

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRONÓMICA**



**IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS ÓPTIMAS PARA RELLENO  
SANITARIO DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LA CIUDAD DE  
SANDIA – PUNO**

**TESIS**

**PRESENTADO POR:**

**ELIAZAR PAREDES PAREDES**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**MENCION:**

**GESTION AMBIENTAL**

**PUNO – PERÚ**

**2018**



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRONOMICA



IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS ÓPTIMAS PARA RELLENO  
SANITARIO DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LA CIUDAD DE  
SANDIA - PUNO

TESIS PRESENTADO POR:

**ELIAZAR PAREDES PAREDES**

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE

.....  
Dr. ELEODORO PLACIDO CHAHUARES VELASQUEZ

PRIMER MIEMBRO

.....  
Ing. M.Sc. ELISBAN URIEL HUANCA QUIROZ

SEGUNDO MIEMBRO

.....  
Ing. JULIO MENDOZA MAICA

DIRECTOR / ASESOR

.....  
Dr. FLAVIO ORTIZ CALCINA

Tema : Cambio Climático y Agricultura

Área : Ciencias Agrícolas

FECHA DE SUSTENTACION 28 DE DICIEMBRE DEL 2018

## DEDICATORIA

A nuestro dios por su bendición divina, por permitirme la vida e iluminarme el camino adecuado para poder lograr mis objetivos.

A mi abuelo **Víctor Paredes Valer**, que desde la eternidad guía e ilumina mi camino para ser un buen profesional al servicio de la sociedad.

Con mucho cariño y amor a mis padres **Edilberto y Donata**, por su apoyo incondicional permanente y esfuerzo manifestado en todo momento para poder consolidar mi formación profesional, gracias a ustedes fue posible alcanzar mis sueños.

A mis adorables hermanos **Fidel, Luz Mery, Erika y Maribel** por brindarme su cariño y apoyo incondicional, gracias a ustedes fue posible lograr uno de mis sueños y mantengamos siempre la unidad.

A mi director **Dr. Flavio Ortiz Calcina** por su colaboración para elaborar y culminar este proyecto.

**Eliazar Paredes**

## AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios, por las personas que puso en mi camino los cuales hicieron posible la realización del presente proyecto.

A la Universidad Nacional del Altiplano - Puno, Facultad de Ciencias Agrarias en especial a la escuela profesional de Ingeniería Agronómica.

Al Dr. Flavio Ortiz Calcina por su apoyo permanente en las diferentes etapas del trabajo, por sus valiosas experiencias, concejos y observaciones.

A los miembros de jurado: al Dr. Eleodoro P. Chahuares Velásquez, Ing. M.Sc. Elisban U. Huanca Quiroz, Ing. Julio Mendoza Maica; por la revisión y enriquecimiento de la tesis.

A mis amigos y compañeros de estudios de la Universidad por haberme apoyado moralmente para culminar este proyecto de investigación.

Agradezco también a todas las personas que han contribuido de distintas formas en mi formación como profesional.

**Eliazar Paredes**

## ÍNDICE GENERAL

<b>RESUMEN .....</b>	<b>8</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>11</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>12</b>
<b>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>13</b>
<b>1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA .....</b>	<b>13</b>
<b>1.3. HIPOTESIS.....</b>	<b>13</b>
<b>1.4. JUSTIFICACION .....</b>	<b>14</b>
<b>1.5. OBJETIVOS .....</b>	<b>14</b>
Objetivo general.....	14
Objetivo específico .....	14
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>15</b>
<b>2.1. ANTECEDENTES .....</b>	<b>15</b>
<b>2.2. MARCO DE REFERENCIA .....</b>	<b>17</b>
2.2.1. Parámetros Internacionales Usados para la Selección de Sitios.....	17
2.2.2. Parámetros nacionales usados para la selección del sitio (Perú) .....	20
2.2.3. MARCO LEGAL .....	23
<b>2.3. MARCO TEORICO .....</b>	<b>26</b>
2.3.1. RELLENO SANITARIO .....	26
2.3.2. RESIDUOS SOLIDOS.....	30
2.3.3. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG).....	31
2.3.4. Teledetección .....	34
<b>2.4. MARCO CONCEPTUAL.....</b>	<b>34</b>
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>36</b>
<b>3.1. MATERIALES.....</b>	<b>36</b>
3.1.1. DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO .....	36
3.1.2. HERRAMIENTAS Y EQUIPOS.....	38
<b>3.2. METODOLOGIA .....</b>	<b>39</b>
3.2.1. Metodología para el primer objetivo .....	39
3.2.2. Metodología para el segundo objetivo .....	49
3.2.3. Metodología para el tercer objetivo.....	56
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>61</b>
<b>4.1. Identificar áreas óptimas para la disposición final de residuos sólidos de la ciudad de Sandia.....</b>	<b>61</b>
<b>4.2. Determinar la generación per cápita de residuos sólidos de la ciudad de Sandia.....</b>	<b>64</b>

4.2.1. Generación per cápita (GPC) de los residuos sólidos domiciliarios .....	64
4.2.2. Proyección de la generación total de residuos sólidos domiciliarios .....	64
4.2.3. Generación de residuos sólidos no domiciliarios.....	65
4.2.4. Densidad de los residuos sólidos municipales.....	65
4.2.5. Composición física.....	66
4.3. Modelar la estabilidad del terreno para la posible construcción del relleno sanitario.....	67
4.3.1. Análisis del mapa de Isoyetas (precipitación) .....	67
4.3.2. Análisis del mapa de pendientes .....	68
4.3.3. Análisis morfométrico generadas en 8 áreas hipsométricas .....	69
V. CONCLUSIONES .....	71
VI. RECOMENDACIONES .....	72
VII. REFERENCIAS .....	73
ANEXOS.....	77

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Relleno sanitario y sus componentes (MINAM 2013).....	27
<b>Figura 2.</b> Ciclo del manejo de residuos sólidos municipales (MINAM).....	31
<b>Figura 3.</b> Ejemplo de in SIG.....	32
<b>Figura 4.</b> Mapa de ubicación del distrito de Sandia.....	37
<b>Figura 5.</b> Zonificación y distribución de las viviendas a participar en el estudio.....	51
<b>Figura 6.</b> Método de cuarteo para el análisis de composición física de residuos sólidos (MINAM).....	54
<b>Figura 7.</b> Esquema metodológico para determinar la estabilidad del terreno.....	59
<b>Figura 8.</b> Composición física de residuos sólidos de la ciudad de Sandia.....	66
<b>Figura 9.</b> Distribución de la precipitación media anual de la zona de estudio.....	67
<b>Figura 10.</b> Curva hipsométrica de la microcuenca del río Sandia.....	69
<b>Figura 11.</b> Modelo de curvas hipsométricas (Llamas, 1993).....	70
<b>Figura 12.</b> Registro fotográfico de la alternativa 1 – Kallpapata.....	84
<b>Figura 13.</b> Registro fotográfico de la alternativa 2 – Aricato.....	84
<b>Figura 14.</b> Registro fotográfico de la alternativa 3 – Queneque.....	84
<b>Figura 15.</b> Almacenamiento de residuos sólidos recolectados.....	85
<b>Figura 16.</b> Pesado de residuos sólidos recolectados.....	85
<b>Figura 17.</b> Separación de residuos por componentes.....	86
<b>Figura 18.</b> Determinación de la densidad de residuos sólidos.....	86

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Distancias a poblaciones y granjas más cercanas .....	42
<b>Tabla 2.</b> Distancias a fuentes de aguas superficiales .....	43
<b>Tabla 3.</b> Accesibilidad a las zonas preseleccionadas.....	45
<b>Tabla 4.</b> Direcciones de viento de las alternativas .....	45
<b>Tabla 5.</b> Topografía de las alternativas.....	46
<b>Tabla 6.</b> Descripción de las tres alternativas en estudio - Sandia .....	47
<b>Tabla 7.</b> Escala de ponderación.....	48
<b>Tabla 8.</b> Peso asignado a cada variable y su respectiva ponderación.....	48
<b>Tabla 9.</b> Proyección de la población de la ciudad de Sandia .....	50
<b>Tabla 10.</b> Principales actividades económicas de la ciudad de Sandia .....	52
<b>Tabla 11.</b> Establecimientos comerciales por actividad económica .....	53
<b>Tabla 12.</b> Estaciones meteorológicas de la región Puno y Madre de Dios.....	56
<b>Tabla 13.</b> Rango de pendientes .....	58
<b>Tabla 14.</b> Criterios para el modelamiento de la estabilidad del terreno .....	60
<b>Tabla 15.</b> Ubicación de las tres alternativas en evaluación .....	61
<b>Tabla 16.</b> Determinación del área requerida para el relleno sanitario .....	62
<b>Tabla 17.</b> Calificación final de las alternativas .....	63
<b>Tabla 18.</b> Resultado en orden de merito .....	63
<b>Tabla 19.</b> Proyección de la generación domiciliaria de la ciudad de Sandia.....	64
<b>Tabla 20.</b> Proyección de la generación de residuos no domiciliarios .....	65
<b>Tabla 21.</b> Proyección de la generación total de residuos sólidos municipales .....	65
<b>Tabla 22.</b> Densidad de residuos sólidos municipales de la ciudad de Sandia .....	65
<b>Tabla 23.</b> Tipos de pendientes de la microcuenca del río Sandia .....	68
<b>Tabla 24.</b> Base de datos de geomorfología y curva hipsométrica de la microcuenca de río Sandia.....	69
<b>Tabla 25.</b> Determinación de los parámetros de altitud, precipitación, pendiente y aptitud .....	70
<b>Tabla 26.</b> Registro diario de la generación de residuos sólidos de la ciudad de Sandia	87
<b>Tabla 27.</b> Registro diario de la generación de residuos sólidos de la ciudad de Sandia	89



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

**MINAM:** Ministerio del Ambiente

**MEF:** Ministerio de Economía y Finanzas

**INGEMMET:** Instituto Geológico Metalúrgico y Minero

**INEI:** Instituto Nacional de Estadística e Informática

**OPS:** Organización Panamericana de la Salud

**EPA:** Agencia de Protección Ambiental

**DL:** Decreto Legislativo

**DS:** Decreto Supremo

**SIG:** Sistema de Información Geográfica

**GPS:** Sistema de Posicionamiento Global

**MSNM:** Metros Sobre el Nivel del Mar

**DEM:** Modelo de Elevación Digital

**WGS 84:** World Geodetic System 84 (Sistema Geodesico Mundial 1984)

**RSM:** Residuos Sólidos Municipales

**GPC:** Generación Per Cápita

**MPS:** Municipalidad Provincial de Sandia

**PIGARS:** Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Solidos

**TM:** Toneladas Métricas

## RESUMEN

El siguiente trabajo de investigación se realizó en el distrito y provincia de Sandia del departamento de Puno a una altitud de 2180 m.s.n.m.; con los siguientes objetivos: a) Identificar áreas óptimas para la disposición final de residuos sólidos de la ciudad de Sandia, b) Determinar la generación per cápita de residuos sólidos de la ciudad de Sandia, c) Modelar la estabilidad del terreno para la posible construcción del relleno sanitario. El estudio se llevó con tres alternativas Kallpapata, Aricato y Queneque, y se realizó la superposición de capas en el ArcGis 10.3, a través del análisis espacial y siguiendo los lineamientos del (D.S. N° 14-2017-MINAM) se evaluó. El resultado es: Alternativa 1 (Kallpapata) con 409 puntos, Alternativa 2 (Aricato) con 411 puntos, y la Alternativa 3 (Queneque) con 397 puntos. Para determinar la generación per cápita, composición y densidad de residuos sólidos domiciliarios y no domiciliarios, se realizó la recopilación de datos, registro diario de la generación de 70 viviendas y 99 establecimientos. Los resultados son: generación per cápita domiciliar es 0.521 kg/hab/día, y la generación de residuos domiciliarios es 2.56 ton/día, en tanto la generación no domiciliar alcanza el valor de 1.76 ton/día; por lo tanto la generación municipal es de 4.32 ton/día. Con respecto a la composición de residuos, la materia orgánica representa el 34.21 %, seguido del material reciclable bolsas es 10.20 %, el papel es 6.69 %, el cartón es 5.08 %, el componente latas es de 6.07%, los residuos sanitarios alcanzan el 7.67 %; la densidad promedio compactada es 200 kg/m<sup>3</sup>. La determinación de la estabilidad del terreno se trabajó con tres capas temáticas (precipitación, pendiente e hipsometría), se realiza la superposición ponderada en el ArcGIS 10.3. Los resultados obtenidos son: Alternativa 1 (Kallpapata) tiene la estabilidad del terreno con aptitud **moderada**, Alternativa 2 (Aricato) obtiene la estabilidad del terreno con aptitud **baja** y finalmente la Alternativa 3 (Queneque) tiene la estabilidad del terreno con aptitud **baja**. Se concluye que la alternativa 2 (Aricato), es la mejor alternativa para relleno sanitario: presenta buenas vías de acceso, vida útil 10 años, buena distancia a fuentes de agua superficial, dirección del viento en sentido contrario, presencia de material de cobertura, topografía (32-44 %), la precipitación es (1000-1050 mm de precipitación media anual) y mejor estabilidad física del terreno, lo cual es favorable por presentar drenaje moderado sin riesgo de inundación y erosión hídrica.

**Palabras Claves:** Áreas óptimas, Generación per cápita, Relleno sanitario, Residuos sólidos, Sistema de Información Geográfica.

## ABSTRACT

The following research work was carried out in the district and province of Sandia in the department of Puno at an altitude of 2180 m.s. with the following objectives: a) Identify optimal areas for the final disposal of solid waste from the city of Sandia, b) Determine the per capita generation of solid waste from the city of Sandia, c) Model the stability of the land for possible construction of the landfill. The study was carried out with three alternatives Kallpapata, Aricato and Queneque, and layers were superimposed on ArcGis 10.3, through spatial analysis and following the guidelines of (D.S. No. 14-2017-MINAM) was evaluated. The result is: Alternative 1 (Kallpapata) with 409 points, Alternative 2 (Aricato) with 411 points and Alternative 3 (Queneque) with 397 points. In order to determine the per capita generation, composition and density of domiciliary and non-domiciliary solid waste, the data collection was carried out, a daily record of the generation of 70 homes and 99 establishments. The results are: Generation per capita is 0.521 kg / inhab / day, and the generation of household waste is 2.56 ton / day, while the non-domiciliary generation reaches the value of 1.76 ton / day; therefore, the municipal generation is 4.32 tons / day. With respect to the composition of waste, organic matter accounts for 34.21%, followed by recyclable material bags is 10.20%, paper is 6.69%, cardboard is 5.08%, the component cans is 6.07%, sanitary waste reaches the 7.67%; the average density compacted is 200 kg / m<sup>3</sup>. The determination of the stability of the terrain was worked with three thematic layers (precipitation, slope and hypsometry), the weighted superposition is performed in ArcGIS 10.3. The results obtained are: Alternative 1 (Kallpapata) has the stability of the terrain with moderate aptitude, Alternative 2 (Aricato) obtains the stability of the terrain with low aptitude and finally the Alternative 3 (Queneque) has the stability of the terrain with low aptitude. It is concluded that alternative 2 (Aricato), is the best alternative for landfill: it has good access roads, useful life 10 years, good distance to surface water sources, wind direction in the opposite direction, presence of cover material, topography (32-44%), precipitation is (1000-1050 mm of annual average precipitation) and better physical stability of the land, which is favorable for presenting moderate drainage without risk of flooding and water erosion.

**Key Words:** Optimal areas, Generation per capita, Landfill, Solid waste, Geographic Information System

## I. INTRODUCCIÓN

En el marco de la gestión integral de residuos sólidos, un elemento importante es la disposición final de residuos sólidos de manera controlada, lo que implica que para la localización de rellenos sanitarios, se deben cumplir con una serie de criterios ambientales y socioeconómicos, que garanticen impactos mínimos sobre el medio ambiente y mayores beneficios en el bienestar de la comunidad; de manera que, antes de localizarlo es preciso iniciar un proceso de identificación de sitios potenciales, siguiendo la normatividad vigente (Decreto Legislativo 1278 que aprueba la Ley Gestión Integral de Residuos Sólidos y su reglamento D.S. N° 14-2017-MINAM).

Actualmente la ciudad de Sandia únicamente presta servicio de recepción de residuos que son trasladados a un botadero a tajo abierto denominado Repisa; por otro lado la población de la ciudad de Sandia en los últimos años ha tenido un crecimiento poblacional considerable, lo cual ha venido convirtiendo los residuos sólidos en un problema de importancia, específicamente por la generación indiscriminada y manejo inadecuado de los residuos sólidos; estas actitudes están provocando efectos ambientales negativos como: la contaminación del suelo a través del uso como botaderos informales, desplazamiento de tierras agrícolas, deterioro de ecosistemas agrícolas, hospedero de plagas y enfermedades, desvalorización de los terrenos usados como botaderos de basura, pérdida de la calidad del agua a través de los lixiviados y pérdida de la calidad del aire, esto sucede con la inadecuada disposición final de residuos sólidos y ello conlleva a la pérdida de la biodiversidad a nivel local. En este sentido, se precisa la realización de un trabajo asertivo de identificación de áreas óptimas para la implementación de un relleno sanitario de la ciudad de Sandia. Con este trabajo se pretende contribuir al ordenamiento ambiental territorial, a la mejora del paisaje, al desarrollo sostenible urbano-rural; mediante la recuperación de residuos sólidos orgánicos a través del compostaje.

El problema de los residuos sólidos municipales (RSM) está presente en la mayoría de las ciudades y pequeñas poblaciones por su inadecuada gestión y tiende a agravarse en determinadas regiones como consecuencia de múltiples factores, entre ellos el acelerado crecimiento de la población y su concentración en áreas urbanas, el desarrollo industrial, los cambios de hábitos de consumo, el uso generalizado de envases, empaques y materiales desechables, que aumentan considerablemente la cantidad de residuos (Jaramillo, 2002).

### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La ciudad de Sandia actualmente viene prestando servicio de recepción de residuos sólidos, que son trasladados a un botadero a tajo abierto denominado Repisa, por otro lado la población de la ciudad de Sandia en los últimos años ha tenido un crecimiento poblacional considerable, y ha venido convirtiendo los residuos sólidos en un problema de importancia, específicamente por la generación indiscriminada y manejo inadecuado. Estas acciones están provocando efectos ambientales negativos como: contaminación del suelo utilizados como botaderos informales, desplazamiento de tierras agrícolas, deterioro de ecosistemas agrícolas, hospedero de plagas y enfermedades, desvalorización de los terrenos usados como botaderos de basura, pérdida de la calidad del agua a través de los lixiviados y pérdida de la calidad del aire. En este sentido, se precisa la realización de un trabajo asertivo de identificación de áreas óptimas para la implementación de un relleno sanitario de la ciudad de Sandia.

### **1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA**

¿Cuál será el sitio que reúna las condiciones adecuadas para construcción del relleno sanitario?

¿Cuánto de residuos sólidos se está generando en el momento en la ciudad de Sandia y cuál es la proyección?

¿Cuáles son los factores biofísicos que influyen en la estabilidad del terreno de los sitios en evaluación?

### **1.3. HIPOTESIS**

Al menos existe un área que reúna las condiciones necesarias para la ubicación de relleno sanitario de residuos sólidos de la ciudad de Sandia.

#### **Hipótesis Específico**

Al menos existirá un sitio adecuado que reúna las condiciones adecuadas para la construcción del relleno sanitario.

La generación de residuos sólidos de un centro urbano dependerá de la tasa de crecimiento poblacional y los hábitos de consumo.

Los factores ambientales que influyen en la estabilidad del terreno son: precipitación, pendiente, hipsometría y altitud.

#### **1.4. JUSTIFICACION**

En la actualidad la generación indiscriminada y manejo inadecuado de los residuos sólidos dentro de la ciudad de Sandia ha provocado efectos ambientales negativos como: contaminación del agua, suelo y aire específicamente por una inconveniente disposición final; esto daña al ambiente y ocasiona efectos nocivos sobre la salud humana y en general para la preservación del ecosistema. Por ello surge la necesidad de identificar un área adecuado para la disposición final de residuos sólidos para su posterior manejo, almacenamiento, tratamiento de los residuos sólidos generados en la ciudad de Sandia.

#### **1.5. OBJETIVOS**

##### **Objetivo general**

Seleccionar la alternativa adecuada técnica y ambiental donde se ubicará la infraestructura para la disposición final de los residuos sólidos municipales, de la ciudad de Sandia para su ordenamiento ambiental territorial.

##### **Objetivo específico**

- Identificar áreas óptimas para la disposición final de residuos sólidos de la ciudad de Sandia
- Determinar la generación per cápita de residuos sólidos de la ciudad de Sandia
- Modelar la estabilidad del terreno para la posible construcción del relleno sanitario en la cuenca hidrográfica del río Sandia.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. ANTECEDENTES

**Municipalidad Distrital de Coasa Gestión 2015-2018.** Estudio de selección de área para la disposición final segura de residuos sólidos municipales en el distrito de Coasa. Teniendo en consideración el análisis efectuado en la ubicación de las tres áreas seleccionadas, se opta y concluye por Área N° 03, dicho sitio presenta mejores facilidades para ser designado para construir el relleno sanitario con un puntaje de 421, por las siguientes consideraciones:

- Su adecuada ubicación y accesibilidad a las localidades de Coasa
- Buenas características topográficas, geológicas, geotécnicas, hidrológicas, hidrogeológicas.
- Zona agrícola, sin ningún proyecto de irrigación inmediata o mediata.
- Vía de acceso en regulares condiciones de mantenimiento.

**Municipalidad Distrital de San Martín 2011.** Estudio de selección de sitio para la ubicación del relleno sanitario de la localidad de San Martín Alao distrito de San Martín – Región San Martín. El estudio de selección de sitio se llevó a cabo con tres alternativas preseleccionadas, de los cuales uno de las áreas obtuvo mayor ponderación, debido a que la zona seleccionada en el presente informe, ha sido seleccionada de manera técnica y ambientalmente favorable.

**Morales S. y Rodríguez A. 2016.** Evaluación geológica ambiental para ubicar un relleno sanitario manual en la parroquia Mene de Mauroa, Venezuela. El objetivo de esta investigación fue seleccionar mediante criterios técnicos geológicos, el sitio más adecuado para ubicar un relleno sanitario manual para disponer los desechos sólidos generados en la parroquia Mene de Mauroa (Venezuela). Se establecieron 19 variables que fueron sometidas a un sistema de valorización por el método de peso y escala, que consiste en la confrontación de variables, dando prioridad según orden de importancia. Mediante una escala de ponderación de cinco valores para el puntaje de cada variable se elige como el terreno más adecuado para el relleno sanitario el área con mayor puntaje.

**Herrera N. 2014.** Identificación de áreas potenciales para el manejo de residuos o desechos peligrosos en el departamento de Cundinamarca. Este estudio aplica el modelo desarrollado por el programa de investigación en residuos - PIRS (2009) que combina sistemas de información geográfica (SIG) y metodologías de evaluación multicriterio para la localización de infraestructura para el manejo de residuos peligrosos, en un área de estudio que abarca el departamento de Cundinamarca. Se identificó un área potencialmente apta para localización de relleno o celda de seguridad en el municipio de Ubaté y 3 áreas adicionales para localización de otro tipo de infraestructura en los municipios de Sibaté, Soacha y Villapinzón.

**Séptimo Congreso del Medio Ambiente Argentina 2012.** Localización óptima de relleno sanitario aplicando técnicas multicriterio de Sistemas de Información Geográfica (SIG) en el área metropolitana del Alto Paraná. Se utilizaron como referencia los criterios emitidos por la SEAM en su resolución N° 282/04 por la cual se implementan los criterios para la selección de áreas para la disposición final de residuos sólidos en relleno, los cuales son: criterios de exclusión, criterios técnicos, criterios económicos-financieros y político-social, por medio de los mismos se pudo determinar los lugares aptos mediante la utilización del Sistema de Información Geográfica (SIG) de forma efectiva los posibles lugares para la instalación en cuestión. Con referencia a la localización de áreas más probables para la instalación del relleno sanitario, y según el análisis multicriterio que se ha realizado, fueron seleccionadas 6 parcelas dentro del área de estudio, encontrándose la mayoría en el distrito de Minga Guazú y una parte en frontera, los cuales poseen superficies de; 16 ha, 21 ha, 20 ha, 28 ha y dos parcelas de 17 ha.

**Erazo N. 2016.** Identificación de sitios potenciales para la construcción de un relleno sanitario a partir de un SIG en el municipio de Pupiales – Nariño. La investigación está orientada hacia la identificación de sitios potenciales para la implementación de un relleno sanitario en el municipio de Pupiales-Nariño, donde se utilizó como principal herramienta tecnológica el software ArcGis versión 10.2, a fin de obtener una capa espacial (polígono) que facilite la toma de decisiones en el marco del ordenamiento ambiental del territorio, que mejore la prestación del servicio y contribuya a un ambiente sano para la comunidad.



## 2.2. MARCO DE REFERENCIA

### 2.2.1. Parámetros Internacionales Usados para la Selección de Sitios

Los parámetros recomendados por algunos organismos especializados para ubicación de rellenos sanitarios, los cuales servirán para definir los factores de localización y áreas de exclusión del presente estudio, entre estos criterios se encuentran:

#### 2.2.1.1. Criterios Recomendados por la Agencia de Protección Ambiental de los E.U, EPA/1991

- a) **Seguridad Aeroportuaria.** Se indica que los rellenos deben estar alejados por lo menos a 3 Km de aeropuertos que sirven a aviones con motor de turbina y a 1.5 Km con motor de pistón.
- b) **Llanuras de Inundación.** Se requiere que los rellenos se ubiquen fuera de las zonas de inundación con períodos de retorno de 100 años.
- c) **Pantanales, Marismas y Similares.** El reglamento limita la ubicación de instalaciones para rellenos sanitarios en zonas pantanosas, marismas y similares.
- d) **Fallas Geológicas.** Las instalaciones para rellenos sanitarios se ubicarán a 60 m o más de las fallas que hayan tenido desplazamiento durante el Holoceno.
- e) **Zonas sísmicas.** En toda instalación de relleno sanitario de residuos sólidos municipales, no debe localizarse en una “zona de impacto sísmico”, las estructuras incluyendo las membranas, taludes y sistema de control de aguas superficial y de lixiviados, deberán estar diseñados para resistir la aceleración local de material lítico.
- f) **Zonas Inestables.**

Se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Condiciones del suelo que puedan causar asentamientos diferenciales.
- Características geomorfológicas o geológicas locales.
- Características especiales causadas por obras previas hechas por el hombre.

### 2.2.1.2. Criterios Ambientales Recomendados por la OPS (Copenhague, 1971)

1. **Acceso vial.** El terreno debe tener un adecuado acceso vial desde el área de recolección y la zona inmediata a la entrada debe diseñarse de manera que permita la concentración de gran número de vehículos.
2. **Ubicación.** La cercanía de edificios habitados será un factor importante en la selección del terreno. En este sentido, no existen reglas fijas, mucho dependerá de la topografía del terreno, la duración probable de la operación del relleno sanitario, el número y tipo de establecimientos vecinos y la dirección predominante de los vientos. Sin embargo, la experiencia indica que los límites de un relleno, por lo general, deben estar trazados a una distancia no menor de 200 m del área residencial más cercana. Como las aves pueden ser atraídas por las descargas de residuos, introduciendo así riesgos potenciales para la aeronavegación a baja altura, cuando se contemple la posibilidad de establecer un relleno sanitario en la proximidad de algún terminal aérea, se deberá consultar a las autoridades respectivas.
3. **Proximidad al área de recolección de desechos.** De ser posible, el relleno sanitario debe encontrarse a una distancia que permita el uso económico de los vehículos recolectores; en caso contrario deberá tener capacidad suficiente para justificar las inversiones de capital y los costos de operación de una estación de transbordo en el área de recolección.
4. **Consideraciones Hidrogeológicas y geológicas.** Deben realizarse investigaciones hidrológicas completas del área de relleno y de sus alrededores para determinar si es necesario tomar medidas para proteger los cursos de agua superficial y subterráneos contra la contaminación ocasionada por el percolado o drenaje del relleno. También será necesaria la acción preventiva cuando exista el riesgo de que los gases producidos por la descomposición de los residuos orgánicos puedan llegar a través de fisuras en el terreno circundante hasta las propiedades privadas adyacentes.
5. **Disponibilidad de material de cobertura.** Es indispensable disponer de suficiente material de cobertura durante toda la operación del relleno y esto debe ser estudiado para cada sitio.

### 2.2.1.3. Criterios Recomendados por SEDESOL (México, 1990, NTE-CRM-001/90)

- **Profundidad del manto freático.** Deberá estar ubicado a una distancia mayor de 10 m del nivel freático.
- **Zona de recarga.** Deberá estar ubicado a una distancia mayor de un kilómetro y aguas abajo de las zonas de recarga de acuíferos o fuentes de abastecimiento de agua potable.
- **Ubicación con respecto a la zona de facturación.** Deberá ubicarse a una distancia de 500 m, como mínimo del límite de la zona de fracturación.
- **Características del suelo.** Deberá ubicarse características tanto de impermeabilidad como de remoción de contaminantes, representadas éstas por el coeficiente de permeabilidad de 10-6 cm/seg.
- **Material de cobertura.** Deberá contar con suficiente material para la cobertura diaria de los residuos sólidos, que reciba durante su vida útil. En caso de no contar con tierra suficiente, se deberán presentar los planos de ubicación de los bancos de préstamo de materiales a los que recurrirá, así como las formas de transporte y almacenamiento para dicho material.
- **Vida útil del sitio.** Deberá tener una vida útil mínima de 7 años.
- **Ubicación con respecto a cuerpos de agua.** Deberá estar a una distancia mayor de 500 m, de zonas de inundación, cuerpos de agua y áreas en donde se localicen drenajes naturales.
- **Ubicación con respecto a centros de población y vías de acceso**  
Deberá estar ubicado:
  - a. A una distancia mayor de 3 Km del área urbana.
  - b. El área debe ser de fácil y rápido acceso por carretera o camino transitable en toda época del año.
  - c. A una distancia mayor de 200 m de las vías de comunicación terrestre.

- d. Fuera de las áreas naturales protegidas, del área de influencia de aeropuertos, de los derechos de vías de oleoductos o gasoductos, de las líneas de conducción de energía eléctrica.
- **Drenaje.** Deberá tener buen sistema de drenaje natural, independientemente de la red de drenaje pluvial con que se deberá equipar.
- **Topografía.** La pendiente media del terreno natural del sitio no debe ser mayor de 30%. Deberá estar protegido de los procesos de erosión hídrica.

### 2.2.2. Parámetros nacionales usados para la selección del sitio (Perú)

El reglamento de la ley Gestión Integral de Residuos Sólidos establece criterios de selección de áreas para las infraestructuras de disposición final de residuos sólidos a través del siguiente (D.S. N°: 014-2017-MINAM).

#### a) La compatibilidad con el uso del suelo y los planes de expansión urbana

El lugar donde se implementará el relleno sanitario debe ser compatible con el uso del suelo y los planes de expansión urbana.

#### b) 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

El estudio determinará la viabilidad ambiental del proyecto. Debe desarrollarse la identificación de los impactos negativos que puedan generarse por la implementación, operación, mantenimiento y cierre del relleno sanitario, para implementar un plan de mitigación que minimice o elimine los efectos.

#### c) Los factores climáticos, topográficos, geológicos, geomorfológicos, hidrogeológicos, entre otros

**Dirección del viento:** Debe estar orientada en sentido contrario a las poblaciones cercanas.

**Geomorfología:** Preferir lugares con superficies planas o con pendientes moderadas.

**Geología:** Condiciones favorables del subsuelo como tipo de suelo, estratigrafía, entre otros, sobre la base de la realización de calicatas en las áreas evaluadas u obtención de mapas geológicos del (INGEMMET).

**Hidrogeología:** las aguas subterráneas deben encontrarse a una profundidad mayor de 3 m., medidos desde la base de la infraestructura proyectada.

**d) Disponibilidad de material de cobertura**

El lugar seleccionado debe contar con suficiente material de cobertura de fácil extracción, se debe preferir materiales arenos arcillosos o franco arcillosos. Si el material de cobertura es escaso o no existe en la zona seleccionada, se deberá garantizar su adquisición durante la vida útil de la infraestructura.

**e) La preservación del patrimonio cultural**

Se tendrá en cuenta la no afectación del patrimonio cultural y monumental de la zona, y de las áreas naturales protegidas por el estado.

**f) La preservación de áreas naturales protegidas por el Estado**

Identificar si las áreas evaluadas se encuentran dentro del área natural protegida por el estado o en sus zonas de amortiguamiento.

**g) La vulnerabilidad del área ante desastres naturales**

- Áreas estables
- No zonas con fallas geológicas, lugares inestables, zonas con posibilidad de derrumbes ni propensos a ser inundadas.

**h) El patrimonio nacional forestal y de fauna silvestre, según las normativas de la materia**

Elegir de preferencia zonas que no se encuentren dentro del patrimonio nacional forestal y de fauna silvestre, todo ello facilitara en la implementación del relleno sanitario.

**i) Distancia a poblaciones, granjas porcinas, avícolas, entre otras no serán menores de 500 metros**

Considerar aquellas zonas donde las poblaciones, granjas porcinas y avícolas se encuentren a una distancia mayor de 500 m del perímetro de las áreas en evaluación.

**j) Distancia a fuentes de aguas superficiales no serán menores a 500 metros**

Considerar el uso de aquellas zonas donde las aguas superficiales se encuentren a una distancia mayor de 500m del perímetro de las áreas evaluadas. Canales de riego o ríos, etc.

**k) Zonas de pantanos, humedales o recarga de acuíferos en la zona de emplazamiento del proyecto**

Un área a considerarse como una alternativa de evaluación no podrá encontrarse en zonas como: pantanos, humedales o recarga de acuíferos.

**l) Fallas geológicas**

La zona destinada a la implementación de una infraestructura de disposición final no debe presentar fallas geológicas, ni ubicarse en lugares inestables, cauces de quebradas de zonas con posibilidad de deslizamientos ni propensas a inundaciones en períodos de recurrencia de 50 años o menos.

**m) No estar ubicada en zonas donde se puedan generar asentamientos o deslizamientos que desestabilicen la integridad de la infraestructura de residuos sólidos**

El área que resulte como óptimo después de haber realizado las evaluaciones correspondientes a cada alternativa, el área o el sitio con mayor puntaje debe garantizar la integridad y estabilidad de la infraestructura (relleno sanitario).

### **2.2.3. MARCO LEGAL**

#### **Constitución Política del Perú (1993)**

Es la mayor norma legal en nuestro país, que resalta entre los derechos esenciales de la persona humana, el derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de la vida. El marco general de la política ambiental en el Perú se rige por el Art. 67°, en el cual el Estado determina la política nacional ambiental y promueve el uso sostenible de sus recursos naturales.

#### **Ley Orgánica de Municipalidades (Ley N° 27972)**

Las funciones específicas generales en materia ambiental es coordinar con los diversos niveles de gobierno nacional, sectorial y regional, la correcta aplicación local de los instrumentos de planeamiento y de gestión ambiental, en el marco del sistema nacional y regional de gestión ambiental, además en el Art. 80 las municipalidades, en materia de saneamiento, salubridad y salud, es ejercer las funciones de regular y controlar el proceso de disposición final de desechos sólidos, líquidos y vertimientos industriales en el ámbito jurisdiccional.

#### **Ley General del Ambiente (Ley N° 28611)**

Aprobada por el Congreso de la República el 13 Octubre 2005, señala en el Art. 67 acerca de saneamiento básico indica que, las autoridades públicas de nivel nacional, sectorial, regional y local priorizan medidas de saneamiento básico que incluyan la construcción y administración de infraestructura apropiada; la gestión y manejo adecuado del agua potable, las aguas pluviales, las aguas subterráneas, el sistema de alcantarillado público, la reutilización de aguas servidas, la disposición de excretas y los residuos sólidos, en las zonas urbanas y rurales, promoviendo la universalidad, calidad y continuidad de los servicios de saneamiento, así como el establecimiento de tarifas adecuadas y consistentes con el costo de dichos servicios, su administración y mejoramiento.

**Ley General de Salud (Ley N° 26842)**

En el artículo 104 establece que: “Toda persona natural o jurídica está impedida de efectuar descargas de desechos o contaminantes en el agua, el aire, o el suelo, sin haber adoptado las precauciones de depuración que señalan las normas sanitarias y de protección del ambiente”.

**Ley General de Servicios de Saneamiento (Ley N° 26338)**

De acuerdo al Título III los sistemas que comprenden los servicios de saneamiento son los siguientes: Servicio de Agua Potable, Servicio de Alcantarillado Sanitario y Pluvial, Servicio de Disposición Sanitaria de Excretas Sistema de letrinas y fosas sépticas.

**Ley Gestión Integral Residuos Sólidos (aprobada por el Decreto Legislativo 1278)**

La presente norma se implementa a fin de asegurar la maximización constante de la eficiencia en el uso de materiales, y regular la gestión y manejo de residuos sólidos, que comprende la minimización de la generación de residuos sólidos en la fuente, la valorización material y energética de los residuos sólidos, la adecuada disposición final de los mismos y la sostenibilidad de los servicios de limpieza pública.

**Decreto Supremo 014 – 2017 – MINAM; Reglamento de Ley Gestión Integral Residuos Sólidos (publicado el 21 de diciembre del año 2017)**

Artículo 109. La municipalidad provincial en coordinación con la distrital, identifica los espacios geográficos en su jurisdicción para implementar infraestructuras de disposición final de residuos sólidos.

**(Decreto Legislativo N° 1278) que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos (publicado el 21 de diciembre del año 2016)**

Artículo 2. La disposición final de los residuos sólidos en la infraestructura respectiva constituye la última alternativa de manejo y deberá realizarse en condiciones ambientalmente adecuadas.



**Ley N° 28256, Ley que regula el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos**

Regula las actividades, procesos y operaciones del transporte terrestre de los materiales y residuos peligrosos, con sujeción a los principios de prevención y de protección de las personas, el medio ambiente y la propiedad.

**Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental (Ley N° 28245)**

Es asegurar el cumplimiento de los objetivos ambientales de las entidades públicas y fortalecer en la gestión ambiental, además establece los instrumentos de la gestión y planificación ambiental.

**Las Normas Básicas de Seguridad e Higiene (R.S. N° 021-83-TR)**

Su ámbito de aplicación es la prevención de riesgos ocupacionales de los trabajadores que laboran en obras de construcción civil y que recoge en su texto los términos del Convenio 62 y sus recomendaciones complementarias de la OIT, y tienen un carácter transitorio en tanto se apruebe el Reglamento de Seguridad en la Construcción.

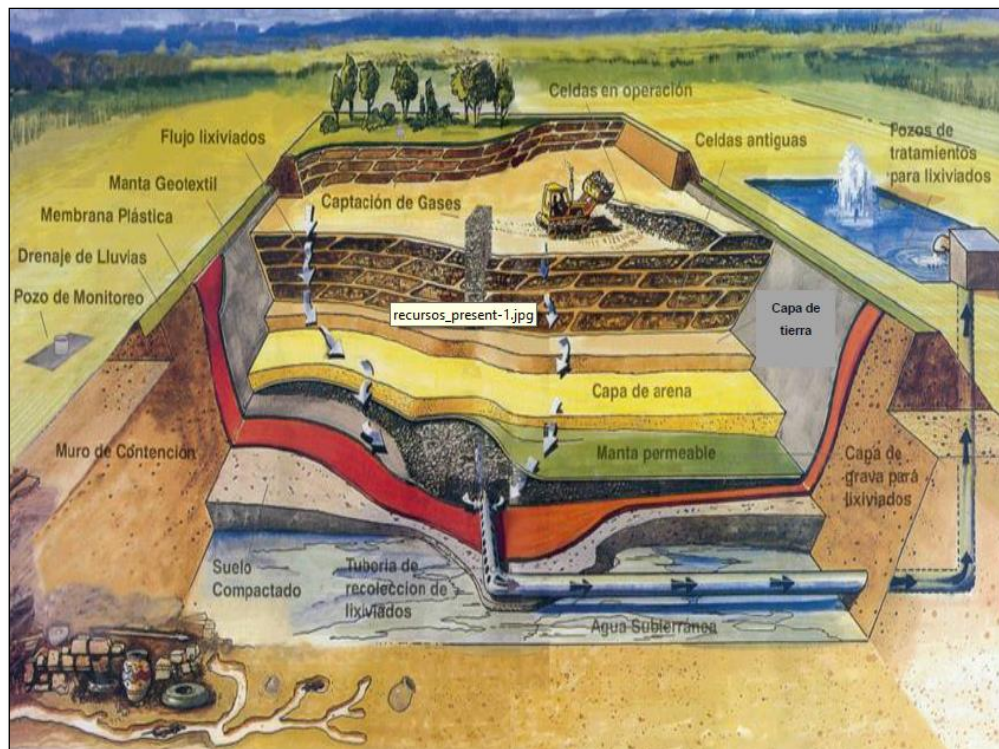
## **2.3. MARCO TEORICO**

### **2.3.1. RELLENO SANITARIO**

Un relleno sanitario es una instalación destinada a la disposición sanitaria y ambientalmente segura de los residuos sólidos en la superficie o bajo tierra, basados en los principios y métodos de la ingeniería sanitaria y ambiental (D.L. N° 1278 que aprueba la ley gestión integral de residuos sólidos).

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. Esta técnica utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en un área lo más estrecha posible, cubriéndola con capas de tierra diariamente y compactándola para reducir su volumen. Además, prevé los problemas que puedan causar los líquidos y gases producidos por efecto de la descomposición de la materia orgánica (Jaramillo, 2002).

Un Relleno Sanitario involucra, los tres medios bajo los que existe la vida que son suelo, aire y agua, por tanto es vital evaluar las características específicas de la zona de estudio, debiendo definirse y valorar dichas características de modo que se obtenga una evaluación lo más objetiva y técnicamente aceptable para los gobiernos locales (Umaña, 2002).



**Figura 1.** Relleno sanitario y sus componentes (MINAM 2013)

### 2.3.1.1. Los Rellenos Sanitarios se Clasifican en:

El reglamento de la Ley Gestión Integral de Residuos Sólidos (D.S. N° 014 – 2017 – MINAM), clasifica los rellenos sanitarios de acuerdo al tipo de operación en:

- Relleno sanitario manual; cuya capacidad de operación diaria no excede a seis (06) Toneladas Métricas (TM).
- Relleno sanitario semi-mecanizado; cuya capacidad de operación diaria es más de seis (06) y menor de cincuenta (50) TM.
- Relleno sanitario mecanizado cuya capacidad de operación diaria es mayor a cincuenta (50) TM.

### 2.3.1.2. Métodos de Construcción de un Relleno Sanitario

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. Existen dos maneras básicas de construir un relleno sanitario (Jaramillo, 2002).

#### A. Método de trinchera o zanja

Este método se utiliza en regiones planas y consiste en excavar periódicamente zanjas de dos o tres metros de profundidad con una retroexcavadora o un tractor de orugas. Hay experiencias de excavación de trincheras de hasta de 7 metros de profundidad.

Los RSM se depositan y acomodan dentro de la trinchera para luego compactarlos y cubrirlos con la tierra excavada. Se debe tener especial cuidado en periodos de lluvias dado que las aguas pueden inundar las zanjas. De ahí que se deba construir canales perimétricos para captarlas y desviarlas e incluso proveer a las zanjas de drenajes internos. 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.

La excavación de zanjas exige condiciones favorables tanto en lo que respecta a la profundidad del nivel freático como al tipo de suelo. Los terrenos con nivel freático alto o muy próximo a la superficie no son apropiados por el riesgo de contaminar el acuífero. Los terrenos rocosos tampoco lo son debido a las dificultades de excavación.

#### B. Método de Área

En áreas relativamente planas, donde no sea factible excavar fosas o trincheras para enterrar la basura, esta puede depositarse directamente sobre el suelo original, el que debe elevarse algunos metros, previa impermeabilización del terreno. En estos casos, el material de cobertura deberá ser transportado desde otros sitios.

Sirve también para rellenar depresiones naturales o canteras abandonadas de algunos metros de profundidad. El material de cobertura se excava de las laderas del terreno o, en su defecto, de un lugar cercano para evitar los costos de acarreo.

### 2.3.1.3. Principios Básicos de un Relleno Sanitario

Se considera oportuno resaltar las siguientes prácticas básicas para la construcción, operación y mantenimiento de un relleno sanitario (Jaramillo, 2002):

- Supervisión constante durante la construcción con la finalidad de mantener un alto nivel de calidad en la construcción de la infraestructura del relleno y en las operaciones de rutina diaria, todo esto mientras se descarga, recubre la basura y compacta la celda para conservar el relleno en óptimas condiciones. Esto implica tener una persona responsable de su operación y mantenimiento.
- Desviación de las aguas de escorrentía para evitar en lo posible su ingreso al relleno sanitario. Considerar la altura de la celda diaria de 2m a 3m para disminuir los problemas de hundimientos y lograr mayor estabilidad.
- El cubrimiento diario con una capa de 0,10 a 0,20 metros de tierra o material similar.
- La compactación de los residuos sólidos con capas de 0,20 m a 0,30 m de espesor y finalmente cuando se cubre con tierra toda la celda. De este factor depende en buena parte el éxito del trabajo diario, pues con él se puede alcanzar, a largo plazo, una mayor densidad y vida útil del sitio.
- Lograr una mayor densidad (peso específico), pues resulta mucho más conveniente desde el punto de vista económico y ambiental.
- Control y drenaje de percolados y gases para mantener las mejores condiciones de operación y proteger el ambiente.
- El cubrimiento final de unos 0,40 a 0,60 metros de espesor se efectúa con la misma metodología que para la cobertura diaria; además, debe realizarse de forma tal que pueda generar y sostener la vegetación a fin de lograr una mejor integración con el paisaje natural.

### 2.3.2. RESIDUOS SOLIDOS

Residuo sólido es cualquier objeto, material, sustancia o elemento resultante del consumo o uso de un bien o servicio, del cual su poseedor se desprenda o tenga la intención u obligación de desprenderse, para ser manejados priorizando la valorización de los residuos y en último caso, su disposición final (D.L. N° 1278 que aprueba la ley gestión integral de residuos sólidos).

#### A. Clasificación de residuos por su origen

Se refiere a una clasificación sectorial y no existe límite en cuanto a la cantidad de categorías o agrupaciones que se pueden realizar. A continuación se mencionan algunas categorías:

- Domiciliarios, urbanos o municipales
- Industriales
- Agrícolas, ganaderos y forestales
- Mineros
- Hospitalarios o de Centros de Atención de Salud
- De construcción
- Portuarios
- Radiactivos

#### B. Clasificación de residuos por su naturaleza

##### 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 tratamiento y disposición final. Mediante un tratamiento adecuado, pueden reaprovecharse como mejoradores de suelo y fertilizantes (compost, humus, abono, entre otros).

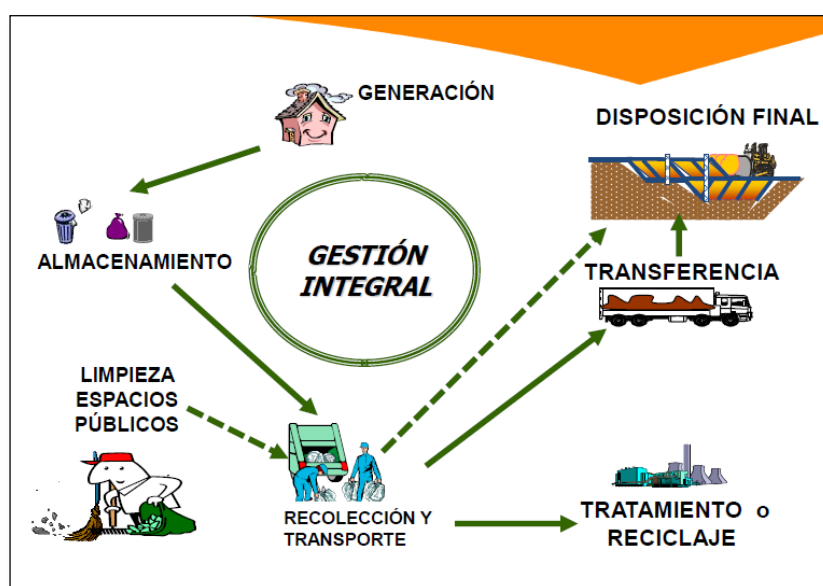
## Inorgánicos

Residuos de origen mineral o producidos industrialmente que no se degradan con facilidad. Pueden ser reaprovechados mediante procesos de reciclaje.

### C. Clasificación de residuos en función a su Gestión

**Residuos Sólidos Municipales:** 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, 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.

**Residuos Sólidos no Municipales:** Los residuos del ámbito de gestión no municipal o residuos no municipales, son aquellos de carácter peligroso y no peligroso que se generan en el desarrollo de actividades extractivas, productivas y de servicios. Comprenden los generados en las instalaciones principales y auxiliares de la operación.



**Figura 2.** Ciclo del manejo de residuos sólidos municipales (MINAM)

### 2.3.3. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Los Sistemas de Información Geográfica hoy en día son la herramienta más versátil para almacenar y analizar información espacial, ya que al ser una herramienta de análisis, influye en el mejoramiento de la efectividad y la eficiencia de las operaciones

cartográficas, tanto en la manipulación como en el tratamiento de los datos, en la representación de escenarios y alternativas de respuesta a situaciones que se identifiquen en el territorio (Peña, 2005).

(Chuvienco, 2010), un SIG está compuesto por unos equipos físicos, especializados en el manejo de información espacial y una serie de programas que conectados con aquellos permiten realizar múltiples transformaciones a partir de los variables espaciales introducidas al sistema. El SIG no es un producto cerrado entre sí, sino un compuesto de elementos diversos: ordenador, digitalizador, trazador gráfico, impresoras, distintos paquetes del programa, orientado hacia una finalidad específica.

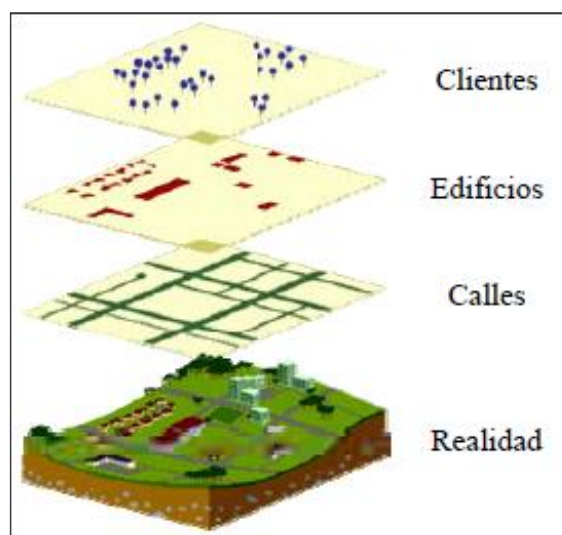


Figura 3. Ejemplo de in SIG

### Componentes de un SIG

Cinco son los elementos principales que se contemplan tradicionalmente en este aspecto (Olaya, 2014).

- **Datos.** Los datos son la materia prima necesaria para el trabajo en un SIG, y los que contienen la información geográfica vital para la propia existencia de los SIG.
- **Métodos.** Un conjunto de formulaciones y metodologías a aplicar sobre los datos.
- **Software.** Es necesaria una aplicación informática que pueda trabajar con los datos e implemente los métodos anteriores.



- **Hardware.** El equipo necesario para ejecutar el software.
- **Personas.** Las personas son las encargadas de diseñar y utilizar el software, siendo el motor del sistema SIG.

### **Análisis Espacial**

El análisis espacial se trata de una serie de técnicas en las que se combinan diferentes temas o capas temáticas con el propósito de encontrar relaciones entre los datos y patrones que permitan tomar decisiones respecto a los resultados encontrados (Peña, 2005).

Según (Olaya, 2014). El análisis espacial es el estudio cuantitativo de aquellos fenómenos que se manifiestan en el espacio. Ello indica una importancia clave de la posición, la superficie, la distancia y la interacción a través del propio espacio. Para que estos conceptos cobren sentido, se necesita que toda la información esté referenciada espacialmente. Desde un punto de vista menos formal, podemos entender el análisis espacial sencillamente como el conjunto de operaciones que desarrollamos en base a los datos espaciales en el trabajo habitual con estos.

Según (Baxendale y Buzai, 2011); el análisis espacial se basa en cinco conceptos fundamentales, los cuales se resumen a continuación:

- **Localización,** La ubicación desde el punto de vista de un “sitio” se encuentra referenciado a un sistema de coordenadas geográficas (latitud-longitud) que no cambia con el tiempo y a partir del cual se le asignarán valores cuantitativos precisos de su ubicación. La ubicación desde el punto de vista de la “posición” queda referenciada a partir del uso de diferentes escalas (medición en tiempos, costos, energía) con resultados que generalmente cambian ante el avance tecnológico.
- **Distribución espacial,** el concepto considera que el conjunto de entidades de un mismo tipo se reparten de una determinada manera sobre el espacio geográfico. Estas pueden ser puntos, líneas o polígonos (áreas) con diferentes atributos asociados en sistema vectorial, o localizaciones que pueden representar zonas en sistema ráster.

- **Asociación espacial**, considera el estudio de las correspondencias encontradas al comparar distintas distribuciones espaciales que actúan como regiones sistemáticas (zonas individualizadas a través de la homogeneidad en una única variable). En un Sistema de Información Geográfica vectorial cada capa temática tiene su existencia implícita en una columna y el trabajo entre ellas provee resultados de asociación espacial.
- **Interacción Espacial**, el concepto de interacción espacial considera la estructuración de un espacio relacional en el cual las localizaciones (sitios), distancias (ideales o reales) y vínculos (flujos) resultan fundamentales en la definición de espacios funcionales.
- **Evolución Espacial**, el concepto considera la incorporación de la dimensión temporal a través de la permanente transición de un estado a otro. Los estudios geográficos son básicamente abordajes del presente (recordemos que la geografía generalmente se presenta como una ciencia del presente), sin embargo, en ningún momento se deja de reconocer que la dimensión temporal es de gran importancia en un análisis geográfico completo.

#### 2.3.4. Teledetección

(Chuvienco, 2010), señala que la teledetección o la percepción remota es la ciencia de adquirir y procesar información de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas espaciales, gracias a la interacción de la energía electromagnética que existe entre el sensor y la tierra.

#### 2.4. MARCO CONCEPTUAL

**Almacenamiento:** Operación de acumulación temporal de residuos en condiciones técnicas como parte del sistema de manejo hasta su disposición final.

**Densidad:** Relación entre la masa de una sustancia y el volumen que ocupa esa sustancia. Entre las unidades de masa más utilizadas están el kg/m<sup>3</sup> o el g/cm<sup>3</sup> para los sólidos.

**Composición física:** es la producción relativa de componentes que se encuentran dentro de una cantidad específica de residuos sólidos, los cuales incluyen plásticos, metales, papel, materia orgánica, entre otros

**Generación per cápita (GPC):** Es la generación unitaria de residuos sólidos, normalmente se refiere a la generación de residuos sólidos por persona-día

**Disposición final:** es la última etapa del ciclo de vida del residuo sólido, comprende los procesos u operaciones para tratar o disponer en un lugar a los residuos sólidos, de forma permanente, sanitaria y ambientalmente segura.

**Gestión integral de residuos:** Toda actividad técnica administrativa de planificación, coordinación, concertación, diseño, aplicación y evaluación de políticas, estrategias, planes y programas de acción de manejo apropiado de los residuos sólidos.

**Segregación:** Acción de agrupar determinados componentes o elementos físicos de los residuos sólidos para ser manejados en forma especial.

**Reaprovechar:** Volver a obtener un beneficio del bien, artículo, elemento o parte del mismo, que constituyen residuos sólidos. Se reconoce como técnica de reaprovechamiento al reciclaje, recuperación y reutilización de los mismos.

**Reciclaje:** Toda actividad que permite reaprovechar los residuos sólidos mediante un proceso de transformación para cumplir su fin inicial u otros fines.

**Celda:** Infraestructura ubicada dentro de un relleno sanitario donde se esparce y compactan finalmente los residuos depositados.

**Botadero.-** Acumulación inapropiado de residuos en vías y espacios públicos, así como en áreas urbanas, rurales o baldías que generan riesgos sanitarios o ambientales. Estas acumulaciones existen al margen de la Ley y carecen de autorización.

**Lixiviado:** Es el líquido residual generado por la descomposición biológica de la parte orgánica o biodegradable de los residuos sólidos bajo condiciones aeróbicas o anaeróbicas y/o como resultado de la percolación de agua a través de los residuos en proceso de degradación.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. MATERIALES

##### 3.1.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

###### 3.1.1.1. Ubicación

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el distrito y provincia de Sandia del departamento de Puno. La ciudad de Sandia es capital de la provincia, y se emplaza a una altitud aproximadamente de 2180 m.s.n.m.; la superficie del distrito es de 580 Km<sup>2</sup>, que representa el 5% del total de la provincia de Sandia. Al distrito de Sandia (zona de estudio) se accede desde la ciudad de Puno por la carretera asfaltada (deteriorada): Puno- Juliaca – Putina – Cuyo Cuyo – Sandia, con una longitud de 220 kilómetros. En la ruta se conectan vías sin afirmar y trochas carrozables, así como diversos caminos de herradura que articulan los diferentes centros poblados de la cuenca.

###### Ubicación Política:

- Región: Puno
- Provincia: Sandia
- Distrito: Sandia

###### Ubicación Geográfica en sistema de coordenadas WGS 1984\_UTM\_19S:

- X: 449761
- Y:8416588
- Z: 2180 m.s.n.m.

###### Los límites del distrito son:

- Por el Este: con el distrito de Yanahuaya y Quiaca.
- Por el Oeste: con el distrito de Patambuco.
- Por el Norte: con el distrito de Alto Imanbari.
- Por el Sur: con el distrito de Cuyocuyo.

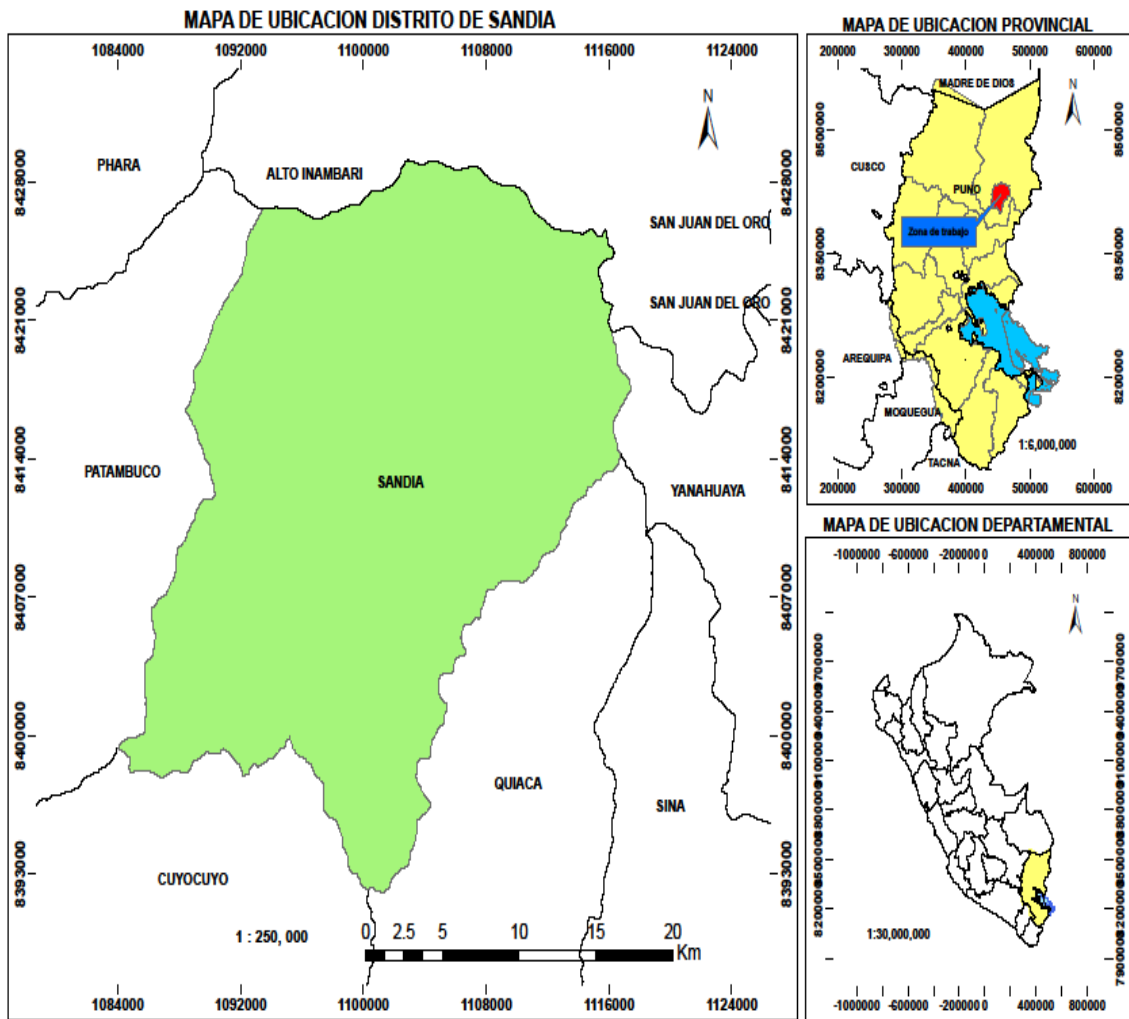


Figura 4. Mapa de ubicación del distrito de Sandia

### 3.1.1.2. Aspectos Demográficos

El distrito de Sandia tiene 11,374 habitantes, esto representa un 32.33% de la población urbana ubicada en la parte central de la provincia de Sandía, y el 67.7 % que constituye el área rural (INEI, 2007).

### 3.1.1.3. Aspectos climáticos

El clima de la provincia de Sandia en variado seco-frio en la parte de la sierra, en la parte intermedia el clima es frio – húmedo, con constantes neblinas, la ceja de selva presenta un clima templado y en la selva el clima es cálido – húmedo (SENAMHI, 2012).

- **Temperatura:** la temperatura varía de acuerdo a la posición geográfica cuyos promedios provinciales van desde una máxima de 25°C y una mínima de -3°C y una temperatura media de 7.5°C.
- **Precipitación:** la precipitación pluvial varía entre 901 mm y 5140 mm. Esto considerando para el ámbito provincial.
- **Humedad relativa:** La humedad es más aguda en la zona de la selva baja, alcanzando los niveles de 86.80% de humedad relativa.
- **Nubosidad:** La nubosidad varía entre 4.29 a 5.49 octavos
- **Viento:** La velocidad del viento es variada entre 2.092 a 2.099 m/seg.

### 3.1.2. HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

#### De Campo

Equipos.

- GPS.

Logística.

- Camioneta

#### De gabinete

Equipos

- Computadora.

Imágenes.

- Mapa Base a escala 1:80000
- Imagen Satelital Alos Palsar con resolución 12.5 metros.
- Imagen Satelital RapidiEye, Sentinel 2.

Material cartográfico.

- Carta nacional. Escala 1:100 000

Software.

- Microsoft Windows 10, Microsoft Office 2016, Arc Gis 10.3, ENVI 5.3, Map Source y Matlab.

### **3.2. METODOLOGÍA**

#### **3.2.1. Metodología para el primer objetivo**

##### **FASE PREVIA DE GABINETE**

##### **a) Recopilación de información disponible**

Se recopiló información bibliográfica y cartográfica existente de las instituciones como el Ministerio del Ambiente (MINAM), Instituto Geológico Metalúrgico y Minero (INGEMMET), Instituto Nacional de estadística e Informática (INEI), municipalidad provincial de Sandia, PIGARS 2016, ZEE 2015 del gobierno regional Puno, guías de relleno sanitario, revistas, investigaciones a nivel regional, nacional e internacional.

##### **b) Elaboración del mapa base**

Para la ejecución de este proyecto de investigación se inició con la elaboración de mapa base de la microcuenca del río Sandia, dicho mapa se elaboró de acuerdo a los ejes temáticos en el software ArcGIS 10.3. La realización de la cartografía base se comenzó con la verificación de los puntos más importantes para la localización de zonas (ver anexo 1).

##### **FASE DE CAMPO**

##### **Verificación en Campo**

Se realizó un reconocimiento general de las tres áreas preseleccionadas; la Alternativa 1 se ubica en la comunidad de Kallpapata del distrito de Cuyocuyo, Alternativa 2 se ubica en la comunidad de Aricato y la Alternativa 3 se ubica en la comunidad de Queneque, estas dos últimas alternativas se encuentran dentro de la jurisdicción del distrito de Sandia. Para la evaluación de las alternativas se ha recorrido cada una de las áreas a través de todas las vías de acceso, para ello se utilizó una camioneta y posteriormente se ha recorrido a pie a los sitios de interés exclusivo para esta investigación. Se levantaron puntos de control con un GPS Navegador registrando las Coordenadas X Y en UTM y paralelamente se ha registrado la altitud de cada una de las alternativas a evaluarse.

## FASE DE GABINETE

Se realiza el análisis de las imágenes satelitales RapidEye, que fueron proporcionados por (ZEE, 2015) del gobierno regional de Puno, carta nacional del Perú (escala 1: 100 000), los puntos de control obtenidos en el campo fueron capturados con el localizador global (GPS) y llevados a una base de datos para ser procesados a través del software ArcGis 10.3., a través de este software se procede la georeferenciación espacial de cada una de las alternativas a evaluarse por el presente trabajo de investigación.

### Criterios de Selección y Restricción

Para llevar a cabo una adecuada elección de área, se siguieron los criterios de selección y restricción especificados en el reglamento de la ley gestión integral de residuos sólidos (Decreto Supremo N° 014 – 2017 – MINAM), los mismos que son actualmente utilizados para identificar áreas potenciales para ubicar infraestructuras de disposición final de residuos sólidos.

#### A. Criterios de Selección

##### Compatibilidad con el uso del suelo y los planes de expansión urbana

Las zonas de estudio son compatibles con el uso del suelo, así mismo están alejado de las zonas de expansión urbana, lo cual es muy importante para esta investigación, las alternativas están ubicadas en diferentes localidades de la cuenca del río Sandia: la Alternativa 1 se localiza en la comunidad de Kallpapata, Alternativa 2 está ubicado en la comunidad de Aricato y finalmente la Alternativa 3 se localiza en la comunidad de Queneque).

**Pendiente:** la Alternativa 1 presenta pendiente de 32 – 44 % y > 44%, mientras la Alternativa 2 tiene pendiente de 32 – 44% y la Alternativa 3 presenta una pendiente de 32 – 44% y > 44% (Ver Anexo 2).



**Hidrología:** las condiciones hidrológicas de las zonas de estudio se encuentran a una distancia de 451.8 m. correspondiente a la Alternativa 1 como la distancia más cercana a fuentes de aguas superficiales, para el caso de la Alternativa 2 se obtuvo 863.5 m. como la distancia más cercana a las fuentes de aguas superficiales y finalmente para la Alternativa 3 se tiene 511.6 m. como la distancia más cercana a fuentes de agua superficiales.

**Geología:** los suelos de la selva alta son de textura arcillosa, lo cual favorece la implementación de la infraestructura de disposición final de residuos sólidos. La arcilla inorgánica tiene una permeabilidad que va desde lenta a muy lenta (GHANDY Corporación de Ingenieros S.R.L., 2018).

**Área y Vida Útil:** Se ha estimado la vida útil de la infraestructura de disposición final de residuos sólidos para 10 años, para ello se requiere un área de 2.05 Has área considerada suficiente según la cantidad de generación de residuos sólidos municipales, ver tabla 16.

**Hidrogeología:** considerando que las zonas en estudio se encuentran a unas altitudes mayores a los 2900 m.s.n.m., y por las elevadas pendientes que presentan los terrenos se asume que no hay fuentes de agua subterránea que dificulte la implementación de un relleno sanitario. Los estudios realizados de excavación de suelos a una profundidad de 10 metros por (GHANDY Corporación de Ingenieros SRL, 2018) en el año 2018, sostiene de que no se encontró la napa freática a 10 metros de profundidad de excavación, dicho estudio se realizó en la ciudad de Sandia.

### **Material de cobertura**

En la Alternativa 1 (Kallpapata) existe poca posibilidad de disponer con el material de cobertura, mientras que en la Alternativa 2 (Aricato) y Alternativa 3 (Queneque) el material de cobertura es de fácil extracción, además los suelos son de textura areno arcillosos y franco arenosos.

**Dirección del viento:** La dirección del viento en las tres Alternativas en estudio están orientadas en sentido contrario a la población más cercana y así mismo a la ciudad de Sandia, para la Alternativa 1 la dirección del viento es de Norte a Oeste, la Alternativa 2 tiene la dirección del viento de Norte a Este y para la Alternativa 3 se tiene la dirección del viento de Noreste a Sureste.

**Opinión pública:** Se realizó reuniones con las autoridades comunales y pobladores de las zonas aledañas para explicar los beneficios de contar con un relleno sanitario, en la cual no se presentó inconvenientes con las autoridades y los pobladores de la zona, ver Anexo 6.

### **Patrimonio cultural**

Las alternativas a evaluarse en el presente trabajo de investigación se encuentran lo suficientemente alejados del patrimonio cultural del distrito de Sandia (Municipalidad provincial de Sandia, 2017).

### **Patrimonio nacional forestal y de fauna silvestre**

De acuerdo al informe de la (Municipalidad Provincial de Sandia, 2017), Sub Gerencia del Medio Ambiente, las alternativas en evaluación no están dentro del patrimonio forestal y fauna silvestre.

## **B. Criterios de Restricción**

a) **Distancia a poblaciones, granjas porcinas, avícolas, entre otras no serán menores de 500 metros**

Se presenta la tabla 1, en donde se indican las distancias a población más cercanas, granjas de crianza de animales.

**Tabla 1.** Distancias a poblaciones y granjas más cercanas

<b>Alternativas</b>	<b>Distancia en línea recta hacia población (metros)</b>	<b>Distancia en línea recta hacia las granjas (metros)</b>
Alternativa 1	894.80	Mayor a 1 km
Alternativa 2	456.18	Mayor a 1 km
Alternativa 3	660.09	Mayor a 1 km

**b) Distancia a fuentes de aguas superficiales no serán menores a 500 metros**

Las distancias a las fuentes de aguas superficiales más cercanas de las tres alternativas en evaluación se muestran en la tabla 2.

**Tabla 2.** Distancias a fuentes de aguas superficiales

<b>Alternativas</b>	<b>Distancias en Línea Recta (metros)</b>
Alternativa 1	<b>451.8</b>
Alternativa 2	<b>863.5</b>
Alternativa 3	<b>511.6</b>

**c) Zonas de pantanos, humedales o recarga de acuíferos en la zona de emplazamiento del proyecto**

Por tener una pendiente mayores a 15% se asume que no se encuentran pantanos, humedales en las zonas de estudio.

**d) Fallas geológicas**

Las áreas que están en evaluación, no se encuentran dentro de las fallas geológicas de acuerdo al informe de la (Municipalidad Provincial de Sandia, 2015).

**e) Vulnerabilidad del área ante desastres naturales**

De acuerdo al informe de riesgo y vulnerabilidad llevado a cabo en el distrito de Sandia, las alternativas no se ubican en zonas propensas a ocurrir inundación y deslizamientos (Municipalidad Provincial de Sandia, 2015).

**C. Evaluación de las Alternativas Propuestas**

Para realizar una adecuada elección del sitio, se siguieron los criterios de selección y restricciones para identificar áreas óptimas para relleno sanitario, teniendo en cuenta de que el funcionamiento del relleno sanitario no ocasionará problemas de salud a la población, no afectará la seguridad pública y mucho menos al medio ambiente. Entre los criterios de selección utilizados para ubicar la mejor alternativa para el futuro relleno sanitario, se describen a continuación:

## **Localización de las Alternativas**

### **Ubicación de la primera Alternativa**

El terreno se ubica al Sur de la ciudad de Sandia, dicho terreno es propiedad de la Municipalidad Provincial de Sandia y se localiza en la comunidad de Kallpapata del distrito de Cuyo cuyo, su distancia aproximada es 24.1 km asfaltada y trocha 14.7 km desde la ciudad de Sandia. El punto de referencia se encuentra en las siguientes coordenadas UTM X: 0448867 y Y: 8399513, altitud 3500 m.s.n.m., dicha alternativa cuenta con 2.05 Has, en el sitio no hay presencia de cuerpos de agua, el suelo es de carácter misceláneo con restricciones por el perfil y textura del suelo (arcillo-limoso); con pasturas naturales no muy palatables para la alimentación extensiva de ovinos y camélidos.

### **Ubicación de la segunda Alternativa**

El terreno se ubica al Sureste de la ciudad de Sandia, específicamente en la comunidad de Aricato, su distancia aproximada es de 12 kilómetros de trocha carrozable desde la ciudad, el punto de referencia se tiene en las coordenadas UTM X: 455219 y Y: 8419104, altitud 2995 m.s.n.m. El terreno es propiedad de la comunidad de Aricato y tiene una extensión de 2.05 Has, disponible para ser objeto de compra venta por la Municipalidad Provincial de Sandia. Las condiciones físicas del terreno son carácter agropecuario por las condiciones del suelo perfil y textura (arcilloso).

### **Ubicación de la tercera Alternativa**

El terreno se ubica al noroeste de la ciudad de Sandia, exactamente en la comunidad de Queneque, su distancia aproximada es 5 km asfaltada y 11 km trocha carrozable, sumados hacen 16 kilómetros desde la ciudad de Sandia; el punto de referencia se tiene en las coordenadas UTM X: 450969 y Y: 8420884; con una altitud de 3050 m.s.n.m. En el área de intervención hay presencia de escasa vegetación, el terreno es propiedad de la comunidad de Queneque y tiene una extensión de 2 Has. Las condiciones físicas del suelo son de carácter agropecuario por presentar suelos de textura arcillosa.

### Accesibilidad y propiedad del terreno

De la ciudad de Sandía, a la alternativa 1 (Kallpapata) lo cual es propiedad de la Municipalidad Provincial de Sandía, se viaja a través de la carretera asfaltada 24.1 km y trocha carrozable 14.7 km en un tiempo aproximado de 120 minutos, la alternativa 2 ubicada en la comunidad de Aricato se viaja por la carretera trocha carrozable una distancia aproximado de 12 km; el tiempo promedio del viaje es 50 minutos y finalmente a la alternativa 3 ubicada en la comunidad de Queneque se viaja por carretera asfaltada de 5 km y trocha 11 km, el tiempo promedio hasta llegar al sitio es 70 minutos, esto se debe a las vías de acceso por no encontrarse en buenas condiciones durante todo el año.

### Distancia en km y tiempo de recorrido a las áreas

La accesibilidad a las alternativas es mediante vías asfaltas y trochas carrozables, tal es el caso de la alternativa 1 (Kallpapata) y alternativa 3 (Queneque), en cambio para acceder a la alternativa 2 (Aricato) se utiliza la carretera trocha carrozable que inicia desde la ciudad de Sandía, a continuación se detallan en la tabla 3.

**Tabla 3.** Accesibilidad a las zonas preseleccionadas

ALTERNATIVA	TIPO DE VIA	TIPO DE VIA	TIEMPO (M)
Alternativa 1	Asfaltada 24.1 km	Trocha carrozable 14.7 km	120
Alternativa 2	.....	12 km Trocha carrozable	50
Alternativa 3	Asfaltada 5 km	11 km Trocha carrozable	70

### Dirección del viento

En las tres Alternativas a evaluarse las direcciones del viento son contrarias a las poblaciones más cercanas, a continuación se muestran las direcciones del viento en la tabla 4.

**Tabla 4.** Direcciones de viento de las alternativas

ALTERNATIVA	DIRECCIÓN DEL VIENTO
Alternativa 1	Norte a Oeste
Alternativa 2	Norte a Este
Alternativa 3	Noreste a Sureste

## Material de cobertura

Los terrenos propuestos como alternativas de evaluación tienen regulares condiciones de material de cobertura, tal como se describe a continuación:

### Alternativa 1

Existe muy poca posibilidad de utilizar el mismo material para cubrir los residuos sólidos ya que tiene características poco adecuadas para cubrir las necesidades del proyecto, las tierras miscelánicas no son favorable para la extracción del material de cobertura.

### Alternativa 2

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, el terreno está conformado por arcilla y limo; estas texturas son característicos de las zonas de la selva alta.

### Alternativa 3

El material de suelo que presenta el sitio es regularmente adecuado para utilizar como material de cobertura de residuos sólidos y cubrir las necesidades durante la operación del relleno sanitario, el terreno está conformado por arcilla y estas texturas de suelo son característicos de la selva alta.

## Descripción del medio físico

Las áreas en estudio presentan pendientes de fuertemente escarpado a montañoso, lo cual se puede ver en la tabla 5 y el anexo 2.

**Tabla 5.** Topografía de las alternativas

ALTERNATIVA	INCLINACION %	DESCRIPCION
Alternativa 1	32- 44, >44%	Fuertemente escarpado, montañoso
Alternativa 2	32 – 44	Fuertemente escarpado
Alternativa 3	32 – 44, > 44%	Fuertemente escarpado, montañoso

**Tabla 6.** Descripción de las tres alternativas en estudio - Sandia

N°	Criterios Selección	DS N° 014 – 2017 – MINAM	Áreas Alternativas (Calificación)		
			AREA 1	AREA 2	AREA 3
1	Distancia a la población más cercana (m)	500	894.8 m	456.18 m	660.09 m
2	Distancia a granjas crianza de animales (m)	500	800 m	600 m	500 m
3	Área del terreno	<b>Has</b>	2.05	2.05	2
4	Vida útil	10	10	10	10
5	Uso actual del suelo del área de influencia	.....	Ganadería extensiva	Ganadería extensiva	Ganadería extensiva
6	Propiedad de terreno	.....	Municipalidad de Sandia	C.C. Aricato	C.C. Queneque
7	Accesibilidad del sitio	.....	Asfaltada 24.1 km y trocha 14.7km	12 km Trocha	Asfaltada 5km y trocha 11 km
8	Pendiente del terreno	<b>20%</b>	32 – 44 %, >44%	32 - 44 %	32- 44 %, >44%
9	Material de cobertura	.....	Regular	Buena	buena
10	Profundidad de la napa freática (m)	<b>3m</b>	10m	10m	10m
11	Distancia a fuentes de agua superficiales (m)	<b>500m</b>	451.8m	863.5m	511.6m
12	Geología del suelo (permeabilidad)	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-6</sup>
13	Opinión pública	.....	Favorable	Favorable	Favorable
14	Área arqueológica	.....	No presenta	1500m	1800m
15	Vulnerabilidad a desastres naturales (inundaciones, deslizamientos)	<b>50 años retorno</b>	No presenta	No presenta	No presenta
16	Dirección predominante del viento (contraria a la población más cercana)	.....	Norte a Oeste	Norte a Este	Noreste a Sureste
17	Barrera sanitaria natural	.....	NO	SI	SI

## Selección del área para la disposición final de residuos sólidos

### Metodología de Selección:

Para el resultado de la evaluación de las tres alternativas, se toma en consideración los siguientes rangos de calificación para las variables.

**Tabla 7.** Escala de ponderación

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

**Fuente:** Bautista y Rosales (2010)

**Tabla 8.** Peso asignado a cada variable y su respectiva ponderación

N°	Criterios Selección	Peso asignado (%)	Resultado obtenido (calificación * peso)		
			Área 1	Área 2	Área 3
1	Distancia a la población más cercana (m)	8	5	3	4
2	Distancia a granjas crianza de animales (m)	6	5	4	4
3	Área del terreno	5	4	4	4
4	Vida útil	6	5	5	5
5	Uso actual del suelo del área de influencia	7	5	4	4
6	Propiedad de terreno	7	5	4	4
7	Accesibilidad del sitio	7	3	4	4
8	Pendiente del terreno	6	2	4	3
9	Material de cobertura	6	3	4	4
10	Profundidad de la napa freática (m)	6	5	4	4
11	Distancia a fuentes de aguas superficiales (m)	7	3	5	4
12	Geología del suelo (permeabilidad)	6	3	5	4
13	Opinión pública	7	5	4	4
14	Área arqueológica	4	5	4	5
15	Vulnerabilidad a desastres naturales (inundaciones, deslizamientos)	5	4	3	3
16	Dirección del viento (contraria a la población más cercana)	5	4	5	4
17	Barrera sanitaria natural y/o artificial	2	2	4	3



### 3.2.2. Metodología para el segundo objetivo

Se realizó la visita de las casas seleccionadas; dichas casas también participaron en la elaboración del plan integral de gestión ambiental de residuos sólidos de la ciudad de Sandia (PIGARS 2016), esto se hizo con la finalidad de monitorear el incremento de la GPC de residuos sólidos. Seguidamente se le explica al jefe del hogar el motivo y método de muestreo de la basura que se genera a diario en su vivienda, donde también se recolectó información del número de habitantes en cada vivienda, hábitos de consumo, entre otros datos (Guía para la caracterización de residuos sólidos municipales 2019; RM-N°457-2018-MINAM).

El muestreo de la vivienda seleccionada se realizó por ocho días sucesivos y se descartó la muestra tomada del primer día de la recolección, debido a que la duración del almacenamiento para esa muestra era desconocida. La basura recolectada del segundo al octavo día representa la generación semanal de residuos. Para ello se entregó diariamente una bolsa plástica de color rojo a cada vivienda, a cambio de bolsas llenas con residuos sólidos, estos son recolectados marcándola en su respectivo formato para su identificación.

#### A. Población y muestra

Para obtener la población futura, se necesita conocer la población actual más la tasa de crecimiento, lo cual fue obtenida del último censo poblacional realizado por el INEI 2007, una vez obtenidos los datos necesarios se procede a proyectar la población utilizando la siguiente fórmula:

$$(PF=Pi*(1+r)^n)$$

Dónde:

PF= población final

Pi= Población del último censo (INEI 2007)

r = Tasa de crecimiento intercensal (INEI 2007)

n= (t final – t inicial) intervalo en años

En la tabla 9 se muestra los resultados de la proyección de la población para un horizonte de 10 años, la tasa de crecimiento poblacional considerado es de 2.69 % (INEI 2007), en función a este dato se determina el número de muestras domiciliarias de la ciudad de Sandia.

**Tabla 9.** Proyección de la población de la ciudad de Sandia

Año	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Población	4666	4792	4920	5053	5189	5328	5472	5619	5770	5925	6085	6248	6416

**B. Determinación del tamaño de muestra**

Teniendo en cuenta la población total proyectada para el año 2018 y el promedio de habitantes por vivienda que es 04 hab/vivienda se estima un aproximado total de 1230 viviendas en la ciudad de Sandia, luego para determinar el número de la muestra se aplica la siguiente fórmula.

$$n = \frac{Z_{1-\alpha/2}^2 N \sigma^2}{(N - 1)E^2 + Z_{1-\alpha/2}^2 \sigma^2}$$

**Dónde:**

n = muestras de N° de viviendas a ser estudiadas

N = total de viviendas

Z = nivel de confianza 95% = 1.96

$\alpha$  = desviación estándar (0.20-0.25 kg/hab/día)

E = error permisible (0.05-0.06 kg/hab/día)

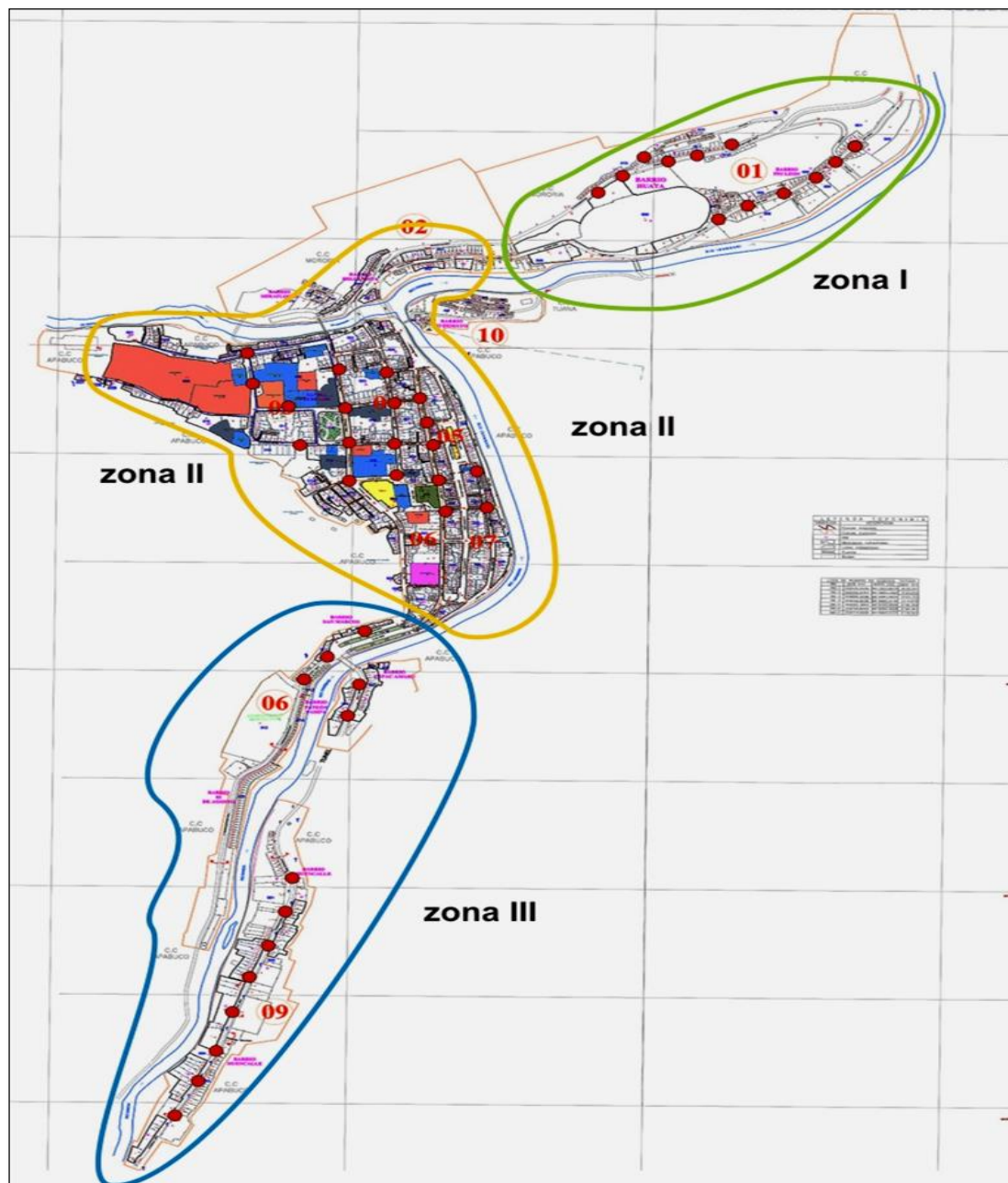
A continuación se estima el número de muestras de la ciudad de Sandia, teniendo una población de 4920 habitantes y tomando en cuenta 4 habitantes por vivienda nos resultan 1230 viviendas habitadas.

$$n = \frac{(1.96)^2 \times (1230) \times (0.20)^2}{(1230 - 1) \times (0.05)^2 + (1.96)^2 \times (0.20)^2} = 58.59 \text{ viviendas domiciliarias}$$

- Se adiciona el 15% al resultado de 60.68 viviendas. Es decir  $58.59 + 8.79 = 67.38$
- La muestra fue redondeada a 70 viviendas de la ciudad de Sandia, que sería la muestra representativa

### C. Zonificación del Distrito

Basados en el plano catastral de la ciudad; la ciudad se distribuye en 3 zonas que son: zona I (15%), zona II (30%) zona III (15%), se seleccionaron las posibles viviendas urbanas, que luego de un reconocimiento de campo se definen las zonas, zona I (Pio león), zona II (Bolognesi – Raimondi) y zona III (Huencalla), lo cual se muestra en la figura 5. Fuente: Plano catastral de la ciudad de Sandia (MPS)



**Figura 5.** Zonificación y distribución de las viviendas a participar en el estudio

#### D. Determinación de número de muestras para generadores de residuos sólidos municipales de fuentes no domiciliarias

##### Identificación de las principales actividades económicas de la ciudad de acuerdo al índice de usos

En la ciudad de Sandía, se ha levantado información in-situ de los diferentes establecimientos comerciales que viene desarrollándose en la actualidad, sin embargo se ha podido apreciar que en su gran mayoría no cuenta con la licencia de funcionamiento otorgado por la municipalidad; por lo que se ha realizado un conteo rápido calle por calle, ver tabla 10.

**Tabla 10.** Principales actividades económicas de la ciudad de Sandia

N°	Establecimientos	N° de Establecimientos
1	Tiendas	79
2	Bodegas	212
3	Internet	9
4	Restaurantes	39
5	Boticas	9
6	Hoteles	7
7	Librería	9
8	Ferretería	7
9	Grifos	11
10	Peluquería	7
11	Otros	399
<b>TOTAL</b>		<b>788</b>

#### E. Determinación del número de muestras por actividad económica

Determinación del número de muestra de (tiendas y bodegas)  
Aquí está contemplado establecimientos como: Tiendas y bodegas.

Dónde:

$n$  = muestras de N° de A.E. a ser estudiadas

$N$  = total de ECT. (291)

$Z$  = nivel de confianza 95% = 1.96

$\alpha$  = desviación estándar (0.20-0.25 kg/hab/día)

$E$  = error permisible (0.05-0.06 kg/hab/día)

A continuación se estima el número de muestras de tiendas y bodegas para la ciudad de Sandia.

$$n = \frac{(1.96)^2 (291)(0.20)^2}{(291-1)(0.05)^2 + (1.96)^2 (0.20)^2} = 50.9 \text{ EC}$$

- Se adiciona el 5% como contingencia de las muestras al resultado de 50.9 EC. Es decir,  $50.9 + 2.5 = 53$
- La muestra total sería 53 Establecimientos comerciales de tiendas y bodegas

Siguiendo este mismo procedimiento se logra calcular el número de muestras por establecimientos comerciales a evaluar, y se tiene 99 establecimientos comerciales que sería la muestra representativa para el estudio, tal como se observa en la tabla 11.

**Tabla 11.** Establecimientos comerciales por actividad económica

Nº	Nombre de establecimientos comerciales	Nº de establecimientos que participan
1	Tiendas y bodegas	53
2	Restaurantes	25
3	Hoteles	6
4	Ferretería	6
5	IEI	2
6	IEP	2
7	IES	2
8	Barrido de calles	1
9	Mercado central	1
10	Municipalidad de Sandia	1
<b>TOTAL</b>		<b>99</b>

#### F. Determinación de la generación de residuos

Para el análisis de la generación de los residuos sólidos domésticos se realizó lo siguiente:

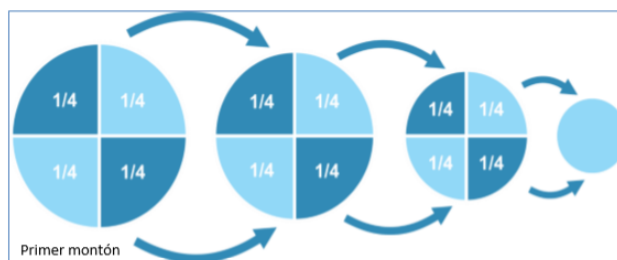
- Inicialmente se entregó diariamente a cada vivienda participante una bolsa de color rojo con el código de la vivienda, para que realice el depósito de la basura producida durante el día. Al día siguiente, se procedió a recolectar las bolsas con los residuos domésticos, entregando a cambio una bolsa nueva de similar

característica. Este procedimiento se repitió sucesivamente durante un periodo de 8 días.

- Paralelamente, se llevó el control de la recolección en el formato correspondiente, y/o cualquier anotación del día u observación.
- Una vez concluida la ruta de recolección, las bolsas (muestras) se trasladaron al local municipal donde se desarrolló la caracterización según su procedencia.
- El pesaje se realizó previa identificación del código o número de cada muestra, se registró el peso en el recuadro correspondiente.

#### G. Determinación de la composición física de los residuos sólidos

Para la determinación de la composición física, se formó un montón de los residuos sólidos recolectados para el cálculo, estos fueron mezclados para luego dividirlos en cuatro partes y escoger las dos partes opuestas para formar otra muestra representativa más pequeña. Esta operación se repitió hasta obtenerse entre 20 a 40 kg de residuos (método de cuarteo), luego se procede a separar los componentes del montón y clasificar los materiales, los componentes fueron pesados independientemente para obtener el porcentaje de cada uno de ellos en relación con el peso total de la muestra, ver figura 6.



**Figura 6.** Método de cuarteo para el análisis de composición física de residuos sólidos (MINAM)

Los residuos sólidos fueron separados por componente, lo cual se muestra a continuación:

- **Materia orgánica** (restos de alimentos, cascara de frutas, vegetales y excremento de animales menores)
- **Madera, follaje** (ramas, tallos, raíces, hojas y cualquier de la planta producto de las podas)
- **Papel** (blanco tipo bond, periódico y otros similares)
- **Cartón** (blanco, marrón, mixto y cartulina)
- **Telas, textiles** (restos de telas y textiles)
- **Vidrio** (blanco, verde, marrón y mixto)
- **Plástico PET** (botellas plásticas de bebidas, gaseosa, aceites)
- **Plástico duro** (frascos, bateas, baldes y otros recipientes)
- **Bolsas** (bolsas chequeras, envoltura de alimentos o de despacho)
- **Tetrapak** (envases de leche, jugo, etc.)

- **Tecnopor y similares** (platos, vasos y similares)
- **Metal** (latas de atún, leche, conservas, fierro, marcos de ventana, etc.)
- **Caucho, cuero y jebe** (restos de zapato, zapatillas y similares)
- **Pilas** (residuos de pilas, batería de celulares)
- **Restos de medicina, etc.** (restos de medicina, envases de medicamentos y similares)
- **Residuos sanitarios** (papel higiénico, pañales y toallas higiénicas)
- **Residuos inertes** (tierra, piedras y similares)
- **Latas** (envases de combustible, restos de calamina, restos de ollas)
- **Otros**

#### H. Densidad de los residuos sólidos domiciliarios

Se acondicionaron tres cilindros de volumen definido (200 litros cada cilindro), en el cual se colocaron las muestras debidamente pesadas, buscando llenar el cilindro, para luego levantarlo unos 30 cm. sobre el suelo y se dejó caer tres veces para uniformizar la muestra. Se calculó la densidad de los residuos sueltos (sin compactar) y luego de uniformizada la muestra (compactados). Este procedimiento se repitió con el total de muestras procedentes de cada estrato.

El cálculo de la densidad se halló en gabinete a nivel de la ciudad de Sandia, empleando la siguiente fórmula:

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

Donde:

W: peso de los residuos sólidos

V: volumen del residuo sólido.

D: diámetro del cilindro

H: altura total del cilindro

h: altura libre de residuos sólidos

$\pi$ : constante "pi" (3.1416)

### 3.2.3. Metodología para el tercer objetivo

Para determinar la estabilidad del terreno, primero se ha generado el mapa base en el programa ArcGis 10.3 (ver anexo 1), y para obtener el mapa de estabilidad del terreno se trabajó con tres capas temáticas, a continuación se describe:

#### 3.2.3.1. Precipitación

Se toma datos históricos de 32 estaciones meteorológicas (ver tabla 12), con 50 años de antigüedad para las estaciones del (1 – 29) y están ubicados en región de Puno, por otro lado las estaciones (30 - 32) se ubican en la región de Madre de Dios y los datos tomados son de los últimos 10 años; para ambas regiones los datos son hasta el año 2012 y con estos datos se procede a determinar la precipitación media anual.

**Tabla 12.** Estaciones Meteorológicas de la Región Puno y Madre de Dios

ID	NOMBRE	Longitud	Latitud	Altitud	Precipitación	Temperatura
1	<u>Macusani</u>	344625	8444058	4345	729.80	5.20
2	<u>Limbani</u>	423805	8435155	3320	1229.70	10.10
3	<u>Crucero</u>	389382	8411749	4183	772.10	6.20
4	<u>Cuyo Cuyo</u>	440840	8398130	3910	831.00	9.10
5	<u>Llalli</u>	297155	8347834	3980	801.20	7.50
6	<u>Ayaviri</u>	326832	8355146	3928	662.00	7.90
7	<u>Chuquibambilla</u>	347638	8364998	3971	703.50	6.90
8	<u>Pucará</u>	354887	8336185	3900	626.50	7.90
9	<u>Azángaro</u>	371927	8350803	3863	582.10	8.70
10	<u>Progreso</u>	389801	8375699	3980	611.30	8.70
11	<u>Muñani</u>	396911	8367234	3948	618.70	8.60
12	<u>Mañazo</u>	385223	8363526	3920	644.50	8.90
13	<u>Arapa</u>	379853	8326298	3830	698.10	9.10
14	<u>Taraco</u>	395808	8322686	3820	582.90	7.80
15	<u>Ananea</u>	442478	8377171	4660	625.30	4.10
16	<u>Putina</u>	406670	8350936	3878	681.30	8.60
17	<u>Cojata</u>	460905	8338831	4380	738.50	4.00
18	<u>Tambopata</u>	483153	8317703	1385	1521.50	21.00
19	<u>Huancané</u>	409061	8319247	3890	671.30	7.70
20	<u>Pamapa Uta</u>	320230	8287491	4400	795.00	4.20
21	<u>Santa Lucía</u>	327577	8263529	3970	682.20	6.70
22	<u>Lampa</u>	352948	8266710	3892	713.80	8.00
23	<u>Mocallache</u>	370413	8292182	3826	657.20	10.70
24	<u>Huaraya Moho</u>	448031	8298670	3890	874.20	8.60
25	<u>Isla Soto</u>	447586	8279422	3815	973.60	10.10
26	<u>Isla Taquile</u>	425965	8261863	3850	1216.00	10.10
27	<u>Capachica</u>	410793	8274432	3828	795.80	7.90
28	<u>Uros</u>	399758	8251197	3808	719.00	9.70
29	<u>Puno</u>	391618	8250023	3820	718.80	8.90
30	<u>Malinowsky</u>	443866	8570094	215	2260.38	25.8
31	<u>Pilcopata</u>	281312	8552746	900	3798.27	23.99
32	<u>Salvación</u>	243071	8575775	520	3526.4	24.52

Fuente: SENAMHI, desde 1962 – 2012



### Mapa de Isoyetas (precipitación)

A partir de los datos históricos registrados por SENAMHI durante un periodo de 50 años y en 32 estaciones meteorológicas, con estos datos fueron construidos los mapas de distribución de precipitaciones medias anuales para la microcuenca del río Sandía.

La información meteorológica en Excel se agrega al programa ArcGIS 10.3, a través de la herramienta **Add XY Data**, seguidamente exportar la tabla como shapefile (Clic derecho sobre la capa > Data > Export Data). Posterior a ello dirigirse a la herramienta **Spatial Analyst Tools > Interpolation > Kriging > en Input point features** seleccionar la capa de puntos (estaciones meteorológicas), en **Z value field** el campo de la tabla que contiene los datos de las isolíneas (precipitación, temperatura, presión, etc), en **Output surface raster** seleccionar el directorio.

Como paso final se procede a crear las isolíneas, para ello vamos a utilizar la herramienta Contornos que se encuentra en la caja de herramientas **ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Surface > Contour > Input raster** el raster creado anteriormente (Kriging), **Output polyligne features** definir el directorio de salida en formato shapefile y el **Contour interval** permite fijar un intervalo de las isolíneas, para este caso será cada 50 milímetros.

#### 3.2.3.2. Pendiente

Las pendientes de la micricuenca se clasificaron de acuerdo a lo que establece (Franzpc, 2016) para realizar el mapa de pendientes generamos el Modelo de Elevación Digital (DEM) en el software **ArcGIS 10.3**, mediante la caja de herramientas (**ArcToolbox**) se procede a utilizar la herramienta Análisis Espacial (**Spatial Analyst tools**), en seguida se utiliza la herramienta Superficie (**Surface**), se utiliza también la herramienta Pendientes (**Slope**) y finalmente se obtiene el mapa de pendientes (ver anexo 2). Modelo para elaborar el mapa de pendientes de manera resumida, **ArcToolbox > Spatial Analyst tolos > Surface > Slope**.

**Tabla 13.** Rango de pendientes

ID	Termino descriptivo	Rango
1	Plana	0 - 5
2	Ligeramente Ondulada	5 - 12
3	Ondulada	12 - 18
4	Fuertemente Ondulada	18 - 24
5	Escarpada	24 - 32
6	Fuertemente Escarpada	32 - 44
7	Montañoso	> 44

Fuente: Franz (2016)

**3.2.3.3. Hipsometría**

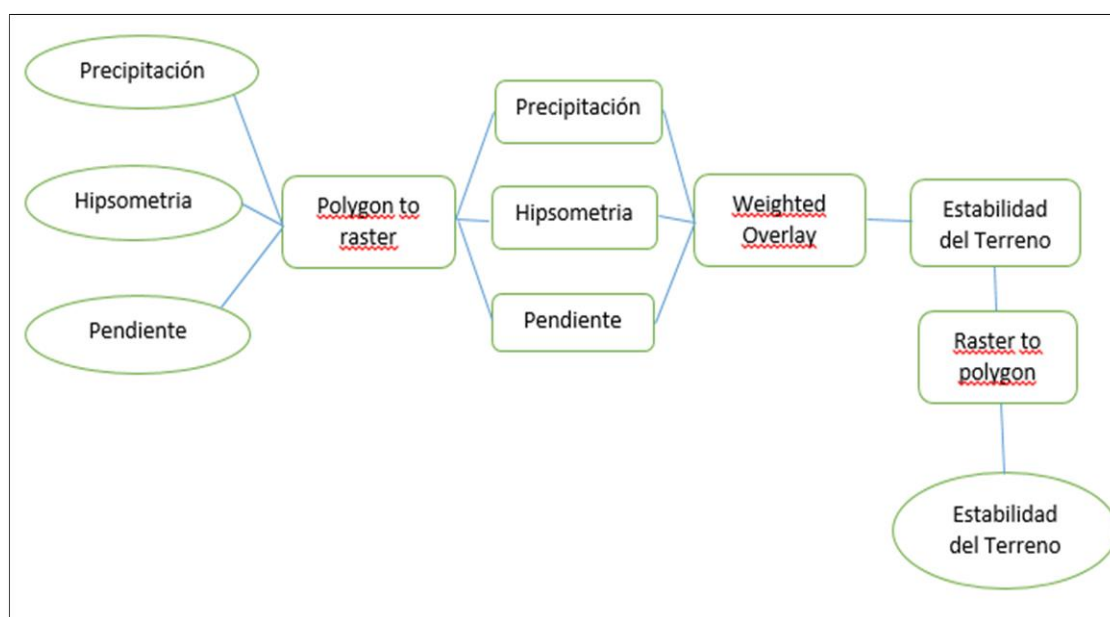
La localidad de la quebrada de río Sandia está localizada en el distrito y provincia de Sandia, y sirve de referencia limítrofe con los ríos nacientes de la cuenca de río Inambari. En el Mapa Base ver (anexo 1), se expone la delimitación hidrográfica de la cuenca y, tiene una extensión de 70594.0421 has y su perímetro es de 154161.22 metros, además de los distritos limítrofes de la cuenca de río Sandia, se observan las carreteras afirmadas y mejoradas que interconectan el centro urbano de la capital provincial de Sandia, el tipo de relieve clasificado por las curvas primarias y secundarias a cada 50 metros, la localización de los centros poblados, el sistema de drenaje categorizado en 4 clases de ríos. Estos y otros elementos de la cuenca hidrográfica sirvieron de parámetros biofísicos y socioeconómicos a la hora de selección de las variables biofísicas para su análisis y modelamiento de la estabilidad de paisaje. La microcuenca fisiográficamente se encuentra en paisaje de montaña influenciada orográficamente por la Cordillera de los Andes “Oriental”.

Los valores de precipitación varían en la zona de estudio que van desde los rangos de 700 – 1100 milímetros de precipitación media anual (ver anexo 4), y la pendientes se encuentran entre los rango de 0 – >44 %. Estos dos capas temáticos son vitales para realizar la curva hipsométrica de la microcuenca del río Sandia, dicha curva hipsométrica generada se utilizó para estudiar con mayor detalle la distribución del relieve dentro de la cuenca.

Así mismo, se efectuaron mediciones con Global Position System (GPS) para controlar altitud y coordenadas de algunos puntos de interés especial, como por ejemplo las alternativas en evaluación.

Para dar cumplimiento al objetivo tres, se inicia agregando la delimitación de la microcuenca del río Sandía, posterior a ello se agregan también capas de precipitación, hipsometría y pendiente, estas tres capas se convierte de polígono a raster (Polygon to raster), en seguida se realiza la superposición ponderada (Weighted Overlay) agregando las capas de Precipitación, Hipsometría y Pendiente con su respectiva escala de valores (ver tabla 14).

Finalmente se obtiene el mapa de estabilidad del terreno en formato raster, lo cual se convierte de Raster a Polígono (Raster to Polygon), todo este proceso se realiza en ArcGIS y se muestra de manera resumida el Esquema metodológico para determinar la estabilidad del terreno, ver figura 7.



**Figura 7.** Esquema metodológico para determinar la estabilidad del terreno

En la tabla 14, se muestra los criterios para el modelamiento de la estabilidad del terreno de la microcuenca del río Sandia: la columna de ponderación muestra 30% para la variable de precipitación, 30% para la variable de hipsometría y 40% para la variable pendiente.

En tanto las columnas de valor y escala de valores están distribuidos en función a los rangos que van desde optimas, media, baja para la variable precipitación, para la hipsometría los rangos son de moderada, restringida y no apta, los rangos para la pendiente van desde optima, moderada, baja y no apta.

**Tabla 14.** Criterios para el modelamiento de la estabilidad del terreno

<b>Ponderación</b>	<b>Variable</b>	<b>Rangos</b>	<b>Valor</b>	<b>Escala de valores</b>
30 %	Precipitación	Optima	30	9
		Media	20	6
		Baja	10	3
30 %	Hipsometría	Moderada	30	9
		Restringida	20	6
		No Apta	10	3
40 %	Pendiente	Optima	40	9
		Moderada	30	7
		Baja	20	5
		No Apta	10	2

Fuente: Elaboración grupal

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Identificar áreas óptimas para la disposición final de residuos sólidos de la ciudad de Sandia

Después de haber realizado la definición de los criterios de selección, para la identificación de sitios potenciales donde se pueda construir un relleno sanitario, se logra identificar tres áreas potenciales; de los cuales 2 Alternativas se ubican en el distrito de Sandia específicamente en las comunidades de Aricato y Queneque y 1 Alternativa en la comunidad de Kallpapata del distrito de Cuyocuyo (ver tabla 15).

**Tabla 15.** Ubicación de las tres Alternativas en evaluación

Ubicación	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Sector	Kallpapata	Aricato	Queneque
Comunidad	Kallpapata	Aricato	Queneque
Distrito	Cuyo cuyo	Sandia	Sandia

Se presenta como resultado de este trabajo de investigación que el método más adecuado para el relleno sanitario manual de la ciudad de Sandia, es el de tipo trinchera o zanja en función a la topografía del terreno, asimismo se ha calculado que se requiere un área de 2.05 Has para el relleno sanitario, este cálculo se hizo en función a la generación de residuos sólidos municipales proyectado para 10 años (ver tabla 16).

Fernández (2010), en la tesis titulada “*Diseño y factibilidad de relleno sanitario manual para el municipio de la Libertad - departamento de la Libertad*”. Sostiene que el método más adecuado es la de trinchera o zanja, pues es el método que mejor se adapta a la topografía del terreno y que el material de excavación será utilizada para cubrir los residuos.

**Tabla 16.** Determinación del área requerida para el relleno sanitario

Año	Poblacion (hab.)	GPC (kg/hab/día)	Generacion municipal				Volumen total de residuos a disponer (m3/año)	Volumen de material de cobertura 20% (m3/año)	Volumen de residuos solidos a disponer acumulado (m3)	Volumen de material de cobertura acumulado (m3)	volumen del relleno sanitario acumulado (m3)
			domiciliario (ton/día)	no domiciliario (ton/día)	total (ton/día)	total anual (ton/año)					
	(A)	(B)	C = (A) * (B)	(D)	(E) = (C + D)	(F) = E * 365	(G) = F / 0.20	(H) = G * 20%	(I) = ΣGi	(J) = Σhi	(K) = I + J
2018	4920	0.521	2.56	1.76	4.32	1578.0	7890.1	1578.0	1576.2	1261.0	2837.2
2019	5053	0.526	2.66	1.78	4.44	1619.3	8096.5	1619.3	3195.5	2880.3	6075.8
2020	5189	0.531	2.76	1.80	4.55	1661.9	8309.3	1661.9	4857.3	4542.1	9399.5
2021	5328	0.537	2.86	1.81	4.67	1705.8	8529.1	1705.8	6563.2	6248.0	12811.1
2022	5472	0.542	2.97	1.83	4.80	1751.2	8756.2	1751.2	8314.4	7999.2	16313.6
2023	5619	0.548	3.08	1.85	4.93	1798.2	8990.8	1798.2	10112.6	9797.4	19909.9
2024	5770	0.553	3.19	1.87	5.06	1846.7	9233.3	1846.7	11959.2	11644.0	23603.3
2025	5925	0.559	3.31	1.89	5.20	1896.8	9483.9	1896.8	13856.0	13540.8	27396.8
2026	6085	0.564	3.43	1.91	5.34	1948.6	9742.8	1948.6	15804.6	15489.4	31293.9
2027	6248	0.570	3.56	1.92	5.49	2002.1	10010.4	2002.1	17806.6	17491.4	35298.1
2028	6416	0.576	3.69	1.94	5.64	2057.4	10287.1	2057.4	19864.1	19548.9	39412.9

Fuente: elaboración propia en base a la guía para la identificación, formulación y evaluación de proyectos de inversión pública de residuos sólidos municipales a nivel perfil. MINAM-2012.

El volumen de los residuos sólidos estimado es 39412.9 m3, considerando una altura promedio de las celdas del relleno de 2.5 m, se requiere un área de 15765.2 m2. Tomando un 30% adicional para las instalaciones administrativas del relleno se requiere contar con un área de 2.05 has.

El resultado obtenido en la evaluación de las tres alternativas según los 17 criterios de selección y el sistema de puntaje establecido, se tiene a la Alternativa 1 (Kallpapata) con 409 puntos, Alternativa 2 (Aricato) con 411 puntos y el Alternativa 3 (Queneque) con 397 puntos tal como se muestra en las (tablas 17 y 18). No todas las Alternativas evaluadas cumplen con el 100 % de los criterios de selección de área establecido por el reglamento de la Ley Gestión Integral de Residuos Sólidos D.S. N° 014 – 2017 – MINAM, sin embargo se debe priorizar por aquel área que presente las mejores condiciones para la implementación de relleno sanitario de residuos sólidos.

Los resultados del presente trabajo de investigación no guardan relación con lo que sostiene la municipalidad provincial de Sandia (2016), en su informe de estudio de selección de área para disposición final segura de residuos solidos municipales en la provincia de Sandia, indica que el área denominado Kallpapata es la mejor alternativa para implementar el relleno sanitario de residuos sólidos por los siguientes criterios: buena distancia a la población más cercana, distancia a los cuerpos de agua, por tener mayor vida útil y dirección contraria a la población más cercana.

**Tabla 17.** Calificación final de las alternativas

Item	Criterios Selección	Peso Asignado (%)	Calificación de Alternativas (puntaje)		
			Área 1	Área 2	Área 3
1	Distancia a la población más cercana (m)	8	40	24	32
2	Distancia a granjas crianza de animales (m)	6	30	24	24
3	Área del terreno	5	20	20	20
4	Vida útil	6	30	30	30
5	Uso actual del suelo del área de influencia	7	35	28	28
6	Propiedad de terreno	7	35	28	28
7	Accesibilidad del sitio	7	21	28	28
8	Pendiente del terreno	6	12	24	18
9	Material de cobertura	6	18	24	24
10	Profundidad de la napa freática (m)	6	30	24	24
11	Distancia a fuentes de agua superficiales (m)	7	21	35	28
12	Geología del suelo (permeabilidad)	6	18	30	24
13	Opinión pública	7	35	28	28
14	Área arqueológica	4	20	16	20
15	Vulnerabilidad a desastres naturales (inundaciones, deslizamientos)	5	20	15	15
16	Dirección del viento (contraria a la población más cercana)	5	20	25	20
17	Barrera sanitaria natural y/o artificial	2	4	8	6
<b>TOTAL</b>		<b>100</b>	<b>409</b>	<b>411</b>	<b>397</b>

Ilustración por orden de mérito de las tres alternativas evaluadas para la futura implementación de relleno sanitario de residuos sólidos de la ciudad de Sandia, lo cual se muestra en la tabla 18.

**Tabla 18.** Resultado en orden de merito

Orden de merito	Nombre del área	Puntaje
Primero	Alternativa 2 (Aricato)	411
Segundo	Alternativa 1(Kallpapata)	409
Tercero	Alternativa 3 (Queneque)	397

## 4.2. Determinar la generación per cápita de residuos sólidos de la ciudad de Sandia

### 4.2.1. Generación per cápita (GPC) de los residuos sólidos domiciliarios

La generación per-cápita de residuos sólidos domiciliarios de la ciudad de Sandia es de 0.521 kg/hab/día y ha sido determinado considerando el promedio ponderado de los resultados validados de generación per-cápita de los 7 días considerados durante el estudio, ver en la tabla 26 y (Anexo 9).

### 4.2.2. Proyección de la generación total de residuos sólidos domiciliarios

Con el dato de la generación per cápita promedio encontrada y conociendo la población urbana total de la ciudad de Sandia (4920 habitantes), se estima la generación domiciliaria total de residuos sólidos para el año 2018, lo cual alcanza un valor de 2.56 ton/día, 76.9 ton/mes y 922.80 ton/año, se puede observar en la tabla 19.

**Tabla 19.** Proyección de la generación domiciliaria de la ciudad de Sandia

Año	GPC (Kg/hab/día) (A)	Población (hab.) (B)	Generación domiciliaria (ton/día) C = A x B	Generación domiciliaria (ton/mes) D = C x 30	Generación domiciliaria (ton/año) E = D x 12
2018	0.521	4920	2.56	76.90	922.80
2019	0.526	5053	2.66	79.76	957.17
2020	0.531	5189	2.76	82.73	992.75
2021	0.537	5328	2.86	85.80	1029.65
2022	0.542	5472	2.97	88.99	1067.92
2023	0.548	5619	3.08	92.30	1107.62
2024	0.553	5770	3.19	95.73	1148.78
2025	0.559	5925	3.31	99.29	1191.48
2026	0.564	6085	3.43	102.98	1235.77
2027	0.570	6248	3.56	106.81	1281.70
2028	0.576	6416	3.69	110.78	1329.34
<b>Total de generación domiciliaria</b>			<b>34.07</b>	<b>1022.08</b>	<b>12264.99</b>



#### 4.2.3. Generación de residuos sólidos no domiciliarios

La generación de residuos sólidos no domiciliarios es 1756.04 kg/día, lo cual ha sido determinado considerando el promedio ponderado de los resultados validados de generación de los 7 días considerados durante el estudio, lo cual se muestra en las tablas 20, 27 y (Anexo 10).

**Tabla 20.** Proyección de la generación de residuos no domiciliarios

N°	Establecimientos	kg/establ/día	Total estbl	kg/día	ton/día	ton/mes	ton/año
1	ECT	1.25	291	363.75	0.36	10.91	130.95
2	ECR	4.01	39	156.39	0.16	4.69	56.30
3	ECH	0.8	7	5.6	0.01	0.17	2.02
4	ECF	1.34	6	8.04	0.01	0.24	2.89
5	IEI	2.8	3	8.4	0.01	0.25	3.02
6	IEP	7.46	3	22.38	0.02	0.67	8.06
7	IES	11.15	3	33.45	0.03	1.00	12.04
8	Barrido de calles	44.95	25	1123.75	1.12	33.71	404.55
9	Mercado central	28.78	1	28.78	0.03	0.86	10.36
10	Municipalidad	5.45	1	5.45	0.01	0.16	1.96
<b>TOTAL</b>				<b>1756.0</b>	<b>1.76</b>	<b>52.68</b>	<b>632.16</b>

Con los datos de generación domiciliaria y no domiciliaria, se hace la proyección de residuos sólidos municipales de la ciudad de Sandía, lo cual se muestra en la tabla 21.

**Tabla 21.** Proyección de la generación total de residuos sólidos municipales

Año	Generación domiciliaria (ton/día)	Generación no domiciliaria (ton/día)	Generación municipal (ton/día)	Generación municipal (ton/mes)	Generación municipal (ton/mes)
2018	2.56	1.76	4.32	129.6	1555.2

#### 4.2.4. Densidad de los residuos sólidos municipales

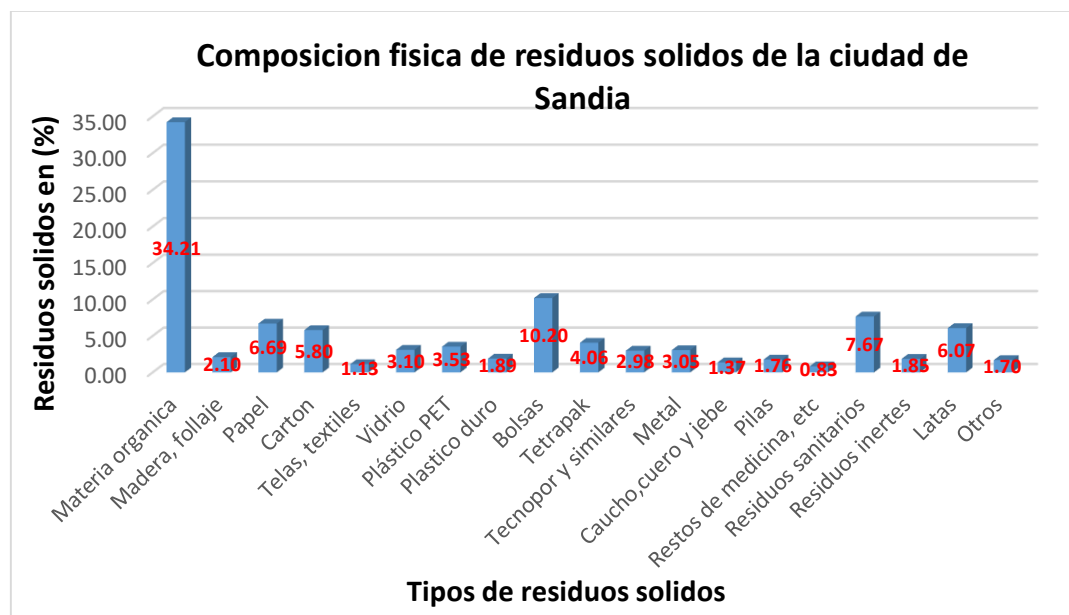
Se consideran los datos obtenidos a partir del segundo día, obteniendo la densidad de los residuos sueltos (sin compactar) y luego de uniformizada la muestra (compactados) a nivel de la ciudad de Sandía lo cual se muestra en la siguiente tabla 22.

**Tabla 22.** Densidad de residuos sólidos municipales de la ciudad de Sandía

Lugar	Densidad sin compactar (kg/m <sup>3</sup> )	Densidad compactada (kg/m <sup>3</sup> )
Ciudad de Sandía	62.37	200

#### 4.2.5. Composición física

De la separación y análisis realizados se obtuvo que el componente materia orgánica (restos de comida, fruta y excretas de animales menores) es el mayor y representa a nivel de la ciudad el 34.21% del total de la generación de residuos sólidos. Respecto al material reciclable se tiene un total de 10.20% de bolsas, el papel (papel blanco, papel de color y papel periódico) representa el 6.69%, el cartón representa el 5.08%, el componente latas representan el 6.07%, los residuos sanitarios (pañales, papel higiénico y descartables) representan el 7.67%, lo cual se puede observar en la figura 8.



**Figura 8.** Composición física de residuos sólidos de la ciudad de Sandia

Los resultados obtenidos son superiores a lo que reporta Ramírez (2015) indica que la generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios para la ciudad de Juli es 0,388 kg/hab/día, mientras la composición física es lo siguiente: materia orgánica (23,09 %), Papel (25,46 %), Cartón (12,07 %), Plásticos (8,14 %), Textiles (2,62 %), Madera (1,31 %), Vidrio (4,99 %), Latas de hojalata (5,51 %), Aluminio (2,89 %), Otros Metales 0,068 (1,83 %), Suciedad, cenizas, etc (12,07 %). Esta diferencia está relacionado con los hábitos de consumo y los ingresos económicos de las familias, por otro lado el número de habitantes de una ciudad influye notablemente en la generación de residuos.

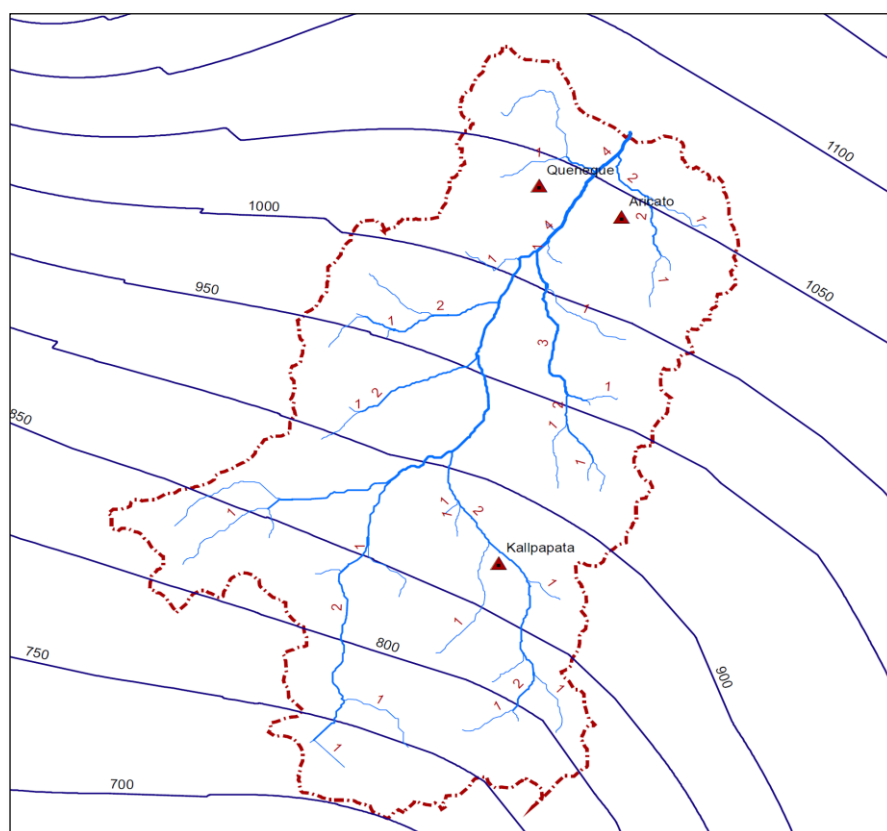
### 4.3. Modelar la estabilidad del terreno para la posible construcción del relleno sanitario

Como resultado del presente trabajo se expone lo siguiente:

#### Análisis de resultados de modelamiento de estabilidad del terreno de la microcuenca hidrográfica del río Sandia

##### 4.3.1. Análisis del mapa de Isoyetas (precipitación)

La precipitación media anual de 32 estaciones meteorológicas de los últimos 50 años, nos indica que el área de estudio se encuentra entre los rangos que van desde 700 mm para la parte alta y 1100 mm de precipitación media anual para la parte baja. La Alternativa 1 (Kallpapata) se encuentra entre los rangos que van desde 850 – 900 milímetros de precipitación media anual, y las Alternativa 2 (Aricato) y Alternativa 3 (Queneque) están entre los rangos que van desde 1000 – 1050 milímetros de precipitación media anual (ver figura 9), (ver anexo 3)



**Figura 9.** Distribución de la precipitación media anual de la zona de estudio

### 4.3.2. Análisis del mapa de pendientes

El área total de la microcuenca del río Sandia es 70594.0421 has, la topografía que presenta la microcuenca es muy variada; los de tipo montañoso son los que predominan y pertenecen a la clase (> 44%) y tienen área de 53705.4610 has lo cual representa el 76.08 %, seguido de fuertemente escarpado que pertenecen a la clase (32 – 44 %) tienen área de 5109.3429 has lo cual representa el 7.24%, los de tipo escarpada pertenecen a la clase (24 – 32 %) tienen área total de 2899.9968 has y ello representa el 4.11%, las planas pertenecientes a la clase (0 – 5 %) tienen área total de 2843.2949 has y representa el 4.03%, los de tipo ligeramente ondulada pertenecientes a la clase (5 – 12 %) tienen área total de 2431.1503 has y eso representa el 3.44% tal como se muestra en la (tabla 23), también se muestra en el anexo (ver anexo 2).

De acuerdo a la tabla 23, las alternativas propuestas se encuentran entre los rangos de pendiente que van desde 32-44% y >44% para la alternativa 1, el rango de pendiente que presenta la alternativa 2 va desde 32-44% y la alternativa 3 presenta pendiente que va desde 32-44%, >44%.

**Tabla 23.** Tipos de pendientes de la Microcuenca del río Sandia

ID	Clase %	Nombre de Pendiente	Perímetro m.	Área has	Porcentaje
1	0 - 5	Plana	199052.0535	2843.2949	4.03
2	5 - 12	Ligeramente Ondulada	137482.4769	2431.1503	3.44
3	12 - 18	Ondulada	126537.1427	2028.6024	2.87
4	18 - 24	Fuertemente Ondulada	120524.9705	1576.1938	2.23
5	24 - 32	Escarpada	234746.6414	2899.9968	4.11
6	32 - 44	Fuertemente Escarpada	477184.1274	5109.3429	7.24
7	> 44	Montañoso	752260.2459	53705.4610	76.08
TOTAL				70594.0421	100.00

Fuente: Elaboración grupal

### 4.3.3. Análisis morfométrico generadas en 8 áreas hipsométricas

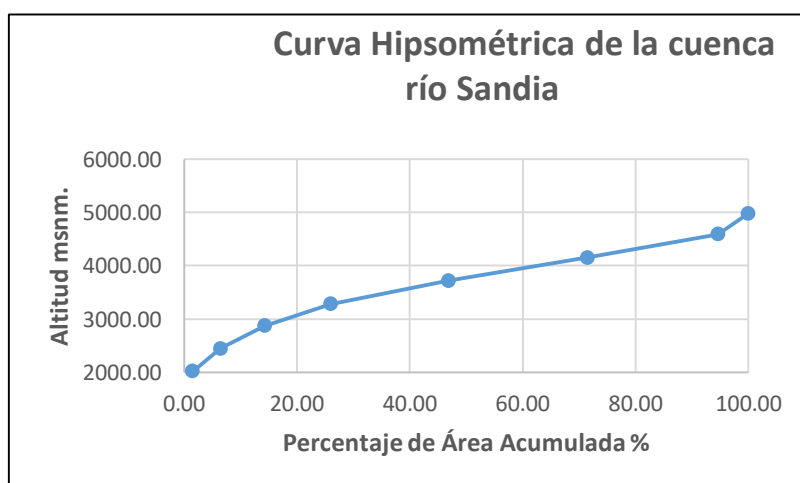
La Base de datos de geomorfología y curva hipsométrica de la microcuenca de río Sandia, nos indica que las Alternativas **1, 2 y 3 (Kallpapata, Aricato y Queneque)** respectivamente se localizan entre los rangos de altitudes que van desde 2600 – 3900 msnm, y están dentro de aptitud restringida a moderada ver (anexo 4), también se muestra en la tabla 24.

**Tabla 24.** Base de datos de geomorfología y curva hipsométrica de la microcuenca de río Sandia

ID	Cantidad Pixel	Area km2	Cota mínima	Cota máxima	Rango Altitud	Area Acum	Area Acum %	Altitud Media	Aptitud
1	11951	10.7559	1800.00	2239.00	1800 - 2200	10.76	1.52	2019.50	Restrigida
2	38673	34.8057	2211.16	2674.73	2200 - 2600	45.56	6.45	2442.94	Restrigida
3	61446	55.3014	2638.76	3105.12	2600 - 3100	100.86	14.29	2871.94	Restrigida
4	91758	82.5822	3047.99	3516.71	3100 - 3500	183.45	25.99	3282.35	Restrigida
5	164336	147.9024	3482.44	3950.19	3500 - 3900	331.35	46.94	3716.32	Apt Moderada
6	192626	173.3634	3899.20	4400.00	3900 - 4400	504.71	71.49	4149.60	Apt Moderada
7	181540	163.386	4324.35	4850.00	4400 - 4800	668.10	94.64	4587.18	Apt Moderada
8	42055	37.8495	4765.61	5191.35	4800 - 5200	705.95	100.00	4978.48	No Apta
	784385	705.9465							

Fuente: Elaboración grupal

Para generar la curva hipsométrica de la microcuenca se ha trabajado con área acumulada en porcentaje y altitud media (ver figura 10). Dicha curva hipsométrica nos indica el comportamiento de la red de drenaje y la evolución hipsométrica asociada a la morfodinámica de la microcuenca, y las alternativas en evaluación se encuentran en una etapa intermedia entre la fase de juventud, evolucionando hacia la madurez tal como se muestra en la figura 10.



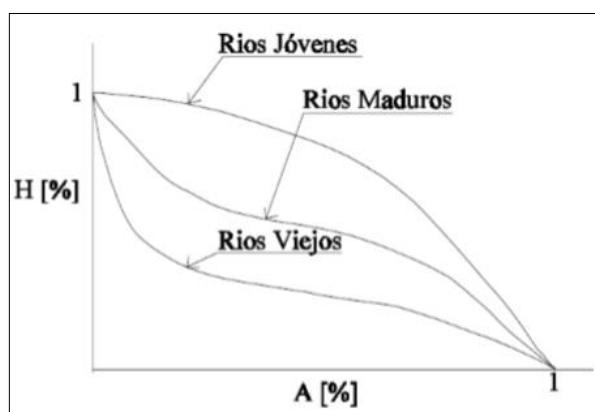
**Figura 10.** Curva hipsométrica de la microcuenca del río Sandia

Los resultados obtenidos tras la evaluación de las tres alternativas con los parámetros de altitud, precipitación y pendiente revelan lo siguiente: la Alternativa 1 (Kallpapata) obtiene la aptitud **moderada**, la Alternativa 2 (Aricato) está dentro del rango de aptitud **baja** y finalmente la Alternativa 3 (Queneque) tiene aptitud **baja**, lo cual se muestra en la tabla 25 y también en el mapa de aptitud final (anexo 5). Estos parámetros de la tabla 25, nos indica la estabilidad del terreno, lo cual nos garantiza la implementación del relleno sanitario desde el punto de vista de criterios normativos y técnico-biofísicos.

**Tabla 25.** Determinación de los parámetros de altitud, precipitación, pendiente y aptitud

Alternativas	Rango de altitud (msnm)	Rango de precipitación (milímetros)	Rango de pendiente (%)	Rango de aptitud
Alternativa 1 (Kallpapata)	3100-3500	850-900	32-44% y >44%	<b>Moderada</b>
Alternativa 2 (Aricato)	2600-3100	1000-1050	32-44%	<b>Baja</b>
Alternativa 3 (Queneque)	2600-3100	1000-1050	32-44% y >44%	<b>Baja</b>

Los resultados obtenidos no guardan relación con lo que sostiene (Guerra & González, 2002), la Bermeja no presenta la curva hipsométrica característica de una cuenca en equilibrio. Al contrario, se observan semejanzas con las curvas hipsométricas típicas de cuencas en fase de desequilibrio (juventud), generalmente con gran potencial erosivo. Según el modelo de la curva hipsométrica (ver figura 11), la microcuenca del río Sandía se encuentra en la fase madura evolucionando hacia la vejez, esto nos indica la estabilidad del terreno, lo cual nos genera garantía y seguridad para la implementación del relleno sanitario; en ese sentido fue elegido la Alternativa 2 (Aricato) de acuerdo a las consideraciones normativas, consideraciones técnico – biofísicas.



**Figura 11.** Modelo de curvas hipsométricas (Llamas, 1993)

## V. CONCLUSIONES

- Se concluye que la mejor alternativa para la implementación del relleno sanitario es la Alternativa 2 (Aricato) con 411 puntos; puesto que es superior a la Alternativa 1 (Kallpapata) con 409 puntos y la Alternativa 3 (Queneque) con 397 puntos. Dicho sitio reúne la mayoría de los criterios de selección establecidas por el (D.S. N° 014 – 2017 – MINAM y D.L. N° 1278 - 2016), y estos criterios son: Presenta vías de acceso en regulares condiciones de mantenimiento, vida útil del sitio es proyectado para 10 años, la evaluación hidrológica de las aguas superficiales están lo suficientemente alejados del área en estudio, los vientos dominantes soplan en sentido contrario al centro poblado, el material de cobertura se encuentra en el sitio del relleno lo cual resulta ser beneficioso económicamente, la topografía esta entre los rangos que van desde (32 % - 44 %), la vulnerabilidad a desastres naturales en la zona indica que la misma está dentro de un área de amenaza de media a baja, ver anexo 2 y 7.
- La generación per-cápita de residuos sólidos domiciliarios – GPC de la ciudad de Sandia es 0.521 kg/hab/día, la densidad promedio compactada es 200 kg/m<sup>3</sup>. Respecto a la composición física, el componente con mayor porcentaje de residuos sólidos es el componente “Materia orgánica”, cuyo porcentaje alcanza el 34.21%, seguido de las bolsas con 10.20%, los residuos sanitarios (pañales, toallas descartables) presentan 7.67%, el componente papel representa el 6.69%, mientras en el componente latas alcanza el 6.07% y finalmente el componente cartón representa 5.08% del total de la generación de residuos sólidos de la ciudad de Sandia, ver anexos 8 y 9.
- La mejor estabilidad del terreno que presenta es la alternativa 1 (Kallpapata) con aptitud moderada, seguido de la alternativa 2 (Aricato) con aptitud baja y finalmente esta la alternativa 3 (Queneque) con aptitud baja. Sin embargo la alternativa 1 (Kallpapata) pasó a segundo lugar por las siguientes consideraciones: por las elevadas pendientes que presenta que van desde (32-44% y >44%), la distancia que presenta es muy alejada al centro urbano, lo cual origina gastos por transporte. En este sentido se opta por la alternativa 2 (Aricato) por presentar distancias considerables al centro urbano y por la pendiente que presenta desde (32-44%).

## VI. RECOMENDACIONES

- El método de relleno sanitario manual que se recomienda es el método de trinchera o zanja, pues es el método que se adapta mejor a las condiciones topográficas del terreno, y el material de cobertura que se obtendrá de la excavación de las celdas se utilizará para cubrir los residuos, lo cual reducirá los costos en la operación.
- La autoridad actual debe tomar en cuenta el presente trabajo de investigación; para su posterior implementación del relleno sanitario de residuos sólidos, ya que la Alternativa 2 (Aricato) es recomendado por esta investigación, y cumple con la mayoría de los criterios de selección de áreas establecidas por el (DS N° 014 – 2017 – MINAM), además se encuentra dentro de la zona apta según el mapa de aptitud final realiza por esta investigación.
- El valor obtenido de la materia orgánica alcanza 1.48 toneladas/día, lo cual es muy representativo por lo que se recomienda realizar el aprovechamiento de los residuos mediante la elaboración de compost, debido a que el producto obtenido (humus) puede ser usado en los parques, jardines y en los campos de cultivos que predominan en la ciudad de Sandia.
- Se recomienda localizar zonas que se obtuvieron con aptitudes de estabilidad que van desde **baja** para la comunidad de Mororia, de **moderada - baja** para el sector de Amoyo, **óptima, moderada y baja** para la comunidad de Ccapuna y finalmente para el sector de Chiapata se tiene de **moderada – baja**. Además de encontrarse dentro de la zona apta, estos sitios tienen acceso a través de trochas carrozables en regulares condiciones de mantenimiento (ver anexo 5).
- Es necesario que se realice la gestión para la inclusión de este proyecto dentro del esquema de ordenamiento ambiental territorial, a fin de que la municipalidad provincial de Sandia restrinja la localización de nuevos proyectos en las áreas potenciales identificadas por esta investigación.



## VII. REFERENCIAS

- Bautista, M. y Rosales, C. (2010):** *Guía para la selección de sitios potenciales para la ubicación de rellenos sanitarios por el método de peso y escala con el uso de álgebra de mapas.* 11pag.
- Baxendale, C. y Buzai, G. (2011).** *Análisis Espacial con Sistemas de Información Geográfica. Aportes de la Geografía para la elaboración del Diagnóstico en el Ordenamiento Territorial.* Grupo de Ecología del Paisaje y Medio Ambiente (GEPAMA) de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad Buenos Aires. Argentina. Revista Fronteras. 60 pág.
- BID/OPS (1998).** *Diagnóstico de la Situación del Manejo de Residuos Sólidos Municipales en América Latina y el Caribe.* Segunda edición. 78 pág.
- Chuvieco, E. (2010).** *Fundamentos de la Teledetección Espacial.* Madrid – España. 92 pág.
- Decreto Legislativo 1278.** *Que aprueba la ley Gestión Integral de Residuos Sólidos,* publicada en el diario oficial el **peruano**, 21 de diciembre del 2016. 35 pág.
- Decreto Supremo N° 014 – 2017 – MINAM.** *Reglamento de la ley Gestión Integral de Residuos Sólidos,* publicada el 21 de diciembre del 2017. 32 pág.
- EPA (1991).** *Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU.*
- Erazo, N. (2016).** *Identificación de Sitios Potenciales para la Construcción de un Relleno Sanitario a partir de un SIG en el Municipio de Pupiales – Nariño.* Universidad de Manizales. Facultad de Ciencias e Ingeniería. Programa Especialización en Sistemas de Información Geográfica. Manizales, Colombia 2016. 76 pág.
- Fernández, I. (2010).** *Diseño y factibilidad de Relleno Sanitario manual para el Municipio de la Libertad.* Universidad del Salvador. Escuela de Ingeniería Civil. El Salvador. 237 pág.
- Franz, L. (2016).** *Cálculo de pendiente media de una cuenca hidrográfica en ArcGis.* Loja – Ecuador.

- GHANDY Corporación de Ingenieros S.R.L. (2018).** *Estudio de mecánica de suelos.* Sandia – Puno. 7 pág.
- Guerra, F. y González, J. (2002).** *Caracterización morfométrica de la cuenca de la quebrada la Bermeja.* Universidad de los Andes. San Cristóbal, Venezuela. 21 pág.
- Herrera, N. (2014).** *Identificación de Áreas Potenciales para el Manejo de Residuos o Desechos Peligrosos en el Departamento de Cundinamarca.* Departamento de Ingeniería Química y Ambiental. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia 2014. 173 pág.
- INEI (2007).** Censos Nacionales XI de Población y VI de Vivienda.
- Jaramillo, J. (2002).** *Guía para el Diseño, Construcción y Operación de Rellenos Sanitarios Manuales.* Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Antioquia, Colombia. 303 pág.
- Llamas, J. (1993).** *Hidrología general.* Universidad del Estado de México. Toluca. México. 627 pág.
- Martinez, J. y Mallo, M. (2005).** *Guía para la gestión integral de residuos peligrosos.* Fundamentos tomo I. Centro coordinador del convenio de Basilea para América Latina y el Caribe. Montevideo, Uruguay. 164 pág.
- Ministerio de Economía y Finanzas (2008).** *Guía de identificación, formulación y evaluación social de proyectos de residuos sólidos municipales a nivel de perfil.* Lima - Perú. 206 pág.
- Ministerio del Ambiente (2018).** *Guía para la caracterización de residuos sólidos municipales 2019.* Publicada el 31 de diciembre del 2018. 76 pág.
- Ministerio del Ambiente (2012).** *Guía para la identificación, formulación y evaluación de proyectos de inversión pública de residuos sólidos municipales a nivel perfil.* Lima – Perú. 145 pág.
- Morales, S. y Rodríguez, A. (2016).** *Evaluación geológica ambiental para ubicar un relleno sanitario manual en la parroquia Mene de Mauroa.* Venezuela. 15 pág.

- Municipalidad Distrital de San Martín (2011).** *Estudio de Selección de Sitio para la ubicación del relleno sanitario de la localidad de San Martín Alao Distrito de San Martín* – Región San Martín. Perú. 50 pág.
- Municipalidad Distrital de Coasa Gestión (2015-2018).** *Estudio de Selección de Área para la Disposición Final Segura de Residuos Sólidos Municipales en el Distrito de Coasa.* Oficina de Desarrollo Económico Social y Servicios Públicos. 48 pág.
- Municipalidad Provincial de Sandia (2017).** *Diagnóstico del Plan de Desarrollo Turístico Local Distrito de Sandia.* Sub Gerencia de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Sandia, Puno – Perú, 50 pág.
- Municipalidad Provincial de Sandia (2016).** *Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos de la Provincia de Sandia.* Sub Gerencia de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Sandia, Puno – Perú. 133 pág.
- Municipalidad Provincial de Sandia (2015).** *Evaluación del Riesgo de Desastres del distrito de Sandia.* Oficina de defensa civil. Sandia – Puno. 139 pág.
- OPS (1971).** *Criterios Ambientales Recomendados.* Copenhague.
- Olaya, V. (2014).** *Sistemas de Información Geográfica.* 854 pág.
- Peña, J. (2005).** *Sistemas de Información Geográfica aplicados a la gestión del territorio.* Departamento de Ecología. Universidad de Alicante. 15 pág.
- PREDES – SANDIA (2007).** Proyecto: “Preparativos ante desastres y reducción de riesgos en la cuenca del río Sandia. Puno”. 31 pág.
- Ramírez, R. (2015).** *Gestión integral de los residuos sólidos de la ciudad de Juli destinado para un relleno sanitario.* Tesis FIQ UNA – Puno – Perú. 118 pág.
- SEDESOL (1990).** *Criterios Recomendados.* NTE-CRM-001/90. México.
- SENAMHI – Puno (2012).** *Datos históricos de 50 años.* Puno – Perú.
- SENAMHI – Madre de Dios (2012).** *Datos históricos de 10 años.* Madre de Dios – Perú.
- Séptimo Congreso del Medio Ambiente Argentina (2012).** *Localización Óptima de Relleno Sanitario Aplicando Técnicas Multicriterio de Sistemas de Información Geográfica (SIG) en el Área Metropolitana del Alto Paraná.* Argentina. 20 pág.

**Umaña, J. (2002).** *Método de Evaluación y Selección de Sitio para Relleno Sanitario.* XXVIII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental Cancún, México, 27 al 31 de octubre, 2002. 5 pág.

**Zonificación Económica Ecológica (2015).** Proyecto “*Desarrollo de capacidades para el ordenamiento territorial región Puno*”. Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente. Gobierno Regional Puno, 449 pág.

## ANEXOS

1. Mapa base de la microcuenca del rio Sandia
2. Mapa de pendientes de la microcuenca del rio Sandia
3. Mapa de isoyetas de la microcuenca del rio Sandia
4. Mapa de curvas hipsometricas de la microcuenca del rio Sandia
5. Mapa de estabilidad física de la microcuenca del rio Sandia (Aptitud Final)
6. Acta de opinión favorable del sitio Unuyujpata (Alternativa 2 - Aricato)
7. Registro fotográfico de las tres alternativas en evaluación
8. Actividades realizadas durante la determinación de la generación per cápita de residuos sólidos de la ciudad de Sandia - 2018
9. Generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios de la ciudad de Sandia – 2018
10. Generación de residuos sólidos no domiciliarios de la ciudad de Sandia - 2018