



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Diseño de un relleno sanitario para la disposición final de residuos sólidos urbanos, de los distritos de San Nicolás y Mariscal Benavides – Amazonas

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

AUTORES

Riva Rodriguez, Jhonny Maykol
ORCID: 0000-0002-6537-4527

Tacuchi Jara, Francisco David
ORCID: 0000-0003-3125-2713

ASESOR

Sueldo Mesones, Jaime Pío
ORCID: 0000-0003-3760-8370

Lima, Perú

2022

Metadatos Complementarios

Datos del autor(es)

Riva Rodriguez, Jhonny Maykol

DNI: 75087757

Tacuchi Jara, Francisco David

DNI: 72874112

Datos de asesor

Sueldo Mesones, Jaime Pío

DNI: 43703437

Datos del jurado

JURADO 1

Fano Miranda, Gonzalo Ramcés

DNI: 09178719

ORCID: 0000-0002-4401-8654

JURADO 2

Estrada Mendoza, Miguel Luis

DNI: 10493289

ORCID: 0000-0002-8646-3852

JURADO 3

Donayre Córdova, Oscar Eduardo

DNI: 06162939

ORCID: 0000-0002-4778-3789

Datos de la investigación

Campo del conocimiento OCDE: 2.01.01

Código del Programa: 732016

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a mis padres por su continuo esfuerzo en mi formación y en todo momento. A Angie, por su apoyo constante. A mis tíos, hermanos y abuelos por sus consejos en los años de estudio.

Riva Rodriguez, Jhonny Maykol

Dedico esta tesis a mis padres por apoyarme en todo momento.

Tacuchi Jara, Francisco David

AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios por ser nuestro guía constante; a la Universidad Ricardo Palma, a su plana docente y al Programa Nacional de Becas y Crédito Educativo (PRONABEC) por brindarnos la oportunidad para desarrollarnos profesionalmente. A nuestras familias y amigos, por estar presente en cada paso de nuestras vidas.

Riva Rodriguez, Jhonny Maykol

Tacuchi Jara, Francisco David

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	i
ABSTRACT.....	ii
INTRODUCCIÓN	iii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Descripción y formulación del problema.....	1
1.1.1. Realidad problemática.....	1
1.1.2. Problema general.....	12
1.1.3. Problemas específicos	12
1.2. Objetivo general y específicos.....	13
1.2.1. Objetivo General	13
1.2.2. Objetivos Específicos	13
1.3. Delimitación de la investigación	13
1.3.1. Temporal	13
1.3.2. Espacial	13
1.3.3. Temática.....	14
1.4. Justificación e importancia	14
1.4.1. Importancia.....	14
1.4.2. Justificación.....	15
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	17
2.1. Antecedentes del estudio de investigación	17
2.1.1. Investigaciones nacionales	17
2.1.2. Investigaciones internacionales.....	20
2.2. Bases teóricas vinculadas a las variables de estudio.....	23
2.2.1. Residuos Sólido urbanos	23
2.2.2. Clasificación de los residuos sólidos.....	23
2.2.3. Caracterización de residuos sólidos municipales	28
2.2.4. Manejo de residuos sólidos de gestión municipal.....	28
2.2.5. Entidades vinculadas	32
2.2.6. Tipos de disposición final de residuos solidos	41
2.2.7. Relleno Sanitario	42
2.2.8. Estudio de selección de área.....	53
2.2.9. Diseño de infraestructura de relleno sanitario manual	65

2.2.10. Operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario	78
2.3. Definición de términos básicos	83
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DEL ESTUDIO.....	86
3.1. Tipo y nivel	86
3.1.1. Tipo de investigación	86
3.1.2. Nivel de investigación	86
3.2. Diseño de la investigación	86
3.2.1. Tipo de diseño de la investigación	86
3.2.2. Enfoque de la investigación	87
3.3. Población y muestra	87
3.3.1. Población de estudio.....	87
3.3.2. Diseño muestral.....	87
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	87
3.4.1. Tipos de técnicas e instrumentos.....	87
3.4.2. Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos	87
3.4.3. Procedimiento para la recolección de datos	88
3.5. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información	88
CAPÍTULO IV: DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.....	89
4.1. Diagnóstico y situación actual.....	89
4.1.1. Ubicación	89
4.1.2. Administración	89
4.1.3. Producción y Caracterización.....	92
4.1.4. Proyección de la generación de residuos sólidos	95
4.2. Selección de área	101
4.2.1. Áreas preseleccionadas	101
4.2.2. Criterios de restricción	104
4.2.3. Criterios de selección	109
4.3. Diseño de la infraestructura del relleno sanitario	118
4.3.1. Tecnología.....	118
4.3.2. Método	118
4.3.3. Cálculo de área requerida.....	121
4.3.4. Área administrativa	121
4.3.5. Área Total.....	122
4.3.6. Diseño de celda diaria	122

4.3.7. Diseño de canal pluvial	124
4.3.8. Diseño de la vía interna	128
4.3.9. Cálculo de generación de lixiviados.....	129
4.4. Presentación de resultados.....	133
4.4.1. Oficinas administrativas y de servicio	133
4.4.2. Vía de acceso interno	138
4.4.3. Trinchera.	139
4.4.4. Celdas de disposición final.....	142
4.4.5. Drenes de recolección	143
4.4.6. Área de abastecimiento y almacenamiento de materia de cobertura	145
4.4.7. Barrera sanitaria	146
4.4.8. Canal pluvial	147
4.5. Análisis de resultados	148
CONCLUSIONES	150
RECOMENDACIONES	152
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	153
ANEXOS.....	159

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Listado de rellenos sanitarios en la región de Amazonas.....	7
Tabla 2 Residuos sólidos domiciliarios.....	23
Tabla 3 Clasificación de los rellenos sanitarios.....	47
Tabla 4 Criterios de Calificación para la selección de área: Asignación de puntaje por cada criterio.....	63
Tabla 5 Criterios de Calificación para la selección de área: Calificación por peso ponderado.....	64
Tabla 6 Puntaje de calificación.....	65
Tabla 7 Rangos de calificación.....	65
Tabla 8 Taludes de corte: Relleno sanitario: Rango de densidades de compactación....	67
Tabla 9 Taludes de corte: inclinaciones recomendadas.....	69
Tabla 10 Características de secciones para zanjas perimetrales.....	77
Tabla 11 Generación total y generación per cápita del distrito de San Nicolás.....	92
Tabla 12 Generación total y generación per cápita del distrito de Mariscal Benavides.	93
Tabla 13 Composición de residuos sólidos urbanos de origen domiciliaria.....	93
Tabla 14 Población de los distritos San Nicolás y Mariscal Benavides en los últimos 3 censos.....	95
Tabla 15 Cálculo de la población base mediante la tasa de crecimiento anual.....	96
Tabla 16 Población de diseño por los métodos: Aritmético, Geométrico y Exponencial.....	97
Tabla 17 Población de Diseño por distritos.....	98
Tabla 18 Generación per cápita de residuos según cada distrito.....	98
Tabla 19 Generación de Residuos para un periodo de vida útil de 10 años.....	99
Tabla 20 Volumen mínimo útil.....	100
Tabla 21 Distancia de las áreas propuestas a aeropuertos.....	107
Tabla 22 Distancia de las áreas propuestas a centros poblados.....	109
Tabla 23 Distancia de las áreas propuestas a fuentes de agua.....	111
Tabla 24 Asignación de puntaje por cada criterio.....	116
Tabla 25 Calificación por peso ponderado.....	117
Tabla 26 Orden de mérito de las áreas propuestas.....	118
Tabla 27 Selección del talud de acuerdo al tipo de suelo.....	120
Tabla 28 Capacidad útil de diseño.....	120
Tabla 29 Dimensionamiento de celda diaria.....	123

Tabla 30 Caudales máximos para diferentes periodos de retorno	127
Tabla 31 Características de secciones para zanjas perimetrales.	129
Tabla 32 Precipitación máxima mensual en la provincia de Rodríguez de Mendoza. .	130
Tabla 33 Dimensiones de las pozas de captación de lixiviados 1 y 2.	131
Tabla 34 Cálculo del caudal de lixiviados.	132
Tabla 35 Dimensionamiento del relleno sanitario	149

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Residuos sólidos municipales anuales generados (kg/cápita/día).	1
Figura 2: Generación de desechos a nivel Regional anual (2018).	2
Figura 3: Disposición final en países de América Latina y el Caribe.	3
Figura 4: Basura acumulada en por cierre de relleno sanitario en Cusco.	4
Figura 5: Basura acumulada en por cierre de relleno sanitario en Cusco.	4
Figura 6: Generación total de residuos sólidos municipales en Perú	5
Figura 7: Destino final de RSM, según departamento en el año 2019.	6
Figura 8: Mapa regional de infraestructura de disposición final	8
Figura 9: Botadero a cielo abierto Rondón - Chachapoyas	9
Figura 10: Botadero municipal.	10
Figura 11: Botadero municipal (Julio 2022).	10
Figura 12: Botadero municipal (Julio 2022).	11
Figura 13: Infografía: Diferencias entre un basural y un relleno sanitario.	12
Figura 14: Mapa de ubicación.	14
Figura 15: Relleno sanitario manual.	44
Figura 16: Relleno sanitario semimecanizado.	45
Figura 17: Relleno sanitario mecanizado.	46
Figura 18: Método de disposición final: de trinchera o zanja, para relleno manual o semimecanizado.	49
Figura 19: Método de trinchera para construir un relleno sanitario.	49
Figura 20: Método de área para construir un relleno sanitario.	51
Figura 21: Método de disposición final: combinado, para relleno manual, semimecanizado o mecanizado.	52
Figura 22: Método combinado (área y trinchera).	53
Figura 23: Periodos de vida útil.	55
Figura 24: Terrenos que no son aptos para material de cobertura.	59
Figura 25: Equipos para usar como protección personal.	79
Figura 26: Ubicación de los Distritos San Nicolás y Mariscal Benavides.	89
Figura 27: Personal haciendo el servicio de recolección domiciliaria.	90
Figura 28: Botadero municipal (Julio 2022).	91
Figura 29: Ubicación del botadero municipal.	92
Figura 30: Comparativa de la Población Base y los tres métodos empleados.	97
Figura 31: Plano de levantamiento topográfico de la alternativa 1: Santa Rosa.	101

Figura 32: Vista del tipo de suelo.	102
Figura 33: Plano de levantamiento topográfico de la alternativa 2: Sector Muyucsha.	103
Figura 34: Vista panorámica del terreno.	103
Figura 35: Plano de levantamiento topográfico de la alternativa 2: Sector Yunguilla.	104
Figura 36: Distancia del sector Santa Rosa al aeropuerto.	105
Figura 37: Distancia del sector Muyucsha al aeropuerto.	106
Figura 38: Distancia del sector Yunguilla al aeropuerto.	107
Figura 39: Mapa de zonas sísmicas.	108
Figura 40: Unidades morfoestructurales en la zona de estudio (INGEMMET, 2017).	110
Figura 41: Proyección de las curvas de nivel del Sector Muyucsha.	119
Figura 42: Ilustración de trinchera 1 y 2.	121
Figura 43: Mapa geomorfológico.	125
Figura 44: Área de escurrimiento.	126
Figura 45: Cálculo del canal.	128
Figura 46: Caseta administrativa.	133
Figura 47: Almacén de herramientas.	134
Figura 48: Vestidor.	135
Figura 49: Estacionamiento.	135
Figura 50: Caseta de vigilancia.	136
Figura 51: Ubicación de los componentes del área administrativa.	137
Figura 52: Vía de acceso interno.	138
Figura 53: Vista en planta de la trinchera N° 1.	139
Figura 54: Corte transversal A – A de la trinchera.	140
Figura 55: Corte longitudinal B - B de la trinchera.	140
Figura 57: Dimensión de Celda.	142
Figura 58: Distribución del sistema de drenaje de lixiviados.	143
Figura 59: Dren principal.	144
Figura 60: Dren secundario.	144
Figura 61: Área de abastecimiento de material de cobertura.	145
Figura 62: Área de barrera sanitaria.	146
Figura 63: Canal pluvial.	147
Figura 64: Sección de canal pluvial.	148
Figura 65: Botadero municipal (Julio 2022).	148

RESUMEN

La presente tesis, tuvo como objetivo proponer un diseño de un relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos urbanos de los distritos de San Nicolás y Mariscal Benavides. Se procedió recopilando información con respecto al manejo actual de los residuos sólidos municipales, en donde se determinó que la disposición final es deficiente debido a que los residuos son depositados en el botadero a cielo abierto a cargo de la municipalidad provincial de Rodríguez de Mendoza.

Para solucionar este problema se realizó la selección de área empleado los criterios de restricción y haciendo un análisis multicriterio; seguidamente se diseñó un relleno sanitario de tipo manual, empleado el método de trinchera o zanja, para una vida útil de 10 años. Se diseñó 2 trincheras en forma de prisma trapezoidal de largo superior de 132 m, ancho superior de 62 m, largo inferior de 120 m, ancho inferior de 50 m, altura de 3m y un talud de 2:1 (H:V) albergando un volumen de 21,191 m³ en cada trinchera; además se propone un área administrativa construida que ocupará 227 m², una caseta o garita de control de 6.25 m², una vía de acceso interno con ancho de 3.5 metros, dos pozas de lixiviados de forma de prisma trapezoidal de lado superior de 12m, de lado inferior de 4 m, altura de 2 m y un talud de 2:1 (H:V), además de un sistema de drenes de recolección de lixiviados, cada trinchera contará con 10 chimeneas para la gestión de gases espaciadas con un radio de 20 metros entre sí, un área de abastecimiento y almacenamiento de material de cobertura de 2,000 m², y una barrera sanitaria para recudir los impactos negativos y proteger a la población de posibles riesgos.

Palabras Clave: relleno sanitario, disposición final, residuos sólidos urbanos, selección de área.

ABSTRACT

The objective of this thesis was to propose a design of a sanitary landfill for the final disposal of urban solid waste in the districts of San Nicolás and Mariscal Benavides. Information was collected regarding the current management of municipal solid waste, where it was determined that the final disposal is deficient because the waste is deposited in the open-air dump in charge of the provincial municipality of Rodríguez de Mendoza.

To solve this problem, the selection of the area was carried out using the restriction criteria and making a multicriteria analysis; Next, a manual type sanitary landfill was designed, using the trench or ditch method, for a useful life of 10 years. Two trenches were designed in the form of a trapezoidal prism with an upper length of 132 m, an upper width of 62 m, a lower length of 120 m, a lower width of 50 m, a height of 3 m and a slope of 2:1 (H:V) housing a volume of 21,191 m³ in each trench; In addition, a built administrative area is proposed that will occupy 227 m², a control booth or checkpoint of 6.25 m², an internal access road with a width of 3.5 meters, two trapezoidal prism-shaped leachate ponds with an upper side of 12m, on a side lower than 4 m, height of 2 m and a slope of 2:1 (H:V), in addition to a leachate collection drain system, each trench will have 10 chimneys for gas management spaced with a radius of 20 meters between them, a supply and storage area for covering material of 2,000 m², and a sanitary barrier to reduce negative impacts and protect the population from possible risks.

Keywords: landfill, final disposal, urban solid waste, area selection.

INTRODUCCIÓN

El proyecto de tesis “Diseño de un relleno sanitario para la disposición final de residuos sólidos urbanos, de los distritos de San Nicolás y Mariscal Benavides – Amazonas” consiste en proponer el diseño de un relleno sanitario para disposición final de residuos sólidos urbanos el cual será beneficioso para la población de los distritos San Nicolás y Mariscal Benavides y la metodología puede ser replicada en cualquier parte del Perú. La presente tesis se divide en las siguientes partes.

En el capítulo I, se procede a la descripción de la problemática del tema de investigación, en la cual consultamos fuentes de similar contenido para la formulación y justificación adecuada, ya que, en la provincia de Rodríguez de Mendoza no se cuenta con una adecuada infraestructura para disposición final de los residuos sólidos municipales, lo que genera la contaminación del recurso medio ambiente.

En el capítulo II, el marco teórico se sustenta con la recolección de investigaciones previas y las teorías científicas relacionadas al tema, tanto nacionales e internacionales, asimismo se recopila la normativa legal actualizada y procedimientos de diseño relacionado a la disposición final de los residuos sólidos como guías elaboradas por el Ministerio del Ambiente.

En el capítulo III, se describe la metodología de la investigación que sigue la tesis presentando tipo, alcance, diseño y enfoque. Así como las técnicas e instrumentos para la recolección de datos.

En el capítulo IV, se desarrolla la investigación presentando el caso de estudio, la normativa legal, la selección del sistema y dimensionamiento del relleno sanitario.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción y formulación del problema

1.1.1. Realidad problemática

La gestión de residuos sólidos afecta a todas las personas del mundo, ya sea que las personas gestionen sus propios residuos o que los gobiernos proporcionen servicios de gestión de residuos a sus ciudadanos. A medida que las naciones y las ciudades se urbanicen, se desarrollen económicamente y crezcan en términos de población, el Banco Mundial estima que la generación de desechos aumentará de 2010 millones de toneladas en 2016 a 3400 millones de toneladas en 2050. Actualmente, al menos el 33 % de estos desechos se gestionan de forma inadecuada a nivel mundial a través de vertedero a cielo abierto o quema (Kaza, Yao, Bhada-Tata, & Van Woerden, 2018, p.18).

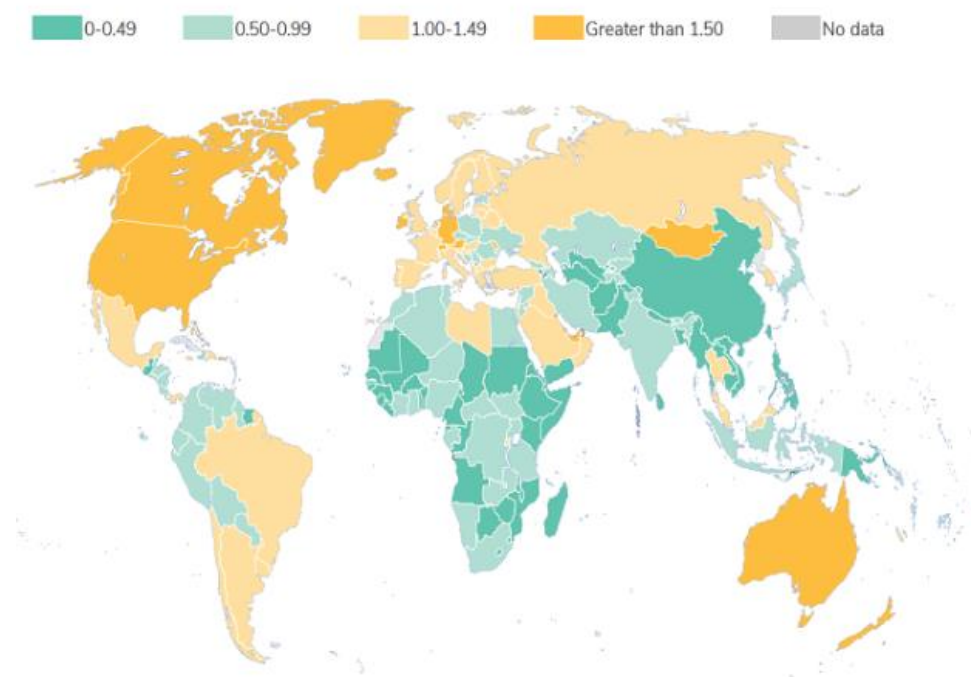


Figura 1: Residuos sólidos municipales anuales generados (kg/hab./día).

Fuente: Kaza, Yao, Bhada-Tata, & Van Woerden (2018).

La región de Asia oriental y el Pacífico es en la que más desechos se generan actualmente, el 23 %, a nivel mundial. Y aunque en los países de ingreso alto vive sólo el 16 % de la población del mundo, en esas naciones, en conjunto, se genera casi la tercera parte (34 %) de los desechos a nivel mundial. Sin embargo, es probable que en los países de ingreso mediano bajo se registre el

mayor aumento de la producción de desechos como se observa en África al sur del Sahara y Asia meridional son las regiones de crecimiento más rápido, donde se prevé que, para 2050, la generación total de desechos se triplicará y se duplicará con creces, respectivamente, y constituirá el 35 % de los desechos a nivel mundial. En la región de Oriente Medio y Norte de África, también se prevé que se duplique la generación de desechos para 2050 (Banco Mundial, 2018).

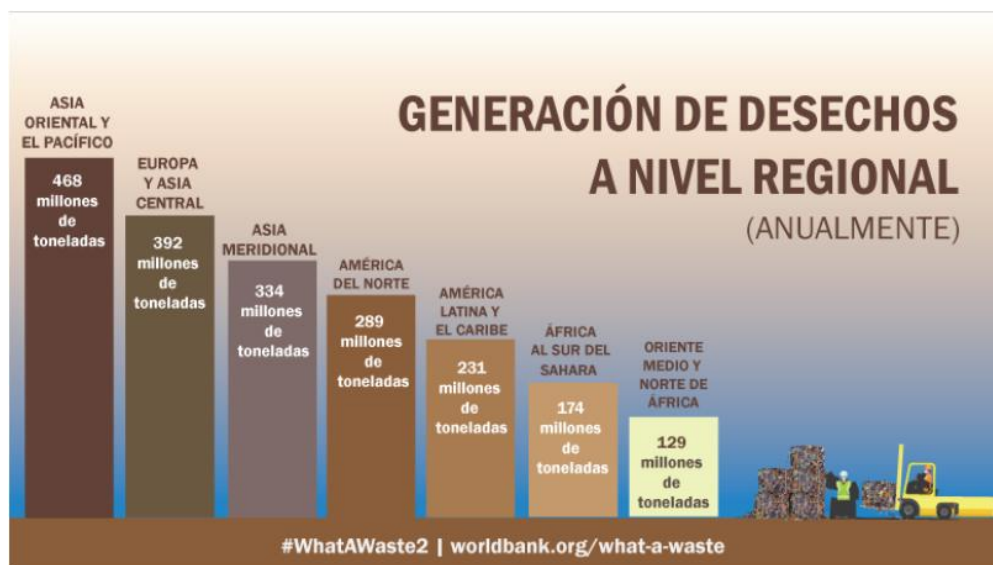


Figura 2: Generación de desechos a nivel Regional anual (2018).

Fuente: Tomado del Banco Mundial, 2018.

En América Latina y el Caribe se generan 231 millones de toneladas de residuos sólidos urbanos anualmente de los cuales un tercio aún terminan en basurales a cielo abierto o en el medio ambiente, una práctica que afecta la salud de sus habitantes y está contaminando los suelos, el agua y el aire (ONU, 2018).

Si bien, cada latinoamericano genera en promedio un kilo de basura al día y estaría por debajo de otros países de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico), el problema reside en que la gestión de los residuos sólidos urbanos en América Latina es uno de los mayores retos para la sostenibilidad de la región (PNUMA como se citó en ONU, 2018) afirma:

Aproximadamente 145.000 t/día se destinan todavía a basurales, quemadas u otras prácticas inadecuadas, lo que es equivalente al 27% de los residuos generados por 170 millones de personas.

En la región de América Latina y el Caribe se identifica la presencia de más de 11 mil basurales, 2.890 vertederos controlados, y 1.993 rellenos sanitarios, según la información recopilada de más de 19 países (ONU, 2021), como se muestra en la figura.

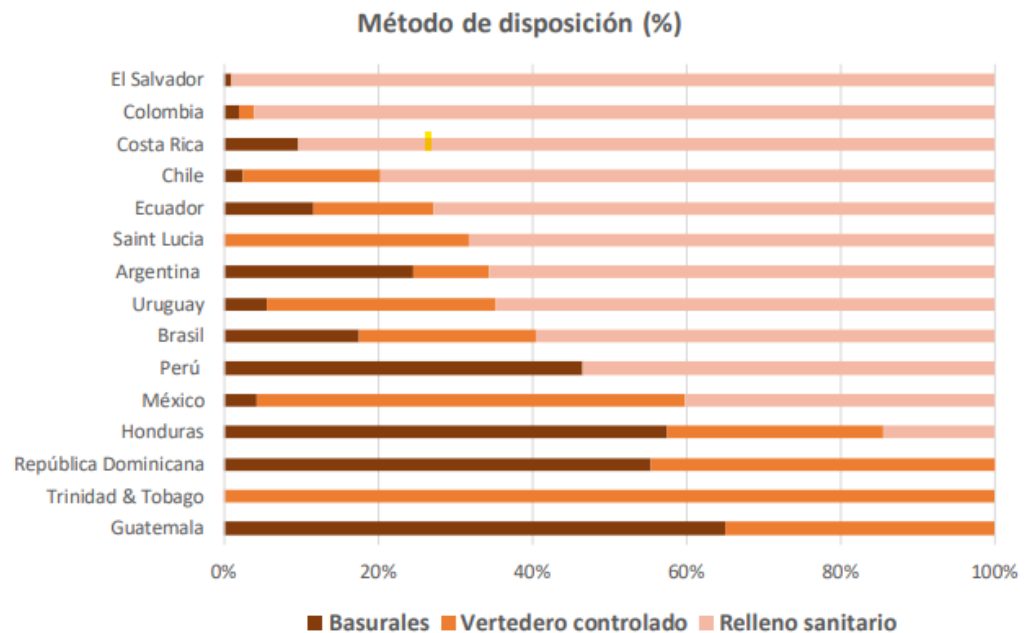


Figura 3: Disposición final en países de América Latina y el Caribe.

Fuente: ONU (2021).

Según (EPG Universidad Continental, 2022). El manejo de los residuos sólidos en el Perú es un tema que tiene muchísimo por mejorar. No es raro ver por las calles cerros de basura y contaminación. La nueva ley de manejo de residuos sólidos establece las bases para gestionar estos desechos de manera adecuada. El manejo de residuos se refiere al control, ya sea de recolección, transporte tratamiento, reciclado o eliminación de los materiales producidos por la actividad humana y así reducir sus efectos sobre la salud y el medio ambiente.



Figura 4: Basura acumulada en por cierre de relleno sanitario en Cusco.

Fuente: América Noticias (2022). Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=EiY0bboIL1w&ab_channel=Am%C3%A9ricaNoticias



Figura 5: Basura acumulada en por cierre de relleno sanitario en Cusco.

Fuente: América Noticias (2022). Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=EiY0bboIL1w&ab_channel=Am%C3%A9ricaNoticias

En el Perú, se genera un promedio de 21 mil toneladas de residuos municipales al día, producidas por los 30 millones de habitantes. Lo que equivale a 0.8 kilogramos de generación de residuos por persona al día (Diario Oficial El Peruano, 2021). La tendencia de la población en el Perú es crecer hacia las ciudades, el 75% vive en zonas urbanas, y esto significa más producción de basura. El 50% de estos desechos no se disponen adecuadamente. Existen más de 1,500 botaderos de basura en el país, estos son focos de infecciones para la población y un peligro para los recicladores que tienen a estos como lugar de trabajo para sacar algún tipo de valorización de los desechos. La Contraloría ha notificado al Ministerio del Ambiente que la mayoría de municipalidades viene dejando la basura en lugares no autorizados, esto afecta la salud de las personas y contaminan el ambiente. Solo 118 Municipalidades disponen los desechos en un relleno sanitario. Esto se traduce en la creación de focos infecciosos que exponen la salud de las personas que viven y transitan alrededor, prolifera plagas y contamina el ambiente (Paredes, 2021, p.29).

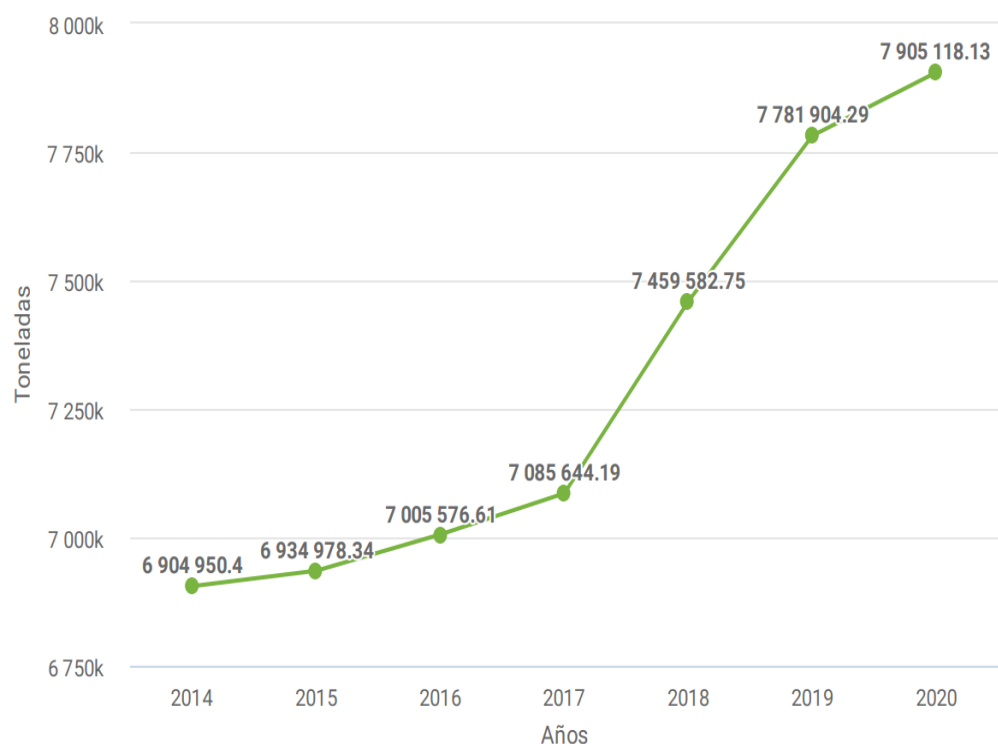


Figura 6: Generación total de residuos sólidos municipales en Perú.

Fuente: MINAM (2020).

Departamento	Municipalidades Informantes	Municipalidades que realizaron recojo de residuos sólidos (Basura)	Destino final de los residuos sólidos recolectados					Municipalidades que no realizaron recojo de residuos sólidos (Basura)
			Relleno sanitario	Botadero	Reciclaje	Quemados / incinerados	Otro ^{4/}	
Total	1 872	1 844	338	1 549	575	187	108	28
Amazonas	84	82	25	61	16	1	6	2
Áncash	166	166	40	136	58	14	7	-
Apurímac	84	83	18	75	33	11	2	1
Arequipa	109	106	21	89	26	13	4	3
Ayacucho	119	117	36	90	33	14	2	2
Cajamarca	127	127	24	101	28	13	11	-
Callao ^{1/}	7	7	7	-	6	-	2	-
Cusco	112	112	11	103	41	7	6	-
Huancavelica	100	99	23	76	30	15	3	1
Huánuco	84	83	6	77	26	5	3	1
Ica	43	42	2	40	13	3	2	1
Junín	124	117	20	101	59	10	9	7
La Libertad	83	81	4	78	18	2	4	2
Lambayeque	38	38	-	38	9	4	3	-
Lima	169	163	61	106	70	18	10	6
Provincia de Lima ^{2/}	43	43	43	1	29	1	2	-
Región Lima ^{3/}	126	120	18	105	41	17	8	6
Loreto	53	52	5	46	6	7	3	1
Madre de Dios	11	11	-	11	2	1	1	-
Moquegua	20	20	2	18	5	5	-	-
Pasco	29	29	7	21	15	3	4	-
Piura	65	65	5	60	23	8	5	-
Puno	110	109	4	102	26	25	8	1
San Martín	77	77	15	64	19	4	10	-
Tacna	28	28	1	26	7	1	2	-
Tumbes	13	13	1	13	3	1	-	-
Ucayali	17	17	-	17	3	2	1	-

Figura 7: Destino final de RSM, según departamento en el año 2019.

Fuente: (INEI, 2021).

Según el INEI (2018), el destino final de los residuos sólidos urbanos en la gran mayoría de municipalidades del Perú, exceptuando Lima Metropolitana y Callao, son botaderos no autorizados, debiendo ser dispuestos bajo normativa en rellenos sanitarios. En consecuencia, entre un 65 y 70 por ciento de los RSM tiene como destino final botaderos. Esto se debe a que solo hay 24 rellenos sanitarios adecuados para los más de 1850 distritos de Perú (MINAM, como se citó en INEI 2018). Peor aún, en 14 de las 25 regiones no hay rellenos sanitarios de ningún tipo, y las que cuentan con alguno no se dan abasto para tratar el total de los residuos de las poblaciones que atienden.

En la Región Amazonas según el MINAM en el año 2021 solo se contaba con 5 rellenos sanitarios los cuales atienden a 33 de los 84 distritos que conforman la región contrastando un déficit de infraestructura en este sector.

Tabla 1

Listado de rellenos sanitarios en la región de Amazonas.

N°	Denominación de la infraestructura de disposición final	Ente administrador	Provincia	Distrito	Distritos beneficiarios	N° de distritos atendidos
1	Relleno Sanitario de la provincia de Bagua	Municipalidad Provincial de Bagua PROAMAZON	Bagua	Bagua	La Peca, El Parco, Copallín, Aramango, Bagua Magdalena,	5
2	Relleno Sanitario Magdalena, Tilacancha	AS - Mancomunidad Municipal de Tilacancha PROAMAZON	Chachapoyas	Magdalena	Levanto, San Isidro de Mayno, Tingo, Longuita, María, Colcamar	7
3	Relleno Sanitario Luya, Chillaos	AS - Mancomunidad Municipal de Chillaos PROAMAZON	Luya	Luya	Conila, Inguilpata, Lamud, Linya Chico, Luya, Luya Viejo, Trita, San Cristobal de Olto	8
4	Relleno Sanitario San Carlos, Valle de las Cataratas	AS - Mancomunidad Municipal de Valle de las Cataratas PROAMAZON	Bongará	San Carlos	Jazán, Shipasbamba, San Carlos, Cuispes, Churuja, Valera	6
5	Relleno Sanitario de Mariscal Castilla, Alto Utcubamba	AS - Mancomunidad Municipal de Alto Utcubamba PROAMAZON	Chachapoyas	Mariscal Castilla	San Juan de Lopecancha, Santo Tomás, San Francisco del Yeso, Leymebamba, Montevideo, Mariscal Castilla, La Jalca	7

Fuente: MINAM (2021).

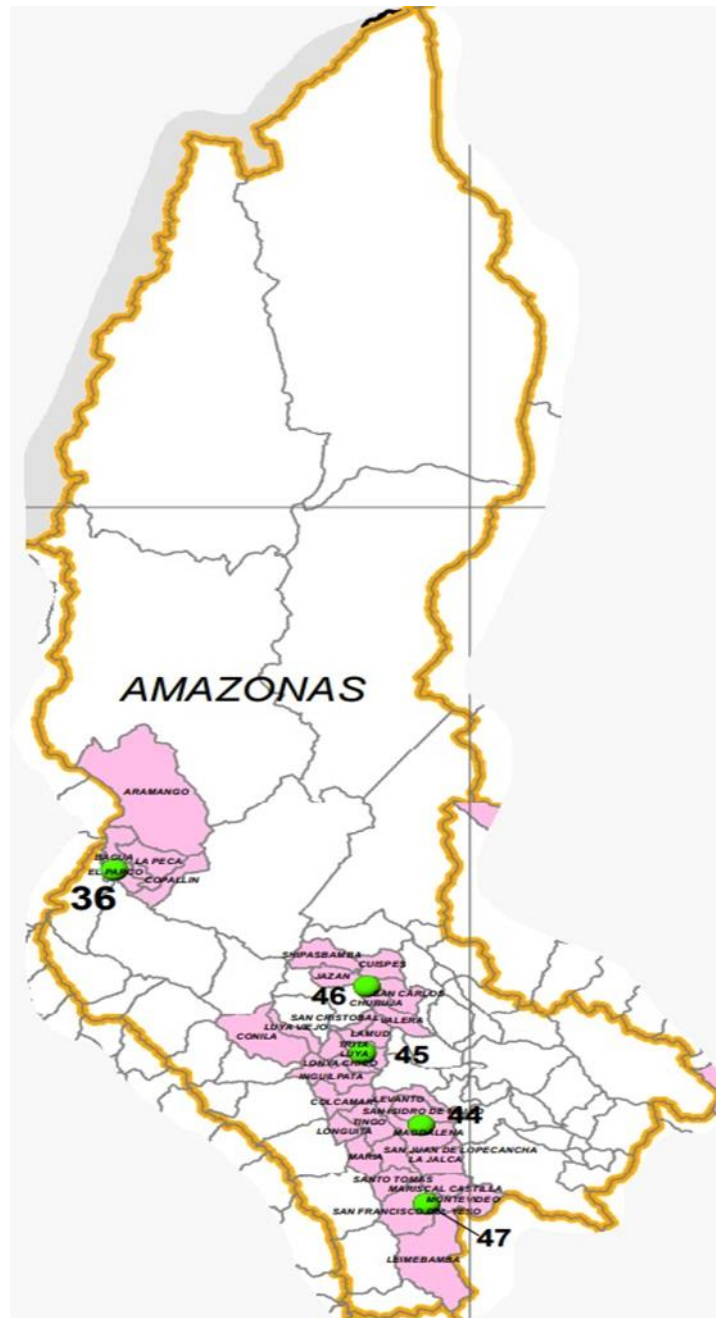


Figura 8: Mapa regional de infraestructura de disposición final.

Fuente: MINAM (2021).

En la capital del departamento de Amazonas, Chachapoyas, no cuentan con un sistema adecuado de disposición final de residuos sólidos urbanos, ya que estos son arrojados en un botadero a cielo abierto, ubicado en el sector Rondón, aproximadamente a 5 km de la ciudad de Chachapoyas, al costado de la carretera Rodríguez de Mendoza. Según (Oficina de Comunicación Social y Relaciones Públicas, 2022) el botadero de Rondón (catarata de la

basura) es un lugar donde se ha dispuesto, durante muchos años, los residuos de forma insegura, contaminando el medio ambiente y afectando la salud de los vecinos; por tal motivo se declaró en emergencia en abril de 2019.



Figura 9: Botadero a cielo abierto Rondón - Chachapoyas.

Fuente: Sqala.tv (2022).

Del mismo modo, en la provincia de Rodríguez de Mendoza, en los distritos de San Nicolás y Mariscal Benavides, no cuentan con un relleno sanitario, por ello, los residuos sólidos urbanos terminan en un botadero a cielo abierto siendo este un foco de contaminación y riesgos para la salud de la población por la presencia de vectores que son agentes de transmisión de diversas enfermedades.

Según el Perfil del proyecto de mejoramiento de la gestión integral de los residuos sólidos, entre los distritos de San Nicolás y Mariscal Benavides se acumulan aproximadamente 2,654.59 toneladas de residuos sólidos al día, los cuales son depositados en el botadero perteneciente a la Municipalidad Provincial de Rodríguez de Mendoza.

Este sitio de disposición final no es una zona técnicamente evaluada ya que no cuenta con un estudio de selección de área, cantidad de población proyectada, tipos de residuos sólidos, cantidad generada, no tiene una impermeabilización de la base para evitar la contaminación del agua subterránea y tampoco un drenaje de lixiviados.



Figura 10: Botadero municipal.

Fuente: Perfil del proyecto de mejoramiento de la gestión integral de los residuos sólidos (2019).



Figura 11: Botadero municipal (Julio 2022).

Fuente: Elaboración propia.



Figura 12: Botadero municipal (Julio 2022).

Fuente: Elaboración Propia.

Este problema existe debido a que nunca se impulsó una adecuada gestión de residuos sólidos urbanos por parte de las autoridades, lo cual no permite que se tome acciones que cambie nuestra realidad ambiental ya que los basureros a cielo abierto no tienen un control necesario para tratar los desechos originados por las masas y no se encuentra ubicado en un lugar adecuado donde pueda tener un menor impacto negativo en el entorno que lo rodea.



Figura 13: Infografía: Diferencias entre un basural y un relleno sanitario.

Fuente: Banco Mundial (2017).

1.1.2. Problema general

¿Cuál es la alternativa de solución que se propone para mejorar la condición actual de la disposición final de los residuos sólidos urbanos en los distritos de San Nicolás y Mariscal Benavides?

1.1.3. Problemas específicos

a) ¿En qué medida el análisis del manejo actual, revela sus implicancias en el tratamiento de los residuos sólidos urbanos generados en los distritos de san Nicolás y Mariscal Benavides?

- b) ¿En qué medida los estudios previos incidirán para la ubicación del relleno sanitario de los distritos San Nicolás y Mariscal Benavides?
- c) ¿En qué medida determinar la capacidad de operación diaria incidirá para la clasificación del relleno sanitario de los distritos San Nicolás y Mariscal Benavides?
- d) ¿Cuáles serán las dimensiones del relleno sanitario para los distritos de San Nicolás y Mariscal Benavides?

1.2. Objetivo general y específicos

1.2.1. Objetivo General

Proponer un diseño de un relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos urbanos de los distritos de San Nicolás y Mariscal Benavides.

1.2.2. Objetivos Específicos

- a) Analizar el manejo actual para revelar sus implicancias en el tratamiento de los residuos sólidos urbanos en los distritos de San Nicolás y Mariscal Benavides.
- b) Analizar los estudios previos para la ubicación del relleno sanitario de los distritos San Nicolás y Mariscal Benavides.
- c) Determinar la capacidad de operación diaria para la clasificación del relleno sanitario de los distritos San Nicolás y Mariscal Benavides.
- d) Dimensionar el relleno sanitario para los distritos San Nicolás y Mariscal Benavides.

1.3. Delimitación de la investigación

1.3.1. Temporal

El análisis se efectuó tomando como base de estudio el periodo comprendido de los años 2021 y 2022.

1.3.2. Espacial

Esta investigación se realizó en los distritos de San Nicolás y Mariscal Benavides, provincia Rodríguez de Mendoza, del departamento Amazonas.

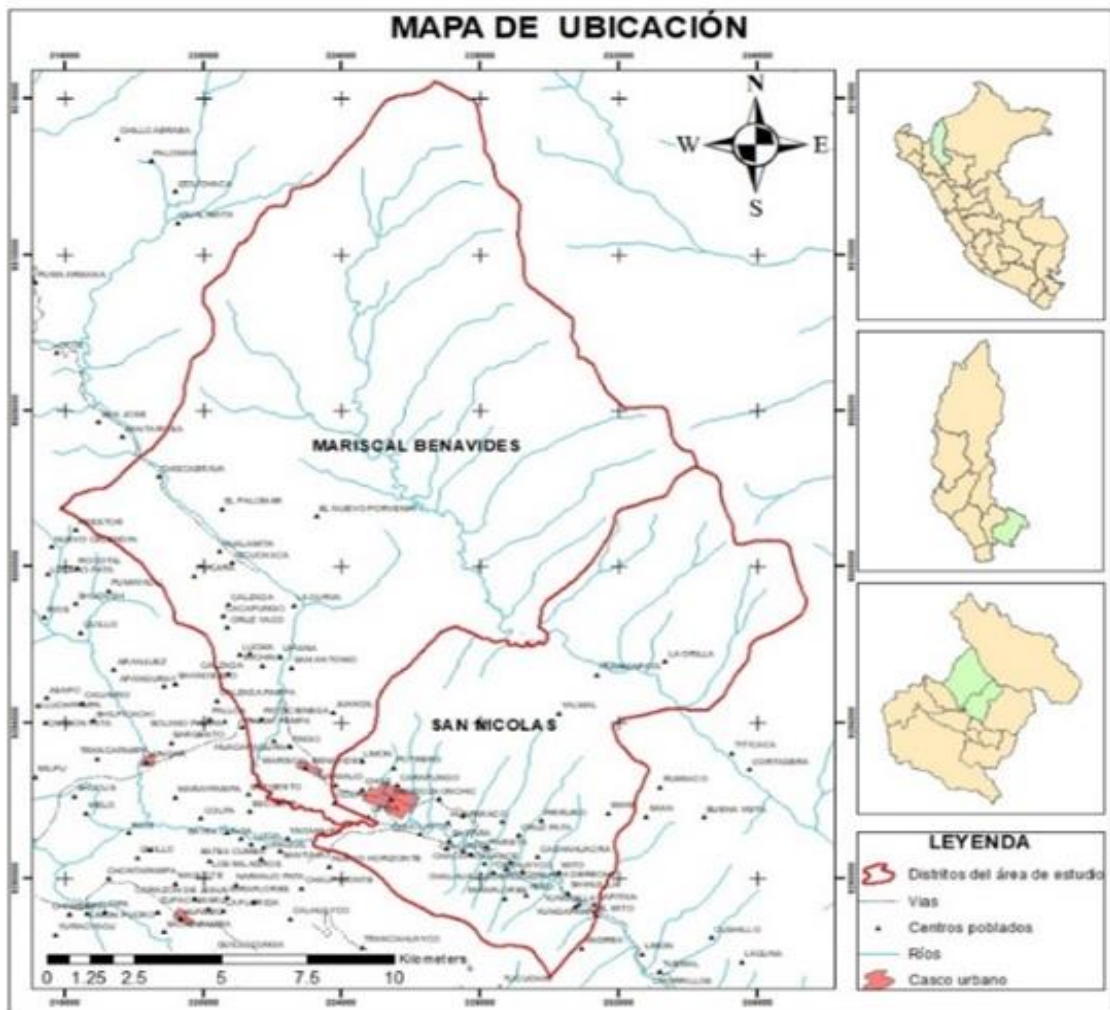


Figura 14: Mapa de ubicación.

Fuente: Perfil del proyecto de mejoramiento de la gestión integral de los residuos sólidos (2019).

1.3.3. Temática

Comprende el análisis del diagnóstico del manejo actual de los residuos sólidos urbanos, el análisis de los estudios previos para la ubicación del relleno sanitario, la determinación de la capacidad de operación diaria y el dimensionamiento del relleno sanitario para los distritos de San Nicolás y Mariscal Benavides.

1.4. Justificación e importancia

1.4.1. Importancia

La importancia del presente trabajo de investigación radica en que, mediante este, se da a conocer una problemática de los distritos San Nicolás y Mariscal Benavides, los cuales no cuentan con un espacio de disposición final de residuos sólidos urbanos adecuado por ello la administración de los sólidos

urbanos es deficiente, ya que estos terminan en un basural a cielo abierto o en el medio ambiente, esta práctica afecta la salud de sus habitantes y está contaminando los suelos, el agua y el aire.

Para solucionar este problema, en la investigación se realiza el diseño de un relleno sanitario según criterios técnicos y ambientales, por medio de este se busca lograr una correcta administración de los residuos sólidos urbanos y reducir drásticamente la contaminación ambiental promoviendo el desarrollo sostenible en estos distritos.

1.4.2. Justificación

a) Conveniencia

En este trabajo de investigación se busca mejorar la administración de los residuos sólidos urbanos en los distritos de San Nicolás y Mariscal Benavides, para esto se realizó una investigación bibliográfica, buscando determinar qué tan perjudiciales son los basurales a cielo abierto y que tanto afecta a la salud de los habitantes.

b) Relevancia social

La investigación pretende demostrar que tan perjudicial resulta para la salud de las personas los basurales a cielo abierto, ya que estos son un enorme foco de contaminación ambiental de aire, suelos y el agua.

Se busca beneficiar a todos los pobladores de los distritos de San Nicolás y Mariscal Benavides, ya que como alternativa de solución se propone la construcción de un relleno sanitario, lo cual, disminuirá drásticamente los niveles de contención ambiental, mejorando la calidad de vida de todos los habitantes de estos distritos.

c) Aplicaciones prácticas

La presente investigación pretende demostrar que los basurales a cielo abierto no son una solución para la disposición final de los desechos originados por las masas, ya que representan un problema por la contaminación ambiental que estos producen.

d) Utilidad metodológica

Los criterios de restricción empleados para la selección de área y diseño del relleno sanitario, pueden ser utilizados en otros trabajos de investigación.

e) Valor teórico

Esta investigación se realiza con el propósito de dar a conocer una problemática sobre la mala administración de residuos sólidos urbanos en los distritos de San Nicolás y Mariscal Benavides; como alternativa de solución se propone el diseño de un relleno sanitario, para ello se realiza la selección de área empleado criterios de restricción y selección, con el fin de dimensionar el relleno sanitario en un lugar adecuado, los resultados podrán ser empleados para su posterior implementación.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio de investigación

2.1.1. Investigaciones nacionales

Albán (2022). En su artículo titulado “Caracterización de residuos sólidos municipales y diseño de relleno sanitario”. Tiene como objetivo realizar un estudio de caracterización de residuos sólidos municipales para el diseño de un relleno sanitario. El método que emplea es un análisis documental de los residuos sólidos municipales, y de los diseños de relleno sanitario, así como de las disposiciones vigentes, como la Guía del Ministerio del Ambiente de Perú (2019). Como resultados obtuvo que en el distrito de Chambará se generan residuos sólidos domiciliarios per cápita con cerca de 0.177 kg/Hab/día (562.69 kg/día); y la generación de residuos sólidos no domiciliarios es de 38.85 kg/día; en resumen, la cantidad total generada de residuos sólidos municipales es de 601.51 kg/día (0.601 Ton/día), las densidades promedio de los residuos sólidos domiciliarios son de 114.38 Kg/m³ y las densidades promedio de residuos sólidos no domiciliario es de 308.55 Kg/m³. Los resultados especificaron un relleno sanitario de tipo manual, con metodología de trincheras o zanja, con un diseño para un período de diez años de vida útil, considerando un volumen total de 5692 m³, para lo cual se necesita de 11 zanjas de 9 m de ancho por 19.50 m de largo, en un terreno de cerca de 2467 m² equivalente a un cuarto de hectárea, para el distrito de Chambará en Perú.

Estacio, Tinoco, Díaz y Moore (2021). En su artículo titulado “Sistemas de Información Geográfica y Localización de un Relleno Sanitario en Cerro de Pasco”. Tiene como objetivo determinar la ubicación de infraestructura de disposición final de residuos sólidos (relleno sanitario). Como método de estudio emplearon criterios de análisis siguiendo lo dispuesto en el Reglamento del DL N° 1278 Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos DS N° 014-2017-MINAM, para la localización óptima emplearon los procesos de Análisis Espacial Multicriterio (AEMC) así como el proceso de análisis jerárquico (AHP) aplicándolo en un Sistema de Información Geográfica (ArcGis). Los resultados presentan la consideración de 6 alternativas de localización para el relleno sanitario, todas ellas comprendidas entre los 3 y 4.13 km de distancia de la ciudad, bajo criterios

físicos, ambientales, socioeconómicos y legales. Concluye que los sistemas de información geográfica, el análisis espacial multicriterio y el análisis jerárquico son apropiados para la resolución de problemas de localización. Huaccoto y Huarachi (2021). En su tesis titulada “Diseño de relleno sanitario implementando geomembrana para la disposición final de residuos sólidos en Acora-Puno 2020”. Los resultados presentados en este documento hacen parte del proyecto para obtener el título de ingeniero civil por la Universidad César Vallejo, tiene como objetivo diseñar un relleno sanitario implementando geomembrana para mejorar la disposición final de residuos sólidos. La metodología aplicada fue el método científico con un enfoque cuantitativo aplicado a nivel descriptivo con un diseño pre experimental. Los resultados determinaron que el número de habitantes de la población urbana de Acora ascenderá a 4,301 habitantes con una producción per cápita de 0.56 kg/hab./día, con residuos acumulados de 29,039.05 toneladas con un volumen de 58,078.11 m³, lo que requerirá una capacidad de área de 0.94 hectáreas para la cual proponen un relleno sanitario de tipo manual según el tamaño de la población y la generación de residuos sólidos, por el método combinado por la topografía del terreno para una vida útil de 15 años, garantizando la impermeabilidad del suelo con geomembrana de LLDPE de 2mm en toda el área de la trinchera.

Bustamante y Llanos (2020). En su tesis titulada “Tecnología en el diseño del relleno sanitario de residuos solidos del centro poblado Nueva Vista - Anta - Acobamba – Huancavelica”. Los resultados presentados en este documento hacen parte del proyecto para obtener el título de ingeniero civil por la Universidad Peruana los Andes, tiene como objetivo realizar el diseño del relleno sanitario de residuos sólidos aplicando la tecnología, para el C.P. Buena Vista – Distrito de Anta. El método de investigación empleado fue el científico, el tipo de investigación fue aplicado, el nivel de investigación fue descriptivo – explicativo y el diseño de investigación fue experimental. Los resultados determinaron un relleno sanitario de tipo manual, con un método constructivo de trincheras o zanjas (10 trincheras), la vida útil (10 años), el volumen calculado 959.93 m³ para cada trinchera teniendo en cuenta que la generación total de residuos sólidos es de 5.115 t/día; como componentes se tiene el sistema de manejo de lixiviados, sistema de manejo de gases y las

áreas administrativas y de servicios, su costo de construcción es viable tanto económica, como técnicamente.

Lazo, Cotrado, Sequeiros, Apaza, Mamani y Mamani (2020). En su artículo titulado “Caracterización de residuos sólidos y diseño de un relleno sanitario manual para el distrito la Yarada los Palos”. Tiene como objetivo analizar los residuos domiciliarios y no domiciliarios de las viviendas, mercados, centros educativos, tiendas comerciales, ferreterías y comisarias. Emplearon la metodología descrita por el Ministerio del Ambiente (2018) para determinar la cantidad y características de los residuos sólidos mediante muestreos aleatorios. Como resultados obtuvieron la generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios de 0,470 kg/hab-día, en la composición física encontraron en mayor cantidad, la materia orgánica con 56,77 %, la densidad promedio sin compactar fue de 224,682 kg/m³ y el compactado 305,664 kg/m³. Con la información obtenida diseñaron el relleno sanitario manual aplicando la Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual del Ministerio del Ambiente que consta de nueve zanjas de 2 659,2 m³ de residuos sólidos como volumen útil de diseño con una proyección de 10 años para los 24552,7 m³, con celdas de 2,4 m de altura, largo superior (ls) de 60 m ancho superior (as) 30 m área superior 825 m² talud de trinchera (H) 1, talud de trinchera (V) 1, largo inferior (li) 55,2 m, ancho inferior (ai) 25,2 m y área inferior (Ai) 1391,04 m².

Ziegler (2019) en su tesis titulada “Evaluación ambiental por medio del Análisis de Ciclo de Vida del relleno sanitario del distrito de Nauta, en Loreto”. Los resultados presentados en este documento hacen parte del proyecto para obtener el título de ingeniero civil por la Pontificia Universidad Católica del Perú, tiene como objetivo cuantificar los impactos ambientales de un emplazamiento de disposición final de residuos sólidos en una zona de condiciones climáticas húmedas y calurosas ubicada en la Amazonía mediante distintas categorías de impacto. La unidad funcional estudiada fue de 1 tonelada de residuos sólidos municipales generados en la ciudad de Nauta y su desempeño a lo largo de 100 años. Se utilizó el software de cálculo especializado en sistemas de tratamiento de residuos sólidos EASETECH para llevar a cabo el modelado del sistema. Se

modelaron 5 escenarios: un botadero abierto poco profundo, un botadero abierto profundo, el relleno sanitario actual, en el que no se realiza tratamiento de biogás, y dos escenarios de mejora: uno en el que se realiza combustión del biogás y otro en el que se realiza recuperación de energía. Para evaluar los impactos se emplearon 9 categorías de impacto, siendo 1 de ellas Cambio Climático con el método IPCC 2013 y las restantes del método ReCiPe 2008. Finalmente, se concluye que se deben realizar mejoras en la infraestructura actual y en el manejo del relleno para lograr reducir impactos en eutrofización y toxicidad. De igual manera, para poder reducir el impacto en la categoría de Cambio Climático se deben implementar sistemas de tratamiento de biogás. Esto se debe a que la transición de botaderos abiertos a rellenos sanitarios sin tratamiento de biogás no reduce el potencial de calentamiento global, sino lo incrementa.

2.1.2. Investigaciones internacionales

Pullay y Andrade (2022). En su tesis titulada “Diseño del relleno sanitario en el Cantón Pallatanga provincia del Chimborazo”. Los resultados presentados en este documento hacen parte del proyecto para obtener el título de ingeniero civil por la Universidad de Guayaquil de Ecuador, tiene como objetivo diseñar a nivel de factibilidad un relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos urbanos no peligrosos del Cantón Pallatanga. Como resultados obtuvo la población proyectada al año 2032, teniendo una población futura de 17 309 habitantes con un periodo de diseño de 10 años, usando las normas establecidas en el país determinó una producción per cápita de 0.49 Kg/hab*día. Para el diseño del relleno sanitario realizó el respectivo levantamiento de datos en el sitio y obtuvo información ya existente otorgado por el Gobierno Municipal del cantón Pallatanga. Realizó el estudio correspondiente para la selección del área dentro del cantón donde se procedió a proyectar el diseño propuesto en su trabajo acogiéndose a las normas ambientales y municipales vigentes de su país.

Molina y Agüero (2021). En su artículo titulado “Diseño de zanjas para disposición final de RSU en la localidad de Chepes, departamento Rosario Vera Peñaloza, La Rioja”. Tiene como objetivo diseñar un método para la disposición final de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) en la ciudad de

Chepes, provincia de La Rioja – Argentina, elaborando una propuesta que mejore la gestión actual, que evite la contaminación del suelo, los acuíferos y la emisión de gases de efecto invernadero fruto de la combustión de la quema de los materiales vertidos. Para ello, analizaron las condiciones del emplazamiento actual, teniendo en cuenta la vegetación, redes de drenaje, pendiente del terreno, distancia a zonas pobladas y posibles riesgos de inundabilidad, obtenidas mediante procesamiento de modelos digitales de elevación con distintos softwares; en base a la población actual y la proyectada al año 2025, propone disponer los RSU mediante relleno manual por zanja o trinchera, estimando ocupar un área de 3475 m² en el primer año y para el año 2025, un área de 26128 m².

Wasif & Dohare (2021). En su artículo titulado “Selección del sitio y diseño del relleno sanitario utilizando el enfoque Nexus”. Tiene como objetivo distinguir, evaluar y organizar las medidas de elección del sitio del relleno sanitario. Como resultados obtuvieron el total de residuos generados en vertederos en India es 142,109,581 Toneladas, por ello, el Volumen de suelo destinado a vertedero (suponiendo una densidad de 0,850 toneladas/cum) fue de 33.437.548 cum; eso significa que India necesitará un vertedero de aproximadamente 34 kilómetros cuadrados. La elección de la ubicación y la planificación del vertedero son significativos por motivos que el vertedero puede influir en el clima y el medio ambiente de la zona envolvente; la contaminación de las aguas subterráneas es uno de los peligros significativos que se experimentan debido a una disposición inadecuada. Demostraron que la ubicación de los vertederos es el mejor elemento disuasorio para encontrar sitios de recolección de basura de manera efectiva. Arthika, Sriraman, Jino, & Maheswari (2018). En su artículo titulado “Diseño de relleno sanitario para el municipio de Avadi”. Tiene como objetivo diseñar un relleno sanitario pronosticando la población futura, estimando el total de residuos sólidos generados y proporcionando un sistema de gestión de lixiviados y revestimientos. Estimaron la generación total de Residuos Sólidos utilizando la población pronosticada del área de Avadi; el área del relleno sanitario y evaluaron las provisiones de las celdas utilizando la generación total de Residuos Sólidos; se determinó la cantidad de lixiviado, se trató adecuadamente y se dispuso a tierra; el material del

revestimiento se proporcionó con un alto valor de permeabilidad para soportar la capacidad de infiltración; la cubierta final se dotó de materiales de seguridad y se proporciona cubierta vegetal en la parte superior para evitar impactos ambientales; y la generación de electricidad se produjo con la emisión de gas metano. Concluye que la provisión de un sistema de doble revestimiento compuesto puede reducir la contaminación de las aguas subterráneas, los lixiviados generados se pueden recolectar a través de tuberías y luego se pueden tratar adecuadamente y el gas metano producido en el vertedero se puede utilizar para la generación de electricidad.

Díaz y Vallejo (2017) En su tesis titulada “Propuesta para el diseño del nuevo relleno sanitario para el municipio de Aguachica – Cesar”. Los resultados presentados en este documento hacen parte del proyecto para obtener el título de ingeniero civil por la Universidad Católica de Colombia, tiene como objetivo proponer el diseño de un relleno sanitario para el municipio de Aguachica, Cesar con un análisis cuantitativo de producción de gases y lixiviados. Inicialmente realiza una proyección de los habitantes a 30 años, y por medio del método corenostós determinó la cantidad de gases y lixiviados que van a producir durante toda la vida útil del relleno, los cálculos se realizaron en dos tipos de escenarios para los cuales se define un escenario con la disposición de solo material orgánico y un segundo escenario con disposición de todo tipo de material. Para poder realizar un adecuado diseño y tener un control de estos contaminantes, se plantea aplicar una solución sostenible en los temas de tratamiento para los mayores contaminantes que se presentan como lo son en metano, el dióxido de carbono y los lixiviados. Para la clausura y postclausura del relleno sanitario realizó un diseño de acuerdo con lo establecido en el reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico - RAS, buscando así minimizar los posibles impactos negativos que conllevan la construcción de este proyecto. Además, se realiza la definición de las obras complementarias del relleno sanitario las cuales sirven para temas de seguridad, control y monitoreo. Finalmente, concluyó que el manejo actual de los residuos sólidos del municipio de Aguachica-cesar, no cuenta con un proceso de reciclaje, haciendo que la vida útil del relleno sanitario sea más corta, puesto que la producción de gases y lixiviados aumenta significativamente.

2.2. Bases teóricas vinculadas a las variables de estudio

2.2.1. Residuos Sólido urbanos

Los residuos sólidos urbanos son de ámbito de la gestión municipal o residuos municipales, están conformados por los residuos domiciliarios y los provenientes del barrido y limpieza de espacios públicos, incluyendo las playas, actividades comerciales y otras actividades urbanas no domiciliarias cuyos residuos se pueden asimilar a los servicios de limpieza pública, en todo el ámbito de su jurisdicción (Decreto legislativo N° 1278 - Ley de gestión integral de residuos sólidos, 2016).

2.2.2. Clasificación de los residuos sólidos

a) Por su origen

Residuos domiciliarios

Son aquellos residuos generados en las actividades domésticas realizadas en los domicilios, constituidos por restos de alimentos, periódicos, revistas, botellas, embalajes en general, latas, cartón, pañales descartables, restos de aseo personal y otros similares (Ley N° 27314 .- Ley General de Residuos Sólidos, 2000).

A continuación, se muestra en la tabla 1, ejemplos de diferentes tipos de residuos sólidos domiciliarios:

Tabla 2

Residuos sólidos domiciliarios.

TIPO	EJEMPLO
Orgánico	Restos putrescibles, como restos vegetales, provenientes generalmente de la cocina, como cáscaras de frutas y verduras. También los excrementos de animales menores.
Papel	Hojas de cuadernos, revistas, periódicos, libros.
Cartón	Cajas, sean gruesas o delgadas.
Plásticos	Existe una gran diversidad de plásticos, los cuales se encuentran agrupados en siete tipos: <ul style="list-style-type: none">• PET (polietileno tereftalato): botellas transparentes de gaseosas, cosméticos, empaques de electrónicos.

	<ul style="list-style-type: none"> • HDPE o PEAD (polietileno de alta densidad): botellas de champú, botellas de yogur, baldes de pintura, bolsas de electrónicos, jabs de cerveza, bateas y tinas. • PVC (cloruro de polivinilo): tubos, botellas de aceite, aislantes eléctricos, pelotas, suela de zapatillas, botas, etc. • LDPE - PEBD (polietileno de baja densidad): bolsas, botellas de jarabes y pomos de cremas, bolsas de suero, bolsas de leche, etiquetas de gaseosas, bateas y tinas. • PP (polipropileno): empaques de alimentos (ideos y galletas), tapas para baldes de pintura, tapas de gaseosas, estuches negros de discos compactos. • PS (poliestireno): juguetes, jeringas, cucharitas transparentes, vasos de tecnopor, cuchillas de afeitar, platos descartables (blancos y quebradizos), casetes. • ABS (poliuretano, policarbonato, poliamida): discos compactos, baquelita, micas, carcazas electrónicas (computadoras y celulares), juguetes, piezas de acabado en muebles.
Fill	Envolturas de snack, golosinas.
Vidrio	Botellas transparentes, ámbar, verde y azul, vidrio de ventanas.
Metal	Hojalatas, tarro de leche, aparatos de hierro y acero.
Textil	Restos de tela, prendas de vestir, etc.
Cuero	Zapatos, carteras, sacos.
Tetra pack	Envases de jugos, leches y otros.
Inertes	Tierra, piedras, restos de construcción.
Residuos de baño	Papel higiénico, pañales, toallas higiénicas.
Pilas y baterías	De artefactos, juguetes y de vehículos, etc

Fuente: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2014). *Fiscalización ambiental en residuos sólidos de gestión municipal provincial*. Recuperado de: http://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=16983

Residuos comerciales

Son aquellos residuos generados durante el desarrollo de las actividades comerciales. Están constituidos mayormente por papel, plásticos, embalajes diversos, restos de aseo personal, latas, entre otros similares (Organismo de evaluación y fiscalización ambiental, 2014. p. 11).

Según la Ley N° 27314 - Ley General de Residuos Sólidos los residuos comerciales son aquellos generados en los establecimientos comerciales de bienes y servicios, tales como centros de abastos de alimentos, restaurantes, supermercados, tiendas, bares, bancos, oficinas de trabajo, entre otras actividades comerciales y laborales análogas.

Residuos de limpieza de espacios públicos

Son aquellos residuos generados por los servicios de barrido y limpieza de pistas, veredas, plazas, parques y otras áreas públicas, independientemente del proceso de limpieza utilizado. Cabe señalar que el barrido de calles y espacios públicos puede realizarse de manera manual o con la ayuda de equipamiento (Organismo de evaluación y fiscalización ambiental, 2014. p. 11).

Residuos de los establecimientos de atención de salud y centros médicos de apoyo

Son aquellos residuos generados en las actividades para la atención e investigación médica, en establecimientos como hospitales, clínicas, centros y puestos de salud, laboratorios clínicos, consultorios, entre otros afines (Organismo de evaluación y fiscalización ambiental, 2014. p. 12). De acuerdo a la Ley N° 27314 - Ley General de Residuos Sólidos, dichos residuos se caracterizan por estar contaminados con agentes infecciosos o por contener altas concentraciones de microorganismos potencialmente peligrosos.

Residuos industriales

Son aquellos residuos peligrosos o no peligrosos generados en los procesos productivos de las distintas industrias, tales como la industria manufacturera, minera, química, energética, pesquera y otras similares (Organismo de evaluación y fiscalización ambiental, 2014. p. 12).

Según la Ley N° 27314 - Ley General de Residuos Sólidos, los residuos industriales se presentan como lodo, ceniza, escoria metálica, vidrio,

plástico, papel, cartón, madera, fibra, que generalmente se encuentran mezclados con sustancias alcalinas o ácidas, aceites pesados, entre otros, incluyendo en general los residuos considerados peligrosos.

Residuos de las actividades de construcción

Según la Ley N° 27314 - Ley General de Residuos Sólidos, los residuos de las actividades de construcción son aquellos residuos fundamentalmente inertes, generados en las actividades de construcción y demolición de obras, tales como: edificios, puentes, carreteras, represas, canales y otras afines a éstas.

Residuos agropecuarios

La Ley N° 27314 - Ley General de Residuos Sólidos los define como aquellos residuos generados en el desarrollo de las actividades agrícolas y pecuarias. Estos residuos incluyen los envases de fertilizantes, plaguicidas, agroquímicos diversos, entre otros.

Residuos de instalaciones o actividades especiales

La Ley N° 27314 - Ley General de Residuos Sólidos los define como aquellos residuos sólidos generados en infraestructuras, normalmente de gran dimensión, complejidad y de riesgo en su operación, con el objeto de prestar ciertos servicios públicos o privados, tales como: plantas de tratamiento de agua para consumo humano o de aguas residuales, puertos, aeropuertos, terminales terrestres, instalaciones navieras y militares, entre otras; o de aquellas actividades públicas o privadas que movilizan recursos humanos, equipos o infraestructuras, en forma eventual, como conciertos musicales, campañas sanitarias u otras similares.

b) Por su peligrosidad

Residuos peligrosos y no peligrosos

Los residuos sólidos peligrosos son aquellos residuos que por sus características o el manejo al que son sometidos representan un riesgo significativo para la salud de las personas o el ambiente (Organismo de evaluación y fiscalización ambiental, 2014, p. 13).

Según la Ley N° 27314 - Ley General de Residuos Sólidos, se considerarán residuos sólidos peligrosos aquéllos que por sus características o el manejo al que son o van a ser sometidos representan un riesgo significativo para la salud o el ambiente.

Por ejemplo, se consideran como residuos sólidos peligrosos los lodos de los sistemas de tratamiento de agua para consumo humano o de aguas residuales, salvo que el generador demuestre lo contrario (Organismo de evaluación y fiscalización ambiental, 2014. p. 13).

Por el contrario, se considera residuos no peligrosos aquellos residuos que por sus características o el manejo al que son sometidos no representan un riesgo significativo para la salud de las personas o el ambiente (Organismo de evaluación y fiscalización ambiental, 2014. p. 13).

c) En función a su gestión

Residuos de gestión municipal

Los residuos del ámbito de la gestión municipal o residuos municipales, están conformados por los residuos domiciliarios y los provenientes del barrido y limpieza de espacios públicos, actividades comerciales y otras actividades urbanas no domiciliarias cuyos residuos se pueden asimilar a los servicios de limpieza pública en todo el ámbito de su jurisdicción, los que pueden ser de tipo inorgánico, los que no pueden ser degradados, y orgánico los que están sujetos a descomposición (Ordenanza Municipal N° 004-2019-MDB, 2019).

Residuos de gestión no municipal

Según la OEFA (2014), son aquellos residuos generados en los procesos o actividades no comprendidos en el ámbito de gestión municipal. Su disposición final se realiza en rellenos de seguridad, los que pueden ser de dos tipos:

- Relleno de seguridad para residuos peligrosos, en donde se podrán manejar también residuos no peligrosos.
- Relleno de seguridad para residuos no peligrosos.

d) Por su naturaleza

Residuos Orgánicos

Residuos de origen biológico (vegetal o animal), que se descomponen naturalmente, generando gases (dióxido de carbono y metano, entre otros) y lixiviados en los lugares de disposición final. Mediante un tratamiento adecuado, pueden reaprovecharse como fertilizantes (compost, humus, entre otros) (Organismo de evaluación y fiscalización ambiental, 2014. p. 14).

Residuos Inorgánicos

Residuos de origen mineral o producidos industrialmente, que no se degradan con facilidad. Pueden ser reaprovechados mediante procesos de reciclaje (Organismo de evaluación y fiscalización ambiental, 2014, p. 14).

2.2.3. Caracterización de residuos sólidos municipales

Es una herramienta que nos permite obtener información primaria relacionada a las características de los residuos sólidos, en este caso municipales (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 6).

La caracterización de residuos sólidos municipales se realiza a través de un estudio, en el cual se obtienen datos tales como: cantidad, densidad, composición y humedad de los residuos sólidos en un determinado ámbito geográfico. Esta información permite la planificación técnica y operativa del manejo de los residuos sólidos, y la planificación administrativa y financiera del servicio de limpieza pública (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 6).

El EC-RSM representa un insumo fundamental para elaborar una serie de instrumentos para la gestión de los residuos sólidos, así como proyectos de inversión y otros que permitan tomar decisiones en la gestión integral de residuos sólidos a corto, mediano y largo plazo (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 6).

2.2.4. Manejo de residuos sólidos de gestión municipal

La gestión de los residuos sólidos de responsabilidad municipal en el país debe ser coordinada y concertada, especialmente en las zonas donde se presente conurbación, en armonía con las acciones de las autoridades nacionales, sectoriales y las políticas de desarrollo nacional y regional. Las municipalidades provinciales están obligadas a realizar las acciones que correspondan para la debida implementación de esta disposición, adoptando medidas de gestión mancomunada, convenios de cooperación interinstitucional, la suscripción de contratos de concesión y cualquier otra modalidad legalmente permitida para la prestación eficiente de los servicios de residuos sólidos, promoviendo la mejora continua de los servicios (Decreto legislativo N° 1278 - Ley de gestión integral de residuos sólidos, 2016. Art. 53).

Bajo responsabilidad funcional, los concejos municipales de los municipios provinciales y distritales deben aprobar la tasa de arbitrios por los servicios de limpieza pública. Asimismo, los concejos municipales deben aprobar

estrategias para avanzar hacia la sostenibilidad financiera del servicio de limpieza pública, aumentar la recaudación y reducir la morosidad. En caso de déficit, deben destinar los montos necesarios para financiar la sostenibilidad de los servicios de residuos sólidos, con afectación a las fuentes presupuestales disponibles (Decreto legislativo N° 1278 - Ley de gestión integral de residuos sólidos, 2016. Art. 53).

Las municipalidades deben incluir en sus Planes Operativos Institucionales, los objetivos y metas en materia de gestión y manejo de residuos, así como las correspondientes partidas presupuestarias, en concordancia con las metas nacionales establecidas por el MINAM y los Planes Integrales de Gestión Ambiental de Residuos, respectivamente (Decreto legislativo N° 1278 - Ley de gestión integral de residuos sólidos, 2016. Art. 53).

Los planes de residuos que diseñen e implementen las municipalidades, deben considerar el proceso de caracterización de sus residuos, contener objetivos concretos de segregación y valorización y tener un enfoque de género e inclusión social y promover el empleo local. Asimismo, deben involucrar la acción vecinal responsable (Decreto legislativo N° 1278 - Ley de gestión integral de residuos sólidos, 2016. Art. 53).

El decreto legislativo N° 1278 en el artículo 53, establece: Las municipalidades, en concordancia con las políticas nacionales deben proporcionar información y evaluar permanentemente los resultados de su gestión, los cuales deben medirse atendiendo a los siguientes aspectos:

- Cobertura de los servicios de limpieza pública y recolección selectiva.
- Gradual disminución de la cantidad de residuos que tiene como primer destino la disposición final.
- Gradual incremento de los residuos que tienen como primer destino los procesos de valorización, tales como: reciclaje, compostaje, coprocesamiento, entre otros.
- Grado de formalización de las asociaciones de recicladores.
- Recaudación de los arbitrios.
- Eficiencia y calidad en la prestación de los servicios.
- Otros que defina la autoridad rectora nacional y/o municipal.

Según el Organismo de evaluación y fiscalización ambiental, el manejo de los residuos sólidos se encuentra compuesto por las siguientes etapas:

a) Generación

Es el momento en el cual se producen los residuos como resultado de la actividad humana. Conforme se ha explicado, los residuos sólidos pueden producirse de la actividad cotidiana, comercial, servicios de limpieza pública, servicios de salud, construcción o por cualquier otra actividad conexas (Organismo de evaluación y fiscalización ambiental, 2014. p. 15).

b) Segregación en fuente

Consiste en agrupar determinados tipos de residuos sólidos con características físicas similares, para ser manejados en atención a estas. Tiene por objeto facilitar el aprovechamiento, tratamiento o comercialización de los residuos mediante la separación sanitaria y segura de sus componentes (Organismo de evaluación y fiscalización ambiental, 2014. p. 15).

La segregación de residuos sólidos sólo está permitida en la fuente de generación o en la instalación de tratamiento operada por una EPS-RS o una municipalidad, en tanto ésta sea una operación autorizada, o respecto de una EC-RS cuando se encuentre prevista la operación básica de acondicionamiento de los residuos previa a su comercialización (Ley N° 27314 – Ley general de residuos sólidos, como se citó en OEFA 2014. p. 15).

c) Almacenamiento

Es la operación de acumulación temporal de residuos en condiciones técnicas adecuadas, como parte del sistema de manejo previo a su tratamiento, disposición final u otro destino autorizado (Decreto Supremo N° 057-2004-PCM como se citó en OEFA 2014. p. 16).

d) Recolección y transporte

La acción de recoger los residuos sólidos y trasladarlos usando un medio de locomoción apropiado, para luego continuar su posterior manejo, en forma sanitaria, segura y ambientalmente adecuada (Organismo de evaluación y fiscalización ambiental, 2014. p. 16).

Puede ser convencional, a través del uso de compactadoras debidamente equipadas; semi convencional, realizada a través del uso de volquetes o camiones; o no convencional, mediante el uso de carretillas, triciclos, entre otros (Organismo de evaluación y fiscalización ambiental, 2014. p. 16).

Notas. -

- Es importante que los ciudadanos cumplan los horarios de recojo de residuos sólidos domiciliarios establecidos por la municipalidad. Ello evitará que los animales, vehículos, segregadores informales, entre otros, manipulen las bolsas de basura y se propaguen los residuos en la vía pública (Organismo de evaluación y fiscalización ambiental, 2014. p. 16).
- El uso de equipos y vehículos inadecuados produce pérdidas de residuos en la operación de transporte, así como la dispersión de materiales y papeles si se transportan en vehículos abiertos (Organismo de evaluación y fiscalización ambiental, 2014. p. 16).

e) Transferencia

La transferencia de residuos sólidos se realiza en una instalación o infraestructura en la cual se descargan y almacenan temporalmente los residuos de las unidades de recolección para, luego, continuar con su transporte en unidades de mayor capacidad hacia un lugar autorizado para la disposición final (Organismo de evaluación y fiscalización ambiental, 2014. p. 16).

Los residuos no deben permanecer en estas instalaciones, toda vez que se corre el riesgo de su descomposición. Las instalaciones de transferencia no deben ubicarse en áreas de zonificación residencial, comercial o recreacional (Organismo de evaluación y fiscalización ambiental, 2014. p. 17).

Según la OEFA (2014), la transferencia de los residuos sólidos puede realizarse a través de:

- Descarga directa: realizada hacia vehículos denominados camiones madrina (p. 17).
- Descarga indirecta: los residuos son descargados en una zona de almacenamiento y, con ayuda de maquinaria adecuada, son llevados a instalaciones de procesamiento o compactación (p. 17).

La transferencia de residuos logra optimizar los costos de transporte, el uso de los vehículos de recolección y el flujo de transporte (Organismo de evaluación y fiscalización ambiental, 2014. p. 17).

f) Tratamiento

Es el proceso, método o técnica que tiene por objeto modificar las características físicas, químicas o biológicas de los residuos sólidos, reduciendo o eliminando su potencial peligro de causar daños a la salud y el ambiente. También permite reaprovechar los residuos, lo que facilita la disposición final en forma eficiente, segura y sanitaria (Organismo de evaluación y fiscalización ambiental, 2014. p. 17).

g) Disposición final

Es la última etapa del manejo de residuos sólidos, en que estos se disponen en un lugar, de forma permanente, sanitaria y ambientalmente segura (Organismo de evaluación y fiscalización ambiental, 2014. p. 17).

La disposición final de residuos sólidos de gestión municipal se realiza mediante el método de relleno sanitario y la disposición final de residuos del ámbito no municipal se realiza mediante el método de relleno de seguridad (Organismo de evaluación y fiscalización ambiental, 2014. p. 17).

El Reglamento de la Ley N° 27314 – Ley General de Residuos Sólidos precisa que el relleno sanitario es una infraestructura de disposición final, debidamente equipada y operada, que permite disponer los residuos sólidos de manera sanitaria y ambientalmente segura.

El diseño y ejecución de un relleno sanitario responde a un proyecto de ingeniería y la aprobación del correspondiente estudio de impacto ambiental por parte de la entidad competente, y su operación debe realizarse en estricto cumplimiento del diseño y de las obligaciones ambientales establecidas en el instrumento de gestión aprobado y la normativa vigente (Organismo de evaluación y fiscalización ambiental, 2014. p. 17).

2.2.5. Entidades vinculadas

a) Ministerio del Ambiente

El Decreto legislativo N° 1278 - Ley de gestión integral de residuos sólidos (2016), en el artículo 15, establece:

Sin perjuicio de las demás disposiciones que norman las funciones y atribuciones del Ministerio del Ambiente, esta autoridad, en su calidad de ente rector a nivel nacional para la gestión y manejo de los residuos, es competente para:

- Coordinar, promover y concertar con las autoridades sectoriales, gobiernos regionales y gobiernos locales la debida aplicación del presente Decreto Legislativo (Art. 15).
- Formular y aprobar, en coordinación con las autoridades correspondientes, el Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PLANRES), en el cual deberán incluirse las metas, estrategias y acciones destinadas a asegurar la universalización y sostenibilidad del servicio de limpieza pública, la formalización de los recicladores por parte de las municipalidades, la promoción de la minimización y valorización de los residuos, entre otros (Art. 15).
- Aprobar lineamientos para la elaboración de los planes de gestión de residuos sólidos a ser formulados y aprobados por los niveles subnacionales de gobierno (Art. 15).
- Promover la formulación y aplicación, en coherencia con las políticas nacionales, de los planes regionales, provinciales y distritales de gestión y manejo de residuos sólidos (Art. 15).
- Supervisar la coherencia de los planes de gestión de residuos sólidos aprobados por los niveles subnacionales de gobierno, con las políticas nacionales e instrumentos de planificación nacional, así como evaluar e informar al país sobre la ejecución de los mismos (Art. 15).
- Formular y aprobar programas de desarrollo, procedimientos, proyectos y criterios de gestión y manejo integral de residuos sólidos para la inversión pública (Art. 15).
- Normar sobre el manejo de residuos sólidos, incluyendo los correspondientes a la infraestructura de manejo de residuos sólidos, actividades de reutilización, recuperación, valorización material y energética; gestión de áreas degradadas por la acumulación de residuos sólidos de gestión municipal, entre otros aspectos (Art. 15).
- Emitir normas para la clasificación anticipada de proyectos de infraestructura de residuos sólidos en el marco del SEIA, así como aprobar, de ser el caso, términos de referencia comunes (Art. 15).
- Desarrollar los criterios para la formulación y evaluación del impacto ambiental para los proyectos de inversión que se requieren para la gestión integral de residuos municipales y no municipales, así como

- también para los proyectos de las Empresas Operadoras de Residuos Sólidos (Art. 15).
- Admitir, evaluar, aprobar o rechazar la autorización de importación, de tránsito y de exportación de residuos del territorio nacional (Art. 15).
 - Emitir opinión técnica definitiva, en caso de incertidumbre, respecto de las características de peligrosidad de un determinado residuo (Art. 15).
 - Incluir en el Informe Nacional sobre el Estado del Ambiente en el Perú, el análisis referido a la gestión y el manejo de los residuos sólidos, así como indicadores de seguimiento respecto de su gestión y manejo (Art. 15).
 - Desarrollar y administrar el Sistema de Información para la Gestión de Residuos Sólidos (SIGERSOL) para el ámbito municipal y no municipal, como componente del Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA) (Art. 15).
 - Resolver, a través del Tribunal de Solución de Controversias Ambientales, en última instancia administrativa, los recursos impugnativos interpuestos en relación a conflictos de competencia entre autoridades relacionados con el manejo de los residuos sólidos (Art. 15).
 - Resolver, a través del Tribunal de Solución de Controversias Ambientales, en última instancia administrativa a pedido de parte, sobre la inaplicación de resoluciones o actos administrativos que contravengan los lineamientos de política y demás disposiciones establecidas en el presente Decreto Legislativo (Art. 15).
 - Declarar en emergencia la gestión y manejo de los residuos sólidos cuyo alcance, criterios y procedimientos son definidos en el reglamento del presente Decreto Legislativo; y coordinar con las autoridades sectoriales nacionales, entidades de fiscalización ambiental y/o los gobiernos regionales, según sea el caso (Art. 15).
 - Administrar y mantener actualizado el registro autoritativo de las Empresas Operadoras de Residuos Sólidos, señaladas en el Título V del presente Decreto Legislativo (Art. 15).

- Coordinar con las autoridades competentes y gestionar medidas de prevención y remediación de áreas degradadas por residuos, así como priorizar inversiones en la materia (Art. 15).
- Promover el fortalecimiento de capacidades de los gobiernos regionales y locales para la adecuada gestión integral de los residuos (Art. 15).
- Evaluar, priorizar y aprobar los estudios de preinversión para la declaratoria de viabilidad de los proyectos de inversión pública en materia de residuos, que cuenten con financiamiento por endeudamiento externo o que requieran de aprobación de nivel nacional, que sean de competencia del Ministerio del Ambiente (Art. 15).
- Regular la prestación del servicio de limpieza pública, estableciendo las condiciones mínimas de prestación del servicio, tales como: características del servicio, metas de calidad, entre otros; así como las condiciones para la participación del sector privado en forma competitiva (Art. 15).
- Promover las iniciativas públicas y privadas, municipales y no municipales, que acordes con los principios establecidos en el presente Decreto Legislativo, contribuyan a la reducción de la generación y peligrosidad, valorización y manejo adecuado de los residuos (Art. 15).

b) Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA)

El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) es el ente rector del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental (SINEFA), y tiene a su cargo el seguimiento y verificación del desempeño de las entidades de fiscalización ambiental (EFA) de ámbito nacional, regional o local (Organismo de evaluación y fiscalización ambiental, 2014. p. 20).

En ese sentido, el OEFA es la autoridad encargada de supervisar que las municipalidades cumplan con desarrollar sus funciones de fiscalización ambiental en materia de residuos sólidos. Asimismo, recoge información sobre el manejo y la gestión de los mismos con el objeto de articular las acciones locales para la adecuada disposición de los residuos sólidos de gestión municipal (Organismo de evaluación y fiscalización ambiental, 2014. p. 20).

El Decreto legislativo N° 1278 - Ley de gestión integral de residuos sólidos (2016), en el artículo 16, establece:

El OEFA, en adición a sus funciones asignadas en la normativa vigente, es competente para:

- Regular el ejercicio de sus funciones de supervisión, fiscalización y sanción del manejo de residuos sólidos aplicables a los titulares de infraestructura, sean estos municipalidades provinciales y/o distritales de acuerdo a sus competencias o Empresas Operadoras de Residuos Sólidos, para el tratamiento, valorización y disposición final de los residuos de gestión municipal, no municipal o mixta (Art. 16).
- Supervisar, fiscalizar y sancionar el manejo de residuos sólidos que realicen los titulares de infraestructura, sean estos municipalidades provinciales y/o distritales de acuerdo a sus competencias o Empresas Operadoras de Residuos Sólidos, para el tratamiento, valorización y disposición final de los residuos de gestión municipal, no municipal o mixta regulados en la presente norma, en el caso que ésta se localice fuera de las instalaciones industriales o productivas, áreas de la concesión o lote del titular del proyecto. Cuando se trate Empresas Operadoras de Residuos Sólidos, la presente disposición será aplicable a éstas, se encuentren o no inscritas en el Registro de Empresas Operadoras de Residuos Sólidos (Art. 16).
- Supervisar, fiscalizar y sancionar los aspectos relacionados a los instrumentos de gestión ambiental para las operaciones de recuperación y reconversión de áreas degradadas por residuos aprobados en el ámbito del presente Decreto Legislativo, sea que estén bajo responsabilidad del sector público o privado (Art. 16).
- Tipificar las conductas infractoras y aprobar la escala de sanciones, en el marco de las facultades de supervisión, fiscalización y sanción establecidas en el presente artículo (Art. 16).
- Elaborar y mantener actualizado el Inventario Nacional de Áreas Degradadas por Residuos Sólidos, que forma parte del SINIA (Art. 16).

c) Ministerio de salud (MINS)

El Decreto legislativo N° 1278 - Ley de gestión integral de residuos sólidos (2016), en el artículo 19, establece:

El Ministerio de Salud, a través de la Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria (DIGESA) es la autoridad competente para:

- Normar el manejo de los residuos sólidos de establecimientos de salud y servicios médicos de apoyo, así como de los generados en campañas sanitarias (Art. 19).
- Controlar los riesgos sanitarios generados por el manejo inadecuado de los residuos sólidos de establecimientos de salud y servicios médicos de apoyo (Art. 19).
- Determinar la aplicación de las medidas de seguridad, dirigidas a evitar riesgos y daños a la salud de la población derivados del inadecuado manejo de los residuos (Art. 19).
- Supervisar y fiscalizar la gestión de los residuos en los establecimientos de salud y servicios médicos de apoyo a nivel nacional, según corresponda (Art. 19).

d) Gobiernos regionales

El Decreto legislativo N° 1278 - Ley de gestión integral de residuos sólidos (2016), en el artículo 21, establece:

Los gobiernos regionales promueven la adecuada gestión y manejo de los residuos sólidos en el ámbito de su jurisdicción y son competentes para:

- Elaborar y poner en marcha programas de inversión pública, mixta o privada, para la implementación de infraestructura de residuos sólidos en el ámbito de su jurisdicción, en coordinación con las municipalidades provinciales correspondientes (Art. 21).
- Aprobar los proyectos y los Instrumentos de Gestión Ambiental de proyectos de inversión pública y privada de proyectos de infraestructura de residuos de gestión municipal si el servicio que prestarán se brinde a dos o más provincias de la región, y en el caso que esta se localice fuera de las instalaciones industriales o productivas, áreas de la concesión o lote del titular del proyecto o sean de titularidad de una Empresa Operadora de Residuos Sólidos (Art. 21).
- Aprobar los Instrumentos de Gestión Ambiental complementarios del SEIA para proyectos de inversión pública y privada de recuperación o reconversión de áreas degradadas por la acumulación inadecuada de residuos, cuando sirva a dos o más provincias (Art. 21).

- Coadyuvar en las acciones para prevenir la contaminación ambiental y en la recuperación o reconversión de áreas degradadas por residuos (Art. 21).
- Supervisar y fiscalizar la gestión de los residuos generados por las actividades económicas bajo su competencia (Art. 21).
- Supervisar y fiscalizar la gestión de los residuos en los establecimientos de salud y servicios médicos de apoyo en sus respectivas jurisdicciones a través de las Direcciones Regionales de Salud (DIRESA) (Art. 21).
- Definir la ubicación y selección de áreas para la instalación de infraestructuras de valorización, transferencia y disposición final de residuos en caso de discrepancia entre dos o más municipalidades provinciales; y en caso de ser necesario podrá transferir terrenos necesarios para la ubicación de dichas infraestructuras, aun cuando no se haya establecido tal previsión (Art. 21).

e) Municipalidades

Las municipalidades provinciales, en lo que concierne a los distritos del cercado, y las municipalidades distritales son responsables por la gestión de los residuos sólidos de origen domiciliario, especiales y similares, en el ámbito de su jurisdicción (Decreto legislativo N° 1278 - Ley de gestión integral de residuos sólidos, 2016. Art. 22).

Las municipalidades provinciales

El Decreto legislativo N° 1278 - Ley de gestión integral de residuos sólidos (2016), en el artículo 23, establece:

Las Municipalidades Provinciales son competentes para:

- Planificar y aprobar la gestión integral de los residuos sólidos en el ámbito de su jurisdicción, a través de los Planes Provinciales de Gestión Integral de Residuos Sólidos, (PIGARS) los cuales deben identificar los espacios geográficos para la ubicación de las infraestructuras de residuos, compatibilizando los planes de manejo de residuos sólidos de sus distritos y centros poblados menores, con las políticas de desarrollo local y regional y con sus respectivos Planes de Acondicionamiento Territorial y de Desarrollo Urbano, Planes de Desarrollo Regional Concertados y demás instrumentos de planificación nacionales, regionales y locales (Art. 23).

- Evaluar la propuesta de ubicación de infraestructuras de residuos sólidos a efectos de emitir el certificado de compatibilidad de uso de suelo correspondiente (Art. 23).
- Normar y supervisar en su jurisdicción el manejo de residuos, excluyendo las infraestructuras de residuos en concordancia a lo establecido por el Ministerio del Ambiente (Art. 23).
- Supervisar, fiscalizar y sancionar el manejo y la prestación de los servicios de residuos sólidos en su jurisdicción y en el marco de sus competencias a excepción de la infraestructura de valorización, transferencia y disposición final, que es una competencia de OEFA (Art. 23).
- Emitir opinión fundamentada sobre los proyectos de ordenanzas distritales referidos al manejo de residuos sólidos, incluyendo la determinación de las tasas por servicios públicos o arbitrios correspondientes, de acuerdo con la normativa vigente (Art. 23).
- Aprobar los proyectos y los Instrumentos de Gestión Ambiental de proyectos de inversión pública y privada de infraestructura de residuos de gestión municipal si el servicio que prestarán se brinde a uno o más distritos de su jurisdicción, y en el caso que ésta se localice fuera de las instalaciones industriales o productivas, áreas de la concesión o lote del titular del proyecto o sean de titularidad de una Empresa Operadora de Residuos Sólidos (Art. 23).
- Aprobar los Instrumentos de Gestión Ambiental complementarios del SEIA para proyectos de inversión pública y privada de recuperación o reconversión de áreas degradadas, que sirvan a uno o más distritos de la provincia (Art. 23).
- Autorizar, supervisar, fiscalizar y sancionar el transporte de residuos peligrosos en su jurisdicción, en concordancia con lo establecido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, con excepción del que se realiza en las vías nacionales y regionales a cargo de la Superintendencia de Transporte Terrestre de Personas, Carga y Mercancías (SUTRAN). i) Coadyuvar en las acciones para prevenir la contaminación ambiental y en la recuperación o reconversión de áreas degradadas por residuos sólidos (Art. 23).

- Promover y orientar procesos de mancomunidad o acuerdos entre municipalidades distritales, para generar economías de escala y mayor eficiencia en la gestión de residuos, además de menores impactos ambientales y sociales (Art. 23).
- Implementar programas de gestión y manejo de residuos que incluyan necesariamente obligaciones de minimización y valorización de residuos (Art. 23).
- Verificar la operación de las escombreras conforme lo dispone el Reglamento para la Gestión y Manejo de los Residuos de las Actividades de la Construcción y Demolición aprobado por Decreto Supremo N° 003-2013-VIVIENDA o norma que lo sustituya (Art. 23).
- Consolidar las acciones de fiscalización en residuos de la construcción en un informe anual a ser remitido al Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (Art. 23).
- Reportar a través del SIGERSOL la información solicitada por el Ministerio del Ambiente, relativa a la gestión de los residuos (Art. 23).

Municipalidades distritales

El Decreto legislativo N° 1278 - Ley de gestión integral de residuos sólidos (2016), en el artículo 24, establece:

Las Municipalidades Distritales en materia de manejo de residuos sólidos son competentes para:

- Asegurar una adecuada prestación del servicio de limpieza, recolección y transporte de residuos en su jurisdicción, debiendo garantizar la adecuada disposición final de los mismos (Art. 24).
- Suscribir convenios con la empresa de servicios de saneamiento u otras de la jurisdicción con la finalidad de que realice el cobro de las tasas por la prestación de los servicios indicados en el numeral anterior (Art. 24).
- Normar, en su jurisdicción, el manejo de los servicios de residuos sólidos bajo su competencia, en concordancia con las disposiciones emitidas por las municipalidades provinciales (Art. 24).
- Aprobar y actualizar el plan distrital de manejo de residuos, para la gestión eficiente de los residuos de su jurisdicción, en concordancia con los planes provinciales y el plan nacional (Art. 24).

- Emitir la licencia de funcionamiento de la infraestructura de residuos del ámbito de gestión municipal y no municipal, en el ámbito de su jurisdicción y acorde a la vida útil de dicha infraestructura (Art. 24).
- Regular, supervisar, fiscalizar y sancionar el manejo de los residuos de demolición o remodelación de edificaciones en el ámbito de su competencia (Art. 24).
- Suscribir acuerdos interdistritales para la integración de los servicios bajo criterios de economía de escala y eficiencia de los servicios de residuos sólidos. Las demás responsabilidades establecidas en la Ley y el Reglamento (Art. 24).

2.2.6. Tipos de disposición final de residuos sólidos

a) Botadero

El botadero es una forma de eliminación de residuos sólidos urbanos totalmente inadecuada desde el punto de vista ambiental y salud. Consiste en la disposición directa de los residuos en suelo natural sin una capa de protección de base adecuada, lo que contribuye a la contaminación del suelo y de las aguas subterráneas, al no tener una capa de protección diaria o final, el vertedero facilita la proliferación de vectores (roedores e insectos) y enfermedades al permitir el libre acceso a las personas (recolectores). En este tipo de disposición de residuos sólidos no hay control del origen y cantidad de residuos que llega al lugar y no hay control de compactación de ningún tipo (Trajano, 2016. p. 14).

b) Botadero controlado

El botadero controlado tiene una capa de cobertura diaria y final, mayor control de composición de los residuos a ser liberados y eventual compactación. aunque es menos perjudicial que un botadero, la técnica del vertido controlado sigue siendo nociva para el medio ambiente, ya que a menudo no hay impermeabilización de la base, no existe selección y tratamiento de los lodos generados por la descomposición de residuos sólidos (Trajano, 2016. p. 15).

c) Relleno sanitario

Instalación destinada a la disposición sanitaria y ambientalmente segura de los residuos en la superficie o bajo tierra, basados en los principios y

métodos de la ingeniería sanitaria y ambiental. (Decreto legislativo N° 1278
- Ley de gestión integral de residuos sólidos, 2016. Art. 22).

2.2.7. Relleno Sanitario

El relleno sanitario es una técnica de disposición final de los residuos sólidos en el suelo que no causa molestia ni peligro para la salud o la seguridad pública; tampoco perjudica el ambiente durante su operación ni después de su clausura (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), como se citó en Ministerio del Ambiente, 2019. p. 9).

a) Instalaciones del relleno sanitario

En la “Guía para el diseño y construcción de infraestructuras para disposición final de residuos sólidos municipales” elaborado por el Ministerio del Ambiente (2019), presenta las instalaciones que debe de cumplir como mínimo un relleno sanitario:

- Impermeabilización de la base y los taludes del relleno para evitar la contaminación ambiental por lixiviados ($k \leq 1 \times 10^{-6}$ cm/s y en un espesor mínimo de 0,40 m); salvo que se cuente con una barrera geológica natural para dichos fines, lo cual estará sustentado técnicamente (p. 10).
- De no cumplir con las condiciones antes descritas, la impermeabilización de la base y los taludes del relleno deben considerar el uso de geomembrana con un espesor mínimo de 1,2 mm y el uso de geotextil entre la geomembrana (p. 10).
- Sistema de drenes para lixiviados con pozas para almacenamiento temporal, planta de tratamiento o sistema de recirculación interna de los mismos (p. 10).
- Sistema de drenes verticales y conexiones laterales para manejo de gases (p. 10).
- Canales perimétricos para interceptar y evacuar flujos de agua de escurrimiento superficial (p. 11).
- Barrera sanitaria, que pueden ser barreras naturales o artificiales que contribuyan a reducir los impactos negativos y proteger a la población de posibles riesgos sanitarios y ambientales (p. 11).
- Pozos para el monitoreo de agua subterránea, en caso corresponda (p. 11).

- Sistemas de monitoreo y control de gases y lixiviados (p. 11).
- Señalización y letreros de información conforme a la normativa sobre seguridad y salud en el trabajo (p. 11).
- Sistema de registro y pesaje de vehículos (p. 11).
- Control de vectores y roedores (p. 11).
- Entre las instalaciones complementarias se deben considerar: la caseta de control, oficinas administrativas, almacén, servicios higiénicos, vestuario, comedor, etc. (p. 11).

b) Clasificación de los rellenos sanitarios

El tipo de infraestructura a diseñar se determina en función de la cantidad de residuos sólidos generados al día, para ello se deberán de considerar distintos criterios (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 12).

Relleno sanitario manual

Es una tecnología que se aplica cuando la mano de obra está más disponible que la maquinaria que haría el mismo trabajo. Asimismo, está diseñado para dar disposición final a los residuos sólidos de poblaciones que producen hasta seis (6) toneladas diarias (t/día) de residuos sólidos. La característica principal de este tipo de relleno, es que las operaciones diarias tales como el esparcido, compactación y cubrimiento de los residuos se realizan por operarios que utilizan herramientas simples como rastrillos, lampas, carretillas, picos, rodillo de compactación manual, entre otros (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 13).

Esta técnica solo requiere equipo pesado para la adecuación del sitio, es decir, para la construcción de la(s) vía(s) interna(s), la preparación de la base de soporte o la excavación de zanjas y la extracción de material de cobertura de acuerdo con el avance y método de relleno. Los demás trabajos pueden realizarse con los propios trabajadores, lo que permite a las pequeñas comunidades de escasos recursos, que no cuentan con la capacidad para adquirir y mantener en forma permanente un tractor de orugas o una retroexcavadora, disponer adecuadamente la reducida cantidad de residuos sólidos generados (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 13).

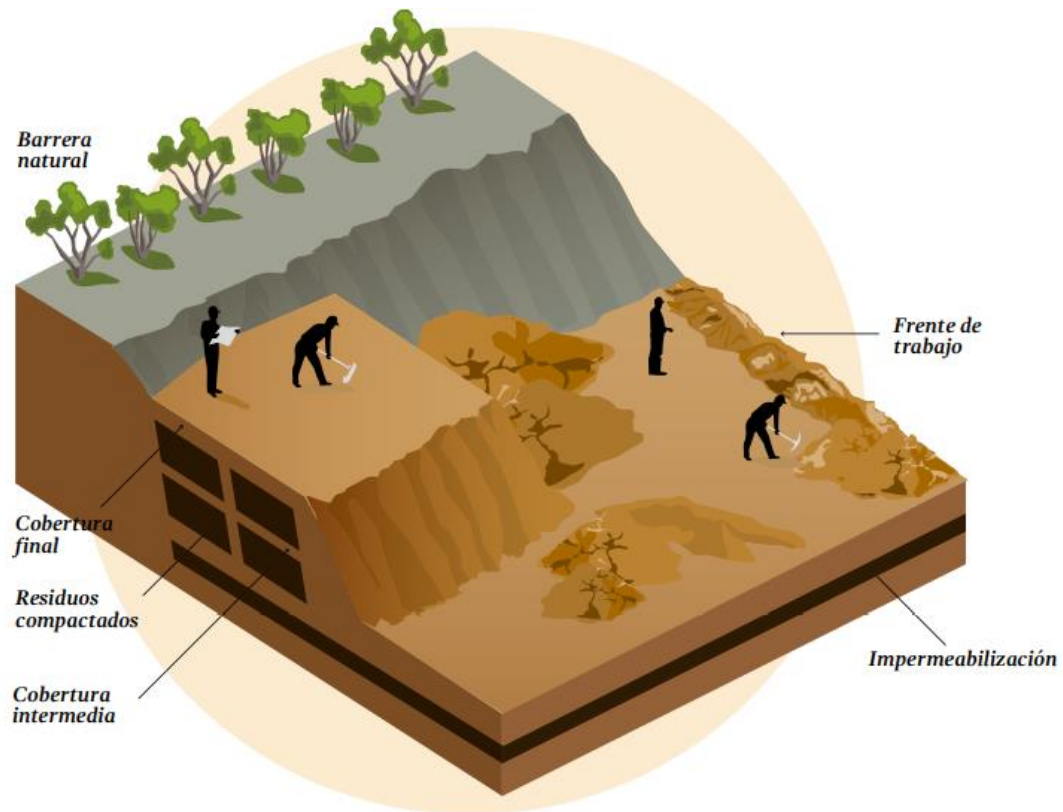


Figura 15: Relleno sanitario manual.

Fuente: Ministerio del Ambiente (2019). Recuperado de: <https://aulaambiental.minam.gob.pe/guia-para-el-diseno-y-construccion-de-infraestructuras-para-disposicion-final-de-residuos-solidos-municipales/>

Relleno sanitario semi-mecanizado

Es una tecnología que se aplica para dar disposición final a los residuos sólidos de poblaciones que producen más de seis (6) t/días hasta los cincuenta (50) t/día (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 14).

La característica principal de este tipo de relleno, es que las operaciones diarias tales como el esparcido, compactación y cubrimiento de los residuos sólidos se realiza empleando equipo mecánico (tractor de orugas, cargador frontal sobre neumáticos u otro), siendo posible el empleo de herramientas manuales para trabajos complementarios relacionados con la disposición final de residuos (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 14).

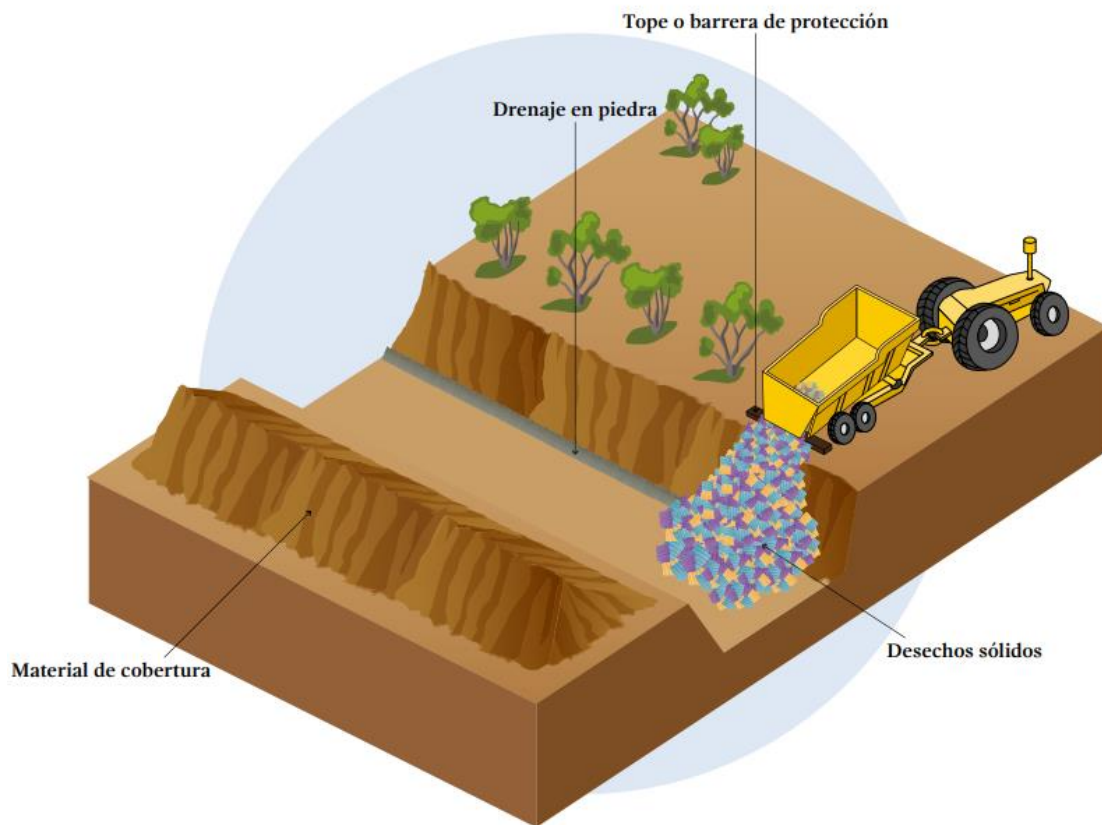


Figura 16: Relleno sanitario semimecanizado.

Fuente: Ministerio del Ambiente (2019). Recuperado de: <https://aulaambiental.minam.gob.pe/guia-para-el-diseno-y-construccion-de-infraestructuras-para-disposicion-final-de-residuos-solidos-municipales/>

Relleno sanitario mecanizado

Es una tecnología que se aplica para dar disposición final a los residuos sólidos de poblaciones que producen más de cincuenta (50) t/día de residuos sólidos (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 15).

La característica principal de este tipo de relleno, es que las operaciones diarias tales como el esparcido, compactación, suministro de tierra para cobertura y cubrimiento de los residuos, se realiza con equipos mecánicos tales como tractor de orugas, cargador frontal, volquete, motoniveladoras, etc. (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 15).

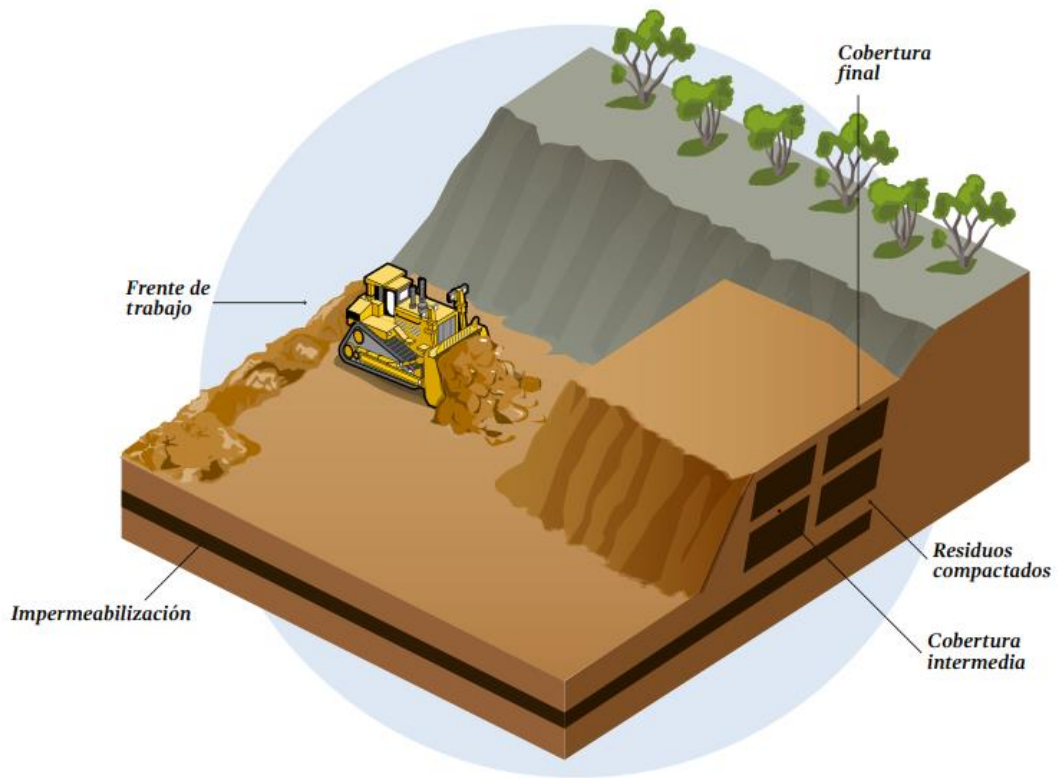


Figura 17: Relleno sanitario mecanizado.

Fuente: Ministerio del Ambiente (2019). Recuperado de: <https://aulaambiental.minam.gob.pe/guia-para-el-diseno-y-construccion-de-infraestructuras-para-disposicion-final-de-residuos-solidos-municipales/>

Tabla 3

Clasificación de los rellenos sanitarios.

Criterio	Manual	Semi-mecanizado	Mecanizado
Capacidad de disposición de residuos sólidos municipales	Hasta 6 t/día	Superior a 6 hasta 50 t/día	Más de 50 t/día
Características de la operación	Las actividades de disposición final de residuos se realizan en forma manual y con empleo de herramientas manuales. Requiere empleo de maquinaria solo para corte y acopio de tierra para cobertura de residuos en área cercana a la destinada a disposición final de residuos.	Las actividades de disposición final de residuos se realizan necesariamente con equipo multiusos (Por ejemplo: Minicargador o Retroexcavadora) asignado para utilización exclusiva del relleno sanitario. Para trabajos de acopio o traslado de tierra se considera disponer de cargador frontal y camión volquete.	Las actividades de disposición final de residuos se realizan necesariamente con maquinaria pesada, la que debe estar asignada para uso exclusivo del relleno sanitario. La maquinaria pesada y sus características estarán en relación con la cantidad de residuos que se dispongan, el tipo predominante del suelo de la zona y las condiciones climáticas. El equipamiento mecánico mínimo deberá estar constituido por un tractor de orugas D6D o equivalente, cargador frontal 950 o equivalente y volquete de 14 m3.
Periodicidad del uso de maquinaria	Esporádica, cuando se necesita por ejemplo para acopio de tierra para cobertura.	Frecuente, según la cantidad de residuos que se disponga diariamente, disponibilidad de tierra para cobertura y condiciones climáticas.	Permanente.

Fuente: Ministerio del Ambiente (2019).

c) Método de operación de un relleno sanitario

Los rellenos sanitarios (manual, semi-mecanizado o mecanizado) pueden construirse siguiendo los métodos de trinchera o zanja, área o la combinación de ambos métodos. La selección del método dependerá de las condiciones topográficas, características del suelo, nivel freático y disponibilidad de material de cobertura, condiciones climáticas de la zona, etc. (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 18).

Método de trinchera o zanja

Consiste en realizar excavaciones de trincheras o zanjas con determinadas dimensiones y profundidades, en función a las características de cada zona. Para ello, se requiere emplear maquinaria pesada como excavadora o tractor de orugas (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 18).

Los residuos sólidos se depositan y acomodan dentro de la trinchera o zanja para luego compactarlos y cubrirlos con material apropiado que cumpla con las características establecidas (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 18).

Se utiliza en terrenos planos y ondulados, evitando terrenos con nivel freático alto o próximo a la superficie por el riesgo de contaminar el acuífero, así como suelos rocosos a fin evitar dificultades durante la excavación (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 18).

En períodos de alta precipitación pluvial se debe tener especial cuidado en el manejo de las aguas de escorrentía, ya que pueden inundar las zanjas. Para atenuar estas contingencias, se debe construir canales perimetrales para captarlas y desviarlas hacia zanjas para almacenamiento temporal (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 18).

En casos extremos, se puede construir un techo sobre ellas o bien bombear el agua acumulada. Sus taludes o paredes deben estar cortados de acuerdo con el ángulo de reposo del suelo excavado (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 18).

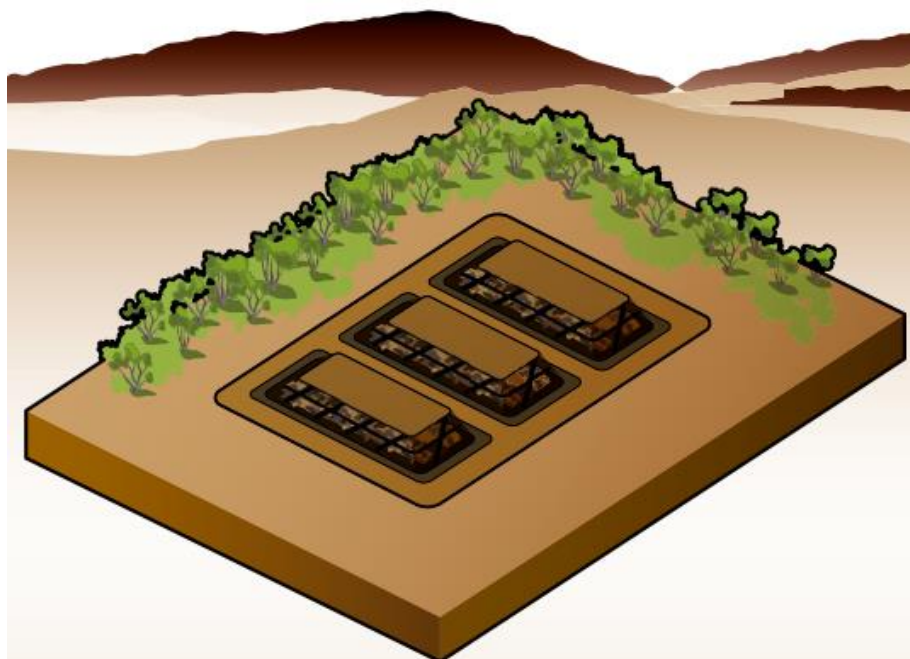


Figura 18: Método de disposición final: de trinchera o zanja, para relleno manual o semimecanizado.
Fuente: Ministerio del Ambiente (2019). Recuperado de: <https://aulaambiental.minam.gob.pe/guia-para-el-diseno-y-construccion-de-infraestructuras-para-disposicion-final-de-residuos-solidos-municipales/>

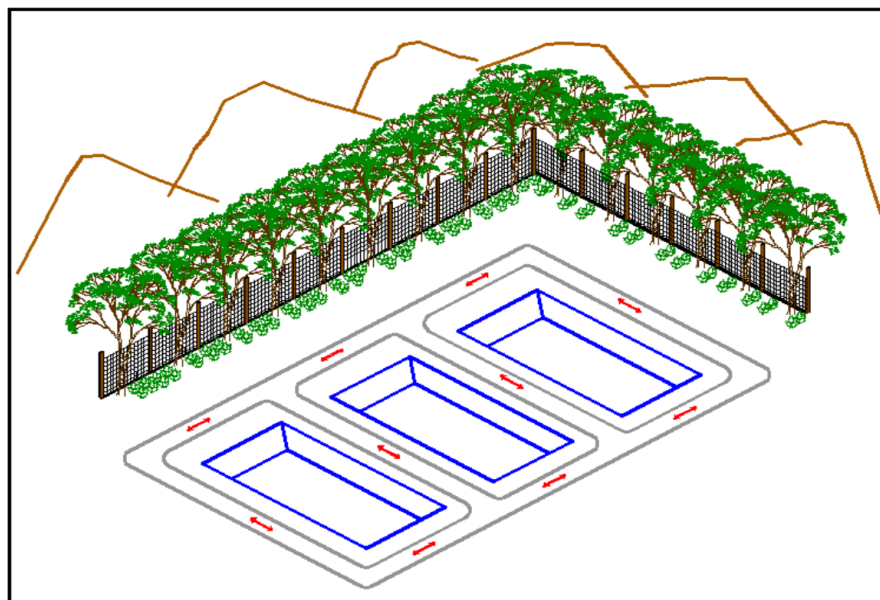


Figura 19: Método de trinchera para construir un relleno sanitario.
Fuente: Ministerio del ambiente. (2011). Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual. Recuperado de: <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/guia-diseno-construccion-operacion-mantenimiento-cierre-relleno>.

Método de Área

La secuencia en la habilitación de las excavaciones debe obedecer a una planificación de forma que posibilite disponer de material de cobertura procedente de las propias excavaciones y disponible en áreas colindantes a la excavación. También es posible utilizar material procedente de las excavaciones realizadas en la explotación de canteras (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 19).

Consiste en depositar los residuos sólidos directamente sobre la superficie del terreno, previamente impermeabilizado, formando plataformas que alcanzarán alturas variables. En estos casos, se debe tener identificada la fuente de donde se extraerá la tierra para cobertura según las características de las plataformas proyectadas y volúmenes de residuos (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 19).

Se utiliza en terrenos planos, donde no sea factible excavar zanjas o trincheras para disponer y confinar los residuos. El material de cobertura a utilizar deberá ser transportado desde otros sitios o, de ser posible, extraído de la capa superficial del terreno (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 19).

También puede utilizarse para rellenar depresiones naturales o canteras abandonadas, previamente acondicionadas. El material de cobertura se extrae de las laderas del terreno o, en su defecto, lo más cerca posible para evitar encarecer los costos de transporte (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 19).

El suelo natural dependiendo de sus características y permeabilidad debe ser acondicionado y nivelado previo a la disposición de residuos.

La disposición final de los residuos se realiza apoyando las celdas en la superficie del terreno acondicionado a la pendiente del terreno y mediante la conformación de taludes (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 19).

El relleno se construye apoyando las celdas en la pendiente natural del terreno; es decir, los residuos se descargan en la base del talud, extendiéndose y apisonándose contra él, siendo recubiertos diariamente con una capa de tierra. Se continúa la operación avanzando sobre el terreno, conservando una pendiente suave a fin de evitar deslizamientos y lograr una mayor estabilidad a medida que se eleva el relleno (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 19).

La operación de descarga y construcción de las celdas debe iniciarse desde el fondo hacia arriba (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 19).

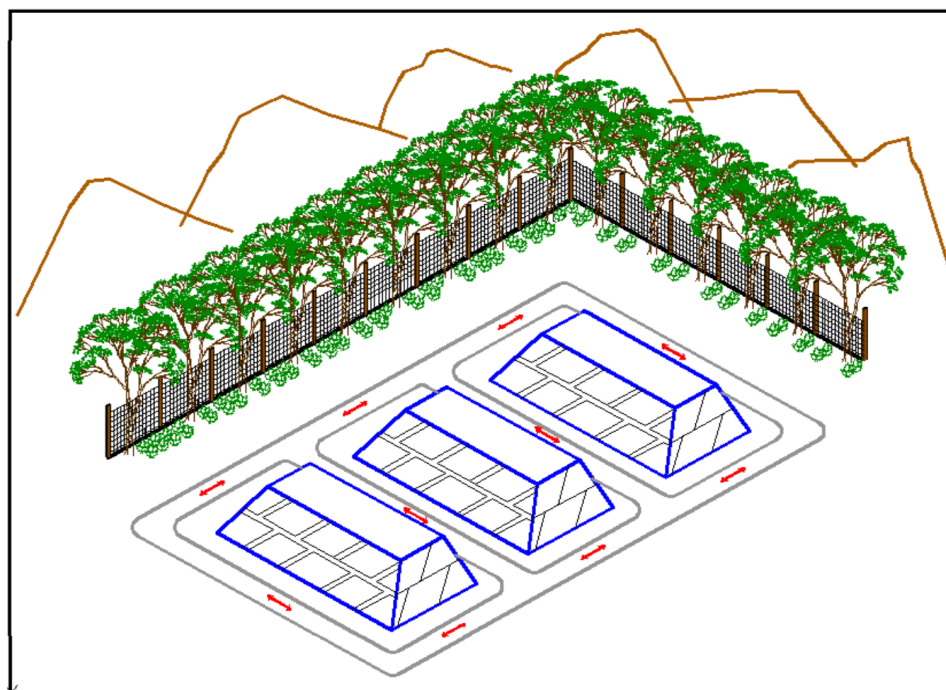


Figura 20: Método de área para construir un relleno sanitario.

Fuente: Ministerio del ambiente. (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-relleno>.

Combinación de ambos métodos

Los métodos de trinchera y área tienen técnicas similares de disposición final de residuos, por lo que pueden combinarse logrando un mejor aprovechamiento del terreno y del material de cobertura, y mayor rendimiento de la operación (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 20).

La disposición final de los residuos abarcará inicialmente los volúmenes habilitados por debajo de la superficie original del suelo (método de trinchera), para luego ir creciendo verticalmente sobre la superficie original del suelo mediante la formación de sucesivas capas o plataformas (método de área) hasta alcanzar las alturas proyectadas (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 20).

Desde el punto de vista del método de operación se considera:

Método de trinchera hasta ocupar el volumen habilitado entre la superficie de la base del relleno sanitario y la coronación del dique perimetral o

alcanzar la cota del borde superior de la excavación (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 20).

Método de área, cuando se ocupa el volumen proyectado desde la coronación del dique perimetral, o el borde superior de la excavación, hasta alcanzar la cota o la altura proyectada para la disposición final de residuos (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 20).

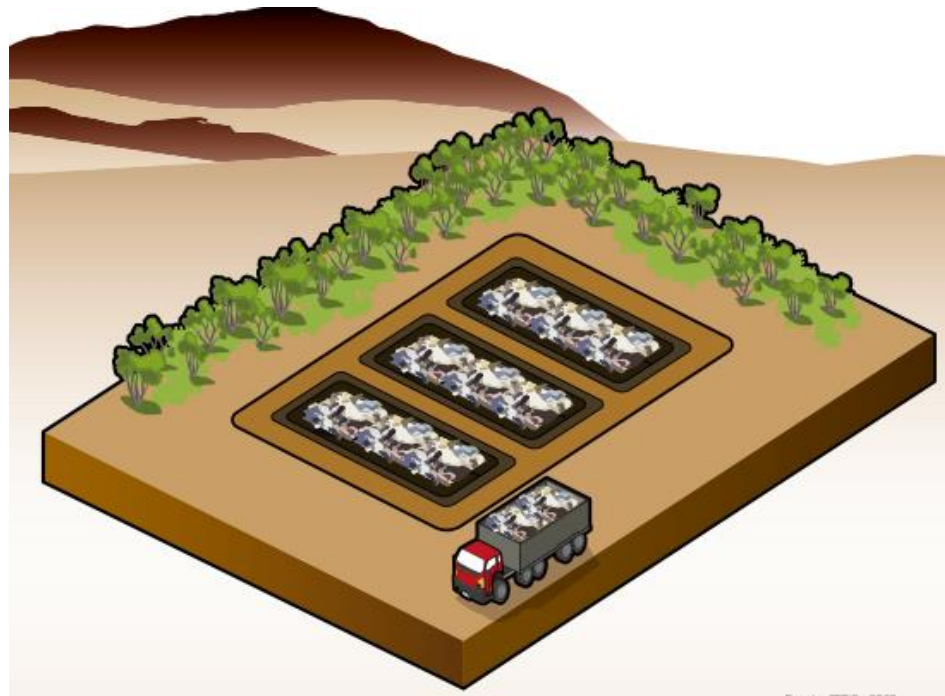


Figura 21: Método de disposición final: combinado, para relleno manual, *semimecanizado* o *mecanizado*.

Fuente: Ministerio del Ambiente (2019). Recuperado de: <https://aulaambiental.minam.gob.pe/guia-para-el-diseno-y-construccion-de-infraestructuras-para-disposicion-final-de-residuos-solidos-municipales/>

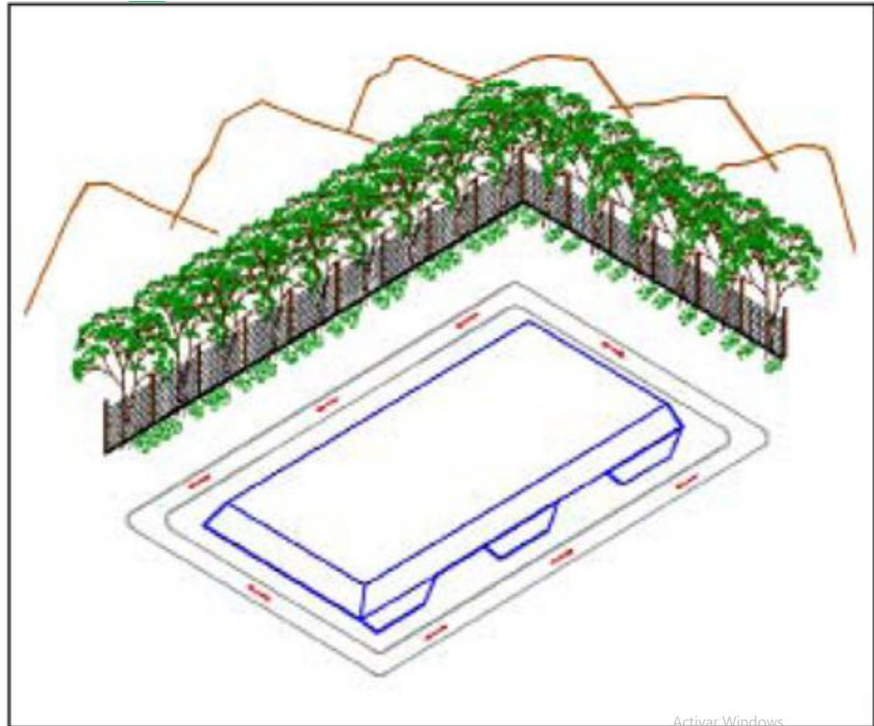


Figura 22: Método combinado (área y trinchera).

Fuente: Ministerio del ambiente. (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-relleno>.

2.2.8. Estudio de selección de área

a) Generalidades

De acuerdo con la “Guía para el diseño y construcción de infraestructuras para disposición final de residuos sólidos municipales” elaborado por el Ministerio del Ambiente (2019), la selección de área para las infraestructuras de disposición final consiste en la identificación de los espacios geográficos, lo cual se realizará en coordinación entre la municipalidad provincial y distrital teniendo en cuenta lo siguiente:

- La compatibilidad con el uso del suelo y los planes de expansión urbana (p. 22).
- La minimización y prevención de los impactos sociales, sanitarios y ambientales negativos, que se puedan originar por la construcción, operación y cierre de las infraestructuras (p. 22).
- Los factores climáticos, topográficos, geológicos, geomorfológicos, hidrogeológicos, entre otros (p. 22).

- Disponibilidad de material de cobertura (p. 22).
- La preservación del patrimonio cultural (p. 22).
- La preservación de áreas naturales protegidas por el Estado (p. 22).
- La vulnerabilidad del área ante desastres naturales (p. 22).
- El patrimonio nacional forestal y de fauna silvestre, según las normativas de la materia (p. 22).
- Otros que establezca la normatividad sobre la materia (p. 22).
- Ubicarse a una distancia no menor a 500 metros de poblaciones, así como de granjas porcinas, avícolas, entre otras. Por excepción, y de acuerdo a lo que se establezca en el IGA, la autoridad ambiental podrá permitir su ubicación a distancias menores sobre la base de los potenciales riesgos para la salud o la seguridad de la población (p. 23).
- No estar ubicadas a distancias menores de 500 metros de fuentes de aguas superficiales. Por excepción y de acuerdo a lo que establezca en el IGA, la autoridad ambiental podrá permitir su ubicación a distancias menores, considerando la delimitación de la faja marginal conforme a la normativa vigente de la materia (p. 23).
- No estar ubicada en zonas de pantanos, humedales o recarga de acuíferos en la zona de emplazamiento del proyecto (p. 23).
- No estar ubicada en zonas con presencia de fallas geológicas (p. 23).
- No estar ubicada en zonas donde se puedan generar asentamientos o deslizamientos que desestabilicen la integridad de la infraestructura de residuos sólidos (p. 23).
- Otros que establezca la normatividad sobre la materia (p. 23).

b) Contenido mínimo del estudio para la selección de área

Relación del área propuesta con infraestructura existente.

Ni la celda transitoria, el relleno sanitario y el relleno seco podrán ubicarse dentro de las áreas de influencia de obras de infraestructura civil, tales como embalses, represas, instalaciones hidroeléctricas, entre otras (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 23).

La distancia de la infraestructura para disposición final de residuos incluyendo una celda transitoria no será menor de 13 000 m. respecto de aeropuertos o pistas de aterrizajes, las mismas que podrán variar en función

de lo establecido en las normas vigentes (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 23).

Extensión del terreno y vida útil

Debido a la complejidad que resulta ubicar áreas adecuadas para infraestructuras de disposición final de residuos sólidos, la búsqueda y selección de áreas adecuadas debe realizarse en estricto cumplimiento de los criterios de selección establecidos en artículo N° 110 del Reglamento de Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos aprobado mediante Decreto Supremo N° 014 – 2017 – MINAM (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 24). La adecuada selección del terreno hará posible la construcción de una celda transitoria y la posterior habilitación de infraestructura para disposición final de residuos con la mayor vida útil posible, así como también un relleno seco (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 24).

Los periodos de vida útil a considerar son los que se muestra en la siguiente figura:



Figura 23: Periodos de vida útil.

Fuente: Ministerio del Ambiente (2019). Recuperado de: <https://aulaambiental.minam.gob.pe/guia-para-el-diseno-y-construccion-de-infraestructuras-para-disposicion-final-de-residuos-solidos-municipales/>

Para determinar la generación de residuos, se tendrá que predecir el crecimiento de la población y encontrar la población futura para un tiempo de vida útil del relleno sanitario, para ello, tenemos métodos que podemos emplear, como son: Método aritmético, método geométrico, método exponencial, etc.

Método aritmético

El método aritmético progresivo es la tasa promedio de aumento de la población que se asume constante década a década (Mekonnen, 2019). Este incremento de década a década se obtiene con los datos censales de su población obtenidos por su oficina encargada de los censos y estadística del país (Sotomayor, 2021).

La población futura se determina con la siguiente ecuación:

$$P_n = P_0 + n * k$$

Donde:

P_n: Población futura después de “n” décadas.

P₀: Población actual.

n: Número de décadas.

k: Incremento promedio por década.

Método geométrico

El método geométrico determina el porcentaje medio de crecimiento de las últimas décadas, por lo cual el pronóstico de la población se realizó sobre la base de que el aumento porcentual por década será el mismo (Mekonnen, 2019). Este porcentaje promedio por década se obtiene a partir de los datos censales del país en o población (Sotomayor, 2021).

La población futura se determina con la siguiente ecuación:

$$P_n = P_0 * (1 + G)^n$$

Donde:

P_n: Población futura después de “n” décadas.

P₀: Población actual.

n: Número de décadas.

G: Incremento porcentual promedio por década.

Método exponencial

El método exponencial es utilizado por la autoridad Central de estadísticas de Etiopia (Mekonnen, 2019).

La población futura se determina con la siguiente ecuación:

$$P_n = P_0 * e^{r * n}$$

Donde:

P_n: Población futura después de “n” décadas.

P₀: Población actual.

n: Número de décadas.

r: Tasa de crecimiento.

e: Exponencial.

Factores climáticos

La intensidad de precipitaciones pluviales, dirección predominante de los vientos, temperatura y horas de sol durante el día (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 26).

Suelo

Las características principales y clasificación de suelos (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 26).

Relieve de la superficie

Terrenos llanos a ondulados (Hasta 30° de inclinación son adecuados para habilitación de infraestructura para disposición final de residuos), (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 26).

Terrenos accidentados y elevaciones rocosas son inadecuadas, de ahí la necesidad de evitar estas características durante la selección del área (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 26).

Geología y geotecnia

Relacionada con estratigrafía, por lo tanto, con las características mecánicas del suelo local. La clasificación de suelos: areno arcillosas, capacidad de infiltración de líquido en el suelo, permeabilidad (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 26).

Geomorfología

Describe los posibles cambios que, debido a condiciones climáticas o antrópicas, podrían generar movimientos en el terreno, interviene la gravedad y otros factores naturales como litológicos, climáticos antrópicos, entre otros (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 27).

En esta tipología se pueden ver los riesgos en la erosión, los desprendimientos y deslizamientos (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 27).

Hidrogeología

La presencia o ausencia de acuífero en el subsuelo, es uno de los factores básicos que influyen en la selección del área para la habilitación de una celda transitoria y/o una infraestructura para disposición final de residuos sólidos (relleno sanitario y relleno seco), (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 27).

Es importante conocer la existencia de acuíferos subsuperficiales, la profundidad a la que se encuentran, la dirección y la velocidad del escurrimiento o flujo de la misma (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 27).

El diseño de la celda transitoria, relleno sanitario y relleno seco, deberá considerar esta información en el diseño de la impermeabilización para evitar contaminar el acuífero (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 27).

Hidrología superficial

Uno de los problemas en la disposición final de residuos en zonas con precipitaciones pluviales significativas es el escurrimiento de agua superficial que pueda llegar hasta la celda transitoria y/o relleno sanitario (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 27).

La adecuada selección del área desde el punto de vista de la hidrología superficial, debe considerar:

- El área seleccionada debe estar apartada de cauces o cuerpos receptores de agua (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 27).
- Proyectar infraestructura de drenaje para controlar escurrimiento de aguas superficiales y de precipitaciones pluviales y desviarlos fuera del terreno destinado al proyecto (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 27).

Material para cobertura

El lugar seleccionado debe contener, en toda la superficie (o en parte de ella), la suficiente cantidad de tierra que pueda ser extraída sin dificultad y a costos razonables, para cubrir la demanda necesaria para la conformación de diques, cobertura y sellado de la celda transitoria, relleno sanitario y relleno seco, a lo largo de la vida útil de la infraestructura (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 28).

Los suelos con estratos areno limosos y areno arcillosos y otros con granulometría bien distribuida (tipo afirmado) son los adecuados (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 28).

Para evitar deterioro de las superficies del terreno con buen potencial de volumen de tierra, debe considerarse la habilitación planificada de la infraestructura y la secuencia de ocupación del área, para optimizar la explotación de la tierra adecuada (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 28).

Debe evitarse terrenos con las características que se muestran en la figura siguiente:



Figura 24: Terrenos que no son aptos para material de cobertura.

Fuente: Ministerio del Ambiente (2019). Recuperado de: <https://aulaambiental.minam.gob.pe/guia-para-el-diseno-y-construccion-de-infraestructuras-para-disposicion-final-de-residuos-solidos-municipales/>

Barrera sanitaria y aislamiento paisajístico

Es ideal que el área destinada a una celda transitoria y/o infraestructura para disposición final de residuos (relleno sanitario y relleno seco), tenga una barrera natural respecto al entorno. Esta barrera por lo general la constituyen cerros o elevaciones naturales que posibilitan un buen aislamiento (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 29).

Es claro que la barrera natural debe ser complementada con un cerco perimetral en el lindero sin barrera natural. Este cerco perimetral, se complementará con un cerco vivo interior y paralelo, de preferencia con especies nativas de la zona (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 29).

En la zona de costa, que se caracteriza por ser desértica y con escasez de agua, los trabajos de cerco vivo o arborización que se puedan plantear desarrollar a lo largo de la vida útil, deben ser conservadores y focalizados a superficies donde sea posible habilitar infraestructura para riego y abastecimiento de agua. De ninguna manera considerar la arborización de las superficies acabadas de la celda transitoria, relleno sanitario y relleno seco (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 29).

La barrera natural y el cerco vivo, complementados con la dirección de los vientos, evitarán que las partículas y polvo que inevitablemente se genera en la actividad, lleguen a la población más cercana (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 29).

Vías de acceso

El lugar seleccionado para una celda transitoria y/o relleno sanitario, deberá considerar una distancia razonable de acuerdo a los volúmenes de residuos que se estima se dispondrán. Se priorizará su conexión con la red vial existente, evitando grandes recorridos (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 29).

Como referencia se podría indicar:

- Distancia referencial máxima de aproximadamente 30 km desde el centro de la ciudad (para celdas transitorias, rellenos sanitarios semi-mecanizados y mecanizados, y relleno seco), (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 29).
- Distancia referencial máxima de aproximadamente 10 kilómetros desde el centro de la ciudad (para celdas transitorias y/o rellenos sanitarios manuales), (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 29).

Compatibilización con el uso de suelo

El área destinada a un proyecto de celda transitoria, relleno sanitario y relleno seco, se tiene que elegir tomando en cuenta la proyección para la expansión urbana tenga planificada por la municipalidad involucrada (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 30).

Verificar en los planes de desarrollo urbano distrital o el plan de acondicionamiento territorial de los gobiernos provinciales (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 30).

Opinión pública

Es determinante que el área de terreno seleccionada tenga la aprobación de la población beneficiaria, así como de la población colindante al terreno, para evitar posibles conflictos sociales a corto o largo plazo. Aplicar la Ley N° 29785, ley de derecho a la consulta previa. Esta información se verificará mediante documentos que certifiquen la opinión favorable de la población (Actas, encuestas, etc.), (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 30).

Preservación de las áreas naturales protegidas por el estado

El terreno no debe estar ubicado en un área natural protegida por el Estado, por ello, se deberá contar con el certificado de no afectación de áreas naturales protegidas emitido por el SERNANP (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 30).

El terreno no debe estar ubicado en un área natural protegida por el Estado, por ello, se deberá contar con el certificado de no afectación de áreas naturales protegidas emitido por el SERNANP (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 30).

Preservación del patrimonio cultural

El terreno no debe estar ubicado en zona arqueológica, arquitectónica, histórica o patrimonial, de ser así, es un criterio de restricción de ubicación (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 30).

El sitio proyectado para la infraestructura de disposición final debe contar con el certificado de inexistencia de restos arqueológicos (CIRA), con excepción de los lugares ya intervenidos (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 30).

Saneamiento físico legal del terreno

El terreno destinado para el relleno sanitario debe estar inscrito en la Superintendencia Nacional de los Registros Públicos (SUNARP) a nombre del gobierno local que implementará la infraestructura de disposición final relleno sanitario y/o seco). Para el caso de una celda transitoria de residuos sólidos, se deberá contar como mínimo con la cesión en uso del terreno (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 31).

Los aspectos arriba mencionados contribuyen al cumplimiento del Decreto Legislativo N° 1278 (que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos), del cual, en su reglamento (Decreto Supremo N°014-2017-MINAM), en el artículo 109, inciso b, se establece: “la minimización y prevención de los impactos sociales, sanitarios y ambientales negativos, que se puedan originar por la construcción, operación y cierre de las infraestructuras” (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 31).

c) Matriz de clasificación para la selección de área

En base a los criterios antes mencionados se ha elaborado la siguiente matriz que servirá para seleccionar adecuadamente el área donde se ubicará la infraestructura de disposición final. Para calificar cada una de las áreas debemos verificar el cumplimiento de los requisitos mínimos establecidos, según los atributos o defectos de cada terreno, para lo cual se asignará un puntaje a cada criterio, este puntaje va desde regular (1 punto), moderado (3 puntos) y bueno (5 puntos), (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 33).

Tabla 4

Criterios de Calificación para la selección de área: Asignación de puntaje por cada criterio.

Item	Criterios de selección	DL N° 1278 y su reglamento DS N° 014 -2017	Puntaje	
			Alt. 1	Alt. 2
1	Distancia a la Población más cercana (m)	> 500 m		
2	Distancia a granjas crianza de animales (m)	> 500 m		
3	Distancia a fuentes de agua superficiales, zonas de pantanos, humedales o recarga de acuíferos (m)	> 500 m		
4	Distancia a fallas geológicas	> 500 m		
5	Vulnerabilidad a desastres naturales (inundaciones, deslizamientos)			
6	Infraestructuras existentes (embalses, represas, obras hidroeléctricas, entre otros)			
7	Distancia a aeropuertos o pistas de aterrizaje (m)	> 13,000 m		
8	Área del terreno (m ²)			
9	Vida útil	Mínimo 10 años		
10	Dirección predominante del viento (contraria a la población más cercana)			
11	Pendiente del terreno (Topografía)			
12	Geología del suelo (permeabilidad)			
13	Profundidad de la napa freática (m)			
14	Posibilidad del material de cobertura			
15	Cuenta con barrera sanitaria natural			
16	Accesibilidad al área (distancia a vía de acceso principal km)			
17	Uso actual del suelo y del área de influencia			
18	Opinión Pública			
19	Área natural protegida por el Estado			
20	Área arqueológica			
21	Propiedad del terreno			

Fuente: Ministerio del Ambiente (2019).

Tabla 5

Criterios de Calificación para la selección de área: Calificación por peso ponderado.

Item	Criterios de selección	Ponderado	Puntaje	
			Alt. 1	Alt. 2
1	Distancia a la Población más cercana (m)	6		
2	Distancia a granjas crianza de animales (m)	6		
3	Distancia a fuentes de agua superficiales, zonas de pantanos, humedales o recarga de acuíferos (m).	6		
4	Distancia a fallas geológicas	6		
5	Vulnerabilidad a desastres naturales (inundaciones, deslizamientos)	6		
6	Infraestructuras existentes (embalses, represas, obras hidroeléctricas, entre otros)	5		
7	Distancia a aeropuertos o pistas de aterrizaje (m)	5		
8	Área del terreno (m ²)	5		
9	Vida útil	5		
10	Dirección predominante del viento (contraria a la población más cercana)	4		
11	Pendiente del terreno (Topografía)	3		
12	Geología del suelo (permeabilidad)	4		
13	Profundidad de la napa freática (m)	4		
14	Posibilidad del material de cobertura	3		
15	Cuenta con barrera sanitaria natural	4		
16	Accesibilidad al área (distancia a vía de acceso principal km)	4		
17	Uso actual del suelo y del área de influencia	4		
18	Opinión Pública	5		
19	Área natural protegida por el Estado	5		
20	Área arqueológica	5		
21	Propiedad del terreno	5		
	Total	100		

Fuente: Ministerio del Ambiente (2019).

Tabla 6

Puntaje de calificación.

GRADOS	PUNTAJE
Regular	1
Moderado	3
Bueno	5

Fuente: Ministerio del Ambiente (2019).

En base a la suma de los valores obtenidos en cada criterio se obtiene el valor final para cada una de las alternativas, la alternativa seleccionada será la de mayor puntaje; además debe estar dentro del rango aceptable o aceptable de primera opción según la siguiente tabla (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 36).

Tabla 7

Rangos de calificación.

PUNTAJE PONDERADO TOTAL	CALIFICACIÓN
0 – 195	Terreno no aceptable - Regular
195 – 355	Terreno aceptable – Moderado
355 a más	Terreno aceptable de primera opción – Bueno

Fuente: Ministerio del Ambiente (2019).

2.2.9. Diseño de infraestructura de relleno sanitario manual

a) Selección del método

Ministerio del Ambiente (2011), el método constructivo y la subsecuente operación de un relleno sanitario están determinados principalmente por la topografía del terreno, aunque dependen también del tipo de suelo y de la profundidad del nivel freático (p.44)

b) Cálculo de la cantidad de residuos a disponer

Según (Ministerio del Ambiente, 2011): Para definir la cantidad de residuos sólidos que se proyecta disponer en el relleno sanitario manual, es necesario conocer información demográfica de la población a la cual servirá el proyecto, tales como número de habitantes y la tasa de crecimiento

poblacional, así como la generación per cápita de residuos por habitante día (p.46).

Generación per cápita de residuos

La información precisa de generación per cápita (Gpc) de residuos sólidos de una población, se obtiene como uno de los resultados del estudio de caracterización de residuos sólidos en la zona, la misma que estará en función de las condiciones socioeconómicas y hábitos de consumo de la población (Ministerio del Ambiente, 2011. p. 46)

La Gpc de residuos sólidos en el Perú varía entre 0,24 a 1.0 kg/hab/día. Siendo el promedio de 0,53 kg/hab/día, el valor empleado para las poblaciones urbanas (Ministerio del Ambiente, 2011. p.47).

Sin embargo, la estimación de la Gpc se podría estimar, realizando algunas mediciones de la cantidad de residuos sólidos que recolecta la municipalidad, y dividiendo dicha cantidad entre el número de habitantes (Ministerio del Ambiente, 2011. p.47).

$$Gpc = \frac{CRR}{Pob}$$

Donde:

Gpc: Generación per cápita (Kg/hab/día).

CRR: Cantidad de residuos recolectados (kg).

Pob: Población (número de habitantes).

Teniendo la generación per cápita, podemos calcular la cantidad diaria total de generación de residuos sólidos, la cual se estima multiplicando la generación per cápita por el número de habitantes de la población. A partir de este dato se proyectará la cantidad de residuos sólidos a disponer en el relleno sanitario manual pudiendo ser diaria, mensual, anual y durante el tiempo de vida útil de la infraestructura (Ministerio del Ambiente, 2011. p.47).

La cantidad de residuos a disponer en el relleno sanitario manual se obtendrá empleando la siguiente fórmula:

$$CRD_{RSM} = Gpc * Pob$$

Donde:

CRD_{RSM}: Cantidad de residuos diario (Kg).

Gpc: Generación per cápita (Kg/hab/día).

Pob: Población (número de habitantes).

c) Cálculo de la capacidad útil requerida

La capacidad útil requerida del relleno sanitario se calcula considerando el volumen anual y total de residuos sólidos a disponer, tomando en cuenta los aspectos que se detallan a continuación (Ministerio del Ambiente. 2019. p. 58).

- La cantidad total de residuos sólidos municipales a disponer (p. 58).
- La cantidad del material de cobertura (20-25%) del volumen compactado de residuos sólidos (Ministerio del Ambiente, 2011. p. 48).
- La densidad de los residuos sólidos estabilizados en el relleno sanitario. Los residuos dispuestos bajo el método de relleno sanitario adquieren diversos valores de densidad y, fundamentalmente, están en función de la modalidad de compactación y de los equipos mecánicos utilizados. Las densidades sugeridas para el cálculo de volumen se presentan en el siguiente cuadro (p. 58).

Tabla 8

Taludes de corte: Relleno sanitario: rango de densidades de compactación.

Tipo de relleno sanitario	Compactación de los residuos	Densidad aproximada (t/m³)
Manual	Compactación manual empleando pisones manuales	0.5 – 0.6
	Semi-mecanizado	Compactación mecánica
Mecanizado	Compactación mecánica	0.7 – 1.0

Fuente: Ministerio del Ambiente (2019).

d) Cálculo de la vida útil

La capacidad del terreno debe ser lo suficiente como para permitir su utilización por un periodo mínimo de diez (10) años (ministerio del ambiente. 2019. p. 24), a fin de que su vida útil se compatibilice con la gestión, los costos de implementación y las obras de infraestructura (Ministerio del Ambiente, 2011. p. 50).

La vida útil estará en función la cantidad de residuos a disponer en el RSM, la densidad de compactación del relleno, el volumen del material de cobertura, la profundidad o altura del relleno y las áreas adicionales para la infraestructura y zonas de seguridad proyectadas. También depende del área del terreno (Ministerio del Ambiente, 2011. p. 50).

La vida útil del relleno sanitario es el valor de tiempo que puede ser expresado en años, meses o días que se proyecta que el relleno podrá recibir residuos sólidos, en función de la capacidad útil de diseño. Para los fines del cálculo, es necesario entonces conocer el volumen útil de diseño (VUD) para una proyección de varios años (Ministerio del Ambiente, 2011. p. 50).

e) Capacidad volumétrica de las trincheras

El volumen útil de diseño tendrá que ser superior al volumen mínimo útil y la forma se definirá en función de la topografía del terreno y método de relleno a utilizar (Ministerio del Ambiente, 2011. p. 50).

Así mismo para volúmenes de gran extensión (extensos en ambas direcciones): los métodos de la retícula y a partir de las curvas de nivel, son los más adecuados (Ministerio del Ambiente, 2011. p. 50).

Procedimiento para calcular el volumen útil de diseño (VUD):

Primero se determina el área superior, empleando la siguiente ecuación:

$$As = ls * as$$

Donde:

As: Área superior (m²).

ls: Largo superior (m).

as: Ancho superior (m).

Seguidamente se necesita conocer el talud de trinchera, se empleará la siguiente tabla:

Tabla 9

Taludes de corte: inclinaciones recomendadas.

Características del suelo natural	Talud de corte (H : V)	Observación
Roca fija	1:10	Máximo hasta h = 10 m
	1:8	Cuando h > 10 m
Roca suelta	1:6 – 1:4	Máximo hasta h = 5 m
	1:4 – 1:2	Cuando h = 5 a 10 m
	1:2	Cuando h > 10 m
Conglomerado / grava	1:1 – 1:3	Cuando h ≤ 5 m
	1:1	Cuando h = 5 a 10 m
Tierra limo arcillosa o arcilla	1:1	Máximo hasta 10 m
Arena	2:1	Máximo hasta 5 m

Fuente: Ministerio del Ambiente (2019).

Con ello podemos encontrar el largo inferior empleando la siguiente ecuación:

$$li = ls - (2 * h * H)$$

Donde:

li: Largo inferior (m).

ls: Largo superior (m).

h: Altura (m).

H: Talud de la trinchera (m).

De igual forma se determina el ancho inferior, para ello se emplea la ecuación siguiente:

$$ai = as - (2 * h * V)$$

Donde:

ai: Ancho inferior (m).

as: Ancho superior (m).

h: Altura (m).

H: Talud de la trinchera (m).

Una vez calculados el largo inferior y ancho inferior, procedemos a encontrar el área inferior con la ecuación siguiente:

$$A_i = l_i * a_i$$

Donde:

A_i : Área inferior (m²).

l_i : Largo inferior (m).

a_i : Ancho inferior (m).

Seguidamente, se calcula el volumen útil de diseño (VUD) con la siguiente ecuación:

$$VUD = \frac{A_s + A_i}{2} * h$$

Donde:

VUD: Volumen útil de diseño (m³).

A_s : Área superior (m²).

A_i : Área inferior (m²).

h : Altura (m).

Por último, la capacidad volumétrica de las trincheras será el volumen útil de diseño (VUD) dividido entre el número de trincheras.

f) Cálculo de área requerida

El cálculo del área requerida será la división entre el volumen del relleno sanitario entre la altura estimada

$$A_{RS} = \frac{V_{RS}}{H_{RS}}$$

Donde:

A_{RS} = Área del relleno sanitario (m²).

V_{RS} = volumen de relleno sanitario (m³/año).

H_{RS} = Altura o profundidad media del relleno sanitario (m).

g) Área administrativa

Según el Ministerio del Ambiente (2019), las instalaciones administrativas y de servicios en una infraestructura para manejo de residuos (entre ellas la destinada a la disposición final de residuos sólidos municipales: relleno sanitario), deben estar habilitadas con la infraestructura necesaria, dimensionada para magnitud de la infraestructura, de forma que posibilite la correcta operación (p. 104).

Las instalaciones mínimas deben ser:

Oficina, caseta de vigilancia (p. 104).

Balanza y caseta para pesaje (*) (p. 104).

Infraestructura para abastecimiento de agua, servicios higiénicos, infraestructura para tratamiento de aguas residuales domésticas, vestuarios y almacén (p. 104).

Red de energía eléctrica o caseta para generador eléctrico.

(*) solo para rellenos sanitarios semi-mecanizados y mecanizados, que justifiquen pesaje de vehículos (p. 104).

El área administrativa está considerada entre el 20 y 40 % del área requerida (p.49).

$$\text{Área administrativa} = 30\% \text{ Área requerida}$$

h) Área Total

El área total será la suma del área requerida y el área administrativa.

$$\text{Área total} = \text{Área requerida} + \text{Área administrativa}$$

i) Diseño de celda diaria

Volumen de celda diaria

El volumen se determina con la siguiente formula:

$$V_c = \frac{Pd * mc}{DC_{RSU}}$$

Donde:

Pd: Producción diaria.

DC_{rsu}: Densidad compactada de Residuos Sólidos.

mc: Material de cobertura (25%).

Área de celda diaria

El Área de celda diaria se determina con la siguiente formula:

$$A_c = \frac{V_c}{hc}$$

Donde:

V_c = Volumen de la celda (m³).

A_c = Área de la celda (m²).

hc = Altura de la celda (m).

Largo o avance de Celda Diaria

El largo o avance de celda diaria se determina con la siguiente formula:

$$l = \frac{Ac}{a}$$

Donde:

Ac = Área de la ceda ($m^2/día$).

a = Ancho de la celda (> 6 m).

Según la Guía para el Diseño, Construcción y Operación de Rellenos Sanitarios Manuales, recomienda que el ancho mínimo de la celda sea 2 a 2.5 veces el largo de la cuchilla de la maquinaria. En nuestro caso consideraremos un tractor de oruga de marca CAT para canteras D8T el cual tiene un ancho de hoja de 4.04m.

j) Cálculo de la generación de lixiviados

Casi todos los residuos sólidos sufren cierto grado de descomposición, pero es la fracción orgánica la que presenta los mayores cambios. Los subproductos de la descomposición están integrados por líquidos, gases y sólidos (Ministerio del Ambiente, 2011. p. 51).

La descomposición o putrefacción natural de la basura produce un líquido maloliente de color negro, conocido como lixiviado o percolado, parecido a las aguas residuales domésticas, pero mucho más concentrado (Ministerio del Ambiente, 2011. pp. 51 – 52).

Las aguas de lluvia que atraviesan las capas de basura aumentan su volumen en una proporción mucho mayor que la que produce la misma humedad de los residuos sólidos, razón principal por lo que deben ser interceptadas y desviadas para evitar el incremento de lixiviado; de lo contrario, podría haber problemas en la operación del relleno y contaminación del agua subterránea. Para la estimación de la generación de lixiviados se empleará el siguiente método (Ministerio del Ambiente, 2011. p. 52).

Método Suizo

La guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual del Ministerio del Ambiente, describe al método para la estimación de la generación de lixiviados, conocido como Método Suizo, que se resume en la ecuación:

$$Q = \frac{1}{t} * P * A * K$$

Donde:

Q = Caudal medio de lixiviado (l/seg)

P = Precipitación media anual (mm/año)

A = Área superficial del relleno (m²)

t = Número de segundos en un año (Seg/año)

K = Coeficiente que depende del grado de compactación de la basura, cuyos valores recomendados son los siguientes:

- 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 (Ministerio del Ambiente, 2011. p. 53).
- 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 (Ministerio del Ambiente, 2011. p. 53).

Siendo la operación manual del relleno, su característica en general será de débil compactación (hasta 0.6 ton/m³) con lo que el rango de generación de lixiviados será entre 25 y 50 % de la precipitación media anual correspondiente al área del relleno (Ministerio del Ambiente, 2011. p. 53).

Para la captación y evacuación de lixiviados se debe instalar drenes en la base de la infraestructura y al pie de los taludes de cada plataforma, considerando las siguientes características (Ministerio del Ambiente, 2011. p. 53).

- En la base de la infraestructura serán dispuestos en forma de espina de pescado, aprovechando el sistema de drenaje natural u otras formas (p. 53).
- Los drenes deben tener tuberías perforadas (p. 53).
- La pendiente longitudinal mínima del dren será de 2 % (p. 53).
- Las dimensiones deben ser compatibles con los caudales esperados de lixiviados (p. 53).
- La capa del material drenante debe ser de espesor no inferior a 0.30 m. con un MINISTERIO DEL AMBIENTE Capítulo 4 54 coeficiente de permeabilidad no inferior a 10⁻² cm/s, debiéndose asegurar que las

cargas hidráulicas sobre el sistema de impermeabilización serán inferiores a 0.30 m (pp. 53 - 54).

Los drenes serán conectados a un sistema de almacenamiento de lixiviados, para su respectivo tratamiento mediante un sistema que minimice a límites permisibles su poder contaminante, se puede considerar la recirculación o inyección de lixiviados en la infraestructura sólo si ésta no implica un deterioro en la estabilidad estructural de la instalación, ni un incremento de la aparición de líquidos en los taludes de la infraestructura. La inyección de lixiviados se deberá realizar a través de sistemas de recirculación especialmente implementados para tales efectos y que permitan su distribución homogénea en la masa de residuos, no se debe utilizar para tal actividad el sistema de evacuación del biogás (drenes verticales), (Ministerio del Ambiente, 2011. p. 54).

k) Ubicación y dimensionamiento de los canales pluviales

Para evitar que el agua de escurrimiento superficial llegue a la infraestructura es necesario que el proyecto considere la habilitación de canales perimetrales que tengan la finalidad de interceptar el flujo de escurrimiento y conducirlo fuera del área destinada a la infraestructura (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 189).

Las formas, las dimensiones y las características para la habilitación de los canales pluviales deben estar en función de la máxima intensidad de precipitación pluvial que se produce en la zona, la extensión de la superficie tributaria, las características del suelo de la zona y el relieve sobre el que se habilitará (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 190).

Según el Ministerio del Ambiente (2019), el proyecto debe determinar el caudal, las dimensiones y el tipo de dren a utilizar. El cálculo del caudal se realizará usando el método racional, bajo la fórmula:

$$Q = \frac{C \times I \times A}{360}$$

Donde:

Q = Caudal (m³/seg.).

C = Coeficiente de escorrentía.

I = Intensidad de la precipitación (mm/hora).

A = Área de influencia (ha).

Para el cálculo de la dimensión de las zanjas perimetrales se podrán utilizar programas de cálculo hidráulico o realizarse tomando en cuenta las secciones típicas de este tipo de construcción (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 190).

Debido a que en nuestro país no contamos con una normativa para el diseño de drenes pluviales en rellenos sanitarios, se empleara las recomendaciones de diseño de drenajes en rellenos sanitarios internacionales como el de México: El sitio de disposición final se debe localizar fuera de zonas de inundación con periodos de retorno de 100 años (Norma Oficial Mexicana 083-SEMARNAT, 2003. p. 6).

Las dimensiones y las formas de las zanjas para control de aguas de escurrimiento superficial podrán variar de acuerdo con el registro histórico de precipitaciones pluviales en la zona del proyecto, las características de la superficie de la cuenca relacionadas con el coeficiente de escurrimiento y las características de la zanja (suelo natural, provisto de revestimiento interno, etc.) (Ministerio del Ambiente, 2019. p. 191).

Según el Ministerio del Ambiente (2019), para controlar las aguas de escurrimiento superficial producto de las precipitaciones pluviales, se debe implementar las acciones siguientes:

- Habilitación de canales perimetrales en bordes aguas arriba de las celdas, estos canales alejan del relleno sanitario las aguas de lluvia que escurren superficialmente (p. 191).
- Sectorización de la base impermeabilizada del relleno sanitario, mediante pequeños diques, de forma que posibilite que el agua de lluvia acumulada en sectores libres de residuos, puedan ser derivadas fuera del área del relleno sanitario, mientras que el lixiviado generado en el sector ocupado por residuos, debe ser conducido a la poza de almacenamiento temporal (pp. 191 – 192).
- Emplear mantas plastificadas ligeras para cubrir el frente de trabajos ante la inminencia de intensa precipitación pluvial, esta actividad evita que la gran cantidad de agua que cae directamente a la superficie de residuos se derive fuera del relleno sanitario como agua de precipitación pluvial (p. 192).

- La pendiente longitudinal de la base impermeabilizada del relleno sanitario debe ser de 2.0 % como mínimo, para facilitar el escurrimiento y manejo de agua de precipitación pluvial y los lixiviados respectivamente (p. 192).
- En zonas geográficas con intensa precipitación pluvial se planificará la ocupación de las áreas (formación de capas o plataformas sucesivas), de manera que la disposición final de residuos se realice en la menor área y mayores alturas posibles, y de esta manera facilitar el empleo de mantas plastificadas para cubrir la superficie en operación, y de esta manera minimizar la generación de lixiviados (p. 192).

1) Diseño de vía interna

Según AMBIDES (2021), el diseño de las vías de acceso interior se sustenta para el transporte del vehículo recolector de residuos (p. 25).

Capacidad de carga: 1 ton.

Tipo de vehículo: C2.

Alto Total: 1.8 m.

Ancho total: 1.92 m.

Largo total: 5.13 m.

Longitud entre ejes: 2.56 m.

En el diseño de carreteras de muy bajo volumen de tráfico $IMDA < 50$, la calzada podrá estar dimensionada para un solo carril. En la siguiente tabla, se indican los valores apropiados del ancho de la calzada en tramos rectos para cada velocidad directriz en relación al tráfico previsto y a la importancia de la carretera (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008. p. 60).

Tabla 10

Características de secciones para zanjas perimetrales.

Tráfico IMDA	< 15	16 a 50	51 a 100		101 a 200		
Velocidad (km/h)	*	*	**	*	**	*	**
25	3.5	3.5	5.5	5.5	5.5	5.5	6.0
30	3.5	4.0	5.5	5.5	5.5	5.5	6.0
40	3.5	5.5	5.5	5.5	6.0	6.0	6.0
50	3.5	5.5	6.0	5.5	6.0	6.0	6.0
60		5.5	6.0	5.5	6.0	6.0	6.0

* Calzada de un sólo carril, con plazoleta de cruce y/o adelantamiento.

** Carreteras con predominio de tráfico pesado.

Fuente: Ministerio de Transportes y comunicaciones (2008).

m) Distribución general de la infraestructura

La guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual del Ministerio del Ambiente, indica que la distribución general debe definir la ubicación y dimensiones de los componentes de la infraestructura de disposición final de residuos sólidos, los cuales se presentan a continuación (p. 58).

- Área para administración y control de ingreso de residuos; el mismo que en su mínima expresión puede ser un ambiente para el almacén de herramientas, servicios higiénicos y una caseta o garita de control (Ministerio del Ambiente, 2011. p. 58).
- Vía de acceso interna; la que tendrá como mínimo 3 m. de ancho y características para el tránsito pesado y cunetas laterales para zonas con condiciones de alta precipitación (Ministerio del Ambiente, 2011. p. 58).
- Sector de operación; el cual estará conformado por las celdas de disposición final en cualquiera de sus métodos (área, trinchera o mixta), drenes de recolección e instalación de almacenamiento de lixiviados (Ministerio del Ambiente, 2011. p. 58).
- Área para el abastecimiento y almacenamiento de material de cobertura; área asignada de la cual se extraerá el material para fines de cobertura del relleno sanitario o área en el cual se depositará el material de

préstamo provenientes de otras canteras (Ministerio del Ambiente, 2011. p. 58).

- Barrera sanitaria; es un área perimetral en donde se implementarán barreras naturales o artificiales que contribuyan a reducir los impactos negativos y proteger a la población de posibles riesgos sanitarios y ambientales (Ministerio del Ambiente, 2011. p. 58).

- Zona de seguridad; áreas libres internas del terreno que no pertenecen a la barrera sanitaria y en donde no se implementará ninguna instalación, en la misma que el personal puede ubicarse en caso de emergencias (Ministerio del Ambiente, 2011. p. 58).

2.2.10. Operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario

a) Operación

Operación del personal

Cantidad de trabajadores: se precisará la cantidad de trabajadores considerados para la operación del relleno sanitario, lo cual se determinará en función de la cantidad de los residuos a recepcionar diariamente y el horario de operación (Ministerio del Ambiente, 2011. p. 69).

Horario de atención y jornal de trabajo: el horario de atención se define por la operación del relleno sanitario, debiendo priorizar horarios diurnos aprovechando la luz día. La jornada de trabajo en el Perú conforme a las normas legales es de 8 horas, sin embargo, por el tipo de actividad es recomendable que se considere sólo 6 horas operativas en el relleno sanitario (Ministerio del Ambiente, 2011. p. 69).

Salud ocupacional, higiene y seguridad de los trabajadores: este aspecto es de vital importancia que debe tener en cuenta el responsable del proyecto de RSM, ya que de ello dependerá la preservación y protección de la salud de los trabajadores (Ministerio del Ambiente, 2011. p. 69).

El proyecto debe considerar el desarrollo de un Plan de salud ocupacional, higiene y seguridad. El mismo que contendrá un componente de capacitación, evaluaciones médicas e inmunizaciones, medidas de protección y seguridad. Los trabajadores bien entrenados podrán desarrollar mejor sus labores, incrementando la eficiencia y disminuyendo los accidentes laborales (Ministerio del Ambiente, 2011. p. 69).

El administrador o titular del RSM debe dotar a todos los trabajadores en cantidad suficiente para cambio y limpieza, la indumentaria y equipos de protección personal (EPP) necesarios, según la función que desarrollen. Los trabajadores que realizarán labores de operación en las celdas deben estar protegidos con lo siguiente: casco, mascarilla de filtro para polvos y gases, ropa de protección, guantes de cuero, y botines de seguridad (Ministerio del Ambiente, 2011. p. 69).

El programa de control médico y de inmunizaciones (vacunaciones), debe considerar evaluaciones médicas de los trabajadores antes del inicio de su labor y por periodos no mayor a tres meses durante las labores de operación en la IDF, e inmunizaciones mínimas contra el Tétanos, TBC y Hepatitis, según periodos establecidos hasta completar las dosis correspondientes (Ministerio del Ambiente, 2011. p. 69).



Figura 25: Equipos para usar como protección personal.

Fuente: Ministerio del Ambiente (2019). Recuperado de: <https://aulaambiental.minam.gob.pe/guia-para-el-diseno-y-construccion-de-infraestructuras-para-disposicion-final-de-residuos-solidos-municipales/>

Operación de disposición final

La operación de un relleno sanitario manual, es una alternativa tecnológica para la disposición final de residuos sólidos de poblaciones donde la generación no excede las 20 toneladas por día, según las normas peruanas (Ministerio del Ambiente, 2011. p. 71).

Su categorización como relleno sanitario manual, obedece al tipo de operación que se realiza en él, sin la necesidad del uso de maquinaria pesada para su funcionamiento, toda vez que el esparcido, compactación y cobertura de los residuos se realiza mediante el uso de herramientas básicas como rastrillos, pisones manuales, caretillas, palas, entre otros (Ministerio del Ambiente, 2011. p. 71).

Son actividades que se realizan en el frente de trabajo de la disposición final de los residuos, con personal profesional, técnico calificado y entrenado, así como con equipo necesario. La IDF debe contar con un sistema control de ingreso de vehículos y residuos, para lo cual, se debe contar mínimamente con un sistema manual de registro como un cuaderno o formulario, en el que se anotarán diariamente los siguientes datos: cantidad y procedencia de los residuos, fecha y hora de recepción, tipo de vehículo y nombre del conductor del vehículo. La cantidad de residuos sólidos puede ser estimada en función a la capacidad de carga del vehículo (Ministerio del Ambiente, 2011. p. 71).

Recepción de residuos

Para la recepción de los residuos en la IDF, se debe tener asignado las área o zonas a utilizar, considerando un frente de trabajo del menor ancho posible que permita una adecuada operación y maniobra de los vehículos y equipos, así como para un buen desempeño del personal a fin que la descarga, el esparcido, la compactación y cobertura, sea segura y apropiada diariamente (Ministerio del Ambiente, 2011. p. 71).

Descarga

La descarga de los residuos se realiza en el frente de trabajo, siguiendo el orden previsto para la conformación de las celdas, procediendo en forma inmediata a su confinamiento (Ministerio del Ambiente, 2011. p. 71).

Esparcido y compactación

El esparcido de los residuos se efectuará en capas no mayores a 0,60 m, incluyendo la cobertura. La compactación en este caso se realiza con pisones manuales, rodillos compactadores. La compactación de residuos en forma manual se realizará hasta reducir la altura de la celda de residuos por lo menos en un 25% (Ministerio del Ambiente, 2011. p. 71).

Cobertura

La cobertura de los residuos se realiza en forma diaria, utilizando material que cumpla con las características necesarias para impedir que los gases generados por la descomposición de los residuos orgánicos emigren hacia el exterior en forma incontrolada, en capas compactadas de 0,20 m. de espesor como mínimo, dentro de un área de la infraestructura debe existir como reserva material acopiado que garantice la operación normal de la infraestructura un periodo mínimo de 15 días. La cantidad del material cobertura necesaria para las operaciones normalmente se estima con una relación del 20 al 30 % del volumen de residuos a confinar (Ministerio del Ambiente, 2011. pp. 71 – 72).

$$V_{mc} = 30 \% V_{rsc}$$

Donde:

V_{mc} = Volumen de material de cobertura (m³).

V_{rsc} = Volumen de residuos sólidos a confinar (m³).

Si en el área del relleno sanitario de disposición final no existe la disponibilidad del material para cobertura con las características mínimas requeridas, se debe recurrir a fuentes externas, debiendo garantizar el proceso de extracción y traslado hasta la IDF (Ministerio del Ambiente, 2011. p. 72).

b) Mantenimiento

Se deberá controlar residuos livianos que puedan ser arrastrados por el viento, tales como papeles y plásticos fuera del frente de trabajo, para lo cual se deberá contar con rejas u otros sistemas que permitan dicho control. En todo caso se deberá mantener limpia de residuos la superficie de la infraestructura, así como toda el área del emplazamiento y de los lugares vecinos, recogiendo permanentemente la fracción liviana que no pueda ser controlada. Asimismo, se deberán mantener la limpieza de al menos los

últimos 500 metros de las vías de acceso al lugar de emplazamiento de la infraestructura (Ministerio del Ambiente, 2011. p. 72).

c) Cierre y post cierre

Según lo establecido en artículo 89° del Reglamento, el plan de cierre es aprobado como parte del EIA o PAMA de la infraestructura de residuos sólidos. Para su ejecución se requiere presentar el replanteo a la autoridad de salud de la jurisdicción 4 años antes del límite de vida útil (Ministerio del Ambiente, 2011. p. 72).

Una vez concluida la vida útil del relleno sanitario manual, se inicia la etapa de cierre hasta lograr su integración con el paisaje natural del entorno o su aprovechamiento para fines recreativos (Ministerio del Ambiente, 2011. p. 72).

Esta etapa se formaliza con la formulación del plan de cierre, el mismo que debe detallar las obras y actividades destinadas a mantener las condiciones anaeróbicas de la disposición de los residuos en la infraestructura, controlar la migración de biogás y lixiviados y la integridad de la infraestructura luego de finalizadas las operaciones de disposición final de residuos (Ministerio del Ambiente, 2011. p. 72).

Ministerio del Ambiente (2011), el plan de cierre se presentará a la autoridad de salud regional de la jurisdicción, para su aprobación como mínimo 4 años antes del límite del tiempo de vida útil de la IDF, considerando los lineamientos que fueron consignados en el estudio ambiental (EIA o PAMA) aprobado inicialmente por la autoridad de salud del nivel nacional. El plan debe cumplir con los siguientes aspectos técnicos:

- Análisis ambiental y sanitario del área de influencia del relleno sanitario (p.72).
- Obras y actividades de control sanitario y ambiental, las actividades previstas, como mínimo debe atender el tratamiento y disposición de lixiviados, control de biogás, manejo de escorrentías superficiales, control de roedores e insectos vectores (p.72).
- Operación, mantenimiento y seguimiento de los sistemas de control ambiental para evitar riesgos a la salud y el ambiente (p.73).

- Uso futuro de la infraestructura, incluidas las obras y actividades que se realizarán. o Plan de Contingencias. o Cronograma de actividades (p.73). Ministerio del Ambiente (2011), el post cierre se refiere a las actividades necesarias para mantener en buen estado la infraestructura - RSM, durante un período mínimo de cinco (05) años, el mismo que comprende lo siguiente:
- Mantenimiento de la cobertura final, se efectuarán los trabajos necesarios para conservar la integridad de la cobertura final como reposición de material, entre otros. (p.73)
- Control de la contaminación del agua subterránea, se debe continuar el control de la contaminación del agua subterránea con la misma frecuencia efectuada durante la operación de la infraestructura. (p.73)
- Mantenimiento y operación de los sistemas de drenaje de aguas superficiales, de gases y lixiviados deben mantenerse en adecuadas condiciones de funcionamiento. (p.73)
- Monitoreo ambiental, se iniciará las actividades de monitoreo de los parámetros establecidos en el Plan de Cierre. (p.73)
- Acciones correctivas, En caso de detectarse algún tipo de contaminación de las aguas, suelo, aire, o proliferación de vectores y roedores se debe implementar, al igual que en la etapa de operación, las acciones correctivas pertinentes. (p.73)

2.3. Definición de términos básicos

Ciclo de vida

Etapas consecutivas e interrelacionadas que consisten en la adquisición o generación de materias primas, fabricación, distribución, uso, valorización y su eliminación como residuo (Decreto legislativo N° 1278 - Ley de gestión integral de residuos sólidos, 2016).

Disposición final

Procesos u operaciones para tratar y disponer en un lugar los residuos como último proceso de su manejo en forma permanente, sanitaria y ambientalmente segura (Decreto legislativo N° 1278 - Ley de gestión integral de residuos sólidos, 2016).

Generador

Persona natural o jurídica que en razón de sus actividades genera residuos, sea como fabricante, importador, distribuidor, comerciante o usuario. También se

considera generador al poseedor de residuos peligrosos, cuando no se pueda identificar al generador real y a los gobiernos municipales a partir de las actividades de recolección (Decreto legislativo N° 1278 - Ley de gestión integral de residuos sólidos, 2016).

Minimización

Acción de reducir al mínimo posible la generación de los residuos sólidos, a través de cualquier estrategia preventiva, procedimiento, método o técnica utilizada en la actividad generadora (Decreto legislativo N° 1278 - Ley de gestión integral de residuos sólidos, 2016).

Recolección

Acción de recoger los residuos para transferirlos mediante un medio de locomoción apropiado, y luego continuar su posterior manejo, en forma sanitaria, segura y ambientalmente adecuada (Decreto legislativo N° 1278 - Ley de gestión integral de residuos sólidos, 2016).

Reciclaje

Toda actividad que permite reaprovechar un residuo mediante un proceso de transformación material para cumplir su fin inicial u otros fines (Decreto legislativo N° 1278 - Ley de gestión integral de residuos sólidos, 2016).

Semisólido

Material o elemento que normalmente se asemeja a un lodo y que no posee suficiente líquido para fluir libremente (Decreto legislativo N° 1278 - Ley de gestión integral de residuos sólidos, 2016).

Segregación

Acción de agrupar determinados componentes o elementos físicos de los residuos sólidos para ser manejados en forma especial (Decreto legislativo N° 1278 - Ley de gestión integral de residuos sólidos, 2016).

Tratamiento

Cualquier proceso, método o técnica que permita modificar la característica física, química o biológica del residuo sólido, a fin de reducir o eliminar su potencial peligro de causar daños a la salud y el ambiente, con el objetivo de prepararlo para su posterior valorización o disposición final (Decreto legislativo N° 1278 - Ley de gestión integral de residuos sólidos, 2016).

Valorización

Cualquier operación cuyo objetivo sea que el residuo, uno o varios de los materiales que lo componen, sea reaprovechado y sirva a una finalidad útil al sustituir a otros materiales o recursos en los procesos productivos. La valorización puede ser material o energética (Decreto legislativo N° 1278 - Ley de gestión integral de residuos sólidos, 2016).

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

3.1. Tipo y nivel

3.1.1. Tipo de investigación

La investigación aplicada busca conocer, actuar, construir y modificar una realidad problemática. Los proyectos de ingeniería civil están ubicados dentro de este tipo de clasificación. (Borja, 2016. p. 10). Según lo señalado la investigación es de tipo aplicada, ya que se busca analizar el manejo actual de los residuos sólidos urbanos y proponer un diseño de un relleno sanitario con el fin de mejorar su administración en los distritos de San Nicolás y Mariscal Benavides.

3.1.2. Nivel de investigación

Los estudios descriptivos se buscan especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren (Hernández, 2014. p. 92). El nivel correspondiente a esta investigación es descriptivo ya que se recopiló información sobre la administración actual de los residuos sólidos urbanos y se realizó la caracterización, elaboración de perfiles y diagnóstico descriptivo con el fin de establecer la ubicación óptima y el diseño de un relleno sanitario.

3.2. Diseño de la investigación

3.2.1. Tipo de diseño de la investigación

Las investigaciones con un diseño no experimental son las que no manipulan adrede las variables. Dicho de otro modo, las investigaciones no hacen variar a propósito las variables independientes para observar sus efectos sobre las demás variables. En un diseño no experimental se estudia situaciones ya existentes, las variables independientes ya fueron alteradas y no se controlan o manipulan, igual que los efectos que ocasionan estas alteraciones (Hernández, 2014. p. 152). Según lo señalado la investigación es de diseño no experimental, ya que para el diseño del relleno sanitario se estudiaron las teorías y variables al respecto, pero no se manipularon directamente.

3.2.2. Enfoque de la investigación

El enfoque cuantitativo emplea la recolección de datos con la finalidad de verificar la información recopilada basándose en la cuantificación numérica y el análisis estadístico. El enfoque cuantitativo es secuencial y probatorio con la finalidad de verificar comportamientos y acreditar teorías (Hernández como se citó en Pariona & Saldaña, 202. p. 72). Según esta definición la investigación presenta un enfoque cuantitativo, dado que se reunieron datos sobre la cantidad de residuos sólidos generados en los distritos de San Nicolás y Mariscal Benavides y los sistemas de tratamiento para determinar el diseño y su dimensionamiento del relleno sanitario.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población de estudio

La población está comprendida por todos los distritos de la provincia de Rodríguez de Mendoza.

3.3.2. Diseño muestral

El muestreo para la selección de área del relleno sanitario será no probabilístico por juicio ya que las muestras serán seleccionadas como adecuadas debido a que estas cumplen con gran parte de los criterios de selección de áreas para emplazamientos de disposición final. Las muestras son las tres áreas preseleccionadas en el perfil del proyecto de mejoramiento de la gestión integral de los residuos sólidos. Al área que resulte ganador en el análisis multicriterio para la selección de área, procederemos a diseñar el relleno sanitario.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Tipos de técnicas e instrumentos

Análisis documental

Se empleará esta técnica en la investigación, debido a que nos apoyamos de tesis, artículos y del perfil del proyecto de mejoramiento de la gestión integral de los residuos sólidos del distrito de San Nicolás y Mariscal Benavides; para así poder describir los requerimientos técnicos para la selección de área y el diseño del relleno sanitario.

3.4.2. Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos

Según el enfoque ingenieril la propuesta fue sustentada teóricamente, verificándose en base a evidencias.

3.4.3. Procedimiento para la recolección de datos

Para el análisis del manejo actual de los residuos sólidos urbanos, los estudios previos para la selección de sitio del relleno sanitario y la generación per cápita para el cálculo de la capacidad de operación diaria; estos datos fueron tomados del perfil del proyecto de mejoramiento de la gestión integral de los residuos sólidos.

3.5. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información

Se evaluó toda la data recolectada en hojas de cálculo del programa Excel y para el análisis de datos se emplearon: diagramas y tablas.

CAPÍTULO IV: DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Diagnóstico y situación actual

4.1.1. Ubicación

Los distritos de San Nicolás y Mariscal Benavides politicamente se encuentran ubicados en:

Departamento: Amazonas.

Provincia: Rodríguez de Mendoza.

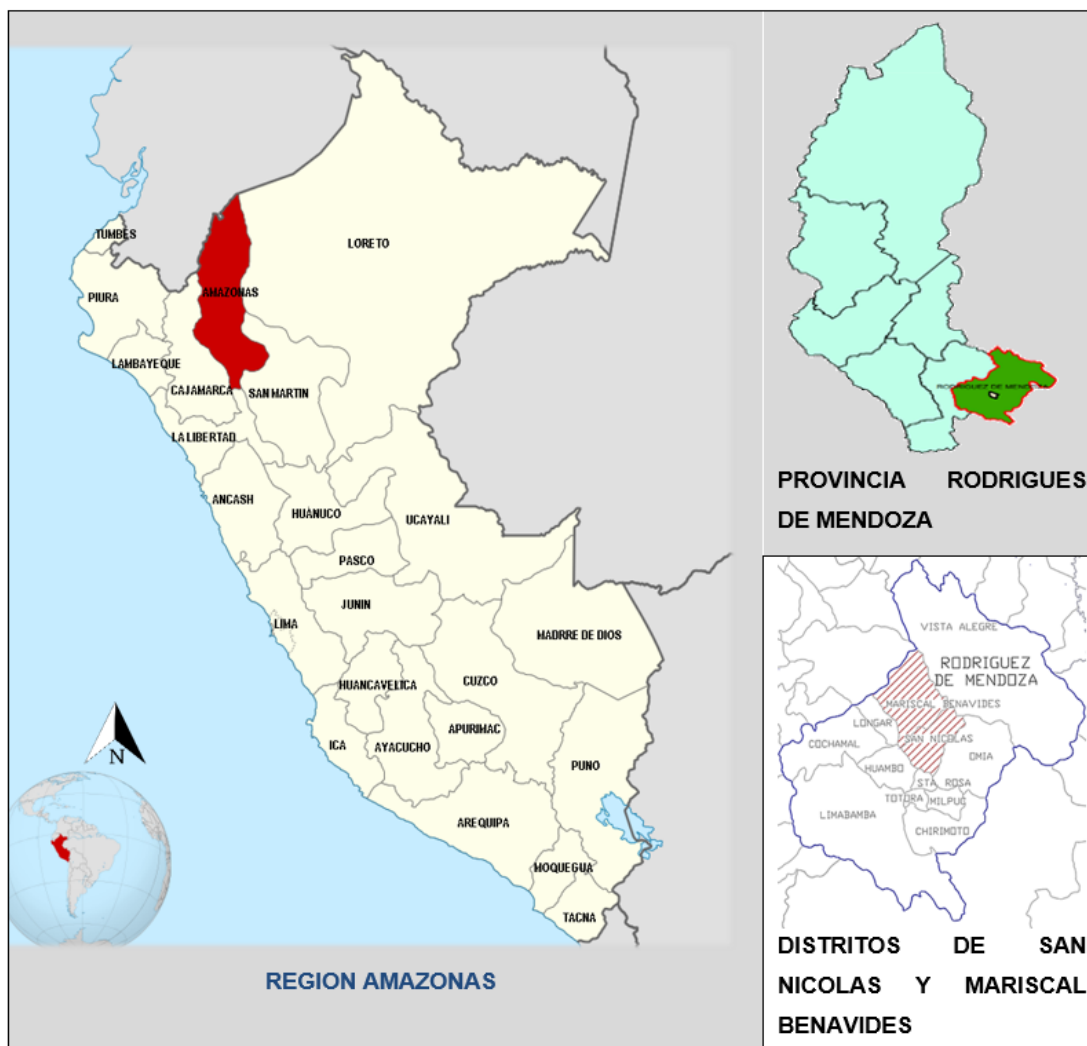


Figura 26: Ubicación de los Distritos San Nicolás y Mariscal Benavides.

Fuente: Perfil del proyecto Mejoramiento de la gestión integral de los Residuos sólidos de los distritos de San Nicolás y Mariscal Benavides - provincia de Rodríguez de Mendoza -amazonas.

4.1.2. Administración

La administración de los residuos sólidos domiciliarios está a cargo de la municipalidad provincial de Rodríguez de Mendoza en el distrito de San Nicolás y por la municipalidad de Mariscal Benavides en el distrito de Mariscal

Benavides. El servicio consiste en realizar la limpieza pública, recolección domiciliaria con un camión compactador de carga posterior, traslado y disposición final en el botadero a cielo abierto de la municipalidad provincial de Rodríguez de Mendoza.



Figura 27: Personal haciendo el servicio de recolección domiciliaria.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 28: Botadero municipal (Julio 2022).

Fuente: Elaboración propia.

El botadero a cielo abierto le pertenece a la municipalidad provincial de Rodríguez de Mendoza, este no es una zona técnicamente evaluada para disposición final de residuos sólidos domiciliarios, ya que no cuenta con un estudio de selección de área y tampoco con la infraestructura necesaria para poder disponer los residuos de forma segura y ambientalmente adecuada.

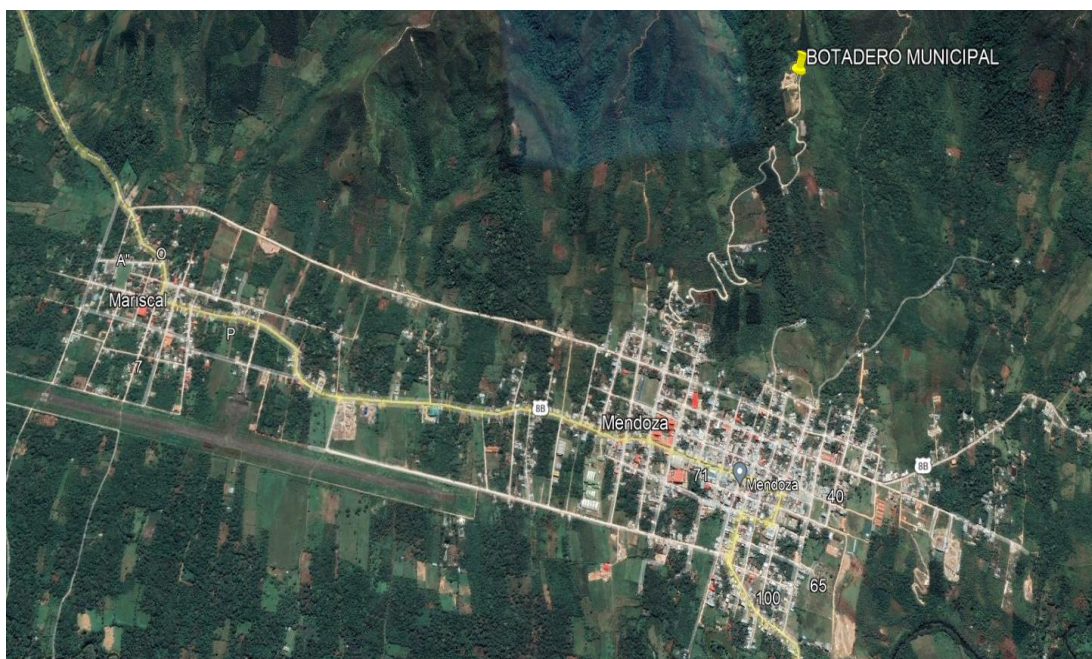


Figura 29: Ubicación del botadero municipal.

Fuente: Google Earth.

4.1.3. Producción y Caracterización

a) Generación total y generación per cápita municipal

Según el perfil del proyecto de mejoramiento de la gestión integral de los residuos sólidos, en los distritos de San Nicolás y Mariscal Benavides se acumulan aproximadamente 2,654.59 toneladas de residuos sólidos al año.

Distrito de San Nicolás

En la siguiente tabla se muestra la generación domiciliaria, generación no domiciliaria, generación total municipal y la generación per cápita del distrito de San Nicolás.

Tabla 11

Generación total y generación per cápita del distrito de San Nicolás.

Población total del distrito de San Nicolás	GPC domiciliaria (kg/hab/día)	Generación total domiciliaria (tn/día)	Generación total no domiciliaria y especial (tn/día)	Generación total municipal (tn/día)	GPC municipal (kg/hab/día)
6149	0.460	2.83	1.61	4.44	0.722

Fuente: Perfil del proyecto de mejoramiento de la gestión integral de los residuos sólidos (2019).

Distrito de Mariscal Benavides

En la siguiente tabla se muestra la generación domiciliaria, generación no domiciliaria, generación total municipal y la generación per cápita del distrito de Mariscal Benavides.

Tabla 12

Generación total y generación per cápita del distrito de Mariscal Benavides.

Población total del distrito de San Nicolás	GPC domiciliaria (kg/hab/día)	Generación total domiciliaria (tn/día)	Generación total no domiciliaria y especial (tn/día)	Generación total municipal (tn/día)	GPC municipal (kg/hab/día)
1507	0.327	0.49	0.04	0.53	0.352

Fuente: Perfil del proyecto de mejoramiento de la gestión integral de los residuos sólidos (2019).

En la tabla número 12 se muestra la composición de residuos sólidos urbanos de origen domiciliaria según los tipos de residuos en porcentaje.

Tabla 13

Composición de residuos sólidos urbanos de origen domiciliaria.

Tipo de residuo sólido	Composición porcentual (%)
1. Residuos aprovechables	86.75%
1.1. Residuos Orgánicos	78.41%
Residuos de alimentos (restos de comida, cascaras, restos de frutas, verduras, hortalizas y otros similares)	76.42%
Residuos de maleza y poda (restos de flores, hojas, tallos, grass, otros similares)	1.21%
Otros orgánicos (estiércol de animales menores, huesos y similares)	0.77%
1.2. Residuos Inorgánicos	8.35%
1.2.1. Papel	0.82%
Blanco	0.31%
Periódico	0.16%

Mixto (páginas de cuadernos, revistas, otros similares)	0.35%
1.2.2. Cartón	1.17%
Blanco (liso y cartulina)	0.00%
Marrón (Corrugado)	0.89%
Mixto (tapas de cuaderno, revistas, otros similares)	0.29%
1.2.3. Vidrio	0.52%
Transparente	0.30%
Otros colores (marrón – ámbar, verde, azul, entre otros)	0.09%
Otros (vidrio de ventana)	0.13%
1.2.4. Plástico	2.64%
PET-Tereftalato de polietileno (1) (aceite y botellas de bebidas y agua, entre otros similares)	0.80%
PEAD-Polietileno de alta densidad (2) (botellas de lácteos, shampoo, detergente líquido, suavizante)	0.41%
PEBD -Polietileno de baja densidad (4) (empaques de alimentos, empaques de plástico de papel higiénico, empaques de detergente, empaque film)	0.80%
PP-polipropileno (5) (baldes, tinas, rafia, estuches negros de CD, tapas de bebidas, tapers)	0.32%
PS -Poliestireno (6) (tapas cristalinas de Cds, micas, vasos de yogurt, cubetas de helado, envases de lavavajilla)	0.31%
PVC-Policloruro de vinilo (3) (Tuberías de agua, desagüe y eléctricas)	0.00%
1.2.5. Tetra brik (envases multicapa)	0.07%
1.2.6. Metales	1.27%
Latas-hojalata (latas de leche, atún, entre otros)	1.16%
Acero	0.00%
Fierro	0.07%
Aluminio	0.04%
Otros Metales	0.00%
1.2.7. Textiles (telas)	0.99%
1.2.8. Caucho, cuero, jebe	0.87%
2. Residuos no reaprovechables	13.25%
Bolsas plásticas de un solo uso	3.71%
Residuos sanitarios (Papel higiénico/Pañales/toallas sanitarias, excretas de mascotas.)	7.41%
Pilas	0.05%

Tecnopor (poliestireno expandido)	0.16%
Residuos inertes (tierra, piedras, cerámicos, ladrillos, entre otros)	0.99%
Restos de medicamentos	0.06%
Envolturas de snacks, galletas, caramelos, entre otros	0.19%
Otros residuos no categorizados (Retazos de madera)	0.36%
Otros residuos no categorizados (Cabellos)	0.07%
Otros residuos no categorizados (Plumas)	0.04%
Otros residuos no categorizados (Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos – RAEE)	0.14%
Otros residuos no categorizados (Fluorescentes)	0.05%
Otros residuos no categorizados (Velas)	0.02%
TOTAL	100.00%

Fuente: Perfil del proyecto de mejoramiento de la gestión integral de los residuos sólidos (2019).

4.1.4. Proyección de la generación de residuos sólidos

a) Población de diseño

Para poder definir la cantidad de residuos sólidos que se tiene proyectado disponer en el relleno sanitario, necesitamos calcular la población futura de los distritos San Nicolás y Mariscal Benavides a la cual servirá el siguiente proyecto, que estimaremos con respecto al periodo de diseño que serán 10 años y el crecimiento poblacional obtenido a través de los censos pasados por 3 métodos.

Para el diseño se va a proyectar una población existente en los distritos de San Nicolás y Mariscal Benavides, tomando como punto de referencia los habitantes de los censos realizados en los últimos años, como consta en la base de datos del INEI.

Tabla 14

Población de los distritos San Nicolás y Mariscal Benavides en los últimos 3 censos.

Año	San Nicolás	Mariscal Benavides
1993	3952	1629
2007	4837	1406
2017	6016	1506

Fuente: INEI.

Tasa de Crecimiento anual

Es el incremento medio anual total de una población, vale decir el número de nacimientos menos el de defunciones, más el de inmigrantes y menos el de emigrantes, durante un determinado período. (INEI, 2009. p. 150).

Tabla 15

Cálculo de la población base mediante la tasa de crecimiento anual.

Año	Tasa de crecimiento medio de la población total (%)	Población Base
2017	1.07	6243
2018	1.06	7522
2019	1.04	7600
2020	1.01	7677
2021	0.99	7753
2022	0.97	7828
2023	0.95	7903
2024	0.93	7976
2025	0.91	8049
2026	0.89	8120
2027	0.87	8191
2028	0.85	8261
2029	0.83	8329
2030	0.8	8396
2031	0.78	8461
2032	0.76	8526

Fuente: INEI.

Proyección de la población de diseño que incluye a los distritos San Nicolás y Mariscal Benavides para un periodo de diseño de 10 años mediante los métodos: Aritmético, Geométrico y exponencial.

$$\text{Índice Aritmético: } r = \frac{(p_{i+1} - p_i)}{(t_{i+1} - t_i)}$$

$$\text{Índice Geométrico: } r = \frac{t_{i+1} - t_i}{\sqrt{\frac{p_{i+1}}{p_i}}}$$

$$\text{Índice Exponencial: } r = \frac{\ln(p_{i+1}) - \ln(p_i)}{p_{i+1} - p_i}$$

Tabla 16

Población de diseño por los métodos: Aritmético, Geométrico y Exponencial.

	Año	Aritmético	Geométrico	Exponencial
1	2023	8001	8108	8107
2	2024	8088	8226	8225
3	2025	8176	8347	8345
4	2026	8263	8469	8468
5	2027	8351	8594	8593
6	2028	8439	8722	8720
7	2029	8526	8852	8849
8	2030	8614	8984	8981
9	2031	8701	9119	9115
10	2032	8789	9256	9252

Fuente: Elaboración propia.

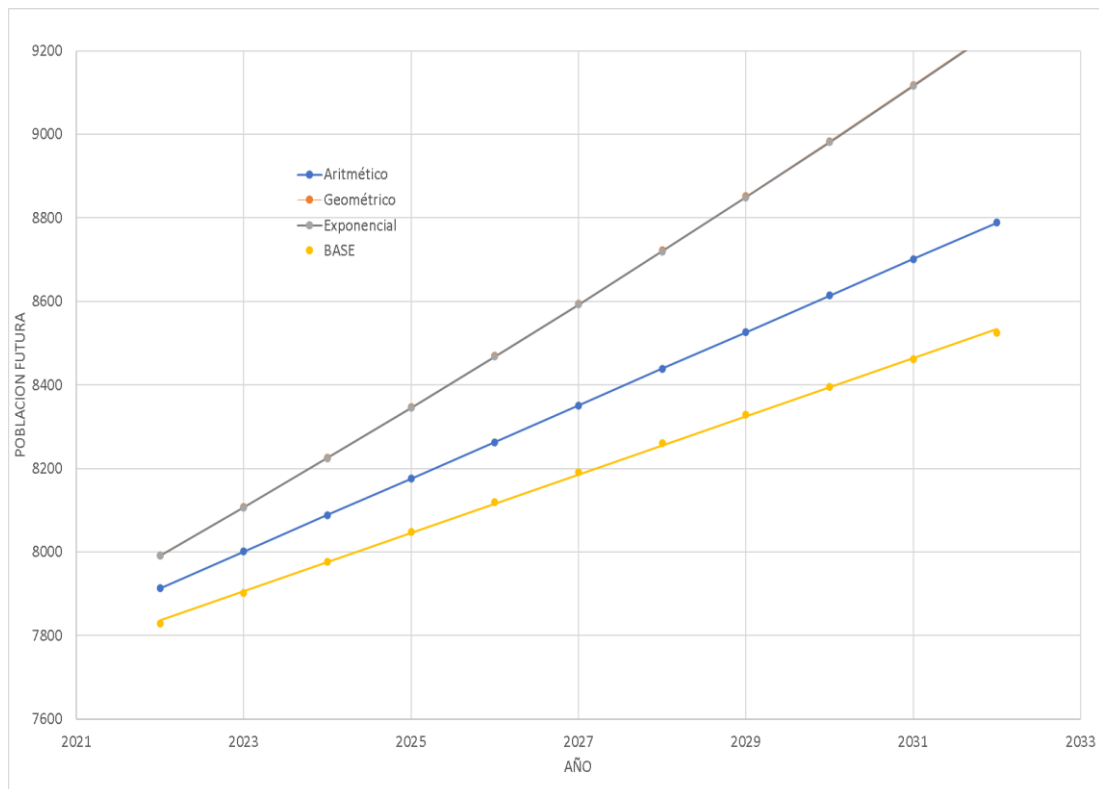


Figura 30: Comparativa de la Población Base y los tres métodos empleados.

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que el método de Proyección Aritmético es el que tiene mayor similitud a la línea base de proyección, por ello emplearemos estos resultados como población de diseño para el desarrollo de la investigación.

Tabla 17

Población de Diseño por distritos

Año	San Nicolás	Mariscal Benavides	Población de diseño
2023	6512	1489	8001
2024	6602	1486	8088
2025	6693	1483	8176
2026	6783	1480	8263
2027	6874	1477	8351
2028	6965	1474	8439
2029	7055	1471	8526
2030	7146	1468	8614
2031	7236	1465	8701
2032	7327	1462	8789

Fuente: Elaboración propia.

b) Capacidad de operación diaria

Para el cálculo de la capacidad de operación diaria se necesita conocer la población de diseño por distrito y la generación per cápita, la cual se tomará del Perfil del proyecto de mejoramiento de la gestión integral de los residuos sólidos, entre los distritos de San Nicolás y Mariscal Benavides.

Tabla 18

Generación per cápita de residuos según cada distrito.

	San Nicolás	Mariscal Benavides
Generación per cápita (Kg/hab./día)	0.722	0.352

Fuente: Perfil del proyecto de mejoramiento de la gestión integral de los residuos sólidos (2019).

Para calcular la generación de residuos se multiplica la cantidad de población proyectada por la generación per cápita de cada distrito.

Tabla 19

Generación de Residuos para un periodo de vida útil de 10 años

Año	San Nicolás (hab.)	Mariscal B (hab.)	Generación diaria (kg)	Generación mensual (kg)	Generación anual(kg)
2023	6512	1489	5226	156774	1907414
2024	6602	1486	5290	158691	1930746
2025	6693	1483	5354	160631	1954342
2026	6783	1480	5418	162549	1977674
2027	6874	1477	5483	164488	2001270
2028	6965	1474	5548	166427	2024866
2029	7055	1471	5612	168345	2048198
2030	7146	1468	5676	170284	2071794
2031	7236	1465	5740	172202	2095126
2032	7327	1462	5805	174142	2118722

Fuente: Elaboración propia

c) Cálculo de la capacidad Volumétrica

El volumen mínimo útil (VMU) es la sumatoria de volumen anual de residuos (VARD), en nuestro caso para un periodo de vida útil de 10 años, el cual sumaran el volumen anual de residuos (VAR) y la cantidad de material de cobertura (m3).

Tabla 20

Volumen mínimo útil

Año	Generación de residuos (ton/año)	Residuos Sólidos Municipales (ton/día)	Densidad de residuos estabilizados (ton/m3)	VAR: (m3/Año)	Cantidad de material de cobertura (%)	Cantidad de material de cobertura (m3/Año)	VARD (m3/año)	VMU (m3)
1	1907	5.23	0.6	3179	25	794.76	3974	
2	1931	5.29	0.6	3218	25	804.48	4022	
3	1954	5.35	0.6	3257	25	814.31	4072	
4	1978	5.42	0.6	3296	25	824.03	4120	
5	2001	5.48	0.6	3335	25	833.86	4169	
6	2025	5.55	0.6	3375	25	843.69	4218	41,938
7	2048	5.61	0.6	3414	25	853.42	4267	
8	2072	5.68	0.6	3453	25	863.25	4316	
9	2095	5.74	0.6	3492	25	872.97	4365	
10	2119	5.80	0.6	3531	25	882.80	4414	

Fuente: Elaboración Propia.

De los cálculos:

Volumen de del relleno sanitario acumulado en el décimo año = 41,938 m3.

Capacidad de operación diaria calculada en el décimo año = 5.8 ton.

4.2. Selección de área

4.2.1. Áreas preseleccionadas

Del perfil del proyecto de mejoramiento de la gestión integral de los residuos sólidos de los distritos de San Nicolás y Mariscal Benavides, se tiene como áreas preseleccionadas:

- Alternativa N° 01: Sector Santa Rosa.
- Alternativa N° 02: Sector Muyucsha.
- Alternativa N° 03: Sector Yunguilla.

a) Alternativa N° 01: Sector Santa Rosa

El terreno propuesto denominado Alternativa N° 01, de propiedad del Sr. Zoilo López Villa y la Sra. Nelly Montoya Castro, se encuentra ubicado en el distrito de Santa Rosa, provincia de Rodríguez de Mendoza, departamento de Amazonas.

El área total del terreno es de 18,505 has; los vértices que encierran el terreno forman un poligonal irregular.

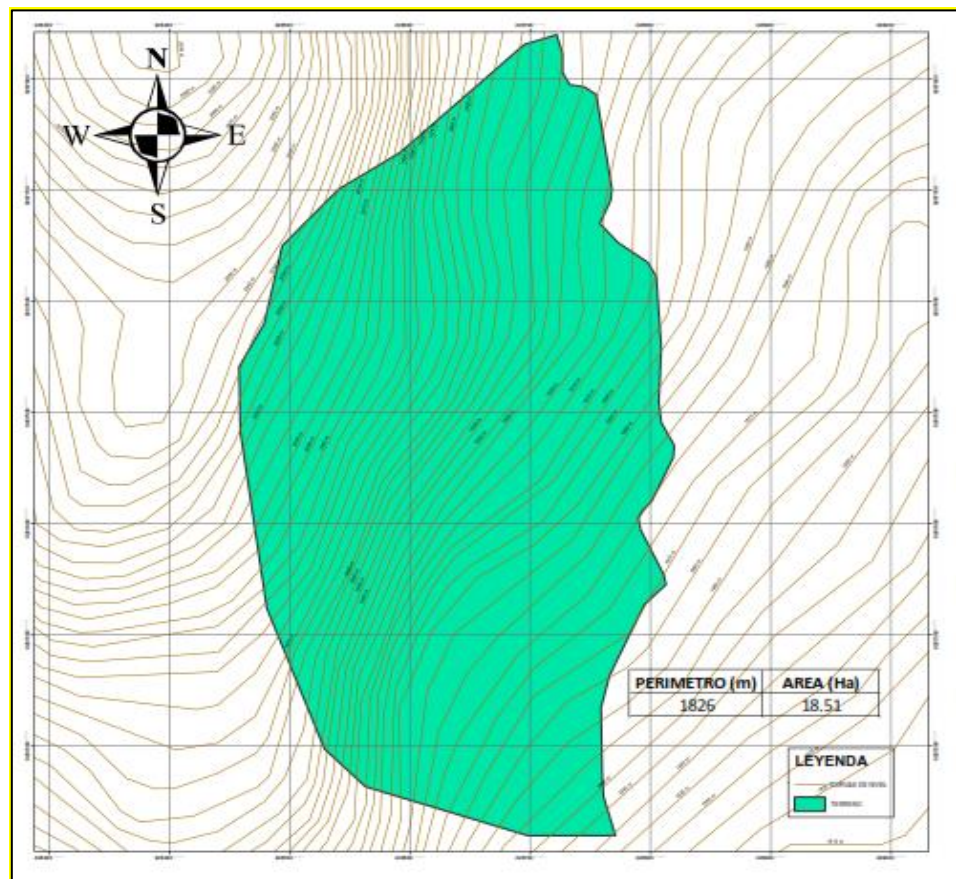


Figura 31: Plano de levantamiento topográfico de la alternativa 1: Santa Rosa.

Fuente: Perfil del proyecto de mejoramiento de la gestión integral de los residuos sólidos.



Figura 32: Vista del tipo de suelo.

Fuente: Perfil del proyecto de mejoramiento de la gestión integral de los residuos sólidos.

b) Alternativa N° 02: Sector Muyucsha

El terreno propuesto denominado Alternativa N° 02, de propiedad del Sr. Cesar Arista Grández, se encuentra ubicado en el sector Muyucsha, distrito de Huambo, provincia de Rodríguez de Mendoza, departamento de Amazonas.

El área total del terreno es de 18.00 has; los vértices que encierran el terreno forman un poligonal irregular.

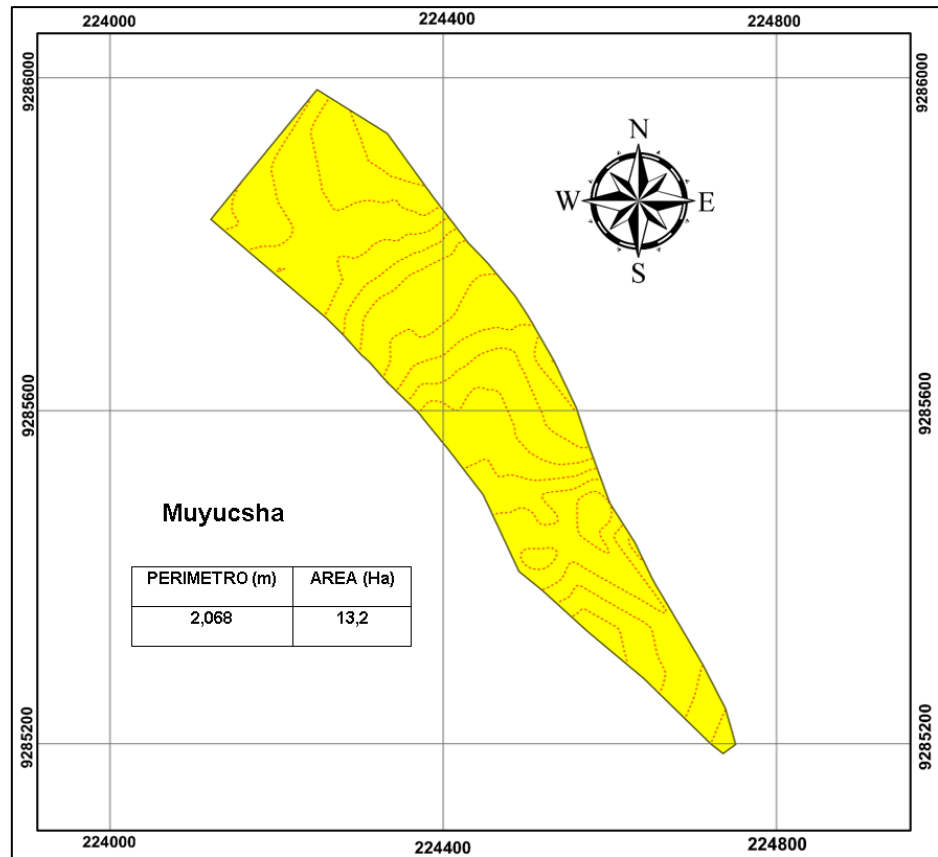


Figura 33: Plano de levantamiento topográfico de la alternativa 2: Sector MUYUCSHA.

Fuente: Perfil del proyecto de mejoramiento de la gestión integral de los residuos sólidos.



Figura 34: Vista panorámica del terreno.

Fuente: Perfil del proyecto de mejoramiento de la gestión integral de los residuos sólidos.

c) Alternativa N° 03: Sector Yunguilla

El terreno propuesto denominado Alternativa N° 03, de propiedad del Sr. Pedro Gil Tuesta Novoa y la Sra. Cerolina Calderón Portocarrero, se encuentra ubicado en el sector Yunguilla, a la margen derecha del río San Antonio, distrito de San Nicolás, provincia de Rodríguez de Mendoza, departamento de Amazonas.

El área total del terreno es de 2.690 has; los vértices que encierran el terreno forman un poligonal irregular.

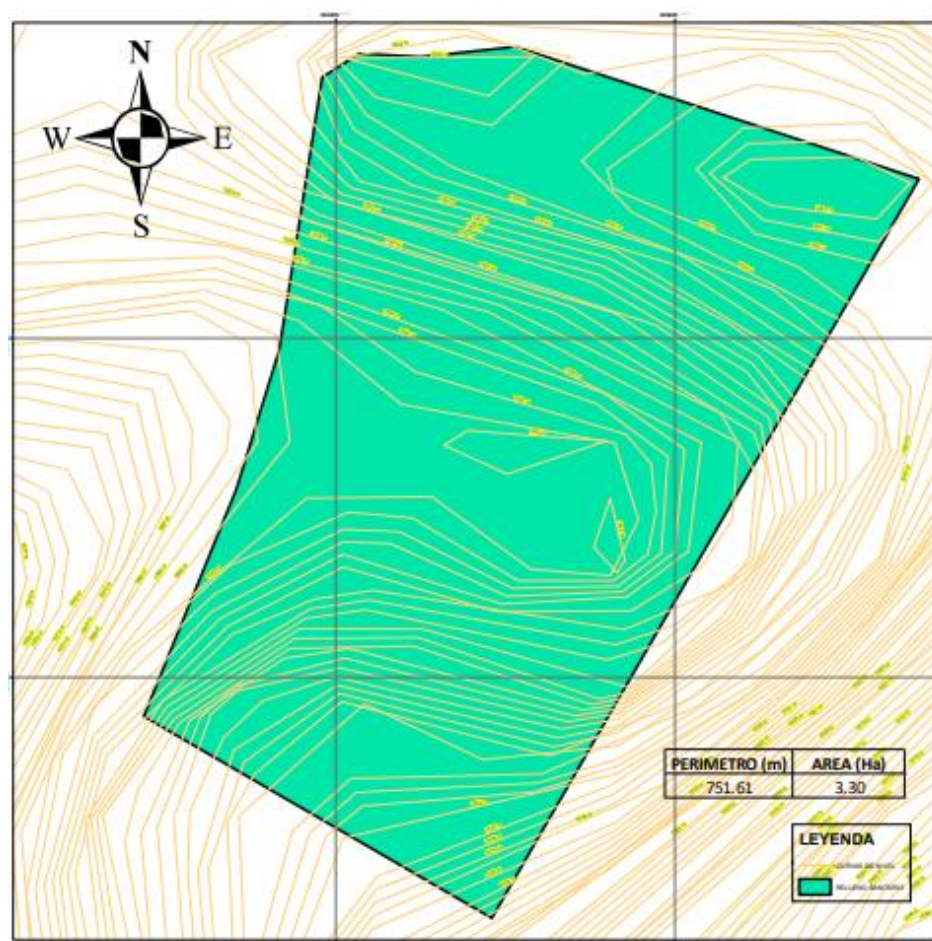


Figura 35: Plano de levantamiento topográfico de la alternativa 2: Sector Yunguilla.

Fuente: Perfil del proyecto de mejoramiento de la gestión integral de los residuos sólidos.

4.2.2. Criterios de restricción

a) Seguridad aeroportuaria

Se tiene que considerar que en la provincia de Rodríguez de Mendoza se tiene un aeropuerto, que se encuentra registrado en el Ministerio de Transportes.

De los terrenos propuestos como alternativas las distancias con respecto al aeropuerto son las siguiente:

Alternativa N° 01- Sector Santa Rosa.

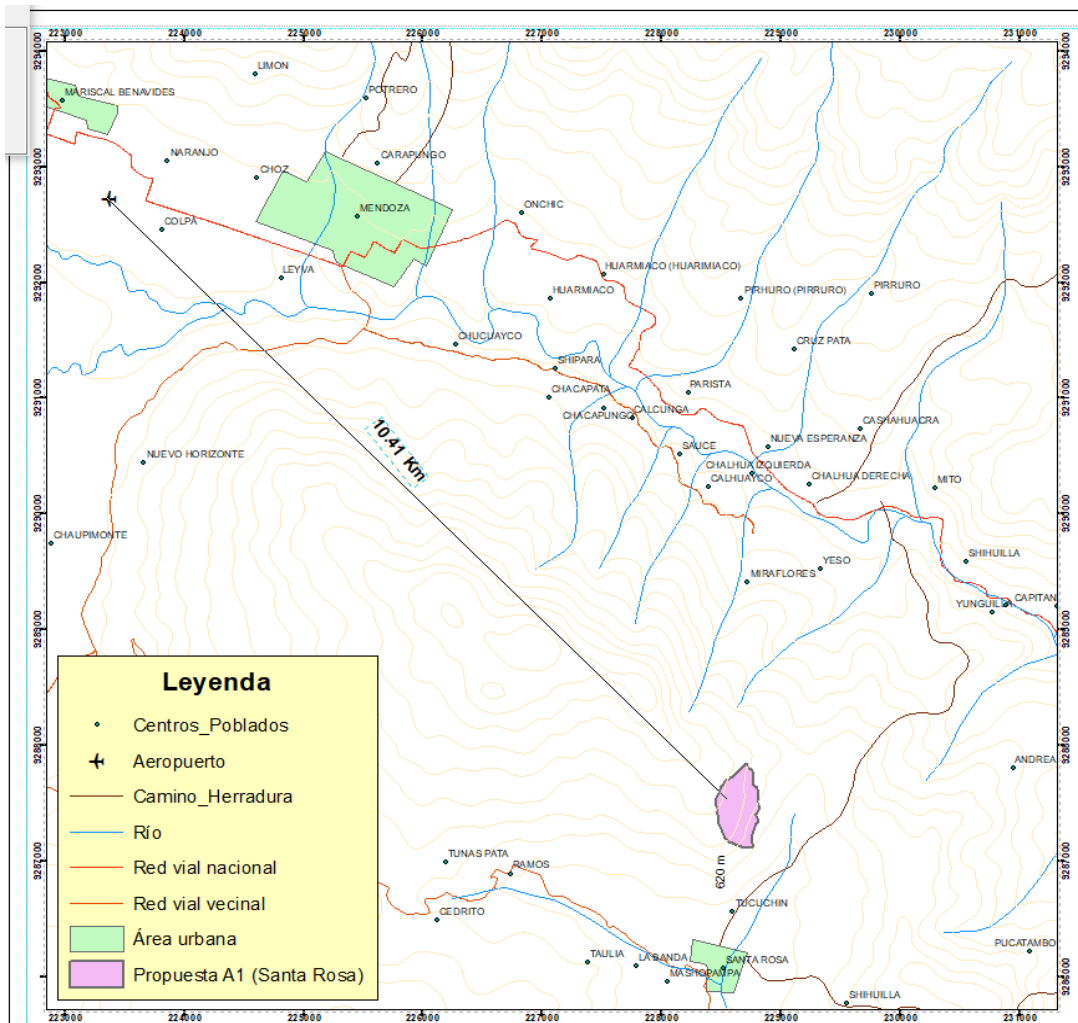


Figura 36: Distancia del sector Santa Rosa al aeropuerto.

Fuente: Perfil del proyecto de mejoramiento de la gestión integral de los residuos sólidos.

Alternativa N° 02- Sector Muyucsha:

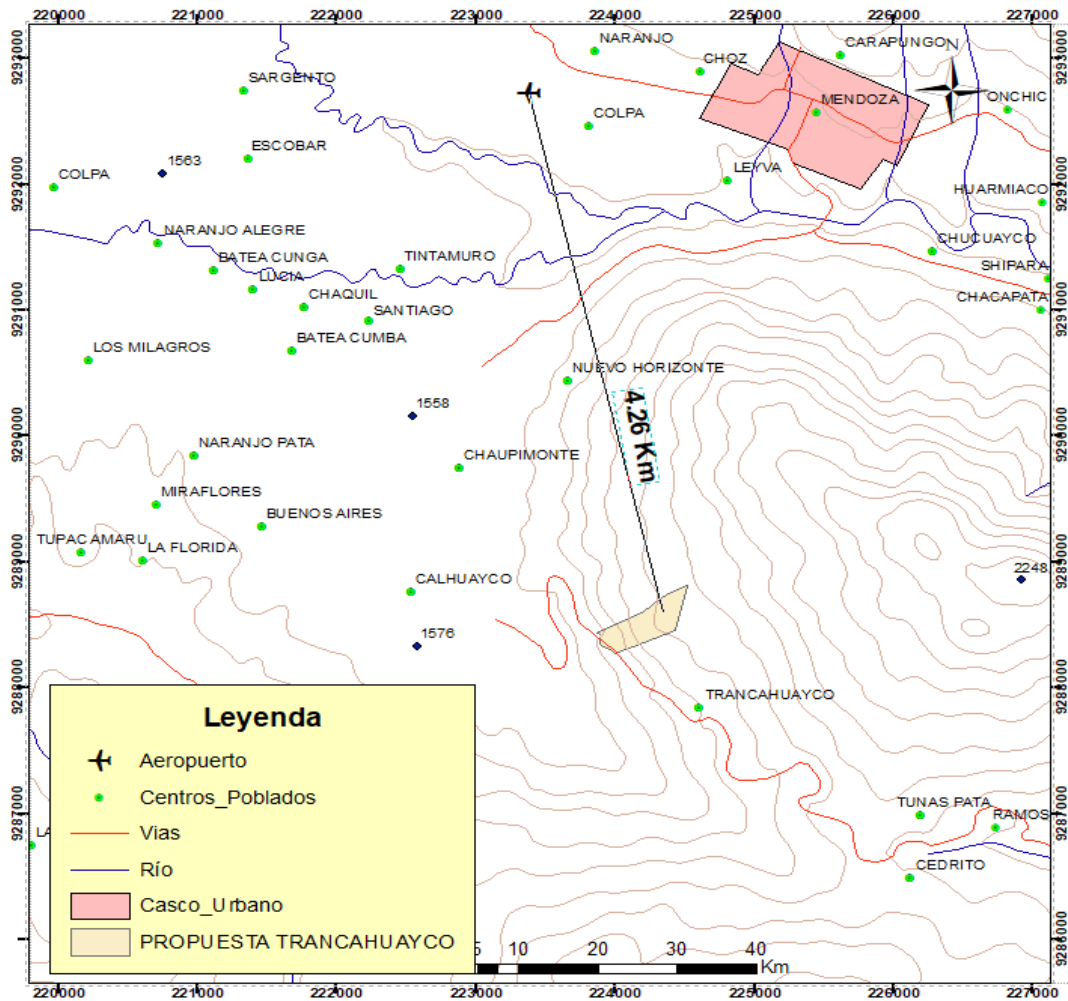


Figura 37: Distancia del sector Muyucsha al aeropuerto.

Fuente: Perfil del proyecto de mejoramiento de la gestión integral de los residuos sólidos.

Alternativa N° 03- Sector Yunguilla:

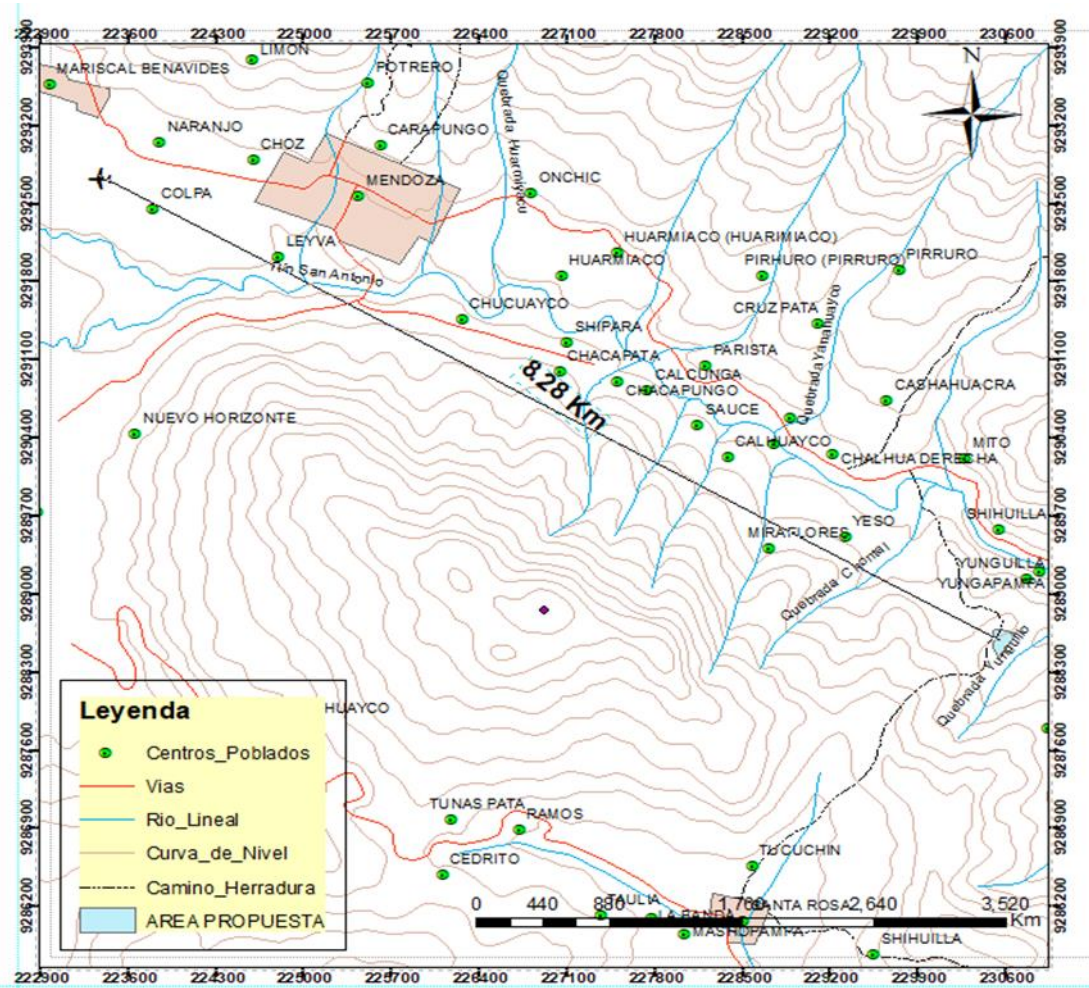


Figura 38: Distancia del sector Yunguilla al aeropuerto.

Fuente: Perfil del proyecto de mejoramiento de la gestión integral de los residuos sólidos.

Tabla 21

Distancia de las áreas propuestas a aeropuertos.

Propuesta	Distancia (Km)
Santa Rosa	10.41
Muyucsha	4.26
Yunguilla	8.28

Fuente: Perfil del proyecto de mejoramiento de la gestión integral de los residuos sólidos.

b) Fallas geológicas, áreas inestables

Las tres áreas propuestas se encuentran a la margen derecha del Río San Antonio, el cual es atravesada por la falla denominada Chontapampa, la cual da origen al nacimiento de una serie de quebradas.

c) Zonas sísmicas



Figura 39: Mapa de zonas sísmicas.

Fuente: NORMA TÉCNICA E.030 “DISEÑO SISMORRESISTENTE”.

Según la división de zonas sísmicas de la norma E.030, las tres áreas propuestas: Santa Rosa, Muyucsha y Yunguilla, se encuentran en la zona sísmica número 2.

4.2.3. Criterios de selección

a) Distancia a centros poblados

En la siguiente tabla se indican las distancias de las tres áreas alternativas, con respecto a centros poblados más cercanos. Se debe aclarar que en la zona no existen granjas, ni represas, entre otras áreas.

Tabla 22

Distancia de las áreas propuestas a centros poblados

Propuesta	Distancia (Km)
Santa Rosa	0.62
Muyucsha	0.67
Yunguilla	0.51

Fuente: Perfil del proyecto de mejoramiento de la gestión integral de los residuos sólidos.

b) Geomorfología

La zona de estudio se encuentra comprendida en la región Nororiental del Perú, cercano al límite entre las regiones de Amazonas y San Martín, en la provincia de Rodríguez de Mendoza. Geomorfológicamente se encuentra dentro de los límites de la Zona Sub andina, específicamente en el dominio de la Zona Sub andina Interna.

Tabla 23

Distancia de las áreas propuestas a fuentes de agua

Propuesta	Distancia (Km)
Santa Rosa	0.32
Muyucsha	2.6
Yunguilla	0.15

Fuente: Perfil del proyecto de mejoramiento de la gestión integral de los residuos sólidos.

d) Geología

Alternativa N° 01: Santa Rosa

La alternativa “Santa Rosa” se encuentra ubicada al noreste (NE) de la localidad del mismo nombre en una antigua zona de explotación de materiales de construcción (Cantera).

Según el perfil del proyecto de mejoramiento de la gestión integral de los residuos sólidos la alternativa Santa Rosa, geológicamente se encuentra ubicada en una zona donde afloran rocas del tope del grupo Goyllarisquiza, generalmente constituido por areniscas cuarzosas blancas de grano fino que usualmente se encuentran en intercalaciones con delgados estratos de lutitas gris verdosas; corresponde a una zona de transición grano-decreciente hasta las rocas carbonatadas de la Formación Chúlec. En Terreno se puede observar que la roca se encuentra intensamente fracturada y asociada a varios canales de esorrentía superficial que conducen el agua de lluvias hacia la Quebrada Santa Rosa (dirección al Sur), este fractura miento está asociado a la intensa actividad tectónica de la zona, debido a la presencia de la falla Chontapampa que se encuentra asociada a un subsistema de fallas perpendiculares a la línea de cauce del Río San Antonio y por encontrarse en el núcleo del Sinclinal de Santa Rosa. La deformación se evidencia en los abruptos cambios de rumbo y buzamiento de las capas de arenisca en la zona. Al encontrarse la roca en estas condiciones y en la ladera de un cerro, el trabajo a realizar para habilitar el terreno es de mediano grado.

Alternativa N° 02: Muyucsha

La alternativa “Muyucsha” se encuentra ubicada al Oeste de la localidad de Miraflores nombre en la parte baja de las laderas del Cerro Santa Bárbara, sobre terrenos de cultivo con moderada pendiente.

Según el perfil del proyecto de mejoramiento de la gestión integral de los residuos sólidos la alternativa Muyucsha, geológicamente se encuentra ubicada en afloramientos de carbonatados de la Formación Chúlec, constituido por calizas y margas de color beige, crema y gris verdoso que se encuentran en delgados estratos desde 0.10 a 0.40 metros de espesor intercaladas con limos y lutitas gris verdosas; corresponde a una zona de plataforma distal. En Terreno se puede observar que la roca se encuentra cubierta en su mayoría por suelos autóctonos orgánicos y ocurrencias vegetales, los afloramientos se pueden observar en el corte de la carretera hacia Santa Rosa con estratificación buzante hacia el SW; la presencia de fracturas y fallas locales es notable debido a que la zona se encuentra cercana al núcleo del sinclinal de Santa Rosa, se presentan fallamientos de tipo inverso por encontrarse sometido a un régimen compresivo, la deformación de las capas se muestra en abruptos cambios de rumbo y buzamiento de los estratos de caliza.

Alternativa N° 03: “Yunguilla”:

La alternativa “Yunguilla” se encuentra ubicada al NE de la localidad Santa Rosa en el curso medio de la Quebrada Yunguillo, está cercano al farallón formado por la falla Chontapampa por la cual discurren las aguas del Río San Antonio.

Según el perfil del proyecto de mejoramiento de la gestión integral de los residuos sólidos la alternativa Yunguilla, geológicamente se encuentra ubicada en parte basal de la Formación Sarayaquillo, consistente en lutitas de color rojo y verdosas intercaladas con areniscas cuarzo-feldespáticas de color blanco a marrón. Estratigráficamente bajo la formación Sarayaquillo, y en discordancia erosiva, se encuentran las rocas carbonatadas de la Formación Condorsinga en la cual se encuentra la falla Chontapampa. Estos afloramientos calcáreos forman un farallón de entre 100 y 150 metros de altura de paredes verticales, estas rocas se encuentran cercanas a la alternativa Yunguilla y se verán directamente influenciadas por ella. En Terreno se puede observar que la roca se encuentra cubierta en su mayoría por suelos autóctonos y alóctonos orgánicos con ocurrencias vegetales típico de bosque de selva, los afloramientos se pueden observar en algunas paredes de roca y en las quebradas aledañas y se encuentran moderadamente

fracturados, presentan una cohesión superior a los materiales presentes en la parte alta (Alternativa Santa Rosa) lo que supone un mayor trabajo al momento de habilitar el lugar.

e) Vida útil

Está en función al volumen de residuos sólidos generados durante los 10 años de vida útil del relleno sanitario. El volumen del relleno acumulado se debe ir calculando cada año hasta el año 10, permitiendo identificar la vida útil del relleno al compararla con la capacidad volumétrica del sitio.

Cálculo del área requerida para un periodo de 10 años.

Ecuación a emplear:

$$A_{RS} = \frac{V_{RS}}{H_{RS}}$$

Donde:

A_{RS} : Área requerida.

V_{RS} : Volumen del relleno sanitario.

H_{RS} : Altura promedio de celdas.

$$A_{RS} = \frac{44,598 \text{ m}^3/\text{año}}{3\text{m}} = 14,866. \text{ m}^2$$

Cálculo del área total:

Teniendo en cuenta un factor de aumento para las áreas adicionales, en este caso se asume un 30%, es decir:

Para el primer año:

$$A_T = F \times A_{RS} = 1.30 \times 14,866 \text{ m}^2 = 19,325.8 \text{ m}^2$$

$$A_T = 1,93 \text{ Ha}$$

f) Material de cobertura

De los terrenos propuestos como alternativas y según el estudio de suelos, se puede deducir lo siguiente:

Alternativa N° 01- Sector Santa Rosa:

Existe muy poca posibilidad de utilizar el mismo material del terreno como depósito o cantera de aprovisionamiento de agregados ya que tiene características poco adecuadas para cubrir las necesidades del proyecto, por estar conformado por arena arcillosa limosa.

Alternativa N° 02- Sector Muyucsha:

Se puede utilizar el mismo material como depósito o cantera de aprovisionamiento de agregados ya que tiene características medianamente adecuadas para cubrir las necesidades del proyecto, realizando un proceso de tamizaje mecanizado, a fin de seleccionar los materiales finos y medios, pues el terreno está conformado por arcilla inorgánica compacta de mediana plasticidad con mezcla de piedra laja compacta.

Cerca de esta zona se cuenta con una cantera de material arcilloso a aproximadamente 1 km de distancia en el sector Huambo de donde se podría adquirir el material para el tapado de las celdas.

Alternativa N° 03- Sector Yunguilla:

El material de suelo y subsuelo que presenta este terreno es roca cubierta en su mayoría por suelos autóctonos y alóctonos orgánicos, por lo que no es un material idóneo para cobertura.

g) Dirección del viento

De acuerdo con la estación meteorológica de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, ubicada en el distrito de Huambo, se indica que la dirección del viento se da en dirección Oeste – Norte – Oeste (WNW), con algunas variaciones de dirección Este – Norte (EN). Sólo en algunas ocasiones, se da en dirección sur.

h) Vías de acceso

Alternativa N° 01- Sector Santa Rosa

El mencionado terreno es accesible mediante la carretera afirmada hasta la localidad de Santa Rosa, en un recorrido de aprox. 15 km, desde allí se recorre una distancia aproximada de 2 km hacia la parte alta de Santa Rosa por una trocha carrozable en mal estado de conservación.

Alternativa N° 02- Sector Muyucsha

El mencionado terreno es accesible mediante la carretera afirmada que nos conduce a Huambo, a una distancia aproximada de 10 km desde San Nicolás hasta la localidad de Miraflores, desde ahí se continua por un desvío a la margen derecha de la vía, a través de una trocha carrozable en una distancia aproximada de 3 km, desde ahí se tiene que seguir por un camino de herradura hasta llegar al terreno.

Alternativa N° 03- Sector Yunguilla

El mencionado terreno es accesible mediante la carretera asfaltada que conduce a Omia, en un recorrido de aprox. 12 km, hasta la altura del puente, luego viramos hacia la izquierda cruzando el río desde allí ya no existe vía alguna hasta el terreno, se calcula un aproximado de 2.5 km de recorrido.

i) Disponibilidad y Propiedad del Terreno

Alternativa N° 01- Sector Santa Rosa

Según el perfil del proyecto de mejoramiento de la gestión integral de los residuos sólidos, los propietarios del área son el Sr. Zoilo López Villa y la Sra. Nelly Montoya, quienes se encuentran dispuestos a brindar las facilidades para realizar los estudios y de resultar seleccionado, está dispuesto a negociar con la Municipalidad la venta de dicho terreno.

Alternativa N° 02- Sector Muyucsha

Según el perfil del proyecto de mejoramiento de la gestión integral de los residuos sólidos el propietario del área es el señor Cesar Arista Grández, quien se encuentran dispuestos a brindar las facilidades para realizar los estudios y de resultar seleccionado, está dispuesto a negociar con la Municipalidad la venta de dicho terreno.

Alternativa N° 03- Sector Yunguilla

Según el perfil del proyecto de mejoramiento de la gestión integral de los residuos sólidos, los propietarios del terreno son el Sr. Pedro Gil Tuesta Novoa y la Sra. Cerolina Calderón Portocarrero, quienes se encuentran dispuestos a brindar las facilidades para realizar los estudios y de resultar seleccionado, está dispuesto a negociar con la Municipalidad la venta de dicho terreno.

j) Pendiente del terreno

Alternativa N° 01- Sector Santa Rosa

La pendiente promedio del terreno es de 27 %.

Alternativa N° 02- Sector Muyucsha

La pendiente promedio del terreno es de 25 %.

Alternativa N° 03- Sector Yunguilla

La pendiente promedio del terreno es de 16 %.

Tabla 24

Asignación de puntaje por cada criterio.

Ítem	Criterios de selección	DL N° 1278 y su reglamento DS N° 014 -2017	Áreas alternativas		
			Santa Rosa	Muyucsha	Yunguilla
1	Distancia a la Población más cercana (m)	> 500 m	5	5	5
2	Distancia a granjas crianza de animales (m)	> 500 m	5	5	5
3	Distancia a fuentes de agua superficiales, zonas de pantanos, humedales o recarga de acuíferos (m)	> 500 m	1	5	1
4	Distancia a fallas geológicas	> 500 m	3	3	3
5	Vulnerabilidad a desastres naturales (inundaciones, deslizamientos)		3	3	3
6	Infraestructuras existentes (embalses, represas, obras hidroeléctricas, entre otros)		5	5	5
7	Distancia a aeropuertos o pistas de aterrizaje (m)	> 13,000 m	1	1	1
8	Área del terreno (m ²)		5	5	3
9	Vida útil	Mínimo 10 años	5	5	1
10	Dirección predominante del viento (contraria a la población más cercana)		3	3	3
11	Pendiente del terreno (Topografía)		3	3	3
12	Geología del suelo (permeabilidad)		1	3	1
13	Profundidad de la napa freática (m)		5	5	5
14	Posibilidad del material de cobertura		1	5	1
15	Cuenta con barrera sanitaria natural		1	3	3
16	Accesibilidad al área (distancia a vía de acceso principal km)		1	1	1
17	Uso actual del suelo y del área de influencia		3	5	3
18	Opinión Pública		5	5	5
19	Área natural protegida por el Estado		5	5	5
20	Área arqueológica		5	5	5
21	Propiedad del terreno		5	5	5

Fuente: Ministerio del Ambiente (2019).

Tabla 25

Calificación por peso ponderado.

Ítem	Criterios de selección	Ponderado	Áreas alternativas		
			Santa Rosa	Muyucsha	Yunguilla
1	Distancia a la Población más cercana (m)	6	30	30	30
2	Distancia a granjas crianza de animales (m)	6	30	30	30
3	Distancia a fuentes de agua superficiales, zonas de pantanos, humedales o recarga de acuíferos (m)	6	6	30	6
4	Distancia a fallas geológicas	6	18	18	18
5	Vulnerabilidad a desastres naturales (inundaciones, deslizamientos)	6	18	18	18
6	Infraestructuras existentes (embalses, represas, obras hidroeléctricas, entre otros)	5	25	25	25
7	Distancia a aeropuertos o pistas de aterrizaje (m)	5	5	5	5
8	Área del terreno (m ²)	5	25	25	15
9	Vida útil	5	25	25	5
10	Dirección predominante del viento (contraria a la población más cercana)	4	12	12	12
11	Pendiente del terreno (Topografía)	3	9	9	9
12	Geología del suelo (permeabilidad)	4	4	12	4
13	Profundidad de la napa freática (m)	4	20	20	20
14	Posibilidad del material de cobertura	3	3	15	3
15	Cuenta con barrera sanitaria natural	4	4	12	12
16	Accesibilidad al área (distancia a vía de acceso principal km)	4	4	4	4
17	Uso actual del suelo y del área de influencia	4	20	20	12
18	Opinión Pública	5	25	25	25
19	Área natural protegida por el Estado	5	25	25	25
20	Área arqueológica	5	25	25	25
21	Propiedad del terreno	5	25	25	25
Total		100	350	410	328

Fuente: Ministerio del Ambiente (2019).

Tabla 26

Orden de mérito de las áreas propuestas.

Orden de mérito	Nombre del área	Puntaje ponderado	Calificación
1°	Muyucsha	422	Terreno aceptable de primera opción – Bueno
2°	Santa Rosa	350	Terreno aceptable – Moderado
3°	Yunguilla	328	Terreno aceptable – Moderado

Fuente: Elaboración propia.

4.3. Diseño de la infraestructura del relleno sanitario

4.3.1. Tecnología

Según las normas peruanas, la operación de un relleno sanitario manual, es una alternativa tecnológica para la disposición final de residuos sólidos de poblaciones donde la generación no exceda las 6 toneladas por día.

La capacidad de operación diaria calculada en el décimo año es de 5.8 tn, la cual es menor a 6 toneladas diarias, por lo tanto, la tecnología del relleno sanitario a emplearse es de un relleno sanitario manual.

4.3.2. Método

Para el diseño del relleno sanitario se usará el método de trinchera, ya que en el estudio topográfico se puede apreciar que las pendientes pronunciadas se encuentran en dirección sureste-noroeste, en ese sentido la plataforma se construirá en dirección noreste-suroeste.

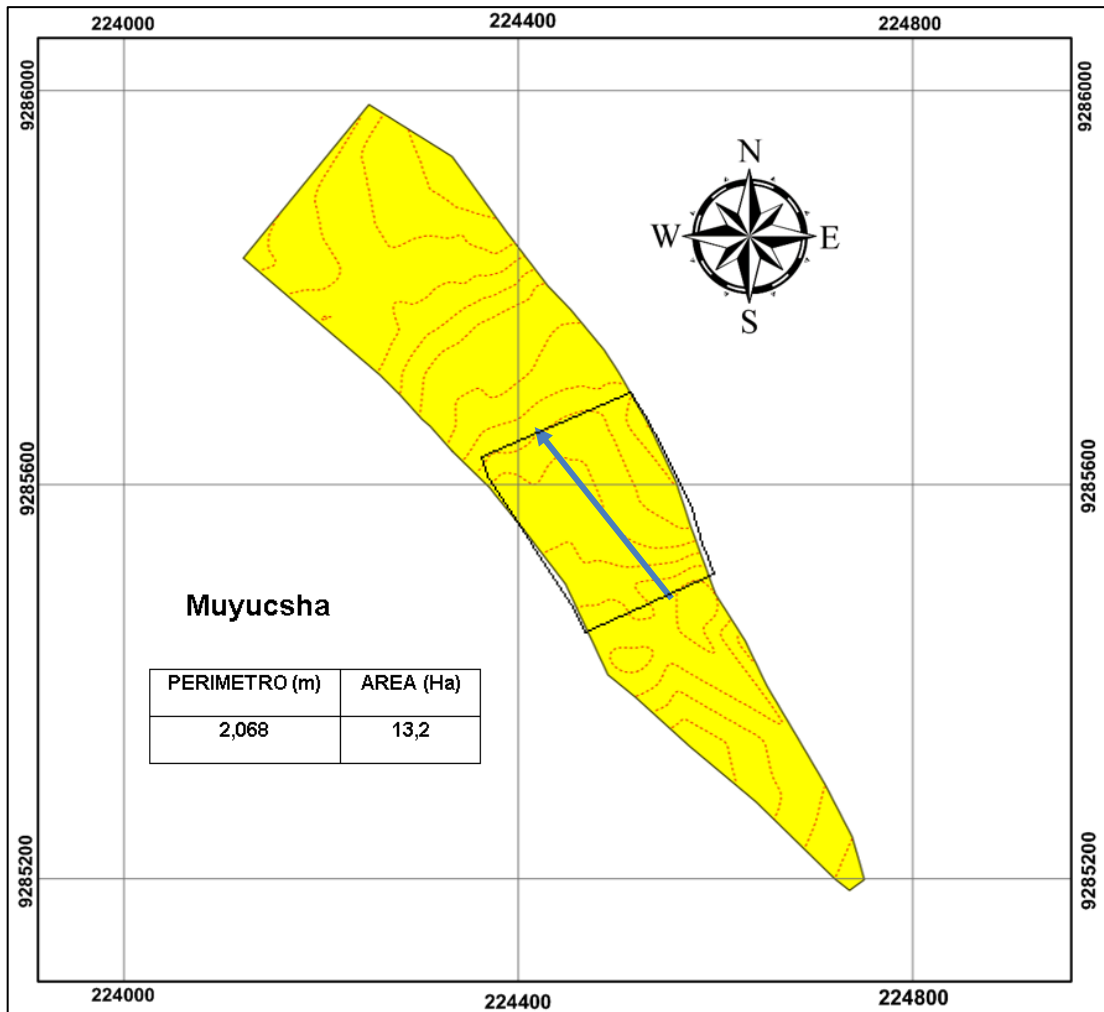


Figura 41: Proyección de las curvas de nivel del Sector Muyucsha.

Fuente: Perfil del proyecto de mejoramiento de la gestión integral de los residuos sólidos.

Capacidad volumétrica de las trincheras

Para realizar el cálculo de los volúmenes de almacenamiento y el dimensionamiento de las trincheras y plataforma proyectadas tomaremos en cuenta en análisis de suelo encontrado en perfil del proyecto de mejoramiento de la gestión integral de residuos sólidos.

Para elegir el talud tomaremos los resultados de las calicatas 01 y 03 ya que estas están ubicadas en el área de desarrollo del proyecto.

Tabla 27

Selección del talud de acuerdo al tipo de suelo

Características del suelo natural	Talud de corte (H: V)	Observación
Roca fija	1:10	Máximo hasta h = 10 m
	1:8	Cuando h > 10 m
Roca suelta	1:6 – 1:4	Máximo hasta h = 5 m
	1:4 – 1:2	Cuando h = 5 a 10 m
	1:2	Cuando h > 10 m
Conglomerado / grava	1:1 – 1:3	Cuando h ≤ 5 m
	1:1	Cuando h = 5 a 10 m
Tierra limo arcillosa o arcilla	1:1	Máximo hasta 10 m
Arena	2:1	Máximo hasta 5 m

Fuente: Ministerio del Ambiente (2019).

El resultado de las calicatas da un tipo de suelo SM el cual es considerado como material fácilmente erosionable y por lo que usaremos un talud en corte de 1:1.

Tabla 28

Capacidad útil de diseño

Parámetro/Formula	Unidad	Cantidad
VMU	(m3)	41,938
Largo superior (ls)	m	132
Ancho superior (as)	m	62
Área superior (As) = ls x as	m2	8,184
Altura = h	m	3
talud de la trinchera (H)		2
talud de la trinchera (V)		1
Largo Inferior (li) = ls - 2 x hH	m	120
Ancho inferior (ai) = as - 2 x hV	m	50
Área Inferior (Ai) = li x ai	m2	6,000
VUD = $\frac{1}{3} \cdot h \cdot (li \cdot ai + ls \cdot as + \sqrt{(li \cdot ai \cdot ls \cdot li)})$	m3	21,191

Fuente: Elaboración Propia.

El volumen de recepción de cada de las 2 trincheras será 21,191 m³, haciendo ambos un total de 42,382 m³, lo cual satisface el volumen mínimo útil de 41,938.

Sumatoria de áreas superiores de ambas trincheras es 16,368 m².

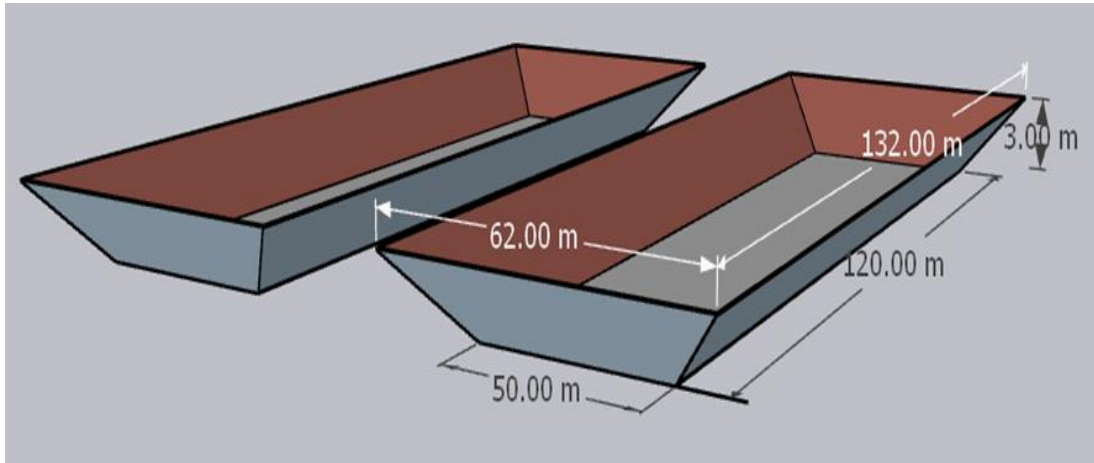


Figura 42: Ilustración de trinchera 1 y 2.

Fuente: Elaboración propia.

4.3.3. Cálculo de área requerida

El cálculo del área requerida será la división entre el volumen del relleno sanitario y la altura estimada.

$$A_{RS} = \frac{v_{rs}}{H_{rs}}$$

Donde:

A_{rs} = Área del relleno sanitario (m²).

V_{rs} = volumen de relleno sanitario (m³/año).

h_{rs} = Altura o profundidad media del relleno sanitario (m).

$$A_{RS} = \frac{42,382m^3}{3m} = 14,127.33m^2 \llcorner 1.41ha$$

En nuestro caso las trincheras son de forma prisma trapezoidal por lo que consideraremos al área requerida, como la sumatoria de áreas superiores de las 2 trincheras siendo esta área igual a 1.64 ha

4.3.4. Área administrativa

Según la Guía para el Diseño, Construcción y Operación de Rellenos Sanitarios Manuales. Se considera área administrativa a la infraestructura del relleno sanitario: barrera sanitaria, vías de circulación interior, patio de maniobras,

caseta administrativa, instalaciones sanitarias, cerco perimétrico, etc. El área administrativa está considerada entre el 20 y 40 % del área requerida (p.49).

$$\text{Área administrativa} = 40\% \text{ Área requerida}$$

$$\text{Área administrativa} = 0.4 \times 16,368 \text{ m}^2$$

$$\text{Área administrativa} = 6,547.20 \text{ m}^2 \simeq 0.65 \text{ ha}$$

4.3.5. Área Total

El área total será la suma del área requerida y el área administrativa.

$$\text{Área total} = \text{Área requerida} + \text{Área administrativa}$$

$$\text{Área total} = 16,368 \text{ m}^2 + 6,547.20 \text{ m}^2$$

$$\text{Área total} = 22,915.2 \text{ m}^2 \simeq 2.29 \text{ ha}$$

4.3.6. Diseño de celda diaria

Volumen de celda diaria

El volumen se determina con la siguiente formula:

$$V_c = \frac{Pd * mc}{DC_{RSU}}$$

Donde:

Pd: Producción diaria.

DC_{RSU}: Densidad compactada de Residuos Sólidos.

mc: Material de cobertura (25%).

$$V_c = \frac{5.23 \text{ ton/día} * 1.25}{0.6 \text{ ton/m}^3}$$

$$V_c = 10.89 \text{ m}^3$$

Área de celda diaria

El Área de celda diaria se determina con la siguiente formula:

$$A_c = \frac{V_c}{hc}$$

Donde:

V_c = Volumen de la celda (m³).

A_c = Área de la celda (m²).

hc = Altura de la celda (m).

$$A_c = \frac{10.89 \text{ m}^3}{1.05 \text{ m}}$$

$$A_c = 10.37 \text{ m}^2$$

Largo o avance de Celda Diaria

El largo o avance de celda diaria se determina con la siguiente formula:

$$l = \frac{Ac}{a}$$

Donde:

$Ac = \text{Área de la celda (m}^2/\text{día)}$.

$a = \text{Ancho de la celda (> 6 m)}$.

Según la Guía para el Diseño, Construcción y Operación de Rellenos Sanitarios Manuales, recomienda que el ancho mínimo de la celda sea 2 a 2.5 veces el largo de la cuchilla de la maquinaria. En nuestro caso consideraremos un tractor de oruga de marca CAT para canteras D8T el cual tiene un ancho de hoja de 4.04m.

$$a = 2.5 * 4.04m$$

$$a = 10.10m$$

$$l = \frac{Ac}{a}$$

$$l = \frac{10.37m^2}{10.10m}$$

$l = 1.03m < >$ para usar medidas exactas consideraremos $l = 1m$.

Tabla 29

Dimensionamiento de celda diaria.

Año	Generación de residuos diaria (Kg/día)	Densidad de residuos estabilizados (kg/m³)	Material de cobertura (%)	Volumen de celda diaria (m³/día)	Altura de celda diaria (m)	Área de celda diaria (m²)	Ancho de celda diaria (m)	Largo de celda diaria (m)
2023	5226	600	25	10.89	1.05	10.37	10	1.04
2024	5290	600	25	11.02	1.05	10.50	10	1.05
2025	5354	600	25	11.15	1.05	10.62	10	1.06
2026	5418	600	25	11.29	1.05	10.75	10	1.08
2027	5483	600	25	11.42	1.05	10.88	10	1.09
2028	5548	600	25	11.56	1.05	11.01	10	1.10
2029	5612	600	25	11.69	1.05	11.13	10	1.11
2030	5676	600	25	11.83	1.05	11.26	10	1.13
2031	5740	600	25	11.96	1.05	11.39	10	1.14
2032	5805	600	25	12.09	1.05	11.52	10	1.15

Fuente: Elaboración Propia.

4.3.7. Diseño de canal pluvial

Para el diseño del canal primero se identifica las zonas del terreno que presentan escurrimientos y que pueden poner en riesgo la operación del relleno.

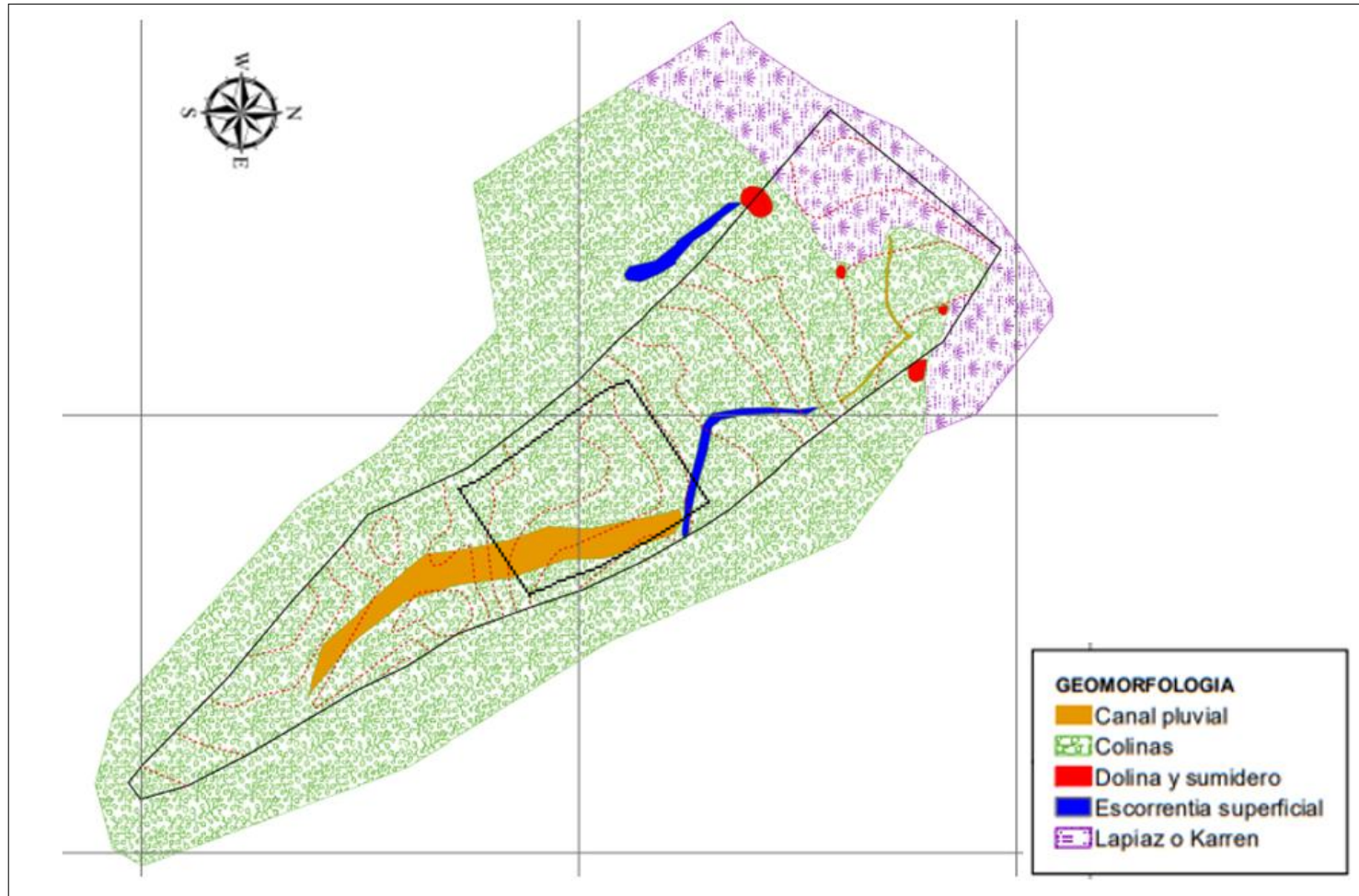


Figura 43: Mapa geomorfológico.

Fuente: Perfil del proyecto de mejoramiento de la gestión integral de los residuos sólidos (2019).

En la figura 43 se observa, en la zona donde será construido el relleno sanitario, la formación de un canal pluvial natural y escorrentía superficial que conduce el agua al área de operación con dirección sureste a noroeste, por ello se hace necesario la construcción de un canal pluvial que intercepte y evacue esta agua.

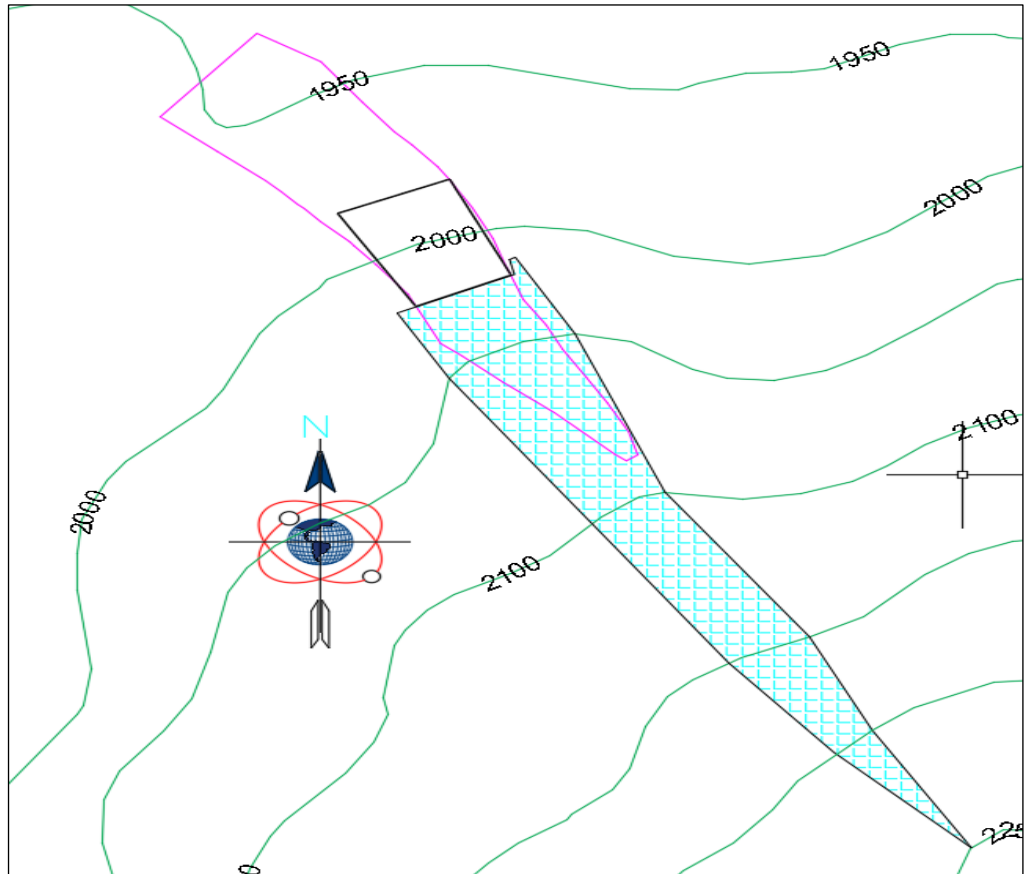


Figura 44: Área de escurrimiento.

Fuente: Elaboración propia.

Para el diseño del canal pluvial calculamos el área de escurrimiento, la cual es igual a 137,489.00 m² lo que equivale a 0.14 km².

El cálculo del caudal se realizará usando el método racional, bajo la fórmula:

$$Q = \frac{C \times I \times A}{360}$$

Donde:

Q = Caudal (m³/seg.).

C = Coeficiente de escorrentía.

I = Intensidad de la precipitación (mm/hora).

A = Área de influencia (ha).

Del perfil del proyecto de mejoramiento de la gestión integral de los residuos sólidos obtenemos que para un área de 23.6 km² los caudales máximos calculados para diferentes periodos de retorno son:

Tabla 30

Caudales máximos para diferentes periodos de retorno

Área km ²	Q máx. 30 años (m ³ /s)	Q máx. 35 años (m ³ /s)	Q máx. 70 años (m ³ /s)	Q máx. 100 años (m ³ /s)
23.6	36.93	38.06	42.95	45.34

Fuente: Perfil del proyecto de mejoramiento de la gestión integral de los residuos sólidos (2019).

Debido a que en nuestro país no contamos con una normativa para el diseño de drenes pluviales en rellenos sanitarios, se empleara las recomendaciones de diseño de drenajes en rellenos sanitarios internacionales como el de México: El sitio de disposición final se debe localizar fuera de zonas de inundación con periodos de retorno de 100 años (Norma Oficial Mexicana 083-SEMARNAT, 2003. p. 6).

Del Perfil del proyecto de mejoramiento de la gestión integral de los residuos sólidos, tomamos el caudal máximo para un periodo de 100 años el cual es de 43.34 m³/s para un área de escurrimiento de 23.6 km², en nuestro caso el área de escurrimiento es de 0.14km².

Tabla 31

Caudales máximos para diferentes periodos de retorno

Área (km ²)	Q máx. 100 años (m ³ /s)
23.6	45.34
0.14	0.27

Fuente: Elaboración propia.

En tal sentido se tiene un caudal de 0.27m³/s, valor que se empleará para calcular la sección del canal perimetral:

Calculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: Proyecto:
Tramo: Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q): m³/s
Ancho de solera (b): m
Talud (Z):
Rugosidad (n):
Pendiente (S): m/m



Resultados:

Tirante normal (y): m Perímetro (p): m
Área hidráulica (A): m² Radio hidráulico (R): m
Espejo de agua (T): m Velocidad (v): m/s
Número de Froude (F): Energía específica (E): m-Kg/Kg
Tipo de flujo:

Calcular Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora Reporte

Figura 45: Cálculo del canal.

Fuente: Elaboración propia.

El canal tendrá un recorrido de 330 metros lineales paralelos al cerco paramétrico.

4.3.8. Diseño de la vía interna

El vehículo recolector de residuos presenta las siguientes dimensiones:

Capacidad de carga: 1 ton.

Tipo de vehículo: C2.

Alto Total: 1.8 m.

Ancho total: 1.92 m.

Largo total: 5.13 m.

Longitud entre ejes: 2.56 m.

Según el manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, para vías con IMDA menores a 15 y con una velocidad de diseño de 25 km/h se considera un ancho mínimo de calzada de 3.5m.

Tabla 31

Características de secciones para zanjas perimetrales.

Tráfico IMDA Velocidad (km/h)	< 15 *	16 a 50		51 a 100		101 a 200	
		*	**	*	**	*	**
25	3.5	3.5	5.5	5.5	5.5	5.5	6.0
30	3.5	4.0	5.5	5.5	5.5	5.5	6.0
40	3.5	5.5	5.5	5.5	6.0	6.0	6.0
50	3.5	5.5	6.0	5.5	6.0	6.0	6.0
60		5.5	6.0	5.5	6.0	6.0	6.0

* Calzada de un sólo carril, con plazoleta de cruce y/o adelantamiento.

** Carreteras con predominio de tráfico pesado.

Fuente: Ministerio de Transportes y comunicaciones (2008).

4.3.9. Cálculo de generación de lixiviados

La estación meteorológica más cercana del SENAMHI está a 200 km de la provincia de Rodríguez de Mendoza, y estos no son representativos para ser empleados, así es que los datos climatológicos usados se obtuvieron en su totalidad de la reanálisis de la época de satélites MERRA-2 de NASA. Esta reanálisis combina una variedad de medidas de área amplia en un moderno modelo meteorológico mundial para reconstruir la historia del clima, hora por hora, de todo el mundo en una cuadrícula con bloques de 50 km.

Este informe data la precipitación mensual máxima en Rodríguez de Mendoza, basado en un análisis estadístico de informes climatológicos históricos por hora y reconstrucciones de modelos del 1 de enero de 1980 al 31 de diciembre de 2016.

Tabla 32

Precipitación máxima mensual en la provincia de Rodríguez de Mendoza.

Mes	Precipitación
	Mensual máxima (mm)
Enero	115
Febrero	134
Marzo	120
Abril	123
Mayo	67
Junio	43
Julio	29
Agosto	24
Setiembre	51
Octubre	106
Noviembre	101
Diciembre	91

Fuente: Weather Spark (2022). Recuperado de:
<https://es.weatherspark.com/y/20581/Clima-promedio-en-Mendoza-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o#Sections-Precipitation>

El cálculo de la producción diaria de lixiviados se calcula con la siguiente formula:

$$Q = P * A * K * \frac{1}{T}$$

Donde:

P: Precipitación máximo mensual.

A: Área neta del relleno sanitario.

K: Porcentaje de precipitación según la compactación del terreno = 0.5.

T: Tiempo en segundos de 1 mes.

Tabla 33

Dimensiones de las pozas de captación de lixiviados 1 y 2.

Descripción	Cantidad	Unidades
Largo superior	12	m
ancho superior	12	m
Talud H	2	
Talud V	1	
Altura	2	m
lado inferior	4	m
ancho inferior	4	m
Volumen	138.67	m ³

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 34

Cálculo del caudal de lixiviados.

PARAMETROS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Precipitación	115	134	120	123	67	43	29	24	51	106	101	91
Total mensual												
t (seg/mes)	2592000	2592000	2592000	2592000	2592000	2592000	2592000	2592000	2592000	2592000	2592000	2592000
A (m2)	8184	8184	8184	8184	8184	8184	8184	8184	8184	8184	8184	8184
k	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
Q (l/seg)	0.12	0.14	0.13	0.13	0.07	0.04	0.03	0.03	0.05	0.11	0.11	0.09
Q (m3/día)	10.35	12.06	10.80	11.07	6.03	3.87	2.61	2.16	4.59	9.54	9.09	8.19
Q (m3/mes)	310.58	361.90	324.09	332.19	180.95	116.13	78.32	64.82	137.74	286.28	272.77	245.77
volumen de pozo 1 y 2	138.67	138.67	138.67	138.67	138.67	138.67	138.67	138.67	138.67	138.67	138.67	138.67
Frecuencia de recirculación (días)	13	11	12	12	22	35	53	64	30	14	15	16

Fuente: Elaboración propia.

4.4. Presentación de resultados

4.4.1. Oficinas administrativas y de servicio

Después de haber realizado el dimensionamiento del área administrativa, se requiere de un área de 198 m².

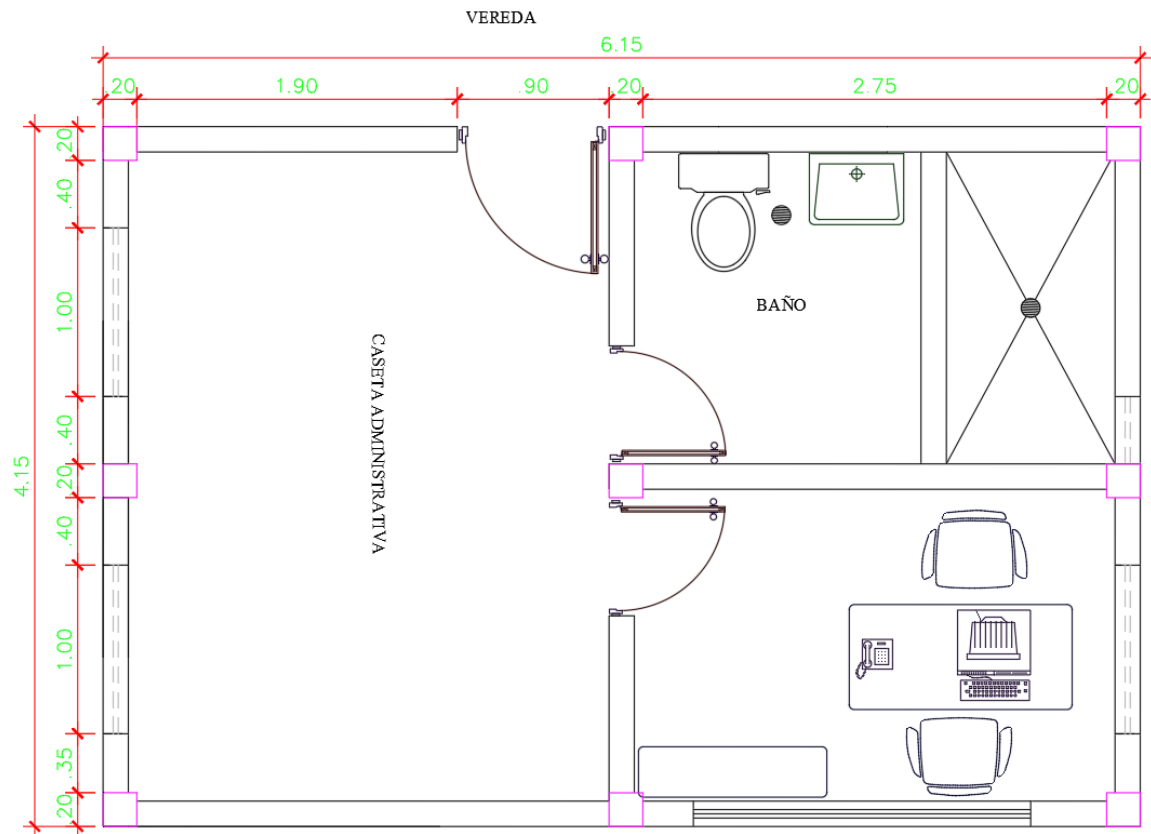


Figura 46: Caseta administrativa.

Fuente: Elaboración propia.

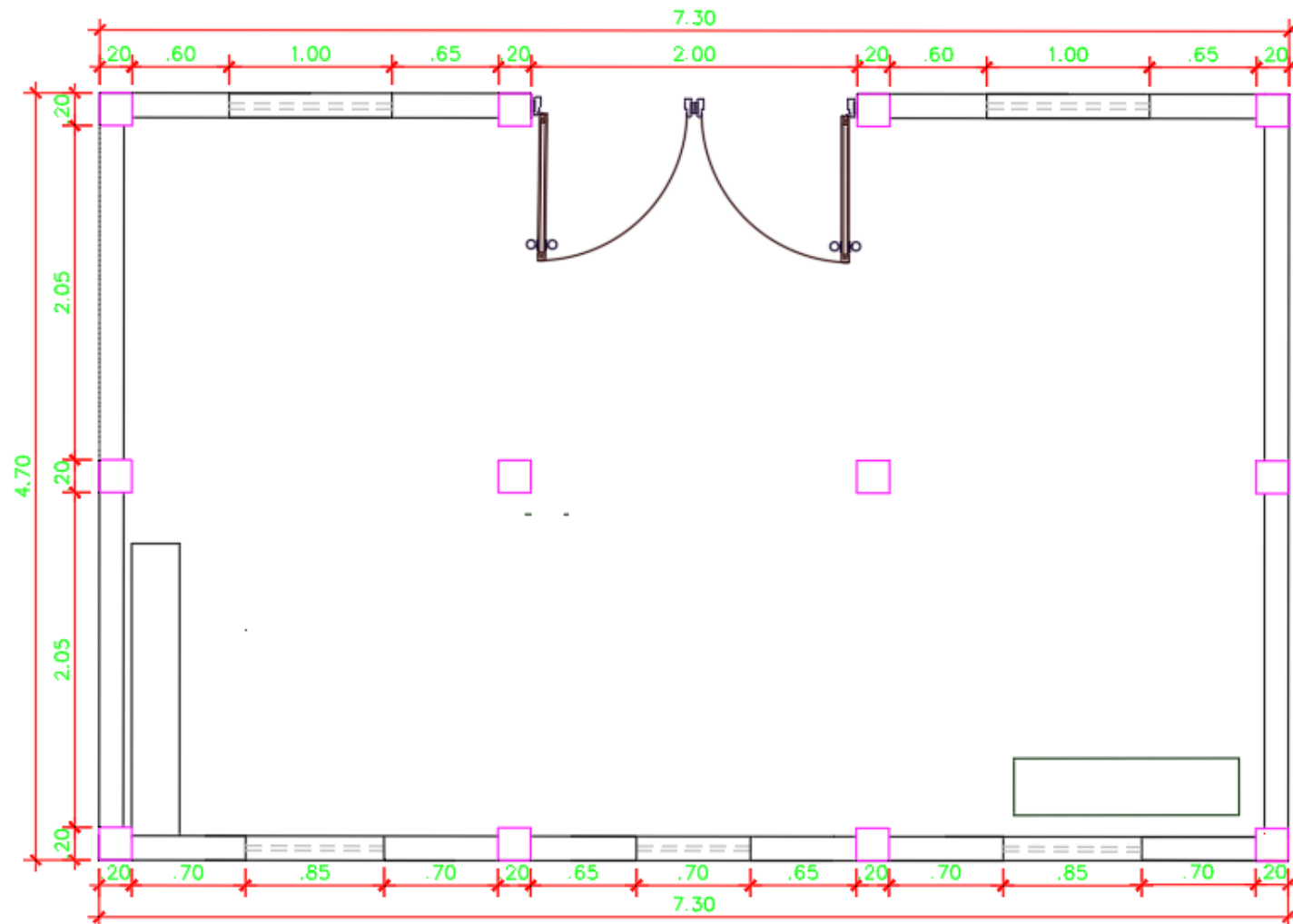


Figura 47: Almacén de herramientas.

Fuente: Elaboración propia.

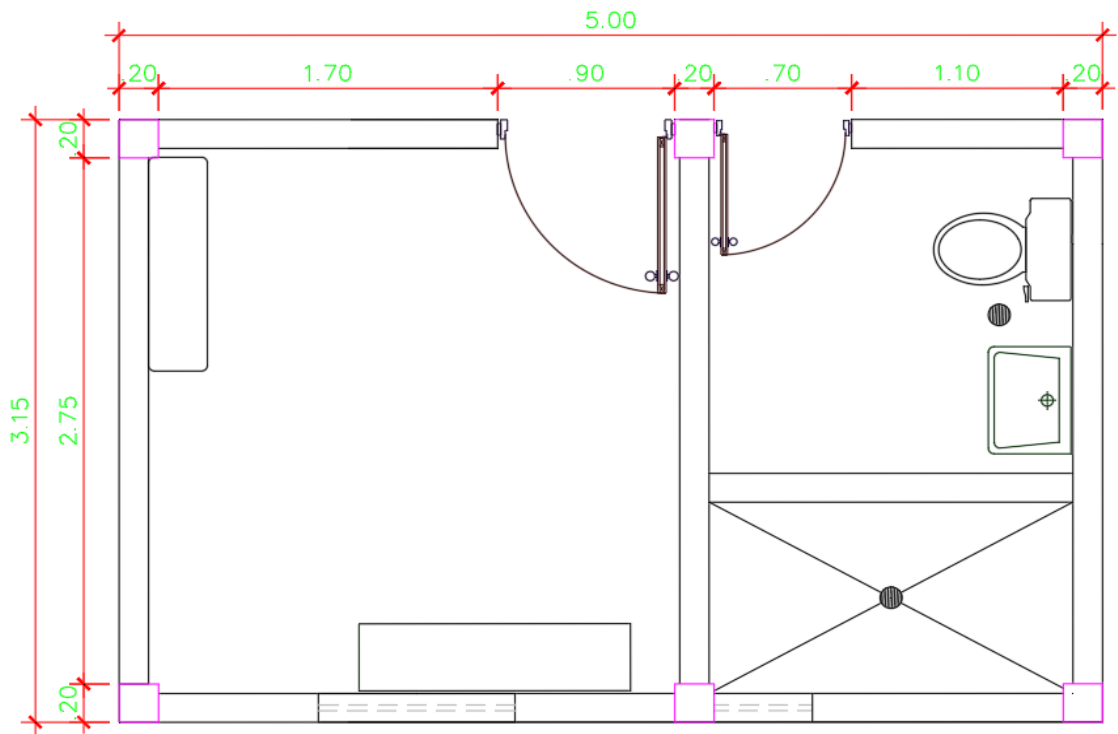


Figura 48: Vestidor.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 49: Estacionamiento.

Fuente: Elaboración propia.

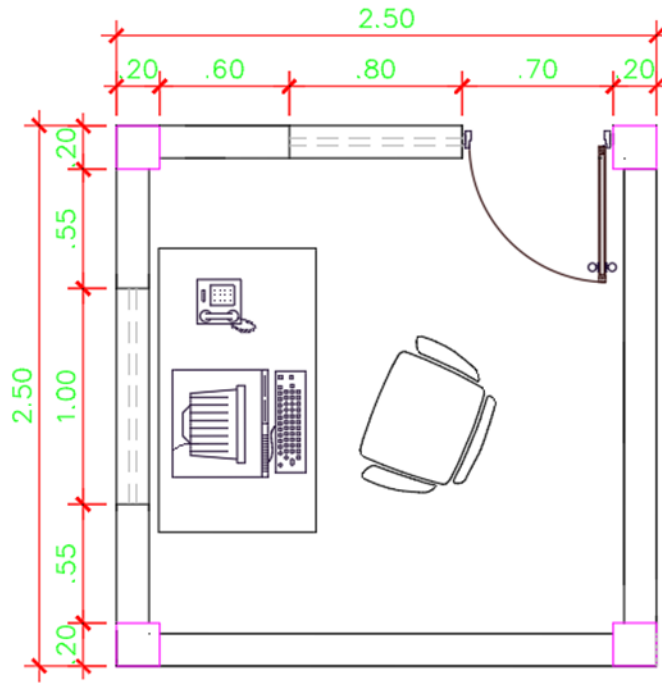


Figura 50: Caseta de vigilancia.

Fuente: Elaboración propia.

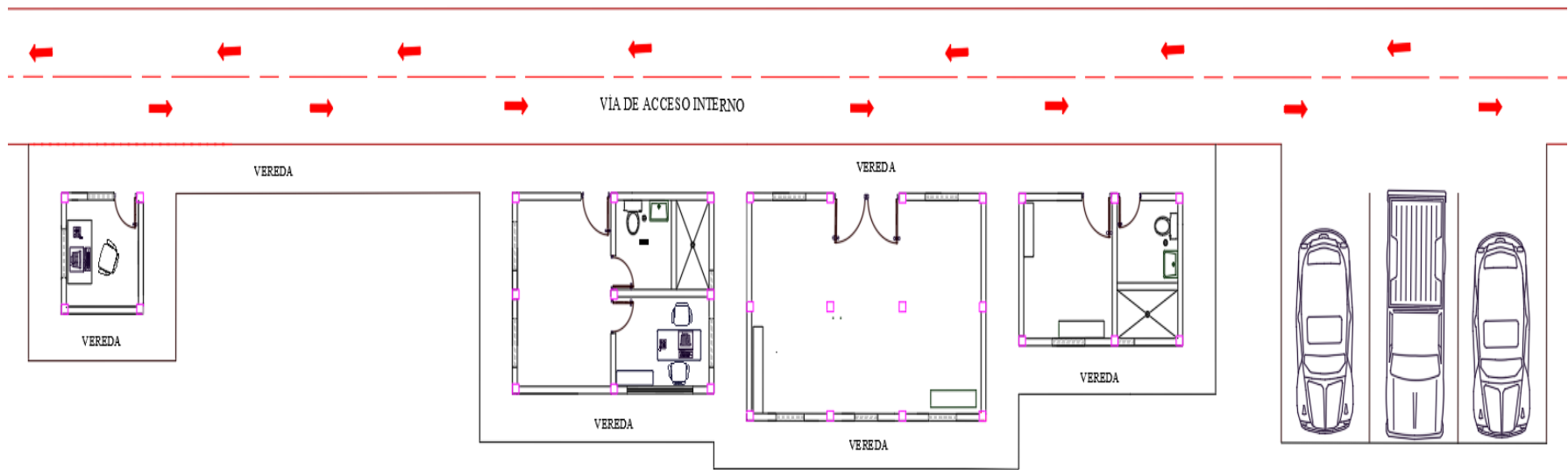


Figura 51: Ubicación de los componentes del área administrativa.

Fuente: Elaboración propia.

4.4.2. Vía de acceso interno

Para las vías de acceso interno de acuerdo al diseño consideramos un ancho total de 3.5m.

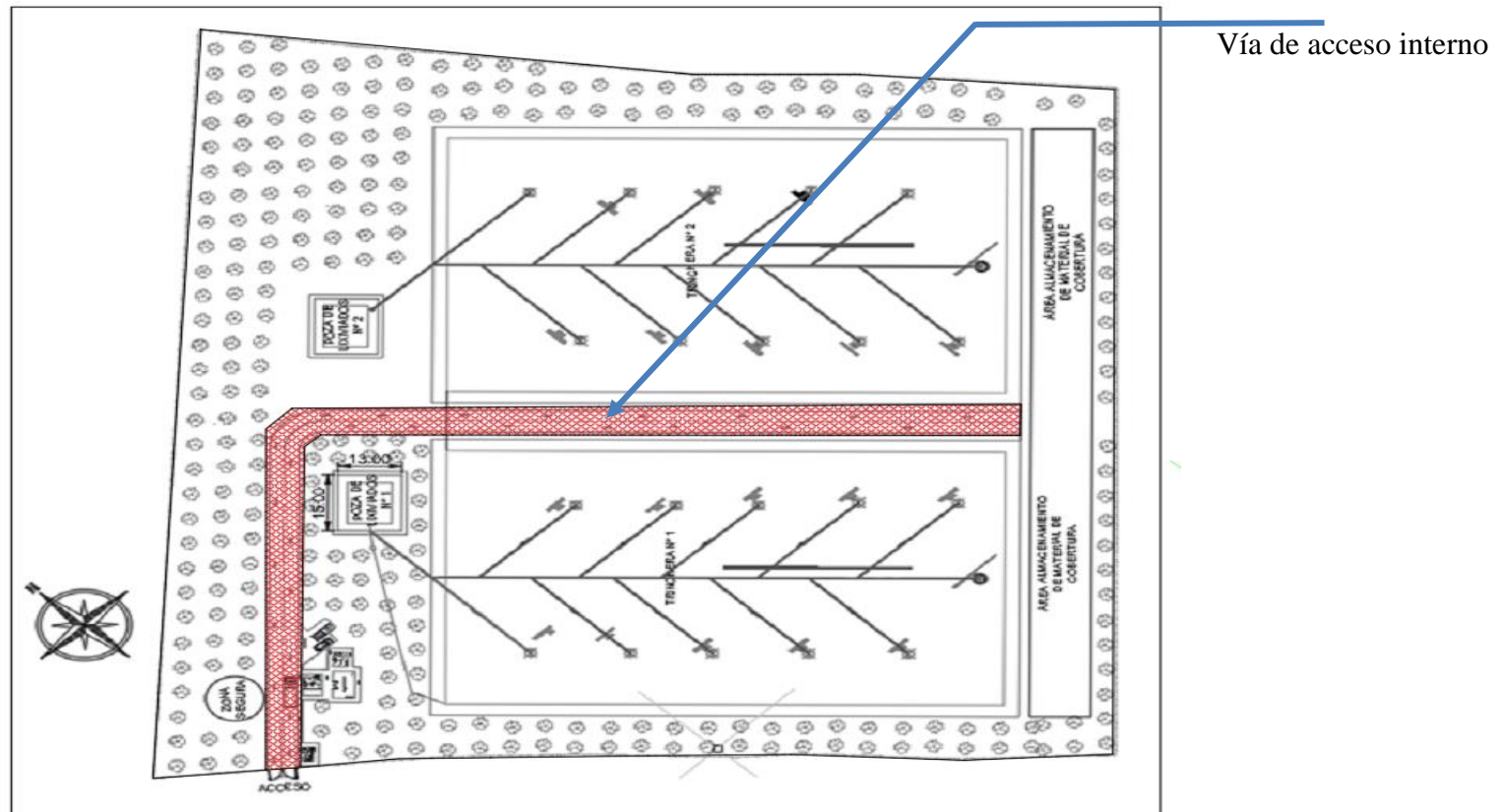


Figura 52: Vía de acceso interno.

Fuente: Elaboración propia.

4.4.3. Trinchera.

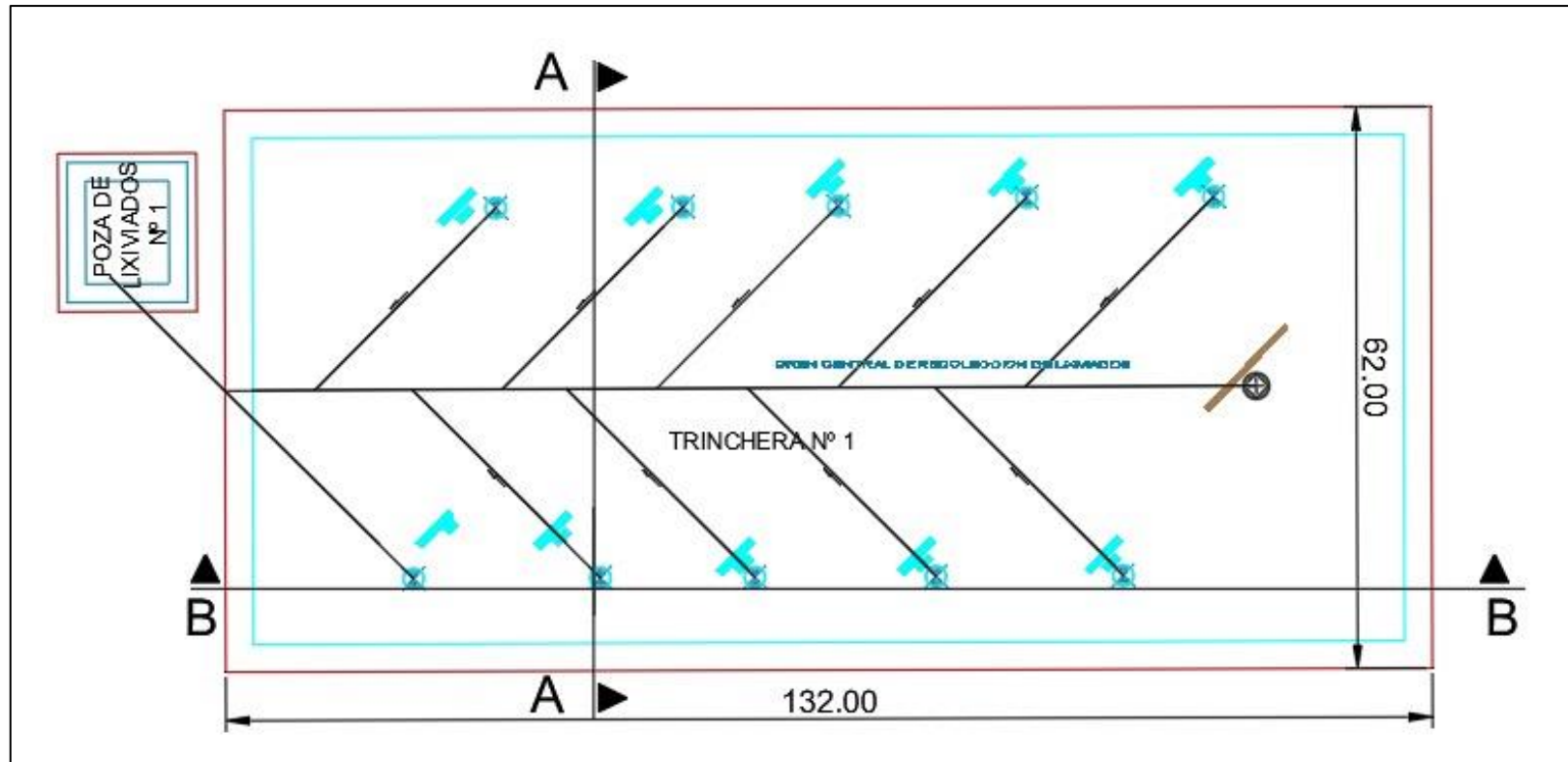


Figura 53: Vista en planta de la trincheras N° 1.

Fuente: Elaboración propia.

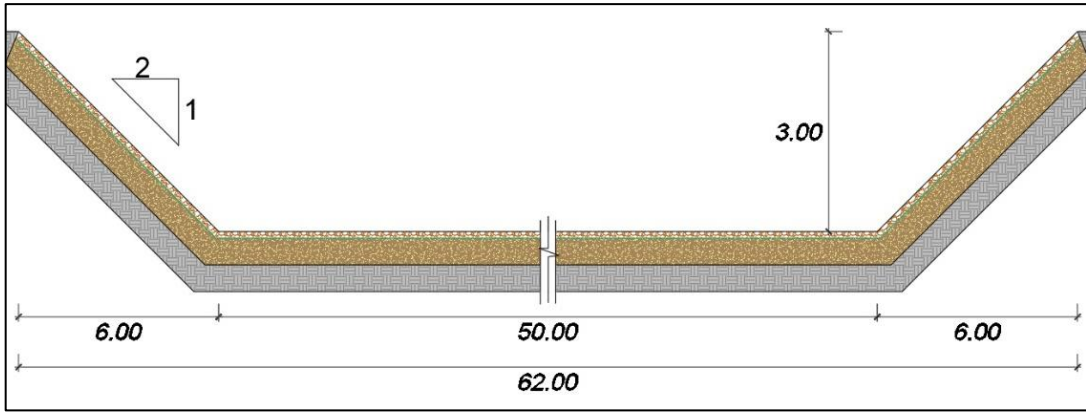


Figura 54: Corte transversal A - A de la trinchera.

Fuente: Elaboración propia.

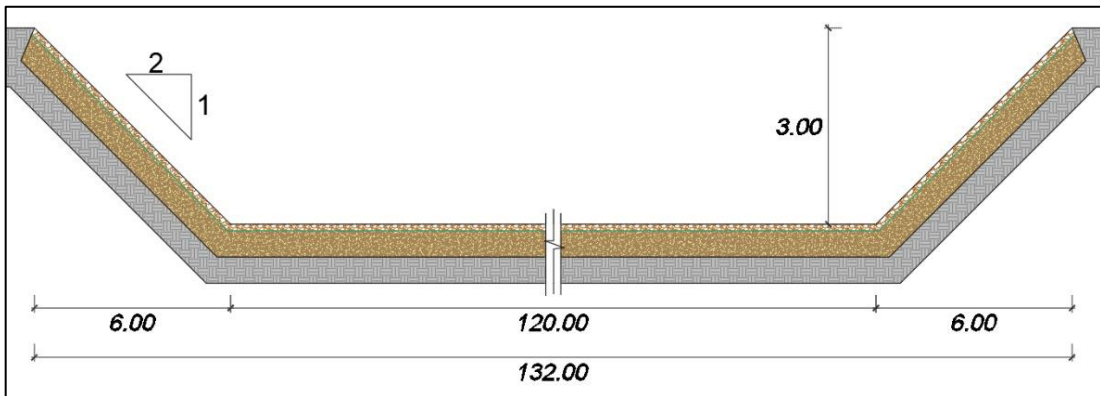


Figura 55: Corte longitudinal B - B de la trinchera.

Fuente: Elaboración propia.

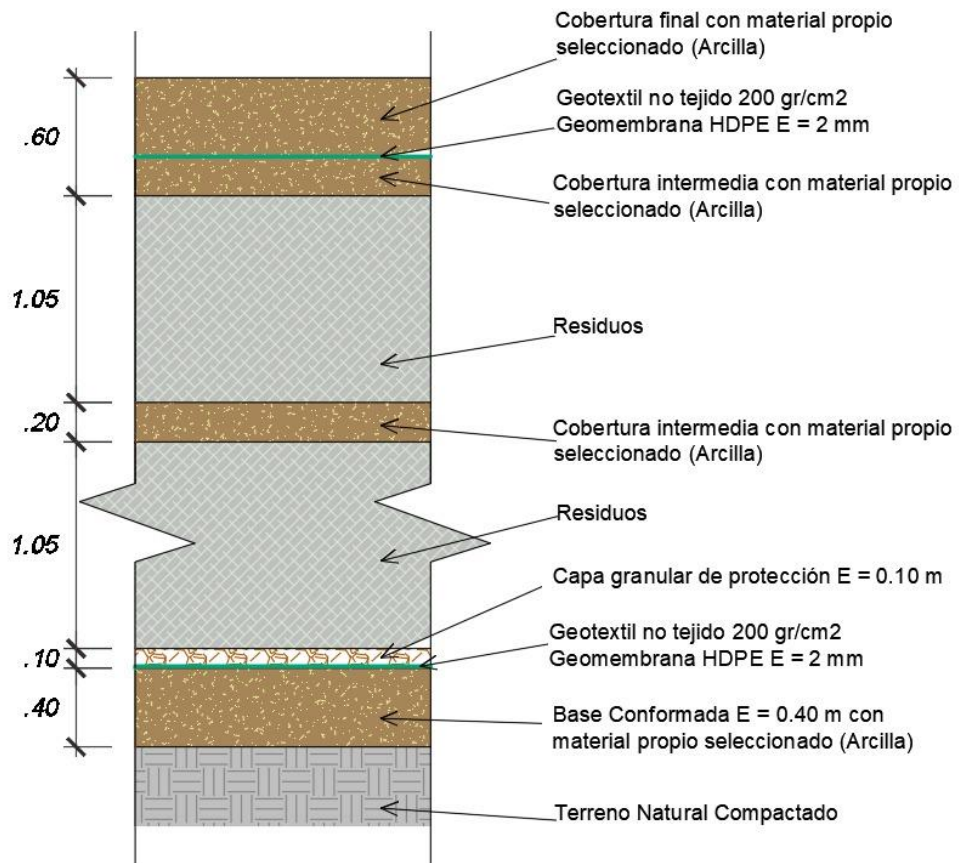


Figura 56: Composición de la impermeabilización de la trinchera.

Fuente: Elaboración propia.

4.4.4. Celdas de disposición final

Las celdas diarias tendrán las siguientes dimensiones: altura (H)=1.05m y Ancho (a) = 10.10m.

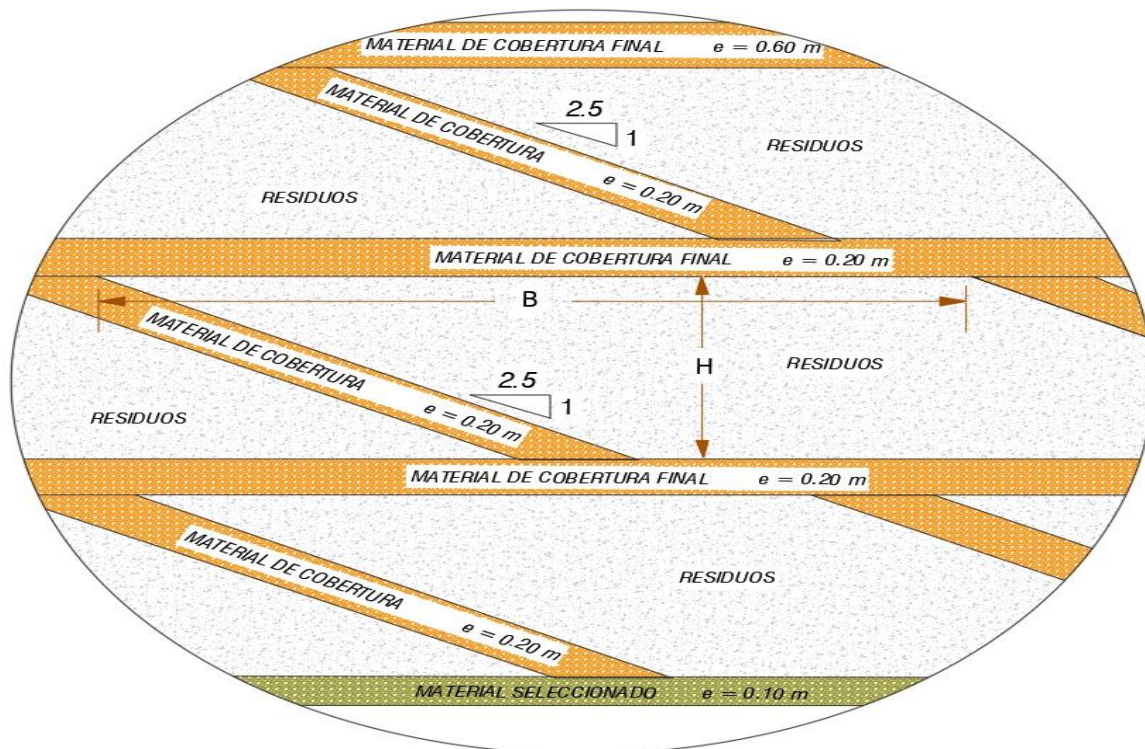


Figura 57: Dimensión de Celda.

Fuente: Elaboración propia.

4.4.5. Drenes de recolección

La figura número 57 representa la distribución de los drenes de recolección (principales y secundarios) dispuestos en las trincheras.

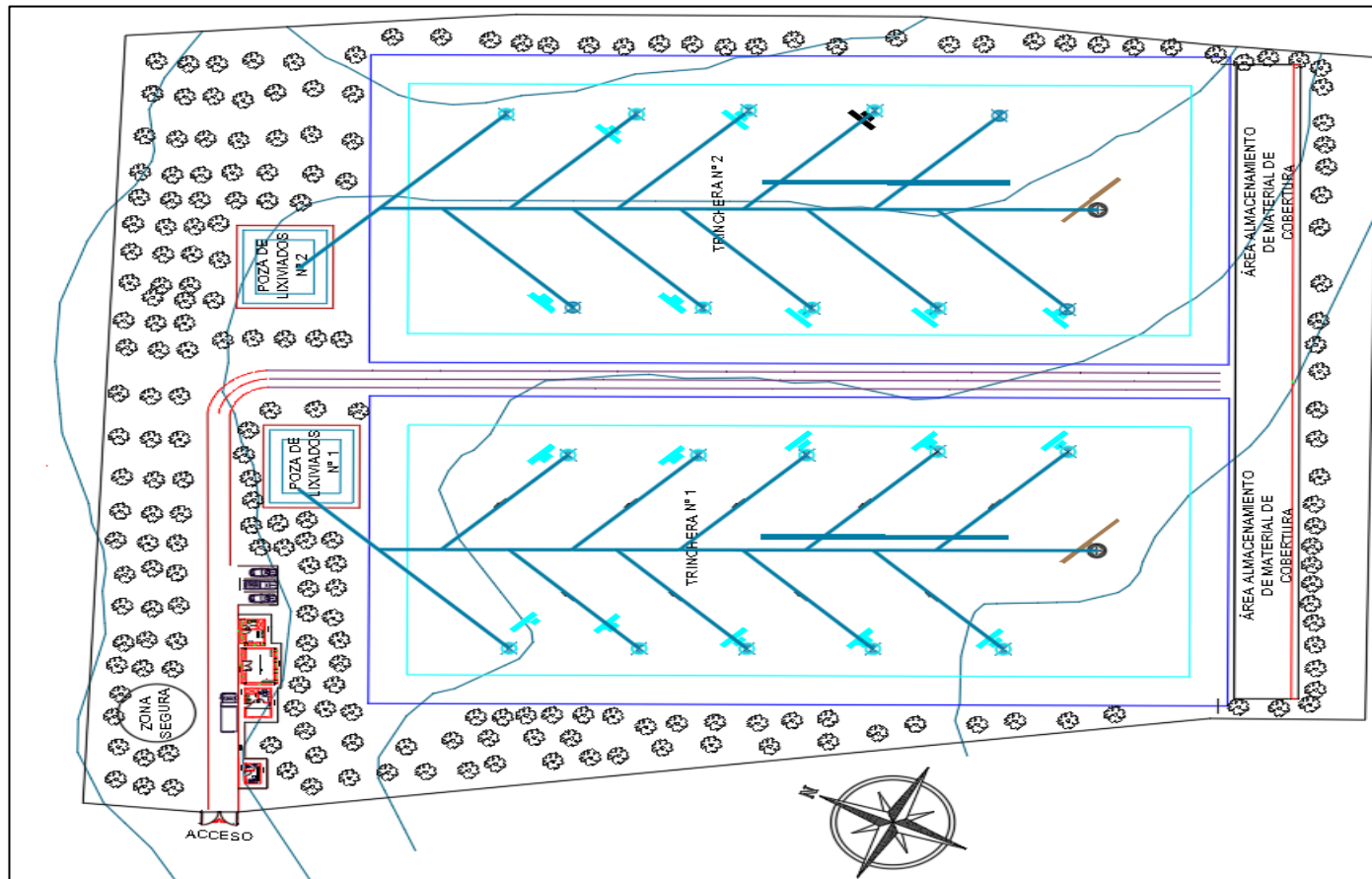


Figura 58: Distribución del sistema de drenaje de lixiviados.

Fuente: Elaboración propia.

Las figuras número 59 y 60 representan los detalles de composición y dimensionamiento de los drenes principales y secundarios.

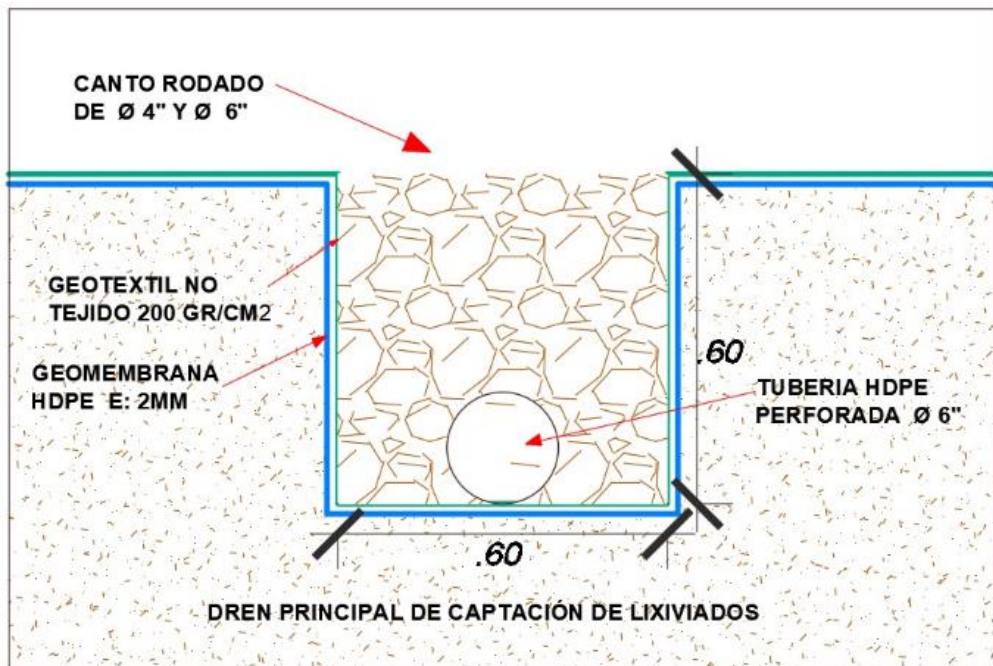


Figura 59: Dren principal.

Fuente: Elaboración propia.

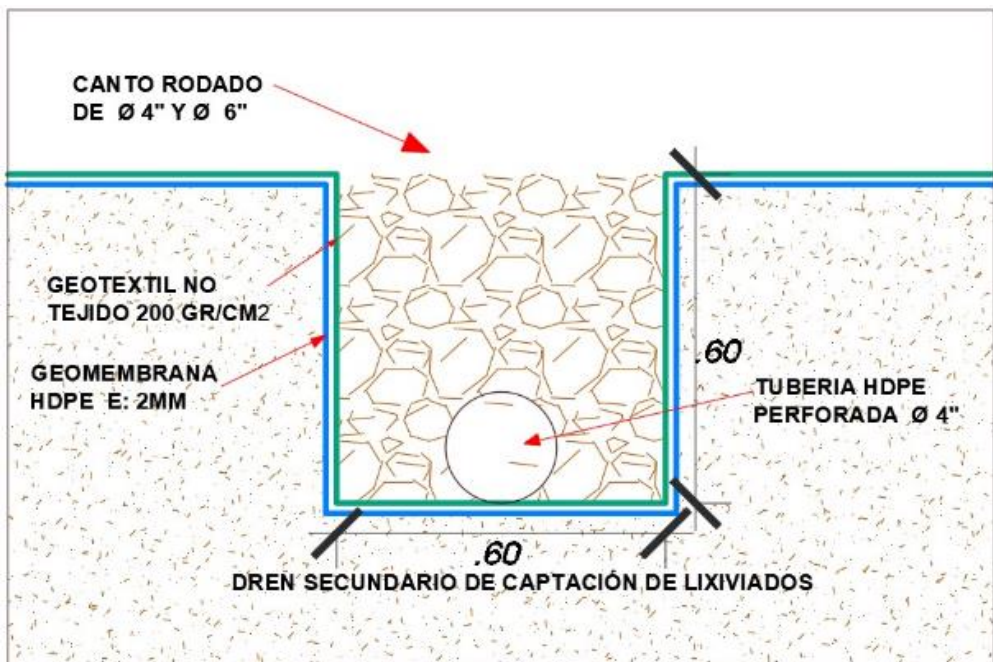


Figura 60: Dren secundario.

Fuente: Elaboración propia.

4.4.6. Área de abastecimiento y almacenamiento de materia de cobertura

El área de abastecimiento de material de cobertura es de 2,000 m².

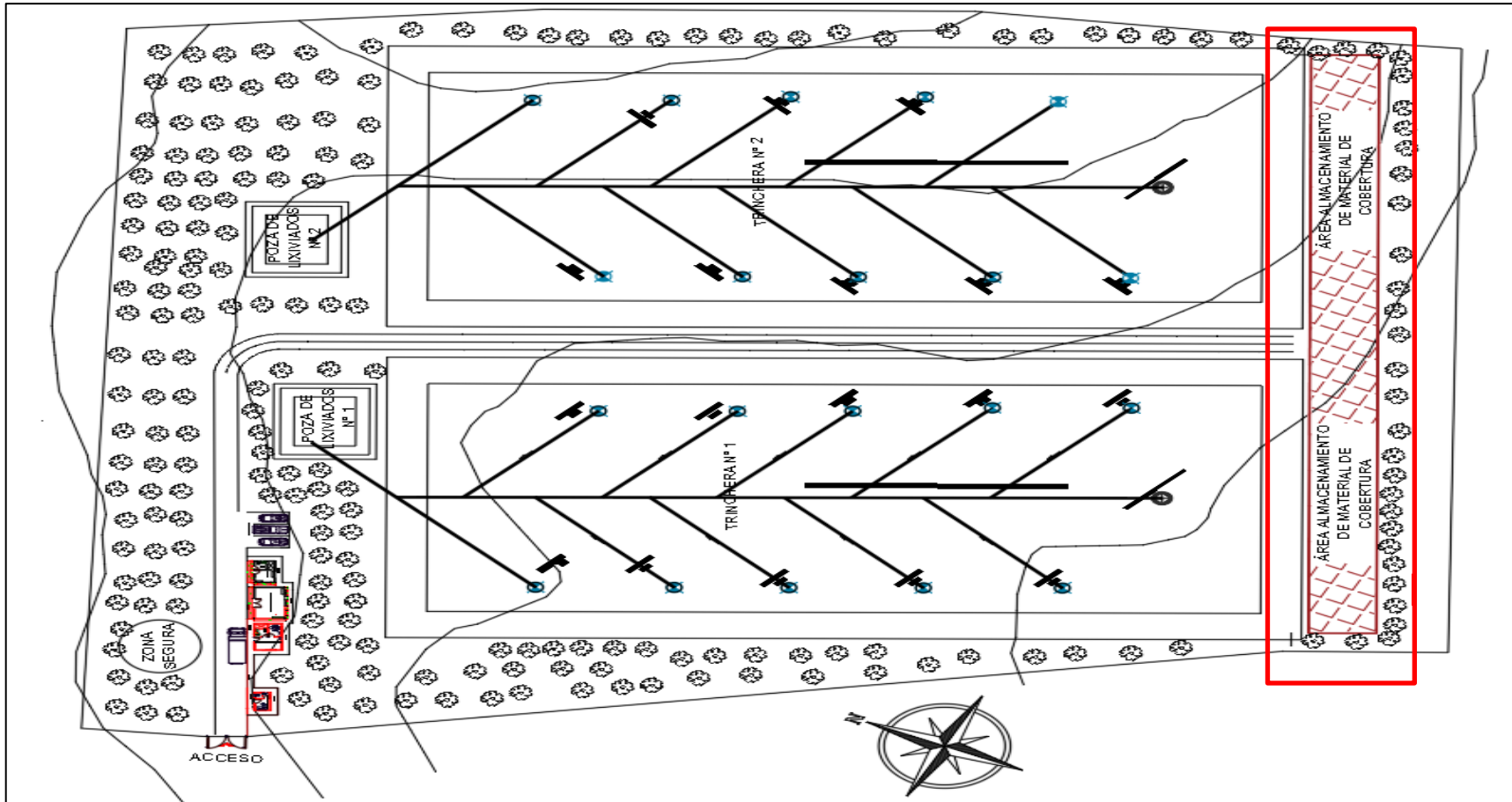


Figura 61: Área de abastecimiento de material de cobertura.

Fuente: Elaboración propia.

4.4.7. Barrera sanitaria

La barrera sanitaria es el área perimetral en la cual se encuentra un sembrío de árboles, el cual contribuirá a reducir los impactos negativos y proteger a la población de posibles riesgos.

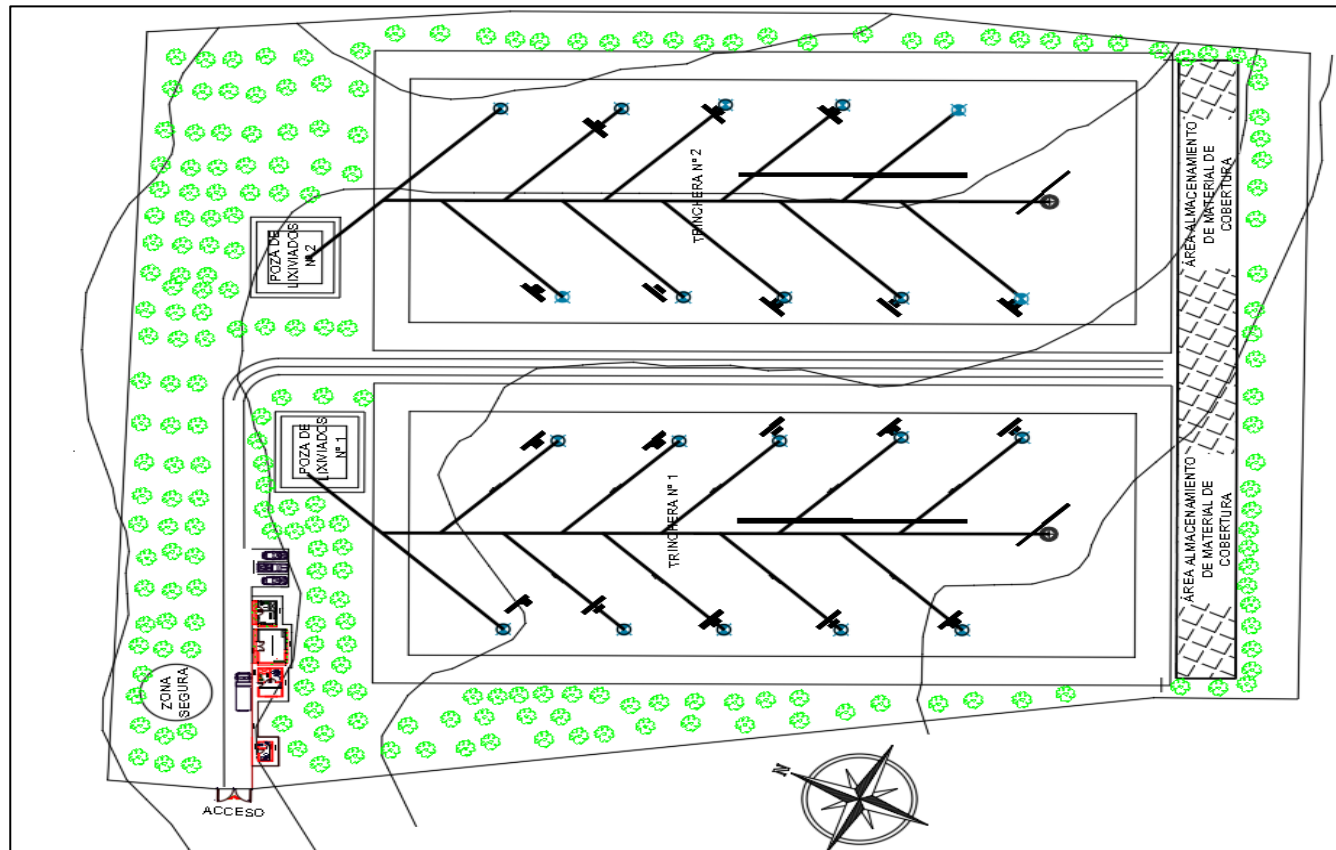


Figura 62: Área de barrera sanitaria.

Fuente: Elaboración propia.

4.4.8. Canal pluvial

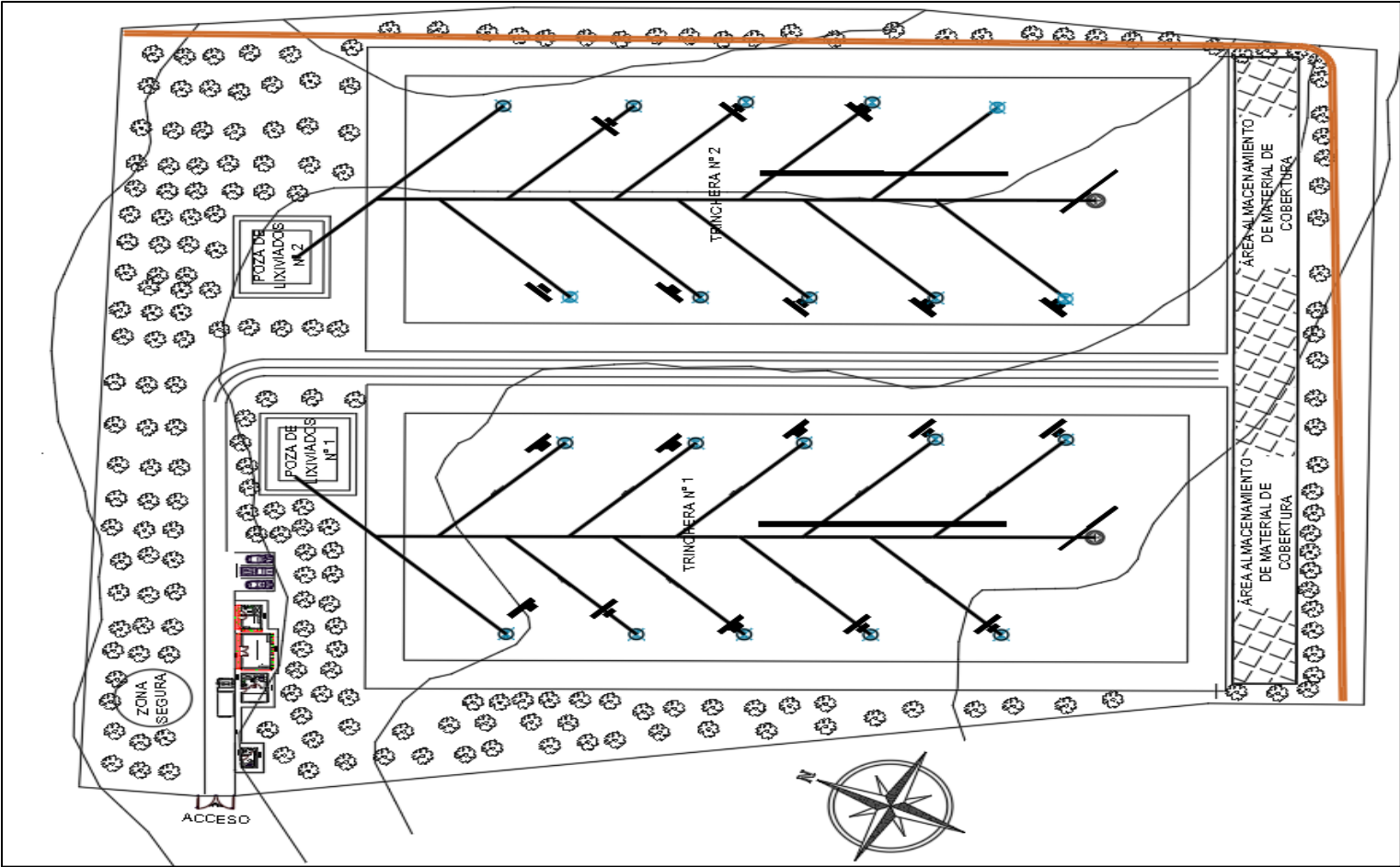


Figura 63: Canal pluvial.

Fuente: Elaboración propia.

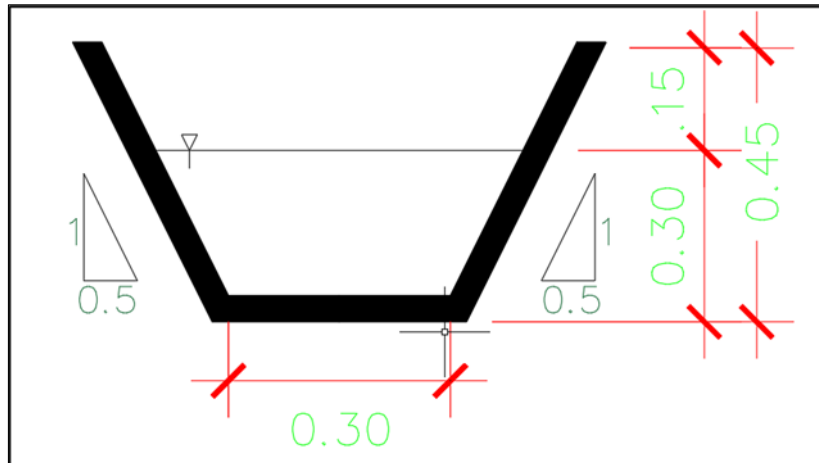


Figura 64: Sección de canal pluvial.

Fuente: Elaboración propia.

4.5. Análisis de resultados

El análisis del manejo actual de los residuos sólidos urbanos de los distritos de San Nicolás y Mariscal Benavides mostro: la producción per cápita de residuos sólidos del distrito de San Nicolás es de 0.722kg/hab/día mientras que en el distrito de Mariscal Benavides es de 0.352 kg/hab/día; además se evidencia las deficiencias que presenta la administración, ya que consiste en el recojo domiciliario y traslado al botadero municipal.



Figura 65: Botadero municipal (Julio 2022).

Fuente: Elaboración propia.

Empleando el análisis multicriterio se seleccionó la Alternativa N°2 sector Muyucsha como ganador, ya que este obtuvo el mayor puntaje en el orden de mérito siendo 410 puntos, mientras que las alternativas Santa Rosa y Yunguilla obtuvieron 350 y 328 puntos respectivamente.

La capacidad de operación diaria que tendrá el relleno sanitario en un tiempo de vida útil de 10 años es de 5,805 kg/día y almacenara un volumen mínimo útil de 41,938 m³.

En la tabla 32 se muestran las dimensiones de los componentes de la infraestructura del relleno sanitario.

Tabla 35

Dimensionamiento del relleno sanitario

Componentes	Unidad	Cantidad
Trincheras		
Largo superior (ls)	m	132.00
Ancho superior (as)	m	62.00
Altura = h	m	3.00
Talud de la trinchera (H)		2
Talud de la trinchera (V)		1
Largo Inferior (li)	m	120.00
Ancho inferior (ai)	m	50.00
Área administrativa	m ²	6,547.00
Ancho de vía interna	m	3.50
Área de material de cobertura	m ²	2,000.00
Poza de lixiviados		
Lado superior (ls)	m	12.00
Altura = h	m	2.00
Talud de la trinchera (H)		2
Talud de la trinchera (V)		1
Lado Inferior (li)	m	4.00

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. Se realizó el análisis del manejo actual de los residuos sólidos municipales, se determinó que los distritos de San Nicolás y Mariscal Benavides producen aproximadamente 2,654 Tn de residuos sólidos al año, de acuerdo al artículo 22 del Decreto Legislativo N°1278 - Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, establece que las municipalidades son las responsables de garantizar la adecuada disposición final de los residuos sólidos de origen domiciliario, especiales y similares en el ámbito de su jurisdicción, debiendo garantizar la adecuada disposición final de los mismos; por lo tanto se concluye que las municipalidades encargadas deben mejorar la gestión de los residuos sólidos municipales en su etapa final, porque la disposición de estos lo realizan en el botadero municipal a cielo abierto, el cual es un foco de contaminación y riesgo para la salud de la población por la presencia de vectores que son agentes de transmisión de diversas enfermedades.
2. Empleando los criterios de selección de área contemplados en la “Guía para el diseño y construcción de infraestructuras para disposición final de residuos sólidos municipales” del Ministerio del Ambiente y los estudios previos obtenidos del perfil del proyecto “Mejoramiento de la gestión integral de los residuos sólidos de los distritos de San Nicolás y Mariscal Benavides, en la provincia de Rodríguez de Mendoza del departamento de Amazonas”, se determinó a la alternativa N°02 sector Muyucsha como área seleccionada para el diseño del relleno sanitario, ya que obtuvo un puntaje ponderado de 410 puntos y una calificación de terreno aceptable de primera opción – bueno.
3. La capacidad de operación diaria del relleno sanitario para el último año, vida útil 10 años, es de 5.81 t/día, siendo este menor a 6 t/día, se determinó que la clasificación del relleno sanitario será de tipo manual, es decir las operaciones diarias de esparcido, compactación y cubrimiento de los residuos serán realizadas por operarios que emplearán herramientas simples como picos, lampas, carretillas, rastrillos, rodillo de compactación manual, entre otros.
4. El relleno sanitario presenta un diseño con tecnología manual empleando el método de trinchera o zanja para la disposición final de los residuos sólidos municipales. Se considera una proyección de población futura de 8,789 habitantes para una vida útil de 10 años, en los cuales se acumulará un volumen

total de 41,938 m³, para ellos se diseñó 2 trincheras en forma de prisma trapezoidal de largo superior de 132 m, ancho superior de 62 m, largo inferior de 120 m, ancho inferior de 50 m, altura de 3m y un talud de 2:1 (H:V) albergando un volumen de 21,191 m³ en cada trinchera; además se propone un área administrativa construida que ocupará 227 m², una caseta o garita de control de 6.25 m², una vía de acceso interno con ancho de 3.5 metros, dos pozas de lixiviados de forma de prisma trapezoidal de lado superior de 12 m, lado inferior de 4 m, altura de 2 m y un talud de 2:1 (H:V), además de un sistema de drenes de recolección de lixiviados, cada trinchera contará con 10 chimeneas para la gestión de gases espaciadas con un radio de 20 metros entre sí, un área de abastecimiento y almacenamiento de material de cobertura de 2,000 m², y una barrera sanitaria para reducir los impactos negativos y proteger a la población de posibles riesgos.

RECOMENDACIONES

1. Los rellenos sanitarios son instalaciones destinadas a la disposición final de los residuos sólidos municipales de forma segura, basados en los principios y métodos de la ingeniería, según el Ministerio del Ambiente en el Perú hasta el año 2021 se contaban con 65 rellenos sanitarios los cuales son insuficientes para poder almacenar la generación de residuos en su totalidad, por ello se recomienda incrementar el número de rellenos sanitarios a nivel de país ya que hasta el momento son contados los proyectos de mejoramiento de la gestión integral de residuos sólidos.
2. Para el estudio de selección de área, se debe tener en cuenta que las alternativas a evaluar no deben estar dentro de un área arqueológica, áreas naturales protegidas, tener peligro por inundaciones o remoción en masa, humedales, zona de recarga de acuíferos, faja marginal de ríos, franja marino costero, concesiones mineras y comunidades campesinas, considerando a estas como áreas de exclusión para la construcción de rellenos sanitarios.
3. Se calcula que la generación de residuos sólidos seguirá aumentando conforme a que las ciudades crezcan, por lo que se prevé proyectos de mejoramientos de gestión de residuos sólidos, a ello se recomienda dar una importancia debida a los estudios previos como es el estudio de caracterización, ya que esta es una herramienta para recopilar información clave relacionada a las características de los residuos sólidos, esta información permite planificar actividades relacionadas con el manejo de los residuos sólidos, ya que se puede implementar políticas para el reaprovechamiento de los residuos y con ello alargar la vida útil de los rellenos sanitarios.
4. Para el abastecimiento de agua en servicios higiénicos del relleno sanitario se recomienda realizar un análisis de aprovechamiento hídrico, teniendo en cuenta el periodo de tiempo en la época de estiaje y máxima avenida para poder dotar de flujo constante de agua, debido a que las instalaciones deben estar habilitadas con este servicio para el normal desarrollo de las actividades de los trabajadores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albán, M. (2022). Caracterización de residuos sólidos municipales y diseño de relleno sanitario. *Revista Latinoamericana de Difusión Científica*. doi:<https://doi.org/10.38186/difcie.47.03>
- Ali, S., & Ahmad, A. (27 de Abril de 2020). Suitability analysis for municipal landfill site selection using fuzzy analytic hierarchy process and geospatial technique. *Environmental Earth Sci*. doi:<https://doi.org/10.1007/s12665-020-08970-z>
- AMBIDES. (2021). Construcción del relleno sanitario para residuos no peligrosos, en el centro de producción Mantaro Campo Armiño, distrito de Colcabamba, provincia de Tayacaja, departamento de Huancavelica. Lima, Perú.
- AMERICA NOTICIAS. (10 de Febrero de 2022). Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=EiY0bbolL1w>
- Arthika, B., Sriraman, M., Jino, R., & Maheswari, K. (marzo de 2018). Diseño de relleno sanitario para el municipio de Avadi. *Scopus*. Obtenido de https://iaeme.com/MasterAdmin/Journal_uploads/IJCIET/VOLUME_9_ISSUE_3/IJCIET_09_03_071.pdf
- Banco Mundial. (15 de Septiembre de 2017). Obtenido de <https://www.bancomundial.org/es/news/infographic/2017/09/15/infografia-diferencias-entre-basural-cielo-abierto-y-relleno-sanitario>
- Banco Mundial. (20 de Septiembre de 2018). Los desechos: un análisis actualizado del futuro de la gestión de los desechos sólidos. Obtenido de <https://www.bancomundial.org/es/news/immersive-story/2018/09/20/what-a-waste-an-updated-look-into-the-future-of-solid-waste-management>
- Borja, M. (2016). *Metodología de la investigación científica para ingenieros*. Chiclayo, Perú.
- Bustamante, J., & Llanos, S. (2020). *Tecnología en el diseño del relleno sanitario de residuos sólidos del centro poblado Nueva Vista - Anta - Acobamba - Huancavelica*. (Tesis de pregrado). Universidad Peruana Los Andes, Huancayo, Perú.
- Chambillo, H. (2017). *Análisis costo/beneficio e impacto ambiental de la ampliación operativa del relleno sanitario Pampaya en el distrito de Tarma, provincia de Tarma*. (Tesis de pregrado). Universidad Católica Sedes Sapientiae, Tarma, Peru.

- Da Luz, E., Marion, F., Milanez, M., & da Conceição, P. (13 de Mayo de 2017). "Utilização de Sistema de Informação Geográfica para identificação. *AMBIÊNCIA*, 13(2), 452-469. Obtenido de <https://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/view/3867/pdf>
- Decreto legislativo N° 1278 - Ley de gestión integral de residuos sólidos. (23 de diciembre de 2016). Diario Oficial El Peruano. Lima, Perú.
- Diario Oficial el Peruano. (16 de Mayo de 2021). Obtenido de <https://elperuano.pe/noticia/120825-peruanos-generamos-21-mil-toneladas-diarias-de-basura>
- Diaz, L., & Vallejo, A. (2017). *Propuesta para el diseño del nuevo relleno sanitario para el municipio de Aguachica - Cesar*. (Tesis de pregrado). Universidad Católica de Colombia, Bogotá D.C., Colombia.
- DIGESA. (2010). *Guia para la opinion tecnica favorable de estudio de selección de área para infraestructuras de tratamiento, transferencia y disposicion final residuos sólidos*. Lima: Ministerio de Salud.
- EPG Universidad Continental. (2022). *Blog Escuela de Posgrado*. Obtenido de <https://blogposgrado.ucontinental.edu.pe/como-se-manegan-los-residuos-solidos-en-el-peru>
- Espejo, A. (2017). *Localización óptima de un relleno sanitario empleando sistemas de información geográfica en el distrito de Chachapoyas, región Amazonas, 2017*. (Tesis de pregrado). Universidad nacional Toribio Rodríguez de Mendoza, Chachapoyas, Perú.
- Estacio, J., Tinoco, O., Díaz, J., & Moore, R. (23 de Diciembre de 2021). Sistemas de Información Geográfica y Localización de un Relleno Sanitario en Cerro de Pasco. *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos*. doi:<https://doi.org/10.15381/iigeo.v24i48.21774>
- Estacio, J., Tinoco, O., Díaz, J., & Moore, R. (2021). Sistemas de Información Geográfica y Localización de un Relleno Sanitario en Cerro de Pasco. *Inst. InvestIg. Fac. MINAS METAL. CIENC. GEOGR.* Obtenido de <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/21774/17508>

- Granda, L. (2014). *Propuesta de mejora a la disposición final de basuras del municipio de Remedios-Antioquia*. (Tesis de pregrado). Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia.
- Guevara, B. (2021). *Estudio de caracterización de residuos sólidos*. (Tesis de Pregrado). Universidad Continental, Huancayo.
- Güler, D., & Yomralıoğlu, T. (6 de Octubre de 2017). Alternative suitable landfill site selection using analytic hierarchy process and geographic information systems: a case study in Istanbul. *Environ Earth Sci*. doi:<https://doi.org/10.1007/s12665-017-7039-1>
- Hernández, R. (2014). *Metodología de la investigación* (6 ed. ed.). México: McGraw-Hill editores.
- Huaccoto, R., & Huarachi, W. (2021). *Diseño de relleno sanitario implementando geomembrana para la disposición final de residuos sólidos en Acora-Puno 2020*. (Tesis de pregrado). Universidad César Vallejo, Lima, Perú.
- INEI. (2009). *Perú: Estimaciones y Proyecciones de Población Total, por Años Calendario y Edades Simples, 1950-2050*. Lima, Perú.
- INEI. (2018). *Un análisis de la eficiencia de la gestión municipal de residuos sólidos en el Perú y sus determinantes*. Obtenido de <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/investigaciones/residuos-solidos.pdf>
- INEI. (2021). *Perú: Anuario de Estadísticas Ambientales 2021*. Obtenido de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1827/libro.pdf
- Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., & Van Woerden, F. (2018). *WHAT A WASTE 2.0*. Obtenido de <https://rds.org.co/apc-aa-files/205ec78c9cca6d1850bdca24e20e50bf/9781464813290.pdf>
- Lazo, R., Cotrado, D., Sequeiros, D., Apaza, V., Mamani, A., & Mamani, R. (diciembre de 2020). Caracterización de residuos sólidos y diseño de un relleno sanitario manual para el distrito la Yarada los Palos. *Ingeniería investiga*. doi:<https://doi.org/10.47796/ing.v2i2.416>
- Ley N° 27314.- Ley General de Residuos Sólidos. (20 de Julio de 2000). Diario Oficial el Peruano. Lima, Perú: Congreso de la República.
- Linares, B. (2019). *Mejoramiento y ampliación de la gestión integral del servicio de limpieza pública para mitigar impacto ambiental de la localidad de Rumisapa y*

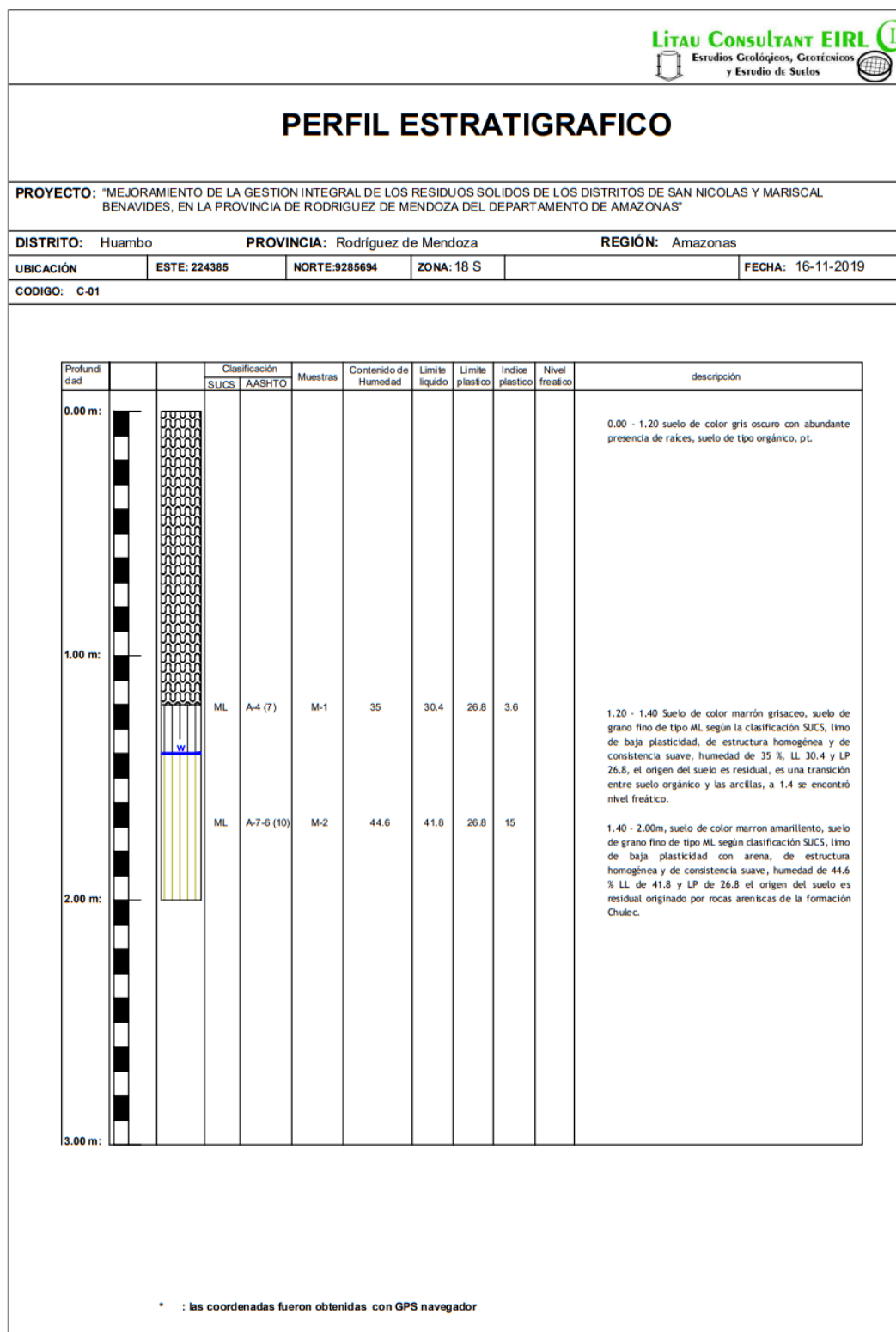
- el centro poblado de Maceda, distrito de Rumisapa, provincia de Lamas, departamento de San Martín.* (Tesis de Pregrado). Universidad de Huánuco, Huánuco, Perú.
- Macías, L., Páez, M., & Torres, G. (2018). *La Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos. Tesis de maestría.* Centro de investigación en ciencias de información geoespacial, A.C., Ciudad de México, México.
- Mamani, V. (2020). *Identificación de áreas potenciales para la instalación del relleno sanitario aplicando sistemas de información geográfica, en el distrito de Huayrapata, Provincia de Moho, Puno-2020.* (Tesis de pregrado). Universidad Peruana Unión, Puno, Perú.
- Mekonnen, Y. (2019). *Evaluaciones de agua urbana doméstica desafíos de suministro en la ciudad de Injibara, Etiopía.* (Tesis de pregrado). Universidad del Cercano Oriente, Etiopía, República Democrática Federal de Etiopía . Obtenido de <http://docs.neu.edu.tr/library/6742642304.pdf>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2008). *Manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito.* Lima, Perú. Obtenido de <http://www.sutran.gob.pe/wp-content/uploads/2015/08/manualdedisenodecarreterasnopavimentadasdebajovolumentransito.pdf>
- Ministerio del Ambiente. (2011). *“Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual”.* Lima.
- Ministerio del Ambiente. (2019). *Guía para el diseño y construcción de infraestructuras para disposición final de residuos sólidos municipales.* Obtenido de <https://aulaambiental.minam.gob.pe/guia-para-el-diseno-y-construccion-de-infraestructuras-para-disposicion-final-de-residuos-solidos-municipales/>
- Ministerio del Ambiente. (2019). *Guía para la caracterización de residuos sólidos municipales.* Obtenido de https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/523790/Gu%C3%ADa_para_la_caracterizaci%C3%B3n_rsm-29012020__1_.pdf?v=1581976571
- Molina, M., & Agüero, C. (19 de Noviembre de 2021). *Diseño de zanjas para disposición final de RSU en la localidad de Chepes, departamento Rosario Vera Peñaloza, La Rioja. III ECIDE-2021.* Obtenido de <https://ria.utn.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12272/6220/Libro%20III%20ECIDE%202021.pdf?sequence=1&isAllowed=y#page=72>

- Norma Oficial Mexicana 083-SEMARNAT. (2003). Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial. México: Diario Oficial. Obtenido de <https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/1306/1/nom-083-semarnat-2003.pdf>
- OEFA. (2014). *Fiscalización Ambiental en Residuos Sólidos de gestión municipal provincial*. Lima: Subdirección de Supervisión a Entidades de la Dirección de Supervisión.
- ONU. (12 de Octubre de 2018). Cómo la basura afecta al desarrollo de América Latina. *Noticias ONU*. Obtenido de <https://news.un.org/es/story/2018/10/1443562>
- ONU. (7 de Enero de 2021). Coalición para el cierre progresivo de los basurales en América Latina y El Caribe. Obtenido de <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/34804/LACDUMSP.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- Ordenanza Municipal N° 004-2019-MDB. (20 de Febrero de 2019). Ordenanza que regula la gestión integral de residuos sólidos municipales en el distrito de Bellavista . Bellavista, Perú: El Peruano. Obtenido de <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/ordenanza-que-regula-la-gestion-integral-de-residuos-solidos-ordenanza-no-004-2019-mdb-1743859-1/#:~:text=%2D%20Los%20residuos%20del%20%C3%A1mbito%20de,a%20los%20servicios%20de%20limpieza>
- Organismo de evaluación y fiscalización ambiental. (2014). *Fiscalización ambiental en residuos sólidos de gestión municipal provincial*. Obtenido de http://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=16983
- Paredes, J. (2021). *Conocimiento y prácticas de medidas de bioseguridad en el personal de la empresa Brunner, Iquitos 2021*. (Tesis de pregrado). Universidad Científica del PERÚ, Iquitos, Perú.
- Pariona, J., & Saldaña, E. (2021). *Propuesta del diseño ingenieril de un sistema de tratamiento de aguas residuales para el centro de salud Picota - región San Martín*. (Tesis de pregrado). Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú.
- Pullay, C., & Andrade, D. (2022). *Diseño del relleno sanitario en el Canton Pallatanga, provincia del Chimborazo*. (Tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

- Sotomayor, K. (2021). *Mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable para garantizar la dotación con pronósticos de población al 2050 en Puno*. (Tesis de pregrado). Universidad César Vallejo, Callao, Perú.
- Trajano, K. (2016). Projeto de um aterro sanitário de Pequeno Porte. (Tesis de pregrado). Universidad Federal de Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.
- Wasif, M., & Dohare, D. (9 de Noviembre de 2021). Selección del sitio y diseño del relleno sanitario utilizando el enfoque Nexus. *ELSEVIER*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S277242712100019X>
- Ziegler , K. (2019). *Evaluación ambiental por medio del análisis de ciclo de vida del relleno sanitario del distrito de Nauta, en Loreto*. (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Loreto, Perú.

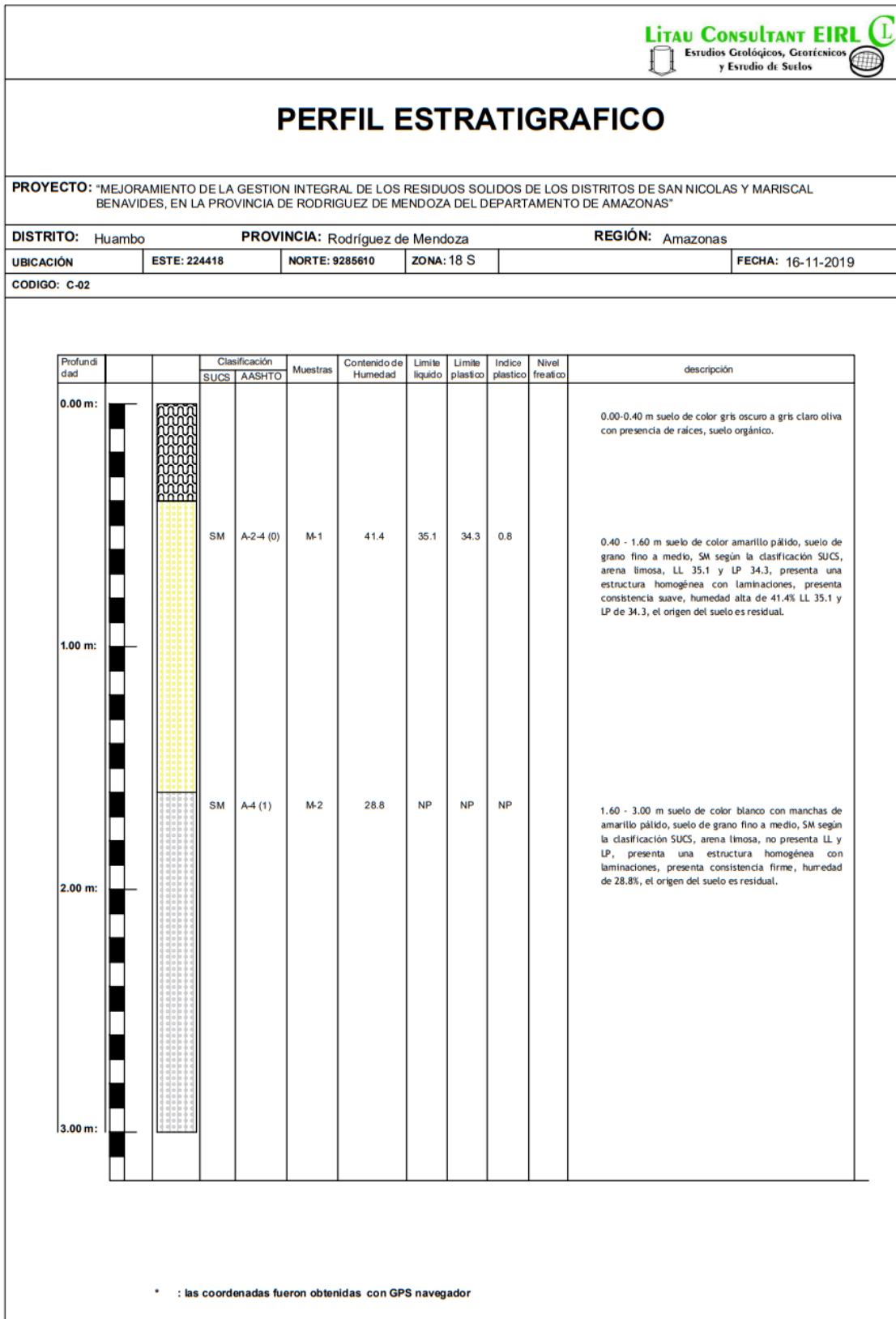
ANEXOS

Anexo 1: Resultados de estudio de suelos C-01.



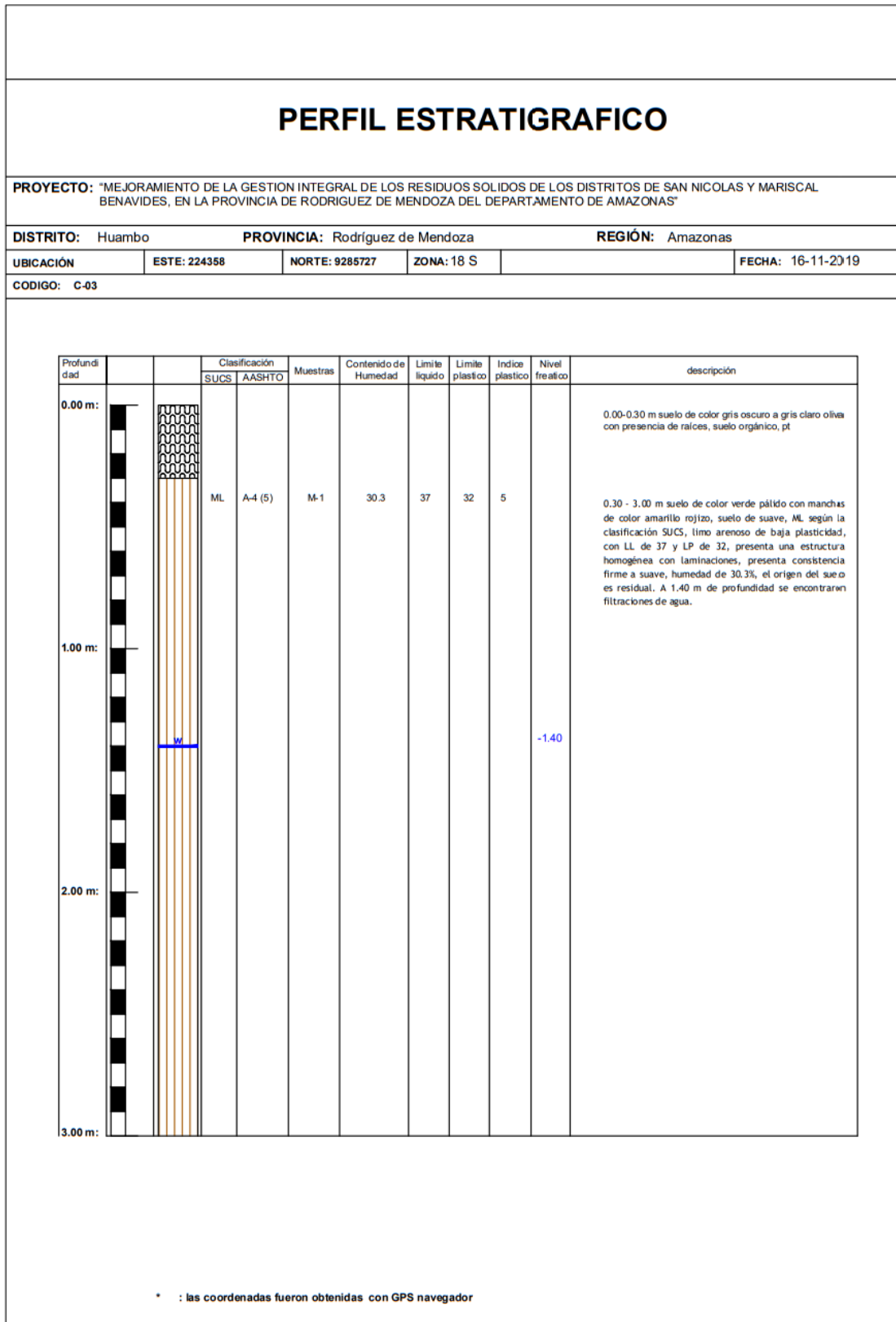
Fuente: Perfil del proyecto de mejoramiento de la gestión integral de los residuos sólidos (2019).

Anexo 2: Resultados de estudio de suelos C-02.



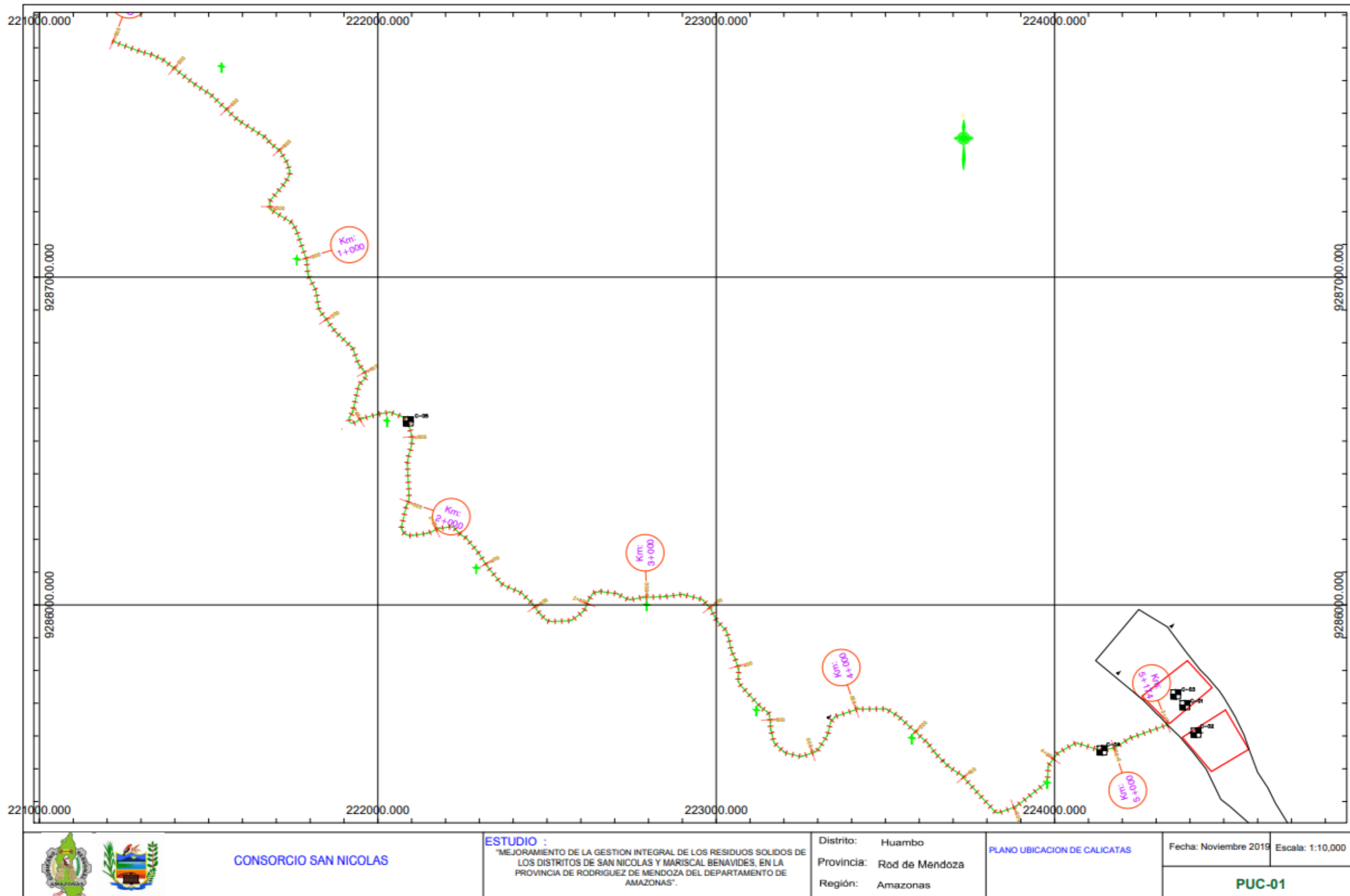
Fuente: Perfil del proyecto de mejoramiento de la gestión integral de los residuos sólidos (2019).

Anexo 3: Resultados de estudio de suelos C-03.



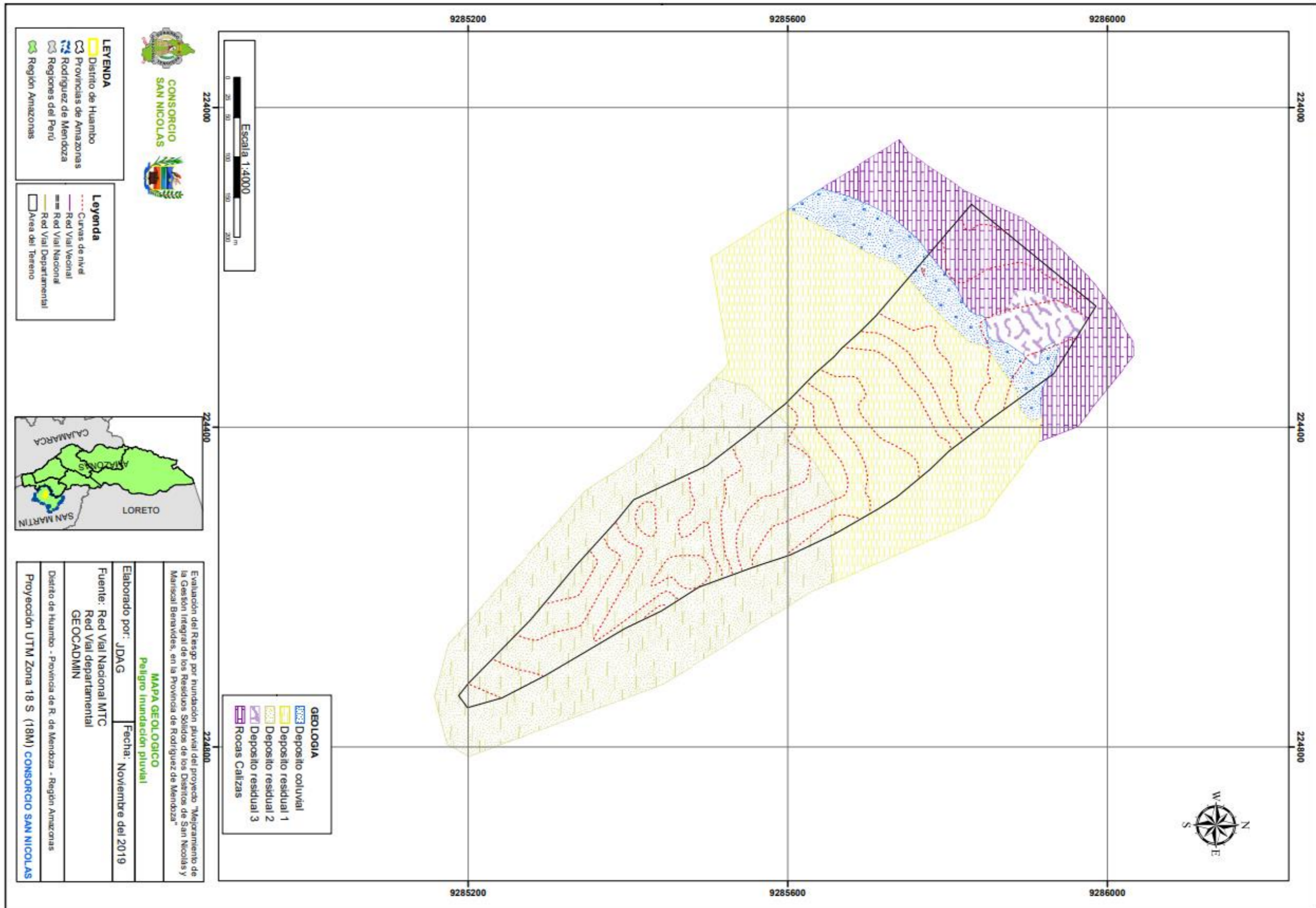
Fuente: Perfil del proyecto de mejoramiento de la gestión integral de los residuos sólidos (2019).

Anexo 4: Plano de ubicación de calicatas.



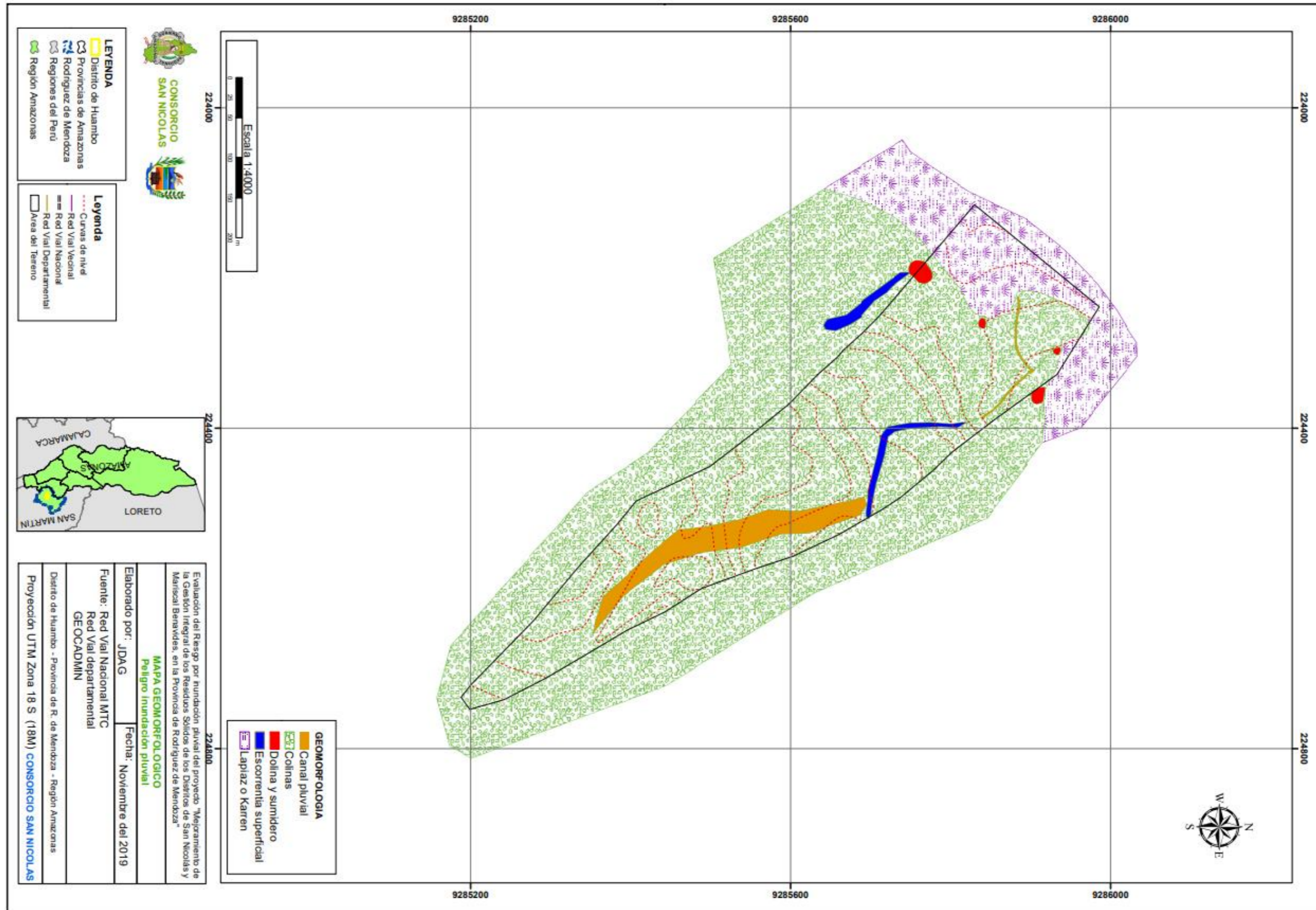
Fuente: Perfil del proyecto de mejoramiento de la gestión integral de los residuos sólidos (2019).

Anexo 5: Mapa geológico.



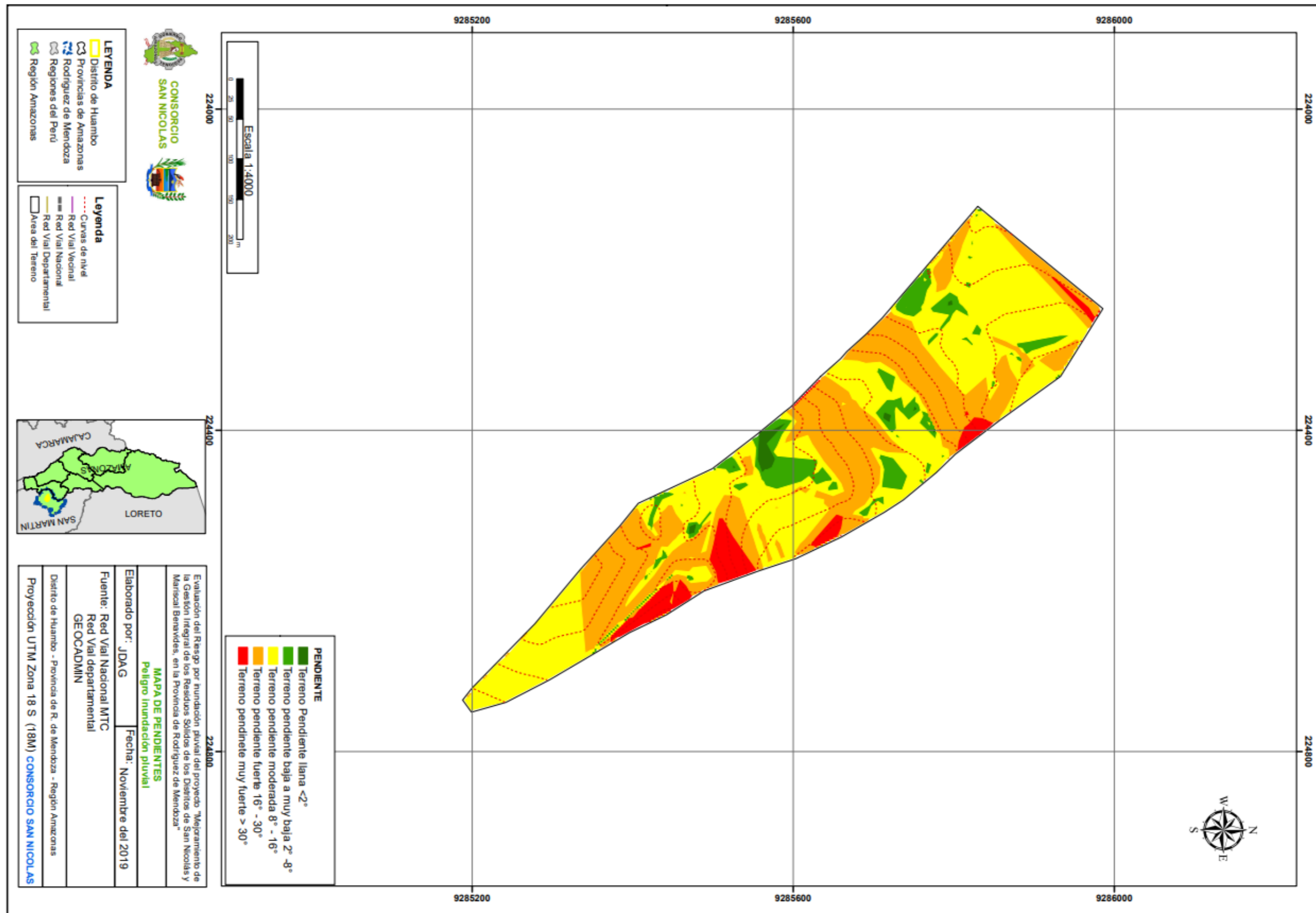
Fuente: Perfil del proyecto de mejoramiento de la gestión integral de los residuos sólidos (2019).

Anexo 6: Mapa geomorfológico.



Fuente: Perfil del proyecto de mejoramiento de la gestión integral de los residuos sólidos (2019).

Anexo 7: Mapa de pendientes.



Fuente: Perfil del proyecto de mejoramiento de la gestión integral de los residuos sólidos (2019).

Anexo 8: Permiso de la municipalidad provincial de Rodríguez de Mendoza.



San Nicolás, 11 de octubre de 2022

Por la presente, autorizamos a los Sres. Jhonny Maykol Riva Rodriguez y Francisco David Tacuchi Jara, a fin de que puedan utilizar los datos, figuras, o fotografías de los documentos del "Perfil del proyecto de mejoramiento de la gestión integral de los residuos sólidos de los distritos de San Nicolás y Mariscal Benavides en la provincia de Rodríguez de Mendoza del departamento de Amazonas" para la elaboración de su tesis.

Sin otro particular, me despido.

Atentamente,

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL
RODRÍGUEZ DE MENDOZA
ALCALDE PROVINCIAL
HELDER RODRÍGUEZ ZELADA