y comerciales, así como el promedio distrital. Asimismo, se detallan las subcategorías de residuos orgánicos, plásticos, metales, papel, cartón, vidrio y residuos no aprovechables, evidenciando la heterogeneidad de la generación según el tipo de fuente. Así como residuos No aprovechables en una proporción de 25.00%

La Figura 10 muestra la composición general de residuos sólidos municipales.

Tabla 62

Composición municipal de los residuos sólidos del distrito de Camaná

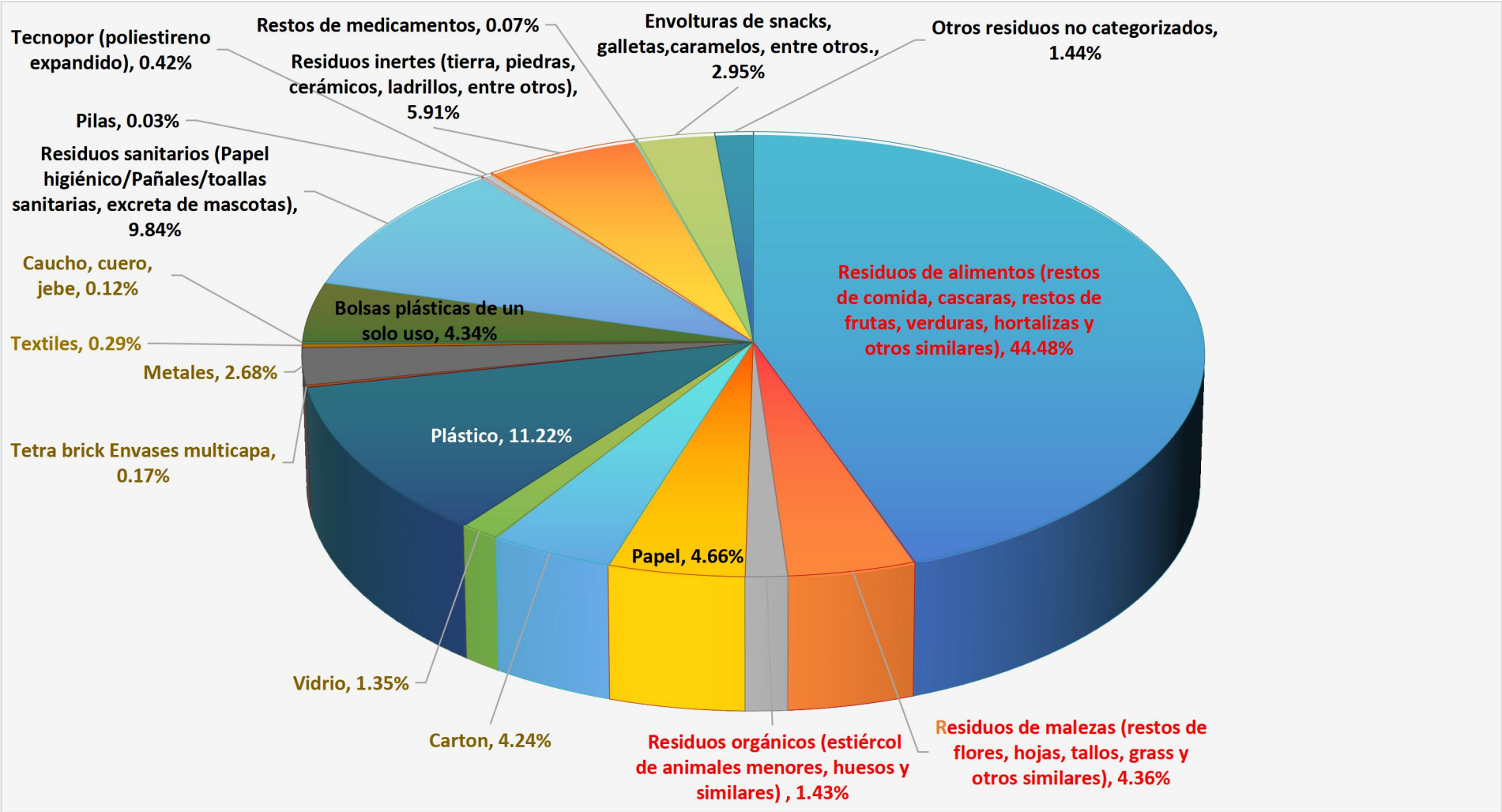
TIPO RESIDUO SOLIDO	COMPOSICION PORCENTUAL		
	Domiciliarios	**Comerciales**	**Promedio %**
1. Residuos aprovechables.	**82.38%**	**67.62%**	**75.00%**
1.1. Residuos orgánicos	**56.39%**	**44.15%**	**50.27%**
Residuos de alimentos (restos de comida, cascaras, restos de frutas, verduras, hortalizas y otros similares)	50.75%	38.22%	44.48%
Residuos de malezas (restos de flores, hojas, tallos, grass y otros similares)	3.68%	5.03%	4.36%
Residuos orgánicos (estiércol de animales menores, huesos y similares)	1.96%	0.90%	1.43%
1.2.Residuos Inorgánicos	**26.00%**	**23.47%**	**24.73%**
1.2.1. Papel	4.87%	4.46%	4.66%
Blanco	1.29%	2.36%	1.82%
Color	2.79%	0.39%	1.59%
Periódico	0.79%	1.71%	1.25%
1.2.2.Carton	3.74%	4.73%	4.24%
Corrugado	2.47%	2.38%	2.43%
Cartoncillo	1.27%	2.35%	1.81%
1.2.3. Vidrio	2.37%	0.33%	1.35%
Transparente	2.14%	0.08%	1.11%
Otros colores (marrón, ámbar, verde. Azul, entre otros)	0.19%	0.17%	0.18%
Otros (vidrio de ventana)	0.05%	0.08%	0.06%
1.2.4. Plástico	10.51%	11.94%	11.22%
PET-Tereftalato de polietileno (1) (aceite y botellas de bebidas y agua, entre otros similares)	4.89%	7.59%	6.24%
PEAD-Polietileno (2) (botellas de lácteos, shampo, detergente líquido, suavizante)	1.43%	0.62%	1.03%
PEBD-Polietileno de baja densidad (4) (empaques de alimentos, empaques de plástico de papel higiénico, empaques de detergente, empaque film)	1.32%	2.36%	1.84%

TIPO RESIDUO SOLIDO	COMPOSICION PORCENTUAL		
	Domiciliarios	**Comerciales**	**Promedio %**
PP-Polipropileno (5) (baldes, tina, rafia, estuches negros de CD, tapas de bebidas, tapers)	2.51%	1.08%	1.80%
PS-Poliestireno (6) (tapas cristalinas de CDs, micas, vaso de yogurt, cubetas de helado, envases de lavavajillas)	0.26%	0.28%	0.27%
PVC-Policloruro de vinilo (3) (Tuberías de agua, desagüe y eléctricas)	0.09%	0.01%	0.05%
1.2.5. Tetra brick Envases multicapa	0.34%	0.00%	0.17%
1.2.6. Metales	3.35%	2.01%	2.68%
Latas-hojalata (latas de leche, atún, entre otros)	2.54%	1.48%	2.01%
Aluminio fino	0.00%	0.01%	0.01%
Aluminio intermedio	0.24%	0.06%	0.15%
Aluminio grueso	0.35%	0.18%	0.26%
Otros metales	0.22%	0.28%	0.25%
1.2.7. Textiles	0.59%	0.00%	0.29%
1.2.8. Caucho, cuero, jebe	0.24%	0.00%	0.12%
2. Residuos No Aprovechables.	**17.62%**	**32.38%**	**25.00%**
Bolsas plásticas de un solo uso	5.03%	3.65%	4.34%
Residuos sanitarios (Papel higiénico/Pañales/toallas sanitarias, excreta de mascotas)	5.83%	13.85%	9.84%
Pilas	0.02%	0.03%	0.03%
Tecnopor (poliestireno expandido)	0.36%	0.49%	0.42%
Residuos inertes (tierra, piedras, cerámicos, ladrillos, entre otros)	2.03%	9.80%	5.91%
Restos de medicamentos	0.08%	0.06%	0.07%
Envolturas de snacks, galletas, caramelos, entre otros.	3.25%	2.65%	2.95%
Otros residuos no categorizados	1.03%	1.85%	1.44%
TOTAL	**100.00%**	**100.00%**	**100.00%**

Nota: Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos distrito Camaná

Figura 10

Composición física de los residuos sólidos municipales del distrito de Camaná



Nota: Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos distrito Camaná.

4.6. Comparación de resultados con estudios Nacionales.

En la interpretación de la tabla 63, podemos observar que los desechos orgánicos son siempre la categoría más grande, superando el 50% en todos los años, lo que indica que la prioridad de gestión en Perú debe ser el compostaje o la valorización de orgánicos. La composición de los residuos se mantiene similar año tras año, En Camaná se registra el nivel más alto en, otro material inorgánico y el más bajo en textiles y vidrio. En Camaná la menor reducción de orgánicos puede ser por hábitos de consumo distintos o menor desperdicio alimentario local.

Tabla 63

Composición porcentual de residuos 2016 - 2023

Categoría	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024 Camaná
Total	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**
Papel, cartón	7,3	7,1	7,6	8,6	8,1	8,1	8,4	7,4	8,9
Textiles	1,6	1,5	1,8	1,2	1,2	0,9	1,3	0,9	0,3
Plásticos	9,9	6,1	5,3	11,3	6,6	11,2	11,9	7,2	11,2
Vidrio	2,7	2,7	2,7	3,0	2,8	3,1	3,0	2,9	1,4
Metales	2,0	2,3	1,9	3,2	2,9	2,7	3,0	3,7	2,7
Otro material inorgánico *	20,3	26,6	23,2	18,1	22,7	17,3	16,9	21,3	25,2
Material Orgánico	56,2	53,7	57,5	54,6	55,7	56,7	55,5	56,5	50,3

* Comprende: jebe, chatarra electrónica, material inerte y otros no especificados

Nota: Elaboración propia, INEI, Anuario de Estadísticas Ambientales Perú 2025.

En la interpretación de la tabla 64, podemos observar que existe una correlación directa entre el tiempo y la generación per cápita domiciliaria de residuos a nivel país, pasó de 0.56 a 0.60 de incremento per cápita, lo que refleja directamente el incremento poblacional, el aumento del poder adquisitivo o consumo de productos empacados. Camaná se sitúa en el mismo nivel de generación que el promedio de todo el Perú, pero más alto que Arequipa, este debido a consumos más medidos o prácticas de segregación extendidas. Moquegua crece agresivamente en el 2023, esto puede ser debido al crecimiento demográfico urbano o al dinamismo económico local. Ucayali, Lima y Loreto lideran la generación, debido a la alta concentración de actividades comerciales densas y mayor acceso a bienes de consumo envasados. Sin embargo

Huancavelica y Amazonas están por debajo de la media nacional, puede ser por ser regiones rurales, los alimentos se consumen son menos procesados y con un alto reaprovechamiento interno como alimentar animales, reduciendo la basura recolectada.

Tabla 64

Generación per cápita de residuos domiciliarios diario según departamentos 2016 - 2023

Departamento	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Generación per cápita domiciliaria	**0.56**	**0.56**	**0.55**	**0.57**	**0.57**	**0.58**	**0.59**	**0.60**	**0.60**
Amazonas	0.53	0.53	0.51	0.53	0.52	0.46	0.47	0.49	0
Arequipa	0.49	0.49	0.49	0.46	0.46	0.47	0.48	0.48	0
Callao	0.59	0.60	0.60	0.55	0.55	0.65	0.61	0.62	0
Huancavelica	0.43	0.43	0.45	0.42	0.42	0.50	0.50	0.49	0
Ica	0.50	0.50	0.50	0.53	0.53	0.52	0.56	0.57	0
Lima	0.60	0.60	0.59	0.63	0.63	0.64	0.66	0.66	0
Loreto	0.61	0.57	0.57	0.64	0.64	0.62	0.63	0.64	0
Moquegua	0.44	0.44	0.44	0.46	0.46	0.45	0.54	0.60	0
Ucayali	0.66	0.66	0.61	0.60	0.60	0.61	0.61	0.67	0
Camaná	0	0	0	0	0	0	0	0	0.60

Nota: Elaboración propia, INEI, Anuario de Estadísticas Ambientales Perú 2023

En la interpretación de la tabla 65, podemos observar el crecimiento del GPC municipal en el año 2020 debido al COVID19 lo que afecto al GIRS, ya que los residuos comerciales se trasladaron al domiciliario, alterando y rediseñando sus frecuencias de recojo. Camaná con un GPC Municipal de 1.1 kg/hab/día, es igual al promedio general de los distritos de Lima Metropolitana, producir más de 1 kg por persona al día significa que la municipalidad de Camaná tiene la misma presión que un ciudadano de los distritos como Villa El Salvador o Carabayllo, por lo que requiere con urgencia un relleno sanitario y plantas de valorización para evitar que los plásticos y orgánicos saturen el servicio de limpieza de la provincia.

Tabla 65

Generación per cápita Municipal de residuos sólidos, según distritos Lima 2016 – 2024

Distrito	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Generación per cápita Municipal	**1.1**	**1.1**	**1.1**	**1.1**	**1.3**	**0.9**	**0.9**	**1.1**	**1.1**
Ancón	0.7	0.8	0.8	0.8	1.5	0.7	1.1	0.6	0.6
Barranco	2.4	1.9	1.9	1.9	1.7	0.5	1.3	1.7	1.4
Carabayllo	0.9	0.9	0.6	0.5	0.9	1.2	1.0	1.0	0.9
Lima	2.4	2.5	2.4	2.3	2.4	0.7	0.7	1.8	2.3
Los Olivos	0.8	0.8	0.9	1.0	2.7	0.7	0.9	1.0	1.1
Puente de Piedra	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	1.0	0.6	0.8	0.9
San Borja	1.0	1.0	0.9	0.9	2.7	1.0	0.5	0.9	2.0
Santa Anita	0.9	1.0	1.0	0.9	1.1	0.6	0.5	1.1	1.2
Surquillo	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	0.7	1.3	1.4	1.3
Villa el Salvador	0.7	0.7	0.8	1.0	1.0	0.9	0.9	0.8	1.0
CAMANA	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1.1**

Nota: Elaboración propia, INEI, Anuario de Estadísticas Ambientales Perú 2025.

4.7. Análisis de encuesta de percepción ciudadana sobre la gestión de residuos sólidos.

Como parte del cierre del primer objetivo, se realizó el análisis de la percepción ciudadana respecto a la Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS) en la provincia de Camaná. Para ello, se aplicó una encuesta a 121 viviendas, cuyos resultados fueron analizados mediante la metodología de media ponderada (WM) basada en una escala Likert de cinco puntos.

El análisis permitió transformar los datos de percepción en indicadores de gestión, alineados con el marco normativo vigente, particularmente la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos y su reglamento, la cual enfatiza la minimización, valorización y la disposición final adecuada. Los hallazgos se integran con los instrumentos de gestión local de la Municipalidad Provincial de Camaná, incluyendo el Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos.

Los resultados evidencian un alto nivel de conciencia ambiental y disposición ciudadana para participar en acciones de mejora, así como brechas operativas

vinculadas a la segregación en la fuente, la infraestructura de valorización y el control de puntos críticos de acumulación.

En la Tabla 66 se presenta el análisis ponderado de la Dimensión 1: Tipos y segregación de residuos sólidos, donde se identifica como punto crítico la baja práctica de segregación habitual en los hogares, pese a la alta valoración del conocimiento sobre la composición de los residuos y la demanda de puntos de reciclaje.

Tabla 66

Análisis ponderado de la Dimensión 1

Ítem (Abreviado)	% Total Desacuerdo (1-2)	% Neutral (3)	% Total Acuerdo (4-5)	Media Ponderada (1-5)	Nivel de Acuerdo/Práctica
Generación Orgánica (1)	5.80%	11.60%	82.60%	4.45	Alta
Generación Inorgánica (2)	19.80%	19.80%	60.30%	3.73	Media-Alta
Separación Habitual (3)	50.40%	20.70%	28.90%	2.5	Crítico: Baja Práctica
Acopio Comunitario (4)	37.20%	21.50%	41.30%	3.01	Mixto
Demanda Puntos Reciclaje (5)	1.70%	7.40%	90.90%	4.59	Muy Alta
Importancia Conocimiento (6)	1.70%	4.10%	94.20%	4.75	Muy Alta

Nota: Elaboración propia

La Tabla 67 muestra el análisis ponderado de la Dimensión 2: Eficiencia, conciencia y participación, evidenciando una elevada preocupación por los impactos sanitarios y ambientales, así como una alta disposición a participar en programas de educación y sensibilización ambiental.

Tabla 67

Análisis ponderado de la Dimensión 2

Ítem (Abreviado)	% Total Desacuerdo (1-2)	% Neutral (3)	% Total Acuerdo (4-5)	Media Ponderada (1-5)	Nivel de Satisfacción / Preocupación	Conexión Estratégica
Conocimiento Ruta (7)	6.60%	28.10%	65.30%	3.99	Alto Conocimiento	Operación base bien comunicada
Alta Generación Casa (8)	11.60%	31.40%	57.00%	3.71	Percepción de Alta Generación	Refuerza el objetivo de reducción
Eficiencia Recolección (9)	1.70%	35.50%	62.80%	4.01	Satisfacción Mixta	Servicio base constante
Acumulación Frecuente (10)	4.90%	23.10%	72.70%	4.15	Alta Preocupación Operacional	Falla en control de puntos críticos
Preocupación Comunitaria (11)	3.30%	15.70%	81.00%	4.3	Muy Alta Preocupación	Capital político para inversión
Deseo de Orientación (12)	2.50%	4.10%	93.40%	4.72	Demanda Máxima de EDUCCA	Eje temático prioritario (Reducción)
Problema Salud/Ambiente (13)	0.00%	1.70%	98.30%	4.88	Crítico: Prioridad Sanitaria	Justificación para Plan de Choque
Disposición a Participar (14)	10.70%	26.40%	62.80%	3.95	Alta Disposición	Receptividad a campañas
Importancia Planta Reciclaje (15)	3.30%	4.10%	92.60%	4.67	Muy Alta	Justificación para Proyectos de Inversión Pública

Nota: Elaboración propia

Finalmente, la Tabla 68 presenta la matriz de alineación estratégica entre los hallazgos de la encuesta, los instrumentos municipales vigentes y las acciones estratégicas prioritarias, orientadas a fortalecer la gestión integral de residuos sólidos en el distrito.

Tabla 68

Matriz de alineación estratégica

Hallazgo Clave (Encuesta)	Implicación/Brecha Detectada	Instrumento Municipal Asociado	Acción Estratégica Prioritaria	Indicador de Éxito Esperado
Baja Separación WM 2.50, (3)	Falla sistémica en la logística de retorno y falta de apoyo operativo.	EDUCCA 5 / GIRS Operacional	Implementación obligatoria de rutas de recolección diferenciada (orgánicos/reciclables) en zonas piloto.	Incremento de (3) Segregación Habitual a WM 3.50 en 18 meses.
Preocupación Máxima Salud WM 4.88, (13)	Alto riesgo sanitario percibido y real por acumulación de residuos.	GIRS Operacional / Subgerencia de Ecología	Plan de Choque: Erradicación y vigilancia permanente de puntos críticos (10) con aplicación de sanciones.	Reducción de la frecuencia de acumulación (10) al 30% en 12 meses.
Alta Generación Orgánica WM 4.45, (1)	Oportunidad de valorización para reducir el volumen de disposición final.	PAVRSO	Puesta en marcha inmediata de la infraestructura de compostaje (pilotos zonales) y aprovechamiento de la demanda educativa (12).	Valorización del 5% del total de residuos orgánicos municipales en el primer año.
Demanda de Infraestructura WM 4.67, (15)	Mandato social para la sostenibilidad y gestión a largo plazo.	Inversión Pública	Elaboración del Expediente Técnico (PIP) para la Planta de Valorización/Reciclaje Provincial.	Aprobación del PIP para la Planta de Reciclaje.

Nota: Elaboración propia

Ver Anexo 07: Revisión de encuesta por tres expertos en gestión ambiental y manejo de residuos sólidos.

Ver Anexo 08: Encuesta de percepción sobre manejo de residuos sólidos.

Ver Anexo 09: Resultado de encuestas.

Ver Anexo 10: Gráficos de resultado de encuestas.

4.8. Determinar y evaluar la ubicación del relleno sanitario.

4.8.1. Criterios de Restricción

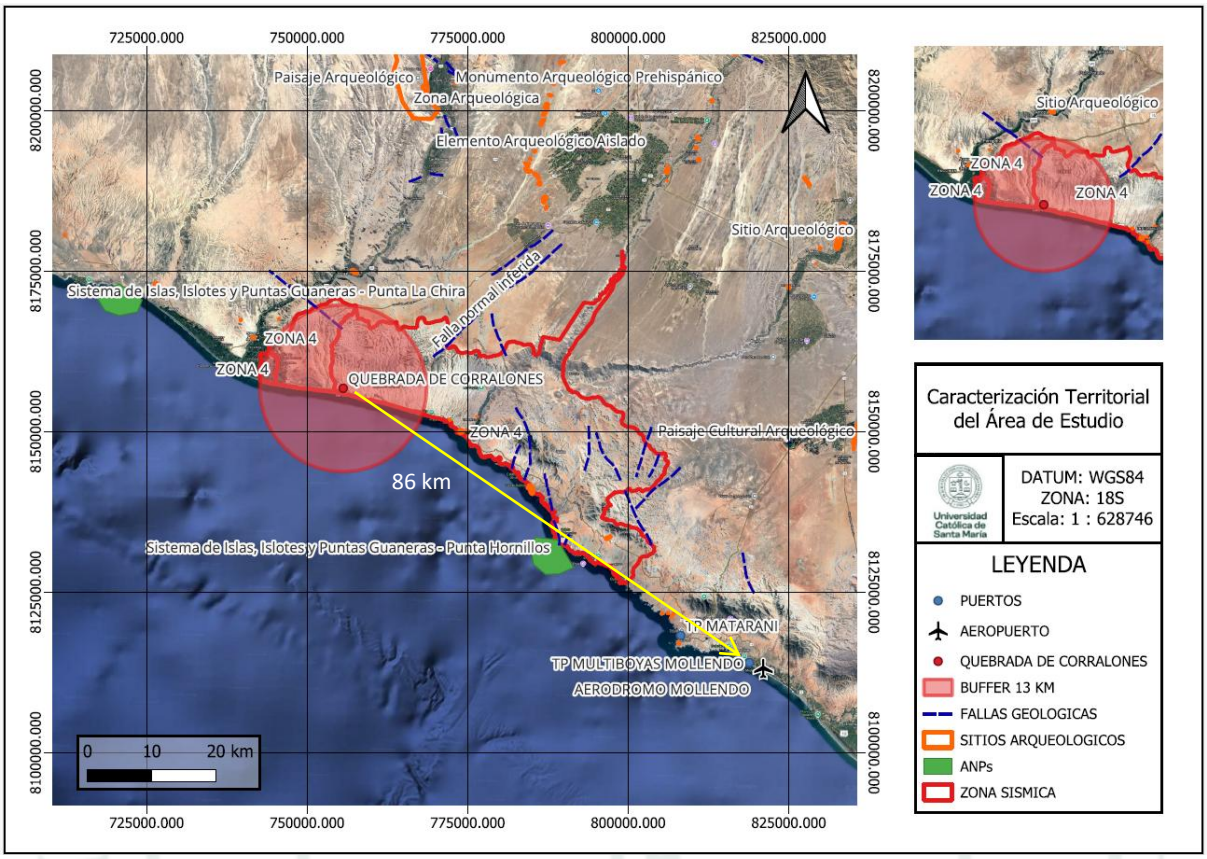
Son las Variables excluyentes, estos criterios actúan como filtros absolutos en la geografía de Camaná, el incumplimiento de cualquiera de ellos invalida el terreno evaluado:

I. Seguridad Aeroportuaria: El área para el relleno sanitario municipal debe ubicarse a una distancia mayor a 13 km de las pistas de aterrizaje o aeródromos locales activos o proyectados en la provincia. Este criterio busca evitar accidentes aeronáuticos causados por el peligro aviario, se complementa esta evidencia con la validación de herramientas de modelamiento geoespacial software QGIS.

Se evaluó el área circundante a la Quebrada Corralones, Quilca, bajo la restricción de radio mínimo de 13 km establecida en la normativa de infraestructura de residuos sólidos. El procesamiento geoespacial determinó que el centro geométrico del proyecto (16°39´29" S, 72°36´13" W) cuenta con un cumplimiento holgado del criterio, ubicándose el nodo aeroportuario más cercano el Aeropuerto Internacional Rodríguez Ballón, en Arequipa a una distancia ortodrómica de aproximadamente 115 km y el Aeródromo de Mollendo se encuentra a una distancia de 86 km, , superando el radio de exclusión de 13 km exigido por ley, según la Figura 11 y 12. Característica Territorial del Area de Estudio, DATUM WGS84, Zona 185, Buffer 13 km. - Ositran

Figura 11

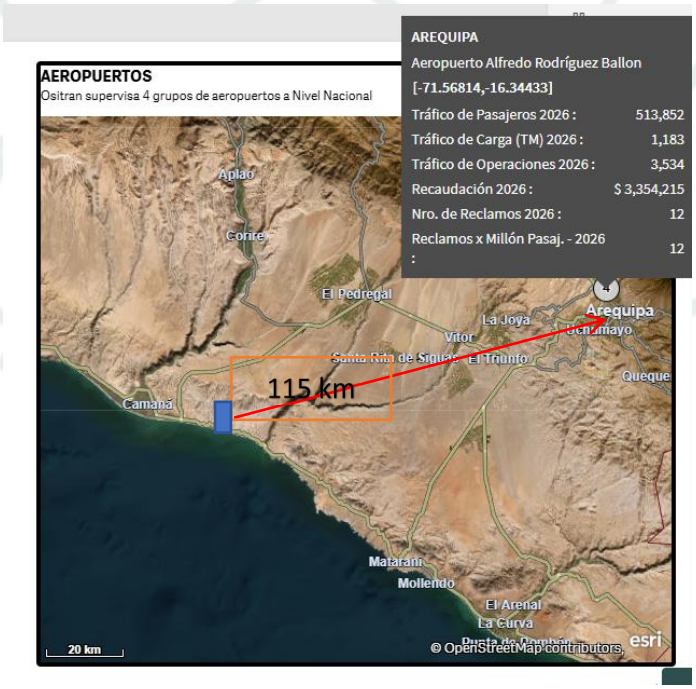
Característica Territorial del Area de Estudio Aeropuertos



Nota: Elaboración propia - Modelamiento geoespacial software QGIS

Figura 12

Característica Territorial del Area de Estudio

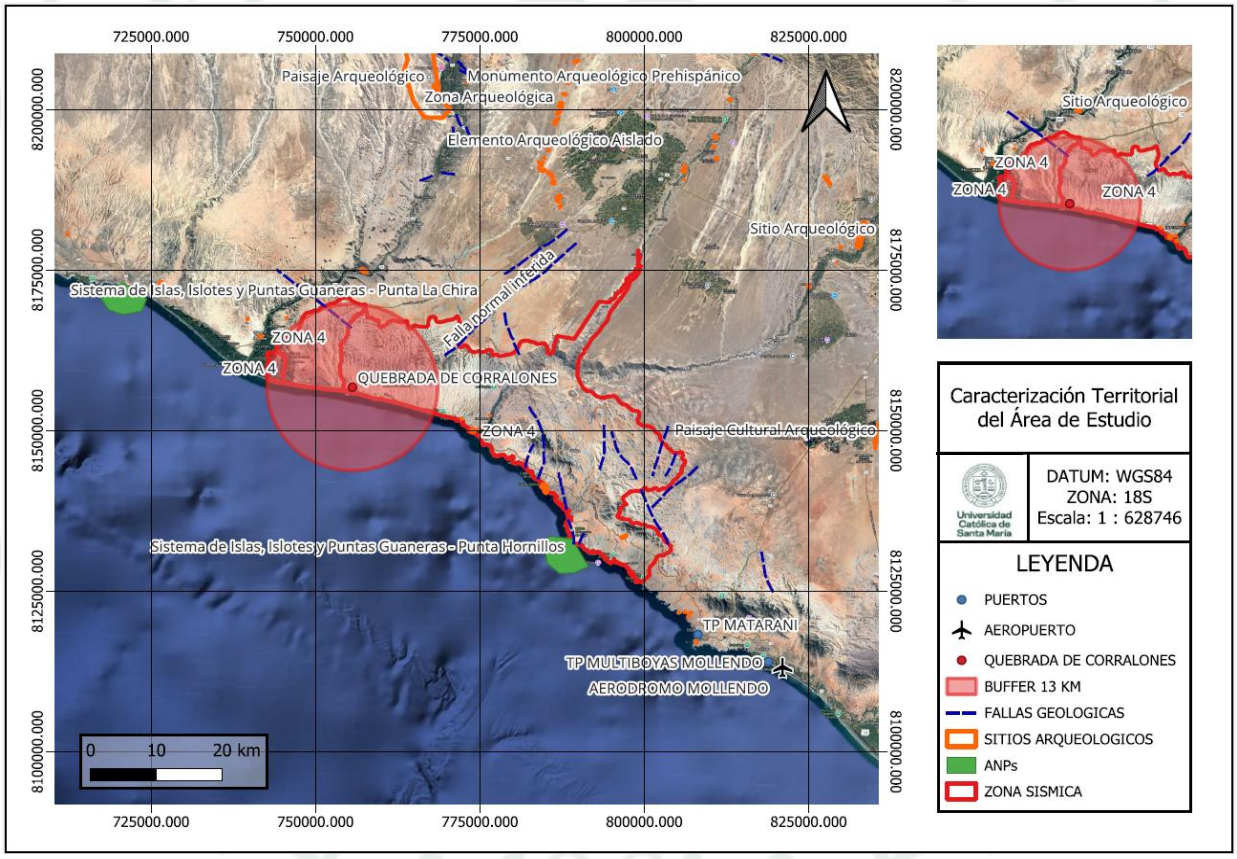


Nota: Elaboración propia - Ositran.

II. Fallas Geológicas y Áreas Inestables: Al encontrarse Camaná en una zona de alta actividad tectónica en el sur del Perú, se excluyen rigurosamente áreas situadas a menos de 60 metros de fallas geológicas con desplazamiento en el Holoceno, previniendo rupturas en las geomembranas de impermeabilización. Fuera del área de influencia, se complementa esta evidencia con la validación de herramientas de modelamiento geoespacial software QGIS. Determinando que no se encuentran fallas geológicas y áreas inestables en un radio de 13 km. según la Figura 13, Característica Territorial del Area de Estudio, DATUM WGS84, Zona 185, Buffer 13 km.

Figura 13

Característica Territorial del Area de Estudio Fallas Geológicas



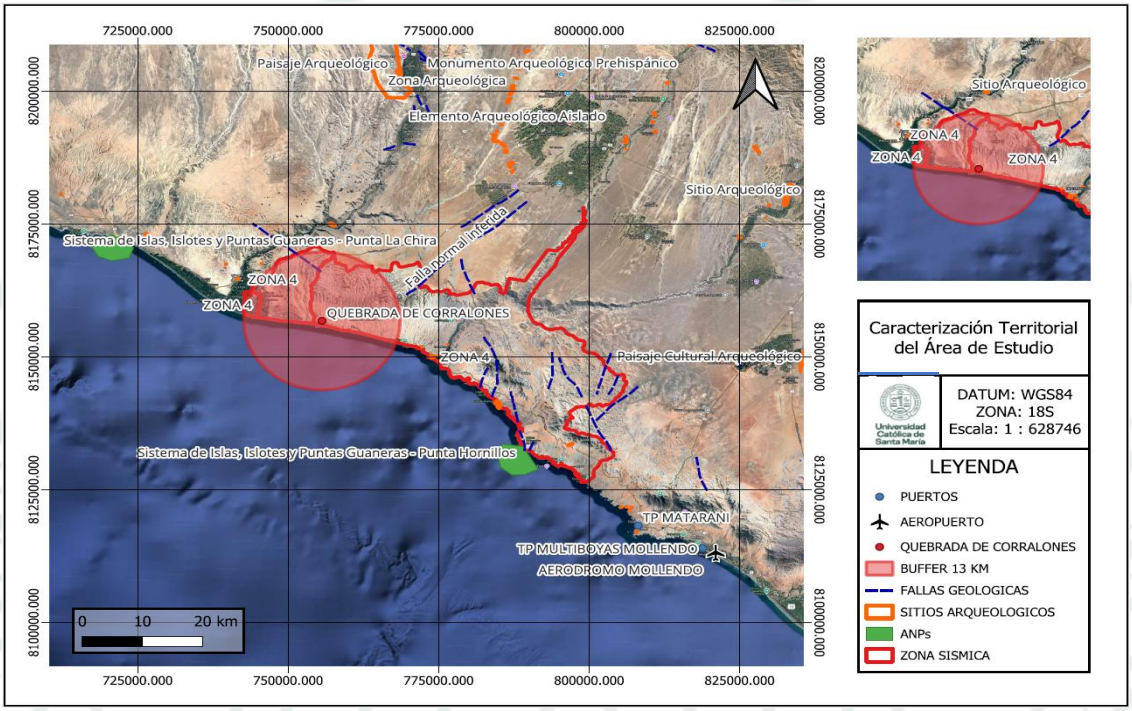
Nota: Elaboración propia - Modelamiento geoespacial software QGIS

III. Zonas Sísmicas y Movimiento de Masas: Se descartan terrenos en pendientes inestables o propensos a licuación de suelos, agrietamientos y desprendimientos. Esto es crítico en las laderas y acantilados de la provincia para garantizar la seguridad del personal y la integridad operativa de las celdas. Se descartan absolutamente las laderas inestables de los acantilados de la provincia o zonas de pampas con arenas sueltas saturadas. Terreno en zona de baja susceptibilidad, se

complementa esta evidencia con la validación de herramientas de modelamiento geoespacial software QGIS. Determinando que no se encuentran zonas sísmicas y movimiento de masas en un radio de 13 km. según la Figura 14, Característica Territorial del Area de Estudio, DATUM WGS84, Zona 185, Buffer 13 km.

Figura 14

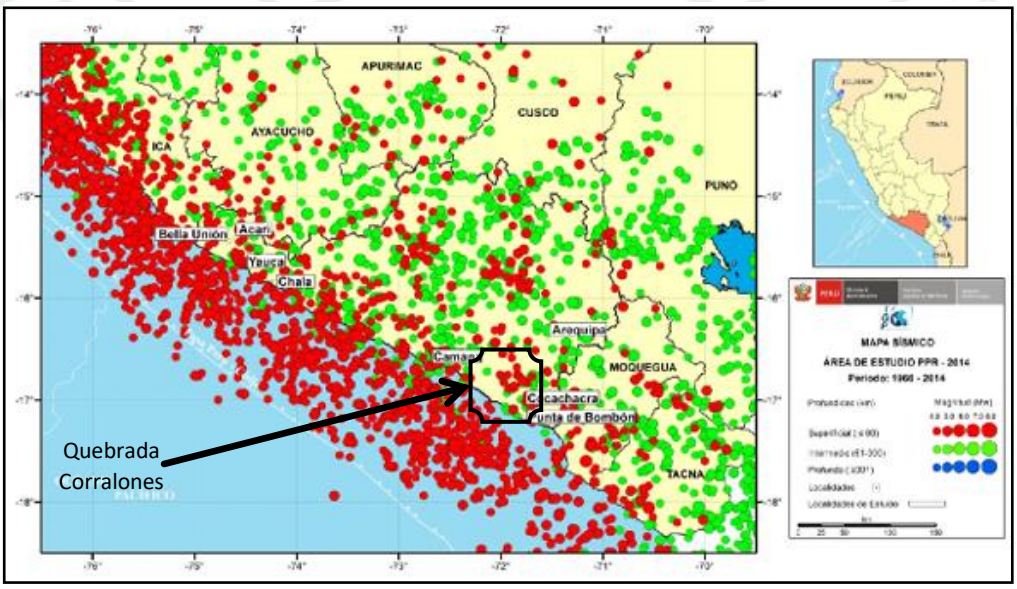
Característica Territorial del Area de Estudio Sísmicas



Nota: Elaboración Propia - Modelamiento geoespacial software QGIS

Figura 15

Zona Sismicidad Regional para el borde Occidental Sur del Perú



Nota: Instituto Geofísico del Perú

IV. Infraestructura Existente: No se permite la selección de áreas dentro de la zona de influencia de obras de infraestructura mayor, redes de saneamiento, canales principales de regadío del valle de Camaná, carreteras nacionales (Panamericana Sur) o infraestructura energética.

El terreno bajo análisis no puede interceptar el trazo de la Carretera Panamericana Sur, carretera Costanera Sur, líneas de alta tensión, redes principales de agua potable ni los canales de regadío maestros que alimentan el valle aluvial. Se encuentra en un ecosistema desértico, caracterizado por escasas precipitaciones, suelos con limitadas condiciones de fertilidad y reducida disponibilidad de alimento y refugio para la fauna silvestre, según la Figura N°16, Plano catastral Camaná.

Figura 16

Plano Catastral Camaná

Nota Elaboración Propia - Google Earth 2026 - MPC.

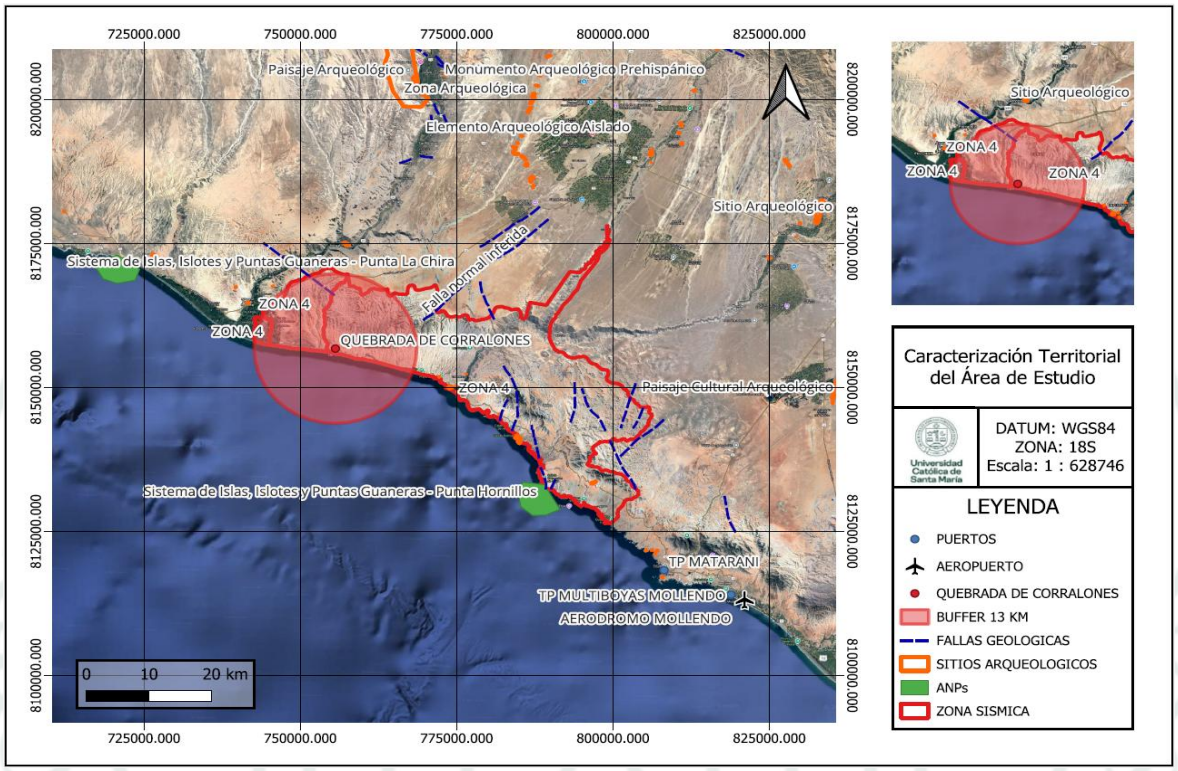
V. Plan Urbano, Proyectos de Desarrollo y Áreas Protegidas: El emplazamiento debe respetar estrictamente el Plan de Desarrollo Urbano de Camaná. Queda prohibida la ocupación de zonas arqueológicas, Areas Naturales Protegidas (ANPs), áreas vulnerables a desastres naturales, como zonas de inundación por tsunamis en el litoral o ingresos de llocllas/huaycos en las quebradas secas y ecosistemas frágiles franja marino-costera y Lomas de Camaná.

Suelo eriazo, fuera de zonas protegidas, exclusión total de los humedales, lagunas de Pucchún, ecosistemas costeros frágiles, fajas marginales del Río Camaná y la línea costera expuesta a inundación por tsunamis. Se complementa esta evidencia con la validación de herramientas de modelamiento geoespacial software QGIS.

Determinando que no se encuentran zonas Areas Naturales Protegidas (ANPs), o proyectos de Desarrollo en un radio de 13 km. según la Figura 17, Característica Territorial del Area de Estudio, DATUM WGS84, Zona 185, Buffer 13 km.

Figura 17

Característica Territorial del Area de Estudio Areas Protegidas



Nota: Elaboración Propia - Modelamiento geoespacial software QGIS

VI. Saneamiento Físico-Legal del Terreno: El predio identificado no debe presentar litigios de propiedad ni superposición con terrenos agrícolas del valle. Debe estar inscrito debidamente en el catastro de la Municipalidad Provincial de Camaná con fines exclusión y uso restringido.

Actualmente, la Municipalidad Provincial de Camaná cuenta con el espacio de 706.49 hectáreas en Quebrada Corralones, otorgado por AUTODEMA, bajo la modalidad de Afectación de uso por un periodo de 30 años desde el año 2015, ubicado en el distrito de Quilca.

Ver Anexo 11: Convenio de Afectación en uso de Terreno Quebrada Corralones entre AUTODEMA y la Municipalidad de Camaná.

Saneamiento Físico-Legal del Terreno: El predio identificado no debe presentar litigios de propiedad ni superposición con terrenos agrícolas del valle. Debe estar inscrito debidamente en el catastro de la Municipalidad Provincial de Camaná Se

realizo una encuesta de percepción ciudadana de Gestión integral de residuos sólidos, en los resultados evidencian un alto nivel de conciencia ambiental y disposición ciudadana para participar en acciones de mejora, así como brechas operativas vinculadas a la segregación en la fuente, la infraestructura de valorización y el control de puntos críticos de acumulación. Población acepta el manejo sostenible.

Ver Anexo 08: Encuesta de percepción sobre manejo de residuos sólidos.

Ver Anexo 09: Resultado de encuestas.

Ver Anexo 10: Gráficos de resultado de encuestas.

4.8.2. Criterios de Selección.

Son Variables Ponderables de Sostenibilidad, permiten calificar los terrenos técnicamente viables en Camaná para elegir la alternativa ambientalmente más sostenible:

I. Distancia a Centros Poblados: Se prioriza un aislamiento mínimo de 500 metros respecto a los asentamientos urbanos de los distritos de Camaná, Samuel Pastor, entre otros, así como de granjas. Esto evita impactos por olores, proliferación de vectores y asegura la aceptación social. Las distancias desde Quebrada Corralones (16°39´29" S, 72°36´13" W) a los puntos son:

- Distancia al distrito de Samuel Pastor, zona Las Cuevas es 1,800 metros, flecha verde.

- Distancia a la población eventual solo en tiempo de verano más cercana, la última vivienda, es las Cuevas 1,650 metros, flecha verde

- Distancia a la granja más cercana es 16 km, flecha amarilla

Figura 18

Plano ubicación Quebrada Corralones y Centros poblados

Nota: Google Earth GPS

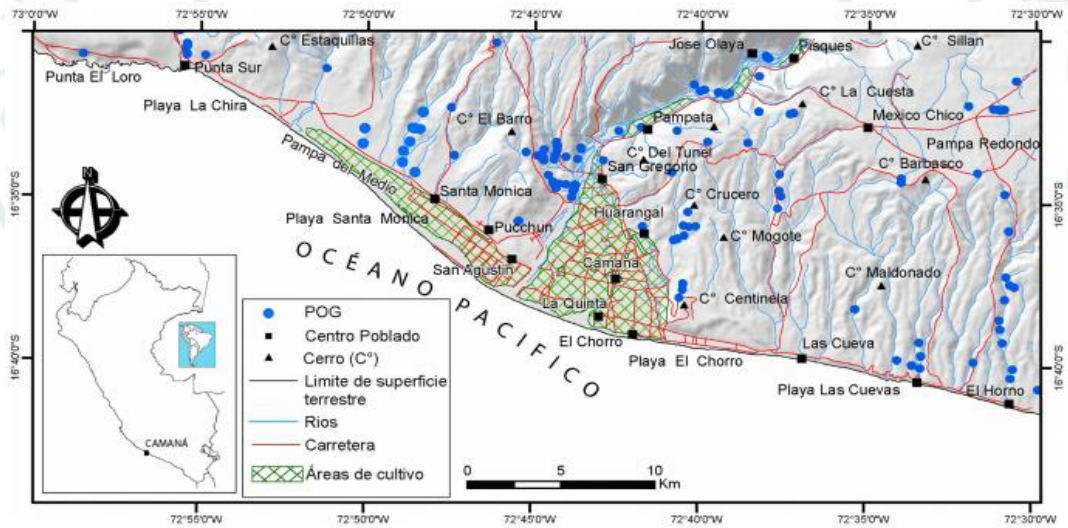
II. Geomorfología y Topografía: En el contexto costero de la provincia, se prefieren terrenos con superficies planas o pendientes moderadas ubicados en las zonas de pampa o llanuras desérticas elevadas, facilitando el diseño por el método de trinchera o área y minimizando costos de excavación.

Las coordenadas geográficas de Camaná son latitud: -16.624°, longitud: -72.711°, y elevación: 16 m.. La topografía del área de estudio en la provincia de Camaná presenta variaciones altitudinales moderadas a distintas escalas espaciales en un radio de 3 kilómetros de Camaná contiene solamente variaciones modestas de altitud, con un cambio máximo de altitud de 114 metros y una altitud promedio sobre el nivel del mar de 19 metros . En una radio de 16 kilómetros contiene solamente variaciones modestas de altitud (1.152 metros). En una radio de 80 kilómetros también contiene variaciones extremas de altitud (3.523 metros).

El área en una radio de 3 kilómetros de Camaná está cubierta de tierra de cultivo (43 %), tierra rasa (20 %), pradera (14 %) y árboles (13 %), en una radio de 16 kilómetros de tierra rasa (47 %) y agua (47 %) y en una radio de 80 kilómetros de agua (49 %) y tierra rasa (48 %). (WEATHER SPARK (s.f.) Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), publicado por el laboratorio Jet Propulsion Laboratory de la NASA).

Figura 19

Geomorfología y Topografía



III. Condiciones Hidrológicas (Aguas Superficiales): El área debe estar a más de 500 metros del río Camaná, de la red de canales de regadío y de cualquier cuerpo de agua de la cuenca. Esto mitiga radicalmente el riesgo de contaminación hídrica en una provincia con una fuerte actividad agrícola y pesquera.

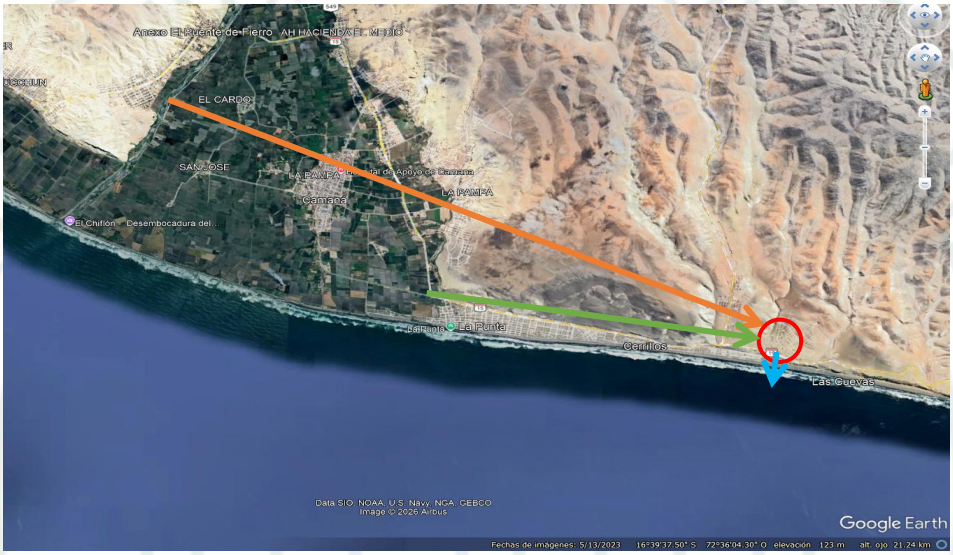
- La distancia desde Quebrada Corralones hasta el río Camaná más cercana es de 11 km., flecha naranja

- La distancia a la red de regadío más cercana o campos de cultivos es de 6.20 km, flecha verde

- La distancia al mar es de 1,650 metros lineales y a una altura de 110 metros, flecha celeste.

Figura 20

Plano ubicación Quebrada Corralones y Aguas superficiales



Nota: Google Earth GPS

IV. Condiciones Hidrogeológicas (Aguas Subterráneas): Este es un punto crítico en el valle de Camaná debido a la presencia de una capa freática superficial. El criterio del MINAM exige que el nivel freático se encuentre a una profundidad mayor a tres (03) metros desde la base de la celda de disposición, obligando a buscar terrenos en las zonas altas o pampas Eriazos fuera del valle aluvial.

La Quebrada Corralones se encuentra a una altura sobre el nivel del Mar de 110 metros, Camaná esta a los 16 m.s.n.m., el ecosistema es desértico, caracterizado por escasas precipitaciones, suelos con limitadas condiciones de fertilidad y reducida disponibilidad de alimento y refugio para la fauna silvestre, el modelo hidrogeológico del área seleccionada para el relleno sanitario indica una baja presencia de acuíferos locales o discontinuos productivos, lo que evidencia la existencia de acuíferos de tamaño limitado, con una capacidad moderada de abastecimiento de agua debido a su extensión no continua.

Asimismo, la presencia de acuíferos cautivos a mayor profundidad sugiere la posible existencia de fuentes de agua subterránea más productivas, aunque no accesibles sin intervención técnica (Estudio hidrogeológico de la cuenca del río Camaná - Majes - Colca, Boletín H 8, INGEMMET 2021), (Evaluación de Recursos Hídricos en la cuenca Camaná-Majes-Colca Resumen Ejecutivo ANA 2015)

Esta información resulta fundamental para la planificación del relleno sanitario, ya que orienta la implementación de medidas adicionales barrera primaria de impermeabilización adecuadas para prevenir la filtración de lixiviados hacia el subsuelo, evitando la contaminación de los acuíferos locales y profundos.

V. Geología y Permeabilidad del Subsuelo: Se evalúan preferentemente aquellos horizontes del suelo que cuenten con características litoestratigráfica de baja permeabilidad (presencia natural de arcillas o limos), sirviendo como una barrera geológica natural contra la migración de lixiviados.

El mapa de tipos de suelos del distrito de Camaná, basado en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), permitió identificar cinco tipos de suelos: grava bien graduada (GW), grava mal graduada (GP), arena mal graduada (SP), arena con limos (SM) y limos con contenido de arena (ML).

Quebrada Corralones se encuentra ubicada en el miembro medio (~115 m): Este miembro litológicamente está constituido por areniscas cuarzosas de grano grueso con canales de conglomerados polimícticos y heterométricos, con clastos de gneis, granitos y cuarcitas. Estas secuencias se intercalan con areniscas bioclásticas poco retrabajadas, con matriz arcillosa donde también se observan vetillas de yeso. La secuencia hacia el techo se presenta grano decreciente, donde se incrementa la presencia de yeso como venillas en los niveles de areniscas y limolitas que presentan también estratificación cruzadas. (Geología del cuadrángulo de Camaná, hojas 34q1, 34q4, INGEMMET, Boletín Serie L: Actualización Carta Geológica Nacional N°26 – 2021)

VI. Horizonte de Vida Útil: El área seleccionada en la provincia debe contar con capacidad volumétrica suficiente para garantizar el confinamiento seguro de los residuos sólidos municipales por un periodo mínimo de cinco (05) años, asegurando la sostenibilidad económica de la inversión pública local.

El área seleccionada cuenta con un área de 706.49 Ha, con la suficiente capacidad volumétrica para garantizar el confinamiento seguro de los residuos sólidos

municipales por un periodo de 30 a 40 años, asegurando la sostenibilidad económica de la inversión pública local.

VII. Material de Cobertura: Se priorizan terrenos que cuenten con canteras propias o muy cercanas de material areno-arcilloso. Esto garantiza el correcto tapado diario de los residuos para controlar plagas y malos olores, reduciendo los costos de transporte logístico.

Se utilizara el mismo material extraído de la excavación de las trincheras de una altura de 4 metros de profundidad, garantizando el correcto tapado diario de los residuos para controlar plagas y malos olores, reduciendo los costos de transporte logístico.

VIII. Dirección de los Vientos: Debido a la brisa marina característica de Camaná, se requiere un estudio de la rosa de vientos para asegurar que las corrientes predominantes viajen en sentido contrario a las zonas urbanas y playas turísticas, evitando el arrastre de partículas y olores hacia la población.

Los vientos predominantes están en sentido opuesto a la ciudad, hacia el sureste. (WEATHER SPARK (s.f.), Dirección del viento, Clima promedio en Camaná, Perú 2025).

4.8.3. Definición de parámetros, pesos y sistema de calificación.

Para la evaluación comparativa de las alternativas, se definieron parámetros cuantificables agrupados en componentes técnicos, ambientales y sociales. Asimismo, se establecieron valores límite o de referencia conforme a la normativa vigente y se asignó un peso de importancia a cada parámetro, considerando su relevancia para la aceptación social, el cumplimiento legal y el adecuado funcionamiento del relleno sanitario.

Para facilitar el proceso de selección del área más adecuada para la instalación de una planta de tratamiento se puede definir una escala múltiple de calificación: que puede considerar la evaluación del resultado como positivo (+) cuando cumple o sobrepasa valores de referencia, negativo (-) cuando ocurre lo contrario, la importancia del parámetro se puede establecer en función al criterio, finalmente se establece una regla de cálculo, para la obtención del puntaje máximo ponderado del componente, resultado de la multiplicación del puntaje por el valor de importancia. El Puntaje máximo del componente resulta de la sumatoria de los puntajes máximos ponderados de cada parámetro

La importancia del parámetro consiste en establecer un peso o importancia para cada parámetro en función de la evaluación preliminar del conjunto de las alternativas, primero se les asignará a los parámetros sociales y luego a la parte técnica, según la realidad propia de la zona, en la Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario mecanizado (MINAM 2018), tenemos la forma de dar el valor de la importancia del indicador.

En la Tabla 69 se presenta la escala de calificación utilizada para la obtención del puntaje ponderado final de cada alternativa.

Tabla 69

Escala de calificación para el puntaje ponderado final

Puntaje Ponderado Total	Calificación
0 - 146	MALO o Terreno No aceptable u opción Marginal
147 -195	REGULAR o terreno moderadamente aceptable.
196 -245	BUENO o Terreno aceptable.
246 - 292	MUY BUENO o Terreno aceptable de Primera Opción.

4.8.4. Identificación de alternativas de ubicación del relleno sanitario

Como resultado del análisis preliminar, se identificaron tres áreas alternativas con potencial para la implementación del relleno sanitario municipal, ubicadas en distintos distritos de la provincia de Camaná:

Alternativa N° 1: Zona "Quebrada Corralones", distrito de Quilca.

Alternativa N° 2: Zona "Jaguey", distrito de Mariscal Cáceres.

Alternativa N° 3: Zona "San Marino", distrito de Quilca.

Estas alternativas fueron seleccionadas por presentar condiciones iniciales favorables en términos de ubicación, accesibilidad y disponibilidad de terreno.

4.8.5. Evaluación de la Alternativa N.º 1: Zona "Quebrada Corralones".

La evaluación de la Alternativa N.º 1 se realizó aplicando el sistema de calificación de acuerdo a la importancia del indicador para cada parámetro, así como el puntaje ponderado total.

En la Tabla 70 se detallan los puntajes asignados a cada parámetro y el puntaje ponderado total obtenido.

Tabla 70

Puntaje máximo ponderado por parámetro de evaluación de la Alternativa Nº1: Zona Quebrada Corralones

Ítem	Parámetros	Valores limite o de referencia y Puntaje	Puntaje máximo	Importancia del indicador	Puntaje máximo ponderado	Puntaje Máximo del Componente
1	Distancia a la población más cercana (m)	> 1000 (1) < 1000 (-1)	1	5	5	
2	Distancia a granjas crianza de animales (m)	>1,000 (1) < 1000 (-1)	1	5	5	
3	Distancia a Aeropuertos o pistas de aterrizaje (m)	>3,000 (1) < 3.0 (-1)	1	2	2	
4	Distancia a fuentes de aguas superficiales (m)	> 300 m quebrada seca una parte del año (2), >300 m de río principal (1), < 300 m de río principal (-2) <de 300 m de quebrada seca una parte del año (-1)	2	2	4	
5	Distancia con respecto a la Ciudad de Camaná (km)	> 16 km (1), entre 1 y 16 km (2)	2	2	4	
6	Accesibilidad al área (Distancia a vía de acceso principal Km)	Acceso en buen estado (2) Acceso en Mal estado (1), sin acceso (-2)	2	2	4	
7	Uso actual del suelo y del área de influencia	Cultivo en Limpio (1) Cultivo secano (2), pastos cultivados (3) Pastos naturales (4), forestal de sierra (5) Eriazo (6)	6	5	30	
8	Compatibilidad con la capacidad de uso mayor del suelo y planes de desarrollo Urbano	Uso compatible (1) uso no compatible (-1)	1	5	5	
9	Propiedad del terreno saneado	Saneado (1) no saneado (-1)	1	10	10	
10	Vida útil del proyecto en función del área del terreno	> 5 años (2) < 5 años (-2)	2	5	10	
11	Topografía Pendiente promedio del terreno (%)	Plano a ligeramente inclinado 0 - 7% (4), Inclinado 7-12% (3), empinado 12-25% (2), muy empinado >25% (1)	3	2	6	85

Ítem	Parámetros	Valores limite o de referencia y Puntaje	Puntaje máximo	Importancia del indicador	Puntaje máximo ponderado	Puntaje Máximo del Componente
12	Cuenta con barrera sanitaria natural	Presenta Barrera sanitaria natural (2) Presencia de barrera sanitaria parcial (1) sin barrera sanitaria natural (-2)	1	2	2	
13	Posibilidad del material de cobertura	material de cobertura adecuado para operación total del proyecto (2), material de cobertura parcialmente adecuado (1), sin material de cobertura (-2)	2	5	10	
14	Profundidad de la capa freática (m)	profundidad < 10 metros (-1), profundidad > 10 m (1)	1	5	5	
15	Permeabilidad de suelo	impermeabilidad es < a 1x10-6 (arcilla) (1), impermeabilidad > a 10-6 (-1)	1	5	5	
16	Dirección predominante del viento	Contrario a la población más cercana (1), a favor de la población más cercana (-1)	1	5	5	
17	Pasivos ambientales	No existe pasivo ambiental (1) existe pasivo (-1)	1	5	5	
18	Área natural protegida por el estado	Fuera de área natural (1), dentro del área natural (-1)	1	5	5	
19	Área con restos arqueológicos	Inexistencia de restos (1) Existencia de restos (-1)	1	5	5	
20	Vulnerabilidad por peligro geológico	Baja vulnerabilidad (3), Mediana Vulnerabilidad (2) Alta Vulnerabilidad (1)	3	5	15	
21	Opinión Desfavorable	Desfavorable (-1), poco Favorable (1), Regular (2), Altamente favorable (3)	3	12	36	
22	Interés en el proyecto	Sin interés (-1), Bajo interés (1) Mediano Interés (2) Alto interés (3)	3	18	54	
23	Creencias	Negativas (-1) positivas (1)	1	16	16	
24	Actitud	Favorable (1) Desfavorable (-1) Incierta (0)	1	16	16	
25	Participación	Participación de rechazo (-2) No haría nada (0) Participación favorable (2)	2	12	24	288

El puntaje máximo ponderado obtenido fue de 288 puntos, lo que corresponde a una calificación de “Muy Bueno”, siendo considerada un terreno aceptable de primera opción para la ubicación del relleno sanitario.

4.8.6. Evaluación de la Alternativa N° 2: Zona “Jaguey”

La Alternativa N.º 2 fue evaluada bajo los mismos criterios y sistema de calificación. En la Tabla 71 se detallan los puntajes asignados a cada parámetro y el puntaje ponderado total obtenido.

Tabla 71

Puntaje máximo ponderado por parámetro de evaluación de la Alternativa N°2: Zona Jaguey

Ítem	Parámetros	Valores limite o de referencia y Puntaje	Puntaje máximo	Importancia del indicador	Puntaje máximo ponderado	Puntaje Máximo del Componente
1	Distancia a la población más cercana (m)	> 1000 (1) < 1000 (-1)	1	5	5	
2	Distancia a granjas crianza de animales (m)	>1,000 (1) < 1000 (-1)	1	5	5	
3	Distancia a Aeropuertos o pistas de aterrizaje (m)	>3,000 (1) < 3.0 (-1)	1	2	2	
4	Distancia a fuentes de aguas superficiales (m)	> 300 m quebrada seca una parte del año (2), >300 m de río principal (1), < 300 m de río principal (-2) <de 300 m de quebrada seca una parte del año (-1)	1	2	2	
5	Distancia con respecto a la Ciudad de Camaná (km)	> 16 km (1), entre 1 y 16 km (2)	1	2	2	
6	Accesibilidad al área (Distancia a vía de acceso principal Km)	Acceso en buen estado (2) Acceso en Mal estado (1), sin acceso (-2)	2	2	4	
7	Uso actual del suelo y del área de influencia	Cultivo en Limpio (1) Cultivo secano (2), pastos cultivados (3) Pastos naturales (4), forestal de sierra (5) Eriazo (6)	6	5	30	50

Ítem	Parámetros	Valores limite o de referencia y Puntaje	Puntaje máximo	Importancia del indicador	Puntaje máximo ponderado	Puntaje Máximo del Componente
8	Compatibilidad con la capacidad de uso mayor del suelo y planes de desarrollo Urbano	Uso compatible (1) uso no compatible (-1)	1	5	5	
9	Propiedad del terreno saneado	Saneado (1) no saneado (-1)	-1	10	-10	
10	Vida útil del proyecto en función del área del terreno	> 5 años (2) < 5 años (-2)	2	5	10	
11	Topografía Pendiente promedio del terreno (%)	Plano a ligeramente inclinado 0 - 7% (4), Inclinado 7-12% (3), empinado 12-25% (2), muy empinado >25% (1)	2	2	4	
12	Cuenta con barrera sanitaria natural	Presenta Barrera sanitaria natural (2) Presencia de barrera sanitaria parcial (1) sin barrera sanitaria natural (-2)	1	2	2	
13	Posibilidad del material de cobertura	Material de cobertura adecuado para operación total del proyecto (2), material de cobertura parcialmente adecuado (1), sin material de cobertura (-2)	2	5	10	
14	Profundidad de la capa freática (m)	Profundidad < 10 metros (-1), profundidad > 10 m (1)	1	5	5	
15	Permeabilidad de suelo	Impermeabilidad es < a 1x10-6 (arcilla) (1), impermeabilidad > a 10-6 (-1)	1	5	5	
16	Dirección predominante del viento	Contrario a la población más cercana (1), a favor de la población más cercana (-1)	1	5	5	96

Ítem	Parámetros	Valores limite o de referencia y Puntaje	Puntaje máximo	Importancia del indicador	Puntaje máximo ponderado	Puntaje Máximo del Componente
17	Pasivos ambientales	No existe pasivo ambiental (1) existe pasivo (-1)	1	5	5	
18	Área natural protegida por el estado	Fuera de área natural (1), dentro del área natural (-1)	1	5	5	
19	Área con restos arqueológicos	Inexistencia de restos (1) Existencia de restos (-1)	1	5	5	
20	Vulnerabilidad por peligro geológico	Baja vulnerabilidad (3), Mediana Vulnerabilidad (2) Alta Vulnerabilidad (1)	3	5	15	
21	Opinión Desfavorable	Desfavorable (-1), poco Favorable (1), Regular (2), Altamente favorable (3)	2	12	24	
22	Interés en el proyecto	Sin interés (-1), Bajo interés (1) Mediano Interés (2) Alto interés (3)	3	18	54	
23	Creencias	Negativas (-1) positivas (1)	1	16	16	
24	Actitud	Favorable (1) Desfavorable (-1) Incierta (0)	1	16	16	
25	Participación	Participación de rechazo (-2) No haría nada (0) Participación favorable (2)	2	12	24	260

El puntaje máximo ponderado alcanzado fue de 260 puntos, correspondiente a una calificación de “Muy Bueno”, lo que indica que el terreno resulta aceptable para la implementación del relleno sanitario.

4.8.7. Evaluación de la Alternativa Nº3: Zona “San Marino”

Finalmente, la Alternativa N.º 3 fue sometida al mismo proceso de evaluación. En la Tabla 72 se presentan los resultados del puntaje ponderado obtenido para cada parámetro evaluado.

Tabla 72

Puntaje máximo ponderado de evaluación de la Alternativa Nº3: Zona San Marino

Ítem	Parámetros	Valores limite o de referencia y Puntaje	Puntaje máximo	Importancia del indicador	Puntaje máximo ponderado	Puntaje Máximo del Componente
1	Distancia a la población más cercana (m)	> 1000 (1) < 1000 (-1)	1	5	5	
2	Distancia a granjas crianza de animales (m)	>1,000 (1) < 1000 (-1)	1	5	5	
3	Distancia a Aeropuertos o pistas de aterrizaje (m)	>3,000 (1) < 3.0 (-1)	1	2	2	
4	Distancia a fuentes de aguas superficiales (m)	> 300 m quebrada seca una parte del año (2), >300 m de río principal (1), < 300 m de río principal (-2) <de 300 m de quebrada seca una parte del año (-1)	2	2	4	
5	Distancia con respecto a la Ciudad de Camaná (km)	> 16 km (1), entre 1 y 16 km (2)	1	2	2	
6	Accesibilidad al área (Distancia a vía de acceso principal Km)	Acceso en buen estado (2) Acceso en Mal estado (1), sin acceso (-2)	2	2	4	
7	Uso actual del suelo y del área de influencia	Cultivo en Limpio (1) Cultivo secano (2), pastos cultivados (3) Pastos naturales (4), forestal de sierra (5) Eriazo (6)	6	5	30	
8	Compatibilidad con la capacidad de uso mayor del suelo y planes de desarrollo Urbano	Uso compatible (1) uso no compatible (-1)	1	5	5	
9	Propiedad del terreno saneado	Saneado (1) no saneado (-1)	-1	10	-10	
10	Vida útil del proyecto en función del área del terreno	> 5 años (2) < 5 años (-2)	2	5	10	57

Ítem	Parámetros	Valores limite o de referencia y Puntaje	Puntaje máximo	Importancia del indicador	Puntaje máximo ponderado	Puntaje Máximo del Componente
11	Topografía Pendiente promedio del terreno (%)	Plano a ligeramente inclinado 0 - 7% (4), Inclinado 7-12% (3), empinado 12-25% (2), muy empinado >25% (1)	4	2	8	
12	Cuenta con barrera sanitaria natural	Presenta Barrera sanitaria natural (2) Presencia de barrera sanitaria parcial (1) sin barrera sanitaria natural (-2)	-2	2	-4	
13	Posibilidad del material de cobertura	material de cobertura adecuado para operación total del proyecto (2), material de cobertura parcialmente adecuado (1), sin material de cobertura (-2)	2	5	10	
14	Profundidad de la capa freática (m)	profundidad < 10 metros (-1), profundidad > 10 m (1)	1	5	5	
15	Permeabilidad de suelo	impermeabilidad es < a 1x10-6 (arcilla) (1), impermeabilidad > a 10-6 (-1)	1	5	5	
16	Dirección predominante del viento	Contrario a la población más cercana (1), a favor de la población más cercana (-1)	1	5	5	
17	Pasivos ambientales	No existe pasivo ambiental (1) existe pasivo (-1)	-1	5	-5	
18	Área natural protegida por el estado	Fuera de área natural (1), dentro del área natural (-1)	1	5	5	
19	Área con restos arqueológicos	Inexistencia de restos (1) Existencia de restos (-1)	1	5	5	
20	Vulnerabilidad por peligro geológico	Baja vulnerabilidad (3), Mediana Vulnerabilidad (2) Alta Vulnerabilidad (1)	2	5	10	101

Ítem	Parámetros	Valores limite o de referencia y Puntaje	Puntaje máximo	Importancia del indicador	Puntaje máximo ponderado	Puntaje Máximo del Componente
21	Opinión Desfavorable	Desfavorable (-1), poco Favorable (1), Regular (2), Altamente favorable (3)	2	12	24	
22	Interés en el proyecto	Sin interés (-1), Bajo interés (1) Mediano Interés (2) Alto interés (3)	2	18	36	
23	Creencias	Negativas (-1) positivas (1)	1	16	16	
24	Actitud	Favorable (1) Desfavorable (-1) Incierta (0)	1	16	16	
25	Participación	Participación de rechazo (-2) No haría nada (0) Participación favorable (2)	2	12	24	217

El puntaje máximo ponderado obtenido fue de 217 puntos, lo que corresponde a una calificación "Bueno", considerándose un terreno moderadamente aceptable en comparación con las otras alternativas evaluadas.

4.8.8. Resultados de evaluación de áreas propuestas para ubicación del relleno sanitario

Como parte del proceso de determinación y evaluación de la ubicación del relleno sanitario, se realizó la evaluación técnica, ambiental, social y de accesibilidad de las áreas alternativas previamente identificadas. Este análisis se efectuó considerando la Guía para la Opinión Técnica Favorable de Estudio de Selección de Área para Infraestructuras de Tratamiento, Transferencia y Disposición Final de Residuos Sólidos (DIGESA 2016).

En la Tabla 73 se presentan los criterios de evaluación aplicados a cada una de las áreas alternativas propuestas, incluyendo los valores normativos de referencia y las características registradas para cada alternativa evaluada.

Tabla 73

Criterios de evaluación de cada área propuesta para la ubicación del relleno sanitario

ÍTEM	CRITERIOS	REGLAMENTO DE LEY 1278	ALTERNATIVAS		
			ÁREA 1	ÁREA 2	ÁREA 3
1	Distancia a la población más cercana (m)	> 1000	1,650	1,100	1,500
2	Distancia a granjas crianza de animales (m)	>1,000	25,000	6,500	28,000
3	Distancia a Aeropuertos o pistas de aterrizaje (m)	>3,000	>3,000	>3,000	>3,000
4	Area del terreno (m2)	…	70,667	13,224	10,941
5	Vida útil	> 5 años	30	10	10
6	Uso actual del suelo y del área de influencia	…	Eriazo	Eriazo	Eriazo
7	Propiedad del terreno	…	Municipal idad	Privada	Privada
8	Accesibilidad al sitio(distancia a vía de acceso principal m)	…	300	700	1,000
9	Pendiente del terreno (topografía)	…	8%	14%	2%
10	Posibilidad del material de cobertura	…	Si	Si	Si
11	Profundidad de la capa freática (m)	…	110	74	79
12	Distancia a fuentes de aguas superficiales (m)	…	1,650	1,700	1,500
13	Geología de suelo	…	Convenient	Conveniente	Conveniente
14	Opinión pública	…	Favorable	Favorable	Favorable
15	Área natural protegida por el estado	…	No existe	No existe	No existe
16	Área arqueológica	…	No presenta	No presenta	No presenta
17	Vulnerabilidad a desastres naturales (inundaciones, deslizamientos)	…	Vulnerabil idad regular	Vulnerabilid ad regular	Vulnerabilid ad regular
18	Dirección predominante del viento (contraria a la población más cercana)	…	sureste	sureste	sureste
19	Cuenta con barrera sanitaria natural	…	Parcial	Parcial	Sin barrera

Nota: Elaboración propia

4.8.9. Calificación de alternativas de ubicación del relleno sanitario

Para la valoración comparativa de las alternativas evaluadas, se estableció una escala de calificación cualitativa–cuantitativa, la cual permitió asignar puntajes a cada criterio evaluado en función de su nivel de cumplimiento. Esta escala se estructuró en cinco categorías: Muy malo, Malo, Regular, Bueno y Excelente, asociadas a puntajes del 1 al 5, respectivamente. (Guía para la Opinión Técnica Favorable de Estudio de Selección de Área para Infraestructuras de Tratamiento, Transferencia y Disposición Final de Residuos Sólidos, DIGESA 2016).

En la Tabla 74 se muestra la escala de calificación utilizada para la evaluación de las alternativas de ubicación del relleno sanitario.

Tabla 74

Calificación de alternativas según criterios técnicos, ambientales y sociales

Calificación	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Excelente
Puntaje	1	2	3	4	5

Posteriormente, se procedió a la asignación de puntajes para cada criterio evaluado en las tres alternativas consideradas. En la Tabla 75 se presentan los resultados de la calificación obtenida por cada alternativa, de acuerdo con los criterios establecidos y el sistema de puntaje definido.

Tabla 75

Calificación de alternativas de ubicación del relleno sanitario

Ítem	Criterios	Reglamento de Ley 1278	Alternativas		
			Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
1	Distancia a la población más cercana (m)	> 1000	5	5	5
2	Distancia a granjas crianza de animales (m)	>1,000	5	5	5
3	Distancia a Aeropuertos o pistas de aterrizaje (m)	>3,000	5	5	5
4	Area del terreno (m2)	…	5	4	4
5	Vida útil	> 5 años	5	5	5
6	Uso actual del suelo y del área de influencia	…	5	5	5
7	Propiedad del terreno	…	5	3	3
8	Accesibilidad al sitio (distancia a vía de acceso principal m)	…	5	5	5
9	Pendiente del terreno (topografía)	…	5	3	5
10	Posibilidad del material de cobertura	…	5	5	5
11	Profundidad de la capa freática (m)	…	5	5	5
12	Distancia a fuentes de aguas superficiales (m)	…	5	5	5
13	Geología de suelo	…	5	5	3
14	Opinión pública	…	5	5	4
15	Área natural protegida por el estado	…	5	5	5
16	Área arqueológica	…	5	5	5
17	Vulnerabilidad a desastres naturales (inundaciones, deslizamientos)	…	5	5	4
18	Dirección predominante del viento (contraria a la población más cercana)	…	5	5	5
19	Cuenta con barrera sanitaria natural	…	4	3	3

Nota: Elaboración propia

Luego de establecer los puntajes de calificación de acuerdo a los criterios establecidos, asignamos un peso (de acuerdo a la importancia de los criterios) se establece en porcentaje y llegar a un 100 %, los porcentajes de Peso asignado se encuentran establecidos en la Guía para la Opinión Técnica Favorable de estudio de selección de área para infraestructuras de tratamiento, transferencia y disposición final

residuos sólidos; finalmente se multiplicar el puntaje de calificación asignado por el peso para cada criterio, obteniendo el resultado final.

Tabla 76

Resultado de alternativas de ubicación del relleno sanitario

Ítem	Criterios	Peso asignado (%)	Alternativas		
			Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
1	Distancia a la población más cercana (m)	7.4%	0.37	0.37	0.37
2	Distancia a granjas crianza de animales (m)	6.4%	0.32	0.32	0.32
3	Distancia a Aeropuertos o pistas de aterrizaje (m)	3.0%	0.15	0.15	0.15
4	Area del terreno (m2)	5.0%	0.25	0.20	0.20
5	Vida útil	7.0%	0.35	0.35	0.35
6	Uso actual del suelo y del área de influencia	5.2%	0.26	0.26	0.26
7	Propiedad del terreno	7.6%	0.38	0.23	0.23
8	Accesibilidad al sitio (distancia a vía de acceso principal m)	3.0%	0.15	0.15	0.12
9	Pendiente del terreno (topografía)	3.3%	0.17	0.10	0.17
10	Posibilidad del material de cobertura	5.0%	0.25	0.25	0.25
11	Profundidad de la capa freática (m)	3.0%	0.15	0.15	0.15
12	Distancia a fuentes de aguas superficiales (m)	3.0%	0.15	0.15	0.15
13	Geología de suelo	3.0%	0.15	0.15	0.09
14	Opinión pública	7.6%	0.38	0.38	0.30
15	Área natural protegida por el estado	7.4%	0.37	0.37	0.37
16	Área arqueológica	7.4%	0.37	0.37	0.37
17	Vulnerabilidad a desastres naturales (inundaciones, deslizamientos)	7.4%	0.37	0.37	0.30
18	Dirección predominante del viento (contraria a la población más cercana)	5.8%	0.29	0.29	0.29
19	Cuenta con barrera sanitaria natural	2.5%	0.10	0.08	0.10
	TOTAL	**100%**	**4.98**	**4.69**	**4.54**

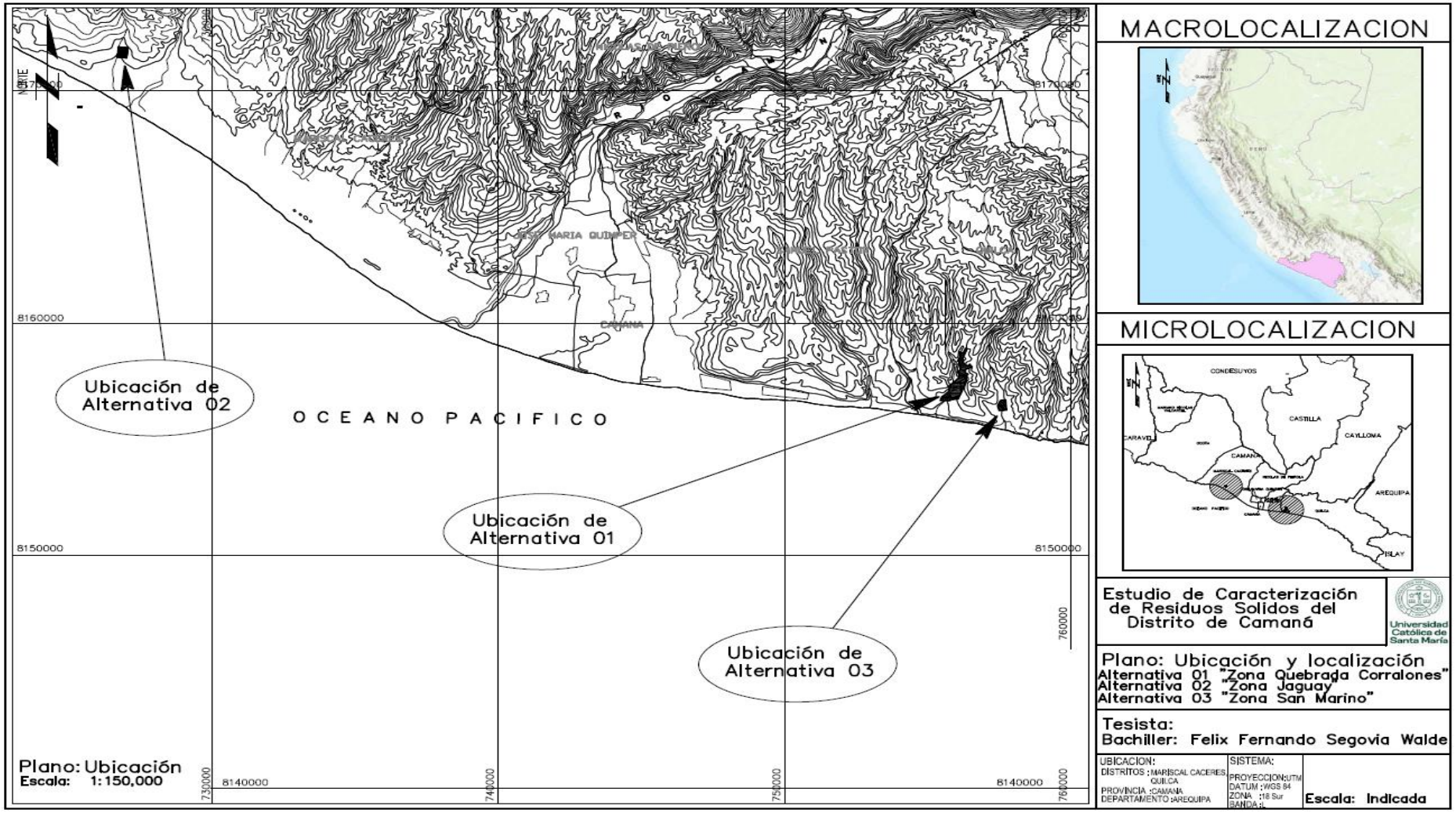
Nota: Elaboración propia

Según el análisis y posterior evaluación de las 3 alternativas planteadas para el sitio apropiado y construcción del relleno sanitario la alternativa 1 es la óptima, con un puntaje de 4.98, la que presenta mejores condiciones.

4.8.10. Planos de Ubicación y perimétrico de las tres alternativas.

Figura 21

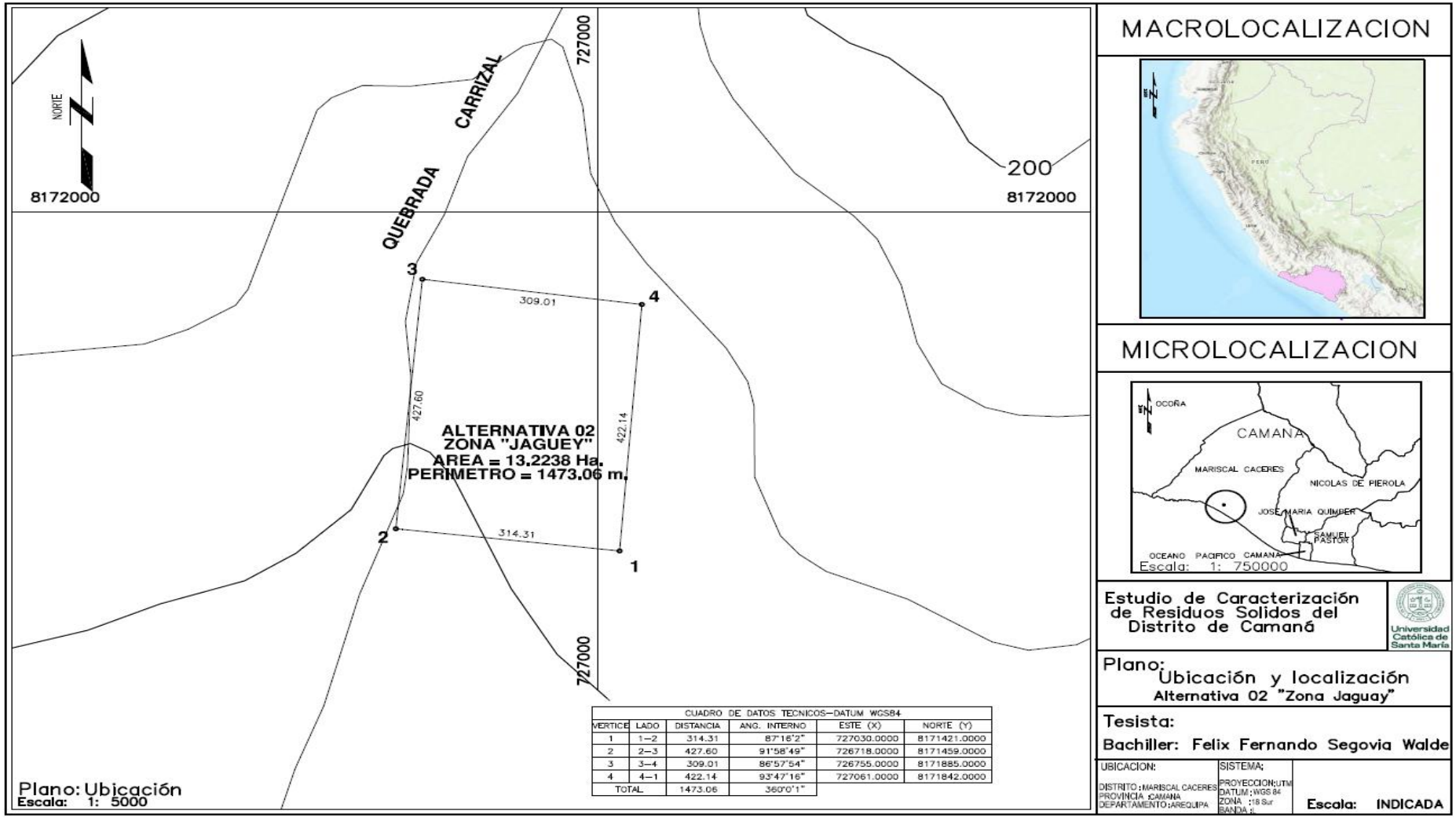
Plano de Ubicación de las tres alternativas



Nota: Elaboración propia

Figura 22

Plano Perimétrico de Alternativa N°2: Jaguey

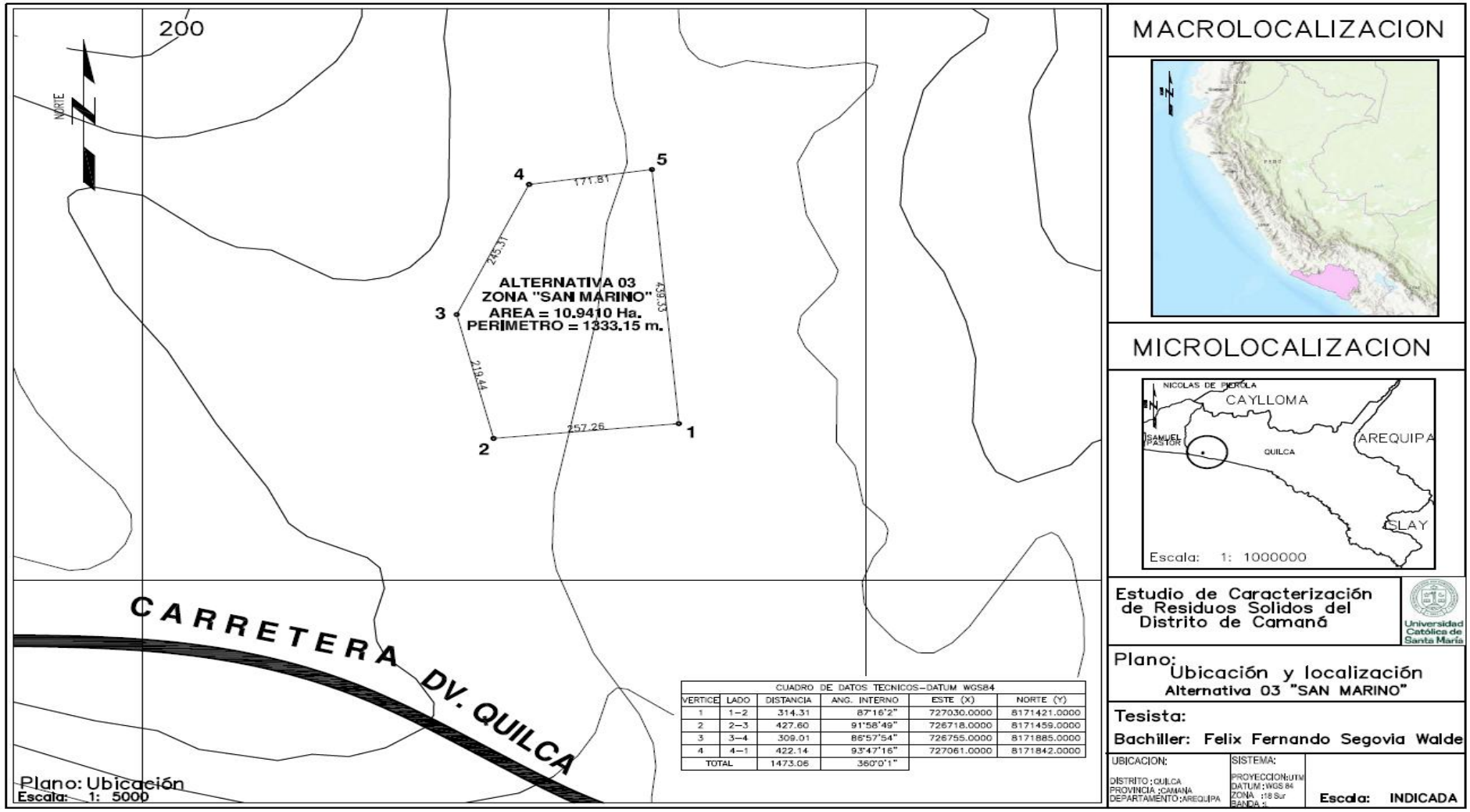


CUADRO DE DATOS TECNICOS—DATUM WGS84					
VERTICE	LADO	DISTANCIA	ANG. INTERNO	ESTE (X)	NORTE (Y)
1	1—2	314.31	87°16'2"	727030.0000	8171421.0000
2	2—3	427.60	91°58'49"	726718.0000	8171459.0000
3	3—4	309.01	86°57'54"	726755.0000	8171885.0000
4	4—1	422.14	93°47'16"	727061.0000	8171842.0000
TOTAL		1473.06	360°0'1"		

Nota: Elaboración propia

Figura 23

Plano Perimétrico de Alternativa N°3: San Marino



Nota: Elaboración propia

4.8.11. Selección del área definitiva para la ubicación del relleno sanitario

Luego del análisis de las tres alternativas evaluadas la Alternativa N°1: Quebrada Corralones, y tras la aplicación de los criterios técnicos, ambientales, sociales y de accesibilidad, se determinó que representa la mejor opción para la ubicación del relleno sanitario.

Seleccionada por presentar una mayor extensión de terreno, posibilidad de ampliación futura, características edafológicas favorables y disponibilidad legal del predio, conforme a lo señalado por AMBIDES en el Estudio de Selección de Sitio de la Infraestructura de Manejo de los Residuos Sólidos en el Distrito de Camaná (2016). Actualmente, la Municipalidad Provincial de Camaná cuenta con el espacio de 706.49 hectáreas en Quebrada Corralones, otorgado por AUTODEMA, bajo la modalidad de afectación de uso por un periodo de 30 años desde el año 2015, ubicado en el distrito de Quilca, a una distancia de 13.50 km del centro de la ciudad, hacia el sur por carretera Costanera, y distante a 11 km al norte con el rió Camaná, y a 8.80 km al norte con del inicio de terrenos agrícola.

Al llegar al terreno, el ingreso es por trocha carrozable afirmada, se puede visualizar en la parte de fondo a 3 km. Aproximadamente, 20 hectáreas de terreno plano y descampado, el cual es utilizado actualmente por la municipalidad Provincial de Camaná para la disposición de residuos sólidos recolectados (Botadero Municipal).

En la parte intermedia se visualizan otras 20 hectáreas con poca gradiente, terreno limpio que es el área seleccionada porque asegura un proceso operativo más eficiente y sostenible.

La capacidad de esta área destinada para el relleno sanitario es lo suficientemente grande para garantizar su utilización durante un periodo de diez años a más, lo que asegura que la infraestructura y las obras de adecuación e instalación sean económicamente viables y que la gestión del relleno pueda llevarse a cabo de manera eficiente durante todo ese tiempo, asegurando su operación sostenible.

4.8.12. Características hidrogeológicas y geológicas del área seleccionada

El modelo hidrogeológico del área seleccionada para el relleno sanitario indica una baja presencia de acuíferos locales o discontinuos productivos, lo que evidencia la existencia de acuíferos de tamaño limitado, con una capacidad moderada de abastecimiento de agua debido a su extensión no continua. La permeabilidad media de

los materiales geológicos presentes, como tobas, areniscas, conglomerados y limolitas, permite un flujo de agua moderado a través del terreno, pero no con la rapidez que se observaría en acuíferos de alta permeabilidad.

Asimismo, la presencia de acuíferos cautivos a mayor profundidad sugiere la posible existencia de fuentes de agua subterránea más productivas, aunque no accesibles sin intervención técnica. Esta información resulta fundamental para la planificación del relleno sanitario, ya que orienta la implementación de medidas adicionales de impermeabilización adecuadas para prevenir la filtración de lixiviados hacia el subsuelo, evitando la contaminación de los acuíferos locales y profundos.

Desde el punto de vista geológico, en la zona seleccionada se identifica una formación caracterizada por conglomerados polimícticos pertenecientes a la Formación Millo, los cuales afloran en el extremo del cuadrante 34q1. Estos conglomerados están conformados por una mezcla heterogénea de fragmentos de diversas rocas, lo que les confiere estabilidad estructural variable y permeabilidad dependiente del grado de cementación.

4.8.13. Ubicación definitiva del área seleccionada

En función de los criterios evaluados, se estableció como punto definitivo y se contempla la posible implementación de una planta de reaprovechamiento de residuos orgánicos e inorgánicos.

Los principales datos de la ubicación seleccionada se detallan a continuación:

Nombre: Quebrada Corralones

Departamento: Arequipa

Provincia: Camaná

Distrito: Quilca

Altura: 123 m s. n. m.

Uso del suelo circundante: Eriazos

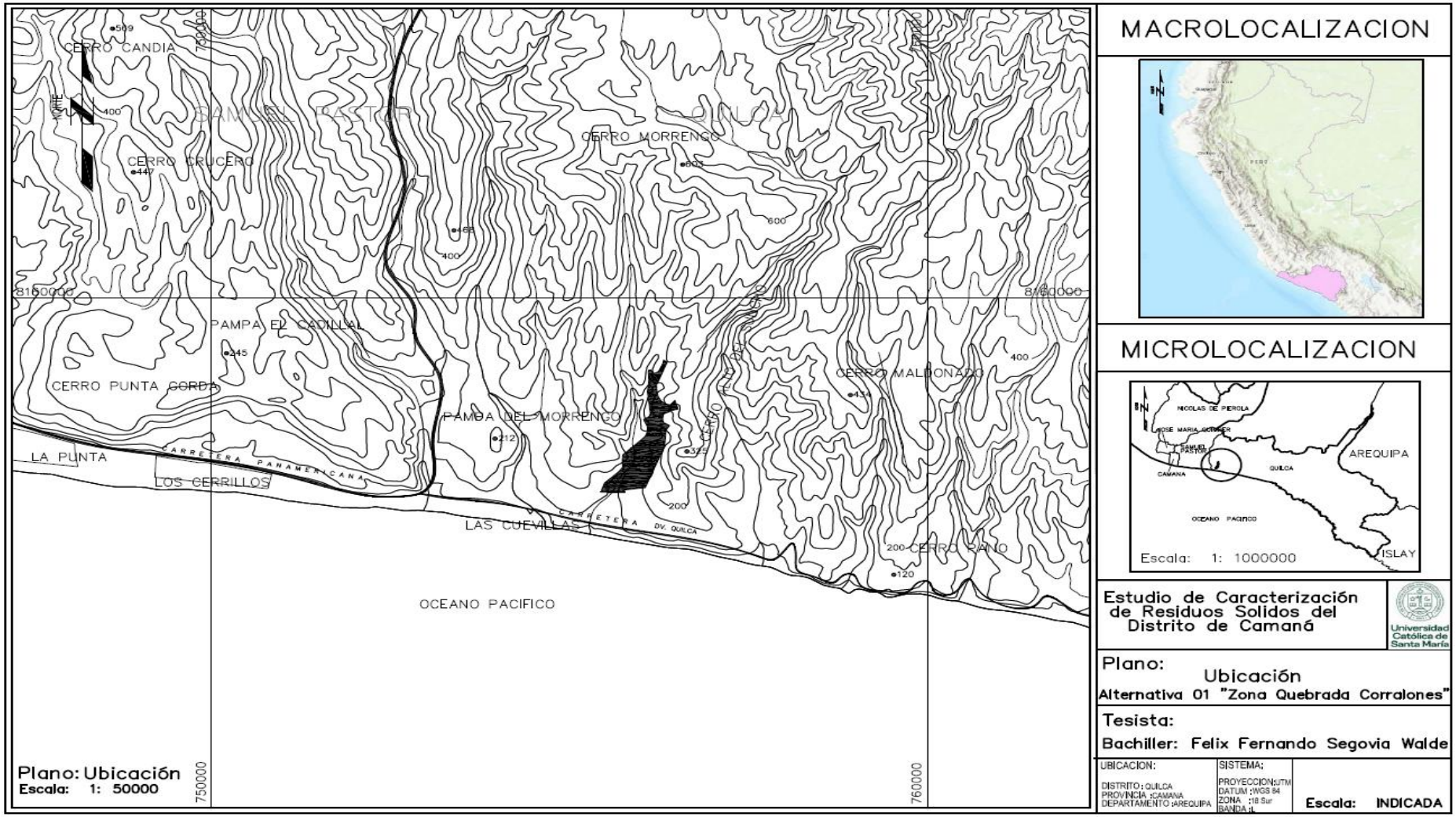
Latitud: 81°58′14″ S

Longitud: 75°59′02″ O

En la Figura 24 y 25 se muestra la ubicación de la Quebrada Corralones en el distrito de Quilca, provincia de Camaná junto con el plano perimétrico.

Figura 24

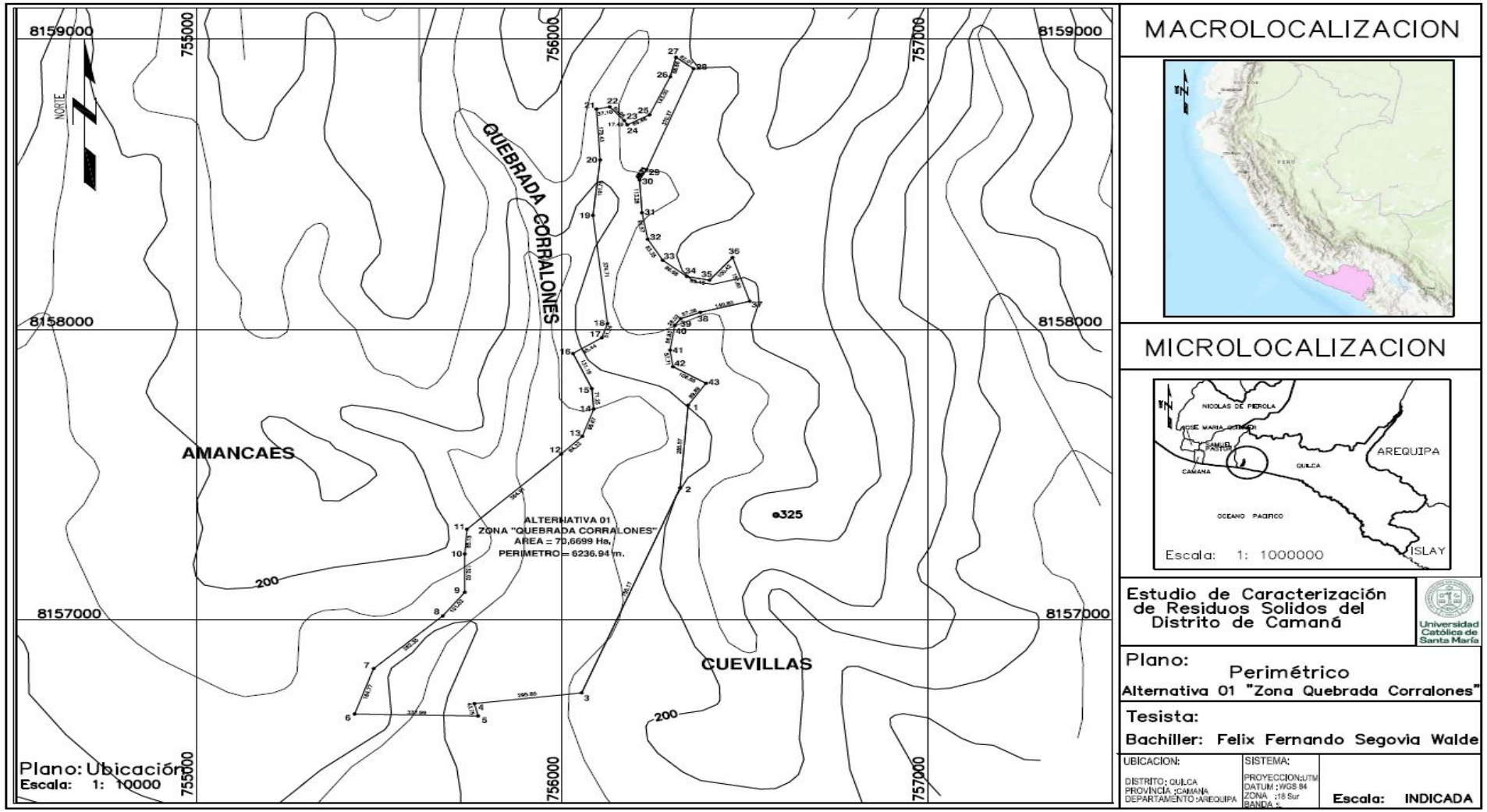
Ubicación Quebrada Corralones, Quilca, Camaná, Arequipa



Nota: Elaboración propia

Figura 25

Plano perimétrico de la Quebrada Corralones



Nota: Elaboración propia

En la Tabla 77 se presentan las coordenadas geográficas de la ubicación del terreno seleccionado.

Tabla 77

Coordenadas de la ubicación de la Quebrada Corralones

CUADRO DE COORDENADAS UTM					
VERTICE	**LADO**	**DISTANCIA**	**ANGULO**	**ESTE**	**NORTE**
A	A-B	285.57	208°39´42"	756344.3932	8157739.3304
B	B-C	755.17	163°28´31"	756322.6192	8157454.5939
C	C-D	295.85	118°6´16"	756053.2493	8156749.1005
D	D-E	194.28	185°25´36"	755759.7319	8156711.9857
E	E-F	138.09	164°31´57"	755770.1523	8156669.4934
F	F-G	164.77	74°24´35"	755432.2307	8156676.3212
G	G-H	262.35	152°12´7"	755484.3062	8156832.6450
H	H-I	101.02	189°43´40"	755673.7274	8157014.1516
I	I-J	132.02	216°36´13"	755733.8085	8157095.3627
J	J-K	85.15	175°45´56"	755733.5574	8157227.3777
K	K-L	207.33	136°12´59"	755739.6830	8157312.3040
L	L-LL	158.26	187°1´12"	755893.5376	8157451.2779
LL	LL-M	84.22	177°32´10"	755997.1316	8157570.9160
M	M-N	98.67	204°53´37"	756054.9479	8157632.1555
N	N--O	71.25	202°31´51"	756086.1906	8157725.7498
O	O-P	131.18	198°59´56"	756081.1317	8157796.8231
P	P-Q	95.44	101°21´33"	756029.7261	8157917.5147
Q	Q-R	51.24	217°47´27"	756108.4479	8157971.4765
R	R-S	374.71	203°55´4"	756124.0957	8158020.2735
S	S-T	191.75	168°0´59"	756084.0278	8158392.8379
T	T-U	175.43	189°4´59"	756103.5566	8158583.5950
U	U-V	37.1	98°27´13"	756093.6489	8158758.7433
V	V-W	60.95	118°33´32"	756129.9788	8158766.2610
W	W-X	17.49	169°57´16"	756169.3659	8158719.7352
X	X-Y	69.45	269°17´34"	756178.1664	8158704.6172
Y	Y-Z	143	217°7´25"	756238.6248	8158738.8193
Z	Z-A´	68.65	190°0´2"	756295.3687	8158870.0791
A´	A´-B´	62.01	69°49´31"	756311.2550	8158936.8745
B´	B´-C´	370.37	108°14´2"	756359.7473	8158898.2287
C´	C´-D´	40.71	171°44´10"	756231.1347	8158550.9020
D´	D´-E´	113.28	211°´52"25	756211.6594	8158515.1568
E´	E´-F´	92.57	186°31´55"	756218.1618	8158402.0608
F´	F´-G´	83.35	199°40´29"	756233.9547	8158310.8436
G´	G´-H´	86.68	200°21´40"	756274.9972	8158238.2935
H´	H´-I´	63.15	208°25´42"	756341.2627	8158182.4108
I´	I´-J´	100.42	242°49´44"	756403.0983	8158169.5905
J´	J´-K´	157.8	56°12´56"	756466.1394	8158247.7622
K´	K´-L´	140.8	88°24´49"	756513.1480	8158097.1252
L´	L´-LL´	57.38	186°2´21"	756377.6299	8158058.9181
LL´	LL´-M´	28.02	212°38´1"	756324.3431	8158037.6222
M´	M´-N´	86.83	206°52´47"	756308.0398	8158014.8352
N´	N´-O´	57.71	196°54´58"	756294.9016	8157929.0027
O´	O´-P´	106.85	229°25´12"	756303.1456	8157871.8886
P´	P´-A´	89.89	89°19´55"	756393.3958	8157814.6878
Area : 70.1128 Has.					
Perimetro: 6188.25 ml					

Nota: Elaboración propia.

4.8.14. Descripción geográfica del distrito de Camaná y Quilca

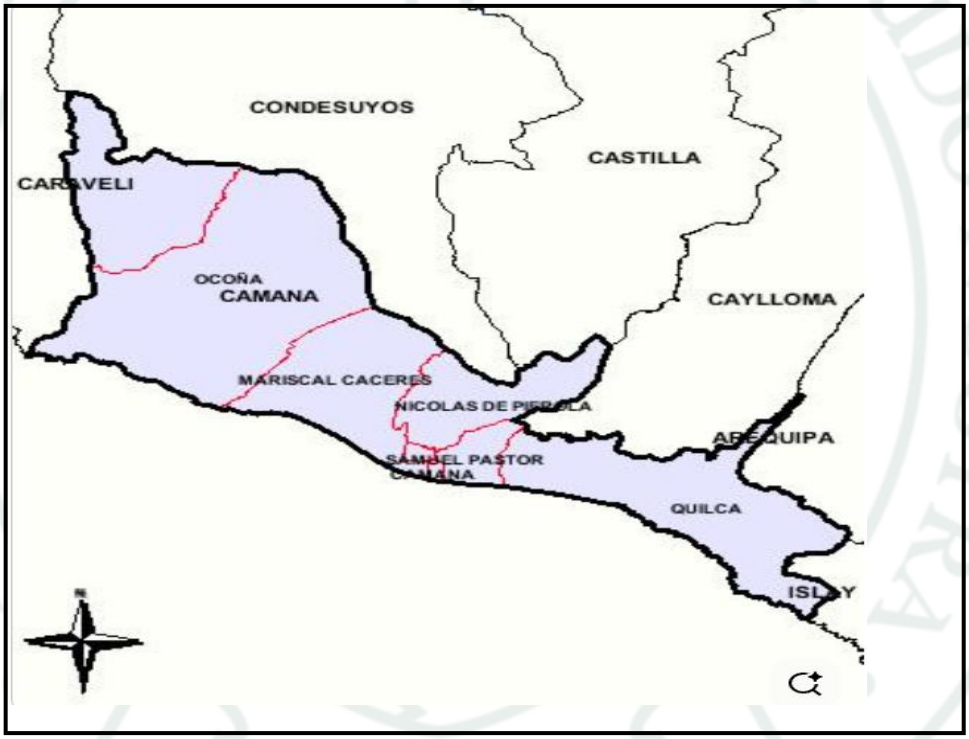
El distrito de Camaná se localiza en el departamento de Arequipa, provincia de Camaná, con coordenadas 16°37′26″ S de latitud y 72°42′38″ O de longitud, presentando una altitud que varía desde 16 m s. n. m. hasta 1,152 m s. n. m.

Por su parte, el distrito de Quilca se ubica en el departamento de Arequipa, provincia de Camaná, con coordenadas 16°42′45″ S de latitud y 72°25′24″ O de longitud, y una altitud que varía entre 0 y 200 m s. n. m.

En la Figura 26 se muestra el mapa de ubicación de los distritos de Camaná y Quilca, así como sus límites provinciales.

Figura 26

Mapa de ubicación de los distritos de Camaná y Quilca



Ver Anexo 11-G: Terreno Quebrada Corralones

4.8.15. Resultados de las condiciones topográficas del área de estudio

La topografía del área de estudio en la provincia de Camaná presenta variaciones altitudinales moderadas a distintas escalas espaciales. En un radio de 3 kilómetros, el área muestra un cambio máximo de altitud de 114 metros y una altitud promedio de 19 m s. n. m., lo que evidencia una topografía relativamente uniforme. En un radio de 16 kilómetros, se registran variaciones de hasta 1,152 m s. n. m., mientras

que en un radio de 80 kilómetros se observan variaciones altitudinales más extremas que alcanzan los 3,523 metros.

Desde el punto de vista geomorfológico, se distinguen cuatro pisos altitudinales claramente definidos: terrazas costaneras, Cordillera de la Costa, llanuras desérticas y contrafuertes andinos. Estos componentes del paisaje se encuentran disectados por los valles formados por corrientes hídricas que descienden desde los Andes hacia el océano.

Las terrazas costaneras no presentan un nivel uniforme ni continuidad espacial, ya que algunas han sido elevadas decenas de metros sobre el nivel del mar por procesos naturales, mientras que otras conforman planicies contiguas al litoral. La Cadena Costanera constituye uno de los elementos geológicos y paisajístico más relevantes de la provincia, por las notables formas resultantes de la erosión fluvial que ha permitido a los ríos atravesarla hasta desembocar en el océano Pacífico.

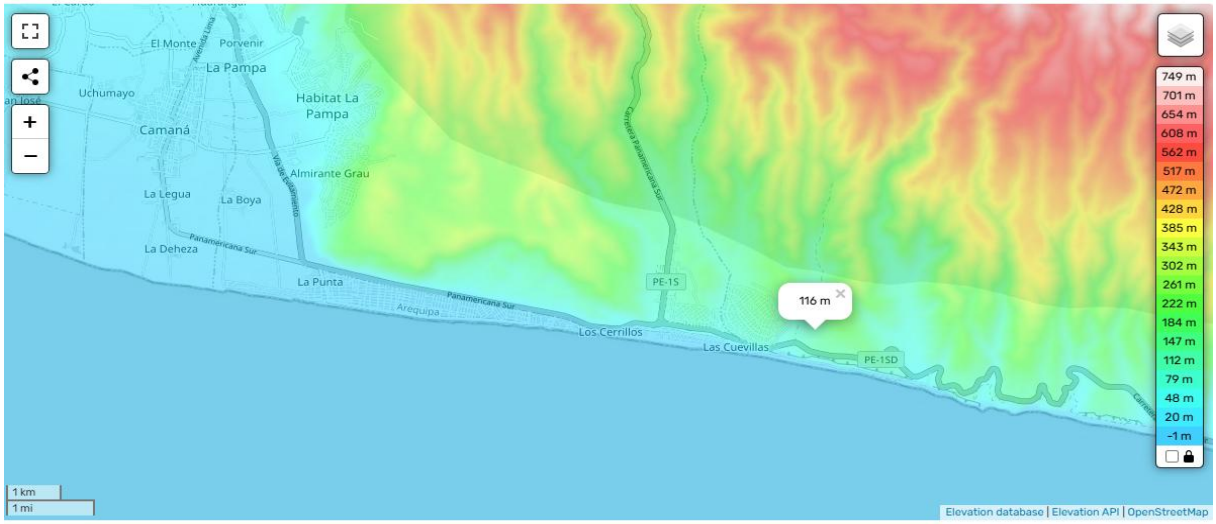
La planicie desértica está representada por extensos arenales y restos de quebradas secas localizadas en las zonas medias y altas de la provincia, constituyendo la mayor extensión superficial del territorio, aunque con una ocupación demográfica mínima.

El método constructivo y la operación de un relleno sanitario están condicionados principalmente por la topografía del terreno, el tipo de suelo y la profundidad del nivel freático (INGEMMET, Boletín Serie L, N°26 – 2021)

En la Figura 27 se presenta el mapa topográfico de la zona seleccionada correspondiente a la Quebrada Corralones.

Figura 27

Mapa topográfico de la zona elegida Quebrada Corralones



Nota: Topographic-map.com – Google, 2025.

4.8.16. Resultados de las características del suelo

En el cuadrángulo de Camaná y Quilca, las terrazas marinas se disponen a diferentes alturas sobre el nivel del mar y han sido clasificadas en tres unidades: terrazas marinas de Camaná, Ocoña y terrazas recientes. Las terrazas marinas de Camaná se localizan por encima de los 200 m s. n. m., siendo las más antiguas desde el punto de vista geológico, y reciben esta denominación debido a que el valle de Camaná presenta sus mejores exposiciones.

Hacia el sur, los afloramientos se presentan a menores altitudes y más próximos a la línea de playa, llegando a conformar acantilados. Asimismo, se identifican pequeños afloramientos a lo largo de la carretera hacia Quilca, constituidos por capas de conglomerados arenosos con matriz calcárea, los cuales no han sido mapeados debido a su reducida extensión.

4.8.17. Resultados de la Geomorfología y geología

En el valle de Camaná se distingue principalmente una extensa planicie aluvional que conforma el fondo del valle, acompañada por cadenas rocosas que lo delimitan aguas arriba. En la zona costanera se desarrolla una planicie lateral cuyo origen geomorfológico se atribuye al levantamiento del fondo marino. La pendiente topográfica de la planicie aluvional es relativamente baja, del orden del 5 %, mientras que en las zonas altas del valle el relieve es más accidentado y presenta mayores pendientes (Mayssa y Marocco 2004).

4.8.18. Formación Camaná

La Formación Camaná fue estudiada inicialmente por Rivera (1950) en las zonas de Majes y Camaná. Investigaciones posteriores realizadas por Alvan et al. (2017), así como estudios de microfósiles efectuados por Ibaraki (1992), confirman una edad Mioceno para esta unidad.

En la quebrada Bandurria, se identificaron tres miembros con límites predominantemente erosivos entre ellos:

Miembro inferior (~30 m): constituido por areniscas bioclásticas amarillentas de grano grueso, con estratificación cruzada y rizaduras de corriente, intercaladas con limo arcillitas con venillas de yeso.

Miembro medio (~115 m): conformado por areniscas cuarzosas de grano grueso con canales de conglomerados polimícticos y heterométricos.

Miembro superior (~150 m): compuesto por secuencias conglomerádicas con clastos subredondeados de cuarcitas, intrusivos dioríticos y gneis (10 %), con diámetros de hasta 20 cm, que afloran principalmente en zonas altas.

Asimismo, el mapa de tipos de suelos del distrito de Camaná, basado en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), permitió identificar cinco tipos de suelos: grava bien graduada (GW), grava mal graduada (GP), arena mal graduada (SP), arena con limos (SM) y limos con contenido de arena (ML).

En las Figuras 28 a 31 se muestran registros fotográficos del terreno de la Quebrada Corralones, mientras que en la Figura 32 se presenta el mapa de tipos de suelos de Camaná.

Figura 28

Terreno quebrada Corralones

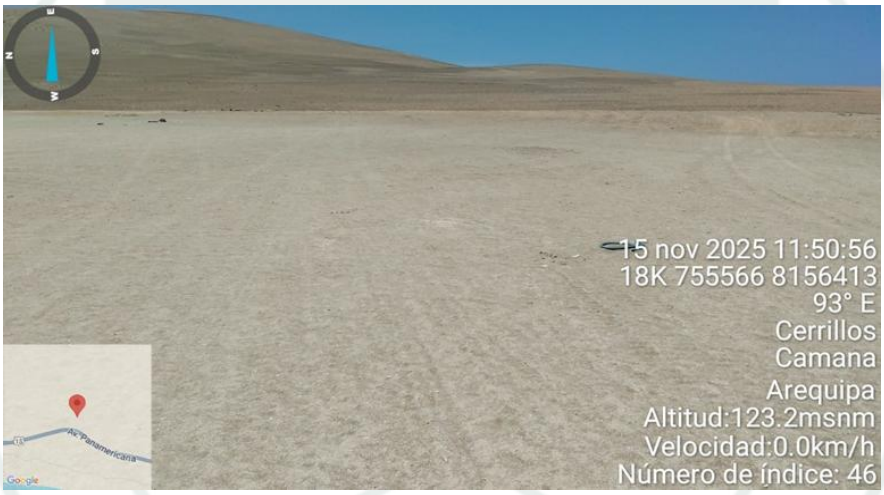


Figura 29

Terreno quebrada Corralones

Figura 30

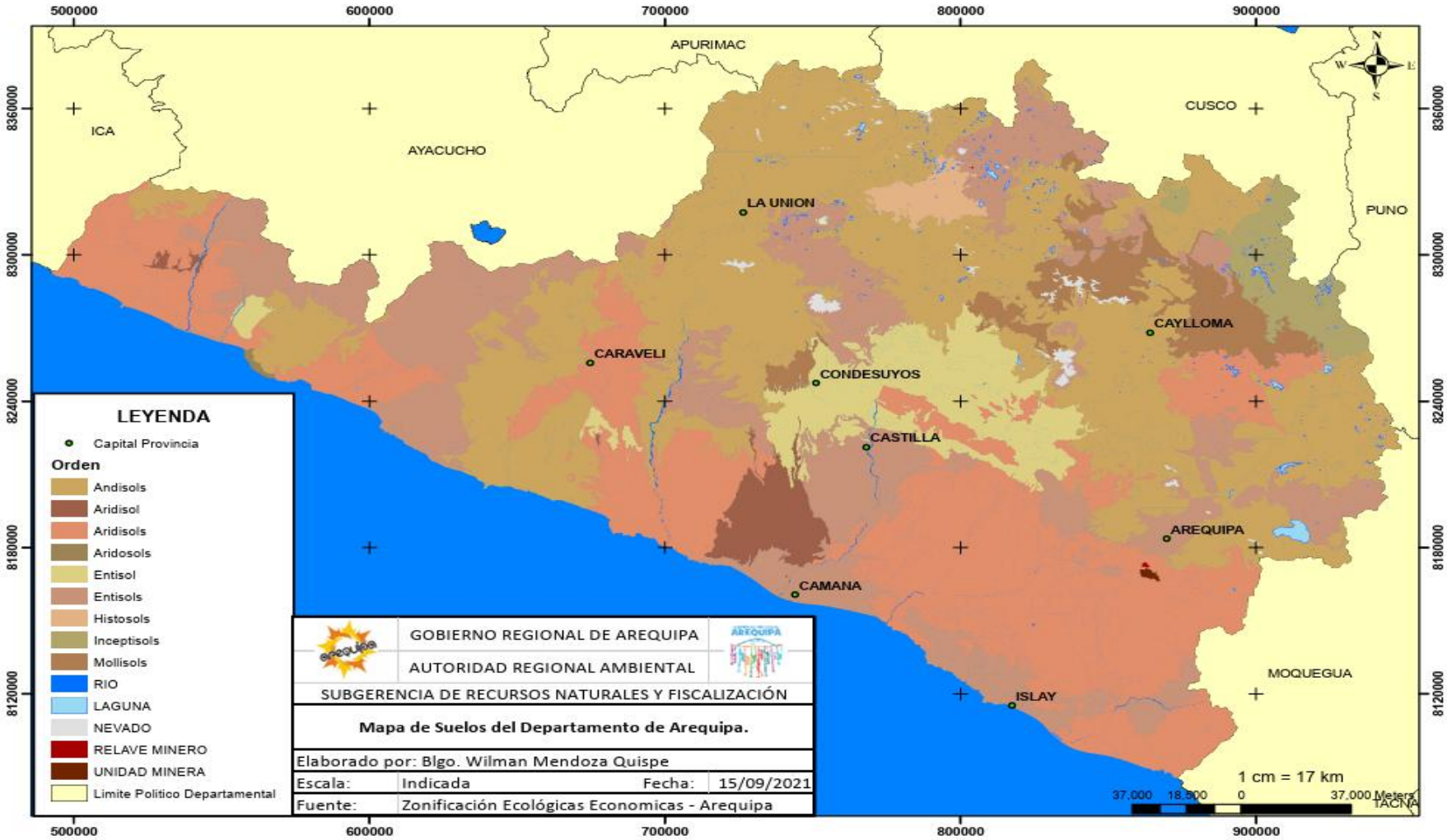
Suelo Terreno Quebrada Corralones

Figura 31

Terreno quebrada Corralones

Figura 32

Tipos de suelos Camaná



Fuente: Gobierno Regional.

4.8.19. Recursos hídricos superficiales

Según el Estudio de Recursos Hídricos en el Perú elaborado por el Ministerio de Agricultura y la Cooperación Técnica del Gobierno Español (1990), la distribución de las precipitaciones influye directamente en la disponibilidad estacional de los recursos hídricos, presentándose déficit permanente en la vertiente del Pacífico.

El río Camaná–Majes–Colca constituye uno de los sistemas fluviales más extensos de la vertiente occidental, con una cuenca aproximada de 17,180 km² y una longitud de 397 km. Su escurrimiento depende principalmente de las precipitaciones estacionales en la cuenca alta, registrándose caudales promedio mensuales entre 32,3 y 174,6 m³/s, con máximos entre febrero y abril y mínimos entre septiembre y noviembre.

El conocimiento de la hidrología es fundamental para el diseño del relleno sanitario, ya que permite garantizar un adecuado drenaje pluvial y evitar escurrimientos hacia el interior del área de disposición final.

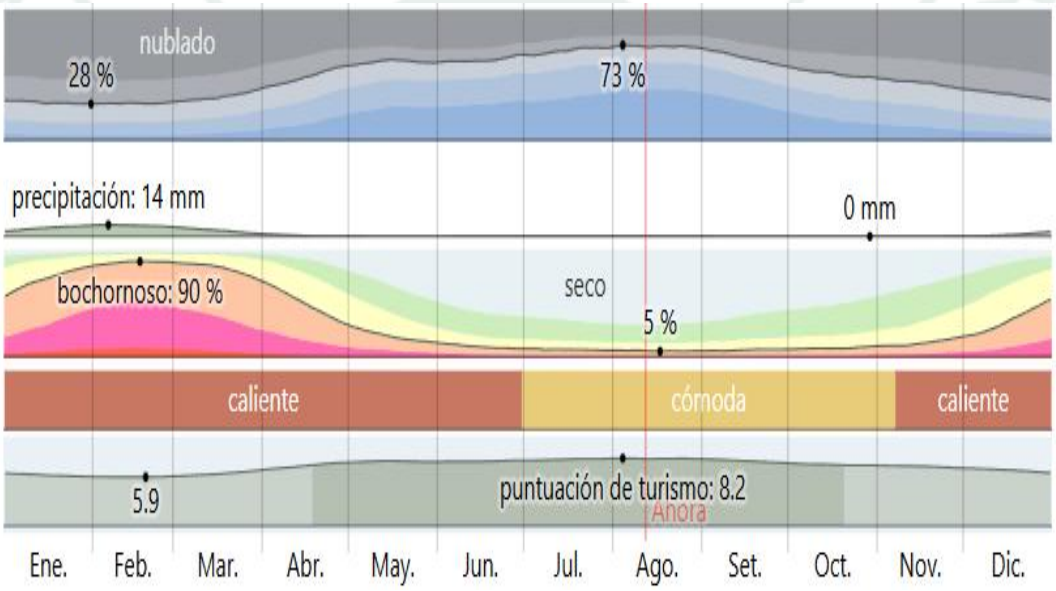
4.8.20. Resultados meteorológicos y climatológicos

El clima de Camaná se caracteriza por veranos calurosos y nublados, inviernos largos y moderados, y condiciones secas durante todo el año. La temperatura anual oscila generalmente entre 17 °C y 27 °C.

En la Figura 33 se muestra el comportamiento climático anual de Camaná.

Figura 33

El clima en Camaná

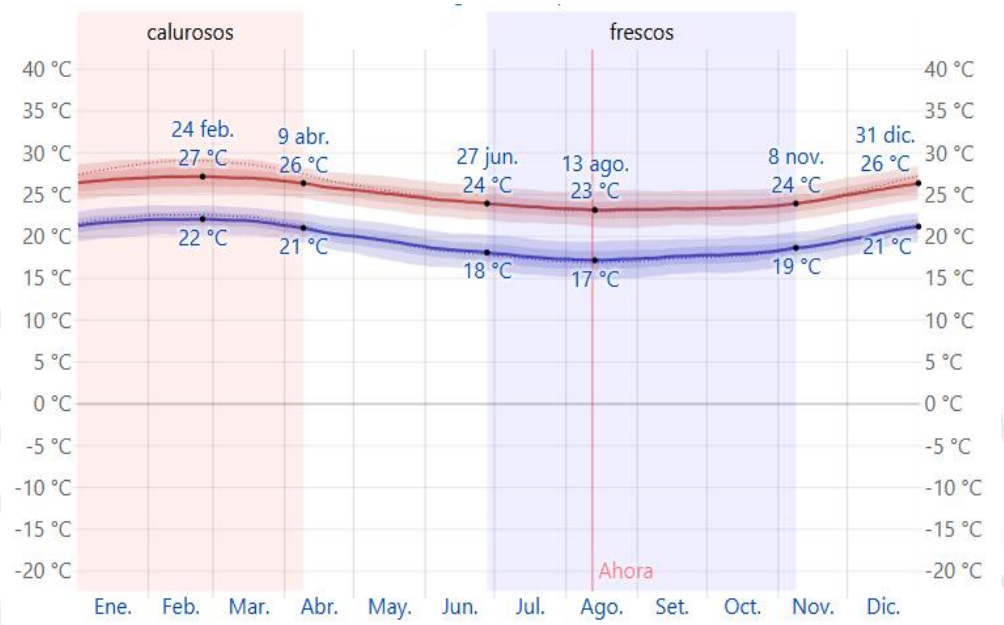


Nota: WEATHER SPARK (s.f.). Resumen del clima. Clima promedio en Camaná, Perú, durante todo el año

La Figura 34 presenta la temperatura máxima y mínima promedio mensual.

Figura 34

Temperatura máxima y mínima promedio en Camaná

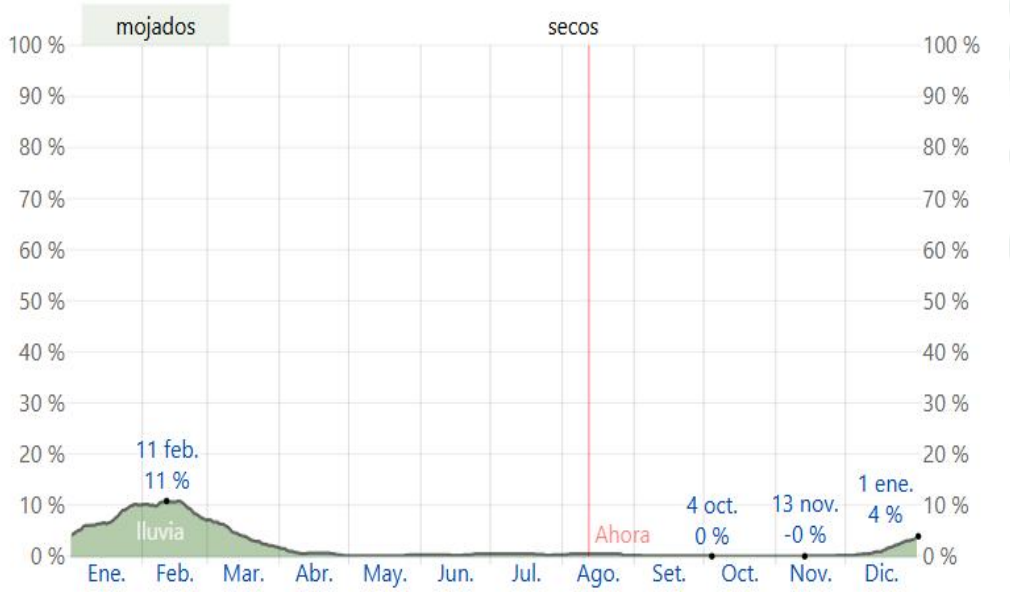


Nota: WEATHER SPARK (s.f.). Temperatura máxima y mínima promedio. Resumen del clima. Clima promedio en Camaná, Perú, durante todo el año.

La Figura 35 muestra la probabilidad diaria de precipitación.

Figura 35

Probabilidad diaria de precipitación en Camaná

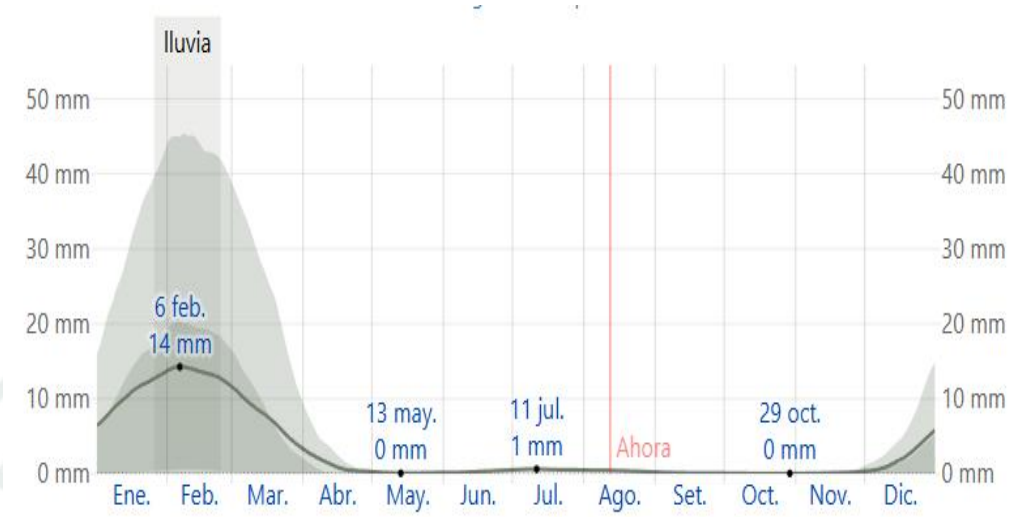


Nota: WEATHER SPARK (s.f.). Probabilidad diaria de precipitación. Clima promedio en Camaná, Perú, durante todo el año

La Figura 36 corresponde al promedio mensual de lluvias.

Figura 36

Promedio mensual de lluvia en Camaná

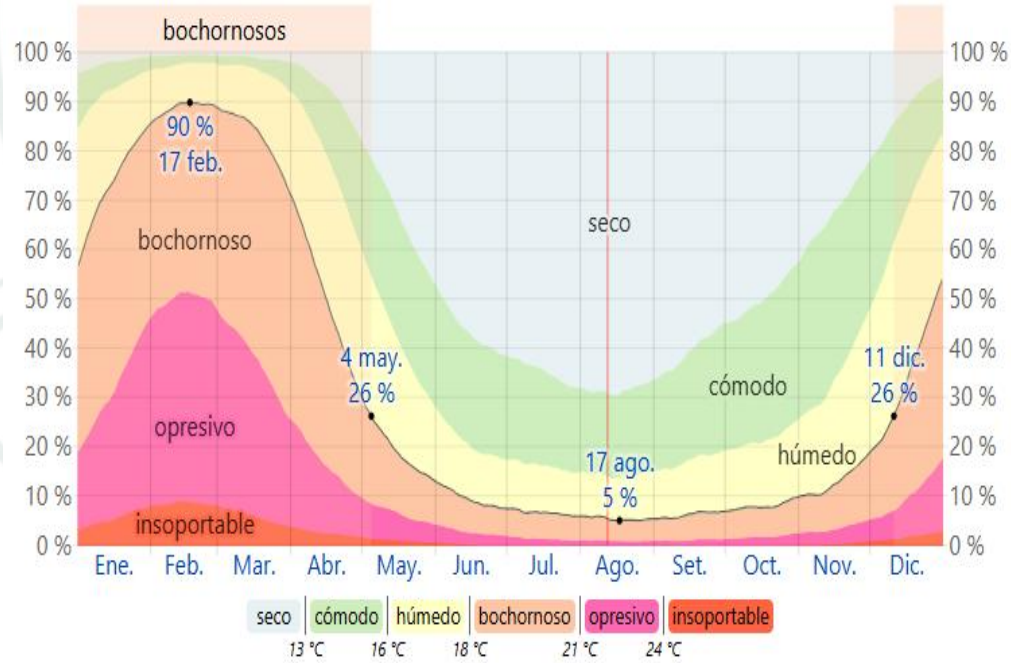


Nota: WEATHER SPARK (s.f.). Probabilidad lluvias, Clima promedio en Camaná, Perú, durante todo el año

La Figura 37 presenta los niveles de comodidad de la humedad.

Figura 37

Niveles de comodidad de la humedad en Camaná

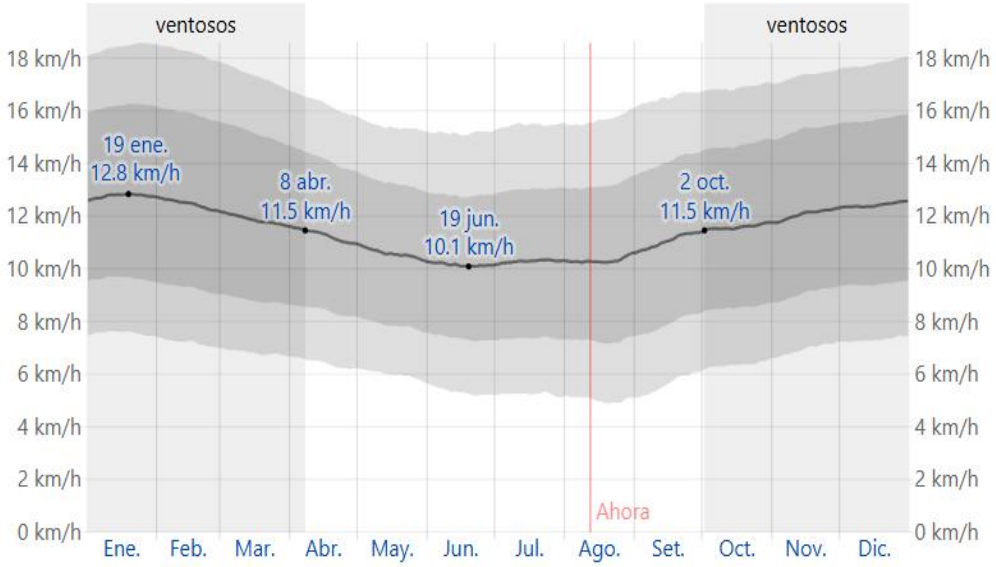


Nota: WEATHER SPARK (s.f.). Niveles de comodidad de la humedad., Clima promedio en Camaná, Perú, durante todo el año

Las Figuras 38 y 39 muestran la velocidad y dirección del viento predominante en Camaná.

Figura 38

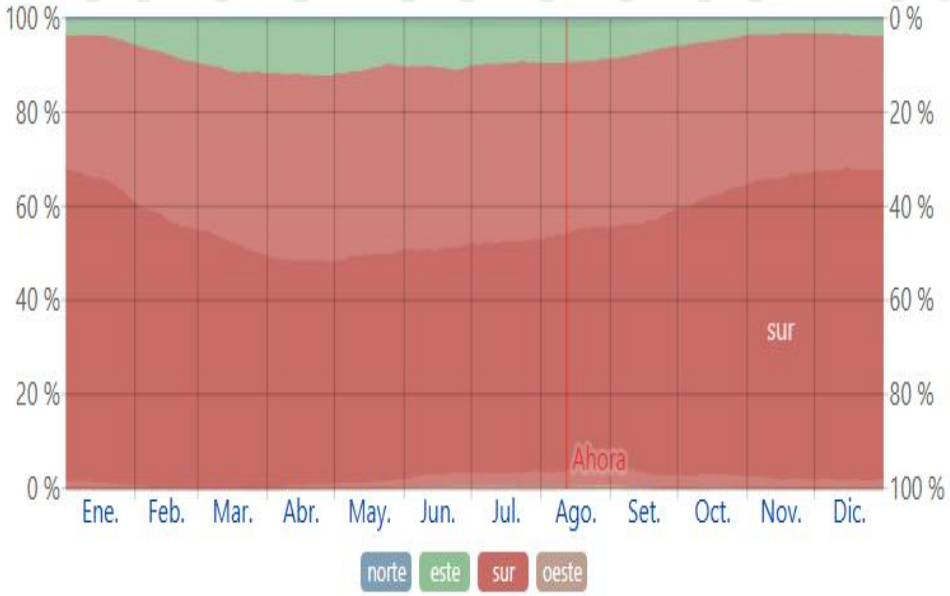
Velocidad promedio del viento en Camaná



Nota: WEATHER SPARK (s.f.). Velocidad promedio del viento, Clima promedio en Camaná, Perú, durante todo el año

Figura 39

Dirección del viento en Camaná



Fuente: WEATHER SPARK (s.f.), Dirección del viento, Clima promedio en Camaná, Perú, durante todo el año

4.8.21. Resultados de flora y fauna

A. Flora

La provincia de Camaná constituye un área de transición ecológica entre los valles fluviales andinos y el desierto costero del Pacífico, albergando ecosistemas como el litoral marino, valle fluvial, lomas costeras y humedales. La flora incluye especies costeras, agrícolas y ornamentales, destacando el algarrobo, molle, sábila, arroz, maíz, uva y vegetación de lomas estacionales. Las lomas costeras han sido catalogadas como Ecosistema Frágil por SERFOR.

B. Fauna

La fauna de Camaná presenta una alta interacción con las actividades humanas, especialmente en zonas agrícolas y humedales. Se registran especies marinas, costeras y terrestres, incluyendo aves acuáticas, mamíferos marinos, peces, mariscos, anfibios y fauna silvestre asociada a ecosistemas agrícolas y litorales.

4.9. Dimensión del relleno sanitario y la planta de reciclaje.

4.9.1. Dimensionamiento del relleno sanitario

Se determino un relleno sanitario semimecanizado, utilizando el método de trincheras, porque las características topográficas y geológicas del terreno permiten su implementación eficiente, optimizando el uso del espacio disponible, el cual facilita la operación, reduce costos y mejora el control ambiental. El volumen de residuos de 13.35 tn/día lo hace normativamente, técnicamente y económicamente viable el sistema semimecanizado, que equilibra eficiencia operativa y costos, con un sistema de impermeabilización de Geomembrana HDPE de 1.5 mm para evitar la percolación de lixiviados hacia el suelo y aguas subterráneas.

El dimensionamiento del relleno sanitario se desarrolló a partir del análisis cuantitativo de la generación y composición de los residuos sólidos, considerando un horizonte de proyección hasta el año 2034. Para ello, se emplearon los datos poblacionales, la generación per cápita domiciliaria y comercial, así como la generación per cápita municipal total, proyectados anualmente, los cuales se presentan en la Tabla 78, donde se evidencia una generación municipal promedio que varía entre 13.345 a 13.351 Tn/día a lo largo del periodo evaluado.

El cálculo del dimensionamiento se realizó siguiendo los lineamientos técnicos establecidos por el Ministerio del Ambiente del Perú en la Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de rellenos sanitarios mecánico (MINAM, 2011), garantizando la coherencia normativa del diseño propuesto.

Tabla 78

Generación municipal del distrito de Camaná 2024–2034

Año	Población Urbana del Distrito (hab.)	GPC domiciliaria (Kg/hab/día)	Generación Domiciliaria (Kg/hab/día)	Generación Comercial y Especial (Kg/hab/día)	Generación Municipal (Kg/hab/día)	GPC Municipal (Kg/día)	Generación Municipal (Tn/día)	Generación Municipal (Tn/mes)	Generación Municipal (Tn/año)
2024	12,472	0.60	7,483.20	5,861.84	13,345.04	1.07	13.35	400.35	4,870.94
2025	12,349	0.61	7,483.62	5,862.17	13,345.79	1.08	13.35	400.37	4,871.21
2026	12,228	0.61	7,484.00	5,862.47	13,346.47	1.09	13.35	400.39	4,871.46
2027	12,107	0.62	7,484.38	5,862.76	13,347.14	1.10	13.35	400.41	4,871.71
2028	11,988	0.62	7,484.76	5,863.06	13,347.82	1.11	13.35	400.43	4,871.95
2029	11,870	0.63	7,485.14	5,863.36	13,348.50	1.12	13.35	400.45	4,872.20
2030	11,753	0.64	7,485.52	5,863.66	13,349.17	1.14	13.35	400.48	4,872.45
2031	11,637	0.64	7,485.90	5,863.95	13,349.85	1.15	13.35	400.50	4,872.69
2032	11,522	0.65	7,486.28	5,864.25	13,350.53	1.16	13.35	400.52	4,872.94
2033	11,409	0.66	7,486.66	5,864.55	13,351.20	1.17	13.35	400.54	4,873.19
2034	11,297	0.66	7,487.04	5,864.84	13,351.88	1.18	13.35	400.56	4,873.44

Nota. Elaboración propia..

a) Población de diseño y generación de residuos

Se adoptó como año base de diseño el 2024, considerando una población urbana proyectada de 12,472 habitantes, una generación per cápita municipal de 1.07 kg/hab/día y una generación total de residuos sólidos municipales de 13.35 Tn/día. La densidad promedio de los residuos sólidos de 128.40 kg/m³. el cual se presenta en la Tabla 79.

Tabla 79

Promedio distrital de la densidad de residuos sólidos

Fuente de Generación	Densidad diaria (Kg/m3)							Densidad promedio kg/m3	Densidad promedio kg/m3
	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7		
Residuos Domiciliarios	150.60	157.57	159.46	118.77	133.44	161.20	139.46	145.79	128.40
Residuos Comerciales	111.33	95.13	114.52	119.93	95.34	134.16	106.76	111.02	

Nota. Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos

b) Proyección y Vida útil del relleno sanitario

La determinación de la vida útil operativa se proyecta calculando el volumen que ocuparán los residuos sólidos compactados, material de cobertura y área administrativa a lo largo del tiempo. Para ello, se contrastó el volumen total disponible en las trincheras y áreas de disposición final frente a la sumatoria del volumen de residuos sólidos municipales (RSM) compactados y el material de cobertura requerido para el confinamiento diario, este valor corresponde al período de vida del relleno sanitario en años. Conforme a los lineamientos de la Guía de Diseño, Construcción, Operación, Mantenimiento y Cierre de Relleno Sanitario Mecanizado (MINAM, 2018), se ha definido un horizonte de diseño de 10 años, abarcando el periodo 2024-2033. Esta proyección de variables como la tasa de crecimiento demográfico, la Generación Per Cápita (GPC) y la densidad de compactación previstas en el estudio de caracterización, asegura la viabilidad técnica de la infraestructura durante su ciclo de vida.

c) Volumen total de residuos sólidos a disponer

Aplicando la metodología de cálculo establecida y considerando la densidad promedio "in situ" de 128.40 kg/m³, se determinó un volumen anual de residuos sólidos a disponer de 37,935.67 m³/año, mediante la Fórmula 11.

Cálculo del volumen total de residuos a disponer:

$$V_rs = P \times G \times T \qquad \text{(Fórmula 1)}$$

$$V_rs = (\text{Generación Diaria} / \text{Densidad in situ}) * 365 \text{ días}$$

$$V_rs = ((12{,}472 \text{ hab} * 1.07 \text{ kg/hab/día}) / 128.40 \text{ kg/m}^3) * 365 \text{ días}$$

$$V_rs \approx 37{,}935.67 \text{ m}^3\text{/año}$$

d) Volumen de residuos compactados

Considerando una operación semimecanizada del relleno sanitario, se aplicó un factor de densificación de 0.5, obteniéndose un volumen anual de residuos compactados de 18,967.83 m³/año, conforme a la Fórmula 12.

Cálculo del volumen de residuos compactados:

$$V_rc = V_rs \times D \qquad \text{(Fórmula 12)}$$

- V_rs: 37,949.77 m³
- D: Factor de densificación (generalmente entre 0.3 y 0.5)

$$V_rc = 37{,}935.67\ m^3 * 0.5$$

$$V_rc \approx 18{,}967.83\ m^3/año$$

e) Volumen total de residuos más material de cobertura

Se incorporó un porcentaje de material de cobertura equivalente al 20% del volumen de residuos sólidos municipales, obteniéndose un volumen total anual de 22,761.40 m³/año, según lo indicado en la Fórmula 13.

Cálculo del volumen total más material de cobertura.

$$V_trs = V_rc + \text{Material de cobertura} \qquad \text{(Formula 13)}$$

$$V_trs = 18{,}967.83 * 20\%$$

$$V_trs = 22{,}761.40\ m3/año$$

f) Área requerida del relleno sanitario

Con una altura promedio de celda de 4 m, se determinó un área neta anual de disposición de 5,690.35 m²/año, conforme al desarrollo de la Fórmula 14.

Cálculo del área total del relleno sanitario:

$$A = V_trs / H \qquad \text{(Fórmula 14)}$$

- V_trs : 22,761.40 m3/año
- H: 4 m

$$A = 22{,}761.40\ m^3 / 4\ m$$

$$A \approx 5{,}690.35\ m^2\ /año$$

g) Área total requerida incluyendo área administrativa

Considerando un 30% adicional destinado a infraestructura complementaria: vías internas, zona de amortiguamiento, áreas administrativas y operativas, se obtuvo un área total anual de 7,397.46 m², equivalente a 0.74 ha.

El periodo de diseño del relleno sanitario se fijó en 10 años basándose, en primera instancia, en el requerimiento mínimo estipulado por la normativa ambiental peruana vigente para la disposición final de residuos sólidos.

Para la proyección a 10 años, periodo 2024-2034 de las variables del relleno sanitario, se utilizó el Modelo de Regresión Lineal Simple, procesado mediante el método de mínimos cuadrados ordinarios. La validez de este modelo se fundamenta a través del Coeficiente de Determinación (R2), el cual arrojó valores de 0.9998 para la dinámica poblacional y 0.9952 para la Generación Per Cápita (GPC) municipal. Estos coeficientes demuestran que más del 99.5% de la varianza de los datos analizados está rigurosamente explicado por la variable predictora temporal años, reduciendo el error estándar de la estimación a márgenes estadísticamente insignificantes. Esto demuestra un ajuste estadístico excelente y confirma que las proyecciones realizadas para el horizonte de diseño 2024–2034 presentan una alta confiabilidad para el dimensionamiento del relleno sanitario. El modelo matemático justifica de manera robusta la predictibilidad lineal del volumen final acumulado de residuos, se fundamenta en:

- Población (R2 = 0.9998): Significa que el 99.98% de la variabilidad de la reducción de la población está perfectamente explicada por el transcurso de los años. La pendiente negativa (-117.53) demuestra una contracción demográfica lineal constante de aproximadamente 117 habitantes por año.
- GPC Municipal (R2 = 0.9952): Indica que el 99.52% del incremento en la tasa de generación de basura por habitante se debe al factor tiempo, cambios de hábitos de consumo anuales estimados.
- Generación Total Anual (R2 = 0.9999): Aunque la población disminuye, el GPC aumenta a un ritmo ligeramente superior, lo que crea un equilibrio neto positivo donde los residuos sólidos totales crece de forma extremadamente controlada a un ritmo de 0.25 toneladas anuales. El tiempo explica el 99.99% de este comportamiento lineal.

h) Proyección del área total para la vida útil.

Para una vida útil de 10 años, el área total requerida del relleno sanitario asciende a 81,393.04 m², equivalente a 8.14 ha. La tabla 80 resumen las variables necesarias para calcular el volumen, área requerida por año y acumulada para el relleno sanitario.

Tabla 80

Generación y área requerida para el relleno sanitario del distrito de Camaná

N° de Años	Año	Población	GPC kg/hab/dia	Generación de Residuos Sólidos kg/día	Generación de Residuos Sólidos m3/año	Volumen de RRSS Municipales compactado m3/año	Volumen de RRSS Municipales + Material de Cobertura (MC) m3/año	Area total (Vol. de RRSS Municipales + MC / H (m2/año)	Area Total + Area Administrativa (m2/año)	Area Total Acumulada m2	Area Total Acumulada Ha
0	2024	12,472	1.07	13,345.04	37,935.67	18,967.83	22,761.40	5,690.35	7,397.46	7,397.46	0.74
1	2025	12,349	1.08	13,345.79	37,937.80	18,968.90	22,762.68	5,690.67	7,397.87	14,795.33	1.48
2	2026	12,228	1.09	13,346.47	37,939.72	18,969.86	22,763.83	5,690.96	7,398.25	22,193.58	2.22
3	2027	12,107	1.10	13,347.14	37,941.64	18,970.82	22,764.99	5,691.25	7,398.62	29,592.20	2.96
4	2028	11,988	1.11	13,347.82	37,943.57	18,971.78	22,766.14	5,691.53	7,399.00	36,991.19	3.70
5	2029	11,870	1.12	13,348.50	37,945.49	18,972.75	22,767.29	5,691.82	7,399.37	44,390.56	4.44
6	2030	11,753	1.14	13,349.17	37,947.41	18,973.71	22,768.45	5,692.11	7,399.75	51,790.31	5.18
7	2031	11,637	1.15	13,349.85	37,949.34	18,974.67	22,769.60	5,692.40	7,400.12	59,190.43	5.92
8	2032	11,522	1.16	13,350.53	37,951.26	18,975.63	22,770.76	5,692.69	7,400.50	66,590.92	6.66
9	2033	11,409	1.17	13,351.20	37,953.19	18,976.59	22,771.91	5,692.98	7,400.87	73,991.80	7.40
10	2034	11,297	1.18	13,351.88	37,955.11	18,977.56	22,773.07	5,693.27	7,401.25	81,393.04	8.14

Nota: Elaboración propia

4.9.2. Correlación estadística entre generación de residuos y crecimiento poblacional

Para determinar la relación entre el crecimiento poblacional proyectado y la generación municipal de residuos sólidos, se aplicó un análisis de correlación mediante el coeficiente de correlación de Pearson utilizando el software IBM SPSS Statistics. Previamente, se evaluó la distribución de normalidad de las variables mediante la prueba de Shapiro-Wilk, obteniéndose valores de significancia superiores a 0,05 en todos los casos, por lo que se asumió una distribución normal y se justificó el empleo de una prueba de correlación paramétrica. El procedimiento desarrollado fue el siguiente:

Primero, se elaboró una matriz de datos en Microsoft Excel con las variables: año, población urbana proyectada, generación per cápita domiciliaria (GPC dom), generación per cápita municipal (GPC mun) y generación municipal anual de residuos sólidos expresada en toneladas por año, Tabla 81. Posteriormente, la base de datos fue importada al software IBM SPSS Statistics para su procesamiento estadístico.

La selección de estas variables responde a la necesidad de evaluar la dinámica del sistema de gestión de residuos desde un enfoque cuantitativo, identificando cómo las variaciones en la población y en los indicadores per cápita influyen en la cantidad total de residuos generados anualmente. Esta matriz de datos constituye el insumo estadístico que permitió aplicar el coeficiente de correlación de Pearson en el software IBM SPSS Statistics, con el propósito de determinar la relación existente entre dichas variables y sustentar técnicamente el dimensionamiento del área requerida para la disposición final.

Tabla 81

Base de datos utilizada para el análisis estadístico de correlaciones

AÑO	POBLACION	gpc_dom	gpc_mun	gen_tn_anio
2024	12472	0.60	1,07	4870,94
2025	12349	0.61	1,08	4871.21
2026	12228	0.61	1,09	4871,46
2027	12107	0.62	1,10	4871,71
2028	11988	0.62	1,11	4872.95
2029	11870	0.63	1,12	48,72,20
2030	11753	0,64	1,14	4872,45
2031	11637	0.64	1,15	4872,69
2032	11522	0.65	1,16	4873,94
2033	11409	0.66	1,17	4873,19

2034	11297	0.66	1,18	4873,44

Nota: Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos

Una vez importados los datos, se definieron las variables en la vista "Variable View", asignando el tipo numérico correspondiente y estableciendo el nivel de medición como escala para las variables cuantitativas. Luego, se ingresó a la opción "Analyze", seguida de "Correlate" y posteriormente "Bivariate".

Figura 40

Variables consideradas en el IBM SPSS

Nombre	Tipo	Anchura	Decimales	Etiqueta	Valores	Perdidos	Columnas	Alineación	Medida	Rol
AÑO	Numérico	8	0		Ninguna	Ninguna	8	Centro	Escala	Entrada
POBLACION	Numérico	8	0		Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Escala	Entrada
gpc_dom	Numérico	8	2		Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Escala	Entrada
gpc_mun	Numérico	8	2		Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Escala	Entrada
gen_tn_año	Numérico	8	2		Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Escala	Entrada

Figura 41

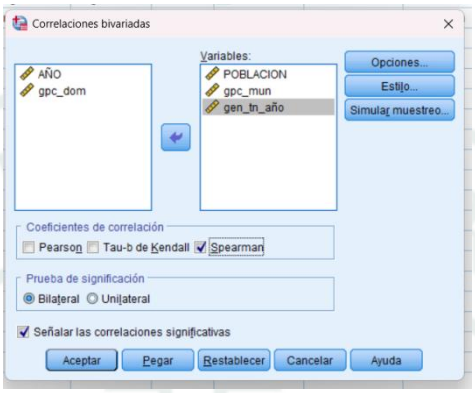
Comando para la correlación

En la ventana de análisis bivariado se seleccionaron las variables POBLACION, gpc_mun y gen_tn_anio, trasladándolas al cuadro de variables de análisis. Debido a que las variables presentaron una distribución normal según la prueba de Shapiro-Wilk

(p > 0,05), se seleccionó el coeficiente de correlación de Pearson, marcando la opción Pearson y manteniendo el análisis bilateral (Two-tailed).

Figura 42

Tabla de opciones para la correlación



Finalmente, el software generó la matriz de correlación, obteniéndose los coeficientes de correlación de Pearson (r), el nivel de significancia bilateral (p-valor) y el número de observaciones analizadas. Los resultados permitieron identificar la relación lineal existente entre la población proyectada, la generación per cápita municipal y la generación anual de residuos sólidos, validando técnicamente el modelo de cálculo empleado para el dimensionamiento del relleno sanitario.

Figura 43

Resultados de la correlación

```
NEW FILE.
DATASET NAME ConjuntoDatos1 WINDOW=FRONT.
NONPAR CORR
  /VARIABLES=POBLACION gpc_mun gen_tn_año
  /PRINT=SPEARMAN TWOTAIL NOSIG
  /MISSING=PAIRWISE.
```

Correlaciones no paramétricas

[ConjuntoDatos1]

Correlaciones

			POBLACION	gpc_mun	gen_tn_año
Rho de Spearman	POBLACION	Coeficiente de correlación	1,000	1,000**	1,000**
		Sig. (bilateral)	.	.	.
		N	11	11	11
	gpc_mun	Coeficiente de correlación	1,000**	1,000	1,000**
		Sig. (bilateral)	.	.	.
		N	11	11	11
	gen_tn_año	Coeficiente de correlación	1,000**	1,000**	1,000
		Sig. (bilateral)	.	.	.
		N	11	11	11

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

```
DATASET ACTIVATE ConjuntoDatos1.
DATASET CLOSE ConjuntoDatos2.
```

La Tabla 82 muestra los resultados del análisis de correlación de Pearson aplicado a las variables población urbana proyectada, generación per cápita municipal y generación municipal anual de residuos sólidos para el periodo 2024–2034.

Tabla 82

Correlación entre la generación de residuos y el crecimiento poblacional

			POBLACION	gpc_mun	gen_tn_año
Correlación de Pearson	POBLACION	Coeficiente de correlación	1,000	1,000**	1,000**
		Sig. (bilateral)	.	.	.
		N	11	11	11
	gpc_mun	Coeficiente de correlación	1,000**	1,000	1,000**
		Sig. (bilateral)	.	.	.
		N	11	11	11
	gen_tn_año	Coeficiente de correlación	1,000**	1,000**	1,000
		Sig. (bilateral)	.	.	.
		N	11	11	11

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

Nota: Software IBM SPSS Statistics

Los coeficientes obtenidos (r = 1,000) evidencian una correlación lineal positiva perfecta entre las tres variables analizadas, con un nivel de significancia bilateral menor a 0,01. Esto indica que los cambios observados en la generación municipal anual de residuos están completamente asociados tanto a la variación de la población como a la generación per cápita municipal proyectada.

La correlación perfecta obtenida se debe a que la generación municipal anual es una variable derivada directamente de la población y la generación per cápita municipal mediante una relación matemática determinista. Por tanto, este resultado no representa un comportamiento estadístico independiente del sistema, sino la validación aritmética del modelo de cálculo empleado para el dimensionamiento del relleno sanitario.

Este resultado confirma que el comportamiento de la generación de residuos sólidos en el distrito mantiene una relación directamente proporcional con la dinámica poblacional y con los indicadores per cápita adoptados en el estudio de caracterización. En términos técnicos, ello valida el uso de estas variables como base para el dimensionamiento del relleno sanitario, ya que la estimación del volumen, área requerida y vida útil del sistema de disposición final se sustenta en una relación matemáticamente consistente entre población, generación per cápita y cantidad total de residuos generados.

4.9.3. Diseño de celdas y Sistemas de control

El diseño del relleno sanitario se realizó mediante el método de trincheras, adecuado para terrenos de pendiente suave y suelos no rocosos. Se definieron las dimensiones de las trincheras, el volumen por unidad, el número total de trincheras y el volumen individual de cada celda, garantizando la disposición secuencial y controlada de los residuos durante la vida útil del proyecto. De acuerdo a formula de la Guía de Diseño, Construcción, Operación, Mantenimiento y cierre de Relleno Sanitario Mecanizado, MINAM (2018)

Formula 16: Calculo de la longitud de celda.

$$L = \frac{Vz}{a\ x\ hz}$$

L = largo o longitud

Vz = volumen de la zanja(promedio de Volumen de RRSS+MC en 10 años)

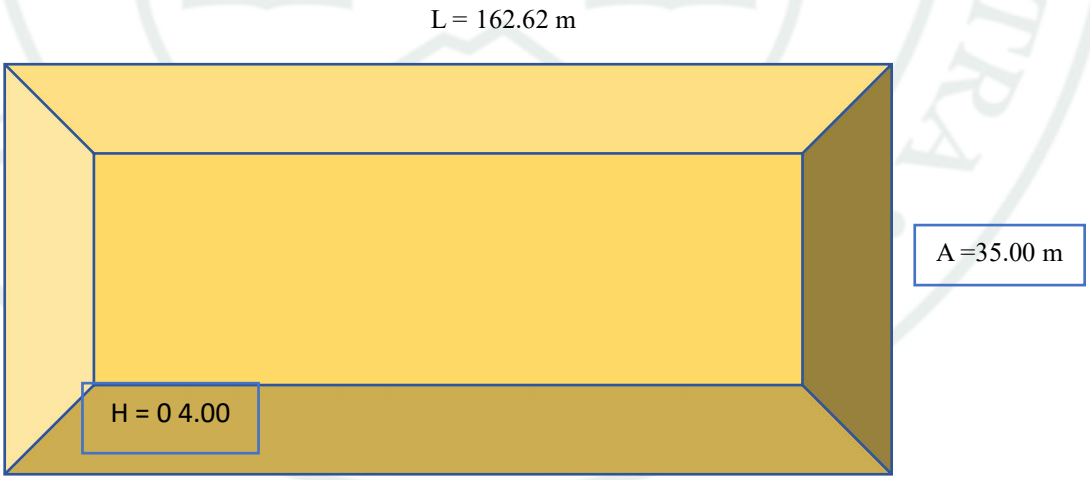
a = ancho (m)

hz = profundidad (m)

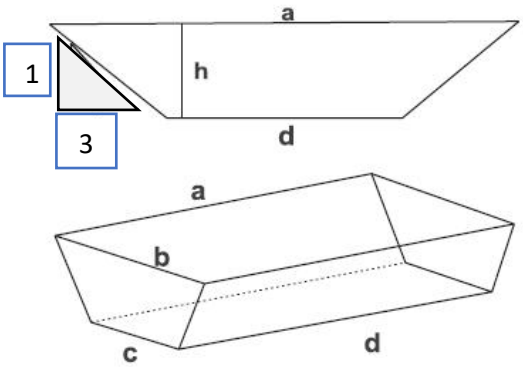
$$\boldsymbol{L} = \frac{22{,}767.28\ m3}{35\ m\ x\ 4\ m} = 162.62\ m$$

Figura 44

Forma de Celda. Relleno Sanitario



Formula 17: Calculo de volumen de celda.



Largo de la Trinchera : 162.62 metros

Ancho de la Trinchera : 35.00 metros

Profundidad Promedio de la Trinchera : 4.00 metros.

Talud de trinchera 3:1

Adecuando los datos tenemos:

a = 162.62 m

b = 35.00 m

c = 11 m

d = 138.62 m

Volumen de celda = ⅓. h (a ×b + c × d) + ($\sqrt{(a \times b) \times (c \times d)}$) (Formula7)

Volumen = ⅓. 4 . (162.62 * 35 + 11 * 138.62) + ($\sqrt{(162.62 * 35) * (11 * 138.62)}$)

Volumen = 11,177.00 m3

Se consideró taludes de 3:1 para garantizar la estabilidad de las trincheras propuestas, según la metodología propuesta por Tuesta (2022).

Número de trincheras necesarias:

Número de trincheras = V_trs (10 años)/ Volumen de celda (m3) (Fórmula 15)

Número de trincheras = 227,223.50 m³ / 11,177.00 m³

Número de trincheras ≈ 20.33 trincheras

Anexo 11-I, 11-J, 11-K, 11-L: Vista aérea en 3D de la planta de relleno sanitario.

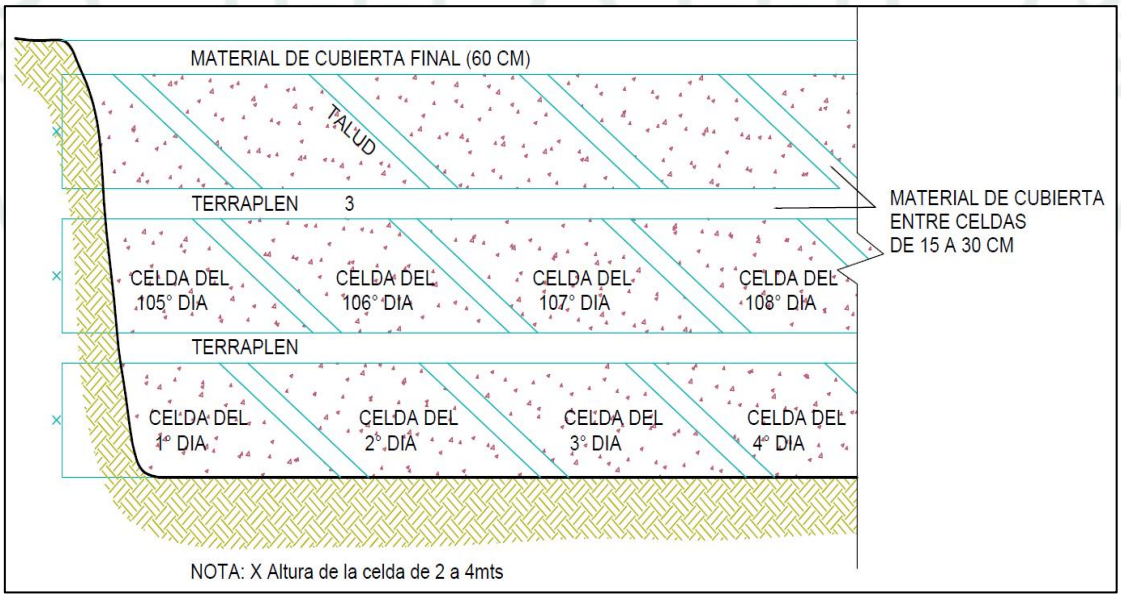
Las celdas tienen un talud máximo de 1 a 3, es decir, que por cada metro de altura se avancen 3 metros horizontalmente. (SEDUE, 1984). En los métodos de trinchera existe únicamente un frente de trabajo.

Se coloca un espesor de 20 cm. compactados de tierra entre los niveles de celdas y como cobertura final con material en un espesor no menor de 0.60 m. La compactación de los residuos sólidos debe alcanzar una compactación de 500 kg/m3, el tractor oruga extiende los residuos formando una capa delgada no más de 30 cm de profundidad, estas capas formadas son compactadas por el peso del tractor. La máquina pasa por encima de los residuos sólidos entre 3 a 6 veces sobre los residuos sólidos para maximizar la compactación, así aumenta la descomposición de la materia orgánica, la cual se transforma en agua, humus y gases, lo que reduce su volumen haciendo que las celdas superiores se compacten debido al peso de las celdas inferiores. Las capas delgadas son construidas hasta que la capa global de residuos alcanza un espesor de 0.60 m, luego es cubierta al cierre del día de trabajo con una capa mayormente de 20 cm.

La representación esquemática del corte y del avance diario del relleno sanitario se presenta en la Figura 45 y 46, respectivamente.

Figura 45

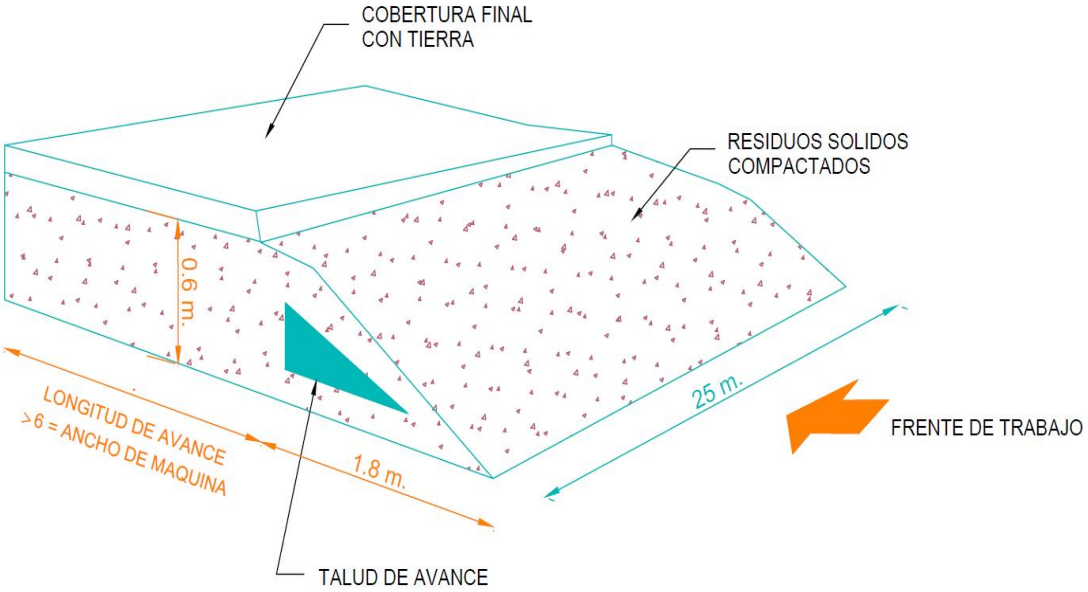
Corte de un relleno sanitario



Nota: Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario mecanizado.

Figura 46

Avance diario de un relleno sanitario



Nota: Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario mecanizado.

4.9.4. Sistemas de Drenaje, Lixiviados y Biogás

La prevención Barrera Primaria, es el diseño geotécnico protegiendo con sistemas de impermeabilización y capas de drenaje para captar el lixiviado antes de que percole hacia el subsuelo.

a. Sistema de Lixiviado.

Se diseño un sistema de captación de drenes de lixiviados en el interior de las plataformas, en todo lo largo al pie del talud, se captarán y conducirán a los lixiviados hacia la poza de captación, las trincheras serán impermeabilizadas con geomembranas de HPDE de 1.5 mm de espesor y protegidas con geotextiles; en su interior se construirán drenes que estarán constituidos por una capa de grava drenante y tuberías perforadas de PVC de 6" de diámetro con agujeros de ¾” en el fondo de cada celda, sobre la geomembrana de polietileno de alta densidad - HPDE de 1.5 mm., y una tubería de captación al final de la trinchera de diámetro 6”, hacia el pozo colector, la tubería estará protegida por una capa de grava de menor diámetro para evitar daños a la tubería.

En Camaná la época de lluvias solo es en enero, febrero, marzo y diciembre (WEATHER SPARK (s.f.)), y es poca la cantidad de descarga. La estimación de lixiviados se realizó mediante el método Suizo, para estimar la red de drenaje y almacenamiento, obteniéndose una generación promedio anual de 234.73 m³/año, conforme a la Fórmula 18, de aplicación del método Suizo. (Jorge Jaramillo 2002, pag. 115)

Lixiviado = Precipitación × Área × Coeficiente (Fórmula 18)

• Para rellenos débilmente compactados con peso específico de 0.4 a 0.7 ton/m3, se estima una producción de lixiviado entre 25 y 50% (K= 0.25 a 0.50) de la precipitación media anual correspondiente al área del relleno.

• Para rellenos fuertemente compactados con peso específico > 0.7 ton/m3, se estima una generación de lixiviado entre 15 y 25% (K= 0.15 a 0.25) de la precipitación media anual correspondiente al área del relleno.

- 1 m = 103 mm

Lixiviado enero = 10 mm/mes x 5,692 m² x 0.5 = 276.06 m³/mes = 9.20 m³/día

Lixiviado febrero = 14 mm/mes x 5,692 m² x 0.5 = 386.83 m³/mes = 13.81 m³/día

Lixiviado marzo = 5 mm/mes x 5,692 m² x 0.5 = 138.03 m³/mes = 4.60 m³/día

Lixiviado diciembre = 5 mm/ames x 5,692 m² x 0.5 = 138.03 m³/mes = 4.60 m³/día

El cálculo de la poza de almacenamiento y tratamiento de lixiviados se fundamenta en la ecuación de conservación de masa para el almacenamiento neto de la poza, bajo los criterios de diseño del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (CEPIS/OPS):

Parámetros Meteorológicos y de Diseño:

- Caudal de lixiviado (Q): 13.81 m3√día.
- Evaporación Potencial Anual (EV): 1,200 mm/año = 1.20 m/año.
- Precipitación Anual Máxima (P): 14 mm/año = 0.014 m/año.
- Factor de Seguridad (Fs): 1.20 Incremento del 20% por variabilidad climática estacional.

Volumen de lixiviado

La mayor cantidad posible del lixiviado generado se almacenará en una poza, aprovechando la alta tasa de evaporación del desierto. Al ser el área desértica tan eficiente evaporando líquidos, el lixiviado purgado de las celdas se reducirá de forma natural por radiación solar, disminuyendo significativamente los costos de tratamiento químico o recirculación; proyectando un volumen útil de 938.95 m^3, para soportar 180 días de almacenamiento preventivo durante los meses de menor radiación. Con un borde libre normativo de 0.50 m verticales para evitar desbordes por oleaje o vientos desérticos y se establece una altura útil estándar de h = 0.80 m para optimizar la acción de los rayos solares (a menor profundidad, mayor calentamiento y evaporación). El volumen de lixiviado se estima con la siguiente ecuación:

$$V = Q \times t$$

donde:

V = Volumen de lixiviado que será almacenado (m3)

Q = Caudal medio de lixiviado (m3/mes)

t = número máximo de meses con lluvias consecutivas (mes)

V = 234.74 m3 X 4 = 938.95 m3 de lixiviado

Area del sistema de almacenamiento y tratamiento para el lixiviado

Con el caudal obtenido se pueden calcular las dimensiones de la poza para el almacenamiento y tratamiento del lixiviado, tal como se indica en la siguiente ecuación. La poza tiene una altura de 1,30 m, una longitud de 27 m, como impermeabilidad se colocara geomembrana de HDPE de 1.5 mm.

$$V = l \times a \times h$$

donde:

a = V / l x h = 938.95 m3 / 27 m x 1.30 m = 27 m

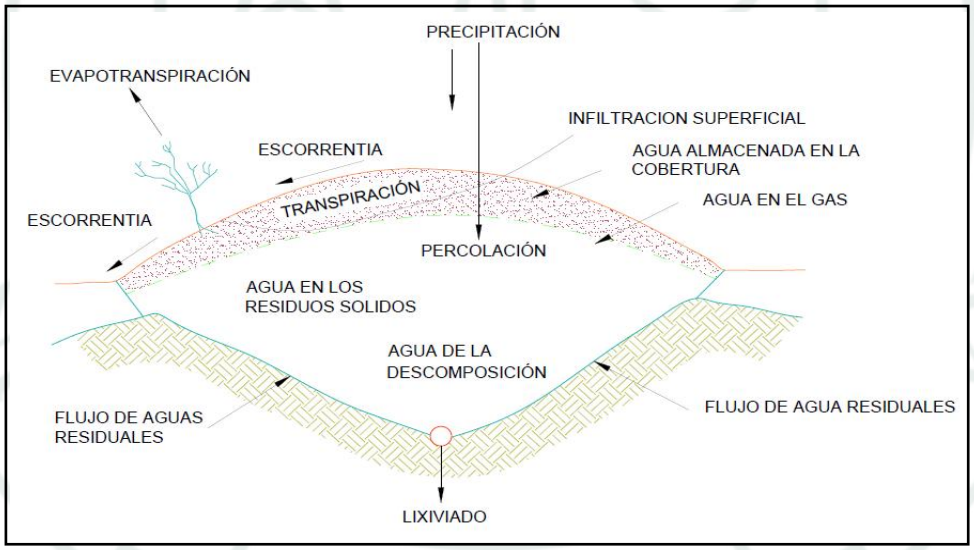
Area de poza = 729 m2

Otra alternativa de tratamiento de lixiviado es que podemos considerar trasladar el lixiviado a la PTAR (Planta de tratamiento de aguas residuales); evaluando si la planta de tratamiento sería capaz de tratar la cantidad y la calidad, como la carga orgánica adicional. También se podría recircular el lixiviado, cuando el relleno sanitario empieza a funcionar, el lixiviado contiene concentraciones relativamente altas de DBO, DQO, sólidos disueltos totales, metales pesados y nutrientes, la recirculación y el reciclaje del lixiviado atenúa estos constituyentes debido a la actividad biológica y a las reacciones físicas y químicas que se producen dentro del relleno sanitario. Las trincheras clausuradas tienen capas gruesas de residuos secos compactados que actúan como una "esponja gigante", esto retiene temporalmente el líquido en época de lluvias intensas y evita el desborde de la poza, permitiendo que el agua se evapore gradualmente cuando el clima se normalice.

Los componentes del balance hídrico y el detalle del sistema de captación se muestran en la Figura 47 y 48

Figura 47

Diversos componentes de un balance hidráulico para un relleno sanitario



Nota: Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario mecanizado.

El diagrama ilustra la aplicación del principio de conservación de la masa aplicado al flujo de fluidos dentro de la celda de disposición final. El sistema evalúa cuantitativamente el ingreso, almacenamiento y egreso de agua mediante la siguiente ecuación general de balance:

Lixiviado = Precipitación - Evapotranspiración - Escorrentía +/- Δ Almacenamiento + Agua de Reacción

Componentes Hidrológicos del Sistema

Variables de Entrada :

- Precipitación: Aporte pluvial bruto sobre la celda.
- Humedad inherente: Agua retenida en los residuos sólidos.
- Agua de descomposición: Líquido generado por degradación anaerobia.

Variables de Salida y Pérdidas :

- Evapotranspiración: Pérdida combinada por evaporación y plantas.
- Escorrentía superficial: Fracción pluvial evacuada por pendiente.
- Agua en el gas: Vapor saturado arrastrado por biogás.

Procesos de Tránsito Interno:

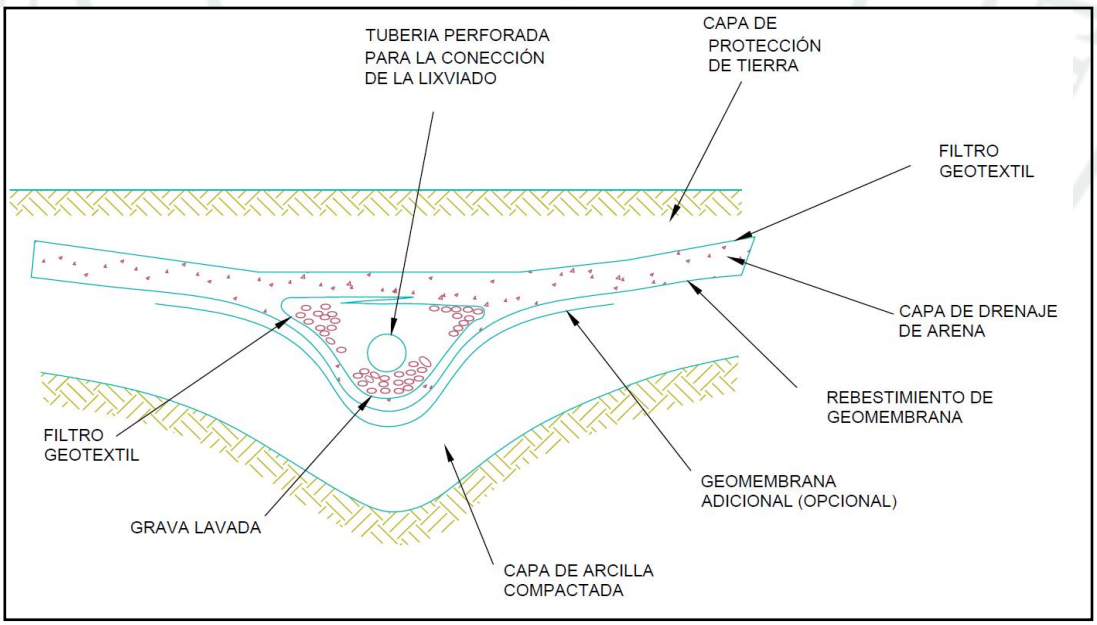
- Infiltración superficial: Agua que atraviesa la capa de cobertura.
- Agua almacenada: Retención líquida en la cobertura terrosa.
- Percolación: Flujo vertical descendente por gravedad elemental.

Resultado Neto del Balance:

- Lixiviado: Caudal libre acumulado en la base impermeabilizada.

Figura 48

Detalle de una tubería para colección de lixiviado



Nota: Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario mecanizado.

El diagrama ilustra el detalle constructivo del sistema de captación e impermeabilización basal para el control de lixiviados en un relleno sanitario mecanizado. El diseño se compone de un sistema multicapa dispuesto de la siguiente manera:

- Capa superior de protección: Conformada por suelo/tierra de cobertura que protege las capas inferiores.
- Sistema de filtración y drenaje: Un filtro geotextil que evita la colmatación, seguido de una capa de drenaje de arena y una sección de grava lavada que rodea el conducto principal.
- Conducto de captación: Una tubería perforada encargada de la recolección y evacuación del caudal libre acumulado de lixiviado.
- Barrera de impermeabilización: Compuesta por un revestimiento de geomembrana asentada sobre una base de arcilla compactada, garantizando el confinamiento seguro de los fluidos.

b. Sistema de Biogás.

El drenaje de gases está constituido por un sistema de ventilación de piedra y tubería perforada, revestida con piedra que funciona a manera de chimeneas , estas se construyen conectándolas a los drenajes de lixiviado que se encuentran en el fondo y se las proyecta hasta la superficie, a fin de lograr una mejor eficiencia en el drenaje de líquidos y gases.

Estas chimeneas se construyen verticalmente a medida que avanza el relleno, cada una tiene un diámetro de 0,50 metros y son instaladas cada 25 metros. Se colocan dos tubos de PVC 4", el primer tubo se perfora para facilitar la captación y el drenaje de gases; el segundo tubo, no será perforado para captar el gas metano y pueda ser quemado a la salida, y se eliminarán de paso los olores producidos por otros gases. Para la quema del metano, se recomienda la instalación de una caperuza metálica y un mechero se enciende el gas a la salida del tubo.

Determinación de la Capacidad Calorífica Específica (Cp)

Para modelados térmicos de la masa de residuos en descomposición, el Cp se estima combinando la fracción seca y la fracción de agua mediante la fórmula ponderada:

$$Cp = (1 - W).\ Cp,seco + W.\ Cp,agua$$

- Masa seca (1 - W): 28.67% (0.2867)
- Humedad (W): 71.33% (0.7133)
- Cp,agua: 4.184 kJ/kg.°C (1.0 kcal/kg.°C)
- Cp,seco promedio: 1.25 kJ/kg.°C (0.30 \kcal/kg.°C)

Cp = (0.2867 * 1.25) + (0.7133 * 4.184) = 3.34kJ/kg.°C, (0.80 cal/kg.°C)

El Poder Calorífico Inferior (PCI) neto de este residuo húmedo es bajo:

- Rango estimado: 800 - 1,100 kcal/kg (3.3 - 4.6 \ MJ/kg).
- Razón: La altísima humedad (71.33%) consume la mayor parte de la energía disponible solo en evaporar el agua interna.

Desglose del Carbono Orgánico Degradable (COD) - Metodología IPCC (2006) Vol. 5 - Desechos.

El IPCC utiliza el COD (Carbono Orgánico Degradable) para saber qué porcentaje de la basura realmente puede convertirse en gas. El residuo tiene un 50.27% de orgánicos y un 71.33% de humedad, el cálculo para residuos orgánicos individuales es:

COD = % de la fracción orgánica x Fracción de Carbono Orgánico en seco X (1 - Humedad)

Valores estándar del IPCC para residuos de alimentos / orgánicos rápidos:

- Fracción en peso de orgánicos: 50.27% = 0.5027
- Contenido de Carbono en la materia seca: El IPCC asigna un estándar de 43% (0.43) para residuos de alimentos.
- Contenido de humedad (W): 71.33% = 0.7133
- Materia seca (1 - W): 1 - 0.7133 = 0.2867

COD = 0.5027 X 0.43 X 0.2867 = **0.062 toneladas de COD** / tonelada de residuo

Solo el 6.2% del peso total de la basura húmeda es carbono con capacidad real de transformarse en metano.

Para el sistema de captación de biogás, se diseñó considerando el Modelo de Degradación de primer orden (FOD) del IPCC, con una estimación de producción de 121,874 m³ de metano/10 años, que equivale a 12,187.4 m³ de metano /año.

La metodología del IPCC para estimar las emisiones de CH4 provenientes de los Sitios de eliminación de residuos sólidos (SEDS), se basa en el Modelo de Degradación de primer orden (FOD). En este método se formula la hipótesis de que el componente orgánico degradable (Carbono orgánico degradable, COD) de los desechos se descompone lentamente a lo largo de unas pocas décadas, durante las cuales se forman el CH4 y el CO2, a continuación, se detalla el cálculo paso a paso siguiendo la metodología de Directrices del IPCC (2006), Vol. 5:

A. Estimación de la masa anual de residuos:

Masa anual = Vrs * densidad = 37,935.67 m³/año * 128.40 kg/m³

Masa anual = 4´870, 940.03 kg/año = 4,870.94 Mg/año

B. Determinación del Carbono Orgánico Degradable (DOC) valores por defecto del IPCC para clima tropical:

Fracción Orgánica (Alimentos): 50.27% = DOC = 0.15

Papel y Cartón: 4.66% + 4,24% = 8.90% = DOC = 0.40

Plásticos y otros inorgánicos: DOC = 0

DOC total = (0.5027 * 0.15) + (0.089 * 0.40) = 0.1110 TonC/ Tn residuos

C. Parámetros de degradación (k y DOCf)

- Constante de decaimiento (k): Para un clima seco (menor 1000 mm lluvia) y cálido (mayor 20°C), el IPCC sugiere valores bajos. Aplicando un promedio ponderado según la composición, se obtiene k = 0.06
- DOCf (Fracción de DOC que realmente se descompone): Se utiliza el valor estándar de 0.5
- F (Fracción de metano en biogás): 0.5

D. El Potencial de Generación de Metano (Lo)

Primero determinamos cuánto metano puede generar cada tonelada de residuo según su composición:

$$Lo = MCF * DOC * DOCf * F * 16/12$$

Donde:

- MCF (Factor de corrección de metano): 1.0
- DOC (Carbono Orgánico Degradable): Calculado como 0.1110 (según composición de 50.27% orgánicos y 8.9% papel/cartón).

- DOCf (Fracción que se degrada): 0.5 (valor por defecto IPCC).

- F (Fracción de CH_4 en el biogás): 0.5.

- 16/12: Factor de conversión de Carbono a Metano = 1.333

Lo = 1.0 *0.111* 0.5 * 0.5 * 1.333 = 0.03699 Mg CH4/Mg residuo

E. En volumen usaremos la densidad del metano = 0.667 kg/m³

Lo = 55.45 m³ CH4/Mg residuo

F. La Ecuación de Degradación de Primer Orden (FOD)

La producción de metano al ser una masa constante anual la formula se simplifica mediante una serie geométrica para el flujo de metano en 10 años:

$Q\ CH4_{10} = M\ .\ Lo\ .\ (1 - e^{-k.t})$

Masa anual (M): 4,870.94 Mg

Lo en masa: 0.03699 Mg CH4/Mg

Factor de decaimiento: (1 - e ^-0.06.10) = (1 - 0.5488) = 0.4512, entonces:

Q CH4 (10años) = 4,870.94 * 0.03699 * 0.4512 = 81.29 Mg de CH4 al año 10

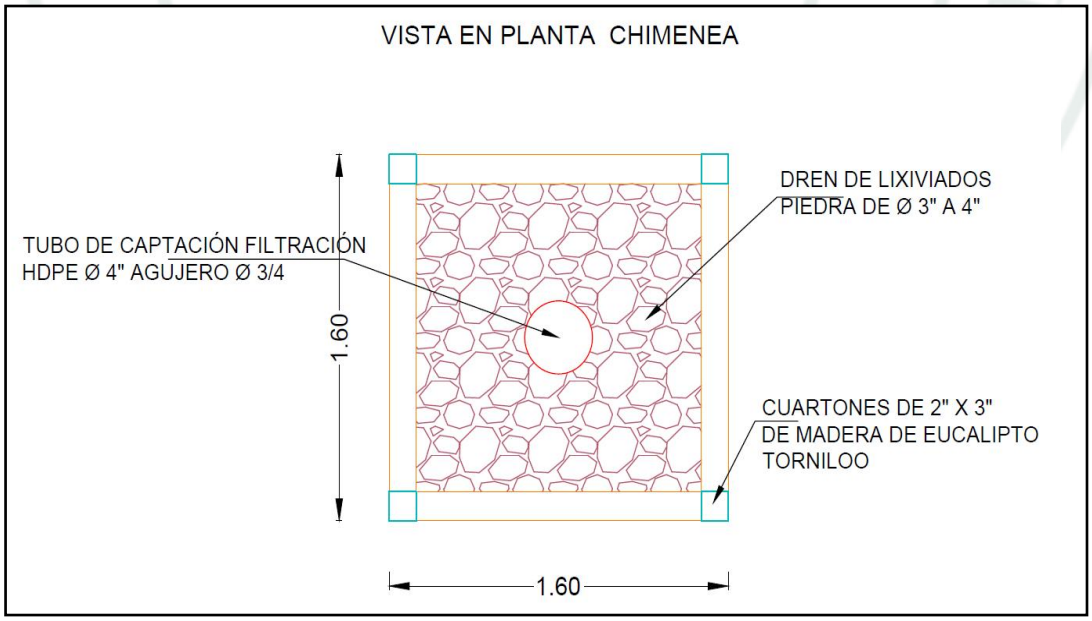
Convirtiendo en volumen: ρ CH4 = 0.667 kg/m³ o 0.000667 Mg/m³

$$V = \frac{81.29\ Mg}{0.000667\ Mg/m^3} = 121{,}874.06\ m^3/10\ años$$

Las estructuras propuestas se ilustran en la Figura 49 y la Figura 50.

Figura 49

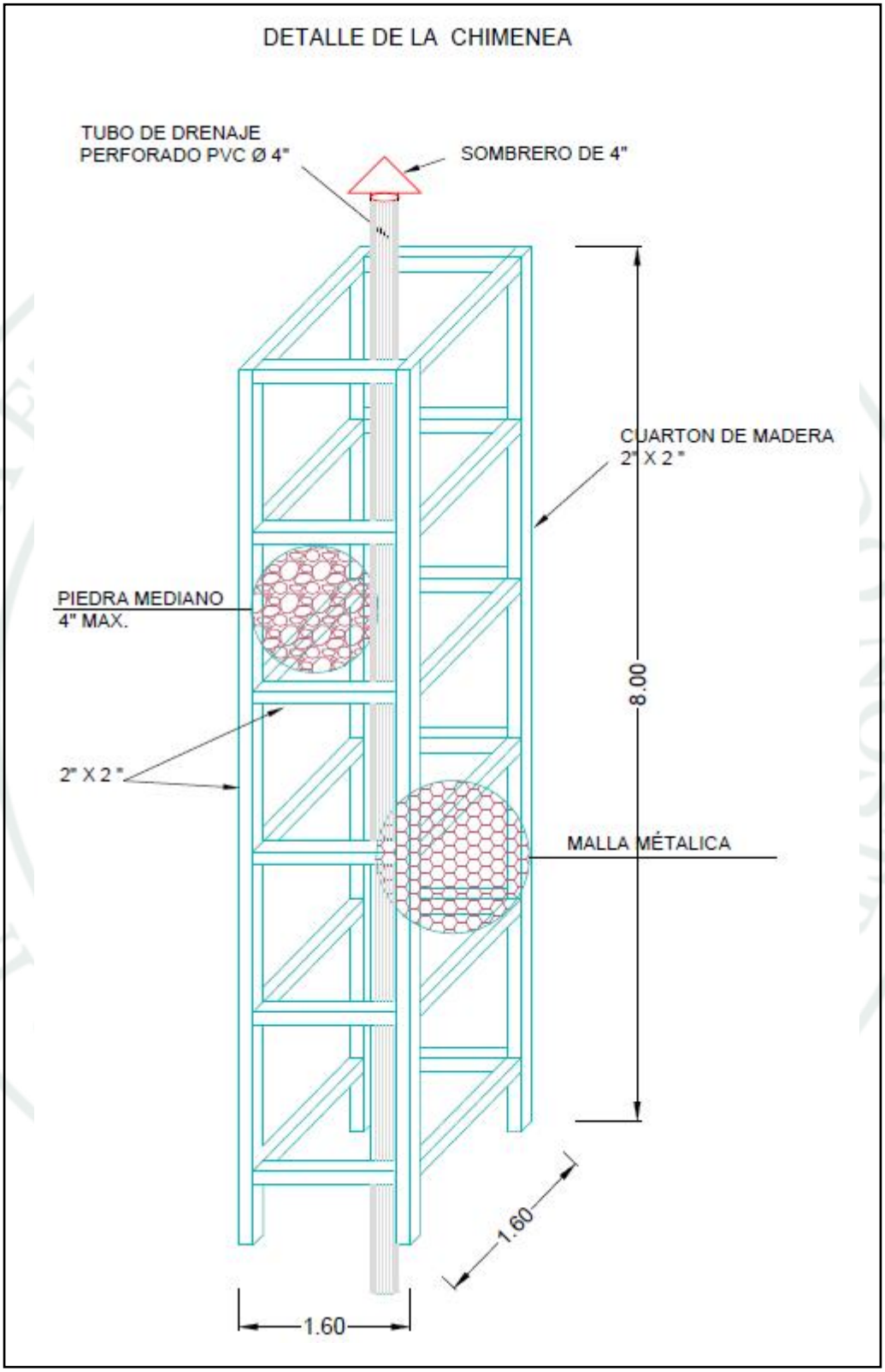
Vista en planta chimenea



Nota: Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario mecanizado.

Figura 50

Detalle de Chimenea

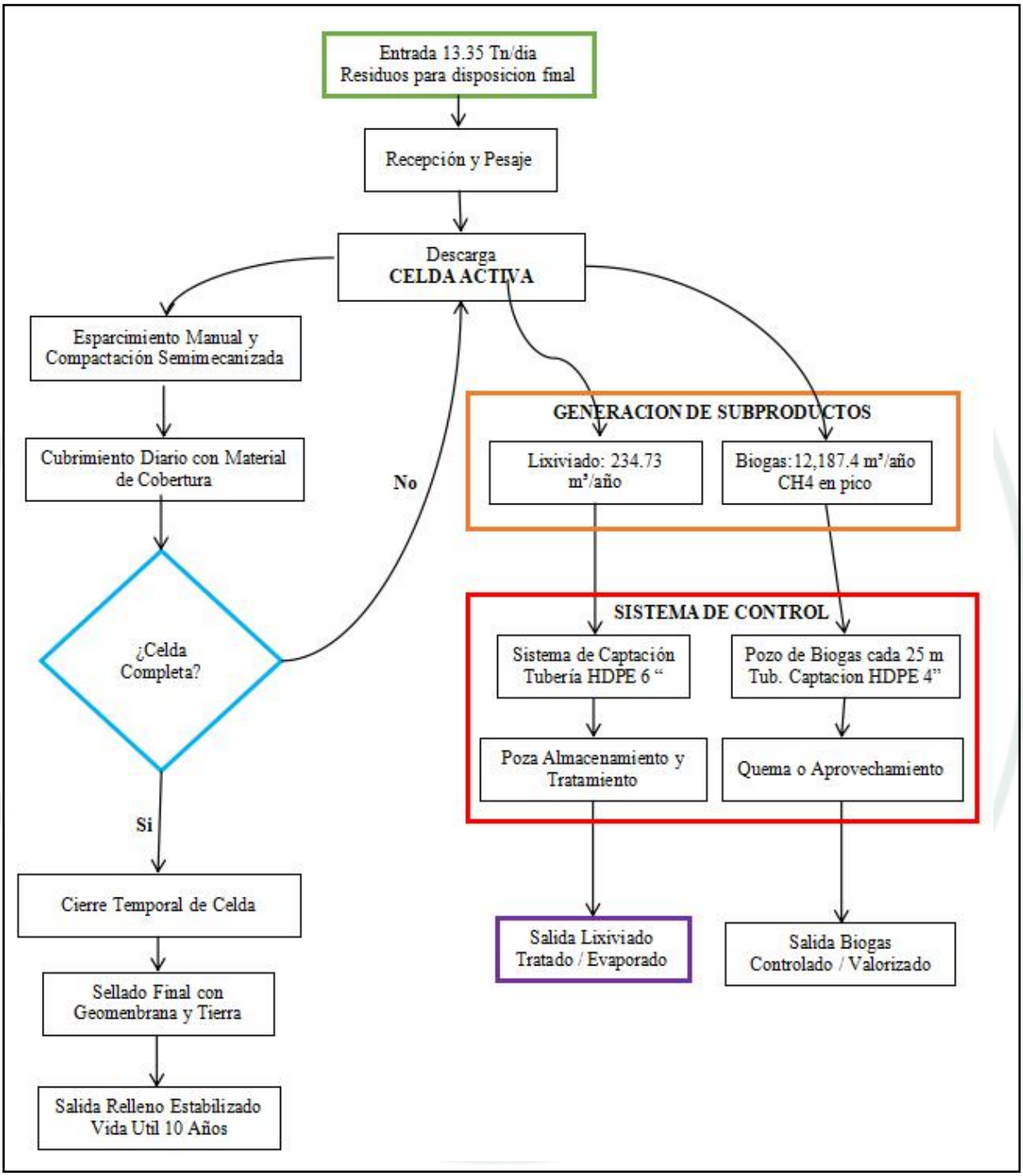


Nota: Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario mecanizado.

La secuencia general del proceso se resume en la Figura 51.

Figura 51

Flujograma de propuesta de relleno sanitario



Nota: Elaboración propia.

4.10. Dimensionamiento de la planta de compostaje.

Según las encuestas realizadas de generación de residuos sólidos a la población de Camaná, el 93%, está de acuerdo en recibir orientación para reducir la cantidad de

residuos que se produce, el 76% está dispuesto(a) a participar en campañas municipales para mejorar la gestión de residuos y el 95% está de acuerdo en contar con una planta de reciclaje en la provincia para reducir impactos.

Adoptar estos hábitos no solo contribuye a un mejor aprovechamiento de las capacidades de las plantas de reciclaje, sino que también promueve una conciencia ambiental en la comunidad.

Las dimensiones de la planta se determinaran mediante el cálculo según Tchobanoglous:

4.10.1. Dimensionamiento planta de compostaje.

Pasos para calcular el área de la plataforma, se organizan en cuatro grupos principales:

A. Volumen total de materia prima a compostar.
B. Area ocupada únicamente por las pilas.
C. Area de maniobra
D. Area total de la plataforma.

A. Volumen total de materia prima.

Volumen total de materia prima en m^3

El diseño de la planta de reciclaje se fundamentó en que el 50.27% de los residuos municipales son orgánicos, lo que equivale a 6,708.55 kg/día. Con una densidad de 450 kg/m^3 (Según Tchobanoglous, 2002, para residuos municipales triturados), lo que nos resulta un volumen de 14.91 m^3/día, para el dimensionamiento de la planta de compostaje.

B. Area ocupada únicamente por las pilas.

Se calcula de la siguiente manera (Tchobanoglous, 2002, Cap. 12-16):

1. Volumen de material a compostar = 14.91 m^3/día
2. Periodo de compostaje (tiempo de retención) = 50 días
3. Volumen total de material en plataforma = 50 días×14.91 m^3/día = 745.39 m^3
4. Dimensiones de la pila: largo = 51 m, alto = 1.30 m y ancho = 2.50 m
5. Volumen de la pila: $V = 2/3 \times (1.3 \times 2.50) \times 51 = 110.50$ m^3
6. Número de pilas = volumen total de material / volumen de la pila 745.39/110.50 = 7
7. Distancia entre pilas = 5.50 m

8. Espacio alrededor del perímetro del área de compostaje = 2 m

9. Longitud del área de compostaje = longitud de la pila + espacio del perímetro = 51 m + 2(2) = 55 m

10. Ancho del área de compostaje = ancho de las pilas + distancia entre pilas + espacio del perímetro = (2.5 × 7) + (2 × 5.5) + (2 × 2) = 18 + 11+ 4 = 33 m

11. Área requerida para pilas = largo × ancho = 55 × 33 = 1,815 m²

C. Area de curado, cribado y maniobra

Se calcula de la siguiente manera (Tchobanoglous, 2002, Cap. 12-18):

12. Area de curado o maduración = 13% del área de compostaje = 231 m2

13 Area de cribado, almacenamiento final = 33% del área de compostaje = 594 m2.

D . Area total de la plataforma.

Area Total de Plataforma de compostaje= 1,815 + 231 + 594 = 2,640 m2.

Area Total de la Plataforma de Compostaje (Tabla N.º 83). Distribución espacial y el diseño final del Esquema de pilas de planta de compostaje se ilustran en la Figura 50 y el Diseño de la planta de compostaje, en la Figura 52.

Resultado de ancho total de pilas (Tabla 84), Resultado de longitud de pilas (Tabla 85), Resultados de la longitud total (Tabla 86), Resultado del área total de la planta de compostaje (Tabla 87).

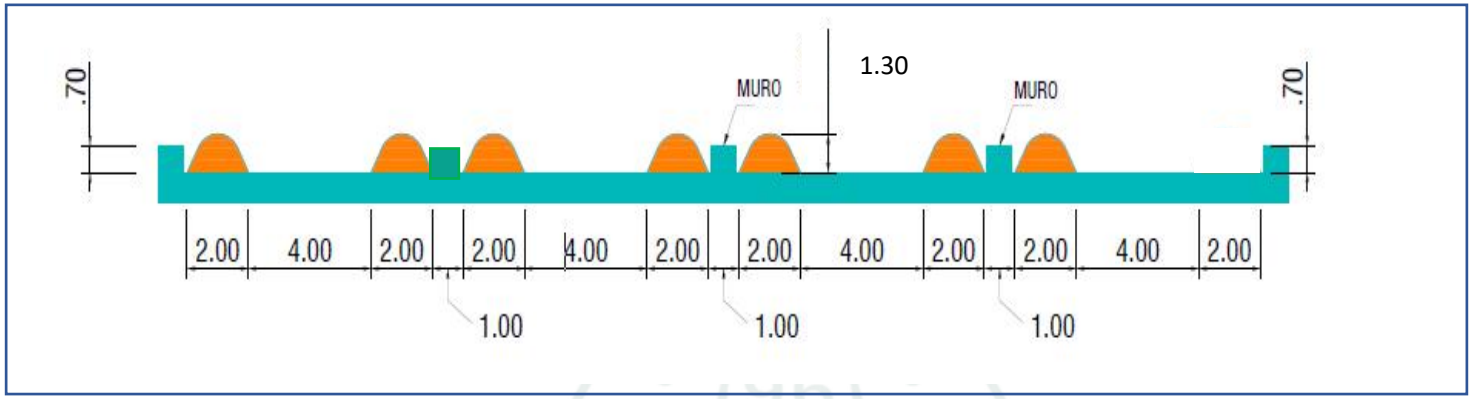
Tabla 83

Area Total de Plataforma de compostaje

Generación Municipal (Kg/día)	Generación Orgánica (50.27%) Kg/día	Volumen total de material en la plataforma m3/día	Volumen total de material en la plataforma m3	Volumen de la pila m3	Numero de pilas	Longitud del área de compostaje m	Ancho del área de compostaje m	Area requerida m"	Area de Maduración 13%	Area de Cribado y Almacenamiento 33%	Area Total m2
13,345.04	6708.55	14.91	745.39	110.50	7	55.00	33.00	1815.23	231.08	594.03	2640

Figura 52

Esquema de pilas de planta de compostaje



Nota: Elaboración propia

Anexo 11-J: Vista lateral en 3D de la planta de compostaje y Trincheras

Anexo 11-K: Vista lateral en 3D de la planta de compostaje.

Tabla 84

Resultado de ancho total de pilas

Ancho de la pila (m)	Altura de la pila (m)	Numero de pilas	Distancia mayor entre pilas (m)	Distancia menor entre pilas (m)	Distancia entre pilas y pared (m)	Ancho Total (m)
2.00	1.30	7	4.00	1.00	2.0	**33.00**

Nota: Elaboración propia

Tabla 85

Resultados de longitud de pilas

Longitud de la pila de la 1era. Celda "A" (m)	Longitud de la pila de la 2da. Celda "B" (m)	Longitud de la pila de la 3era. Celda "C" (m)	Longitud de la pila de la 4ta. Celda "D" (m)	Distancia entre pilas y pared (m)	Distancia entre pilas (m)
15	12	10	8	2.00	2.0

Nota: Elaboración propia

Tabla 86

Resultados de la longitud total

Longitud del área de pilas (m)	Longitud del área del curado (m)	Longitud del área de almacenamiento (m)	Longitud total (m)
55.00	7.00	18.00	**80.00**

Nota: Elaboración propia

Tabla 87

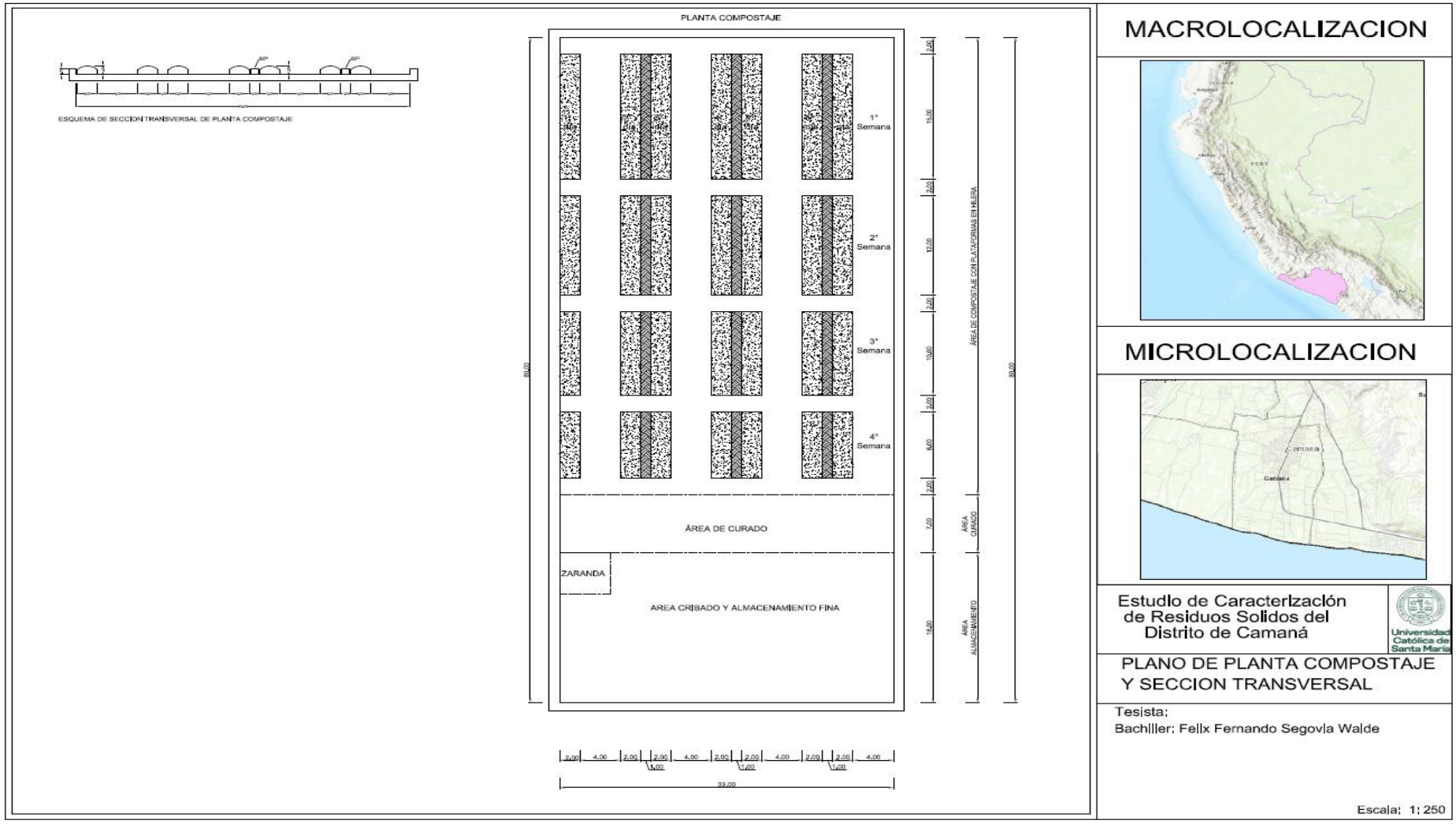
Resultado del área total de la planta de compostaje

Longitud Total (m)	Ancho Total (m)	Area Total (m2)
80.00	33.00	**2,640.00**

Nota: Elaboración propia

Figura 53

Diseño de la planta de compostaje



Nota: Elaboración propia.

4.10.2. Beneficios de Economía Circular.

La economía circular identifica potenciales beneficios ambientales, sociales y económicos, asociados a un aumento significativo de la valorización de residuos orgánicos:

Ambientales:

a) Reducción de demanda de fertilizantes sintéticos, a través del uso de productos orgánicos para mejorar el suelo y la producción agrícola.
b) Mejoramiento de suelos degradados y en zonas áridas, pobres en materia orgánica, permitiendo implementar nuevas áreas verdes de esparcimiento

Sociales:

a) Mejores condiciones para el trabajo de recolectores y recicladores de residuos, considerando que los materiales de interés se encontrarán más limpios, impactando positivamente, en el cumplimiento de la meta de valorización, como consecuencia de una buena separación en origen de los residuos orgánicos.
b) Crear una generación con más conciencia ambiental.

Económicos:

a) Crear nuevas fuentes de trabajo y de emprendimiento existentes asociados a la gestión de residuos orgánicos.
b) Reducción de costos en el manejo de residuos orgánicos en el relleno sanitario.

4.11. Dimensionamiento planta de reciclaje inorgánicos.

4.11.1. Dimensionamiento planta.

La proyección de la demanda del servicio de aprovechamiento de residuos sólidos inorgánicos se estimó a partir de la generación total de residuos sólidos municipales, la cual alcanza un valor de 13.35 toneladas/día, de las cuales el 24.73 % corresponde a residuos sólidos reciclables inorgánicos. En función de este se determinó una demanda diaria de 3.30 toneladas por día de residuos inorgánicos aprovechables.

Los plásticos, que representan 1.50 toneladas por día (11.22 % del total), estarán conformados principalmente por PET, PEAD, PEBD y PP; estos materiales

serán clasificados por tipo, limpiados y compactados en fardos para su posterior comercialización.

El papel y cartón, con una generación de 1.19 toneladas por día (8.90 %), serán separados por calidades y compactados para su envío a la industria del reciclaje.

El vidrio, con 0.18 toneladas por día (1.35 %), y los metales, con 0.35 toneladas por día (2.68 %), serán acopiados de manera diferenciada y destinados a fundiciones de envases.

Finalmente, otros materiales como tetra brick, textiles, caucho, cuero y jebe, que alcanzan 0.08 toneladas por día (0.58 %), serán destinados a mercados específicos del reciclaje y a fábricas especializadas.

La proyección anual de la demanda del servicio de aprovechamiento de residuos sólidos reciclables inorgánicos para el periodo 2024–2034 se presenta en la Tabla 88, donde se muestra la evolución de la generación municipal, la cantidad de residuos reciclables y su equivalente diario.

Tabla 88

Proyección de la demanda de residuos sólidos reciclables inorgánicos

Año	Generación Municipal (kg/año)	Generación Municipal (Tn/año)	Residuos sólidos reciclables Tn/año (24.73%)	Residuos sólidos reciclables Tn/dia
2024	13,345.04	4,870.94	1204.58	3.30
2025	13,345.79	4,871.21	1204.65	3.30
2026	13,346.47	4,871.46	1204.71	3.30
2027	13,347.14	4,871.71	1204.77	3.30
2028	13,347.82	4,871.95	1204.83	3.30
2029	13,348.50	4,872.20	1204.90	3.30
2030	13,349.17	4,872.45	1204.96	3.30
2031	13,349.85	4,872.69	1205.02	3.30
2032	13,350.53	4,872.94	1205.08	3.30
2033	13,351.20	4,873.19	1205.14	3.30
2034	13,351.88	4,873.44	1205.20	3.30

Nota: Elaboración propia.

4.11.2. Cálculo de dimensiones de la planta de reciclaje

El cálculo de las dimensiones de la planta de reciclaje se realizó considerando la cantidad de residuos sólidos recepcionados diariamente, la capacidad de diseño del sistema de reciclaje y la proporción correspondiente a la fracción inorgánica reciclable, aplicando los principios de G. Tchobanoglous 2002, ya que sus métodos son conservadores y con validez internacional, según:

1. Cálculo de la Capacidad de Diseño (Qd)

Tchobanoglous sugiere usar un factor de fluctuación de 1.25:

Qd =3.30 Tn/día × 1.25=4.13 Tn/día

La planta procesara 0.52 toneladas por hora (4.13/8 horas).

2. Área de Recepción y Descarga

La densidad típica para RSM es de 250 kg/m3 o 0.25 Tn/m3, (Tchobanoglou), entonces el volumen de recepción es:

Volumen necesario: 4.13 Tn / 0.25 Tn/m3 = 16.52 m3.

Aplicando el factor de maniobra de camiones (multiplicar por 3) se requiere un área de 50 m2, que sería el área de recepción.

3. **Línea de Clasificación (Transportador de banda)**

Este es el corazón de la planta, según Tchobanoglous estima que un operario clasifica eficientemente 300 kg/h en promedio.

Número de operarios: 520 kg/h / 300 kg/operario = 1.73 ≈ 2 personas.

Largo de la banda: Cada operario necesita un espacio de 3 metros lineales, entonces:

2 operarios X 3 m = 6.00 m de largo lineal.

Ancho de la nave: la banda 1.50 m, los pasillos de operarios 3.00 m a cada lado y el espacio para los contenedores 4.00 m, el ancho total es: 8.50 m.

El área total de la línea de Clasificación es : 6 X 8.50 = 51 m2

4. Área de Compactación y Empacado.

Una vez clasificado los material se prensa. Una prensa ocupa 15 m2, según Tchobanoglous recomienda dejar espacio para la alimentación y retiro de pacas, se considerara 10 m2 más, además se considerara una picadora de PVC que ocupa también 15 m2.

El Area de compactación es: 25 X 2 = 50 m2.

5. Almacenamiento de Producto Recuperado

Si el camión recolector de materiales reciclables pasa cada 2 meses, se debe almacenar el 25% de tu flujo diario que es estimado de recuperación, durante 20 días.

Toneladas recuperadas por semana: 3.30 tn/día X 25% X 20 día = 16.50 Tn/día.

Volumen en pacas (Densidad 0.5 tn/m3): 16.50 / 0.5 = 33.00 m3/día.

Las pacas tienen una altura de 1 m, lo que equivale a un área: 33.00 m2.

Área Total con pasillos y para maniobra o montacargas: Multiplicar por 2.5:

Area total: 33.00 X 2.5 = 82.50 m2 ≈ 90 m2.

En la Tabla 89 se detallan los parámetros técnicos empleados para el dimensionamiento del área de clasificación manual, incluyendo el peso específico de los residuos, el espesor de la capa, el periodo de trabajo diario y el área requerida para las operaciones.

Tabla 89

Cálculo de dimensiones de la planta de reciclaje inorgánicos

Residuos sólidos reciclables Tn/día	Cantidad de residuos recepcionados (factor de fluctuación 1.25) tn/día	Cantidad para procesar por hora (Tn)	Volumen recepcionado (Densidad RSM 0.25 Tn/m3) (m3/d)	(3) Área de recepción (factor de maniobra camiones X 3) m2	Cantidad de operarios (300 Kg/hora)	Area de línea de clasificación (Nave) m2	Area compactación y pacas m2	Almacén de productos terminados				Área Total Necesaria para el Área de clasificación manual (m2)
								Toneladas recuperadas por semana Tn	Volumen en pacas (Densidad 0.5 Tn/m3) m2	Área Total con pasillos para montacargas (X 2.5) m2	Área de rechazo (basura no reciclable) (30%) m2	
3.3	4.13	0.52	16.50	50	2	50	50	7	14	52	16	200

Nota: Elaboración propia.

A partir de los resultados obtenidos, se determinó el área total necesaria para la planta de reciclaje, considerando tanto el área operativa como los espacios destinados al tránsito de vehículos y otras actividades complementarias. La Tabla 90 presenta el área total requerida, así como las dimensiones del área de clasificación manual y del área de segregación mecánica.

Tabla 90

Área total de la planta de reciclaje.

Zona	Área Calculada (m2)
Balanza	90
Recepción de material	50
Nave de Procesamiento (Banda + Prensa)	100
Pasillos y Maniobras de Maquinaria	100
Almacén de productos recuperados	90
Despacho Materiales reciclados	60
TOTAL TERRENO REQUERIDO	490

Nota:Elaboración propia.

Tabla 91

Área total de la planta de reciclaje inorgánicos

Dimensiones del Área de Balanza (m2)	**Dimensión de Área total Recepción de RSU (m2)**	**Dimensión del Área de Nave procesamiento y pasillos y maniobras (m2)**	**Dimensiones del Área de Almacén (m2)**	**Dimensiones del Área de despacho materiales reciclados (m2**	**Area Total m2**
6 X 15 = 90	10 X 5 = 50	10 X 20 = 200	6 X 15 = 90	4 X 15 = 60	490

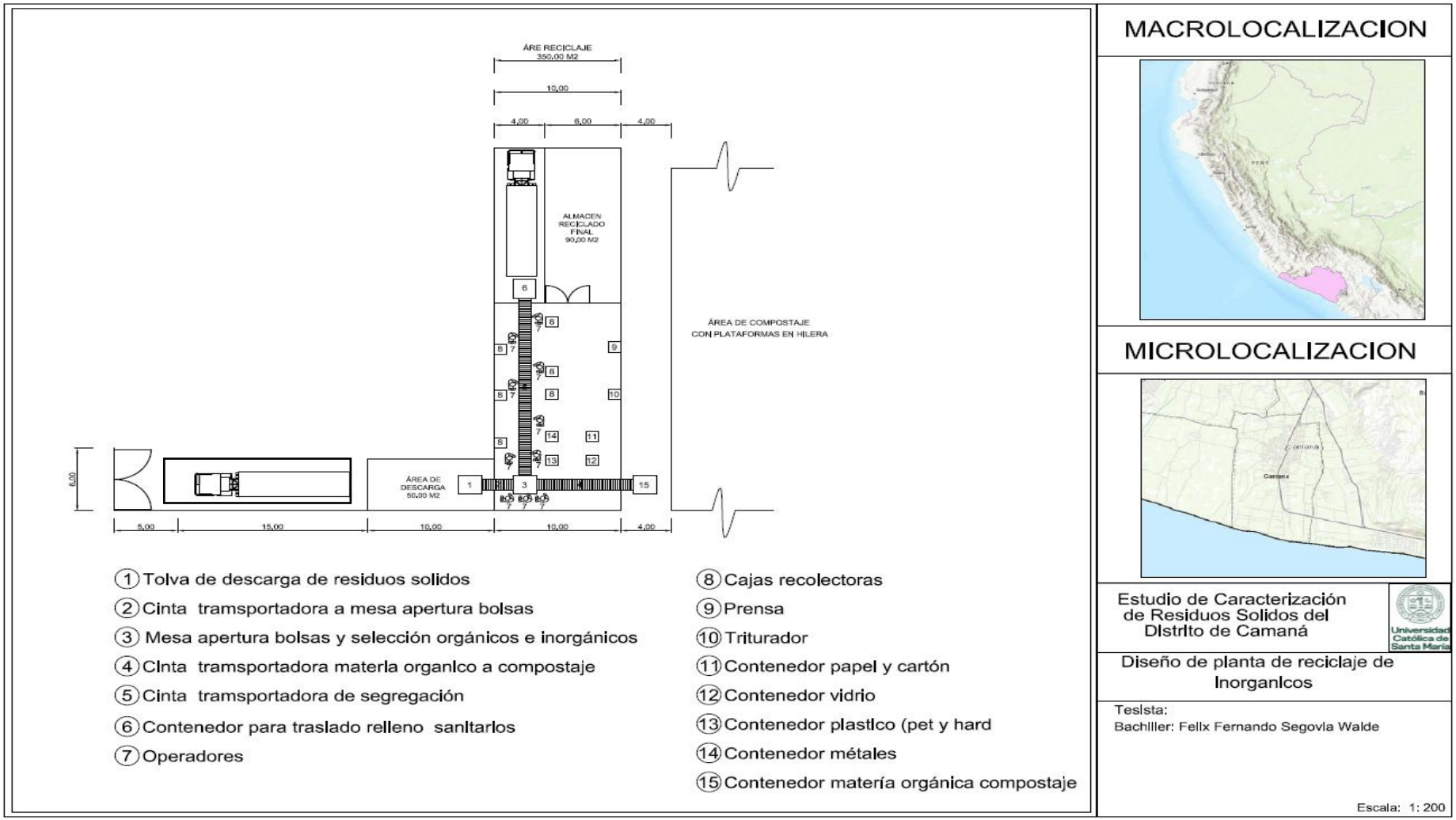
Nota: Elaboración propia.

El diseño general de la planta de reciclaje de residuos sólidos inorgánicos se presenta en la Figura 54, donde se identifican las áreas funcionales destinadas a la recepción, clasificación, segregación y almacenamiento de los materiales reciclables.

Anexo 11-L: Vista aérea en 3D aérea de la planta de reciclaje.

Figura 54

Diseño de planta de reciclaje de inorgánicos.



Nota: Elaboración propia

4.12. Área y dimensionamiento de las Plantas de Reciclaje

Considerando las operaciones de recepción, clasificación manual y/o mecánica, acopio temporal, compactación y las zonas específicas para el compostaje mediante pilas, se estimó un área requerida de 3,130 m² para la planta de reciclaje y compostaje. Este dimensionamiento es coherente con proyectos análogos desarrollados en el Perú, como los propuestos por Gamonal (2020), Olmos y Villanueva (2022), los cuales integran procesos de valorización dentro de la infraestructura de disposición final.

La superficie total asignada de 3,130 m² para la planta de reciclaje y compostaje fue determinada mediante un análisis técnico que consideró la capacidad de procesamiento requerida y los estándares establecidos en la normativa peruana. De acuerdo con los datos de caracterización de residuos, la planta debe procesar 13.35 toneladas diarias de residuos sólidos municipales, de las cuales 6.71 toneladas corresponden a residuos orgánicos y 3.30 toneladas a residuos inorgánicos. Esta capacidad se calculó aplicando factores técnicos recomendados por el Ministerio del Ambiente del Perú (MINAM, 2023) para plantas de valorización de mediana escala.

Para la zona de compostaje se asignaron 2,640 m², considerando una relación de 393 m² por tonelada diaria de residuos orgánicos, lo que permite cubrir las necesidades de espacio para las etapas de esparcimiento, curado, maduración, refinamiento, cernido, maniobras y almacenamiento. Por su parte, la zona de clasificación y procesamiento de residuos inorgánicos requirió un área de 490 m², aplicando un factor de 148 m² por tonelada diaria, adecuado para las operaciones de segregación, maniobra, almacenamiento y acondicionamiento.

4.13. Area Administrativa.

Las instalaciones del relleno sanitario están conformadas por infraestructuras destinadas a garantizar un adecuado manejo de los residuos sólidos, así como condiciones de seguridad y comodidad para los trabajadores. Estas constan de:

Cerco perimetral, permite:

- Mantener fuera a personas, así como perros y animales grandes, ajenas al sitio
- Aislar visualmente el relleno sanitario
- Delimitar la línea de propiedad y mantener un orden y seguridad.
- Ayudar a controlar los residuos sólidos desparramados por el viento.

Área de amortiguamiento y protección

El área de amortiguamiento deberá diseñarse y construirse en el espacio perimetral que fluctúe en 15 m. Esta franja deberá estar forestada con especies vegetales que reduzcan la salida de polvo, ruido, y materiales ligeros durante la operación, además impedirán que los transeúntes vean los residuos sólidos y la operación en sí del relleno. Se recomiendan el pino, eucalipto, laurel.

Caseta de control

La construcción de una caseta es importante para ser usada como control de ingreso, a fin de que el supervisor lleve el registro de las actividades, con un área de 12.00 m², destinada al control de seguridad.

Instalaciones sanitarias y eléctricas

El relleno sanitario debe contar con los servicios de saneamiento básico y las instalaciones eléctricas, para el bienestar a los trabajadores. La energía electrifica se empleará para la iluminación, mantenimiento y la reparación de equipos. El agua debe estar disponible para bebida, control de incendios, control de polvo y saneamiento de los empleados; el diseño contempla un sistema indirecto convencional compuesto por un tanque cisterna, bomba y tanque elevado.

Zona de balanza.

Para un control, es necesario tener una balanza para conocer cantidades gravimétricas y volumétricas de los residuos sólidos entregados en el sitio de disposición final y en las estrategias de relleno sanitario, así como en el control de la operación del relleno sanitario y de reciclaje.

Oficinas administrativa y vestuarios

La construcción de una oficina administrativa facilita en mantener un registro y la realización de las actividades administrativas. Vestuarios para el confort y aseo de los trabajadores, deberá contar con previsiones para detectar, controlar y prevenir de la acumulación del gas.

Instalaciones para el mantenimiento de vehículos

Se dispondrá de una zona para mantenimiento mecánico y lavado de las unidades se refiere a la limpieza general de compactadoras, camiones y equipo empleado en el relleno sanitario, contando con: 01 tanque de agua potable, bomba para esparcir el agua a presión y un área de lavado con control de la escorrentía. Este se realizara en una superficie pavimentada para evitar la formación de lodo y debe tener bordes o bermas para desviar la escorrentía hacia un pozo colector.

Patio de maniobras.

Se contara con una zona de alrededor de 200 metros cuadrados (10 x 20) para que el(los) vehículo(s) recolector(es) pueda(n) maniobrar, trasladar, descargar la basura en el frente de trabajo, y puedan maniobrar fácilmente.

Planta de tratamiento de aguas residuales PTAR.

En ella trataremos las aguas residuales generadas por actividades domésticas, industriales y posible los lixiviados, antes de su descarga o reutilización. Este es un requisito normativo y al mismo tiempo, una decisión estratégica para asegurar la continuidad operativa, reducir riesgos ambientales y optimizar el uso del recurso hídrico, estará compuesto por una trampa de sólidos, un tanque reactor con filtro percolador anaerobio, una cámara de lodos activados con lecho fluidizado, una cámara de decantación secundaria y una cámara de estabilización y bombeo, complementado con un sistema de desinfección por luz ultravioleta. El agua tratada será reutilizada para el riego de áreas verdes mediante un sistema de goteo.

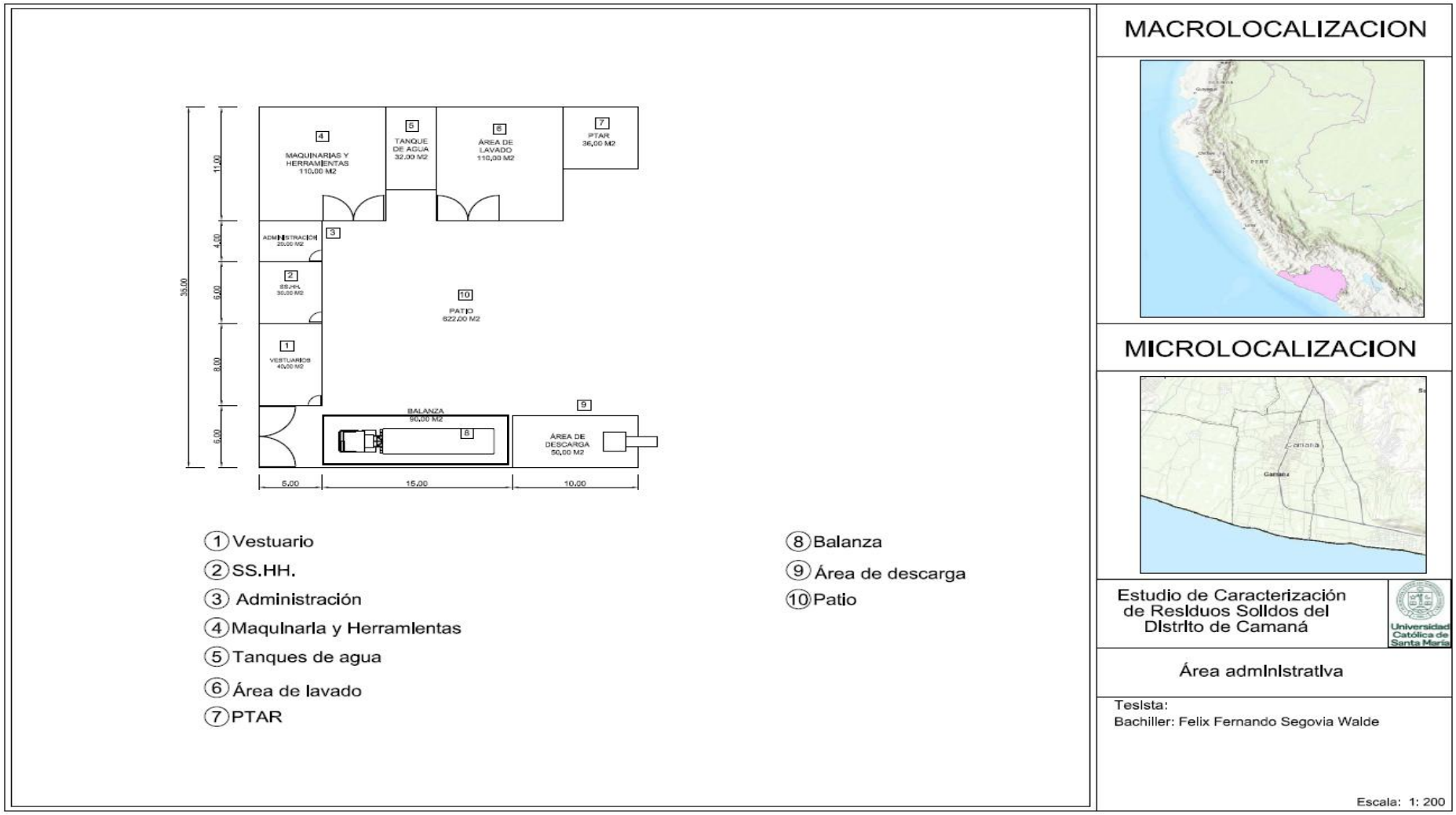
Los accesos a la infraestructura serán a nivel de afirmado, realizándose una estabilización con cal para el control del polvo. El área administrativa general tiene un área de 910 m2, comprende un área de estacionamiento, oficina administrativa, vestuarios, comedor, servicios higiénicos, almacén de maquinarias y herramientas, tanque de agua, área de lavado y área de PTAR.

El área Total del Relleno sanitario y la planta de valorización cuenta con aproximadamente 85,433 m² (8.54 Ha), dentro de los cuales se incluye: Relleno sanitario de 81,393 m², una planta de compostaje de 2,640 m², una planta de reciclaje de 490 m², diseñadas con columnas y techo metálico y un área de administración y amortiguamiento de 910 m².

La secuencia operativa del área administrativa del relleno sanitario se muestra en la Figura 55.

Figura 55

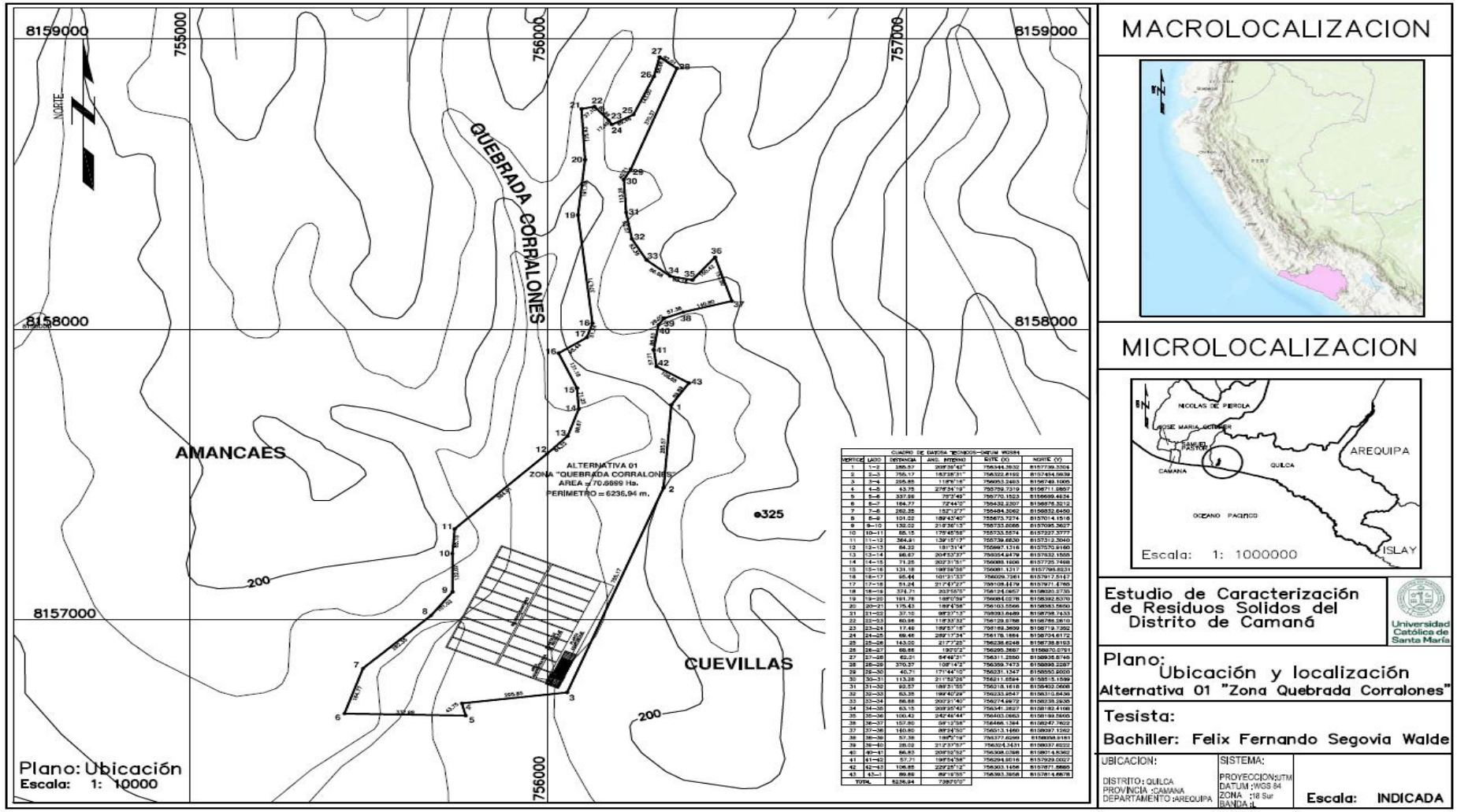
Area administrativa del relleno sanitario.



Nota: Elaboración propia

Figura 56

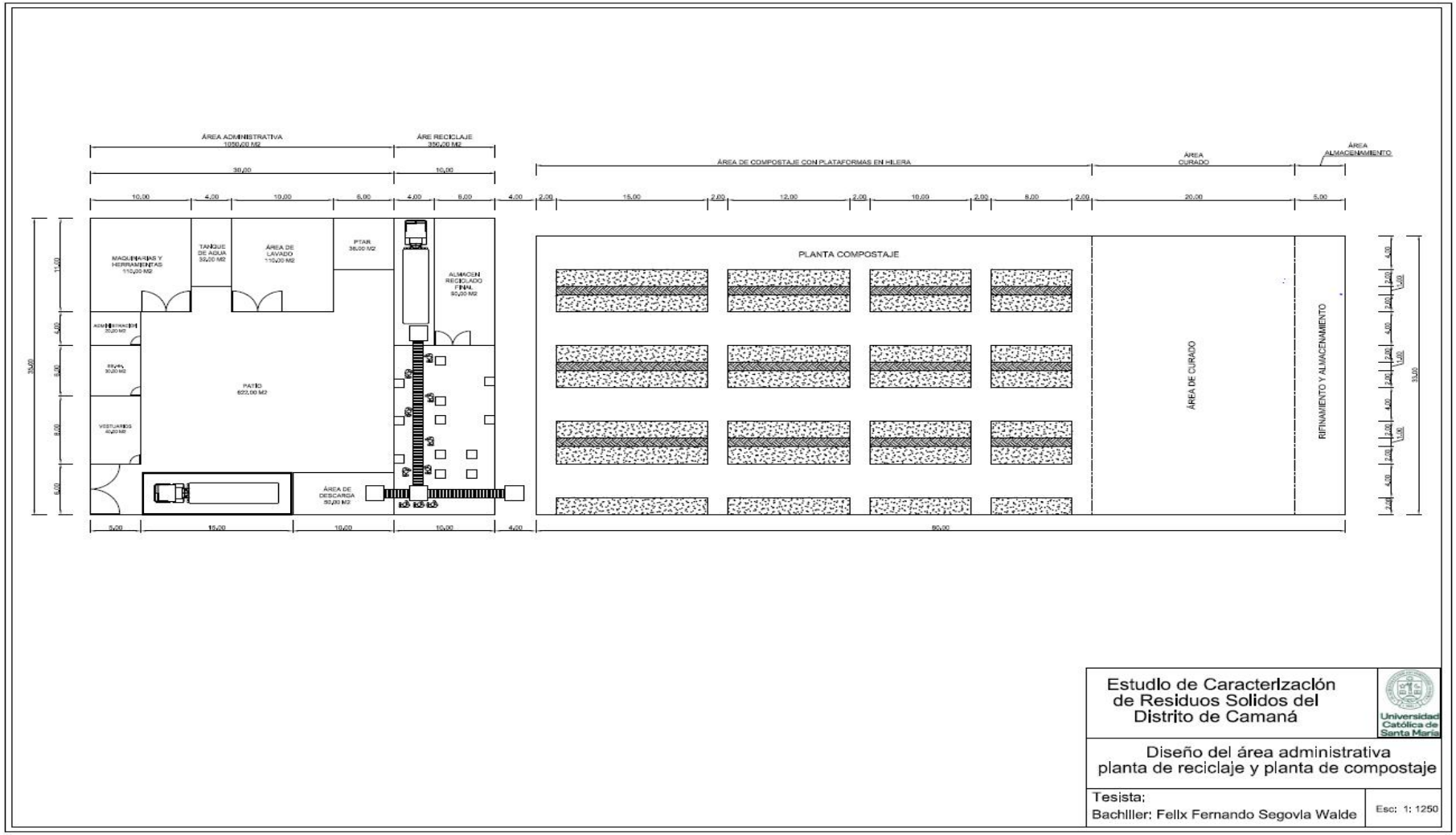
Ubicación de relleno sanitario en mapa de zona Qda. Corralones.



Nota: Elaboración propia

Figura 57

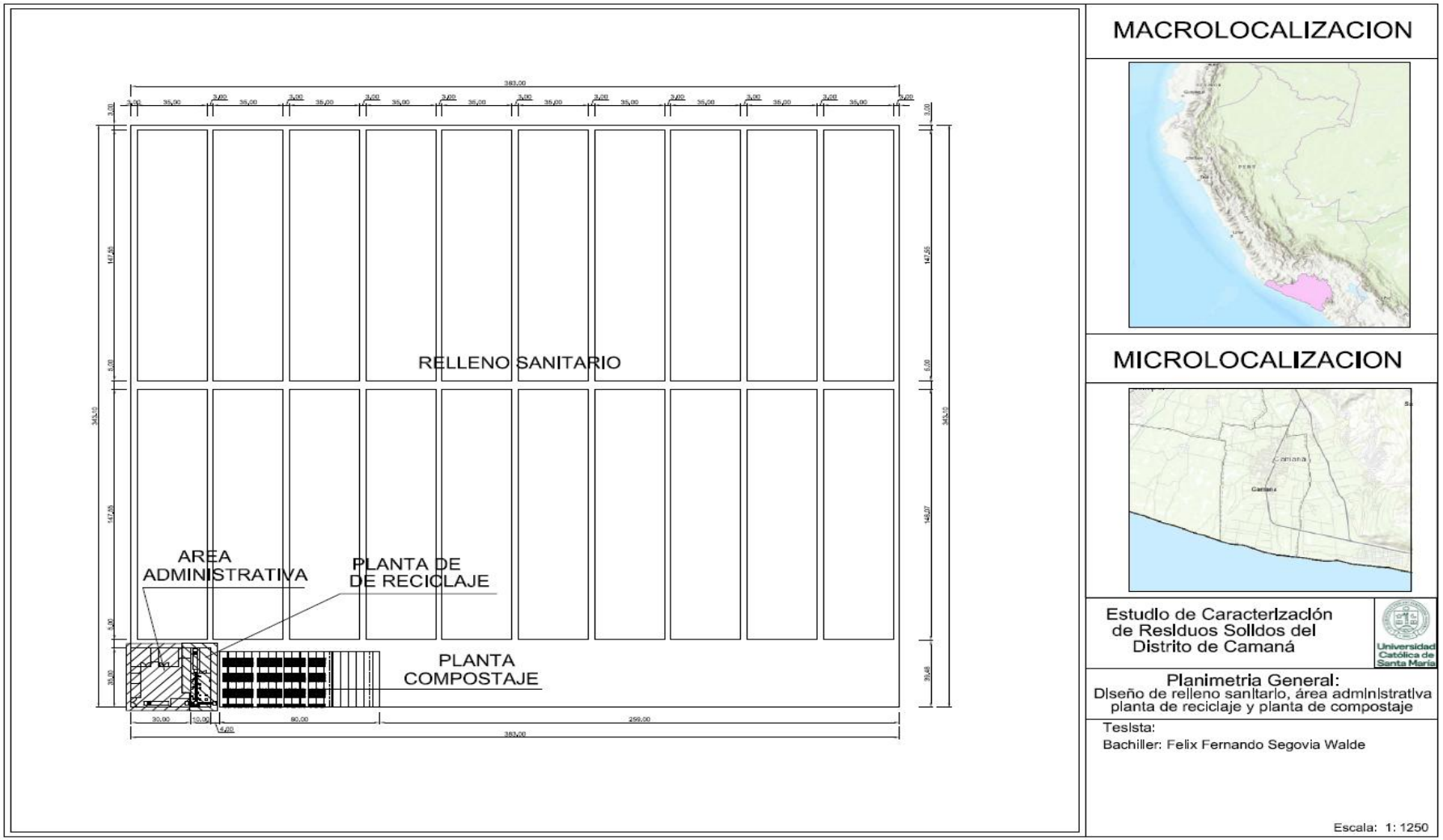
Diseño de área administrativa, planta de reciclaje y planta de compostaje.



Nota: Elaboración propia

Figura 58

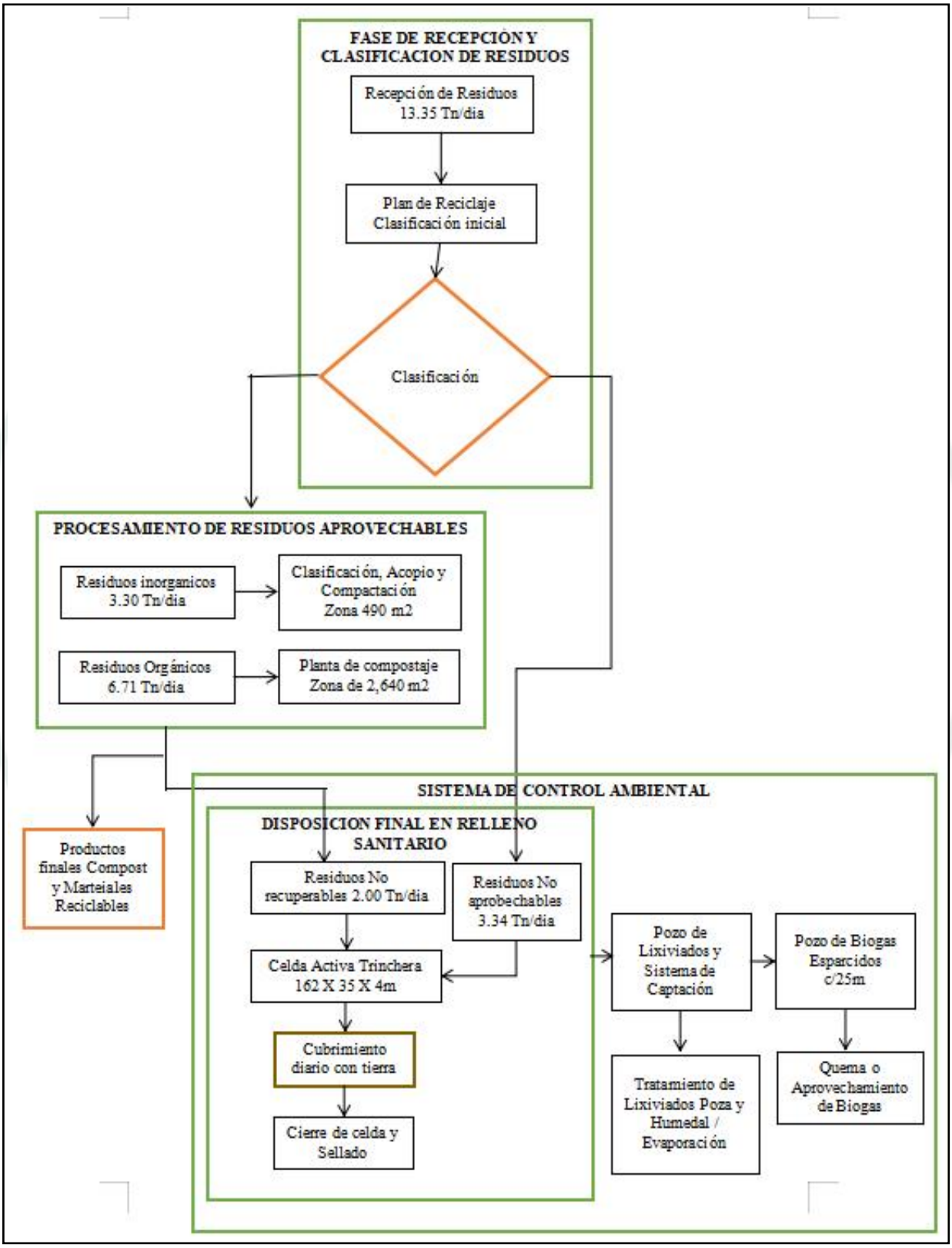
Diseño de relleno sanitario, área administrativa, planta de reciclaje y planta de compostaje.



Nota: Elaboración propia.

Figura 59

Flujograma de la propuesta de relleno sanitario y planta de reciclaje.



Nota: Elaboración propia

4.14. Evaluar los impactos ambientales del relleno sanitario.

La evaluación de los impactos ambientales se realizó en base al principio de predicción y modelamiento, como una evaluación antes del hecho, no inventando datos sino que los proyecto usando ingeniería, datos de la zona y antecedentes de proyectos similares, donde el análisis cruzó las acciones propuestas en las fases de construcción, operación y cierre; mediante la aplicación de la Matriz de Evaluación de Impactos Ambientales de Conesa (versión simplificada). Los resultados se presentan en la Tabla 92, con los factores ambientales receptores, determinando la significancia de cada impacto en función de su Intensidad (I), Extensión (EX), Momento (MO), Persistencia (PE), Reversibilidad (RV), Sinergia (SI), Acumulación (AC), Efecto (EF), Periodicidad (PR), Recuperabilidad (RC) e Importancia (IM)

Uno de los componentes evaluados fue el medio biológico, con énfasis en la vulnerabilidad de las especies presentes, su relación con el ecosistema y la interacción con las actividades proyectadas. El área de estudio corresponde a un ecosistema desértico, caracterizado por escasas precipitaciones, suelos con limitadas condiciones de fertilidad y reducida disponibilidad de alimento y refugio para la fauna silvestre. Estas condiciones restringen la biodiversidad; sin embargo, se registra la presencia de vegetación dispersa y de especies de fauna adaptadas a este tipo de ecosistemas, por lo que resulta necesario identificar y cuantificar los impactos generados, a fin de evitar alteraciones que puedan afectar su equilibrio ecológico.

Tabla 92

Matriz de Evaluación de Impactos Ambientales

Componentes	Factor	Impacto	Actividad	Fase	Nat	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	IM	Importancia
Físico	Suelo	Pérdida de la estabilidad y fertilidad del suelo	Movimiento de tierras y construcción	Construcción	-	2	2	2	2	1	1	1	4	2	2	25	**Moderado**
	Suelo	Pérdida de la calidad del suelo (infiltración de lixiviados)	Generación y manejo de lixiviados	Operación	-	8	4	8	4	4	4	4	4	4	4	68	**Severo**
	Agua	Pérdida de la calidad del agua (contaminación por lixiviados)	Generación y manejo de lixiviados	Operación	-	8	4	8	4	4	4	4	4	4	4	68	**Severo**
	Aire	Disminución de la calidad del aire por emisiones	Transporte de residuos	Operación	-	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	14	**Irrelevante**
	Aire	Disminución de la calidad del aire por olores	Operación del relleno	Operación	-	2	2	2	4	2	4	2	4	2	2	32	**Moderado**
	Aire	Emisión de gases de efecto invernadero (CH_4, CO_2)	Generación de biogás	Operación	-	2	4	2	4	1	4	1	2	2	2	32	**Moderado**
	Ruido	Afectación por ruido durante transporte	Transporte de residuos	Operación	-	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	14	**Irrelevante**

Componentes	Factor	Impacto	Actividad	Fase	Nat	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	IM	Importancia
Físico	Ruido	Afectación por ruido en planta de reciclaje	Operación de la Planta de Reciclaje	Operación	-	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	15	**Irrelevante**
Biológico	Flora	Pérdida de cobertura vegetal por desbroce	Movimiento de tierras y construcción	Construcción	-	4	2	4	4	2	2	1	4	1	2	36	**Moderado**
	Flora	Recuperación de suelos y vegetación por cierre de botaderos	Eliminación de botaderos	Operación	+	4	4	2	4	1	4	4	4	4	4	47	**Positivo**
	Fauna	Alejamiento de fauna por ruido y presencia humana	Movimiento de tierras y construcción	Construcción	-	2	2	4	2	1	2	1	4	1	2	27	**Moderado**
	Fauna	Retorno de fauna por rehabilitación de áreas degradadas	Eliminación de botaderos / Rehabilitación	Operación	+	2	4	2	4	1	4	4	4	4	2	39	**Positivo**
Paisaje	Paisaje	Alteración del paisaje por movimientos de tierra	Movimiento de tierras y construcción	Construcción	-	2	2	2	2	1	1	1	4	2	2	25	**Moderado**
	Paisaje	Mejora Paisajística por eliminación de botaderos	Eliminación de botaderos	Operación	+	8	8	4	4	1	4	4	4	4	2	67	**Positivo**

Componentes	Factor	Impacto	Actividad	Fase	Nat	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	IM	Importancia
Socio económico	Salud Pública	Reducción de enfermedades por eliminación de focos infecciosos	Eliminación de botaderos	Operación	+	8	8	4	4	1	4	4	4	4	2	67	**Muy Positivo**
	Calidad de vida	Mejora de calidad ambiental (agua, suelo, aire)	Eliminación de botaderos	Operación	+	8	8	4	4	1	4	4	4	4	2	67	**Muy Positivo**
	Recursos Naturales	Conservación de recursos por reciclaje y compostaje	Valorización de residuos	Operación	+	4	8	2	4	1	4	4	4	4	2	53	**Muy Positivo**
	Empleo	Generación de empleo local	Construcción y operación	Ambas	+	4	4	2	4	1	4	4	4	4	2	45	**Positivo**

Nota: Adaptación de la metodología Conesa.

El criterio y fundamento teórico utilizado para la asignación de valores en la matriz responde estrictamente a la Metodología Simplificada de Conesa Fernández-Vítora, la cual evalúa la Importancia (IM) del impacto a través de un algoritmo ponderado. Al tratarse de una evaluación antes del hecho, los puntajes no corresponden a datos empíricos medidos en tiempo real, sino a un modelo de predicción de ingeniería basado en: a) Datos de línea base de la zona, b) Parámetros técnicos del diseño del proyecto, y c) Antecedentes homólogos en proyectos similares de infraestructura de residuos.

En la Tabla 92 se observan impactos negativos severos en la fase operativa, específicamente en la calidad del agua subterránea y el suelo, por contaminación de lixiviados, aunque el suelo desértico tiene baja fertilidad, la infiltración de lixiviados alteraría drásticamente la calidad del suelo y del agua subterránea si esta existiese. Al ser una operación continua, se le asigna la máxima Intensidad (I=8), Persistencia Permanente (PE=8) e Irreversibilidad (RV=4), esto justifica técnicamente que el modelo predictivo clasifique este impacto como Severo, obligando a la ingeniería del proyecto a diseñar sistemas de impermeabilización crítica; lo que corrobora obligatoriamente el uso de geomembrana y tuberías de drenaje para mitigar este riesgo.. Durante la construcción, se identifican impactos moderados en suelo, paisaje y flora, reversibles a mediano plazo; y durante la operación, impactos moderados por olores y gases de efecto invernadero. Asimismo, se registran impactos irrelevantes o leves por ruido y emisiones durante el transporte y operación de la planta de reciclaje, así como en la fauna local, todos controlables mediante buenas prácticas.

Por otro lado, el proyecto genera impactos muy positivos de gran relevancia: la eliminación de botaderos mejora la salud pública, la calidad ambiental (suelo y agua) y la imagen urbana, con magnitud alta y duración permanente. Adicionalmente, la valorización de residuos mediante reciclaje y compostaje impacta positivamente en la conservación de recursos naturales, mientras que la rehabilitación de áreas degradadas permite la recuperación de flora y fauna. Finalmente, se generarán impactos positivos socioeconómicos por la creación de empleo permanente y la mejora en la calidad de vida de la población.

4.14.1. Plan de control y monitoreo ambiental.

Para garantizar la gestión proactiva de los impactos ambientales identificados en la matriz de Conesa, en especial aquellos catalogados como severos, se implementará un Plan de Control y Monitoreo Ambiental cuyas actividades, parámetros, frecuencia y objetivos específicos se detallan sistemáticamente en la tabla 93.

Este plan integral, que incluye monitoreo, prevención y respuesta, asegura el cumplimiento de la normativa ambiental peruana (Ley N.º 28611 y sus reglamentos específicos) y se alinea con las mejores prácticas internacionales para la operación segura y sostenible de rellenos sanitarios, permitiendo la detección temprana de desviaciones y la implementación oportuna de acciones correctivas.

La evaluación de impactos ambientales no tiene como finalidad detener el desarrollo de los proyectos, sino servir como un instrumento que permita evitar el uso inadecuado de los recursos y la sobre explotación del medio ambiente sin control. En este sentido, la evaluación de impacto ambiental constituye una herramienta fundamental para promover un desarrollo sostenible en el tiempo.

El monitoreo ambiental se extenderá a la fase de post-cierre del relleno sanitario y se alinea con las mejores prácticas internacionales para la operación segura y sostenible de este tipo de infraestructuras, permitiendo la detección temprana de desviaciones y la implementación oportuna de acciones correctivas. Entre los principales componentes del monitoreo se considera el control de la calidad hídrica, mediante la instalación de pozos piezométricos aguas arriba y aguas abajo del flujo subterráneo, evaluando parámetros asociados a la contaminación por lixiviados como pH, DBO, DQO, amonio, nitratos, conductividad y metales pesados. Asimismo, se contempla el monitoreo atmosférico y de biogás, enfocado en la medición de gases y olores en el perímetro del relleno y en las comunidades cercanas, así como el monitoreo físico del asentamiento del relleno producto de la descomposición de los residuos.

Ver Anexo 11-I: Vista aérea en 3D de la planta de relleno sanitario.

HUELLA DE CARBONO

Para la huella de carbono de los residuos sólidos, se aplica el Método de Nivel 1 (Balance de Masa) de las Directrices del IPCC del 2006 para el sector de Huella de Carbono en Residuos de la ONU. Siguiendo este modelo para 4,872.75 Tn/año de R.S. se estima una huella de 17.13 toneladas de CO2/día y 6,253.23 tn CO2/año.

Tabla 93

Plan de Control y Monitoreo Ambiental del Relleno Sanitario

Componente Ambiental	Objetivo Específico	Parámetros a Monitorear	Puntos de Muestreo	Frecuencia	Referencia Normativa
Agua Subterránea	Detectar filtraciones de lixiviados al acuífero	DQO, DBO5, Nitratos, Amonio, Metales Pesados (Pb, Cd, Cr), Conductividad, pH	4 pozos (1 aguas arriba y 3 aguas abajo)	Trimestral (1er año), Semestral (años posteriores)	LMP - D.S. N° 004-2017-MINAM
Emisiones de Biogás / Calidad de Aire	Cuantificar GEI y controlar olores	CH_4, CO_2, H_2S, O_2 CH_4, CO_2, H_2S, O_2	Pozos de extracción, perímetro y comunidad cercana	Trimestral	Guía MINAM, 2011
Lixiviados Generados	Caracterizar el efluente y verificar la eficiencia del sistema de captación	Volumen, pH, DQO, DBO5, Sólidos Suspendidos Totales (SST)	Poza de almacenamiento	Mensual (lluvias), Bimestral (sequía)	Guía MINAM, 2011
Suelos	Verificar que no exista contaminación por infiltración	pH, Conductividad, Metales Pesados, Hidrocarburos (TPH)	Perímetro del relleno y zona de almacenamiento temporal	Anual	LMP - D.S. N° 002-2013-MINAM (suelos)
Contingencias	Responder eficazmente a emergencias	----	Zona de la poza y sistema de conducción	Protocolo de activación inmediata	Plan de Contingencias (Obligatorio)
Inspección y Mantenimiento	Garantizar la integridad de la infraestructura	Estado de geomembrana, cobertura, drenajes y maquinaria	Toda el área del relleno sanitario y reciclaje	Inspecciones Visuales: Diarias. Mantenimiento: Mensual	Buenas Prácticas Operativas (MINAM, 2011)

Nota: Adaptación de la metodología CONESA.

4.15. Discusión de resultados

La presente discusión contrasta los resultados obtenidos con antecedentes internacionales y nacionales y, además, con valores y criterios técnicos de referencia establecidos por el Ministerio del Ambiente del Perú (MINAM), la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y el Banco Mundial, con el propósito de evidenciar diferencias metodológicas, sustentar decisiones de diseño y validar la coherencia técnica del planteamiento propuesto para la disposición final en Camaná.

4.15.1. Discusión de la generación de residuos sólidos

La generación municipal de 13.35 t/día y la GPC municipal de 1.07 kg/hab/día superan ampliamente los valores reportados por Albán Meléndez (2022), Causa Mamani (2019) y Muñoz Estrada (2024), quienes registran GPC menores a 0.50 kg/hab/día en distritos rurales y semi urbanos. Esta diferencia no responde únicamente al tamaño poblacional, sino a una diferencia metodológica sustantiva: en dichos estudios predomina la medición de residuos domiciliarios, mientras que en la presente investigación se incorporan generadores comerciales (mercados, comercios, barrido y servicios), siguiendo el enfoque recomendado por el MINAM en los estudios de caracterización municipal. Esta inclusión explica que cerca del 44% de la masa provenga de actividades económicas, lo que coincide con Sánchez-Muñoz, Cruz-Cerón y Maldonado-Espinel (2019), quienes demostraron la correlación entre actividad económica e incremento en la generación de residuos. A su vez, la OPS (2026) y el Banco Mundial (2023) señalan que ciudades con dinámica comercial marcada pueden superar 1 kg/hab/día, rango en el que se ubica Camaná, validando técnicamente el valor obtenido y el dimensionamiento derivado.

4.15.2. Discusión de la composición de residuos sólidos

Asimismo, la alta proporción de residuos orgánicos (50.27%) y el elevado contenido de humedad promedio municipal (71.33%) concuerdan con los patrones observados en contextos latinoamericanos descritos por Guerra y Cajas (2022) y por Ibarra-López et al. (2020), quienes resaltan que las economías locales con fuerte actividad comercial y consumo de alimentos frescos presentan fracciones orgánicas dominantes. Esta composición refuerza la necesidad de incorporar procesos de valorización orgánica, especialmente compostaje, como una solución técnica prioritaria, tal como lo plantean López Pulgarín y Franco Orozco (2021), quienes señalan que el

compostaje constituye una alternativa ambiental y económicamente viable en países en desarrollo, aunque subutilizada por limitaciones institucionales.

4.15.3. Discusión de la densidad municipal

La densidad municipal de 128.40 kg/m³ es consistente con Albán Meléndez (2022) y Muñoz Estrada (2024), quienes reportan densidades bajas en residuos mayormente domiciliarios. Sin embargo, mientras esos estudios se orientan a rellenos manuales de pequeña escala, aquí el valor de densidad se vincula directamente con el cálculo volumetrico y la necesidad de compactación sistemática. Pincay Chóez (2021) e Ibarra-López et al. (2020) destacan que la compactación y el control de humedad son determinantes para reducir la generación de lixiviados y biogás y optimizar la vida útil, lo que justifica el planteamiento semimecanizado adoptado.

4.15.4. Discusión de la opción más viable

La selección de la Alternativa N.º 1: Quebrada de Corralones como la opción más viable se sustenta en criterios técnicos, ambientales y legales, tales como la disponibilidad de terreno, posibilidad de ampliación futura, condiciones edafológicas favorables y seguridad jurídica del predio. Estos criterios coinciden con los utilizados por Saldaña Durán y Nájera González (2019), quienes enfatizan que solo un porcentaje reducido del territorio cumple condiciones adecuadas para la ubicación de rellenos sanitarios, lo que hace indispensable el uso de herramientas técnicas rigurosas para la selección del sitio.

Asimismo, los resultados contrastan favorablemente con los hallazgos de Susunaga Miranda et al. (2022), quienes evidenciaron los graves impactos generados por botaderos abandonados y rellenos mal ubicados en México, resaltando la importancia de una correcta localización para evitar pasivos ambientales. En este sentido, la distancia significativa del relleno respecto a viviendas, áreas agrícolas y cuerpos de agua reduce el riesgo ambiental, alineándose con lo señalado por Bedoya (2023), quien advierte que la falta de planificación territorial es una de las principales causas de conflictos socioambientales asociados a rellenos sanitarios en Colombia.

4.15.5. Discusión del diseño propuesto

El diseño propuesto contempla un relleno sanitario semimecanizado, con una vida útil de 10 años, un volumen acumulado aproximado de 227,223.50 m³ y un área

de 7.40 ha, lo cual resulta coherente con los diseños planteados por Gamonal (2020) y Villanueva Puelles (2022), quienes proponen infraestructuras integrales que combinan disposición final con plantas de valorización de residuos.

La incorporación de una planta de reciclaje y compostaje responde directamente a la fracción orgánica dominante y al porcentaje significativo de residuos inorgánicos aprovechables (24.73%), especialmente plásticos, papel y cartón. Este enfoque coincide con Whittembury (2021), quien sostiene que los modelos de gestión sostenible deben basarse en principios de economía circular, y con Prudencio (2019), quien señala que la sostenibilidad financiera y ambiental se fortalece cuando se integran actores públicos y privados en la valorización de residuos.

Asimismo, el diseño propuesto cumple con los criterios técnicos mínimos establecidos en la Guía de Diseño, Construcción, Operación, Mantenimiento y Cierre de Rellenos Sanitarios Mecanizados del Ministerio del Ambiente (MINAM, 2018), la cual establece que el horizonte de diseño debe definirse de acuerdo con la proyección de la generación de residuos sólidos, la disponibilidad del terreno y la factibilidad de ampliación futura. En el presente estudio se consideró un horizonte de diseño de 10 años, compatible con la proyección poblacional y de generación de residuos, permitiendo estimar una capacidad suficiente para garantizar la operación continua del sistema durante el periodo previsto.

Del mismo modo, la propuesta incorpora los componentes básicos exigidos por la normativa técnica del MINAM, tales como áreas para la disposición final, cobertura de residuos, manejo de lixiviados, captación y control de biogás, drenaje pluvial, vías internas, infraestructura complementaria y una planta de valorización para el aprovechamiento de residuos reciclables. En conjunto, estos elementos permiten concluir que el diseño cumple con los requerimientos técnicos mínimos establecidos para un relleno sanitario semimecanizado, favoreciendo una operación ambientalmente segura y acorde con la gestión integral de residuos sólidos.

4.15.6. Discusión de la propuesta del sistema de drenaje

Asimismo, la propuesta de un sistema de drenaje de lixiviados y captación de biogás se encuentra alineada con lo planteado por Pincay Chóez (2021) e Ibarra-López et al. (2020), quienes subrayan que el control de estos subproductos es fundamental para minimizar impactos ambientales severos y mejorar la eficiencia operativa del relleno sanitario.

4.15.7. Discusión de la evaluación de impactos ambientales

La evaluación de impactos ambientales mediante la Matriz de Conesa permitió identificar impactos negativos mayormente leves a moderados, concentrados en las fases de construcción y operación, principalmente asociados a la alteración del suelo, generación de olores, emisiones gaseosas y riesgo de lixiviados. Estos resultados concuerdan con Montes (2018), quien señala que, aun con marcos normativos fortalecidos, la disposición final de residuos continúa generando impactos ambientales si no se acompaña de una adecuada gestión operativa.

Sin embargo, los impactos positivos identificados presentan una significancia alta y permanente, lo que coincide con lo expuesto por Guerra y Cajas (2022) y Gamonal (2020), quienes destacan que los beneficios ambientales y sociales de una gestión integral superan ampliamente los impactos negativos cuando se aplican planes de manejo y monitoreo adecuados.

4.15.8. Discusión de la propuesta del plan de control y monitoreo ambiental

La propuesta de un Plan de Control y Monitoreo Ambiental responde a las deficiencias operativas identificadas por Huayllane Baca y Meza Castro (2020), quienes evidenciaron que la ausencia de monitoreo y conocimiento técnico en la operación de rellenos sanitarios reduce su eficiencia ambiental. Asimismo, la relación entre educación ambiental y adecuada disposición final observada en los resultados del presente estudio refuerza lo señalado por Vigo (2022), quien demuestra una correlación positiva significativa entre ambos factores.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

PRIMERO.

La generación de residuos sólidos en la provincia de Camaná es 13.35 toneladas diarias, con una generación per cápita municipal de 1.07 kg/hab./día, estando significativamente influenciada por el sector comercial, mercados y generadores especiales, que aportan cerca del 44% del total. La composición está dominada por residuos orgánicos (50.27%) y una elevada humedad promedio (71.33%), lo que evidencia la necesidad de priorizar estrategias de segregación en la fuente, compostaje y valorización, así como una planificación diferenciada por tipo de generador para una gestión integral eficiente.

SEGUNDO.

El relleno sanitario propuesto, de tipo semimecanizado y bajo el método de trincheras, ha sido dimensionado para una vida útil de 10 años, con una capacidad aproximada de 227,223.50 m³ y un área estimada de 7.40 hectáreas, incorporando criterios técnicos de compactación, cobertura diaria y final, así como sistemas de impermeabilización y manejo de lixiviados y biogás que aseguran un confinamiento adecuado de los residuos.

TERCERO.

La implementación de una planta de reciclaje y valorización se justifica por la presencia de un 24.73% de residuos inorgánicos aprovechables, lo que permitirá reducir el volumen dispuesto en el relleno sanitario, generar beneficios económicos y fortalecer el enfoque de economía circular en la gestión municipal.

CUARTA.

La aplicación del plan de manejo ambiental, que incluye sistemas de drenaje de lixiviados, captación de biogás, medidas de compactación adecuada y un Plan de Control y Monitoreo Ambiental, permitirá prevenir, mitigar y controlar los impactos ambientales asociados a la disposición final de residuos sólidos. Estas acciones reducen el riesgo de contaminación del suelo, agua y aire, y aseguran una gestión

ambientalmente segura y sostenible en el tiempo, acorde con los principios de sostenibilidad y protección ambiental.

QUINTA.

El diseño de un relleno sanitario y planta de valorización, bajo el enfoque de economía circular, optimiza significativamente la gestión ambiental sostenible al reducir el volumen de rechazo y mitigar los impactos en la provincia, deja de operar como un sumidero indiscriminado de basura para convertirse estrictamente en una infraestructura de confinamiento para residuos de rechazo e inertes. Todo esto reduce la carga orgánica enterrada y disminuye la tasa de generación de lixiviados y la huella de carbono del complejo ambiental.

5.2. Recomendaciones

a) Se recomienda que la Municipalidad Provincial de Camaná implemente una estrategia integral de segregación en la fuente, basada en la separación de residuos en tres fracciones: orgánicos, inorgánicos aprovechables y no aprovechables. Para ello, deberá establecer un sistema de recolección selectiva con rutas y horarios diferenciados, instalar contenedores identificados mediante código de colores en viviendas, comercios e instituciones públicas, desarrollar campañas permanentes de educación ambiental y formalizar la participación de asociaciones de recicladores para la recolección y comercialización de los materiales valorizables, fortaleciendo así el aprovechamiento de los residuos y reduciendo la cantidad destinada al relleno sanitario.
b) Se recomienda contar con profesionales especializados en gestión de residuos sólidos para el manejo operativo de cada área de la planta de valorización y del relleno sanitario, asegurando el cumplimiento de los procedimientos técnicos, ambientales y de seguridad establecidos.
c) Se recomienda implementar medidas adicionales de impermeabilización en el área del relleno sanitario, especialmente en sectores donde las características del suelo puedan favorecer la infiltración, con el propósito de reforzar la protección ambiental y minimizar el riesgo de filtración de lixiviados.
d) Se recomienda implementar rutas exclusivas de recolección selectiva para mercados, restaurantes y establecimientos comerciales, con

frecuencias de recolección acordes a la generación de residuos, priorizando el aprovechamiento de residuos orgánicos mediante compostaje y de materiales reciclables como cartón, plásticos, vidrio y metales. Esta estrategia permitirá optimizar la recuperación de materiales valorizables y mejorar la eficiencia operativa de la planta de reciclaje propuesta.

e) Se pueden implementar sistemas de reducción de arbitrios o tarifas para los vecinos que realicen una correcta separación en origen.

f) Priorizar auditorías y talleres de capacitación en mercados de abastos y zonas gastronómicas, al ser los principales nodos generadores de la alta carga orgánica y los responsables de la elevada humedad crítica registrada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acurio-Vizuete, C. (2015). El reciclaje de los desechos sólidos y su incidencia en los derechos de las personas para el buen vivir [Recycling of solid waste and its impact on people's rights to a good standard of living]. Quevedo. UTEQ.

Albán Meléndez, I. (2022). Caracterización de residuos sólidos municipales y diseño de relleno sanitario. Revista Latinoamericana De Difusión Científica, 4(7), 23-33. https://doi.org/10.38186/difcie.47.03

AMBIDES. (2011). Estudio de selección de sitio de la infraestructura de manejo de los residuos sólidos en el distrito de Camaná. https://ambides.com/proyecto/estudio-de-seleccion-de-sitio-de-la-infraestructura-de-manejo-de-los-residuos-solidos-en-el-distrito-de-camana/

ANA WEB - Autoridad Nacional del Agua. (s.f.). Capacidad de Uso Mayor de Suelos.

Análisis físico y ambiental de Quilca ,Camaná, https://es.scribd.com/user/205725461/Luis-Alberto-Llaique-Gongora

Armenta-Rivas, M. E., Sierra-Camargo, L. D., & Vélez-Pereira, A. M. (2017). Modelación de la producción de metano en el relleno sanitario Parque Ambiental Palangana (Santa Marta). Ingeniería Investigación y Tecnología, 18(2), 183–192.

Barriento, J. (2010). El reciclaje en Venezuela: Muchas iniciativas y pocos resultados. Universidad Nacional Experimental de las Fuerzas Armadas. Venezuela.

Bedoya, S. M. (2023). Reflexiones frente a los rellenos sanitarios en Colombia: impacto, tratamiento y pautas para la mitigación de los daños ambientales. Revista Jurídica Mario Alario D'Filippo, 15(30), 277-288.

Cano, C. A. (2019). Dos visiones diferentes de entender la investigación, para la formación en educación superior. Revista Atlante: Cuadernos de Educación y Desarrollo, 109, 113-120. https://www.eumed.net/rev/atlante/2019/07/investigacion-educacionsuperior.html

Causa Mamani, Y. F. (2019). Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales y propuesta de diseño de relleno sanitario manual para el distrito de Cairani-provincia Candarave–Tacna.

Córdoba-Hernández, R., & Pérez-García-Burgos, A. (2020). Urbanización inclusiva y resiliente en asentamientos informales. Ejemplificación en Latinoamérica y Caribe [Inclusive and resilient urbanization in informal settlements. Exemplification in Latin America and the Caribbean]. Bitácora Urbano Territorial, 30(2), 61- 74. https://doi.org/10.15446/bitacora.v30n2.81767

Curso Internacional de Rellenos Sanitarios y de Seguridad, Call Recovery, 1997.

D.S. N.º 012-2009-MINAM: Política Nacional del Ambiente.

Decreto Legislativo 1065: Modificación a la Ley General de Residuos Sólidos.

Decreto N° 27378- S, En uso de las facultades que confiere el artículo 140 incisos 3) y 18) de la Constitución Política; 28), 2.b) de la Ley General de la Administración Pública y 278 al 284, 302, 303 y 304 de la Ley No. 5395 del 30 de octubre de 1973, "Ley General de Salud". Capítulo VI

Desechos Sólidos Principios de Ingeniería y Administración, George Tchobanoglous Hilary Theissen Rolf Eliassen, Ambiente y los Recursos Naturales Renovables AR-16

Diario Correo, Camaná: Autodema dona 706 hectáreas para relleno sanitario, John Tapia, 30.07.2015. https://diariocorreo.pe/edición/arequipa/universidad-catolica-de-santa-maria-reconocimiento-para-diario-correo-noticia/?ref=nota&ft=autoload

Diario: El Peruano. (2022) Decreto Legislativo 1278

Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Volumen 5 (Desechos), Capítulo 3: "Disposición de desechos sólidos", Pag.3.9

DS N.º 001-2012-MINAM: Reglamento Nacional para la Gestión y el Manejo de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos.

DS N.º 005-2010-MINAM: Reglamento de la Ley que Regula la Actividad de los Recicladores.

DS N.º 057-2004-PCM: Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos.

Efectos de las aguas residuales de pozos petroleros sobre los suelos de sabanas ubicadas cerca del Furrial, estado Monagas, Venezuela. Revista Internacional de Contaminación Ambiental, 36(4), 835–845. López, D., Hernández, C., Liendo, F., Urich, J., & Vallejo, O. (2020). https://doi.org/10.20937/RICA.53600

El Peruano. Reglamento del decreto legislativo N° 1278, ley de gestión integral de residuos sólidos. Normas Legales. Lima, diciembre 2017. p. 32

Elección de sitio para Rellenos Sanitarios de Residuos Sólidos usando SIG: Un estudio de caso En la Provincia de Lampa. Ponce Flores Y. J., Revista de Arquitectura y Urbanismo Taypi. Vol. 1, N° 3 / Pág. 69 – 78, Ministerio de Vivienda, Programa Nacional de Vivienda Rural, Perú. https://orcid.org/0000-0003-4950-5344

Eliminación de compuestos emergentes mediante sistemas biológicos y su acoplamiento con procesos de oxidación avanzada, Sonia Sanchiz Pérez, Madrid 2012, Tesis Doctoral

Espinoza-Quispe, C., Marrero-Saucedo, F., & Hinojosa Benavides, R. A. (2020). Manejo de residuos sólidos en la gestión municipal de Huancavelica, Perú [Solid waste management in the municipal management of Huancavelica, Perú]. Letras Verdes. Revista Latinoamericana De Estudios Socioambientales, (28), 163-177. https://doi.org/10.17141/letrasverdes.28.2020.4269.

Estrategia Nacional de Residuos Orgánicos Chile 2020 - 2040, Ministerio del Ambiente Chile.

Estudio de línea base del área marina seleccionada entre "Playas de Quilca y las Cuevas", en el litoral arenoso de la provincia de Camaná, Instituto del Mar de Perú, Mayo 2012.

Estudio Hidrogeológico de la Cuenca del Río Camaná - Majes - Colca, INGEMMET, Boletín Serie H: Hidrogeológica N° 8, 2021.

Evaluación de la Disposición final de residuos sólidos en las ciudades del Perú, SINIA MINISTERIO DEL AMBIENTE, https://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/siar-arequipa/archivos/public/docs/95.pdf

Evaluación De Peligros De Camaná, Convenio UNSA- Indeci Proyecto PER 98/018 PNUD- INDECI – 2001

Evaluación de Recursos Hídricos en la cuenca Camaná-Majes-Colca, Resumen Ejecutivo, ANA - noviembre 2015

Fernández, A. (2005). La gestión integral de los residuos sólidos urbanos en el desarrollo sostenible local. Revista Cubana de Química. Recuperado de https://www.redalyc.org/pdf/4435/443543687013.pdf

Flanagan, C. A., Byington, R., Gallay, E., & Sambo, A. (2016). Social Justice and the Environmental Commons. Advances in child development and behavior, 51, 203- 230. https://doi.org/10.1016/bs.acdb.2016.04.005

Flora y Fauna de Camaná, Conociendo Camaná, Linsilyes

Gamonal Coronel, G. L. (2020). Diseño de la infraestructura para el aprovechamiento y disposición final de residuos sólidos municipales para el distrito de Olmos-provincia y departamento de Lambayeque, 2018.

Geología del cuadrángulo de Camaná (hojas 34q1, 34q4), INGEMMET, Boletín Serie L: Actualización Carta Geológica Nacional (Escala 1:50 000) N°26 – 2021

Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos, AIDIS, Dra. Pilar Tello Espinoza Dr. Darci Campani Ing. MBA Diana Rosalba Sarafian, Ed. 2018

Gestión Integral de Residuos Sólidos, (Handbook of Solid Waste Management.) Tchobanoglous, G., & Kreith, F. (2002) Editorial McGraw-Hill.

Grupo Banco Mundial (2018) Los desechos: un análisis actualizado del futuro de la gestión de los desechos sólidos. [En línea] Disponible en: https://www.bancomundial.org/es/news/immersive-story/2018/09/20/what-a-waste-an-updated-look-into-the-future-of-solid-waste-management

Guerra, A. R., & Cajas, K. A. B. (2022). Generación de Residuos Sólidos Urbanos (RSU): Análisis de una década de gestión en países de Europa y América. Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas: REMCB, 43, 49-61.

Guevara Vílchez, B. (2021). Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales para el diseño de un relleno sanitario en el distrito de Chambará.

Guía de Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos MINAM – 2018, htpps://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/sinia/archivos/public/docs/guia-caracterizacion-rrss.pdf

Guía para el Cumplimiento de la Meta 17 Versión 2, Programa de incentivos a la mejora de la gestión municipal del año 2017, Ministerio del Ambiente. http://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.mef.gob.pe/contenidos/presu_publ/migl/municipalidades_pmm_pi/guía_cumplimiento_meta17.pdf

Guía para el Diseño, Construcción y Operación de Rellenos Sanitarios Manuales. Gobierno del Perú. Ministerio del Ambiente. (2016).

Guía para la Opinión Técnica Favorable de un Estudio de Selección de Área para Infraestructuras de Tratamiento, Transferencia y disposición Final de Residuos Sólidos", Ministerio de Salud, Dirección general de Salud Ambiental.(DIGESA2016)

Herrera-Aguilar, Andrés, Prieto-Ramírez, Rafael, & García-M., Yennifer. (2020). Análisis de sostenibilidad ambiental del relleno sanitario Doña Juana (Bogotá - Colombia), a través de la metodología IICA para la estimación de huella hídrica. Acta Nova, 9(4), 553-568. Recuperado en 15 de enero de 2025, de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892020000100006&lng=es&tlng=es.

https://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://www.diresacusco.gob.pe/salud_comunitaria/saneamiento/Guia%20%20Ubicacion%20Resi%20Solidos%20Municip.Pdf

Huanacuni, W. C., & Huanca, M. H. M. (2021). Evaluación de la gestión sostenible de residuos sólidos en la provincia del Collao. Revista Científica Investigación Andina, 20(2).

Huayllane Baca, E., & Meza Castro, Y. (2020). Gestión Ambiental del relleno sanitario de Jahuaccollay para propuesta de mejora bajo la Norma ISO 14001: 2015 en la Municipalidad de Urubamba-2020.

Ibarra-López, B. E., Narváez-Castro, M. L., & de la Rosa, A. (2020). Análisis de la Disposición de los Desechos Sólidos y Generación De Biogas En El Relleno Sanitario De Ambato, Ecuador. Revista AIDIS De ingeniería Y Ciencias Ambientales: Investigación, Desarrollo Y práctica, 13(3), 988–1006. https://doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2020.13.3.68441

Idoneidad del Suelo para Rellenos Sanitarios Malczewski, J. 2004

INEI, Anuario de Estadísticas Ambientales Perú 2025, 3.3.Generación y Gestión Residuos Sólidos.

INEI, Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas.

Infraestructura de Gestión y Manejo de Residuos Sólidos Municipales", Ministerio del ambiente, Dirección General de Residuos Sólidos, www.minam.gob.pe

IPCC, Panel Intergubernamental de Cambio Climático, 1996; Kim y Yi, 2009; Aguilar-Virgen et al., 2011b; 2012

Knauf Industries. (2023). Todo lo que debes saber sobre el funcionamiento de una planta de reciclaje. [En línea] Disponible en: https://knauf-industries.es/todo-lo-que-debes-saber-sobre-el-funcionamiento-planta-de-reciclaje/

López Pulgarin, Y., y Franco Orozco, B. (2021). Gestión de residuos sólidos urbanos: Un enfoque en Colombia y el departamento de Antioquia. Cuaderno Activa, 12(1), 119–134. https://doi.org/10.53995/20278101.808

López, M. (2011). Diseñan un proceso de reciclaje de residuos orgánicos para aumentar la fertilidad del suelo. Universidad de Almería.

Manual de Usuario del Modelo Centroamericano de Biogás, Versión 1.0, Programa Landfill Methane Outreach Agencia para la Protección del Ambiente (U.S. EPA), Victoria Ludwig, 2007.

Mapa de pobreza monetaria provincial y distrital 2018 INEI.

Mendoza, S. H., & Avila, D. D. (2020). Técnicas e instrumentos de recolección de datos. Boletín científico de las ciencias económico administrativas del ICEA, 9(17), 51-53.

MINAM (2011) "Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual".

MINAM (2017). Ley N° 1278. Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos

Ministerio de Salud. (2018). *Norma Técnica de Salud: Gestión Integral y Manejo de Residuos Sólidos en Establecimientos de Salud, Servicios Médicos de Apoyo y Centros de Investigación (NTS N.° 144-MINSA/2018/DIGESA).* https://www.gob.pe/minsa

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2011). Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual. Recuperado de https://sinia.minam.gob.pe/documentos/guia-diseno-construccion-operacion-mantenimiento-cierre-rellenoSinia+2Sinia+2Sinia+2

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2017). Guía para el cumplimiento de la Meta 17 "Implementación de un Sistema Integrado de Manejo de Residuos Sólidos Municipales", Municipalidades tipo "A" - VERSIÓN 2. Recuperado de https://sinia.minam.gob.pe/documentos/guia-cumplimiento-meta-17-implementacion-un-sistema-integrado-0

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2023). Esto debes saber sobre los residuos sólidos orgánicos e inorgánicos aprovechables. https://www.gob.pe/institución/minam/noticias/763484-esto-debes-saber-sobre-los-residuos-solidos-organicos-e-inorganicos-aprovechables

Ministerio del Ambiente (MINAM). (s.f.). Guía para la segregación de residuos sólidos municipales en la fuente y recolección selectiva.

Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2016). Objetivos de desarrollo sostenible e indicadores. https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/ODS-FINAL210716.pdf

Ministerio del Ambiente. (2016). Guía para el Diseño, Construcción y Operación de Rellenos Sanitarios Manuales. Gobierno del Perú.

Ministerio del Ambiente. (2017). *Decreto Legislativo N.° 1278, Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos*. https://www.gob.pe/institucion/minam/normas-legales/118347-1278

Molano Camargo, F. (2019). El relleno sanitario Doña Juana en Bogotá: la producción política de un paisaje tóxico, 1988-2019. Historia critica, (74), 127-149.

Montes Cortés, C. (2018). Disposición final de residuos sólidos y contaminación hídrica, una problemática ambiental no tan ajena.

Muñoz Estrada, B. F. (2024). Propuesta de un diseño de relleno sanitario en el distrito de Pachamarca, provincia Churcampa, Huancavelica-2022.

Pezo Soria, R. J. (2019). Evaluación de fenómenos geoambientales determinados entre Characta y Hacienda Paicán (Camaná), Arequipa (Trabajo de investigación, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa).

Pincay Chóez, P. L. (2021). Revisión bibliográfica sobre la gestión de la información del manejo de los lixiviados y componentes que produce el relleno sanitario de la ciudad de Jipijapa.

Plan Anual de Aprovechamiento de las Disponibilidades Hídricas – Sectores Hidráulicos menores Camaná y Valle de Majes 2022 – 2023, ANA.

Prudencio-Cuela, F. (2019). Modelo de gestión sostenible para el manejo de los residuos sólidos de gestión municipal en Huancayo – Junín-Perú. Gaceta Científica, 4(2), 28–32. https://doi.org/10.46794/gacien.4.2.380

Ragaert, K., Delva, L., & Van Geem, K. (2017). Mechanical and chemical recycling of solid plastic waste. Waste management (New York, N.Y.), 69, 24-58. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.07.044

Red de Instituciones Especializadas en Capacitación para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos & Ministerio del Ambiente. (s. f.). Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario mecanizado. Ministerio del Ambiente 2018. https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/residuos

Resolución de Alcaldía N°067-2024-A-MPC, Plan anual de valorización de residuo Sólidos Orgánicos Municipales 2024 de la Municipalidad Provincial de Camaná

Resolución de Gerencia Municipal N°056-2024-MPC/GM, Plan de Trabajo año 2024, Programa Municipal EDUCCA de la Municipalidad Provincial de Camaná.

Resolución Directoral N° 0890-2022-ANA-AAA.CO

Saldaña Durán, C. E., & Nájera González, O. (2019). Identificación de sitios con potencial para la disposición final de residuos sólidos urbanos en el municipio de TEPIC, NAYARIT, México. Revista Internacional De Contaminación Ambiental, 35, 69–77.

Sánchez-Muñoz, María del Pilar, Cruz-Cerón, José Gabriel, & Maldonado-Espinel, Paula Carolina. (2019). Gestión de residuos sólidos urbanos en América Latina: un análisis desde la perspectiva de la generación. Revista Finanzas y Política Económica, 11(2), 321-336. Epub April 27, 2020.https://doi.org/10.14718/revfinanzpolitecon.2019.11.2.6

Senay, E., & Landrigan, P. J. (2018). Assessment of Environmental Sustainability and Corporate Social Responsibility Reporting by Large Health Care Organizations. JAMA network open, 1(4), e180975. https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2018.0975

Sinopsis sobre la Revisión de la Geología de los Cuadrángulos de Atico, Ocoña, Camaná, La Yesera, Aplao, Mollendo, Walter León Lecaros, Oscar Palacios Moncayo, Víctor Torres Bazan, INGEMMET, 2000

Susunaga Miranda, Manuel Alberto, Ortiz Muñiz, Benigno, Castañeda Chávez, María del Refugio, Lango Reynoso, Fabiola, & Hernández Berriel, María del Consuelo. (2022). Sitios de disposición final de residuos sólidos

abandonados en la Región de Sotavento del estado de Veracruz, México, utilizando herramientas SIG. Enfoque UTE, 13(4), 11-28.

Tuesta A. (2022) Tipos de rellenos sanitarios [En línea] Disponible en: https://es.slideshare.net/slideshow/tipos-de-relleno-sanitario-2pptx/253051938

Vigo Liñán, R. F. (2022). Educación ambiental y disposición final de residuos sólidos en un mercado de abastos del distrito de Trujillo-2021.

Villanueva Puelles, J. (2022). Diseño del relleno sanitario para el tratamiento de residuos sólidos en el distrito de Chancay Baños, provincia de Santa Cruz, departamento de Cajamarca, 2020.

Weather Spark (s.f.) El clima promedio en Camaná, Perú, durante todo el año: https://es.weatherspark.com/y/25149/Clima-promedio-en-Caman%C3%A1-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o

Whittembury García, K. (2021). Modelo de gestión sostenible de los residuos sólidos urbanos para el distrito de la Banda de Shilcayo, 2020.

World Economic Forum-WEF. (2020). From linear to circular – Accelerating a proven concept. https://reports.weforum.org/toward-the-circular-economy-accelerating-the-scale-upacross-global-supply-chains/from-linear-to-circular-accelerating-a-proven-concept/

ANEXOS

Anexo 1 Constancia de asistencia al estudio de Caracterización, por la Gerencia de Servicios y Control Ambiental de la Municipalidad Provincial de Camaná

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CAMANÁ

CONSTANCIA

LA GERENCIA DE SERVICIOS Y CONTROL AMBIENTAL DE LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CAMANÁ.

Por medio de la presente, se deja constancia que, el Bachiller Felix Fernando Segovia Walde con DNI Nº 71722745, ha realizado asistencia en el Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos domiciliarios y no domiciliarios en el ámbito de la provincia de Camaná.

Así mismo, se deja constancia de que el personal cumplió con los protocolos de seguridad, disposiciones municipales y lineamientos técnicos establecidos por la Municipalidad Provincial de Camaná durante la ejecución de las actividades.

La presente constancia se otorga con la finalidad de permitir el desarrollo de actividades técnicas, para la elaboración de su tesis y optar el título profesional, tales como levantamiento de información, muestreo, segregación, pesaje, clasificación y análisis de los residuos sólidos, en el marco del estudio técnico correspondiente y conforme a la normativa vigente sobre gestión integral de residuos sólidos.

Se expide la presente para los fines que el interesado estime pertinentes.

Camaná, 11 de junio del 2024

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CAMANÁ
Lic. Lia K. Villajuan Delgadillo
GERENTE DE SERVICIOS Y CONTROL AMBIENTAL

Jr. Puente Grau Nº 122 / Plaza de Armas - Camaná
Municipalidad Provincial de Camaná
054 - 571657 Web: www. municamana.gob.pe

Gestión 2023 - 2026

Anexo 2 Carta de Invitación a Viviendas participar en el estudio de Caracterización.

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CAMANÁ

CAMANÁ, 21 junio del 2024

Carta Circular N°001-2024-GSCA-MPC

Sres. Vecinos de CAMANA

Presente. -

Asunto: Solicitamos su participación en el Estudio de Caracterización de Residuos sólidos Municipales de CAMANA.

De nuestra mayor consideración:

Es grato dirigirme a usted para saludarlo(a) cordialmente y a la vez comunicarle que la Municipalidad Provincial de Camaná está llevando a cabo el **Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales**, estudio que permitirá conocer las características físicas (cantidad, tipos, volumen, etc.) de los residuos sólidos que se generan dentro de nuestra jurisdicción, con el objetivo de **MEJORAR LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS Y EL SERVICIO DE LIMPIEZA PÚBLICA QUE BRINDA LA MUNICIPALIDAD A NUESTROS VECINOS;** para tener una ciudad limpia y ambientalmente saludable.

En tal sentido, para llevar a cabo este importante estudio se requiere de su colaboración y su participación en las siguientes actividades:

- Registro de su vivienda como participante del estudio
- Entrega de sus residuos en bolsas de plástico codificadas, que le serán suministradas durante 7 días seguidos, a partir del día 24 de junio hasta el día 30 de junio del 2024.

Para lograr nuestro objetivo se cuenta con personal capacitado que está debidamente acreditado para realizar el empadronamiento y recolección de los residuos sólidos, así mismo se ha implementado las medidas necesarias de bioseguridad y protección que corresponde.

Agradeciéndole su valiosa atención y cooperación, me despido de usted dándole las gracias por su participación.

Atentamente,

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CAMANÁ
Lic. Lia M. Velásquez Delgadillo
GERENTE DE SERVICIOS Y CONTROL AMBIENTAL

Jr. Puente Grau 122 -/ Plaza de Armas - Camaná
Municipalidad Provincial de Camaná
054- 571657 - Web: www.municamana.gob.pe

Gestión 2023 – 2026

Anexo 3 Carta de Invitación a Fuentes No Domiciliarias para participar en el estudio de Caracterización.

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CAMANÁ

CAMANÁ, 21 junio del 2024

Carta Circular N°001-2024-GSCA-MPC

Sres. Vecinos del distrito de CAMANA

Presente. -

Asunto: Solicitamos su participación en el Estudio de Caracterización de Residuos sólidos Municipales del Distrito de CAMANA.

De nuestra mayor consideración:

Es grato dirigirme a usted para saludarlo(a) cordialmente y a la vez comunicarle que la Municipalidad Provincial de Camaná está llevando a cabo el **Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales**, estudio que permitirá conocer las características físicas (cantidad, tipos, volumen, etc.) de los residuos sólidos que se generan dentro de nuestra jurisdicción, con el objetivo de **MEJORAR LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS Y EL SERVICIO DE LIMPIEZA PÚBLICA QUE BRINDA LA MUNICIPALIDAD A NUESTROS VECINOS;** para tener una ciudad limpia y ambientalmente saludable.

En tal sentido, para llevar a cabo este importante estudio se requiere de su colaboración y su participación en las siguientes actividades:

- Registro de su local comercial como participante del estudio.
- Participación en el Estudio de Caracterización con la entrega de sus residuos en bolsas de plástico codificadas, que le serán suministradas durante 7 días seguidos, a partir del día 24 de junio hasta el día 30 de junio del 2024.

Para lograr nuestro objetivo se cuenta con personal capacitado que está debidamente acreditado para realizar el empadronamiento y recolección de los residuos sólidos, así mismo se ha implementado las medidas necesarias de bioseguridad y protección que corresponden.

Agradeciéndole su valiosa atención y cooperación, me despido de usted dándole las gracias por su participación.

Atentamente,

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CAMANÁ
Lic. Edi K. Villafuerte Delgadillo
GERENTE DE SERVICIOS Y CONTROL AMBIENTAL

Jr. Puente Grau 122 -/ Plaza de Armas - Camaná
Municipalidad Provincial de Camaná
054- 571657 - Web: www.municamana.gob.pe

Gestión 2023 – 2026

Anexo 4 Aprobación de Caracterización de Residuos Sólidos en el distrito de Camaná.

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CAMANÁ

RESOLUCIÓN DE GERENCIA MUNICIPAL N° 230-2024-MPC/GM

Camaná, 05 de noviembre del 2024

EL GERENTE MUNICIPAL DE LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CAMANA

VISTOS:

Carta N.° 016-2024-GECS/C del 19 de agosto del 2024, Informe Nº 040-2024-MPC-GSyCA-SGECA del 01 de octubre del 2024, Informe Nº 0754-2024 – MPC-GSCA del 01 de octubre del 2024, Informe Legal N° 399-2024-MPC/GAJ del 14 de octubre del 2024; y

CONSIDERANDO:

Que, la Municipalidad Provincial de Camaná, es un Órgano de gobierno Local, con personería Jurídica de derecho Público, que goza de autonomía política, administrativa y económica de los asuntos que le confien el artículo 194º de la Constitución Política del Estado; asimismo de la Ley 27972 - Ley Orgánica de Municipalidades en su artículo I, señala "(...) *las municipalidades provinciales y distritales son los órganos de gobierno promotores del desarrollo local, con personería jurídica de derecho público que goza y plena capacidad para el cumplimiento de sus fines", el artículo II, establece" los gobiernos locales gozan autonomía política económica y administrativa en los asuntos de sus competencia ".*

Que el decreto legislativo Nº 1278, Ley De Gestión Integral de Residuos Sólidos, establece que la norma tiene por finalidad la prevención o matización de la generación de residuos sólidos, siendo el artículo 21 establece que: "*las municipalidades son responsables de brindar el servicio de limpieza publica el cual comprende el barrido como limpieza y almacenamiento en espacio públicos la recolección, el transporte, la transferencia, valorización y disposición final de residuos sólidos (...) ";* mediante decreto supremo Nº 014-2017 - MINAM, Reglamento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, se define que el estudio de caracterización de residuos sólidos es una herramienta que permite obt6ener información primaria relacionada a las características de los residuos municipales.

Que, mediante la Resolución Ministerial Nº457-2018-MINAM, de fecha el 31 de diciembre del 2018, se aprueba la guía para la caracterización de residuos sólidos municipales siendo este un instrumento orientador en la elaboración de estudios de caracterización de residuos sólidos municipales; siendo que en la mencionada guía el numeral 8.1. se dispone que el equipo de planificación recibirá el informe final elaborado por el responsable del equipo de campo y lo elevará a la alcaldía o gerencia municipal para su aprobación mediante documento oficial.

Que, a traves de la Resolución de Gerencia Nº109-2024-MPC/GM se apruebe la "Confirmación del Equipo Técnico de Planificación del Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales de Camaná 2024";

Jr. Puente Grau Nº 122 / Plaza de Armas - Camaná
Municipalidad Provincial de Camaná
054 - 571657 - Web: www.municamana.gob.pe

Gestión 2023 – 2026

Que, con Carta N.° 016-2024-GECS/C, el ganador del servicio denominado "servicio de elaboración de Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales en el Distrito de Camaná, Provincia de Camaná, Región Arequipa" hace llegar vía Mesa de Partes de la Municipalidad el "Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales en el Distrito de Camaná, Provincia de Camaná, Región Arequipa";

Que, con Informe Nº 040-2024-MPC-GSyCA-SGECA, la Sub Gerencia de Ecologia y Control Ambiental solicita a la gerencia de Servicios y Control la aprobación del "Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales en el Distrito de Camaná, Provincia de Camaná, Región Arequipa";

Que, con Informe Nº 0754-2024 – MPC-GSCA, emitido por la Gerencia de Servicios y Control Ambiental de la Municipalidad Provincial de Camaná, en la misma que se solicita se apruebe el "Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales en el Distrito de Camaná, Provincia de Camaná, Región Arequipa";

Que, con Informe Legal N° 399-2024-MPC/GAJ, la Gerencia de Asesoría Jurídica opina que es procedente aprobar el "Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales en el Distrito de Camaná, Provincia de Camaná, Región Arequipa";

Que, por los fundamentos antes expresados y en uso de las facultades y atribuciones conferidas a este Despacho Resolución de Alcaldía N° 006-2024-MPC/A, de fecha 17 de enero del 2024,

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO. – APROBAR el "Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales en el Distrito de Camaná, Provincia de Camaná, Región Arequipa".

ARTÍCULO SEGUNDO. – ENCARGAR a la Subgerencia de Ecología y Control Ambiental y la Gerencia de Servicios y Control Ambiental, el cumplimiento de la presente Resolución.

ARTÍCULO TERCERO. – NOTIFICAR la presente resolución a las Unidades Orgánicas competentes de la Municipalidad Provincial de Camaná.

ARTÍCULO CUARTO. – ENCARGAR a la Sub Gerencia de Informática para su publicación en el portal institucional de la Municipalidad Provincial de Camaná.

REGISTRESE, COMUNIQUESE Y CUMPLASE

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CAMANÁ

Mg. Ronald Gonzales Lazo
GERENTE MUNICIPAL

Anexo 5 Registros de viviendas participantes.

ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES DEL DISTRITO DE CAMANÁ

REGISTRO DE VIVIENDAS EMPADRONADAS

FECHA: .....

CÓDIGO	NOMBRES Y APELLIDOS	DIRECCIÓN	DNI	N° HAB.	FIRMA
VIV-BC-001	Carolina Begazo Arroyo	AV: camaná 981.	30403341	4 P	
VIV-BC-002	Melani Soomai Zapata	AV: camaná	30408130	4 P	
VIV-BC-003	Marco A. Muñiz Zamata	AV: Camaná 897	29616567	4 P	
VIV-BC-004	Esperanza Montalvo	AV: Prabancacio 105	80264265	4 P.	
VIV-BC-005	Carina Arco Daniel	AV: Prabancacui MZ L.15	47060636	4 P	
VIV-BC-006	Valentin Ríos	AV. Prabancacui MZ 15	3041.3019	4 P	
VIV-BC-007	Priscila Cruz Molinic	AV: camaná 13.	24843884	5.	
VIV-BC-008	Rossy Nela Ccorituaman Huallpa	Av. Camana/Costa de mollil B-1	72110004	5P	
VIV-BC-009	Maria Huamani Alvares	AV Golici Carbajal S19	42617116	4 P	
VIV-BC-010	Ernesto Barrios Zamora	AV. camaná 823	30408465	4 P	

ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES DEL DISTRITO DE CAMANA

REGISTRO DE VIVIENDAS EMPADRONADAS

FECHA: .....

CÓDIGO	NOMBRES Y APELLIDOS	DIRECCIÓN	DNI	N° HAB.	FIRMA
VIV-BC-011	Feliz Espinoza Suyo	AV: Camaná 000 —	30404803	2 P	
VIV-BC-012	Agusti Nino Huamu V.	AV. Camaná 1757	30400339	2 P	
VIV-BC-013	Víctor Ortiz Argote	AV. Lima N° 753	30401859	8 P	
VIV-BC-014	Yudith Apaza	AV Lima N° 731	60784190	2 P	
VIV-BC-015	Lumiba Fernandez	AV: Lima 732	30.42.9561	2 P	
VIV-BC-016	Pedro Discando	AV: Lima 134	06042497	1 P	
VIV-BC-017	Maria Ricardo	AV. Lima 747	30402748	4 P	
VIV-BC-018	Gualto Peralta	AV: Lima 758	30424244	3 P	
VIV-BC-019	Luscarda Peralta	VA: Lima 724	30410347	2 P	
VIV-BC-020	Pedro Valdivia Tomas	VA. Lima 708	30407150	6 P	

ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES DEL DISTRITO DE CAMANA

REGISTRO DE VIVIENDAS EMPADRONADAS

FECHA: .....

CÓDIGO	NOMBRES Y APELLIDOS	DIRECCIÓN	DNI	N° HAB.	FIRMA
VIV-BC-021	Martina Gutierrez	Av Lima 684	30405355	4P	
VIV-BC-022	Maria Fitmencia Mendez	Av Lima 703	29407739	7P	
VIV-BC-023	Marco Guispe Vargas	Av. Lima 638	30408503	1 P.	
VIV-BC-024	Mario Rodriguez Boca	Av Lima	29385764	2P	
VIV-BC-025	Olga Begazo Ortega	Av Lima 509	30403446	2P	
VIV-BC-026	Guillermo Ruiz Delgado Grande	Av Lima 441	29544267	3P	
VIV-BC-027	Olga M. Correa Vargas	Av. Lima 405	30436129	2P	
VIV-BC-028	Romina Llerena Riega	Av. Lima 448	45975177	10	
VIV-BC-029	Guadalupe Chevlado Molina	Av. Lima 686	098 55726	3P	
VIV-BC-030	Lourdes Martinez Rosa	Av. Lima 747	30429524	4P	

ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES DEL DISTRITO DE CAMANA

REGISTRO DE VIVIENDAS EMPADRONADAS

FECHA: 25/06/24

CÓDIGO	NOMBRES Y APELLIDOS	DIRECCIÓN	DNI	N° HAB.	FIRMA
VIV-BC-031	Elvin Zunga Pedrew	Prolongación Quilca 516-B	30422393	05	
VIV-BC-032	Oscar Caso del Carpio	Prolongación Quilca 516 - A	29472776	02	
VIV-BC-033	Pedro Jiménez Huayna	Prolongación Quilca 508	30403641	07	
VIV-BC-034	Yamina Pastor Yanez	Prolongación Quilca 506 - A	30401282	03	
VIV-BC-035	Juan Pastor Rodriguez	Prolongación Quilca 506 - B	30402624	03	
VIV-BC-036	Elisa Ortega de Peralta	Prolongación Quilca 505	30401225	04	
VIV-BC-037	Aura Sierra de Ureza	Prolongación Quilca 501	30401470	02	
VIV-BC-038	Randy San Jorge Rodriguez	Prolongación Quilca / Jr. 28 de Mayo 122	40421692	03	
VIV-BC-039	Maria Cueva Dongo	Prolongación Quilca / Jr. 28 de Mayo 133	30403102	01	
VIV-BC-040	Ida luz Salazar Diaz	Prolongación Quilca / 28 de Mayo M2D	30407408	05	

LT. D16

Anexo 6 Resultados de análisis de humedad - Laboratorio.

UNSA

Laboratorio de Investigación y Servicios LABINVSERV

INFORME DE ENSAYOS

N° DE REPORTE:	**24936-24**
CLIENTE:	MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CAMANA.
DIRECCIÓN:	JR. PUENTE GRAU 122 CAMANA - AREQUIPA.
ENSAYO SOLICITADO:	ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO
PRODUCTO	RESIDUOS SOLIDOS ORGÁNICOS
CANTIDAD DE MUESTRA	03
FECHA DE RECEPCION:	Viernes, 28 de junio de 2024.
CARACTERISTICAS Y CONDICIONES:	BOLSA DE PLASTICO SELLADA
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS:	Jueves, 04 de julio de 2024.
REFERENCIA	MUESTRA PROPORCIONADA POR EL CLIENTE
PROCEDENCIA:	**M1 - M2 - M3 26/06/2024.**
CÓDIGO DE MUESTRA	31435 - 31436 - 31437

LOS RESULTADOS OBTENIDOS CORRESPONDEN AL ANÁLISIS SOLICITADO EN LA MUESTRA RECIBIDA.
ESTE FORMATO NO SERÁ REPRODUCIDO SIN AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO LABINVSERV

Página 1 de 2

UNSA

Laboratorio de Investigación y Servicios
LABINVSERV

INFORME DE ENSAYOS

REPORTE N°: 24936-24

ANÁLISIS DE:	UNIDAD	CARACTERISTICA	RESULTADOS	MÉTODO DE ENSAYO APLICADO NORMA/REFERENCIA/NOMBRE
Humedad	%	Domiciliarios Estrato BC	65,03	Método NTP 209.008
		Domiciliarios Estrato D	77,84	
		Comercio	69,23	
OBSERVACIONES:				

Emitido en Arequipa, 04 de julio de 2024

Página 2 de 2

Dra. Miriam Vilma María Milagros Carbajal
Coordinadora(e) del Laboratorio
RCQP - 259

Lic. Quím. Fredy Agustín Valdivia Pala
Químico Responsable
RCQP - 892

UNSA

Laboratorio de Investigación y Servicios LABINVSERV

INFORME DE ENSAYOS

N° DE REPORTE:	**24937-24**
CLIENTE:	MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CAMANA.
DIRECCIÓN:	JR. PUENTE GRAU 122 CAMANA - AREQUIPA.
ENSAYO SOLICITADO:	ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO
PRODUCTO	RESIDUOS SOLIDOS ORGÁNICOS
CANTIDAD DE MUESTRA	03
FECHA DE RECEPCION:	Viernes, 28 de junio de 2024.
CARACTERISTICAS Y CONDICIONES:	BOLSA DE PLASTICO SELLADA
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS:	Jueves, 04 de julio de 2024.
REFERENCIA	MUESTRA PROPORCIONADA POR EL CLIENTE
PROCEDENCIA:	**M1 - M2 - M3 27/06/2024.**
CÓDIGO DE MUESTRA	31438 - 31439 - 31440

LOS RESULTADOS OBTENIDOS CORRESPONDEN AL ANÁLISIS SOLICITADO EN LA MUESTRA RECIBIDA.
ESTE FORMATO NO SERÁ REPRODUCIDO SIN AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO LABINVSERV

UNSA

Laboratorio de Investigación y Servicios
LABINVSERV

INFORME DE ENSAYOS

REPORTE N°: 24937-24

ANÁLISIS DE:	UNIDAD	CARACTERISTICA	RESULTADOS	MÉTODO DE ENSAYO APLICADO NORMA/REFERENCIA/NOMBRE
Humedad	%	Domiciliarios Estrato BC	77,85	Método NTP 209.008
		Domiciliarios Estrato D	74,83	
		Comercio	68,30	
OBSERVACIONES:				

Emitido en Arequipa, 04 de julio de 2024.

Página 2 de 2

Ing. Miriam Vilma María Maldonado Carrejo
Coordinadora(e) del Laboratorio
RCQP - 259

Lic. Quím. Fredy Agustín Valdivia Peña
Químico Responsable
RCQP - 842

Anexo 7 Revisión de encuesta por tres expertos en gestión ambiental y manejo de residuos sólidos. Encuesta de percepción sobre manejo de residuos sólidos.

1. **Ing. Liliana Huancacuri Tambraico, Ing. Ambiental CIP N°243308**

GUÍA DE JUICIO DE EXPERTOS

1. **Identificación del experto**

   Nombre y apellidos: Liliana Huancacuri Tambraico

   Centro laboral: Consorcio ALYA, cargo especialista ambiental

   Titulo profesional: Ingeniera Ambiental

   Grado: Titulado y Colegiado

   Mención: Gestión Publica

2. **Instrucciones**

   Estimado(a) especialista, a continuación se muestra un conjunto de indicadores, el cual tiene que evaluar con criterio ético y estrictez científica, la validez del instrumento propuesto.

   Para evaluar dicho instrumento, marca con un aspa(x) una de las categorías contempladas en el cuadro:

   1: Muy bajo 2: Bajo 3: Medio 4: Bien 5: Muy bien

   Tabla

   Juicio de Expertos

Indicadores	Categoría				
	1	2	3	4	5
Las dimensiones de la variable responden a un contexto teórico de forma (visión general)			X		
Coherencia entre dimensión e indicadores (visión general)				X	
El número de indicadores evalúa las dimensiones y, por consiguiente, la variable seleccionada (visión general)				X	
Los ítems están redactados en forma clara y precisa, sin ambigüedades (claridad y precisión)			X		
Los ítems guardan relación con los indicadores de las variables (coherencia)			X		
Los ítems han sido redactados teniendo en cuenta la validez de contenido (validez)				X	
Los ítems han sido redactados teniendo en cuenta la prueba piloto (pertinencia y eficacia)				X	
Presenta algunas preguntas distractoras para controlar la contaminación de las respuestas (control de sesgo)					X

Los ítems han sido redactados de lo general a lo particular (orden)	X	
Los ítems del instrumento son coherentes en términos de cantidad (extensión)	X	
Los ítems no constituyen riesgo para el encuestado (inocuidad)	X	
Calidad en la redacción de los ítems(visión general)		X
Grado de objetividad del instrumento (visión general)		X
Grado de relevancia del instrumento (visión general)	X	
Estructura técnica básica del instrumento (organización)		X
Puntaje parcial	9 32	20
Puntaje total	61	

Nota: Índice de validación del juicio de experto (Ivje) = [puntaje obtenido / 75] x 100= 81

Cuestionario – Gestión integral de residuos solidos

Propuesta de un Plan de Gestión Integral Sostenible de la Disposición Final de los Residuos Sólidos Municipales – Camaná, Arequipa 2024						
Escala de Likert **1 = Totalmente en desacuerdo** **2 = En desacuerdo** **3 = Ni de acuerdo ni en desacuerdo** **4 = De acuerdo** **5 = Totalmente de acuerdo**						
DIMENSIÓN 1: Tipos de residuos sólidos						
Nº	**Ítem**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
1	En mi hogar se generan residuos orgánicos como restos de comida, cáscaras, entre otros.					
2	También se generan residuos inorgánicos como plásticos, vidrios, metales o papel.					
3	Habitualmente separo los residuos en orgánicos e inorgánicos.					
4	En mi comunidad existen lugares habilitados para el acopio de residuos reciclables.					
5	Considero que el municipio debería implementar más puntos de reciclaje.					
6	Es importante conocer la composición de los residuos que generamos para una buena gestión.					
DIMENSIÓN 2: Generación de residuos sólidos						
Nº	**Ítem**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
7	Conozco el horario y ruta del recojo de basura en mi zona.					
8	En mi casa se generan grandes cantidades de residuos cada semana.					
9	El servicio de recolección de residuos es eficiente y constante.					
10	La acumulación de basura en calles o espacios públicos es frecuente en mi distrito.					
11	Me preocupa la cantidad de residuos que generamos como comunidad.					
12	Me gustaría recibir orientación para reducir la cantidad de residuos que produzco.					

13	La mala disposición de residuos representa un problema de salud y ambiente en la zona.					
14	Estoy dispuesto(a) a participar en campañas municipales para mejorar la gestión de residuos.					
15	Sería importante contar con una planta de reciclaje en la provincia para reducir impactos.					

3. Escala de validación

Muy Baja (00-20%)	Baja (21-40%)	Regular (41-60%)	Alta (61-80%)	Muy Alta (81-100%)
El instrumento de investigación está observado			El instrumento de investigación requiere reajustes para su aplicación	El instrumento de investigación está apto para su aplicación

* Interpretación: Cuanto más se acerque el coeficiente a cero (0), mayor error habrá en la validez

4. Conclusión general y sugerencias (en coherencia con el nivel de validación alcanzado)

De acuerdo con la escala de validación, el instrumento de investigación cumple con una escala MUY ALTA de validación con 81% .

Liliana Huancacuri Tambraico
ING. AMBIENTAL
CIP N° 243308

Firma del experto

2. Ing. Zulema Noelia Jacobo Flores, Ing. Ambiental CIP N°265236

X|GUÍA DE JUICIO DE EXPERTOS

1. **Identificación del experto**

Nombre y apellidos: Zulema Noelia Jacobo Flores

Centro laboral: Municipalidad Provincial de Camaná

Título profesional: Ingeniería Ambiental

Grado: Superior - Universitario

Mención: Gestión Pública

2. **Instrucciones**

Estimado(a) especialista, a continuación se muestra un conjunto de indicadores, el cual tiene que evaluar con criterio ético y estrictez científica, la validez del instrumento propuesto.

Para evaluar dicho instrumento, marca con un aspa(x) una de las categorías contempladas en el cuadro:

1: Muy bajo 2: Bajo 3: Medio 4: Bien 5: Muy bien

Tabla

Juicio de Expertos

Indicadores	Categoría				
	1	2	3	4	5
Las dimensiones de la variable responden a un contexto teórico de forma (visión general)			X		
Coherencia entre dimensión e indicadores (visión general)			X		
El número de indicadores evalúa las dimensiones y, por consiguiente, la variable seleccionada (visión general)				X	
Los ítems están redactados en forma clara y precisa, sin ambigüedades (claridad y precisión)				X	
Los ítems guardan relación con los indicadores de las variables (coherencia)					X
Los ítems han sido redactados teniendo en cuenta la validez de contenido (validez)				X	
Los ítems han sido redactados teniendo en cuenta la prueba piloto (pertinencia y eficacia)				X	
Presenta algunas preguntas distractoras para controlar la contaminación de las respuestas (control de sesgo)					X

Los ítems han sido redactados de lo general a lo particular (orden)	X		
Los ítems del instrumento son coherentes en términos de cantidad (extensión)			X
Los ítems no constituyen riesgo para el encuestado (inocuidad)			
Calidad en la redacción de los ítems(visión general)	X		X
Grado de objetividad del instrumento (visión general)	X		
Grado de relevancia del instrumento (visión general)	X		
Estructura técnica básica del instrumento (organización)			X
Puntaje parcial	6	32	25
Puntaje total	63		

Nota: Índice de validación del juicio de experto (Ivje) = [puntaje obtenido / 75] x 100=84

Cuestionario – Gestión integral de residuos solidos

Propuesta de un Plan de Gestión Integral Sostenible de la Disposición Final de los Residuos Sólidos Municipales – Camaná, Arequipa 2024						
Escala de Likert **1 = Totalmente en desacuerdo** **2 = En desacuerdo** **3 = Ni de acuerdo ni en desacuerdo** **4 = De acuerdo** **5 = Totalmente de acuerdo**						
DIMENSIÓN 1: Tipos de residuos sólidos						
Nº	**Ítem**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
1	En mi hogar se generan residuos orgánicos como restos de comida, cáscaras, entre otros.					
2	También se generan residuos inorgánicos como plásticos, vidrios, metales o papel.					
3	Habitualmente separo los residuos en orgánicos e inorgánicos.					
4	En mi comunidad existen lugares habilitados para el acopio de residuos reciclables.					
5	Considero que el municipio debería implementar más puntos de reciclaje.					
6	Es importante conocer la composición de los residuos que generamos para una buena gestión.					
DIMENSIÓN 2: Generación de residuos sólidos						
Nº	**Ítem**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
7	Conozco el horario y ruta del recojo de basura en mi zona.					
8	En mi casa se generan grandes cantidades de residuos cada semana.					
9	El servicio de recolección de residuos es eficiente y constante.					
10	La acumulación de basura en calles o espacios públicos es frecuente en mi distrito.					
11	Me preocupa la cantidad de residuos que generamos como comunidad.					
12	Me gustaría recibir orientación para reducir la cantidad de residuos que produzco.					

13	La mala disposición de residuos representa un problema de salud y ambiente en la zona.					
14	Estoy dispuesto(a) a participar en campañas municipales para mejorar la gestión de residuos.					
15	Sería importante contar con una planta de reciclaje en la provincia para reducir impactos.					

3. **Escala de validación**

Muy Baja (00-20%)	Baja (21-40%)	Regular (41-60%)	Alta (61-80%)	Muy Alta (81-100%)
El instrumento de investigación está observado			El instrumento de investigación requiere reajustes para su aplicación	El instrumento de investigación está apto para su aplicación

* Interpretación: Cuanto más se acerque el coeficiente a cero (0), mayor error habrá en la validez

4. **Conclusión general y sugerencias (en coherencia con el nivel de validación alcanzado)**

El nivel de validación es de 88% considerando como Muy Alta.

Zulema Noelia Jacobo Flores
INGENIERA AMBIENTAL
CIP. 205230

Firma del experto

3. Ing. Luis Daniel Madalengoitia Alcazar, Ing. Ambiental CIP N° 284482

X|GUÍA DE JUICIO DE EXPERTOS

1. **Identificación del experto**

Nombre y apellidos: Luis Daniel Madalengoitia Alcazar

Centro laboral: Unidad Ejecutora 003 GICA del Ministerio del Ambiente

Titulo profesional: Ingeniero Ambiental

Grado: Maestro

Mención: Gestión Pública

2. **Instrucciones**

Estimado(a) especialista, a continuación se muestra un conjunto de indicadores, el cual tiene que evaluar con criterio ético y estrictez científica, la validez del instrumento propuesto.

Para evaluar dicho instrumento, marca con un aspa(x) una de las categorías contempladas en el cuadro:

1: Muy bajo 2: Bajo 3: Medio 4: Bien 5: Muy bien

Tabla

Juicio de Expertos

Indicadores	Categoría				
	1	2	3	4	5
Las dimensiones de la variable responden a un contexto teórico de forma (visión general)				X	
Coherencia entre dimensión e indicadores (visión general)				X	
El número de indicadores evalúa las dimensiones y, por consiguiente, la variable seleccionada (visión general)					X
Los ítems están redactados en forma clara y precisa, sin ambigüedades (claridad y precisión)				X	
Los ítems guardan relación con los indicadores de las variables (coherencia)			X		
Los ítems han sido redactados teniendo en cuenta la validez de contenido (validez)					X
Los ítems han sido redactados teniendo en cuenta la prueba piloto (pertinencia y eficacia)			X		
Presenta algunas preguntas distractoras para controlar la contaminación de las respuestas (control de sesgo)				X	

Los ítems han sido redactados de lo general a lo particular (orden)		X	
Los ítems del instrumento son coherentes en términos de cantidad (extensión)			X
Los ítems no constituyen riesgo para el encuestado (inocuidad)		X	
Calidad en la redacción de los ítems(visión general)		X	
Grado de objetividad del instrumento (visión general)		X	
Grado de relevancia del instrumento (visión general)			X
Estructura técnica básica del instrumento (organización)			X
Puntaje parcial	6	32	25
Puntaje total		63	

Nota: Índice de validación del juicio de experto (Ivje) = [puntaje obtenido / 75] x 100= 84

Cuestionario – Gestión integral de residuos solidos

Propuesta de un Plan de Gestión Integral Sostenible de la Disposición Final de los Residuos Sólidos Municipales – Camaná, Arequipa 2024						
Escala de Likert **1 = Totalmente en desacuerdo** **2 = En desacuerdo** **3 = Ni de acuerdo ni en desacuerdo** **4 = De acuerdo** **5 = Totalmente de acuerdo**						
DIMENSIÓN 1: Tipos de residuos sólidos						
Nº	**Ítem**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
1	En mi hogar se generan residuos orgánicos como restos de comida, cáscaras, entre otros.					
2	También se generan residuos inorgánicos como plásticos, vidrios, metales o papel.					
3	Habitualmente separo los residuos en orgánicos e inorgánicos.					
4	En mi comunidad existen lugares habilitados para el acopio de residuos reciclables.					
5	Considero que el municipio debería implementar más puntos de reciclaje.					
6	Es importante conocer la composición de los residuos que generamos para una buena gestión.					
DIMENSIÓN 2: Generación de residuos sólidos						
Nº	**Ítem**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
7	Conozco el horario y ruta del recojo de basura en mi zona.					
8	En mi casa se generan grandes cantidades de residuos cada semana.					
9	El servicio de recolección de residuos es eficiente y constante.					
10	La acumulación de basura en calles o espacios públicos es frecuente en mi distrito.					
11	Me preocupa la cantidad de residuos que generamos como comunidad.					
12	Me gustaría recibir orientación para reducir la cantidad de residuos que produzco.					

13	La mala disposición de residuos representa un problema de salud y ambiente en la zona.					
14	Estoy dispuesto(a) a participar en campañas municipales para mejorar la gestión de residuos.					
15	Sería importante contar con una planta de reciclaje en la provincia para reducir impactos.					

3. **Escala de validación**

Muy Baja (00-20%)	Baja (21-40%)	Regular (41-60%)	Alta (61-80%)	Muy Alta (81-100%)
El instrumento de investigación está observado			El instrumento de investigación requiere reajustes para su aplicación	El instrumento de investigación está apto para su aplicación

* Interpretación: Cuanto más se acerque el coeficiente a cero (0), mayor error habrá en la validez

4. **Conclusión general y sugerencias (en coherencia con el nivel de validación alcanzado)**

De acuerdo con la escala de validación, el instrumento de investigación cumple con una escala MUY ALTA de validación con un 84%.

Mg. Ing. Luis Daniel Madalengoitia Alcazar
Ingeniero Ambiental
C.I.P. N° 284482

Firma del experto

Anexo 8 Encuesta de percepción sobre manejo de residuos sólidos.

Cuestionario – Gestión Integral de Residuos Solidos

Propuesta de un Plan de Gestión Integral Sostenible de la Disposición Final de los Residuos Sólidos Municipales en la Provincia de Camaná, Arequipa 2024

Escala de Likert
1 = Totalmente en desacuerdo
2 = En desacuerdo
3 = Ni de acuerdo ni en desacuerdo
4 = De acuerdo
5 = Totalmente de acuerdo

DIMENSIÓN 1: Tipos de residuos sólidos

Nº	Item	1	2	3	4	5
1	En mi hogar se generan residuos orgánicos como restos de comida, cáscaras, entre otros.					X
2	También se generan residuos inorgánicos como plásticos, vidrios, metales o papel.				X	
3	Habitualmente separo los residuos en orgánicos e inorgánicos.					X
4	En mi comunidad existen lugares habilitados para el acopio de residuos reciclables.					X
5	Considero que el municipio debería implementar más puntos de reciclaje.				X	
6	Es importante conocer la composición de los residuos que generamos para una buena gestión.			X		
DIMENSIÓN 2: Generación de residuos sólidos						
7	Conozco el horario y ruta del recojo de basura en mi zona.	X				
8	En mi casa se generan grandes cantidades de residuos cada semana.			X		
9	El servicio de recolección de residuos es eficiente y constante.					X
10	La acumulación de basura en calles o espacios públicos es frecuente en mi distrito.			X		
11	Me preocupa la cantidad de residuos que generamos como comunidad.		X			
12	Me gustaría recibir orientación para reducir la cantidad de residuos que produzco.					X
13	La mala disposición de residuos representa un problema de salud y ambiente en la zona.					X
14	Estoy dispuesto(a) a participar en campañas municipales para mejorar la gestión de residuos.				X	
15	Sería importante contar con una planta de reciclaje en la provincia para reducir impactos.					X

Anexo 9 Resultado de encuestas.

DIMENSIÓN 1: Tipos de residuos sólidos						
1	En mi hogar se generan residuos orgánicos como restos de comida, cáscaras, entre otros.	**1 = TOTAL EN DESACUERDO**	**2 = EN DESACUERDO**	**3 = NI DE ACUERDO NI EN DESACUERDO**	**4 = DE ACUERDO**	**5 = TOTAL DE ACUERDO**
	Viviendas encuestadas: 121	**5**	**2**	**14**	**30**	**70**

2	También se generan residuos inorgánicos como plásticos, vidrios, metales o papel.	**1 = TOTAL EN DESACUERDO**	**2 = EN DESACUERDO**	**3 = NI DE ACUERDO NI EN DESACUERDO**	**4 = DE ACUERDO**	**5 = TOTAL DE ACUERDO**
	Viviendas encuestadas: 101	**8**	**16**	**24**	**43**	**30**

3	Habitualmente separo los residuos en orgánicos e inorgánicos.	**1 = TOTAL EN DESACUERDO**	**2 = EN DESACUERDO**	**3 = NI DE ACUERDO NI EN DESACUERDO**	**4 = DE ACUERDO**	**5 = TOTAL DE ACUERDO**
	Viviendas encuestadas: 101	**36**	**25**	**25**	**15**	**20**

4	En mi comunidad existen lugares habilitados para el acopio de residuos reciclables.	**1 = TOTAL EN DESACUERDO**	**2 = EN DESACUERDO**	**3 = NI DE ACUERDO NI EN DESACUERDO**	**4 = DE ACUERDO**	**5 = TOTAL DE ACUERDO**
	Viviendas encuestadas: 101	**30**	**15**	**26**	**22**	**28**

DIMENSIÓN 1: Tipos de residuos sólidos						
5	Considero que el municipio debería implementar más puntos de reciclaje.	**1 = TOTAL EN DESACUERDO**	**2 = EN DESACUERDO**	**3 = NI DE ACUERDO NI EN DESACUERDO**	**4 = DE ACUERDO**	**5 = TOTAL DE ACUERDO**
	Viviendas encuestadas: 101	**0**	**2**	**9**	**39**	**71**

6	Es importante conocer la composición de los residuos que generamos para una buena gestión.	**1 = TOTAL EN DESACUERDO**	**2 = EN DESACUERDO**	**3 = NI DE ACUERDO NI EN DESACUERDO**	**4 = DE ACUERDO**	**5 = TOTAL DE ACUERDO**
	Viviendas encuestadas: 101	**0**	**2**	**5**	**32**	**82**

DIMENSIÓN 2: Generación de residuos sólidos						
7	Conozco el horario y ruta del recojo de basura en mi zona.	**1 = TOTAL EN DESACUERDO**	**2 = EN DESACUERDO**	**3 = NI DE ACUERDO NI EN DESACUERDO**	**4 = DE ACUERDO**	**5 = TOTAL DE ACUERDO**
	Viviendas encuestadas: 121	**3**	**5**	**34**	**42**	**37**

8	En mi casa se generan grandes cantidades de residuos cada semana.	**1 = TOTAL EN DESACUERDO**	**2 = EN DESACUERDO**	**3 = NI DE ACUERDO NI EN DESACUERDO**	**4 = DE ACUERDO**	**5 = TOTAL DE ACUERDO**
	Viviendas encuestadas: 121	**6**	**8**	**38**	**37**	**32**

9	El servicio de recolección de residuos es eficiente y constante.	**1 = TOTAL EN DESACUERDO**	**2 = EN DESACUERDO**	**3 = NI DE ACUERDO NI EN DESACUERDO**	**4 = DE ACUERDO**	**5 = TOTAL DE ACUERDO**
	Viviendas encuestadas: 121	**1**	**1**	**43**	**43**	**33**

DIMENSIÓN 2: Generación de residuos sólidos						
10	La acumulación de basura en calles o espacios públicos es frecuente en mi distrito.	**1 = TOTAL EN DESACUERDO**	**2 = EN DESACUERDO**	**3 = NI DE ACUERDO NI EN DESACUERDO**	**4 = DE ACUERDO**	**5 = TOTAL DE ACUERDO**
	Viviendas encuestadas: 121	**4**	**2**	**28**	**42**	**45**

11	Me preocupa la cantidad de residuos que generamos como comunidad.	**1 = TOTAL EN DESACUERDO**	**2 = EN DESACUERDO**	**3 = NI DE ACUERDO NI EN DESACUERDO**	**4 = DE ACUERDO**	**5 = TOTAL DE ACUERDO**
	Viviendas encuestadas: 121	**1**	**3**	**19**	**40**	**58**

12	Me gustaría recibir orientación para reducir la cantidad de residuos que produzco.	**1 = TOTAL EN DESACUERDO**	**2 = EN DESACUERDO**	**3 = NI DE ACUERDO NI EN DESACUERDO**	**4 = DE ACUERDO**	**5 = TOTAL DE ACUERDO**
	Viviendas encuestadas: 121	**0**	**3**	**5**	**32**	**81**

13	La mala disposición de residuos representa un problema de salud y ambiente en la zona.	**1 = TOTAL EN DESACUERDO**	**2 = EN DESACUERDO**	**3 = NI DE ACUERDO NI EN DESACUERDO**	**4 = DE ACUERDO**	**5 = TOTAL DE ACUERDO**
	Viviendas encuestadas: 121	**0**	**0**	**2**	**26**	**93**

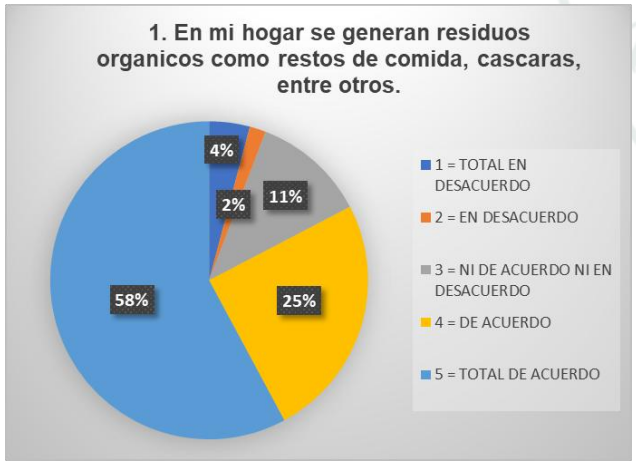
DIMENSIÓN 2: Generación de residuos sólidos						
14	Estoy dispuesto(a) a participar en campañas municipales para mejorar la gestión de residuos.	**1 = TOTAL EN DESACUERDO**	**2 = EN DESACUERDO**	**3 = NI DE ACUERDO NI EN DESACUERDO**	**4 = DE ACUERDO**	**5 = TOTAL DE ACUERDO**
	Viviendas encuestadas: 121	**3**	**10**	**32**	**24**	**52**

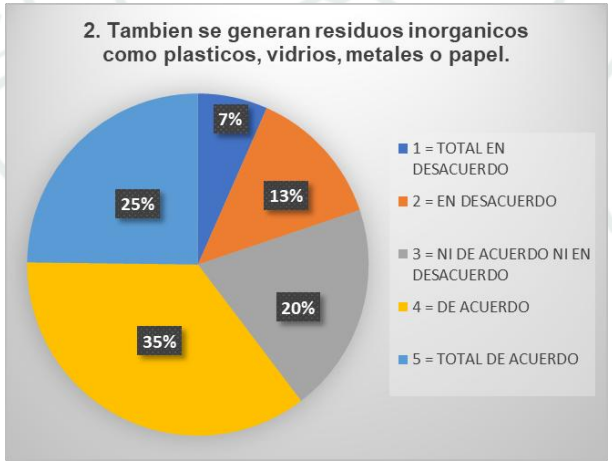
15	Sería importante contar con una planta de reciclaje en la provincia para reducir impactos.	**1 = TOTAL EN DESACUERDO**	**2 = EN DESACUERDO**	**3 = NI DE ACUERDO NI EN DESACUERDO**	**4 = DE ACUERDO**	**5 = TOTAL DE ACUERDO**
	Viviendas encuestadas: 121	**1**	**3**	**5**	**25**	**87**

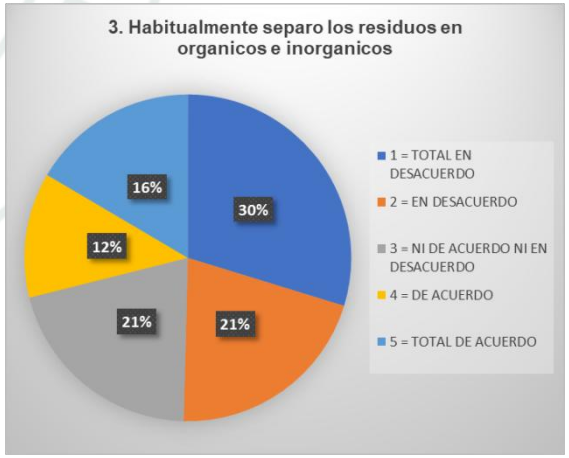
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 10 Gráficos de resultado de encuestas.

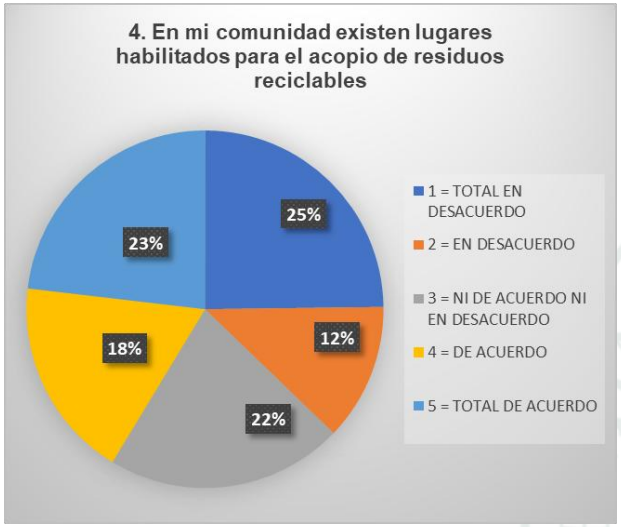
DIMENSIÓN 1: Tipos de residuos sólidos.

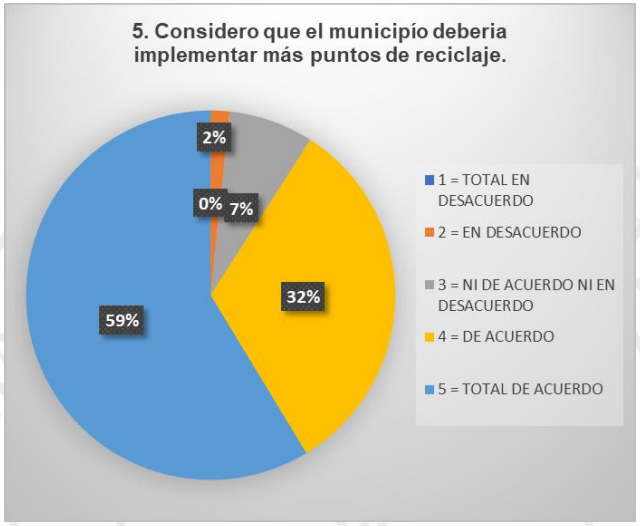


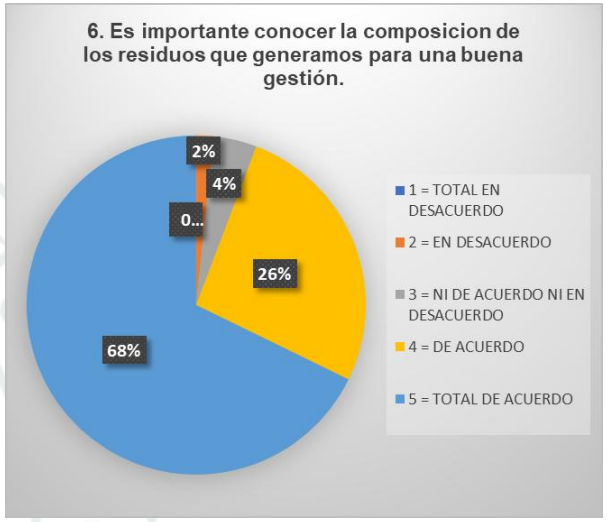




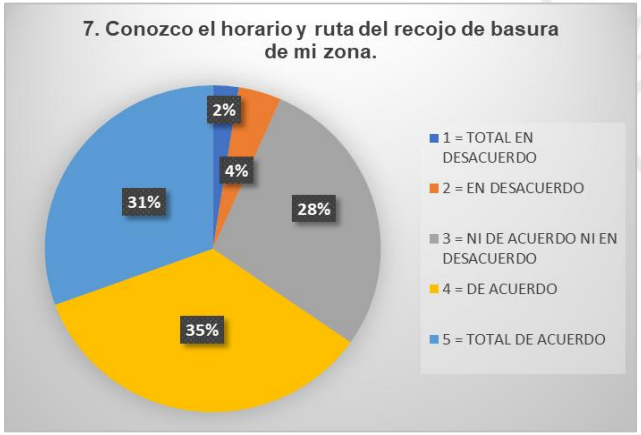
DIMENSIÓN 1: Tipos de residuos sólidos.

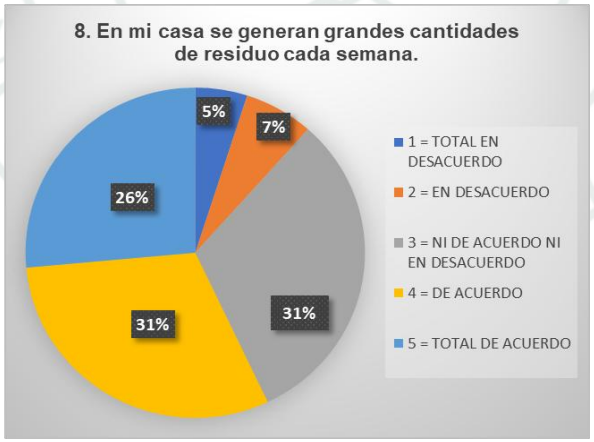


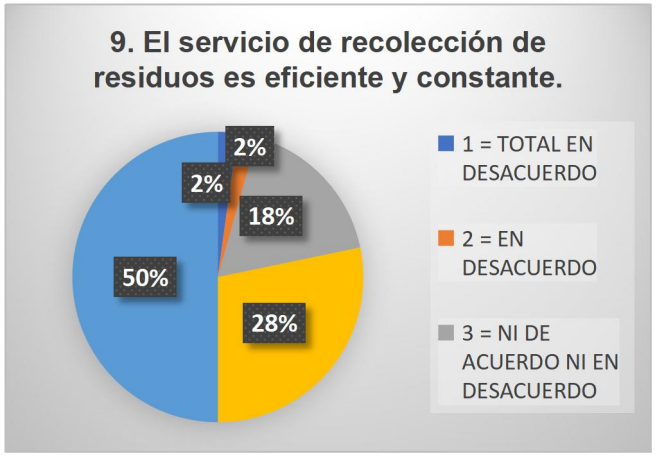




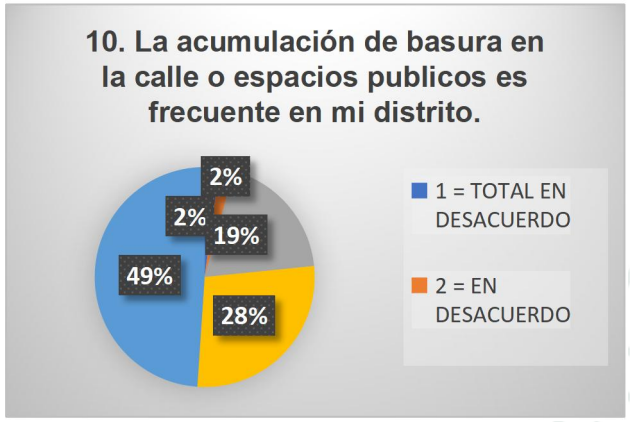
DIMENSIÓN 2: Generación de residuos sólidos.

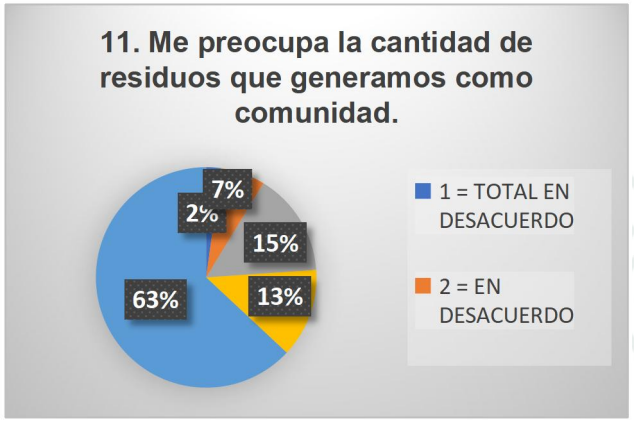


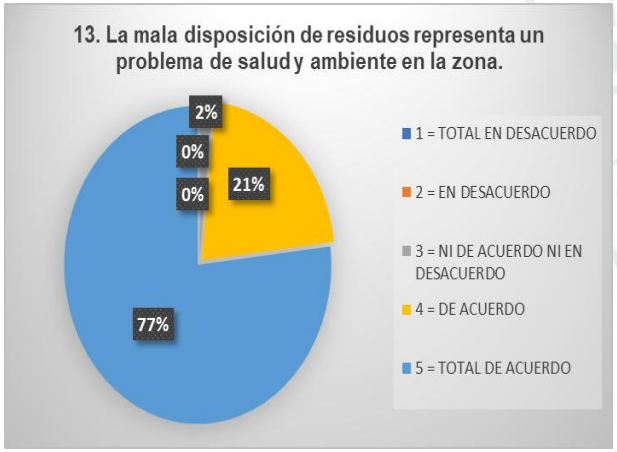


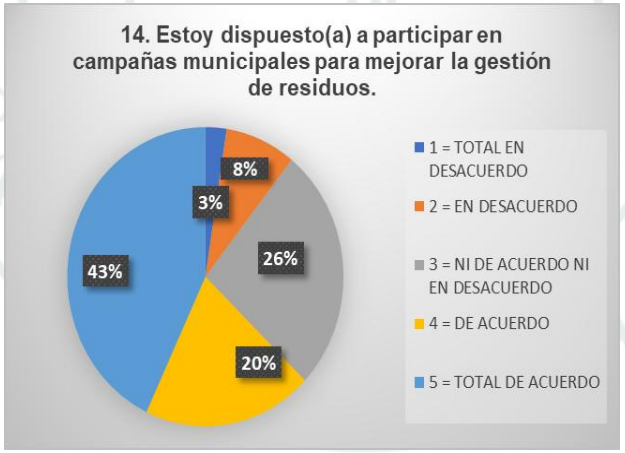


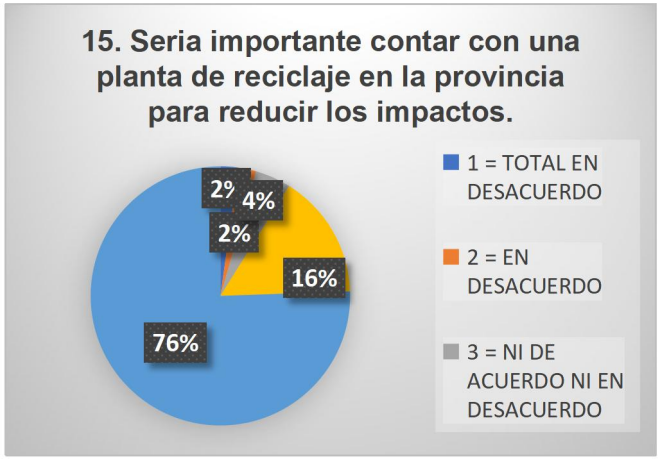
DIMENSIÓN 2: Generación de residuos sólidos.











Anexo 11 Convenio Terreno Quebrada Corralones con Municipalidad Camaná.

"AÑO DE LA DIVERSIFICACIÓN PRODUCTIVA Y DEL FORTALECIMIENTO DE LA EDUCACIÓN"

"AÑO DEL BICENTENARIO DE LA GESTA PATRIOTICA DE MARIANO MELGAR VALDIVIESO"

AUTORIDAD AUTONOMA DE MAJES
PROYECTO ESPECIAL MAJES SIGUAS

0228
(99)

CONVENIO DE AFECTACION EN USO ENTRE EL PROYECTO ESPECIAL MAJES SIGUAS – AUTODEMA Y LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CAMANA

Conste por el presente documento el **CONVENIO DE AFECTACION EN USO**, que celebran por una parte **EL PROYECTO ESPECIAL MAJES SIGUAS – AUTODEMA**, debidamente representado por por su Gerente Ejecutivo el **MVZ. ERNESTO AQUILINO CARNERO CARNERO,** en mérito a Resolución Ejecutiva Regional Nº 583-2015-GRA/PR de fecha 01.06.2015, identificado con DNI. Nº 30422700, con domicilio legal en Urb. La Marina E – 8, distrito de Cayma, provincia y departamento de Arequipa, a quién en adelante se le denominará **"AUTODEMA"**; y de otra parte, **LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CAMANA,** debidamente representada por su Alcalde. **EDWIN JAMIL VASQUEZ ZUÑIGA**, identificado con DNI. Nº. 30405206, señalando dirección domiciliaria Jirón Puente Grau 122 – Plaza de Armas, distrito Camana, provincia de Camana y departamento de Arequipa, a quién en adelante se le denominará **"LA MUNICIPALIDAD";** de acuerdo a los términos y condiciones siguientes:

CLÁUSULA PRIMERA.- ANTECEDENTES

AUTODEMA es un Organismo de derecho público dependiente del Gobierno Regional de Arequipa, en concordancia con lo establecido en la Ley Nº 27783 y el Decreto Supremo Nº 020-2003-VIVIENDA, por el cual se transfiere del Entidad del INADE al Gobierno Regional de Arequipa; creada por Ley Nº 23350, tiene a su cargo la conducción del Proyecto Especial Majes Siguas que fue creado por Decreto Supremo Nº 252-73-AG.

"LA MUNICIPALIDAD" es el Órgano de Gobierno Local que tiene personería jurídica de derecho público, con autonomía económica en los asuntos de su competencia. La Ley Nº 27972 norma la organización, autonomía, competencia, funciones y recursos, y además le son aplicables las leyes y disposiciones que de manera general y de conformidad con la constitución regulan las actividades y funcionamiento del Sector Público Nacional.

La Municipalidad provincial de Camana, incentiva a la población con deseos de superación, para poder mantener la sostenibilidad en el desarrollo de la Provincia, mientras estos deseos se mantengan, mucho más rápido será el avance en la consecución de objetivos. Asimismo el anhelo y deseo de superación, será una motivación primordial para poder lograr la visión de futuro que nos hemos planteado concertadamente.

CLÁUSULA SEGUNDA.- DESCRIPCIÓN DEL BIEN

El bien objeto de la Afectación en Uso es un terreno ubicado en el Sector de Quebrada Corralones ubicado en el Distrito de Quilca – Provincia de Camana, el cual tiene un perimetro de 10,634.81 metros lineales encerrados por una poligonal regular, y un área de extensión de 706.4934 Has. registrado en la Ficha 22010 del Registro de Propiedad Inmueble de Arequipa de propiedad de la **AUTODEMA,** además de contar con las siguientes coordenadas UTM, según el plano adjunto que forma parte del presente convenio.

CUADRO COORDENADAS UTM – AREA DE INFLUENCIA DATUM PSAD 56 ZONA 19

VERTICE	LADO	DISTANCIA	ESTE (X)	NORTE(Y)
A	A-B	2705.74	117606.5363	8157492.2710
B	B-C	2599.77	117270.0077	8154807.5441
C	C-D	2732.74	114689.5191	8155123.5937
D	D-A	2596.56	115032.6519	8157834.7008
TOTAL		10634.81		

100

CUADRO DE COORDENADAS UTM – AREA DE PLANTA DATUM PSAD 56 ZONA 19

VERTICE	LADO	DISTANCIA	ESTE (X)	NORTE(Y)
A	A-B	278.12	116169.8001	8155784.9310
B	B-C	89.11	115891.6854	8155784.4473
C	C-D	242.64	115875.0077	8155871.9793
D	D-A	190.10	116100.3698	8155961.8955
TOTAL		799.97		

CLÁUSULA TERCERA.- OBJETO
El presente Convenio tiene por objeto la Afectación en Uso del terreno descrito en la cláusula segunda, el cual será destinado para la construcción de un relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos municipales y construcción de infraestructura para el reaprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos e inorgánicos.

CLÁUSULA CUARTA.- OBLIGACIONES DE LA AUTODEMA
Son obligaciones de la **AUTODEMA** las siguientes:

1. Entregar la posesión del bien a favor de **"LA MUNICIPALIDAD"** el Sector de Quebrada Corralones ubicado en el Distrito de Quilca – Provincia de Camana. Por el plazo de vigencia del presente Convenio.
2. Elaborar el acta de entrega-recepción a la que se refiere el artículo **124º** del D.S. Nº 007-2008-VIVIENDA Reglamento del Sistema Nacional de Bienes Estatales.

CLÁUSULA QUINTA.- OBLIGACIONES DE "LA MUNICIPALIDAD"
Son obligaciones de la **"LA MUNICIPALIDAD"** las siguientes:

- Recibir la posesión del bien.
- Mantener la posesión de del bien durante el plazo de vigencia del presente Convenio.
- No realizar acto de disposición alguno sobre el derecho de posesión del bien
- Destinar el uso del bien al cumplimiento de las actividades especificadas en la Cláusula Octava.
- Asumir en forma inmediata y bajo responsabilidad, el pago de los servicios de agua y luz de ser necesarios.
- Hacerse cargo en forma total, inmediata del pago de todo impuesto de ley inherente al bien materia del presente.
- Aceptar toda responsabilidad por los daños que pudiera sufrir el bien materia del presente, o los daños que su mala conservación o su mal uso pudiera causar a terceros o a propiedades de terceros.
- Cumplir en todos sus extremos con los compromisos definidos en este documento.

CLÁUSULA SEXTA.- PLAZO DEL CONVENIO
El plazo del presente Convenio de Afectación en Uso tiene por vigencia el período de 30 años, contado a partir de la suscripción del Convenio.

CLÁUSULA SÉPTIMA.- TÍTULO DE LA AFECTACION EN USO
La AUTODEMA y **"LA MUNICIPALIDAD"** acuerdan que la Afectación en Uso celebrada a través del presente Convenio es a título gratuito.

(101)

CLÁUSULA OCTAVA.- DESTINO DEL BIEN
La **AUTODEMA** y la **"LA MUNICIPALIDAD"** acuerdan que el bien, será destinado para la construcción de un relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos municipales y construcción de infraestructura para el reaprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos e inorgánicos.

CLÁUSULA NOVENA.- DE LAS MEJORAS
De común acuerdo se deja claramente establecido, que toda mejora que por necesidad pudiera ser efectiva, quedara a favor del bien materia del presente, sin cargo ni reembolso alguno por parte de la **AUTODEMA.**

CLAUSULA DECIMA.- DE LA RENOVACION
Al término del periodo definido en la cláusula sexta, la **AUTODEMA** y **"LA MUNICIPALIDAD"**, podrán renovar la presente cesión en uso por el periodo que de común acuerdo consideren conveniente, y de acuerdo a la normatividad de la materia –Ley General del Sistema Nacional de Bienes Estatales aprobada por Ley Nº 29151 y su Reglamento.

CLAUSULA DECIMO PRIMERA.- DE LA SUPERVISION
Para efectos del presente, la **AUTODEMA**, podrá efectuar supervisiones periódicas respecto al cumplimiento de los objetivos específicos descritos en la cláusula octava del presente, así como respecto al cuidado, uso y/o mantenimiento de los bienes materia de la presente cesión en uso, designándose para tal efecto a la Sub Gerencia de Acondicionamiento Territorial.

DECIMO SEGUNDA.- DE LAS MODIFICACIONES
La **AUTODEMA** y **"LA MUNICIPALIDAD"**, de común acuerdo, podrán introducir modificaciones al presente convenio o de considerarlas necesarias para llevar a cabo el mejor cumplimiento de los objetivos propuestos..

CLÁUSULA DECIMO TERCERA.- CAUSALES DE RESOLUCIÓN
Son causales de resolución del presente Convenio de Afectación en Uso las siguientes:

- Incumplimiento de alguna de las obligaciones especificadas en las Cláusulas Cuarta y Quinta.
- Pérdida de la propiedad Del bien por parte de la **AUTODEMA**.
- El mutuo disenso.
- Caso fortuito o fuerza mayor que haga física o jurídicamente imposible el surtimiento de los efectos del presente Convenio.
- Por ley o disposición expresa.
- Producido cualquiera de los casos antes descritos, **"LA MUNICIPALIDAD"** se compromete a retirarse del bien devolviéndolo a la **AUTODEMA**, en iguales condiciones y estado en las que se le fue entregado para su uso según se define en la cláusula octava, sin necesidad de mediar solicitud escrita por parte de la **AUTODEMA**.

CLÁUSULA DÉCIMO CUARTA.- DOMICILIO DE LA PARTES

102

Las partes expresan que para los efectos del presente Convenio de Afectación en Uso regirán los domicilios señalados en la parte introductoria del presente Convenio, cualquier variación de los mismos solo surtirá efectos si es comunicado de manera escrita y expresa a la otra parte.

En señal de conformidad las partes lo suscriben en triplicado en la ciudad de Arequipa, a los 02 días del mes de junio del año 2015.

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL CAMANÁ
Q.F. Edwin Jam Vásquez Zúñiga
ALCALDE
LA MUNICIPALIDAD

LA AUTODEMA
GOBIERNO REGIONAL DE AREQUIPA
PROYECTO ESPECIAL MAJES-SIGUAS
AUTODEMA

M.V.Z. Ernesto Carnero Carnero
Gerente Ejecutivo

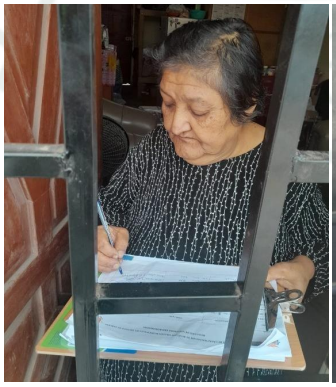
ANEXOS FOTOGRAFICOS

Anexo fotográfico 1 11-A. Sticker para empadronamiento domiciliario.

Anexo fotográfico 2 11-B. Sticker para empadronamiento para las fuentes no domiciliarias.

.

Anexo fotográfico 3 11-C: Fotos empadronamiento de viviendas.

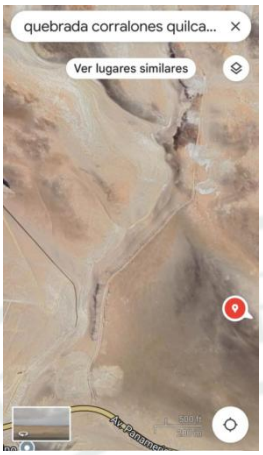


Anexo fotográfico 4 11-D: Recojo de las muestras domiciliarias, comerciales y especiales.

Anexo fotográfico 5 11-E: Determinación de Densidad de residuos sólidos recolectados.

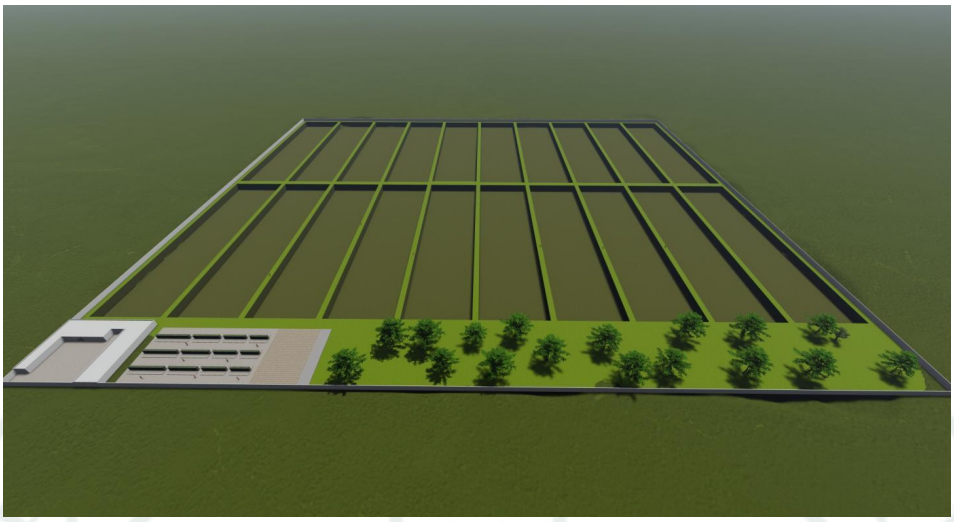
Anexo fotográfico 6 11-F: Muestra para cálculo de la humedad de los residuos sólidos

Anexo fotográfico 7 11-G: Terreno Quebrada Corralones

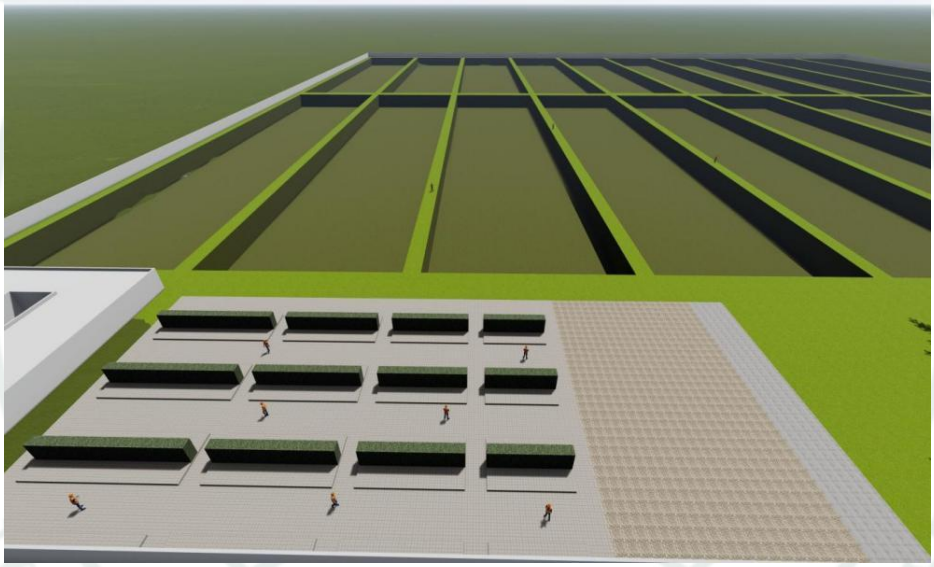


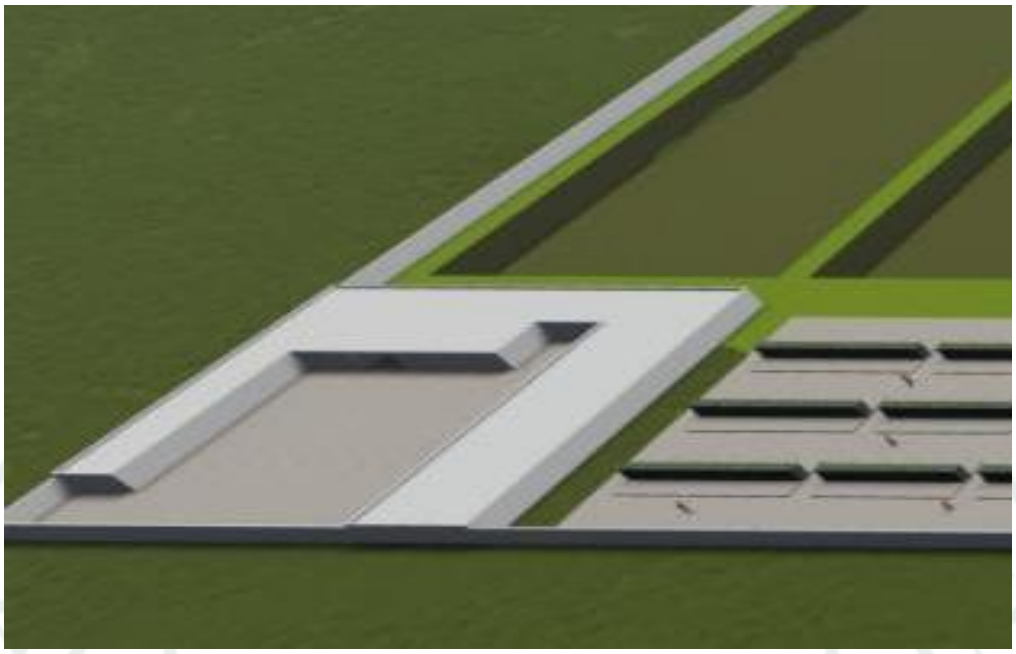
Anexo fotográfico 8 11-H: Fotos actual Botadero de la Municipalidad de Camaná.

Anexo fotográfico 9 11-I: Vista aérea en 3D de la planta de relleno sanitario



Anexo fotográfico 10 11-J: Vista lateral en 3D de la planta de compostaje y Trincheras



Anexo fotográfico 11 11-K: Vista lateral en 3D de la planta de compostaje.

Anexo fotográfico 12 11-L: Vista aérea en 3D aérea de la planta de reciclaje.