



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA
Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**PROPUESTA DE DISEÑO DE UN RELLENO SANITARIO
PARA EL CANTÓN SÍGSIG**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR: SERGIO GEOVANNY PEÑA MOROCHO

DIRECTOR: ING. AUGUSTO POLIBIO MARTINEZ VEGA

CUENCA - ECUADOR

2021

*Yo me gradué en
los 50 años de La Cato!
... y sostuve la Universidad*



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA
Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**PROPUESTA DE DISEÑO DE UN RELLENO SANITARIO PARA EL
CANTÓN SÍGSIG**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR: SERGIO GEOVANNY PEÑA MOROCHO

DIRECTOR: ING. AUGUSTO POLIBIO MARTINEZ VEGA

CUENCA – ECUADOR

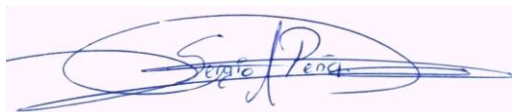
2021

*Yo me gradué en
los 50 años de La Cato!
... y sostuve la Universidad*

DECLARACIÓN

Yo, Sergio Geovanny Peña Morocho, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento; y eximo expresamente a la Universidad Católica de Cuenca y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

La Universidad Católica de Cuenca puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y la normatividad institucional vigente.



Sergio Geovanny Peña Morocho

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el señor **SERGIO GEOVANNY PEÑA MOROCHO**, bajo mi supervisión.



Ing. Augusto Polibio Martínez Vega

DIRECTOR

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a dios, a mis padres por ser el pilar fundamental de mi vida y mi inspiración para salir adelante, por su apoyo en todas mis decisiones, a mi hermana que siempre estuvo cuando la necesitaba. A mis amigos Jessica Calle, Paul Quezada, Dayana Ayala que fueron un gran apoyo y demostraron un gran compañerismo.

A la Universidad Católica de Cuenca y cada uno de los docentes que conforman la carrera de Ingeniera Ambiental, por todos los conocimientos y consejos, brindados por parte de ellos en los diferentes ciclos académicos de la carrera que serán de gran ayuda para emprenderlos en la vida profesional.

Al Ing. Augusto Polibio Martínez Vega, tutor de tesis, quien supo brindar sus conocimientos, dedicación, tiempo y apoyo durante todos los tiempos que se llevó a cabo para el desarrollo de este estudio.

Al GAD municipal, quien por medio del Ing. David Tenesaca, apporto sus conocimiento y experiencia e información necesaria.

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo dedico a Dios, a mis padres Francisco Peña y Zoila, a mi hermana Verónica, y mis abuelos Lorenzo Morocho y Rosario Morocho, puesto que fueron un apoyo fundamental a lo largo de toda mi carrera, por brindarme su confianza, comprensión y consejos para poder superarme y conseguir cada uno de mis objetivos planteados, siendo piezas claves para el desarrollo de mi vida personal.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN	I
CERTIFICACIÓN	II
AGRADECIMIENTOS	III
DEDICATORIA	IV
ÍNDICE DE CONTENIDOS	V
LISTA DE FIGURAS	VII
LISTA DE TABLAS	VIII
LISTA DE ANEXOS	IX
RESUMEN	X
ABSTRACT	XI
CAPÍTULO I	- 1 -
1. INTRODUCCIÓN	- 1 -
1.1 OBJETIVOS	- 3 -
1.1.1 <i>Objetivo General</i>	- 3 -
1.1.2 <i>Objetivos Especifico</i>	- 3 -
CAPÍTULO II	- 4 -
2. REVISIÓN DE LITERATURA	- 4 -
2.1 RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU)	- 4 -
2.1.1 <i>Fuentes.</i>	- 4 -
2.1.2 <i>Efectos.</i>	- 5 -
2.1.3 <i>Composición de los residuos sólidos urbanos.</i>	- 6 -
2.2 RELLENO SANITARIO	- 6 -
2.3 TIPOS DE RELLENO SANITARIO	- 7 -
2.3.1 <i>Relleno sanitario mecanizado.</i>	- 7 -
2.3.2 <i>Relleno sanitario Semimecanizado.</i>	- 7 -
2.3.3 <i>Relleno sanitario manual.</i>	- 7 -
2.4 MÉTODOS DE RELLENO	- 8 -
2.4.1 <i>Método de trinchera.</i>	- 8 -
2.4.2 <i>Método de Área.</i>	- 8 -
2.4.3 <i>Método Combinado.</i>	- 8 -
2.6 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE UN RELLENO SANITARIO	- 9 -
2.6.1 <i>Ventajas.</i>	- 9 -
2.6.2 <i>Desventajas.</i>	- 9 -
2.7 SISTEMA DE RECOLECCIÓN	- 10 -
2.8 FRECUENCIA DE RECOLECCIÓN	- 11 -
2.9 COBERTURA DE RECOLECCIÓN	- 11 -
2.10 TRANSPORTE	- 12 -
2.11 MARCO LEGAL	- 12 -
2.11.1 <i>Constitución de la república del Ecuador.</i>	- 12 -
2.11.2 <i>Reglamento al Código Orgánico del Ambiente (RCOA).</i>	- 13 -
2.11.3 <i>Código Orgánico del Ambiente (COA).</i>	- 15 -
2.11.4 <i>Ordenanza para la gestión integral de residuos sólidos y buenas prácticas ambientales en el cantón Sígsig.</i>	- 16 -

CAPÍTULO III	- 17 -
3. MATERIALES Y MÉTODOS	- 17 -
3.1 LÍNEA BASE	- 17 -
3.1.1 Ubicación.	- 17 -
3.1.2 Medio Físico	- 18 -
3.1.3 Medio Biótico.	- 21 -
3.1.4 Medio Socioeconómico.	- 22 -
3.1.5 Medio Sociocultural	- 24 -
3.2 SISTEMA DE GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL CANTÓN SÍGSIG	- 26 -
3.2.1 Sistema de Recolección.	- 26 -
3.2.2 Barrido de Calles.	- 26 -
3.2.3 Caracterización de Residuos Sólidos.	- 27 -
3.2.4 Producción per cápita.	- 27 -
3.2.5 Transporte.	- 28 -
3.2.6 Disposición Final.	- 28 -
3.2.7 Costos del Sistema de Gestión de Residuos Sólidos del cantón Sígsig.	- 28 -
3.3 DISEÑO DEL RELLENO SANITARIO	- 29 -
3.3.1. Cálculo de la Población.	- 30 -
3.4 DESARROLLO METODOLÓGICO	- 40 -
3.4.1. Cálculo de la Población.	- 40 -
3.4.1 Cálculo de la Generación per cápita.	- 41 -
3.4.2 Cálculo para el Diseño del Relleno Sanitario.	- 41 -
3.5 UBICACIÓN DEL SITIO PARA EL EMPLAZAMIENTO DE UN RELLENO SANITARIO	- 52 -
CAPÍTULO IV	- 55 -
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	- 55 -
4.1 DISEÑO DEL RELLENO SANITARIO	- 55 -
4.2 RESULTADOS DE ANÁLISIS MULTICRITERIO	- 61 -
4.2.1 Ponderaciones de los criterios	- 65 -
4.2.2 Restricciones	- 70 -
4.2.3 Resultado del Análisis Multicriterio	- 71 -
4.2.4 Clasificación de las zonas óptimas en conformidad con el centro de gravedad de mayor procedencia de desechos sólidos	- 71 -
4.3 RESULTADO Y DISCUSIÓN	- 78 -
CAPÍTULO V	- 83 -
5. CONCLUSIONES	- 83 -
CAPÍTULO VI	- 84 -
6. RECOMENDACIONES	- 84 -
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	- 85 -
ANEXOS	- 87 -

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de ubicación de la zona de estudio	- 18 -
Figura 2: Mapa de precipitaciones.....	- 20 -
Figura 3: Dimensiones de la celda diaria	- 60 -
Figura 4: Distancia a vías de acceso.....	- 62 -
Figura 5: Distancia a centros poblados.....	- 63 -
Figura 6: Uso de suelo	- 63 -
Figura 7: Distancia a cuerpos de agua	- 64 -
Figura 8: Precipitaciones.....	- 64 -
Figura 9: Pendientes.....	- 65 -
Figura 10: Áreas protegidas	- 65 -
Figura 11: Criterios con sus respectivas ponderaciones	- 69 -
Figura 12: Restricciones.....	- 70 -
Figura 13: Resultados del análisis Multicriterio	- 71 -
Figura 14: Clasificación de las zonas óptimas en conformidad con el centro de gravedad de mayor generación de residuos sólidos.....	- 74 -
Figura 15: Clasificación de las zonas óptimas en conformidad respecto a la distancia del centro de gravedad de mayor generación de residuos sólidos.....	- 74 -
Figura 16: Zonas ubicadas en el sitio óptimo.....	- 75 -
Figura 17: Alternativas ubicadas en las zonas de sitios óptimos	- 76 -
Figura 18: Extensión territorial de las alternativas.....	- 76 -
Figura 19: Conexión de las vías de acceso a las alternativas	- 77 -
Figura 20: Sitios potenciales para la implementación de un relleno sanitario	- 78 -
Figura 21: Vías de acceso a la alternativa número dos.....	- 79 -
Figura 22: Vías de acceso a la alternativa número tres.....	- 79 -
Figura 23: Mapa de curvas de nivel de las zonas de emplazamiento	- 80 -
Figura 24: Instalaciones de un relleno sanitario zona 2.....	- 80 -
Figura 25: Instalaciones de un relleno sanitario zona 3.....	- 81 -

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Datos de temperatura del canton Sigsig _____	- 20 -
Tabla 2: Flora del cantón Sígsig _____	- 21 -
Tabla 3: Fauna del cantón Sígsig _____	- 22 -
Tabla 4: Fauna del cantón Sígsig _____	- 22 -
Tabla 5: Principales actividades del cantón Sígsig _____	- 23 -
Tabla 6: Proyección de la población del cantón Sígsig _____	- 24 -
Tabla 7: Horario de recolección del cantón Sígsig _____	- 26 -
Tabla 8: Caracterización de los residuos solidos _____	- 27 -
Tabla 9: Costos del Sistema de Gestión de Residuos Solidos _____	- 29 -
Tabla 10: Criterios y ponderaciones de los criterios _____	- 53 -
Tabla 11: Datos de diseño del Relleno Sanitario 0,5 ton/m ³ _____	- 55 -
Tabla 12: Dimensiones del relleno sanitario 0,5 ton/m ³ _____	- 56 -
Tabla 13: Dimensiones de la celda diaria 0,5 ton/m ³ _____	- 57 -
Tabla 14: Dimensiones del tanque de lixiviados 0,5 ton/m ³ _____	- 57 -
Tabla 15: Datos de dimensionamiento del relleno sanitario 0,8 ton/m ³ _____	- 58 -
Tabla 16: Dimensiones del relleno sanitario 0,8 ton/m ³ _____	- 59 -
Tabla 17: Dimensiones de la celda diaria 0,8 ton/m ³ _____	- 60 -
Tabla 18: Dimensiones del tanque de lixiviados 0,8 ton/m ³ _____	- 61 -
Tabla 19: Clasificación de las zonas óptimas en conformidad con el centro de gravedad de mayor procedencia de desechos sólidos. _____	- 72 -
Tabla 20: Proyección poblacional por parroquia _____	- 73 -

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Solicitud de información _____	- 87 -
Anexo 2: Camión Recolector _____	- 88 -
Anexo 3: Equipo de Recolección de Residuos Solidos _____	- 88 -
Anexo 4: Municipio del cantón Sígsig _____	- 88 -
Anexo 5: Fauna del cantón Sígsig _____	- 89 -
Anexo 6: Flora del cantón Sígsig _____	- 89 -

RESUMEN

El relleno sanitario es una técnica que confina los residuos sólidos en una cierta área de la superficie con la finalidad de reducir los impactos que ocasionan los lixiviados y gases generados en la descomposición de la materia orgánica; en donde, dependiendo de la ubicación se producirán o no impactos al medio. En el presente estudio se realizó una propuesta de diseño de un relleno sanitario para el cantón Sígsig con una vida útil de 20 años, en donde su objetivo consistió en el dimensionamiento y localizar los lugares para un posible emplazamiento del mismo, mediante la metodología de Collazos y el análisis multicriterio basado en sistemas de información geográfica. La metodología inició con elaborar una línea base de la situación actual del sistema de gestión residuos del cantón, se planteó dos escenarios, con una compactación de 0,5 ton/m³ y 0,8 ton/m³, donde se obtuvo un área de 17,35 ha en el primer escenario y en el segundo de 10,87 ha, el volumen de la celda diaria es de 59,18 m³ y 37 m³, posterior a ello se determinó las posibles ubicaciones, basándose en parámetros técnicos que establece la legislación ecuatoriana y autores con experiencias en otros lugares. Bajo este procedimiento se establecieron espacios de óptima idoneidad y se formaron seis alternativas; entre las cuales, destacaron dos por su correcta posición ante los requisitos y adversidades que abarca un sitio de disposición final.

Palabras clave: relleno sanitario, análisis multicriterio, residuos sólidos, cantón Sígsig.

ABSTRACT

The sanitary landfill is a technique that confines solid waste in a certain surface area to reduce the impacts caused by leachates and gases generated in the decomposition of organic matter, where depending on the location, the impact upon the environment will be greater or lesser. In this study, a design proposal was made for a sanitary landfill for the Síg sig canton with a useful life of 20 years, where the objective consisted of sizing and locating possible sites for a possible location, using the Collazos methodology and multicriteria analysis based on geographic information systems. The methodology began with the elaboration of a baseline of the current situation of the canton's waste management system, two scenarios were proposed, with compaction of 0.5 ton/m³ and 0.8 ton/m³, where an area of 17.35 ha was obtained in the first scenario and 10.87 ha in the second, the volume of the daily cell is 59.18 m³ and 37 m³, after which the possible locations were determined, based on technical parameters established by Ecuadorian legislation and authors with experiences in other places. Under this procedure, spaces of optimum suitability were established and six alternatives were formed, amongst which, two stood out for their correct position in the face of the requirements and adversities that a final disposal site encompasses.

Keywords: sanitary landfill, multicriteria analysis, solid waste, canton Síg sig

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

El termino basura hace referencia a todo residuo de un material que ha cumplido su vida útil, a nivel mundial se produce millones de toneladas diarias de basura. Los mayores productores de residuos sólidos son: Estados Unidos, China, Corea del Sur, Japón y Canadá, también el incremento de la población a nivel mundial y el constante desarrollo de las industrias han originado una mayor demanda y consumo de los diferentes productos y como consecuencia una mayor generación de residuos. (Flores, 2015).

En la actualidad el manejo de los residuos sólidos urbanos constituye un gran problema ambiental a nivel mundial, esto debido a que la producción de residuos crece cada vez más. Una alternativa como solución a este problema es el diseño de un relleno sanitario que con el pasar del tiempo se vuelve indispensable y necesario para una gestión adecuada de los desechos sólidos con el fin de minimizar la difusión de contaminantes hacia el medio ambiente (Lopez & Rogal, 2017).

La disposición final de residuos es la última fase del sistema de gestión de residuos sólidos, se encuentra directamente enfocada con la preservación del ambiente, por lo que el diseño de un relleno sanitario está enfocado en varios aspectos o variables a considerar, en el Ecuador es una práctica poco aplicada, debido a la falta de recursos destinados hacia el tratamiento de los residuos sólidos, esto ha hecho que varios municipios se preocupen de los presentes y futuros problemas ambientales y de salud (Minga & Zhiminaycela, 2019).

El nivel y calidad de vida de la población y del ambiente depende mucho del manejo de los residuos, así que es de gran importancia buscar formas en las cuales se reduzca de alguna manera y los impactos ambientales que se genera; donde se busca establecer una alternativa de manejo y que permita ejecutar mejoras el sistema de gestión.

En la actualidad no todos los municipios del país disponen de un relleno sanitario propio por lo cual no tienen un adecuado manejo y gestión integral, la mayoría dispone sus desechos sólidos a rellenos de otros municipios, esta situación genera impactos al ambiente y representa un alto riesgo a la salud (Gordillo, 2019).

En el Cantón Sígsig según datos del INEC del último censo en el año 2010, nos indica que su población ha crecido en un 8% esto debido al incremento de la tasa de natalidad, inmigración y mejor nivel de vida, lo que da como resultado un mayor consumo y por ende una mayor producción de residuos (Correa., 2015).

Es necesario tener un adecuado manejo de los residuos que se producen, dependiendo en lo principal del porcentaje de materia orgánica e inorgánica. En el cantón Sígsig este problema ambiental causada por no contar con un relleno sanitario propio, hace que opte con transportarlos a otro lugar, lo cual es una realidad que genera altos costos.

Los residuos sólidos en el cantón Sígsig son un problema no solo por los diferentes impactos negativos que generan sino por el costo de transporte que se invierte año tras año y el porcentaje de cobertura del sistema de recolección no cubre toda el área del cantón, en el presente trabajo se propone el diseño de un relleno sanitario, analizando diferentes variables ambientales, territoriales y técnicas.

Para llevar a cabo el diseño se realizó el análisis de línea base del sistema actual de gestión de dichos residuos, donde busca establecer un sistema de sostenibilidad en el servicio público del cantón con la implementación de un relleno sanitario como alternativa para la disposición final.

La metodología que se aplicó dio como resultado la ubicación del relleno sanitario; así como las dimensiones, tiempos de vida útil, entre otros.

SEDESOL (2004) menciona “el problema de transportar los residuos al relleno sanitario de otro lugar, ocasiona que los gastos de transporte sean altos” ya que a medida que pasa el tiempo el problema será aún mayor, considerando un incremento de la producción de residuos debido al crecimiento de la población.

El estudio pretende realizar el dimensionamiento del relleno sanitario y localizar los posibles lugares de emplazamiento el cual es de interés del GAD Municipal del cantón Sígsig, para analizar posibles alternativas que se podrían implementar a futuro.

El análisis se desarrolló sobre el sistema de manejo de residuos sólidos actual, donde el diseño de un relleno sanitario para el cantón, contribuiría a una mejor calidad de vida de los sigseños, una mayor cobertura del sistema de recolección de residuos sólidos, minimización de costos e impactos, optimización de recursos y tiempo.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo General

- Realizar una propuesta de diseño de un Relleno Sanitario para el cantón Sígsig, destinado a la disposición final de Residuos Sólidos.

1.1.2 Objetivos Especifico

- Levantar una línea base, sobre la situación actual del servicio de tratamiento de los residuos sólidos del cantón Sígsig.
- Realizar el dimensionamiento del relleno sanitario con una vida útil de 20 años.
- Identificar el lugar óptimo para ubicar el relleno sanitario, a través del análisis de criterios sociales, ambientales y técnicos.
- Diseñar un relleno sanitario con una vida útil de 20 años para el cantón Sígsig.

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Residuos sólidos urbanos (RSU)

Los RSU son los restos que provienen de las ocupaciones llevadas a cabo día a día y actividades comerciales, las naciones de primer mundo son los que tiene una enorme producción de RSU debido a que con el pasar del tiempo se usan más productos o envases de plástico y cartón, donde el "usar y tirar" se ha extendido a toda clase de producto de consumo, se define como desecho o residuo a todo material que es producto del resto de los materiales que ya cumplieron su vida útil que no tienen un costo para los individuos que lo producen, sin embargo tienen la posibilidad de representar una fuente de trabajo para crear ingresos para otras personas, por medio de procesos de reciclado o reutilización (Garrido, 2014).

2.1.1 Fuentes.

La generación de residuos sólidos puede ser doméstica y no doméstica:

Los residuos de origen doméstico, principalmente, son los que se generan por las actividades de vida cotidiana de cada persona en su hogar, y está conformado por restos de alimentos, frutas, vegetales, entre otros o productos que ya no tienen uso como: periódicos, revistas, envases, embalajes, papel higiénico, pañales desechables, entre otros (Espinoza & Rosalba, 2018).

Los residuos de origen no domésticos, son los generados por las actividades comerciales, en donde se lo describe como los residuos originados por los múltiples establecimientos comerciales y de servicios, como por ejemplo centros comerciales, tiendas, hoteles, bares, restaurantes, escuelas, etc. La mayoría de los residuos están compuesto por papel, plásticos, embalajes y residuos de limpieza personal (Toro et al., 2016).

Residuos industriales hace referencia a todo aquel residuo sólido o líquido, o combinaciones de estos provenientes de los procesos industriales y que por sus características físicas, químicas o microbiológicas no puedan relacionarse con los residuos de origen doméstico (Sesma, 2013).

Residuos agrícolas se refieren a la generación de residuos sólidos y líquidos empleado en las diferentes actividades en el proceso o tratamiento de un cultivo, por ejemplo: restos de plantas, recipientes y restos de plaguicidas, entre otros, No obstante, debido a la naturaleza heterogénea de estos residuos, durante su descomposición es inevitable que se generen ciertas cantidades de amoníaco (NH₃), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) que son emitidas a la atmósfera, o también llamado gases de efecto invernadero. (FAO, 2014).

2.1.2 Efectos.

La producción de residuos está relacionada con la producción per cápita de cada persona, lo cual indica el efecto que tiene hacia el medio, los residuos por lo general son transportados y en ciertos sitios existen puntos específicos para depositar la basura como contenedores hasta que el servicio de recolección pase por el para su disposición final, sin embargo al tener residuos acumulados en algún lugar, presentan un gran potencial para afectar, de manera adversa, la calidad del ambiente de las personas (Toro et al., 2016).

Los impactos ambientales que producidos por los residuos sólidos da inicio en el almacenamiento in situ. Este aspecto constituye un impacto profundo en el ambiente local, debido a que un almacenamiento sin ningún control, podría ser una fuente para atraer vectores ya sean insectos o roedores, que generan un alto grado de riesgo, que contribuye a una condición social poco atractiva, la producción de olores, el esparcimiento de basuras y entre otros impactos que puedan afectar (Espinoza & Rosalba, 2018).

El almacenamiento de residuos en un mismo sitio necesita un sistema apropiado de contenedores para reducir los posibles impactos que pueda generar. Los contenedores pueden ser de material como acero o plástico, en cambio las bolsas plásticas o de cartón son para uso doméstico, los recipientes con un volumen considerablemente ya sea acero son usados para lo que son residuos generadas en los locales comerciales u otras fuentes. El sistema de recolección implica una adecuada selección de vehículos recolectores y una ruta específica por cual recorrer, por medio de toda la zona, con el objetivo de lograr una máxima cobertura con el servicio de recolección de residuos (Toro et al., 2016).

Los principales daños a la salud causados por los residuos se da por mala disposición debido fundamentalmente a la ausencia de condiciones adecuadas como un sistema de alcantarillado, tanques sépticos y letrinas, el potencial aumento y proliferación de criaderos de vectores y roedores, que propician la aparición y transmisión de enfermedades como malaria, dengue, parasitismo intestinal, entre otros (Guerra, 2014).

El proceso de contaminación de las diferentes fuentes hídricas, es causado por la mala disposición de los residuos sólidos, donde se pueden contaminar a través de bacterias, microorganismos y oxígeno genera compuestos que acidifican el agua, eliminan el oxígeno vital para la vida de las especies acuáticas y hace que las aguas para consumo humano se contaminen y generen problemas de salud (Vicardi, 2015).

2.1.3 Composición de los residuos sólidos urbanos.

Los valores más altos que representa la composición de los residuos son restos de alimentos, papel, cartón y plásticos y restos de las podas de los jardines. Los valores porcentuales demuestran las posibilidades que existen de aprovechamiento de los residuos ya sea la parte orgánica e inorgánica, en las ciudades pueden ser considerado el reciclaje en una gran magnitud tomando en cuenta del porcentaje de los restos que se puedan aprovechar, existen pocos casos en los cuales existe una selección y clasificación de los desechos, que por lo general grupos de personas reciclan ya sea en los camiones recolectores y los sitios de disposición final, que en la mayoría de los casos las entidades competentes no reciben réditos económicos por brindar el servicio (SEDESOL, 2004).

En lo general los residuos sólidos está compuesta por:

- Materia orgánica. - Restos de actividades de limpieza, poda de jardines y alimentos.
- Papel. – Revistas, periódicos, bolsas, cajas, etc.
- Plásticos. – Vasos, platos y cubiertos desechables, botellas, fundas o bolsas plásticas, embalajes.
- Vidrio. – Frascos, restos de vajillas.
- Metales. – Botes de pintura, latas, entre otros SEDESOL, 2004).

2.2 Relleno sanitario

Mora (2017) menciona que “El relleno sanitario es un método completo y definitivo para depositar los desechos sólidos y resulta una técnica bastante conveniente al funcionar en poco tiempo además de tener una baja inversión inicial”, se basa en principios de ingeniería donde se confina la basura reduciendo su volumen para que ocupe la menor área posible, donde se la cubre diariamente con capas de tierra. Una gran ventaja que tiene el relleno es que se puede aprovechar terrenos que sean considerado improductivos. El relleno sanitario tiene como propósito final conservar y proteger el entorno del área de influencia, esta técnica busca evitar y minimizar los efectos derivados de la disposición final de

residuos. Para cumplir estos objetivos se requiere tener una infraestructura bien diseñada con equipos adecuados, para una buena operación y mantenimiento (Nippon, 2017).

2.3 Tipos de relleno sanitario

2.3.1 Relleno sanitario mecanizado.

El relleno sanitario mecanizado es adecuado para zonas que generan cantidades mayores a 40 toneladas/día. Es un proyecto complejo, que va más allá de operar con equipo pesado, se necesita grandes áreas, lo cual está relacionado producción diaria y tipo de residuos, la planificación del proyecto, la selección del sitio de emplazamiento, el diseño y la fase de operación, y la infraestructura requerida, tanto para disposición final de los residuos como para el control de operaciones que se desarrollaran, y presupuesto destinado. Para la fase de operación del relleno se requiere el uso de maquinaria pesada, como equipo especializado para el movimiento de tierra: tractor de oruga, retroexcavadora, cargador, volqueta, entre otros (Jaramillo, 2002) .

2.3.2 Relleno sanitario Semimecanizado.

(Toro et al., 2016) mencionan que “Este tipo de rellano se suele diseñar cuando la producción de residuos sea entre 16 y 40 toneladas/día de residuos sólidos”, lo más recomendado es el empleo de maquinaria pesada como complemento al trabajo manual, con la finalidad de tener una mayor compactación de los residuos, la estabilización de los terraplenes e incrementar la vida útil del relleno. Basado en experiencias realizadas en otros lugares, es necesario la adquisición de maquinaria pesada (tractores de orugas o retroexcavadoras), de manera permanente para el movimiento de tierras este tipo de relleno es recomendable para poblaciones mayores de 40 000 habitantes (Garrido, 2014).

2.3.3 Relleno sanitario manual.

Son rellenos sanitarios diseñados para pequeñas ciudades que por la cantidad y los tipos de residuos generan un valor menor a las 15 toneladas/día, además por los recursos económicos disponibles, es estos casos no están en capacidad de adquirir maquinaria pesada debido a que no poseen los suficientes recursos económicos tanto para la operación y mantenimiento. Un relleno manual hace referencia a que la compactación de los residuos es ejecutado por un grupo de hombres, con la ayuda de algunas herramientas (Eguizabal, 2008).

2.4 Métodos de relleno

Los principales métodos usados para disponer los residuos sólidos urbanos en un relleno sanitario se clasifican en: Trinchera, Área, y Combinado.

2.4.1 Método de trinchera.

El método de trinchera se usa donde el nivel freático es profundo y que sean terrenos con bajas pendientes, las trincheras son excavadas empleando equipos de movimiento de tierras, consiste en depositar los residuos sobre un talud inclinado, donde son esparcidos y compactados con los equipos seleccionados, con la finalidad de formar una celda que posterior a eso es cubierta, al menos una vez al día, con el material restante de la excavación para formar la trinchera, siendo esparcido y compactado. Es recomendable para zonas planas y con suelos que tengan buenas características cohesivas, dado que se podrá aumentar la pendiente de los taludes sin ningún riesgo a que exista deslizamientos, la trinchera generalmente mide 2 o 3 metros altura (Zamora, 2012).

2.4.2 Método de Área.

Este método es usado en diferentes tipos de terreno como canteras abandonadas, inicio de cañadas, zonas planas, depresiones y ciénegas contaminadas. Un aspecto importante que se debe considerar es, la distancia del lugar donde se puede conseguir el material de cobertura, con el objetivo de que los costos de operación no sean altos. El método es parecido al de trinchera, depositando los residuos sobre un talud inclinado, que posterior a ello son compactadas en capas inclinadas para formar una celda que después es cubierta con tierra. La construcción de las celdas se empieza desde un extremo del área a rellenar y continua hasta terminar en el otro extremo (Jaramillo, 2002).

2.4.3 Método Combinado.

En ciertos casos cuando las condiciones hidrológicas, físicas y topográficas del sitio seleccionado para el emplazamiento del relleno sanitario son las correctas, se pueden combinar los dos métodos mencionados anteriormente, por lo general, se comienza con el método de trinchera y luego con el método de área en la parte superior, pero también existe una variación en donde parte con el método de área, excavando el material de cobertura

de la base de la rampa, al final se forma una trinchera. Los métodos combinados son considerados los más eficientes ya que evita el transporte de material de cubierta desde otros sitios, pero esto se da siempre y cuando el material se encuentre en el mismo sitio (Nippon, 2017).

2.6 Ventajas y desventajas de un relleno sanitario

2.6.1 Ventajas.

El relleno sanitario, es la alternativa más económica; considerando la asignación de recursos económicos y técnicos necesarios para la implementación de este tipo de proyecto. Las ventajas más importantes son:

- La inversión inicial es menor a la que se requiere para implementar otro tipo de tratamiento como por ejemplo la incineración.
- Los costos de operación y mantenimiento son menores a los métodos de tratamiento.
- Es un método completo, por la capacidad que dispone para depositar cualquier tipo de RSU.
- El gas metano producido en los rellenos por la descomposición de la parte orgánica de los residuos sólidos, puede constituir una fuente alternativa de energía.
- Cuando la zona de emplazamiento se encuentra cerca de la zona urbana, respetando las distancias que establece la ley, esto hace que minimice los costos del sistema de transporte de residuos.
- Permite dar uso de terrenos que son considerados como improductivos.
- Su funcionamiento puede darse en muy poco.
- Puede recibir mayores cantidades de residuos con poco aumento de personal (Zamora, 2012).

2.6.2 Desventajas.

- Los problemas sociales son un gran inconveniente a la hora de disponer de un sitio de emplazamiento.
- La expansión de la zona urbana, limita e incrementa los costos de los terrenos disponibles, lo que a su vez hace que la ubicación del relleno sea en lugares más distantes.
- Después de la clausura del relleno no es recomendable usarlo para la construcción de grandes infraestructuras.

- Se recomienda realizar monitorios después de realizar el cierre del relleno, para controlar los impactos ambientales, y evitar que la población de quiera dar algún uso al sitio.
- Si no existe una adecuada planificación a la hora de decidir el lugar de emplazamiento, sin tomar respectivas medidas de prevención de impactos ambientales, esto puede ocasionar impactos a largo plazo.
- En rellenos sanitarios de grandes magnitudes es recomendable analizar los efectos en el tráfico vehicular, sobre todo para los camiones recolectores debido a los horarios de recolección que puedan estar establecidos.
- Los terrenos ubicados cerca del relleno sanitario se devalúan (Zamora, 2012).

2.7 Sistema de Recolección

El sistemas de recolección es el conjunto de medios que facilitan brindan el servicio de recolección de los residuos que es competencia de los municipios, desde el punto de entrega donde el usuario los ubica, según el tipo de servicio, hasta el primer destino, ya sea una estación de transferencia, o la disposición final en un relleno sanitario (Espinoza & Rosalba, 2018).

El servicio de recolección debe ser:

- Eficiente, minimizando los costos, que por lo general son tarifas que pagan los usuarios.
- Efectivo, para que la población este satisfecha.
- Equitativo, debe tener una cobertura total, tanto en la parte urbana como rural.
- Seguro, debe ser permanente y consistente y de bajo impacto, para proteger la salud de las personas y el cuidado del medio ambiente (SEDESOL, 2004).

Los principales sistemas de recolección de residuos sólidos municipales son:

- Servicio puerta a puerta, frente a domicilios, o acera, recorrido por todas las vías, consiste en que simultáneamente el recorrido del camión por su ruta, los equipos de recolección van recogiendo los residuos, anteriormente colocados en cada una de casas.
- Recolección por punto fijo, por lo general los residuos se recogen en la esquina de cada calle.

- Recolección en contenedores ubicados en puntos específicos, La recolección mediante contenedores. Este sistema es utilizado en zona comercial, mercados y centros de alta generación (Espinoza & Rosalba, 2018).

2.8 Frecuencia de recolección

En la mayoría de ciudades aún se identifica un buen servicio de recolección de basura, con el afán de que los encargados lo realicen con una frecuencia diaria. Con el pasar del tiempo esto ha ido cambiando ya que en la mayoría de ciudades están dándole mucha importancia a la frecuencia que tiene el servicio para cada lugar (Espinoza & Rosalba, 2018).

La Frecuencias de recolección y horarios, dependen de:

- Las tarifas por el servicio, por ello se recomienda una frecuencia de 2 a 3 veces por semana.
- Condiciones sanitarias, el almacenamiento de los residuos puede verse afectado por el clima, provocando la descomposición de la parte orgánica.
- Tamaño de las zonas urbanas y el tráfico, en zonas centrales y congestionadas se prefiere horarios nocturnos (SEDESOL, 2004).

2.9 Cobertura de recolección

La cobertura de recolección hace referencia a la eficacia del sistema para brindar el servicio a la mayoría de la población, la cobertura es parte fundamental en el servicio de aseo y la empresa debe estar pendiente de los detalles para tener una buena eficiencia, para poder aplicar programas de mejoramiento y mantenimiento del servicio. Cuando se proponen planes mejoramiento de la cobertura del servicio, éstos se deben aplicar parcialmente todo ello para adquirir experiencia, con el objetivo de analizar todas las alternativas y seleccionar las más apta, al mismo tiempo se podrán realizar mejoras en el servicio (Espinoza & Rosalba, 2018).

2.10 Transporte

“El transporte de los residuos hacia los sitios previstos para su tratamiento o disposición final ya sea en forma directa o por medio de centros de transferencia, es la fase donde existe una mayor demanda de tiempo y recursos económicos , ya que el sitio de disposición final puede encontrarse alejados de los centros poblados y/o el tráfico también incrementan los costos, teniendo tiempos muertos para el equipamiento y el personal” (SEDESOL, 2004).

Un GAD municipal debe operar con un sistema adecuado de transporte de residuos ya sea de manera directa o por medio de estaciones de transferencia, para ello debe realizar un análisis de costos y beneficios en base a:

- El volumen de basura producida en las distintas fuentes.
- Frecuencia y el personal necesario.
- Condiciones sociales y ambientales (SEDESOL, 2004).

2.11 Marco Legal

2.11.1 Constitución de la república del Ecuador.

En La Constitución de la República de Ecuador algunos artículos están ligados al medio ambiente como:

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

En el título V de la Organización Territorial del Estado, capítulo cuarto en el Régimen de Competencias, Art. 264.- Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley: en el literal cuarto menciona

4. Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley.

Art. 415.- El Estado central y los gobiernos autónomos descentralizados adoptarán políticas integrales y participativas de ordenamiento territorial urbano y de uso del suelo, que permitan regular el crecimiento urbano, el manejo de la fauna urbana e incentiven el establecimiento de zonas verdes.

En el Título VII del Régimen del Buen Vivir, el capítulo segundo de Biodiversidad y recursos naturales, en la Sección séptima, Biosfera, ecología urbana y energías alternativas, hacemos referencia al siguiente artículo (Asamblea General Constituyente, 2008).

2.11.2 Reglamento al Código Orgánico del Ambiente (RCOA).

TITULO VII GESTION INTEGRAL DE RESIDUOS Y DESECHOS

CAPITULO I DISPOSICIONES GENERALES

Art. 560.- **Ámbito.** - Se hallan sujetos al cumplimiento y aplicación de las disposiciones del presente Título, todas las personas naturales o jurídicas, públicas, privadas o mixtas, nacionales y extranjeras, que participen en la generación y gestión integral de residuos o desechos, sus fases y actividades afines.

Art. 562.- **Políticas generales de la gestión integral de los residuos y desechos.** - Además de aquellas contempladas en el Código Orgánico del Ambiente, son políticas generales para la gestión integral de residuos y desechos, las siguientes:

a) Fomento al desarrollo de iniciativas nacionales, regionales y locales, públicas, privadas y mixtas, para la gestión de residuos y desechos (Asamblea General Constituyente, 2019).

Art. 565.- **Plan de gestión integral municipal de residuos y desechos sólidos no peligrosos y desechos sanitarios.** - Los gobiernos autónomos descentralizados municipales y metropolitanos deberán elaborar y presentar el Plan de Gestión Integral Municipal de residuos y desechos sólidos no peligrosos y desechos sanitarios, mismo que debe ser remitido a la Autoridad Ambiental Nacional para su aprobación, control y seguimiento(Asamblea General Constituyente, 2019).

Art. 573.- **Atribuciones de la Autoridad Ambiental Nacional.** - Sin perjuicio de aquellas establecidas en la Constitución y la ley, las atribuciones de la Autoridad Ambiental Nacional, respecto a la gestión integral de residuos y desechos, son las siguientes:

a) Expedir políticas, instructivos, normas técnicas y demás instrumentos normativos necesarios para la gestión integral de residuos y desechos, en concordancia con la

normativa aplicable y los instrumentos internacionales ratificados por el Estado (Asamblea General Constituyente, 2019).

Art. 574.- Gestión de desechos de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales o Metropolitanos. - Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales o Metropolitanos para la gestión integral de los residuos y desechos, considerarán lo siguiente:

- a) Emitir normativa local para la gestión integral de residuos y desechos, en concordancia con la política y normativa ambiental nacional vigente (Asamblea General Constituyente, 2019).

CAPITULO III GESTION INTEGRAL DE RESIDUOS Y DESECHOS SOLIDOS NO PELIGROSOS

Art. 577.- Gestión integral de residuos y desechos sólidos no peligrosos. La gestión integral de residuos y desechos sólidos no peligrosos constituye el conjunto integral de acciones y disposiciones regulatorias, operativas, económicas, financieras, administrativas, educativas, de planificación, monitoreo y evaluación para el manejo de los residuos y desechos sólidos no peligrosos desde el punto de vista técnico, ambiental y socioeconómico (Asamblea General Constituyente, 2019).

Art. 580.- Viabilidad técnica. - Para los proyectos de cierre técnico de botaderos y proyectos para la gestión integral de residuos y desechos sólidos no peligrosos o cualquiera de sus fases, los gobiernos autónomos descentralizados municipales y metropolitanos deberán presentar a la Autoridad Ambiental Nacional, los estudios de diagnóstico, factibilidad y diseños definitivos. Una vez presentados los estudios, la Autoridad Ambiental Nacional determinará su viabilidad técnica, mediante informe motivado y según la normativa y lineamientos que se expida para el efecto.

Independientemente del modelo de gestión adoptado, para estos proyectos los gobiernos autónomos descentralizados municipales y metropolitanos deberán obtener la viabilidad técnica como requisito previo a la obtención de la autorización administrativa ambiental (Asamblea General Constituyente, 2019).

Art. 596.- Disposición final. - Es la última de las fases de la gestión integral de los desechos, en la cual son dispuestos de forma sanitaria mediante procesos de aislamiento y confinación definitiva, en espacios que cumplan con los requerimientos técnicos establecidos en las normas secundarias correspondientes, para evitar la contaminación, daños o riesgos a la salud humana y al ambiente.

Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales y Metropolitanos deberán disponer los desechos sólidos no peligrosos de manera obligatoria en rellenos sanitarios u otra alternativa que cumpla con los requerimientos técnicos y operativos aprobados para el efecto. La disposición final de desechos sólidos no peligrosos se enfocará únicamente en aquellos residuos que no pudieron ser reutilizados, aprovechados o reciclados durante las etapas previas de la gestión integral de residuos o desechos.

Asimismo, se prohíbe la disposición final en áreas naturales que conforman el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, en el dominio hídrico público, aguas marinas, playas, en las vías públicas, a cielo abierto, patios, predios, solares, quebradas o en cualquier otro lugar diferente al destinado para el efecto, de acuerdo a la norma secundaria que emita la Autoridad Ambiental Nacional (Asamblea General Constituyente, 2019).

2.11.3 Código Orgánico del Ambiente (COA).

CAPITULO II GESTION INTEGRAL DE RESIDUOS Y DESECHOS SOLIDOS NO PELIGROSOS

Art. 228.- De la política para la gestión integral de residuos sólidos no peligrosos. La gestión de los residuos sólidos no peligrosos, en todos los niveles y formas de gobierno, estará alineada a la política nacional dictada por la Autoridad Ambiental Nacional y demás instrumentos técnicos y de gestión que se definan para el efecto (Asamblea General Constituyente, 2017).

Art. 229.- Alcance y fases de la gestión. La gestión apropiada de estos residuos contribuirá a la prevención de los impactos y daños ambientales, así como a la prevención de los riesgos a la salud humana asociados a cada una de las fases. Las fases de la gestión integral de residuos sólidos no peligrosos serán determinadas por la Autoridad Ambiental Nacional (Asamblea General Constituyente, 2017).

Art. 230.- De la infraestructura. Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales o Metropolitanos proveerán de la infraestructura técnica de acuerdo a la implementación de modelos de gestión integral de residuos sólidos no peligrosos, de conformidad con los lineamientos y normas técnicas que se dicten para el efecto (Asamblea General Constituyente, 2017).

Art. 231.- Obligaciones y responsabilidades. Serán responsables de la gestión integral de residuos sólidos no peligrosos a nivel nacional, los siguientes actores públicos y privados:

Inciso 2. Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales o Metropolitanos serán los responsables del manejo integral de residuos sólidos no peligrosos y desechos sanitarios generados en el área de su jurisdicción, por lo tanto, están obligados a fomentar en los generadores alternativas de gestión, de acuerdo al principio de jerarquización, así como la investigación y desarrollo de tecnologías. Estos deberán establecer los procedimientos adecuados para barrido, recolección y transporte, almacenamiento temporal de ser el caso, acopio y transferencia, con enfoques de inclusión económica y social de sectores vulnerables. Deberán dar tratamiento y correcta disposición final de los desechos que no pueden ingresar nuevamente en un ciclo de vida productivo, implementando los mecanismos que permitan la trazabilidad de los mismos. Para lo cual, podrán conformar mancomunidades y consorcios para ejercer esta responsabilidad de conformidad con la ley. Asimismo, serán responsables por el desempeño de las personas contratadas por ellos, para efectuar la gestión de residuos y desechos sólidos no peligrosos y sanitarios, en cualquiera de sus fases (Asamblea General Constituyente, 2017).

2.11.4 Ordenanza para la gestión integral de residuos sólidos y buenas prácticas ambientales en el cantón Sígsig.

Art.1. La presente ordenanza regula la generación, clasificación, barrido, recolección, disposición final y tratamiento de los residuos sólidos del cantón Sígsig, sus parroquias comunidades y sectores periféricos de conformidad a la Normativa Municipal y Leyes pertinentes (Consejo Cantonal Sígsig, 2019).

Art.2 Crease la Unidad de Gestión de Residuos Sólidos (UGRS), como una dependencia administrativa municipal de carácter técnico, que depende directamente de la Dirección de Vialidad y Movilidad. Sus atribuciones estarán por las perspectivas ordenanzas y por este instrumento (Consejo Cantonal Sígsig, 2019).

Art. 3 La Unidad de Gestión de Residuos Sólidos estará representado por el Técnico de la Unidad, que será responsable de la gestión técnica y administrativa de la entidad coordinará con las secciones correspondientes el desarrollo de las actividades (Consejo Cantonal Sígsig, 2019).

Art. 4 El barrido y recolección le corresponde realizarlos a la Unidad de Gestión de Residuos Sólidos del Gobierno Municipal del Cantón Sígsig, con la participación de todos sus habitantes (Consejo Cantonal Sígsig, 2019).

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Línea Base

3.1.1 Ubicación.

El cantón Sígsig se ubica al sureste de la provincia del Azuay, a una distancia de 60 km de su capital Cuenca, con una población en el año 2 020 de 30 509 habitantes según datos de proyección del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). Es parte del nudo vial Sígsig-Matanga, que conecta a la provincia del Azuay con la parte sur del Oriente ecuatoriano, las principales actividades que se realiza es la agricultura y las artesanía, en su territorio se ubica el complejo arqueológico Chobshi, que alberga testimonios prehistóricos sobre todo de la cultura cañari, cuenta con una gran variedad de climas, pisos climáticos e incluso con una gran cantidad de paisajes, además incluyendo su gran conjunto urbano, plazas, templos, construcciones antiguas forman una estructura proveniente del pasado (CORREA, 2015).

Se encuentra limitado con: los cantones Chordeleg y Gualaceo al Norte, al Sur con Nabón y Girón, al Este con la Provincia de Morona Santiago y al Oeste con el cantón Girón y Cuenca. El cantón está conformado por 7 parroquias: Jima, Cuchil, Güel, Ludo, San José de Raranga, San Bartolomé y su cabecera cantonal Sígsig. Cada una de estas parroquias guardan un gran valor histórico y cultural, como el sitio arqueológico de Chobshi, el cual guarda un gran valor historio y a partir de dicha historia forma parte de su cultura y sus actividades, como la agricultura, el tejido del sombrero de paja toquilla, el tradicional arado con los toros, la producción de leche y demás aspectos propios los cuales, hacen que Sígsig tenga un buen patrimonio cultural.

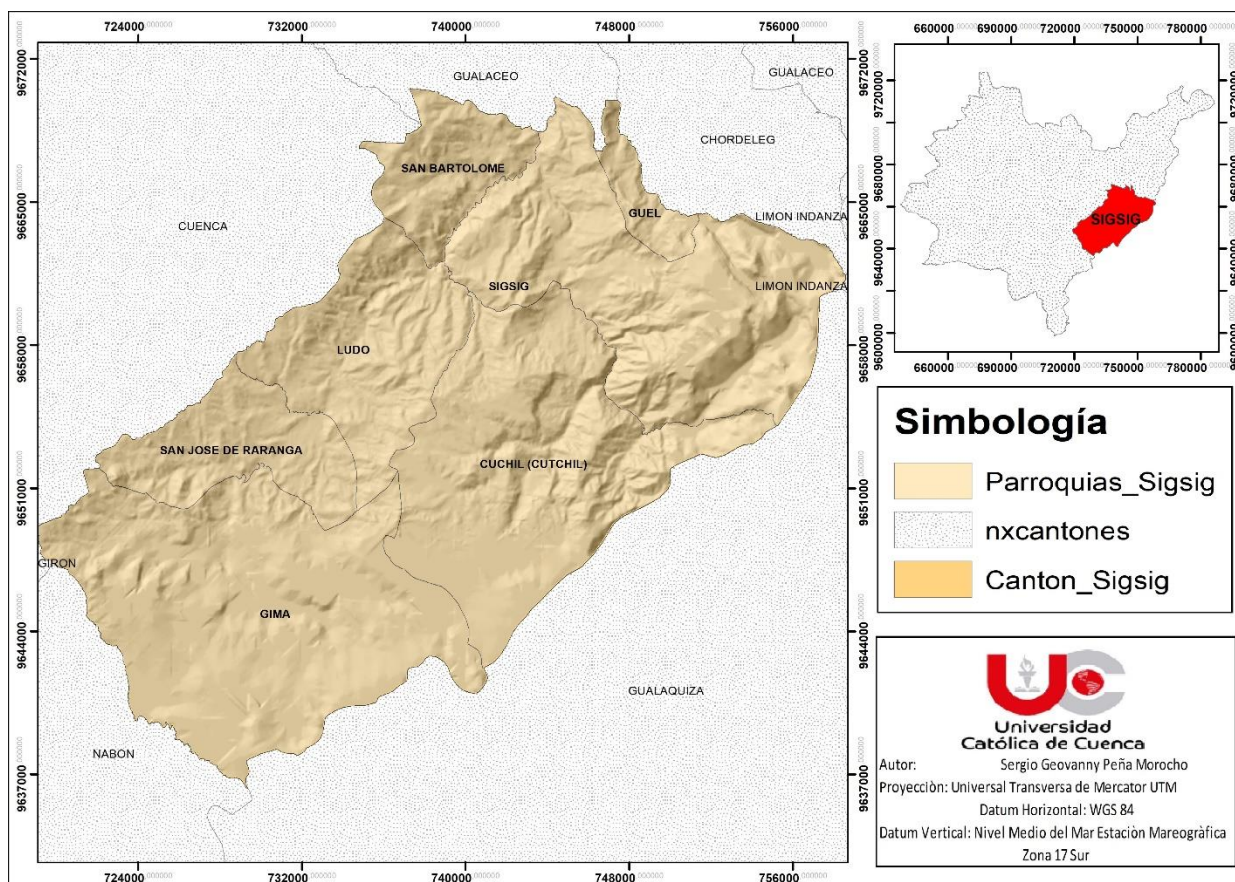


Figura 1: Mapa de ubicación de la zona de estudio

Elaborado por: Sergio Peña

3.1.2 Medio Físico

3.1.2.1. Suelo.

El cantón está conformado por litologías relacionadas a procesos, intrusivos, efectos de metamorfismo y grandes secuencias volcánicas junto a eventos que sucedieron en todo el continente, también está conformado por estribaciones de la Cordillera Real; una característica de la geología son por las secuencias metamórficas relacionadas con el proceso de acreción, en el lado occidental está representado por un arco de islas que pertenece al Terreno Alao de origen marino en el Jurásico Tardío, dicha secuencia está asociado al Magmatismo Triásico-Jurásico perteneciente al Terreno Loja de origen continental, estas unidades lito tectónicas están separadas por la falla llamada el frente Baños. La topografía del cantón es irregular formando en algunos sitios una geomorfología con fuertes pendientes (PDOT Sigsig, 2015).

3.1.2.2. Pendientes.

“La mayoría de territorio del cantón Sígsig está conformado por pendientes en un rango de 25 – 50 %, lo cual genera ciertas limitaciones en su topografía, siendo un inconveniente de manera sustancial para algunas actividades antrópicas, solo el 6,91 % del territorio total del cantón, con un área de 4 637,61 ha y se encuentra en condiciones óptimas para realizar diferentes actividades agro productivas, cabe señalar que la mayoría de estas zonas se ubican cerca o dentro de ecosistemas frágiles como los páramos limitando aún más las actividades agrícolas, debido a que son áreas protegidas. También existen zonas con fuertes pendientes, que ocupan el 36,6 % del área total del cantón, siendo zonas de estricta conservación, algunos asentamientos humanos se ubican cerca de fuertes pendientes limitando su expansión, por lo general las parroquias San Bartolomé, la cabecera cantonal Sígsig y Jima, los asentamientos humanos se encuentran cerca de pendientes pronunciadas que a su vez influye directamente en la planificación territorial en el cantón” (PDOT Sígsig, 2015).

3.1.2.3. Hidrología.

Sígsig se encuentra dentro de la cuenca del río Santiago y a la subcuenca del río Paute, de la cual el cantón corresponde al 5,53% de la superficie de la subcuenca, una parte del sur del cantón Sígsig está dentro de la cuenca del río Jubones, donde sus aguas desembocan a la vertiente del Pacífico, para esta cuenca el cantón representa el 1,21% del área total de la cuenca. Sus principales fuentes hídricas son ríos Santa Bárbara Zhío, Boladel y Pamar, Sígsig un cantón con abundancia del recurso Agua debido a la cercanía que se encuentra de la cordillera de Los Andes, y los páramos lo cual es su mayoría están debidamente conservados, pero en las parroquias, Ludo, San José de Raranga y San Bartolomé en las partes altas, se realizan algunas actividades antrópicas en los bosques protectores del Guarango y el Aguarongo lo que genera un déficit en el recurso hídrico para los moradores de las parroquias mencionadas (PDOT Sígsig, 2015).

3.1.2.4. Clima y precipitaciones.

De acuerdo a la tabla 1 la temperatura promedio entre 14 °C y 15,9 °C, con máximas hasta de 22,2 °C y mínimas de 8,8 °C. Existe una gran cantidad de lluvia en Sígsig, incluso en el mes más seco. Con una precipitación aproximada es de 772 mm.

Tabla 1: Datos de temperatura del canton Sigsig

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	15.7	15.9	15.7	15.5	15.4	14.6	14	14.2	14.8	15.6	15.7	16
Temperatura min. (°C)	9.9	10.1	10.1	10	9.9	9.2	8.8	8.8	9.3	9.7	9.2	9.8
Temperatura máx. (°C)	21.6	21.8	21.4	21.1	20.9	20	19.3	19.6	20.3	21.5	22.2	22.2
Precipitación (mm)	47	65	86	95	71	59	60	44	49	70	64	62

Fuente: (CLIMATE-DATA.ORG,2018)

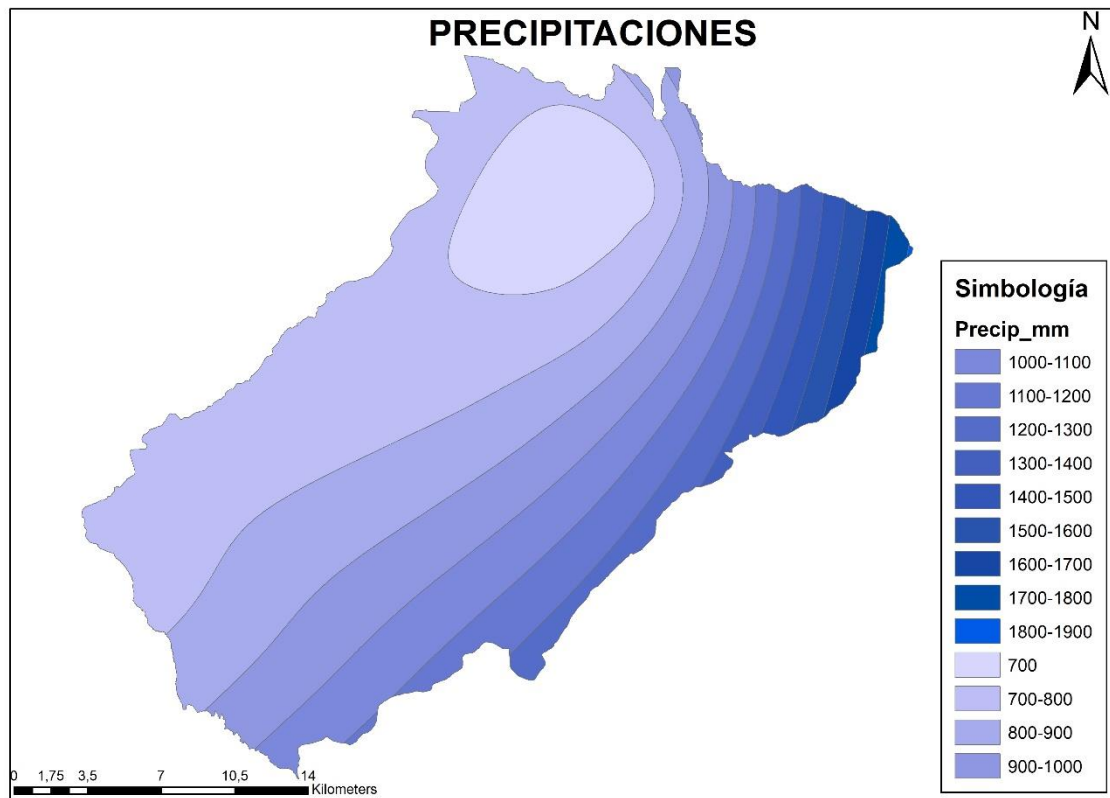


Figura 2: Mapa de precipitaciones

Fuente: Sergio Peña

3.1.3 Medio Biótico.

3.1.3.1. Flora.

El cantón Sígsig cuenta con una variedad muy amplia de flora la cual se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 2: Flora del cantón Sígsig

Flora	
Nombre común	Nombre científico
Sunjo de montaña	<i>Cedrela montana</i>
Dulcamara	<i>Solanum dulcamara</i>
Chimul	<i>Marrubium vulgare</i>
Mollon	<i>Cortaderia selloana</i>
Motilón	<i>Hieronima macrocarga</i>
Sigse	<i>Cortaderia Selloana</i>
Yanten	<i>Plantago major</i>
Diente de león	<i>Taraxacum officinale</i>
Mortiño	<i>Vaccinium meridionale</i>
Ataco	<i>Amaranthus hypochondriacus</i>
Ruda Manzana	<i>Ruta grave ole ns</i>
Aguacate	<i>Persea americana</i>
Manzanilla	<i>Chamae melum Nobile</i>
Laurel	<i>Laurus nobilis</i>
Manzana	<i>Malus somestica</i>
Capuli	<i>Prunus serotina</i>

Fuente: (PDOT Sígsig, 2015)

3.1.3.2. Fauna.

La fauna es diversa en donde se puede encontrar fauna nativa e introducida las cuales se detalla en las siguientes tablas:

Tabla 3: Fauna del cantón Sígsig

Fauna nativa	
Nombre Común	Nombre Científico
Ratón andino	<i>Abrothrix andinus</i>
Conejo silvestre	<i>Oryctolagus cuniculus</i>
Lobo de páramo	<i>Lycalopex culpaeus reissii</i>
Comadreja andina	<i>Mustela frenata</i>
Murciélago orejón andino	<i>Nyctinomops laticaudatus</i>
Zarigüeya de orejas blancas	<i>Didelphis aurita</i>
Zorro	<i>Vulpes vulpes</i>
Zorrillo	<i>Mephitidae</i>
Ardilla	<i>Sciurus vulgaris</i>
Cuy silvestre	<i>Cavia tschudii</i>
Sacha cuy	<i>Cavia porcellus</i>

Fuente: (PDOT Sígsig, 2015)

Tabla 4: Fauna del cantón Sígsig

Fauna introducida	
Nombre Común	Nombre Científico
Vacas	<i>Bos primigenius taurus</i>
Cabra	<i>Cabra aegagrus hircus</i>
Chivo	<i>Cabra aegagrus hircus</i>
Ratón	<i>Mus</i>
Caballo	<i>Equus caballus</i>
Mula	<i>Equus asinus</i>
Burro	<i>Equus asinus</i>
Oveja	<i>Ovis aries</i>
Chancho	<i>Sus scrofa domestica</i>
Cuy	<i>Cavia porcellus</i>
Conejo	<i>Oryctolagus cuniculus</i>
Gallina	<i>Gallus domesticus</i>

Fuente: (PDOT Sígsig, 2015)

3.1.4 Medio Socioeconómico.

3.1.4.1. Actividades productivas y principales fuentes de empleo.

Según Datos del Censo Nacional de Población y Vivienda del año 2010, la “Población Económicamente Activa” (PEA) es el 43,87% de la población siendo 12 000 personas próximamente, del cual el 52% son mujeres y el 48% son hombres. El cual contribuye con un 4 % del PEA de la provincia del Azuay.

Las principales actividades que se dedica la PEA son la agricultura, ganadería, silvicultura y pesca a la cual se dedica el 40% de la población, el 27 % de la población se

dedica a la industria manufacturera, en esta categoría se desempeñan un elevado porcentaje de mujeres, dentro de ellos están la elaboración del sombrero de paja toquilla dado que es lo que le caracteriza al cantón, el 10% de la población se dedica a la rama de la construcción; y el resto de la población se dedica al comercio al por mayor y menor el cual encuentran entre el 0,1 y el 4,6 %. (PDOT Sígsig, 2015).

En la tabla 5 se detalla cada uno las actividades que se realiza en el cantón Sígsig y porcentaje de la población que se dedica a ello:

Tabla 5: Principales actividades del cantón Sígsig

Actividades	Porcentaje de población %
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	40
Industrias manufactureras	27,2
Construcción	10,7
Comercio al mayor y menor	6,8
Transporte y almacenamiento	3,1
Administración pública y defensa	2,7
Actividades de los hogares como empleadores	2,7
Enseñanza	2,2
Actividades de alojamiento y servicio de comida	1,3
Otras actividades de servicios	0,9
Otros	2,5

Fuente: (PDOT Sígsig, 2015)

3.1.4.2. Población

Según el Censo de Población realizado en el 2010 por el “Instituto Nacional de Estadística y Censos” (INEC), el cantón Sígsig cuenta con una población total de 28047 habitantes, los cuales, el 56 % de la población son mujeres y el 44% son hombres.

Según las proyecciones de población del “INEC”, la población del cantón en el año 2020 es de 30509 como se detalla en la tabla 6.

Tabla 6: Proyección de la población del cantón Sígsig

Año	Habitantes
2010	28047
2011	28326
2012	28603
2013	28873
2014	29134
2015	29387
2016	29630
2017	29864
2018	30089
2019	30304
2020	30509
2021	30705
2022	30891
2023	31067
2024	31232
2025	31388
2026	31534
2027	31671
2028	31797
2029	31914
2030	32021

Fuente: (INEC, 2010)

3.1.4.3. Educación

En el cantón existen 44 establecimientos de educación básica, el 92% de los centros educativos son establecimientos educación básica, 6% unidades educativas y solo el 2% en centros de educativos son colegios.

Las parroquias de Ludo, San José de Raranga y Jima tienen los porcentajes más altos de analfabetismo con un 20,82%, 15,78% y 13,28% respectivamente a comparación de la cabecera cantonal con un 9,12%. El nivel de escolaridad promedio de la población es de 24 y más años de edad es de un 6,78% en la cabecera cantonal siendo el más alto a comparación del 4,28% de la parroquia Ludo que es el más bajo, por lo que la tasa de analfabetismo es mayor en las zonas rurales con un 12,99% a comparación con la parte urbana que es apenas de un 3,55% (PDOT Sígsig, 2015).

3.1.5 Medio Sociocultural

Sígsig posee un gran valor cultural caracterizado por sus tradiciones y leyendas, pero por otro lado es conocido por las artesanías que elabora, como los sombreros de paja

toquilla, esculturas de madera, tejidos, bordados, cerámica; lo cual llama la atención de muchos turistas.

Entre las fiestas más populares tenemos:

Fiesta de San Sebastián

Se celebran el 20 de enero año tras año, el día de la fiesta comienza con la participación de banda de pueblo, seguidas de presentaciones folklóricas, obras teatrales de las tradiciones del cantón e interpretaciones musicales, también se desarrolla el juego de la “Escaramuza” en el cual participan alrededor de 200 participantes con sus corceles, que realizan una coreografía con giros coordinados como homenaje a San Sebastián, junto a ello la sinfonía de la banda de pueblo, “el reto” con la toma simbólica de la plaza; todo esto es acompañado de los Jampos (personas con varios disfraces como demonios, santos y otros más), que desfilan al son de la música durante los días que se realiza la festividad (PDOT Sígsig, 2015).

Fiestas de cantonización de Sígsig.

Se realiza el 16 de abril de cada año, se da la elección de la reina y cholita sigseña, evento acompañado de un show artístico denominado “La gran “Noche Sígsaña”. Al día siguiente el desfile cívico, acompañados de shows folklórico, militar y cultural que recorre las principales calles del cantón. El mismo día se lleva a cabo una sesión solemne que da lugar en el salón de actos de la escuela “16 de abril”, y para finalizar las festividades se desarrolla el Tradicional Lunes Sigseño en las playas de Zhingate (PDOT Sígsig, 2015).

Fiestas de la Virgen María Auxiliadora.

Se celebra todo el mes de mayo siendo el día festivo el 24 del mes, todos los días sábados cuando apenas está amaneciendo, se canta el Rosario de la Aurora; los devotos caminan por el frío del amanecer caminando por todo pueblo al son de los cánticos en honor a la virgen María. En los días que se realiza la Novena es donde la mayoría de personas acuden al sitio; en el día de la víspera se realizan actos de emoción religiosa como por ejemplo La Gran Misa Campal, donde se realiza la Coronación de María y posterior a ello se realiza una Serenata a la “Churona de Tudul” y se da fin con el espectáculo de juegos pirotécnicos, para finalizar se realiza un recorrido con la imagen de la “Churona” por la cabecera cantonal del cantón Sígsig (PDOT Sígsig, 2015).

Jornadas Deportivas Vacacionales

Se lo realiza el mes de agosto donde el Sígsig celebra una semana deportiva de múltiples disciplinas tanto para varones como mujeres, en la cual se concentran más de

2000 personas, en la que los sigseños residentes en distintos lugares del país y en el exterior regresan para compartir estos momentos lleno de emociones. En esa semana los turistas y personas que visitan nuestro cantón, disfrutan de las diferentes competencias deportivas, así también puede visitar los diferentes entornos y atracciones turísticas (PDOT Sígsig, 2015).

El Pase del Niño (diciembre).

La procesión da inicio el día 24 de diciembre y finaliza el 6 de enero del siguiente año, en donde lo organizan varios sacerdotes con la imagen del Niño Jesús. En la actualidad se siguen realizando grandes desfiles, representando escenas de la vida de Jesucristo acompañado de niños y niñas disfrazados y los famosos carros alegóricos. (PDOT Sígsig, 2015).

3.2 Sistema de Gestión de Residuos Sólidos del cantón Sígsig

3.2.1 Sistema de Recolección.

La recolección de residuos en el cantón Sígsig se realiza los días lunes, martes, jueves y viernes para la parte urbana, y en la parte rural se lo realiza el día miércoles, el horario de recolección es de 8:00 am a 13:00 pm. Lo cual se detalla en la tabla 7

Tabla 7: Horario de recolección del cantón Sígsig

Día	Frecuencia	Horario
Lunes	1/7	8:00 am a 13:00 pm
Martes	1/7	8:00 am a 13:00 pm
Miércoles	1/7	8:00 am a 13:00 pm
Jueves	1/7	8:00 am a 13:00 pm
Viernes	1/7	8:00 am a 13:00 pm

Fuente: (Minga & Zhiminaycela, 2019)

En las zonas rurales en donde no cuentan con el servicio de recolección no puede acceder debido a varios aspectos como la distancia entre las casas, en esos casos los pobladores del lugar queman su basura y lo orgánico lo usan como abono para sus cultivos. Es importante considerar en este caso que el tener un centro de acopio donde se deposite la basura inorgánica, para que la orgánica se trate en cada casa, con el objetivo de minimizar la generación de residuos.

3.2.2 Barrido de Calles.

Se lo realiza en vías públicas que poseen capa de rodadura y solo incluye alrededor de 0,6 m de la calzada desde la acera a cada lado, el barrido lo realiza el personal del GAD

municipal, el cual está conformado por 4 trabajadores. El horario se lo realiza de 8:00 am a 17:00 pm, es importante considerar que las condiciones climáticas no siempre son las adecuadas, en tiempos lluviosos lo único que se hacen es recoger los residuos que se encuentren en las calles (Minga & Zhiminaycela, 2019).

3.2.3 Caracterización de Residuos Sólidos.

Según un estudio de caracterización de residuos sólidos domiciliarios realizado en el año 2019, presenta que en el cantón Sígsig, se identifica una mayor cantidad de producción de materia orgánica con un total de 48,82 %, residuos altamente reciclables o aprovechables (papel, cartón, plásticos, latas, botellas plásticas, madera, cuero, caucho y telas) y residuos sólidos no aprovechables (vidrio, tetra pack, porcelana y papel higiénico) (Minga & Zhiminaycela, 2019).

Tabla 8: Caracterización de los residuos solidos

Tipo de Residuo	Porcentaje %
Orgánico	48,82%
Papel	3,56%
Plástico rígido	6,18%
Plástico suave	14,36%
Madera	0,16%
Vidrio	2,13%
Tetra pack	0,98%
Metal (Chatarra, Aluminio)	1,24%
Pañales desechables, papel higiénico, toallas sanitarias	19,10%
Caucho, cuero	0,69%
Textil	1,38%
Electrónicos (Lámparas, focos)	0,19%
Pilas	0,08%
Otros	1,14%

Fuente: (Minga & Zhiminaycela, 2019)

3.2.4 Producción per cápita.

La producción per cápita desde el año 2019 es de 0,66 kg/hab/día, en donde para realizar la recolección cuenta con 3 camiones recolectores, los cuales tienen una cobertura del 95% en la zona urbana y un 90% en la zona rural (Consejo Cantonal Sígsig, 2019).

3.2.5 Transporte.

El GAD municipal no cuenta con vehículos recolectores propios, los cuales son contratados en la ciudad de Cuenca que en este caso son tres camiones recolectores que se encargan de la recolección de residuos sólidos, por lo que la eliminación de la basura en su mayoría es por carro recolector con un 39,1% que es transportado a un relleno sanitario, mientras que 38,8% de las personas queman la basura. En estos casos la quema de basura no es tan recomendable ya que genera una contaminación ambiental y ocasionar enfermedades respiratorias a las personas que lo realizan debido a que la basura posee químicos que no son aptos para la salud, esto se da debido a que algunas personas no le dan la importancia que se merece al manejo de la basura producida, en este caso es necesario que exista un proceso de manejo sanitario adecuado de los desechos (Minga & Zhiminaycela, 2019).

Los tres camiones que realizan el servicio de recolección al cantón son, 1 camión recolector montado, y 2 camiones recolectores de cajón abierto. Estos dos camiones son de la marca Hino, modelo GH, los cuales cuentan con una capacidad de 28 a 32 metros cúbicos. Estos camiones son alquilados, y costos son por rutas con valores que oscilan entre los \$ 134,63 y 175,25 los valores se fijan según la lejanía de las parroquias, siendo Jima y Ludo las parroquias que encuentran más alejadas de la cabecera cantonal (GAD Cantón Sígsig, 2015).

3.2.6 Disposición Final.

Sígsig envía todos los desechos generados sin clasificar al relleno sanitario de Pichacay, que se encuentra ubicado en la parroquia Santa Ana, a 21 kilómetros de la ciudad de Cuenca, el cual se encuentra operando desde el 3 de septiembre del 2001, cuenta con un área total de 123 hectáreas y está considerado con una vida útil de 30 años y en el 2002 se les fue otorgado una licencia ambiental mediante el Ministerio del Ambiente.

El peso promedio que de desechos sólidos que compacta diariamente es de 487 ton/día, cuenta con varias características técnicas, como: drenes de lixiviados, sistema de impermeabilización mixta, ductos de gas y cuenta con maquinaria pesada que labora diariamente en el sitio.

3.2.7 Costos del Sistema de Gestión de Residuos Sólidos del cantón Sígsig.

En la tabla 9 se detalla los costos que genera el sistema de gestión de residuos sólidos con un valor total por año de \$ 197 556,57 dólares americanos:

Tabla 9: Costos del Sistema de Gestión de Residuos Sólidos

Descripción	Costo Anual
Gastos generados por disposición final	\$ 47 395,90
Gastos generados por alquiler de transporte	\$ 51 918,94
Gastos en herramientas y otros	\$ 4 671,00
Sueldos de personal	\$ 93 570,74
Total	\$ 197 556,57

Fuente: (Minga & Zhiminaycela, 2019)

3.3 Diseño del relleno sanitario

La metodología que se empleó para el desarrollo del presente trabajo, la propuso (Collazos, 2013). En donde para llevar a cabo el proceso de diseño se parte del análisis de datos de la generación per cápita, en este caso se tomará como base los datos del año 2019, el cual se realizó una proyección hasta el año 2040 para conocer la cantidad de residuos sólidos que generara la zona de estudio en los siguientes 20 años el cual es el tiempo de vida útil del relleno sanitario.

- **Área para la Construcción del Relleno Sanitario.**

Para el cálculo del área para el relleno sanitario se debe tomar en cuenta varios datos los cuales se menciona a continuación:

- Población

Para el cálculo del área para la construcción del relleno sanitario es necesario conocer los datos de población futura, que en este caso serán 20 lo que equivale a los años de vida útil del relleno sanitario.

- Porcentaje de Cobertura (%)

Es importante considerar el porcentaje de cobertura de la recolección de residuos sólidos del cantón, puesto que mediante este porcentaje se conoce la cantidad de habitantes que dispondrán los residuos sólidos en el relleno sanitario.

- Población con Servicio

Es el resultado de la población total con servicio de recolección, para el presente estudio se considerarán la cobertura del servicio que tiene en la actualidad que es del 93 %.

- Generación Per Cápita (kg/hab/día)

La generación per cápita se trabajó con datos del último año que se realizó el proceso de caracterización por parte de la autoridad competente en el año 2019 con un valor de 0,66 kg/hab/día, Zamora (2012) mencionan que para la proyección del per cápita de un lugar se considera un crecimiento anual del 1%.

- Residuos de Mercados y Barridos (ton)

Collazos (2013) menciona que los residuos de mercados y barrido son un 15% de los residuos generados.

3.3.1. Cálculo de la Población.

Tasa de crecimiento poblacional

$$r = \ln\left(\frac{pf}{pi}\right) * \left(\frac{1}{tf-ti}\right) \quad (1)$$

Donde:

r = Tasa de crecimiento poblacional

pf = Población final es decir del año 2020

pi = Población inicial es decir del año 2010

tf = Tiempo final (2020)

ti = tiempo inicial (2010)

La proyección reemplazando la tasa de crecimiento es la siguiente ecuación:

$$PF = PI * (1 + r)^{tf-ti} \quad (2)$$

Donde:

PF = Población final.

PI = Población inicial.

r = Tasa de crecimiento poblacional.

tf = año 2040

ti = año 2020

3.3.2. Proyección del per cápita.

Para el cálculo de producción per cápita se partió del último dato del año 2019 para los siguientes años se realizó una proyección el cual según varios autores como Zamora (2002) y Jaramillo (2002), recomiendan que para realizar proyecciones del per cápita de una población se considera un aumento anual del 1 %.

Donde se aplicó la siguiente formula

$$PPC=PPC*1,01 \quad (3)$$

PPC = Producción per cápita

3.3.3. Dimensionamiento de la celda diaria.

- Ángulo de inclinación (°)

Para realizar el diseño de la celda diaria es necesario establecer un ángulo de inclinación, el cual es de 33,69 grados según recomienda (Collazos, 2013).

- Altura de residuos (m)

Según (Collazos, 2013) la altura de los residuos es de 1,2 metros antes de la colocación del material de cobertura.

- Altura del Cubeto (m)

La altura del cubeto considerada para el presente estudio es de 7 metros, lo cual se encuentra dentro del rango recomendado por (Collazos, 2013).

- Residuos Sólidos recolectados (kg)

Es el valor de los residuos que generan la población que recibe el servicio de recolección de residuos sólidos.

- Densidad de Residuos Sólidos compactados (ton/m³)

El presente valor depende mucho del tipo de compactación que se aplicara para la disposición en final en el relleno sanitario.

Ecuaciones

Volumen de los Residuos Sólidos (m³)

$$VRS = \left(\frac{RSR}{DRC} \right) \quad (10)$$

Donde:

VRS = Volumen de los residuos sólidos

RSR = Residuos sólidos recolectados

DRC = Densidad de los residuos compactados

- Área (m²)

$$AR = \left(\frac{VRS}{ARe * ACu} \right) \quad (11)$$

Donde:

AR = Área

VRS = Volumen de los residuos sólidos

ARe = Altura de residuos

ACu = Altura del cubeto (m)

- Z

$$Z = \left(\frac{MC}{\text{Sen}(AI)} \right) \quad (12)$$

Donde:

MC = Material de cobertura

AI = Ángulo de inclinación

- Volumen de material de cobertura (m³)

$$VMC = \left(\frac{AR*MC + ARe*MC}{\frac{\text{Sen}(AI)}{180}} \right) * ACu \quad (13)$$

Donde:

VMC = Volumen de material de cobertura

AR = Área

MC = Material de cobertura

ARe = Altura de residuos

AI = Ángulo de inclinación

ACu = Altura del cubeto

- Porcentaje de material de cobertura (%)

$$PMC = \left(\frac{VRS}{VMC} \right) * 100 \quad (14)$$

Donde:

PMC = Porcentaje de material de cobertura

VRS = Volumen de residuos sólidos

VMC = Volumen de material de cobertura

Para el cálculo del dimensionamiento del relleno sanitario se emplearon las siguientes ecuaciones:

- Producción de Residuos Sólidos Anual (ton)

$$RSA = \left((P * PC) * (GPC) * (1.15) \right) * 365 \quad (4)$$

Donde:

P = Población

PC = Porcentaje de cobertura

GPC = Generación per cápita

1.15 = 15% de Residuos de mercados y barrido

- Volumen Anual (m³)

$$V_{diario} = \frac{DCp}{Drsm} \quad (5)$$

$$V_{anual compactado} = V_{diario} * 365$$

Donde:

V diario = Volumen de RSM por disponer en un día (m³/día)

V anual = Volumen de RSM en un año (m³/año)

DCp = Cantidad de RSM producidos (kg/día)

365 = Equivalente a un año (días)

Drsm = Densidad de los RSM recién compactados (400-500 kg/m³) y del relleno estabilizado (500-600 kg/m³)

- Asentamiento (m)

$$A = (VA * 0.85) * 365 \quad (6)$$

Donde:

A = Asentamiento

VA = Volumen Anual

0.85 = Existe un 15% de asentamiento por ello se multiplica por 0.85 que es el 85% de volumen que se mantiene

- Porcentaje de material de cobertura anual (%)

$$MCA = (VA * 0.1588) \quad (7)$$

Donde:

MCA = Porcentaje de material de cobertura anual

VA = Volumen anual

0.1588 = Altura en metros de la capa de material de cobertura

- Volumen acumulado de MC

Hace referencia a la suma de cada uno de los resultados obtenidos del material de cobertura anual es decir se suma de los años de vida del relleno sanitario que en este caso es de 20 años.

- Volumen total (m³)

$$VT = (A + MCA) \quad (8)$$

Donde:

VT = Volumen total

A = Asentamiento

MCA = Material de cobertura anual

- Volumen acumulado (m³)

Es la suma de cada uno de los resultados de volumen desde el año 2020 hasta el 2040, obteniendo como resultado el volumen total para disponer los residuos sólidos, y para sus respectivos cálculos del área necesaria para la construcción del relleno sanitario.

- Área total del Relleno Sanitario (m²)

$$ARS = \left(\left(\left(\left(\frac{VAC}{10000} \right) * 1.2 \right) * 2 \right) \right) \quad (9)$$

Donde:

ARS = Área total del Relleno Sanitario

VAC = Volumen acumulado

7 = altura del cubeto

1,2 = Se considera un 20% ya que es el área que se necesita para la colocación de básculas, oficinas, caseta de guardias y vías.

2 = Se aumenta el 100% del área determinada para zonas de amortiguamiento.

3.3.4. Dimensionamiento del tanque de lixiviados.

- Población

La población que se consideró para el diseño del tanque de lixiviados es la del año 2040, puesto que es necesario la construcción de un tanque que tenga la misma vida útil del relleno sanitario, ya que la generación de lixiviados continúan aun cuando se ha procedido a dar el cierre técnico de un relleno sanitario (Collazos, 2013).

- Generación Per Cápita (kg/hab./día)

La generación per cápita se tomó la del año 2019, que es de 0,66 kg/hab/día según la última caracterización realizada por el GAD municipal.

- Producción de residuos sólidos (kg)

$$PRS = (P * GPC) \quad (15)$$

Donde:

PRS = Producción de residuos sólidos

P = Población

GPC = Generación per cápita

- Tipo de Relleno

Semimecanizado

- Compostaje

En este caso no se considera el compostaje debido a que no se tiene un valor real de la cantidad de residuos orgánicos que se puedan tratar.

- Porcentaje de residuos compostados (%)

Cero

- Cantidad de residuos compostados (kg)

Cero

- Cantidad de residuos sólidos a disponer en el relleno sanitario (kg)

El cálculo para determinar la cantidad de residuos sólidos se lo realizó mediante la siguiente ecuación:

$$CRSD = (PRS - CRCs) \quad (16)$$

Donde:

CRSD = Cantidad de residuos sólidos a disponer en el relleno sanitario

PRS = Producción de residuos sólidos

CRCs = Cantidad de residuos sólidos compostados

- Densidad de los residuos sólidos (ton/m^3)

La densidad de los residuos sólidos compactados depende del tipo de compactación que se vaya a manejar en el relleno, por lo cual se establece dos escenarios el primero con un tractor de llanta tipo oruga que alcanza una compactación de $0,5 \text{ ton}/\text{m}^3$, y otro escenario con un tractor compactador con llanta de hierro el cual alcanza una compactación de $0,8 \text{ ton}/\text{m}^3$.

- Volumen de los residuos sólidos (m^3)

$$VRS = \left(\frac{CRSD}{DRS} \right) \quad (17)$$

Donde:

VRS = Volumen de los residuos sólidos

CRSD = Cantidad de residuos sólidos a disponer en el relleno sanitario

DRS = Densidad de los residuos sólidos

- Área de residuos sólidos (m²)

$$AR = \left(\frac{VRS}{7} \right) \quad (18)$$

Donde:

AR = Área de residuos sólidos

VRS = Volumen de los residuos sólidos

7 = Altura del cubeto

- Precipitación anual (m)

La precipitación está directamente relacionada con la generación de lixiviado, en el cual se trabajó con el dato de precipitación anual de la zona de estudio (Ramos, 2015).

- Volumen de agua sobre los residuos

El cálculo para determinar el volumen de agua que precipita sobre los residuos se lo realizó mediante la siguiente ecuación:

$$MCA = (PA * AR) \quad (19)$$

Donde:

MCA = Volumen de agua que precipita sobre los residuos

PA = Precipitación anual

AR = Área de residuos sólidos

- Cantidad de lixiviados (m³/día)

Para determinar el cálculo de la cantidad de lixiviados se aplicó la siguiente ecuación:

$$CL = (MCA * PE) \quad (20)$$

Donde:

CL = Cantidad de lixiviados

MCA = Volumen de agua que precipita sobre los residuos

PE = Porcentaje de escorrentía

- Área necesaria para el tanque (m²)

El cálculo para determinar el área necesaria para el tanque de lixiviados se lo realizó aplicando la siguiente ecuación:

$$ANT = \left(\frac{CL}{7}\right) \quad (21)$$

Donde:

ANT = Área necesaria para el tanque de lixiviados

CL = Cantidad de lixiviados

7 = Altura del cubeto

- Área necesaria para el tanque con un tiempo de retención de 15 días (m²)

El cálculo para determinar el área necesaria para el tanque de lixiviados con un tiempo de retención de 15 días se lo realizó mediante la siguiente ecuación:

$$ANT15 = (ANT * 15) \quad (22)$$

Donde:

ANT15 = Área necesaria para el tanque de lixiviados con un tiempo de retención de 15 días

ANT = Área necesaria para el tanque de lixiviados

15 = 15 días de retención de los lixiviados

3.4 Desarrollo metodológico

3.4.1. Cálculo de la Población.

$$r = \ln\left(\frac{pf}{pi}\right) * \left(\frac{1}{tf-ti}\right) \quad (1)$$

Donde:

r = Tasa de crecimiento poblacional

pf = Población final es decir del año 2020

pi = Población inicial es decir del año 2010

tf = Tiempo final (2020)

ti = tiempo inicial (2010)

Reemplazando:

$$r = \ln\left(\frac{28047}{25104}\right) * \left(\frac{1}{2020-2010}\right) = 0,012$$

Una vez obtenida la tasa de crecimiento poblacional se realizó una proyección hasta el año 2040 partiendo desde el año 2020:

$$PF = PI * (1 + r)^{tf-ti} \quad (2)$$

Donde:

PF = Población final.

PI = Población inicial.

r = Tasa de crecimiento poblacional.

tf = año 2040

ti = año 2020

$$PF = 30509 * (1 + 0,015)^{2040-2020} = 39118 \text{ habitantes}$$

La población obtenida luego de haber realizado una proyección hasta el año 2040 es de 39118 habitantes.

3.4.1 Cálculo de la Generación per cápita.

Para el cálculo de producción per cápita se partió del último dato del año 2019, para los siguientes años se realizó una proyección el cual según varios autores como (Zamora, 2012), (Toro et al., 2016) recomiendan que para realizar proyecciones del per cápita de una población se considera un aumento anual del 1%

Donde se aplicó la siguiente formula

$$PPC=PPC*1,01 \quad (3)$$

$$PPC=0,66*1,01=0,67 \text{ kg hab/día}$$

3.4.2 Cálculo para el Diseño del Relleno Sanitario.

3.4.2.1. Cálculo del dimensionamiento de la celda diaria.

- Cálculo del Volumen de los Residuos Sólidos

$$VRS = \left(\frac{RSR}{DRC} \right) \quad (10)$$

Donde:

VRS = Volumen de los residuos sólidos

RSR = Residuos sólidos recolectados

DRC = Densidad de los residuos compactados

Reemplazando:

$$VRS = \left(\frac{29,59}{0,5} \right)$$

$$VRS = 59,18 \text{ m}^3$$

- Cálculo del Área

$$AR = \left(\frac{VRS}{ARe * AC} \right) \quad (11)$$

Donde:

AR = Área

VRS = Volumen de los residuos sólidos

ARe = Altura de residuos

ACu = Altura del cubeto (m)

Reemplazando:

$$AR = \left(\frac{59,18}{1,2 * 7} \right)$$

$$AR = 7,04 \text{ m}^2$$

- Cálculo de Z

$$Z = \left(\frac{MC}{\text{Sen}(AI)} \right) \quad (12)$$

Donde:

Z =

MC = Material de cobertura

AI = Ángulo de inclinación

Reemplazando:

$$Z = \left(\frac{0,1588}{\text{Sen}(33,69)} \right)$$

$$Z = 0,29$$

- Cálculo del volumen del material de cobertura

$$VMC = \left(\frac{AR * MC + ARe * MC}{\frac{\text{Sen}(AI)}{180}} \right) * ACu \quad (13)$$

Donde:

VMC = Volumen de material de cobertura

AR = Área

MC = Material de cobertura

ARe = Altura de residuos

AI = Ángulo de inclinación

ACu = Altura del cubeto

Reemplazando:

$$VMC = \left(\frac{(7,04 * 0,15) + (1,2 * 0,15)}{\frac{\text{Sen}(33,69)}{180}} \right) * 7$$

$$VMC = 10 \text{ m}^3$$

- Cálculo del porcentaje de material de cobertura

$$PMC = \left(\frac{VMC}{VRS} \right) * 100 \tag{14}$$

Donde:

PMC = Porcentaje de material de cobertura

VRS = Volumen de residuos sólidos

VMC = Volumen de material de cobertura

Reemplazando:

$$PMC = \left(\frac{10}{59,1} \right) * 100$$

$$PMC = 16,8$$

3.4.2.2. Cálculo del área necesaria para la construcción del Relleno Sanitario.

- Cálculo de la producción anual de Residuos Sólidos

$$RSA = \left((P * PC) * (GPC) * (1.15) \right) * 365 \quad (4)$$

Donde:

P = Población

PC = Porcentaje de Cobertura

GPC = Generación per Cápita

1.15 = 15% de Residuos de Mercados y Barrido

Reemplazando:

$$RSA = \left(((30815 * 93\%) * (0,66)) * (1.15) \right) * 365$$

$$RSA = 8018 \text{ toneladas/año}$$

La producción de residuos sólidos que se muestra en la fórmula 4 representa a la del año 2020, lo cual es importante conocer los datos de producción hasta el año 2040 puesto que la vida útil del relleno sanitario es de 20 años.

- Cálculo del Volumen anual

$$VA = \left(\frac{RSA}{0.5} \right) \quad (5)$$

Donde:

VA = Volumen Anual

RSA = Residuos Sólidos Anual

0.5 = Toneladas metros cúbicos de compactación con tractor tipo gallineta

Reemplazando:

$$VA = \left(\frac{8018}{0.5} \right)$$

$$VA = 16037 \text{ m}^3$$

- Cálculo del asentamiento

$$A = (VA * 0.85) * 365$$

(6)

Donde:

A = Asentamiento

VA = Volumen Anual

0,85 = Existe un 15% de asentamiento por ello se multiplica por 0,85 que es el 85% de volumen que se mantiene

Reemplazando:

$$A = (16037 * 0.85) * 365$$

$$A = 13631,88$$

- Cálculo del material de cobertura anual

$$MCA = (VA * 0,1588) \tag{7}$$

Donde:

MCA = Material de cobertura anual

VA = Volumen anual

0,1588 = Altura en metros de la capa de material de cobertura

Reemplazando:

$$MCA = (16037 * 0,1588)$$

$$MCA = 2546,67 \text{ m}^3$$

- Cálculo del Volumen total

$$VT = (A + MCA) \tag{8}$$

Donde:

VT = Volumen total

A = Asentamiento

MCA = Material de cobertura anual

Reemplazando:

$$VT = (13631,45 + 2546,76)$$

$$VT = 16178,21 \text{ m}^3$$

- Cálculo del área total del Relleno Sanitario

$$ARS = \left(\left(\left(\left(\frac{VA}{7} \right) * 1.2 \right) * 2 \right) \right) \tag{9}$$

Donde:

ARS = Área total del Relleno Sanitario

VAC = Volumen acumulado hasta el año 2040

7 = altura del cubeto

1,20 = Se considera un 20% de aumento para la colocación de básculas, oficinas, caseta de guardias y vías.

2 = Se aumenta el 100% del área determinada para zonas de amortiguamiento.

Reemplazando:

$$ARS = \left(\left(\left(\frac{422843,40}{7} \right) * 1.2 \right) * 2 \right)$$

$$ARS = 14,49 \text{ ha}$$

3.4.2.3. Cálculo del dimensionamiento del tanque de lixiviados.

- Cálculo de la producción de residuos sólidos

$$PRS = (P * GPC) \tag{15}$$

Donde:

PRS = Producción de residuos sólidos

P = Población al año 2040

GPC = Generación per cápita

Reemplazando:

$$PRS = (39118 * 0,66)$$

$$PRS = 25817,88 \frac{kg}{dia}$$

- Cálculo de la cantidad de residuos sólidos a disponer en el Relleno Sanitario

$$CRSD = (PRS - CRCs) \tag{16}$$

Donde:

CRSD = Cantidad de residuos sólidos a disponer en el relleno sanitario

PRS = Producción de residuos sólidos

CRCs = Cantidad de residuos sólidos compostados

Reemplazando:

$$CRSD = (25817,88 - 0)$$

$$CRSD = 25817,88 \text{ kg}$$

$$CRSD = 25,82 \text{ ton}$$

- Cálculo del volumen de los residuos sólidos

$$VRS = \left(\frac{CRSD}{DRS} \right) \tag{17}$$

Donde:

VRS = Volumen de los residuos sólidos

CRSD = Cantidad de residuos sólidos a disponer en el relleno sanitario

DRS = Densidad de los residuos sólidos

Reemplazando:

$$VRS = \left(\frac{25,82}{0,5} \right)$$

$$VRS = 51,64 \text{ m}^3.$$

- Cálculo del área de los residuos sólidos

$$AR = \left(\frac{VRS}{2}\right) \quad (18)$$

Donde:

AR = Área de residuos sólidos

VRS = Volumen de los residuos sólidos

2 = Altura del cubeto

Reemplazando:

$$AR = \left(\frac{51,64}{2}\right)$$

$$AR = 25,82 \text{ m}^2$$

- Cálculo del volumen de agua sobre los residuos

$$MCA = (PA * AR) \quad (19)$$

Donde:

MCA = Metros cúbicos de agua sobre los residuos

PA = Precipitación anual

AR = Área de residuos sólidos

Reemplazando:

$$MCA = (1626 * 25,82)$$

$$MCA = 41,98 \text{ m}^3$$

- Cálculo de la cantidad de lixiviados

$$CL = (MCA * PE) \quad (20)$$

Donde:

CL = Cantidad de lixiviados

MCA = Metros cúbicos de agua sobre los residuos

PE = Porcentaje de escorrentía

Reemplazando:

$$CL = (41,98 * 60\%)$$

$$CL = 25,18 \text{ m}^3$$

- Cálculo del área necesaria para el tanque de lixiviados

$$ANT = \left(\frac{CL}{2} \right) \quad (21)$$

Donde:

ANT = Área necesaria para el tanque de lixiviados

CL = Cantidad de lixiviados

2 = Altura

Reemplazando:

$$ANT = \left(\frac{25,18}{2} \right)$$

$$ANT = 12,59 \text{ m}^2$$

- Cálculo del área necesaria para el tanque de lixiviados con un tiempo de retención de 15 días

$$ANT_{15} = (ANT * 15) \tag{22}$$

Donde:

ANT_{15} = Área necesaria para el tanque de lixiviados con un tiempo de retención de 15 días

ANT = Área necesaria para el tanque de lixiviados

15 = 15 días de retención de los lixiviados

En este caso se trabajó con 15 días como el tiempo de retención hidráulica en las piscinas por las épocas de lluvia y cuando el brillo solar es casi nulo y en este caso Sígsig se caracteriza por sus lluvias durante la mayoría de meses del año (Corena, 2008).

Reemplazando:

$$ANT_{15} = (12,59 * 15)$$

$$ANT_{15} = 188,85 \text{ m}^2$$

3.5 Ubicación del sitio para el emplazamiento de un relleno sanitario

Es de gran importancia determinar la ubicación de las zonas aptas para el emplazamiento de un relleno sanitario a través de un análisis multicriterio; los cuales, contribuirá en la toma de decisiones pertinentes durante la elaboración del proceso. (Hurtado, 2015) menciona que, durante la evaluación de cada uno de ellos se presentarán aspectos que evitarán alcanzar la meta planteada; los cuales, deberán ser considerados a manera de criterios de restricción.

Erazo (2016) menciona que, la forma apropiada de la escala de ponderaciones de cada criterio en los Sistemas de Información Geográfica (SIG) establece los siguientes valores: uno (1) que aseguren características no son convenientes respecto a los aspectos técnicos, valores de cinco (5) que garanticen ciertas características considerablemente convenientes respecto a los aspectos técnicos y valores de diez (10) que confirmen características de excelente conveniencia respecto a los aspectos técnicos.

Los criterios técnicos a considerar para el desarrollo de análisis multicriterio son los siguientes, que se mencionan en la tabla 10:

Tabla 10: Criterios y ponderaciones de los criterios

Criterios	Categorización	Ponderación
Distancias a vías de acceso	Distancia menor a 500 m	10
	Distancia mayores a 500 m	1
Distancias a centros poblados	Distancia mayor a 500 m	10
	Distancia menor a 500 m	1
Uso de suelo	Zonas improductivas	10
	Zonas productivas	5
	Zonas Residenciales y de protección	1
Distancias a cuerpos hídricos	Distancia mayor a 200 m	10
	Distancias menores a 200m	1
Precipitación	Precipitaciones entre 0 y 999 mm	10
	Precipitaciones entre 1000 y 2499 mm	5
	Precipitaciones iguales o mayores a 2500 mm	1
Distancia al Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP)	Distancia mayores a 1km	10
	Distancia menores a 1km	1
Pendientes	Pendientes de 3 a 12%	10
	Pendientes entre 12 y 25 %	5
	Pendientes mayores a 25 %	1

Fuente: (Gordillo, 2019)

Luego con los criterios seleccionados para la evaluación de cada se aplicó un análisis de sistemas de información geográfica (SIG), mediante el software ArcGis en el cual se

procesó la información para identificar y evaluar adecuadamente cada criterio, como resultado luego del análisis se obtuvo una serie de puntos como sitios adecuados para la ubicación del relleno esto permitirá tener una serie de alternativas, de tal manera que si el nivel político o legal no acepta o en el caso de que no cumplan con el área necesaria puede ser fácilmente reemplazado por el siguiente (Mejía et al., 2012).

Es por ello que, dicho proceso será especificado a continuación:

- En primera instancia, se deben de cargar cada uno de los criterios con sus respectivos valores de ponderación.
- Posterior a esto, se debe de ejecutar una media ponderada al conjunto de diferentes valores de cada criterio; debido a que, cada ponderación tiene un peso distinto.
- Localizar los posibles lugares para el nuevo relleno sanitario de acuerdo a los criterios seleccionados.
- Una vez establecidas las zonas con mayor y menor idoneidad, es necesario localizar los posibles lugares para el respectivo emplazamiento de un relleno sanitario; por tal razón, primero se excluyó a las zonas que demostraban menor idoneidad. Conforme a esta exclusión, se obtuvo un área menor u óptima para la ubicación del sitio de disposición final.
- No obstante, Röben (2002), alega que, antes de localizar los posibles lugares para un relleno sanitario, se debe tener los valores del área necesaria para dar el respectivo tratamiento a los desechos sólidos de la población; dado que, se deben de excluirlas zonas que no cumplan con el espacio estimado.

Debido a lo mencionado, es importante considerar el área obtenida para un sitio de disposición final; por lo cual, la presente investigación se fundamenta en los principios y experiencias de varios autores al estimar áreas para las instalaciones de dicha actividad.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Diseño del relleno sanitario

Para el desarrollo del dimensionamiento se planteó dos escenarios con diferentes valores de compactación de los residuos sólidos en el primer escenario se consideró una compactación de 500 kg/m³, al trabajar con un Buldócer o Tractor de Orugas con Hoja Topadora, el cual es la alternativa que más se asemeja ya que el GAD cantonal cuenta con la maquinaria mencionada y el segundo escenario una compactación de 800 kg/m³ se basa en el uso de un compactador con ruedas metálicas que logran una compactación de 800 – 1200 kg/m³.

Tabla 11: Datos de diseño del Relleno Sanitario 0,5 ton/m³

Año	Población	Cobertura del servicio %	Población con servicio	Per cápita	Producción diaria (ton/día)	Producción anual (ton/año)
2019	30450	93	28319	0,66	18,69	6821,93
2020	30815	93	28658	0,667	19,1	6972,83
2021	31185	93	29002	0,673	19,53	7127,07
2022	31559	93	29350	0,68	19,96	7284,72
2023	31938	93	29702	0,687	20,4	7445,86
2024	32321	93	30059	0,694	20,85	7610,56
2025	32709	93	30420	0,701	21,31	7778,9
2026	33102	93	30785	0,708	21,78	7950,97
2027	33499	93	31154	0,715	22,27	8126,85
2028	33901	93	31528	0,722	22,76	8306,61
2029	34308	93	31906	0,729	23,26	8490,36
2030	34719	93	32289	0,736	23,78	8678,16
2031	35136	93	32677	0,744	24,3	8870,12
2032	35558	93	33069	0,751	24,84	9066,33
2033	35984	93	33466	0,759	25,39	9266,88
2034	36416	93	33867	0,766	25,95	9471,86
2035	36853	93	34273	0,774	26,52	9681,38
2036	37295	93	34685	0,782	27,11	9895,53
2037	37743	93	35101	0,789	27,71	10114,42
2038	38196	93	35522	0,797	28,32	10338,15
2039	38654	93	35948	0,805	28,95	10566,83
2040	39118	93	36380	0,813	29,59	10800,57

Elaborado por: Sergio Peña

Producción de Residuos Sólidos Anual	Volumen diario	Volumen Anual	Asentamiento	Volumen de material de cobertura anual
7296,05	37,38	14592,1	12403,29	2317,23
7457,44	38,21	14914,88	12677,65	2368,48
7622,4	39,05	15244,8	12958,08	2420,87
7791,01	39,92	15582,01	13244,71	2474,42
7963,34	40,8	15926,68	13537,68	2529,16
8139,49	41,7	16278,98	13837,14	2585,1
8319,54	42,62	16639,07	14143,21	2642,28
8503,57	43,57	17007,13	14456,06	2700,73
8691,66	44,53	17383,33	14775,83	2760,47
8883,92	45,52	17767,85	15102,67	2821,53
9080,44	46,52	18160,87	15436,74	2883,95
9281,3	47,55	18562,59	15778,2	2947,74
9486,6	48,6	18973,19	16127,22	3012,94
9696,44	49,68	19392,88	16483,95	3079,59
9910,93	50,78	19821,85	16848,57	3147,71
10130,16	51,9	20260,31	17221,27	3217,34
10354,23	53,05	20708,47	17602,2	3288,51
10583,27	54,22	21166,54	17991,56	3361,25
10817,37	55,42	21634,75	18389,53	3435,6
11056,65	56,65	22113,31	18796,31	3511,59
11301,23	57,9	22602,45	19212,08	3589,27
11551,21	59,18	23102,42	19637,06	3668,66

Elaborado por: Sergio Peña

Tabla 12: Dimensiones del relleno sanitario 0,5 ton/m³

Volumen total acumulado (m ³)	422843,4
Área (ha)	14,46
Área total (ha)	17,35

Elaborado por: Sergio Peña

Al realizar todos los cálculos necesarios para el dimensionamiento del relleno sanitario con una compactación de 0,5 ton/m³, se determinó un área total considerando el aumento del 20% extra para la implementación de las estructuras complementaria dándonos un total de 17,35 ha, tal como se detalla en tabla 11 y 12, con una vida útil de 20 años, en este escenario se considera trabajar con una maquinaria básica que este caso es un tractor con llantas tipo oruga.

Tabla 13: Dimensiones de la celda diaria 0,5 ton/m³

Volumen diario (m ³)	59,18
Área (m ²)	7,04
Angulo de inclinación	33,69
Material de cobertura (m)	0,158
Altura de los residuos (m)	1,2
Altura total (m)	1,35
Altura del cubeto (m)	7
Densidad de los residuos	0,5
Porcentaje de material de cobertura	16,8

Elaborado por: Sergio Peña

Para el dimensionamiento de la celda diaria se tomaron con criterios recomendados por (Collazos, 2013) como el ángulo de inclinación, la altura de los residuos, la altura del cubeto y capa de cobertura. La cantidad de residuos sólidos que se estableció es de 29,27 ton/día que es el valor que produce la población de la zona de estudio, donde el resultado del volumen de la celda es de 59,18 m³ y un área de 7,04 m², tales como se detalla en la tabla 13.

Tabla 14: Dimensiones del tanque de lixiviados 0,5 ton/m³

Población	39118
Producción per cápita (kg/hab/día)	0,66
Tipo de relleno	Semimecanizado
Compostaje	0
Cantidad de residuos sólidos a disponer (ton)	25,82
Vida útil del relleno (años)	20
Densidad de residuos (ton/m ³)	0,5
Área de residuos (m ²)	25,82
Precipitación anual (mm)	1626
Porcentaje de escorrentía	60
Metros cúbicos de agua	41,98
Cantidad de lixiviados (día)	25,18
Área del tanque (m ²)	12,59
Área con retención de 15 días (m ²)	188,85

Elaborado por: Sergio Peña

Los resultados del dimensionamiento que se detallan en la tabla 14 corresponde al tanque para la recolección de lixiviados generados en el relleno sanitario el primer

escenario, es importante mencionar que no se consideró una planta de compostaje esto debido que es difícil estimar que cantidad de residuos orgánicos que se puedan tratar, pero en caso de existir una planta de compostaje la cantidad de lixiviado podría disminuir considerablemente, el tiempo de retención es de 15 días considerando que el tratamiento a aplicar sea la recirculación y necesita un área de 188,85 m².

Segundo escenario

En el segundo escenario se trabajó con una compactación mayor que de 0,8 ton/m³, el cual se detalla en la tabla 15 los valores de diseño con esta compactación.

Tabla 15: Datos de dimensionamiento del relleno sanitario 0,8 ton/m³

Año	Población	Cobertura del servicio %	Población con servicio	Per cápita	Producción Diaria (ton/día)	Producción Anual (ton/año)
2019	30450	93	28319	0,66	18,69	6821,93
2020	30815	93	28658	0,667	19,1	6972,83
2021	31185	93	29002	0,673	19,53	7127,07
2022	31559	93	29350	0,68	19,96	7284,72
2023	31938	93	29702	0,687	20,4	7445,86
2024	32321	93	30059	0,694	20,85	7610,56
2025	32709	93	30420	0,701	21,31	7778,9
2026	33102	93	30785	0,708	21,78	7950,97
2027	33499	93	31154	0,715	22,27	8126,85
2028	33901	93	31528	0,722	22,76	8306,61
2029	34308	93	31906	0,729	23,26	8490,36
2030	34719	93	32289	0,736	23,78	8678,16
2031	35136	93	32677	0,744	24,3	8870,12
2032	35558	93	33069	0,751	24,84	9066,33
2033	35984	93	33466	0,759	25,39	9266,88
2034	36416	93	33867	0,766	25,95	9471,86
2035	36853	93	34273	0,774	26,52	9681,38
2036	37295	93	34685	0,782	27,11	9895,53
2037	37743	93	35101	0,789	27,71	10114,42
2038	38196	93	35522	0,797	28,32	10338,15
2039	38654	93	35948	0,805	28,95	10566,83
2040	39118	93	36380	0,813	29,59	10800,57

Elaborado por: Sergio Peña

Producción de Residuos Sólidos Anual	Volumen diario	Volumen Anual	Asentamiento	Volumen material de cobertura anual
7296,05	23,36	9120,06	7752,05	1448,27
7457,44	23,88	9321,8	7923,53	1480,3
7622,4	24,41	9528	8098,8	1513,05
7791,01	24,95	9738,76	8277,94	1546,51
7963,34	25,5	9954,18	8461,05	1580,72
8139,49	26,06	10174,36	8648,21	1615,69
8319,54	26,64	10399,42	8839,51	1651,43
8503,57	27,23	10629,46	9035,04	1687,96
8691,66	27,83	10864,58	9234,89	1725,3
8883,92	28,45	11104,9	9439,17	1763,46
9080,44	29,08	11350,54	9647,96	1802,47
9281,3	29,72	11601,62	9861,38	1842,34
9486,6	30,38	11858,25	10079,51	1883,09
9696,44	31,05	12120,55	10302,47	1924,74
9910,93	31,74	12388,66	10530,36	1967,32
10130,16	32,44	12662,69	10763,29	2010,84
10354,23	33,16	12942,79	11001,37	2055,32
10583,27	33,89	13229,09	11244,73	2100,78
10817,37	34,64	13521,72	11493,46	2147,25
11056,65	35,4	13820,82	11747,69	2194,75
11301,23	36,19	14126,53	12007,55	2243,29
11551,21	36,99	14439,01	12273,16	2292,92

Elaborado por: Sergio Peña

Tabla 16: Dimensiones del relleno sanitario 0,8 ton/m³

Volumen total acumulado (m ³)	264277,12
Área (ha)	9,06
Área total (ha)	10,87

Elaborado por: Sergio Peña

En el segundo escenario con una compactación de 0,8 ton/m³, se obtuvo un área de 10,87 ha, en el cual existe una diferencia considerable con el primer escenario desde un punto de vista teniendo en cuenta el espacio que se necesita, este escenario sería el más adecuado, considerando algunos aspectos como es el caso de que la zona de estudio no cuente con lugares óptimos para implementar un proyecto de este tipo o el presupuesto para adquirir los terrenos.

Tabla 17: Dimensiones de la celda diaria 0,8 ton/m³

Volumen diario (m ³)	37
Área (m ²)	4,4
Angulo de inclinación	33,69
Material de cobertura (m)	0,158
Altura de los residuos (m)	1,2
Altura total (m)	1,35
Altura del cubeto (m)	7
Densidad de los residuos	0,8
Porcentaje de material de cobertura	16,8

Fuente: Sergio Peña

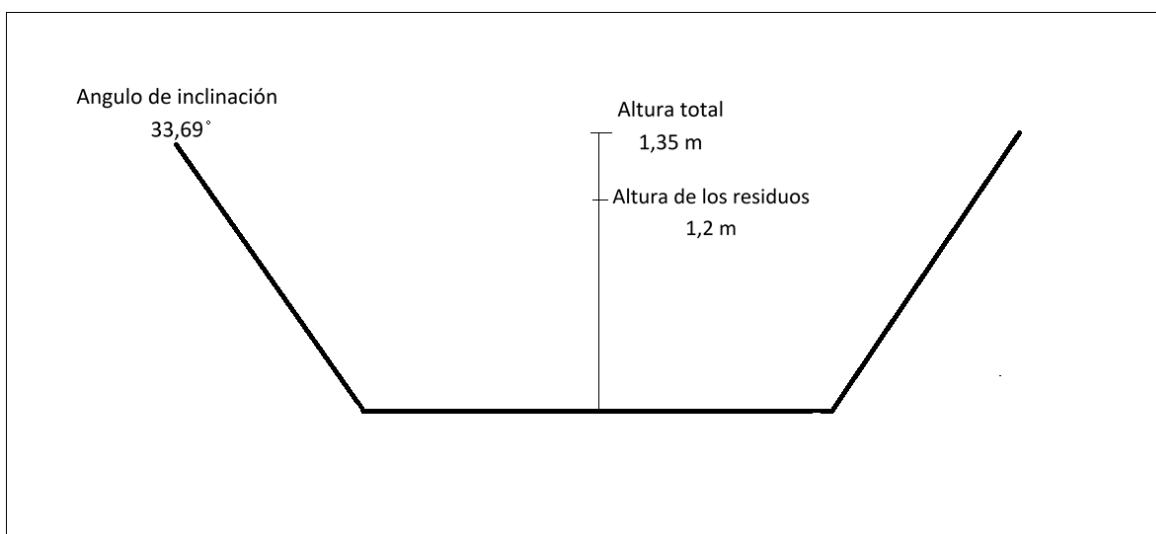


Figura 3: Dimensiones de la celda diaria

Elaborado por: Sergio Peña

El dimensionamiento de la celda diaria se trabajó con los mismos parámetros y la misma cantidad de residuos 29,27 ton/día, en este caso el volumen de la celda es de 37 m³, con un área 4,4 m².

Tabla 18: Dimensiones del tanque de lixiviados 0,8 ton/m³

Población	39118
Producción per cápita (kg/hab día)	0,66
Tipo de relleno	Semimecanizado
Compostaje	0
Cantidad de residuos sólidos a disponer (ton)	25,82
Vida útil del relleno (años)	20
Densidad de residuos (ton/ m ³)	0,8
Área de residuos (m ²)	16,13
Precipitación anual (mm)	1626
Porcentaje de escorrentía	60
Metros cúbicos de agua	26,23
Cantidad de lixiviados (día)	15,74
Área del tanque (m ²)	7,87
Área con retención de 15 días (m ²)	118,08

Elaborado por: Sergio Peña

En el dimensionamiento del tanque de lixiviado en el segundo escenario planteado con una compactación de 0,8 ton/día, el área necesaria para el tanque es de 118,08 m² donde existe una variación comparado con el resultado obtenido del primer escenario y la producción de lixiviados también disminuyen esto debido a que mayor sea la compactación de los residuos sólidos la cantidad de lixiviados generada será menor, también cabe mencionar que la producción de lixiviados varía de acuerdo a las condiciones meteorológicas.

Una vez planteado los dos escenarios se observa que existen ciertas diferencias en cuanto a las dimensiones de cada uno ya que mientras mayor sea la compactación de los residuos, menor será el área que se requiera para el emplazamiento de un relleno sanitario, en las cuales se basaron en experiencias ya realizadas como es el caso de Roben, 2002 y Collazos, 2013, donde los valores de diseño fueron tomados como referencia para el presente estudio.

4.2 Resultados de análisis multicriterio

Una vez determinado el área que se requiere para el emplazamiento de un relleno, se procede a determinar los posibles sitios de ubicación en conformidad con los aspectos técnicos se analizaron los siguientes criterios: distancia a cuerpos hídricos, distancia al sistema nacional de áreas protegidas, pendientes, distancia a vías de acceso, distancias a centros poblados y uso de suelo tales como se detalla de la figura 4 a la 10. En vista de aquello, las formaciones de criterios se basan en los principios ambientales, geológicos y

sociales, cada uno de los criterios tienen sus parámetros que establece la legislación ecuatoriana.



Figura 4: Distancia a vías de acceso

Elaborado por: Sergio Peña

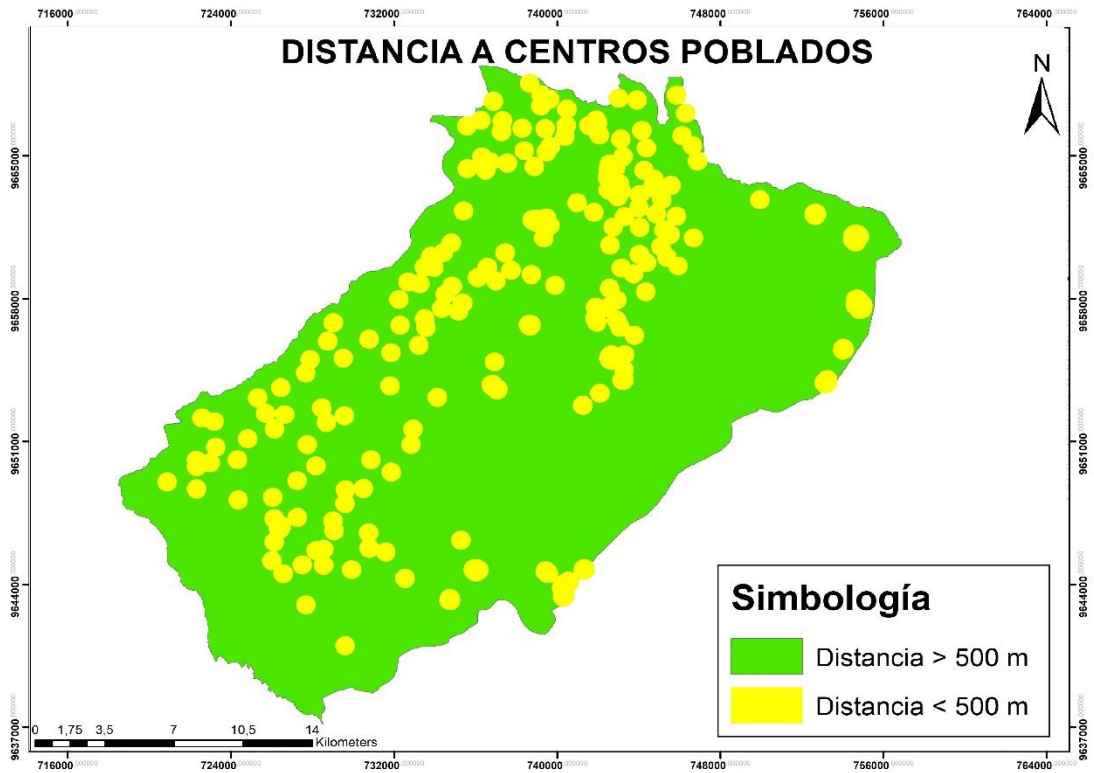


Figura 5: Distancia a centros poblados

Elaborado por: Sergio Peña

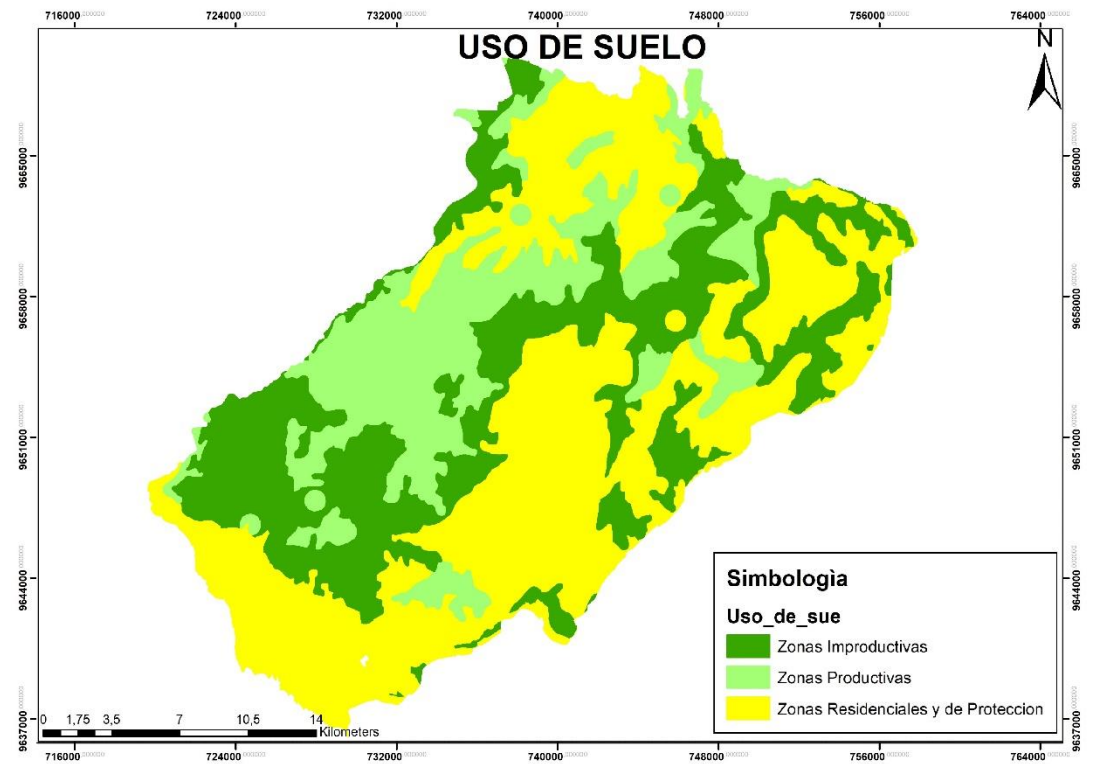


Figura 6: Uso de suelo

Elaborado por: Sergio Peña



Figura 7: Distancia a cuerpos de agua

Elaborado por: Sergio Peña

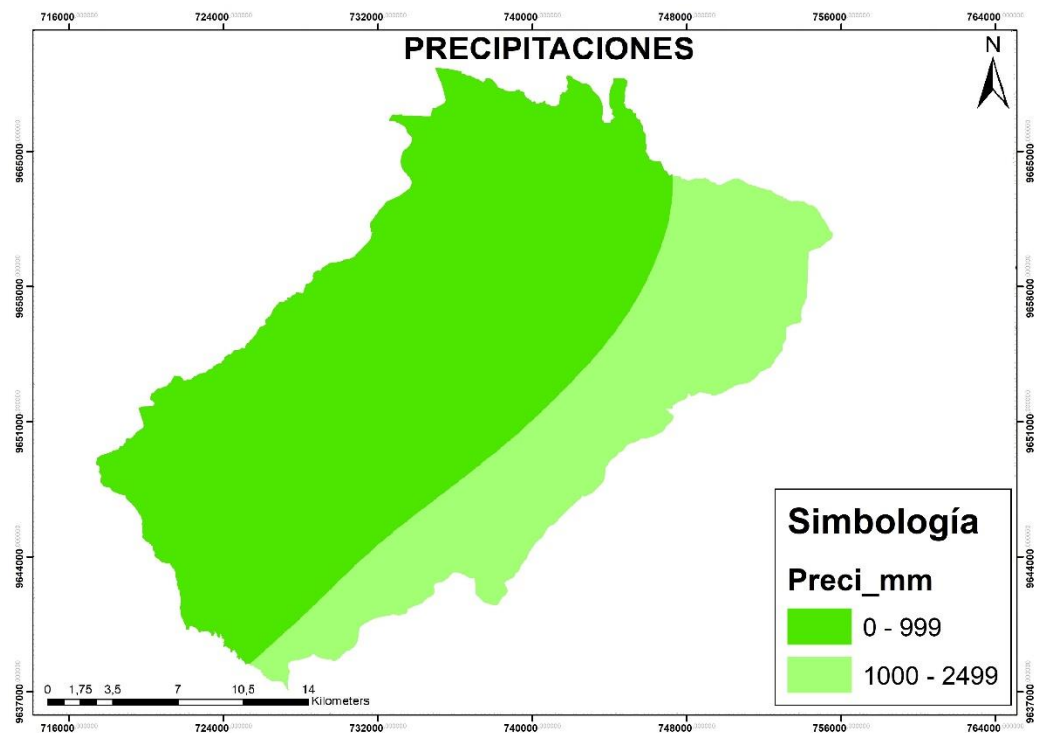


Figura 8: Precipitaciones

Elaborado por: Sergio Peña

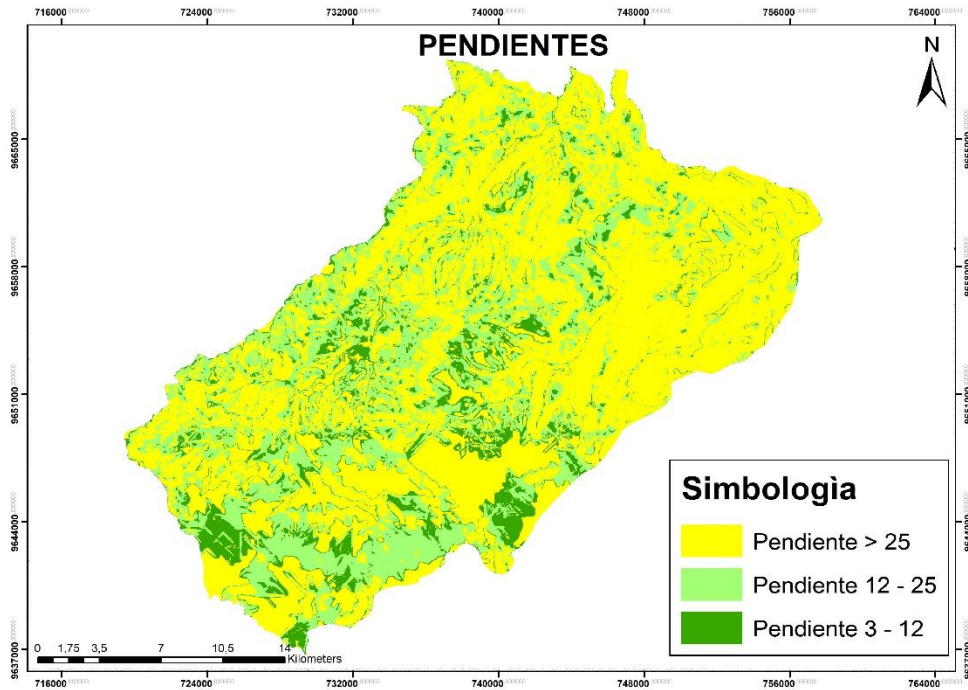


Figura 9: Pendientes

Elaborado por: Sergio Peña

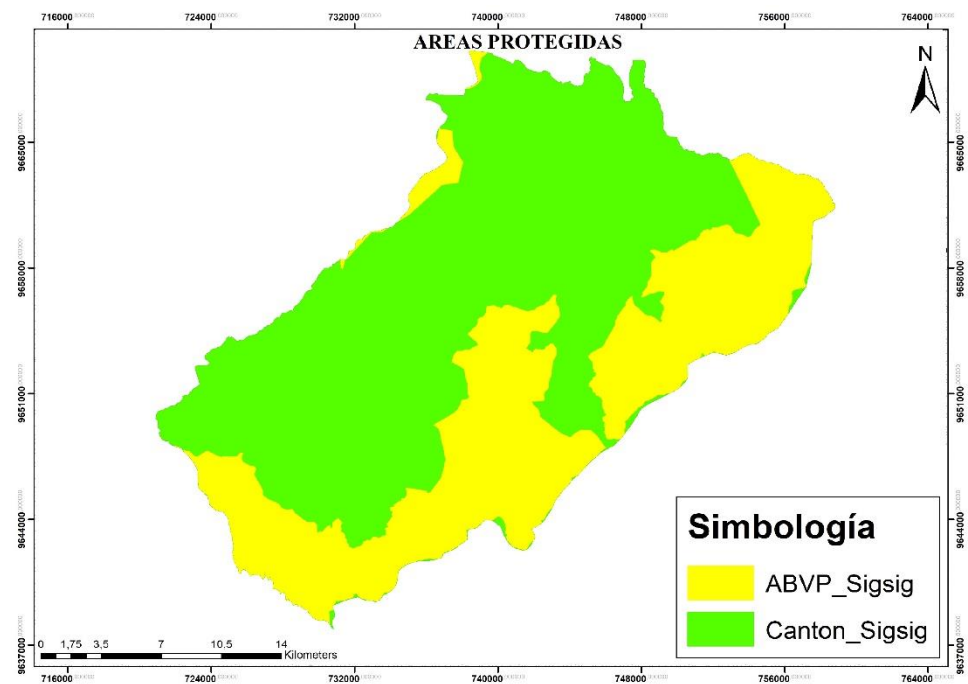
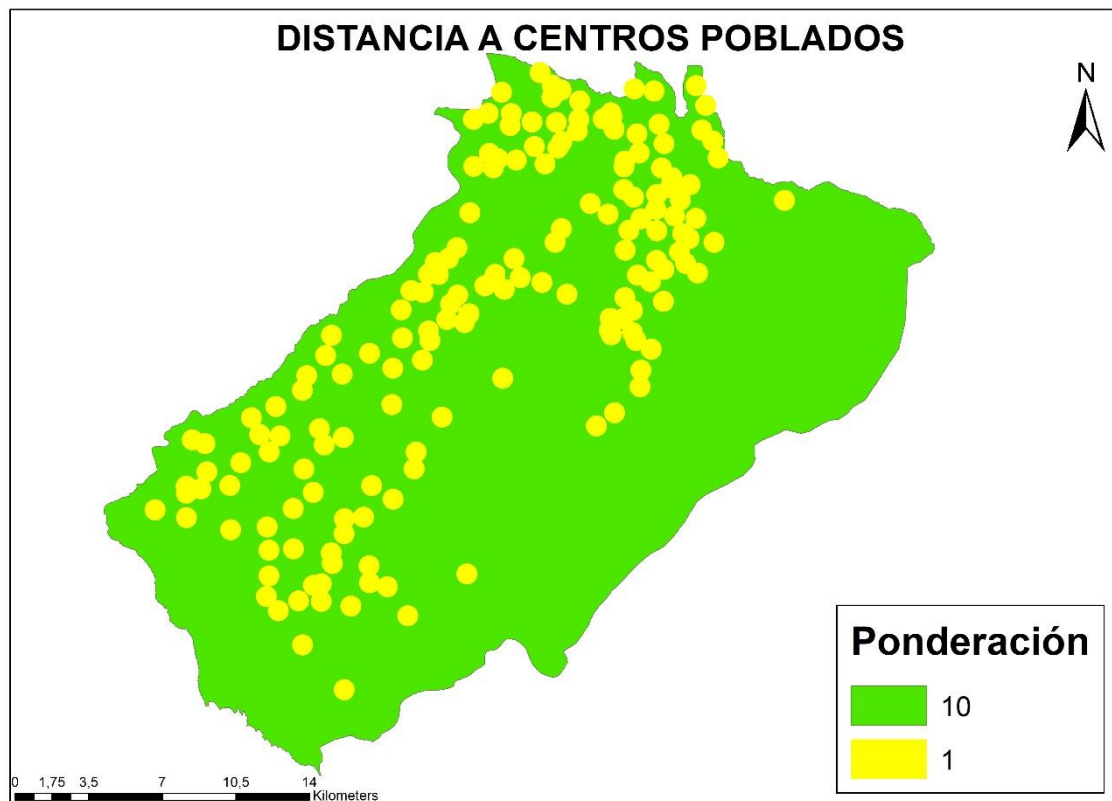
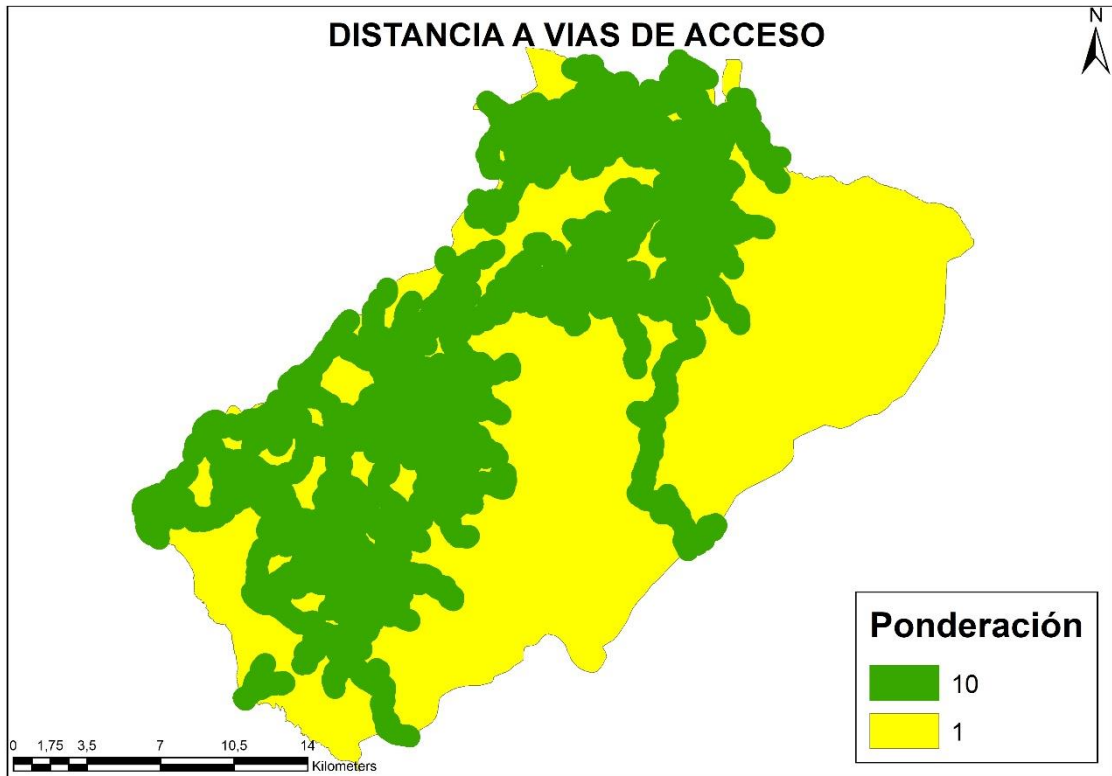


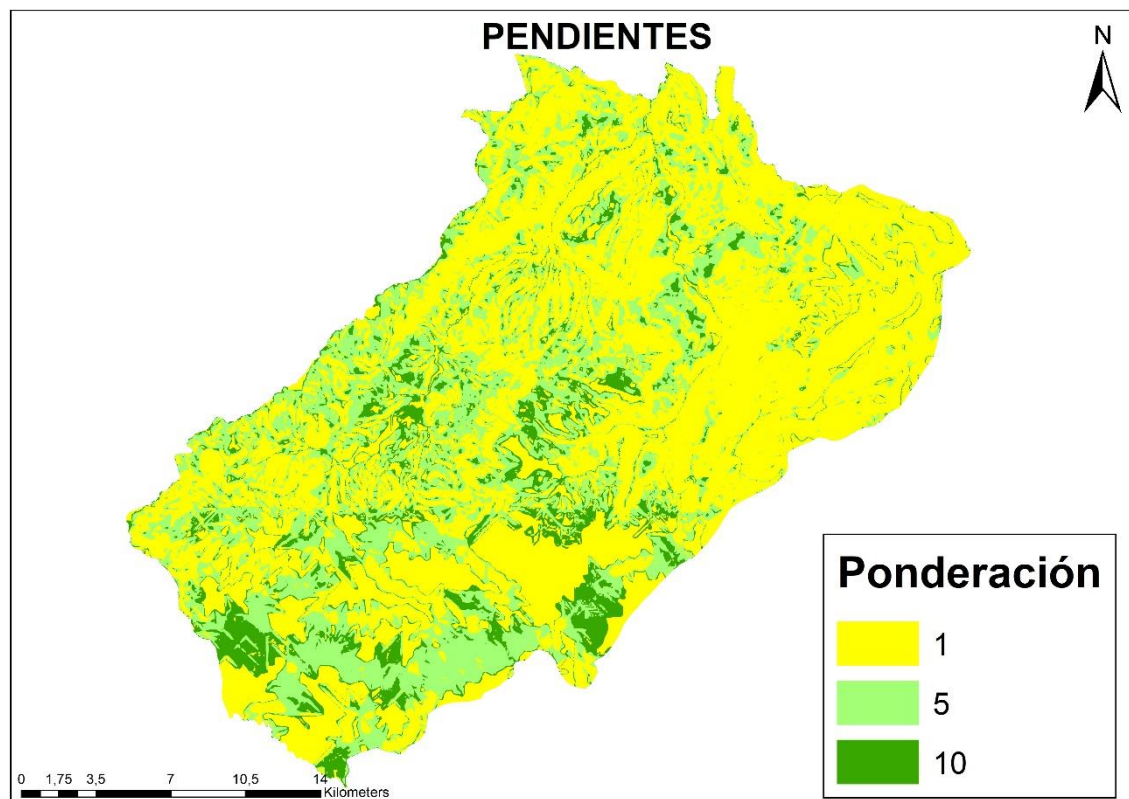
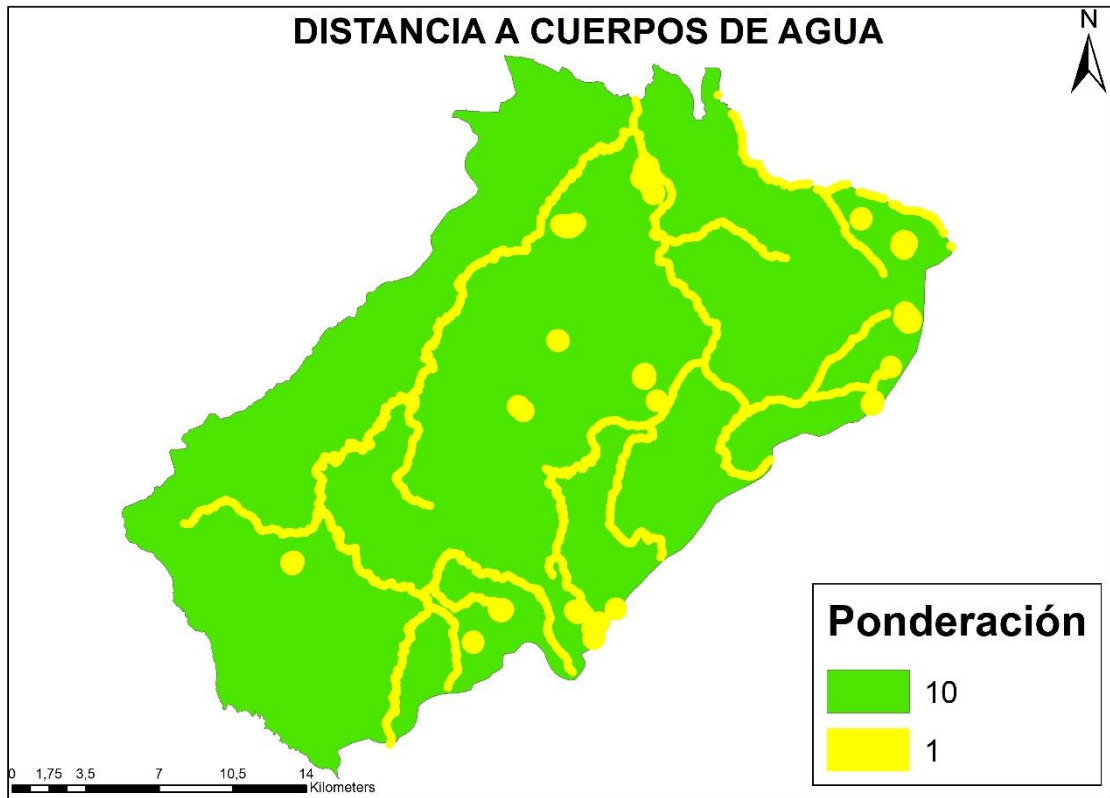
Figura 10: Áreas protegidas

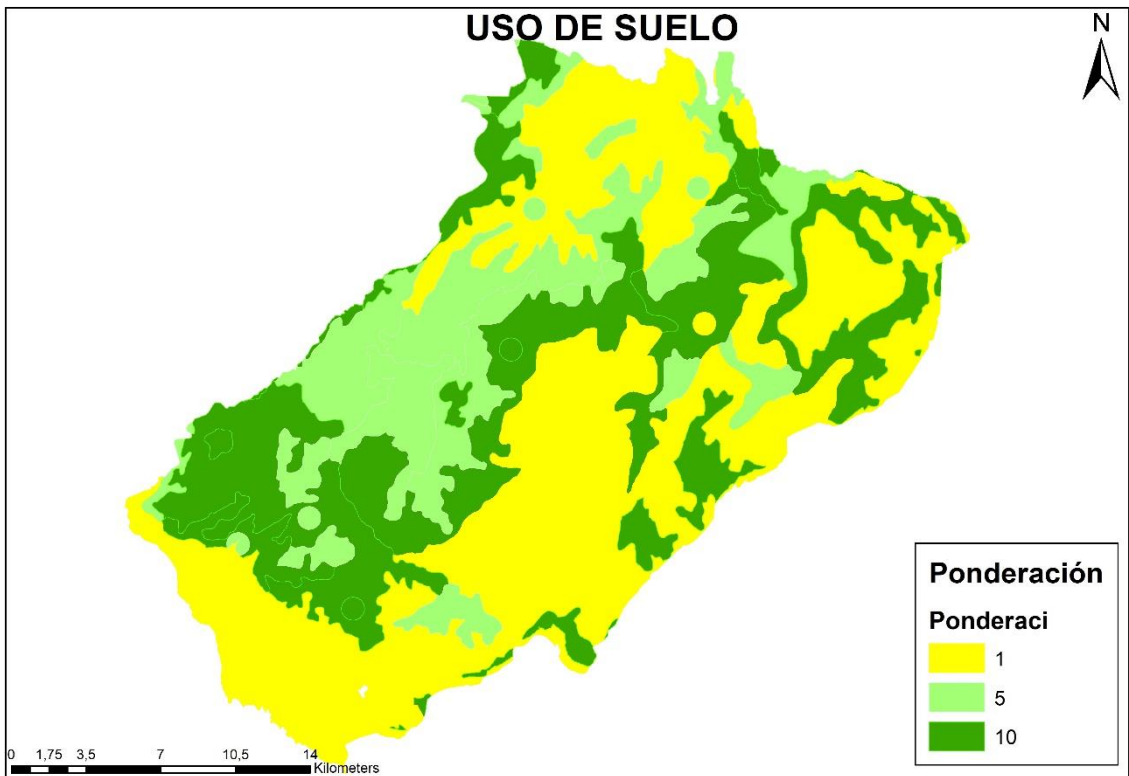
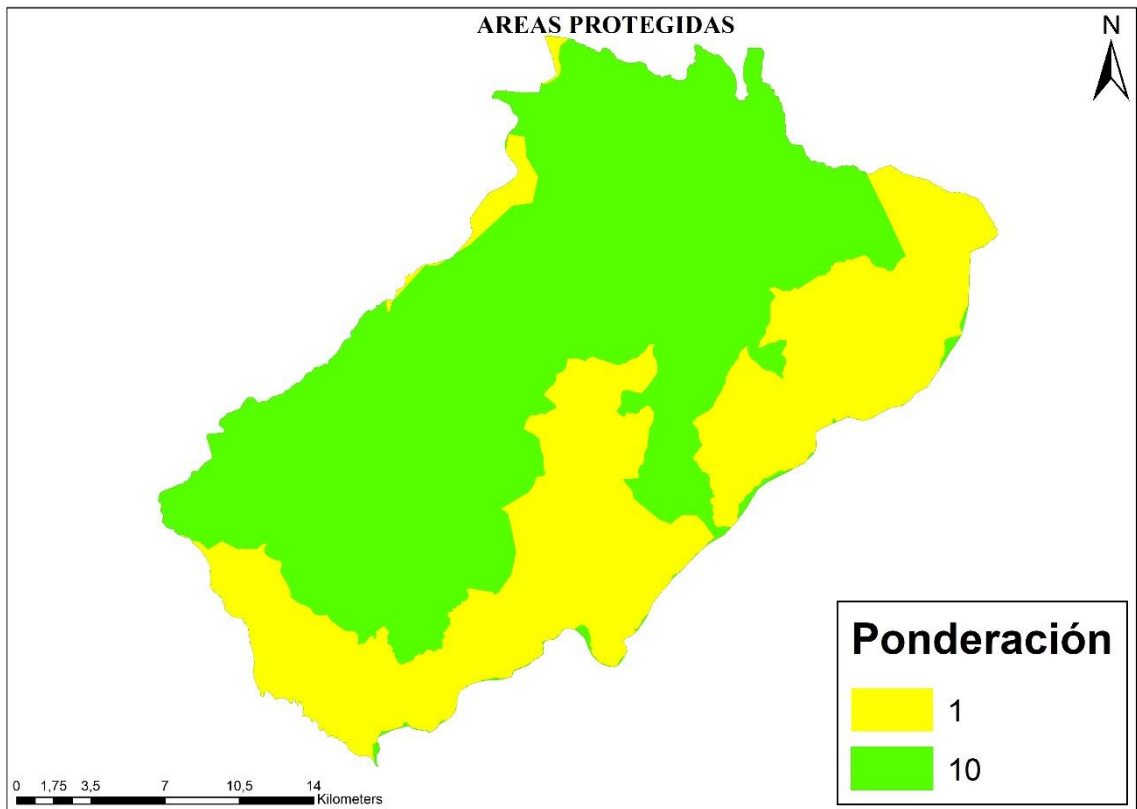
Elaborado por: Sergio Peña

4.2.1 Ponderaciones de los criterios

Cada criterio tiene sus respectivas ponderaciones de acuerdo a valores que recomienda (Erazo, 2016), para realizar un análisis multicriterio mediante el uso de SIG.







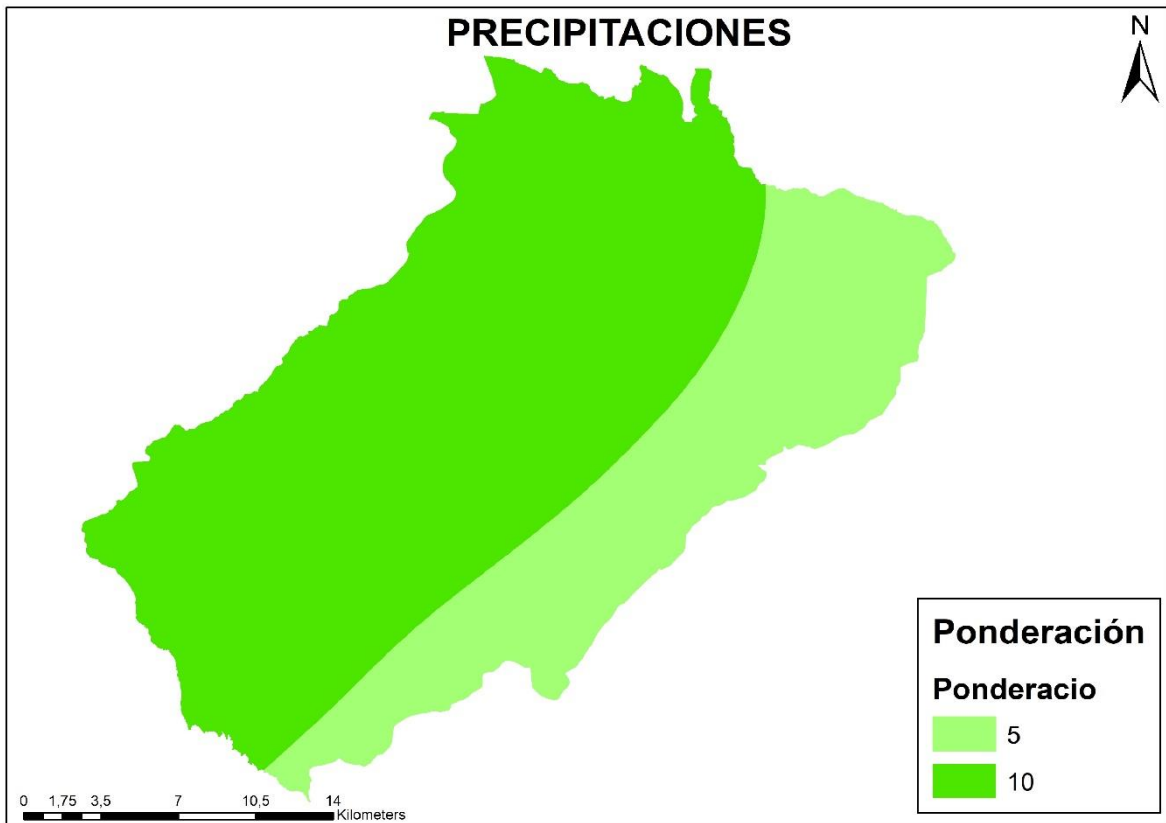


Figura 11: Criterios con sus respectivas ponderaciones

Elaborado por: Sergio Peña

4.2.2 Restricciones

La restricción se enfoca hacia algunos aspectos técnicos y eventos naturales, tales como: cuerpos hídricos, Sistema Nacional de Áreas Protegidas, centros poblados, inundación, deslizamiento de masas y bosques protectores.

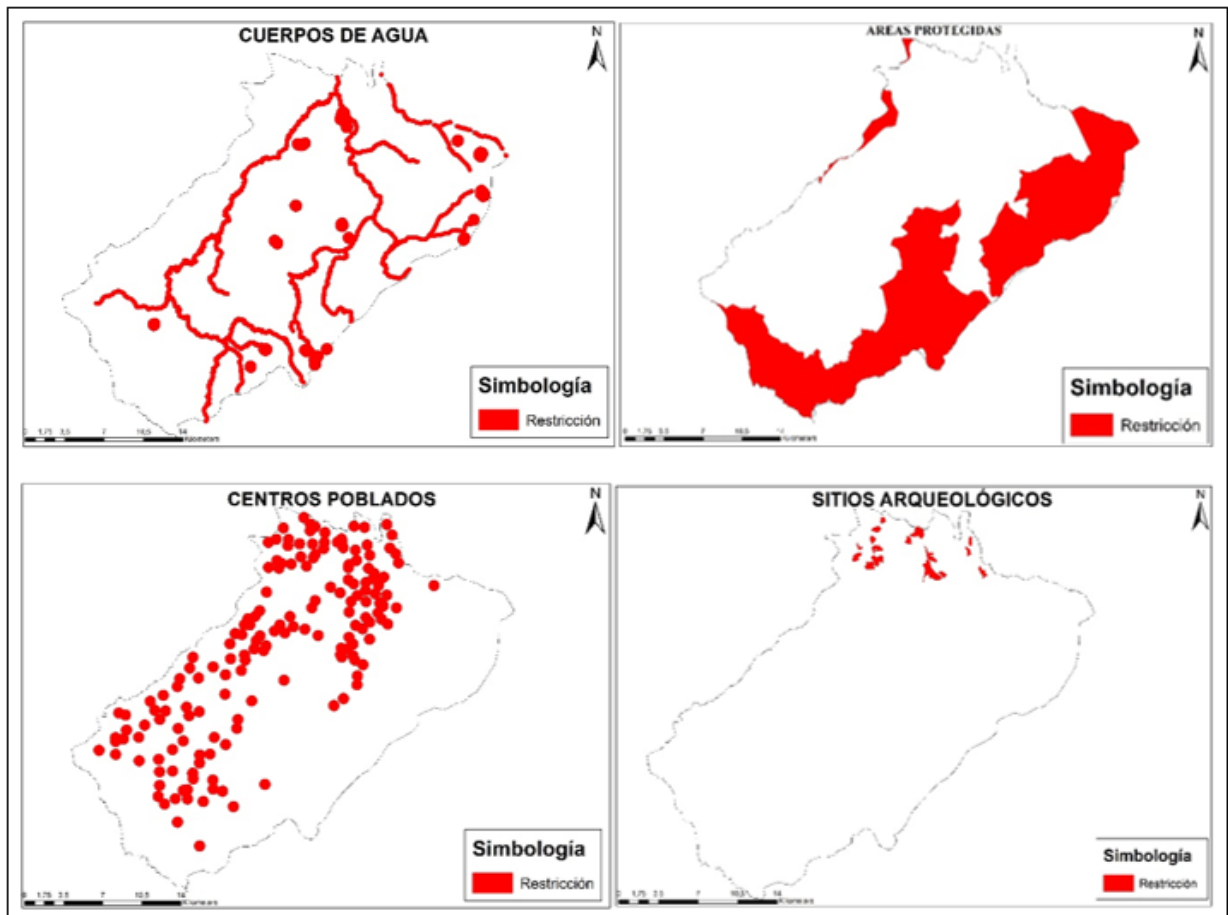


Figura 12: Restricciones

Elaborado por: Sergio Peña

4.2.3 Resultado del Análisis Multicriterio

Luego de analizar cada uno de los criterios con los pesos normalizados y los valores de cada uno. De acuerdo a lo descrito, el resultado de dicho procedimiento nos dio como resultados las zonas aptas que representan a la evaluación de las ponderaciones más altas para el emplazamiento de un relleno sanitario, en el cual demuestran la importancia que tiene cada criterio para determinar el sitio adecuado.

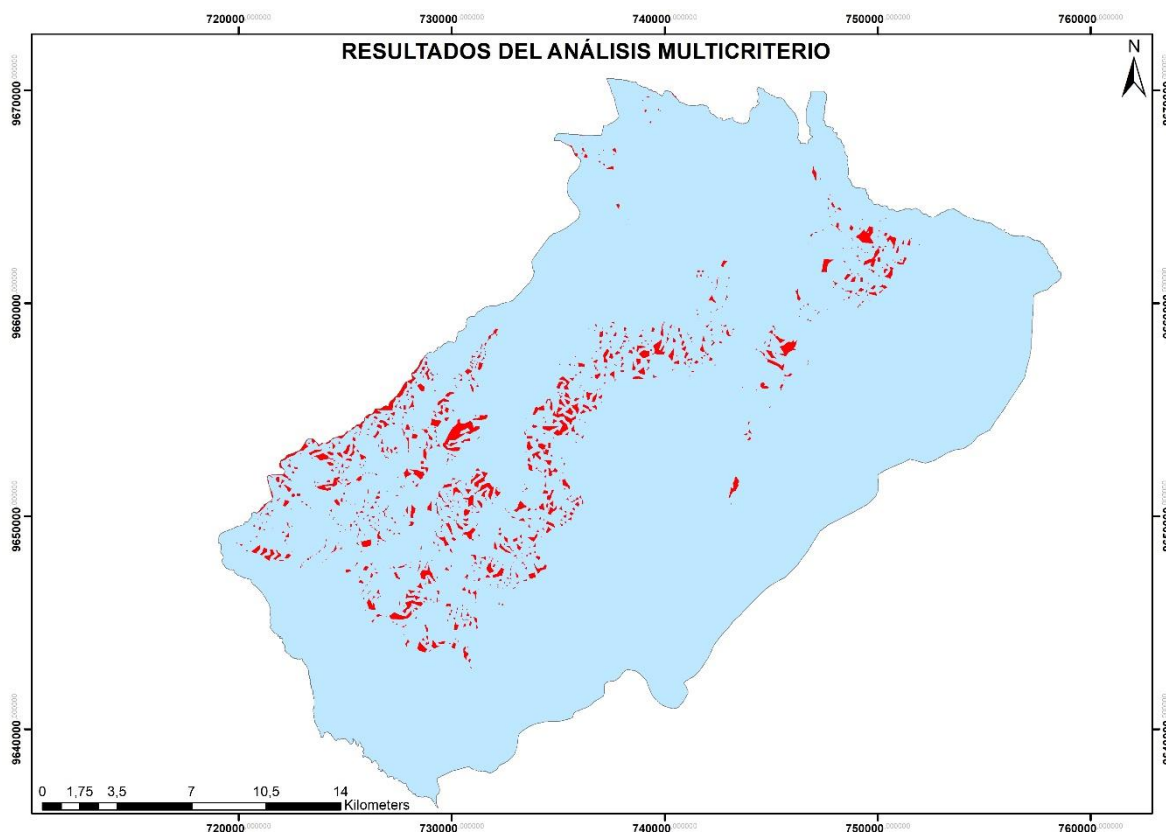


Figura 13: Resultados del análisis Multicriterio

Elaborado por: Sergio Peña

4.2.4 Clasificación de las zonas óptimas en conformidad con el centro de gravedad de mayor procedencia de desechos sólidos

Para la selección de la ubicación ideal para un sitio de disposición final de desechos sólidos, (Röben, 2002) , alega que, dependiendo de la distancia entre el relleno sanitario y el centro de máxima procedencia de desechos sólidos, se puede considerar como una situación óptima, regularmente óptima y no óptima. El cual se detalla de manera clara en la tabla 19.

Tabla 19: Clasificación de las zonas óptimas en conformidad con el centro de gravedad de mayor procedencia de desechos sólidos.

Situación de acuerdo a la distancia	Distancias en conformidad con el número de habitantes por centro poblado	Observaciones
Situación Óptima	Distancias inferiores a 7 kilómetros respecto a una población mayor de 200000 habitantes.	Se considera como un sitio óptimo, debido a su cercanía con respecto al centro de gravedad de la procedencia de desechos.
	Distancias inferiores a 5 kilómetros respecto a una población mayor de 50000 habitantes. Distancias inferiores a 3 kilómetros respecto a una población inferior de 50000 habitantes.	
	Distancias entre 7 y 15 kilómetros respecto a una población mayor de 200000 habitantes.	
Situación Regularmente Óptima	Distancias entre 5 y 10 kilómetros respecto a una población mayor de 50000 habitantes. Distancias entre 3 y 6 kilómetros respecto a una población inferior de 50000 habitantes.	Se considera como un sitio regularmente óptimo, debido a las distancias intermedias entre la ubicación del relleno sanitario y la mayor procedencia de desechos sólidos.
Situación No Óptima	Distancias mayores a 15 kilómetros respecto a una población mayor de 200000 habitantes.	Se considera como un sitio no óptimo, debido a las grandes distancias que tendría que recorrer los camiones colectores para brindar el servicio.
	Distancias mayores a 10 kilómetros respecto a una población mayor de 50000 habitantes.	
	Distancias mayores a 6 kilómetros respecto a una población inferior de 50000 habitantes.	

Fuente: (Röben, 2002)

De este modo, mediante las consideraciones de la tabla 19, es posible delimitar la distancia entre la parroquia más poblada del cantón Sígsig con los sitios para el emplazamiento del relleno sanitario, en este caso el centro de gravedad de mayor producción de residuos sólidos es la parroquia Sígsig, debido a que tiene el mayor número de habitantes. No obstante; es importante resaltar que, el número de habitantes referentes que tiene la parroquia pertenece al año 2010; por lo cual, se realizó una proyección de la

cantidad de habitantes que tiene el mismo centro poblado para el año 2040; el cual, es el lapso donde el sitio de disposición final cumple su ciclo de utilidad que son 20 años iniciando desde año 2020.

Tabla 20: Proyección poblacional por parroquia

Nombre de parroquia	Censo	
	2001	2010
	Habitantes	
Sígsig	10055	11170
Cuchil	1592	1688
Gima	3226	2886
Güel	1267	1348
Ludo	3064	3366
San Bartolomé	3381	4101
San José de Raranga	2050	2351
Total	24635	26910

Fuente: (INEC, 2010)

$$PF = PI * (1 + r)^{tf-ti} \quad (2)$$

Donde:

PF = Población final.

PI = Población inicial.

r = Tasa de crecimiento poblacional.

tf = año 2040

ti = año 2020

$$PF = 12585 * (1 + 0,012)^{2040-2020} = 15976 \text{ habitantes}$$

Las distancias de conformidad a las cuales se puede ubicar un relleno sanitario considerando la distancia con respecto al centro de gravedad que mayor producción de desechos sólidos genera, el relleno sanitario debería estar localizado a una distancia inferior de 5 km debido al número de habitantes, puesto que, si el sitio de disposición final se ubica a una distancia mayor ocasionaría un aumento en el presupuesto para lo que son costos de transporte, en el cual se ocasionarían recorridos ligeramente extensos por los camiones recolectores desde la procedencia de desechos sólidos hasta la respectiva zona de tratamiento.

SITUACIÓN CONFORME A LA DISTANCIA DEL CENTRO DE GRAVEDAD CON MAYOR PROCEDENCIA DE DESECHOS SÓLIDOS

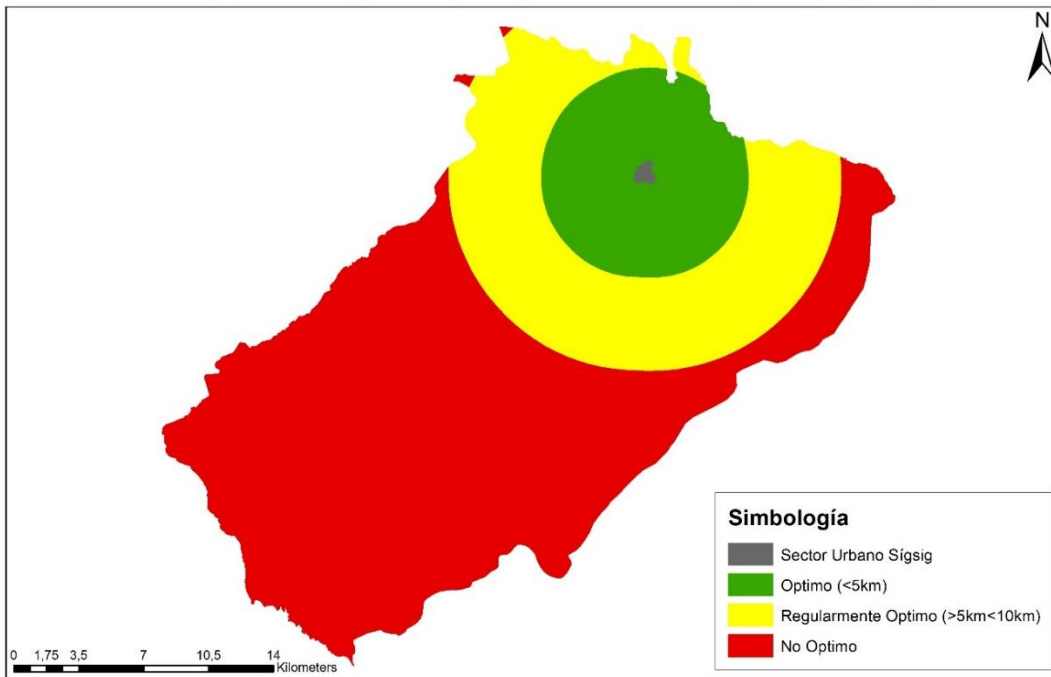


Figura 14: Clasificación de las zonas óptimas en conformidad con el centro de gravedad de mayor generación de residuos sólidos.

Elaborado por: Sergio Peña

CLASIFICACIÓN DE LAS ZONAS CON ÓPTIMA IDONEIDAD QUE CUMPLEN CON EL ESPACIO NECESARIO PARA EL EMPLAZAMIENTO DE UN RELLENO SANITARIO CONFORME AL CENTRO DE GRAVEDAD CON MAYOR PROCEDENCIA DE DESECHOS SÓLIDOS

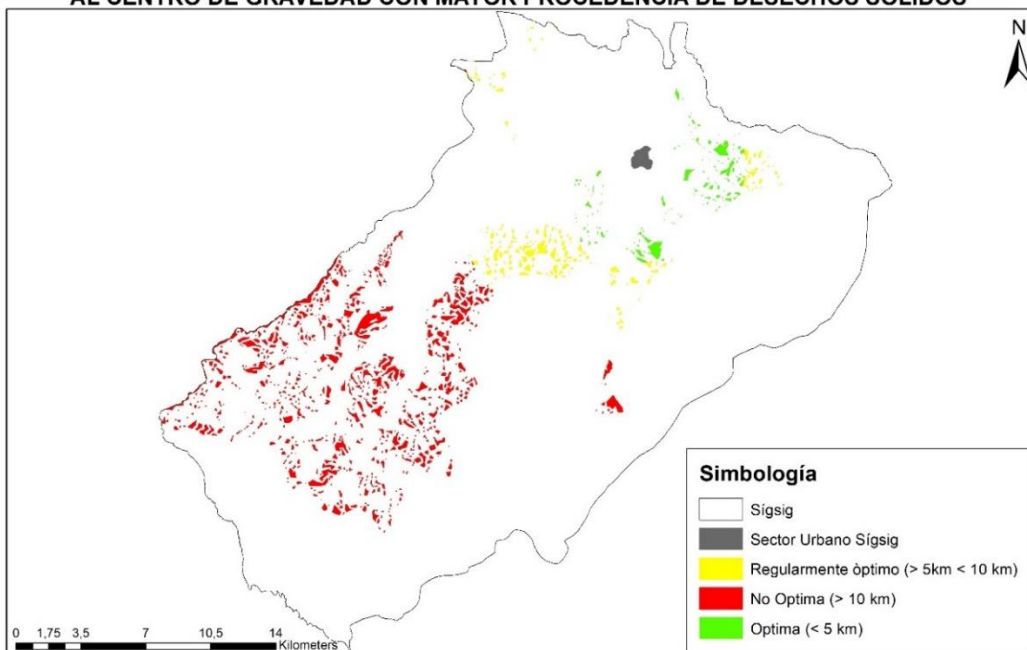


Figura 15: Clasificación de las zonas óptimas en conformidad respecto a la distancia del centro de gravedad de mayor generación de residuos sólidos.

Elaborado por: Sergio Peña

La clasificación según la distancia al centro de gravedad se observa las zonas para la obtención de alternativas que aseguren un adecuado emplazamiento de un relleno sanitario; por lo tanto, el presente trabajo investigativo se centró en las zonas ubicadas a distancias inferiores de 5km del sector urbano del cantón Sígsig; dado que, presentan situaciones óptimas.

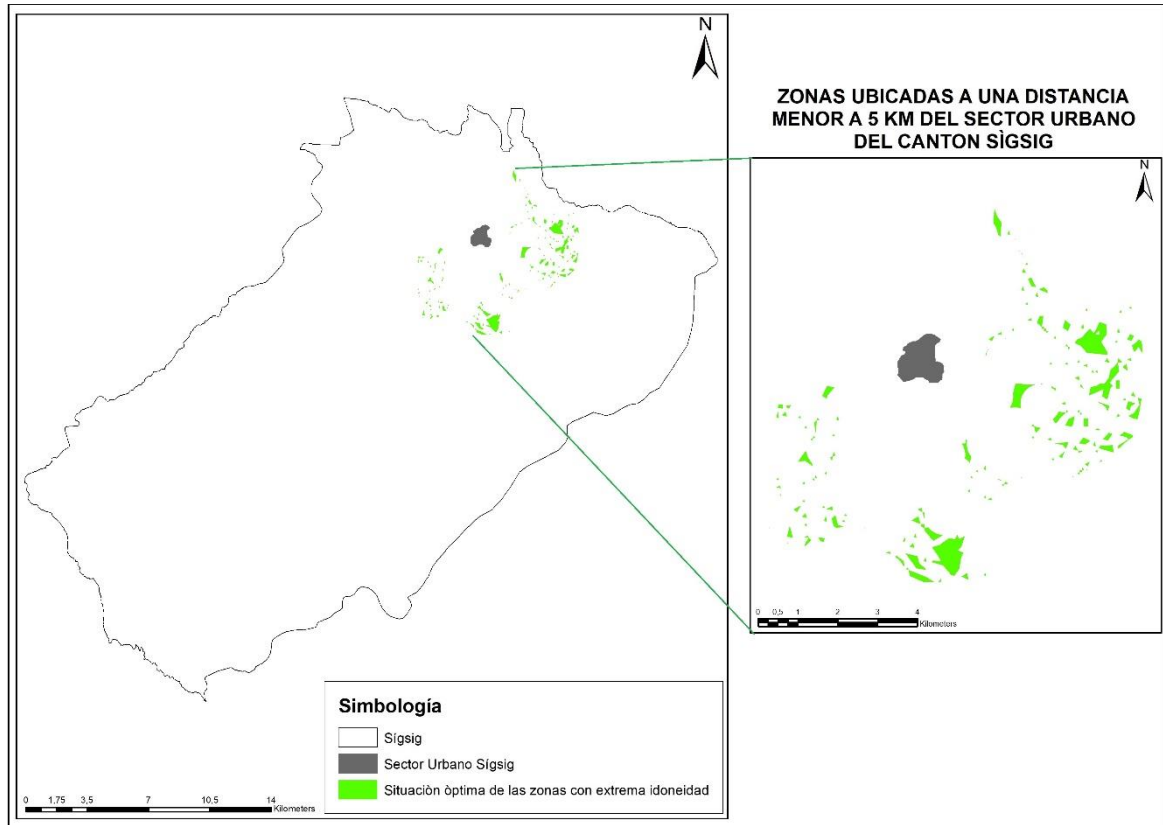


Figura 16: Zonas ubicadas en el sitio óptimo

Elaborado por: Sergio Peña

Basándose en la distancia, en el cual para denominar a las zonas ubicadas en sitios óptimos como alternativas se descartó todas las zonas menores a 17,35 ha, que es el área requerida; dado que, cada zona representa una extensión territorial distinta. Es así que, producto de estas distintas extensiones territoriales se forman 6 alternativas; mismas que, están detalladas en la figura 17 y 18.

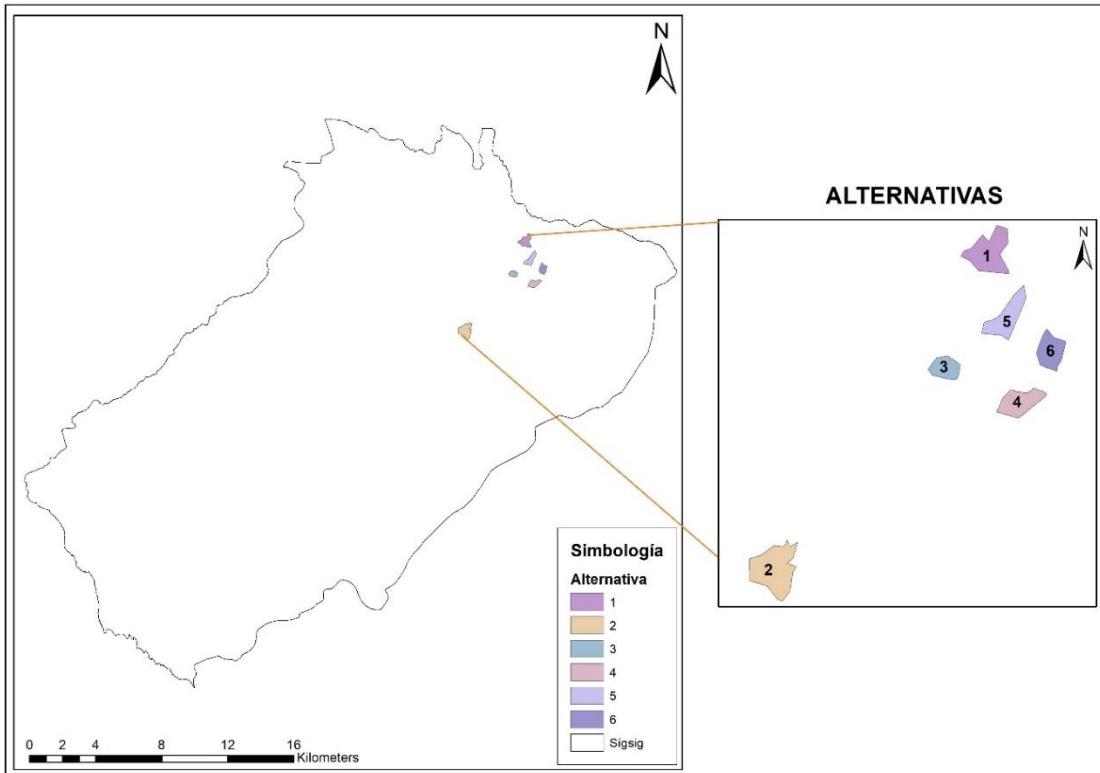


Figura 17: Alternativas ubicadas en las zonas de sitios óptimos

Elaborado por: Sergio Peña

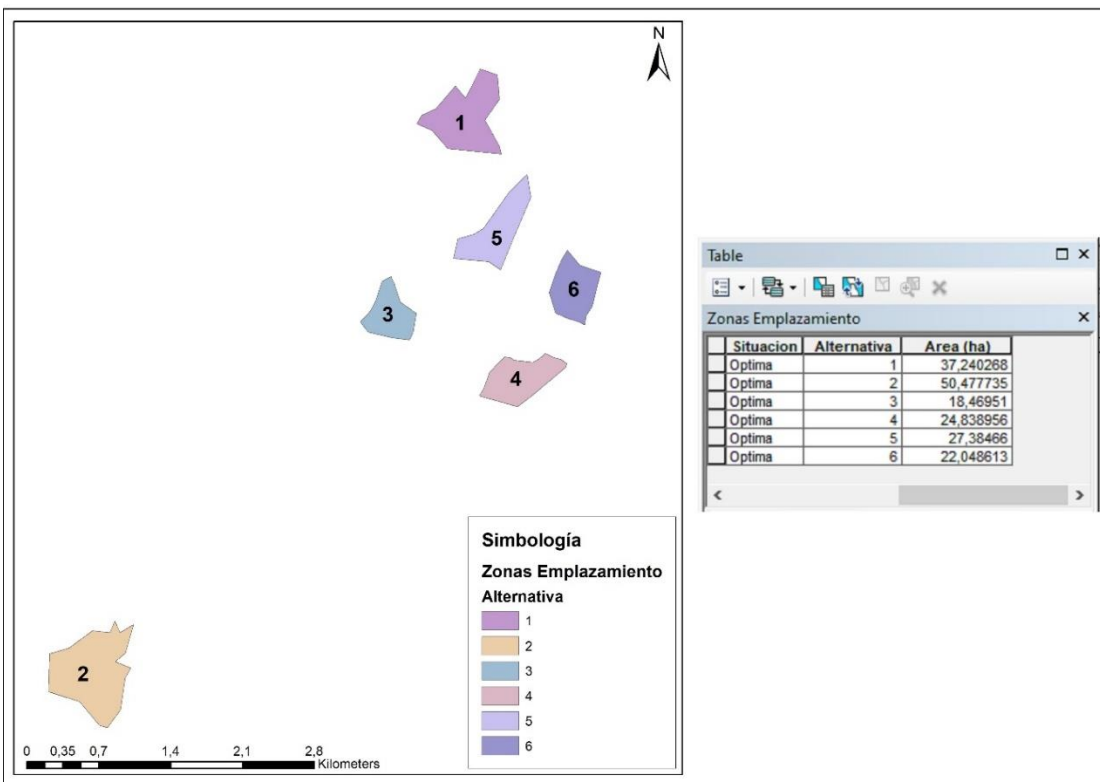


Figura 18: Extensión territorial de las alternativas

Elaborado por: Sergio Peña

Los resultados obtenidos en la figura 18, se observa que tenemos un total de 6 alternativas, cada una cumple con el área que se requiere para emplazamiento de un relleno sanitario que es 17,35 ha que es el área que se tomó como referencia, considerando la maquinaria que posee la autoridad competente de la zona de estudio.

Resultados sobre la evaluación de alternativas

La Conexión entre las vías de acceso es importante tomarlo en cuenta ya que se debe considerar si cada alternativa tiene vías de acceso y a que en caso de no tenerlo se tomaría en cuenta el costo de inversión que se realizaría en caso de que las alternativas seleccionadas no cuenten con ello, es posible evidenciar que, el cantón Sígsig cuenta con redes viales de primer, segundo y tercer orden de manera parcial en toda su extensión territorial.

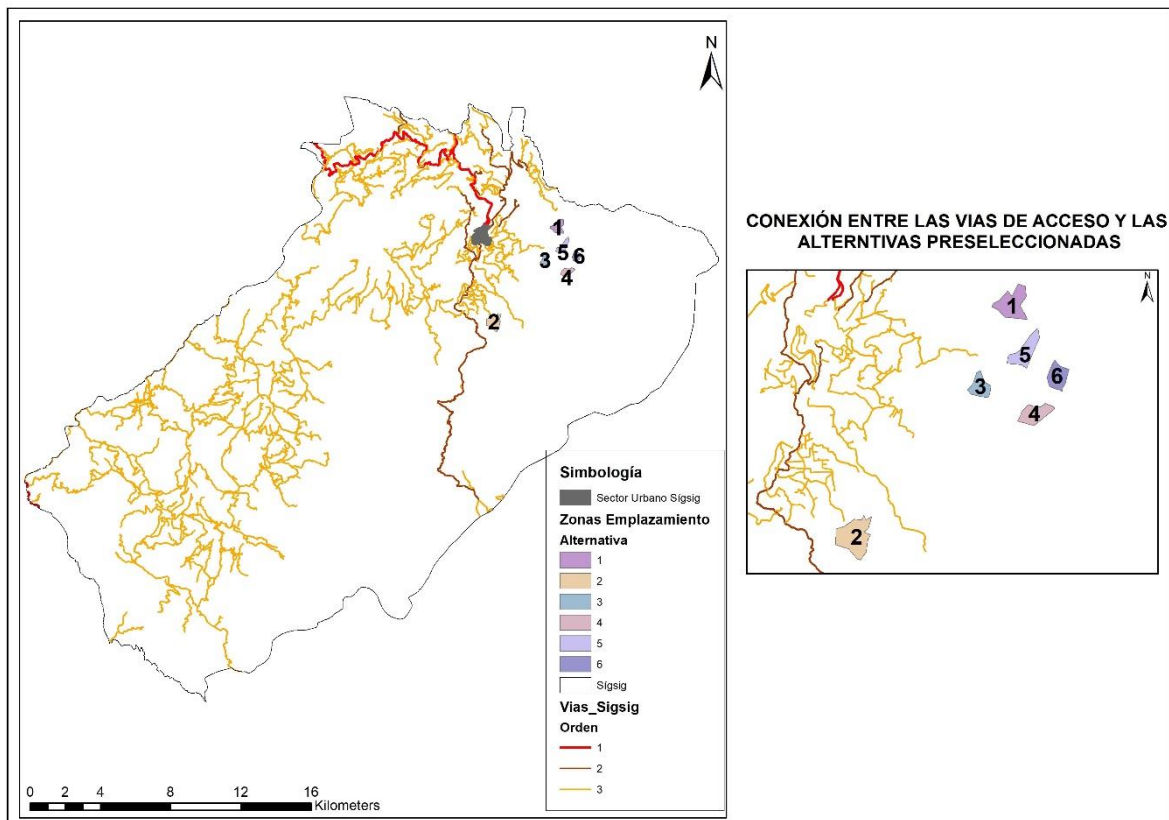


Figura 19: Conexión de las vías de acceso a las alternativas

Elaborado por: Sergio Peña

Su concerniente evaluación radica en verificar la existencia de vías cerca de las alternativas ya que, además, constata la interconexión de las mencionadas vías con los centros de generación de desechos sólidos; debido a que, dependiendo del emplazamiento del sitio de disposición final se reducirán las largas rutas que realizan los camiones recolectores hasta los poblados más lejanos.

4.3 Resultado y discusión

Sitios potenciales para la implementación del relleno sanitario

Luego de analizar las vías de acceso y distancia al centro de gravedad de mayor generación de residuos sólidos, de las 6 alternativas anteriormente preseleccionadas, mediante el uso de SIG la alternativa número 2 y 3 son las más aptas que cumplen con todos los criterios para el emplazamiento de un relleno sanitario, ya que las otras alternativas no cumplían con todos los criterios ya sea por qué se encontraba en zonas productivas según el uso de suelo o porque no tenían vías de acceso.

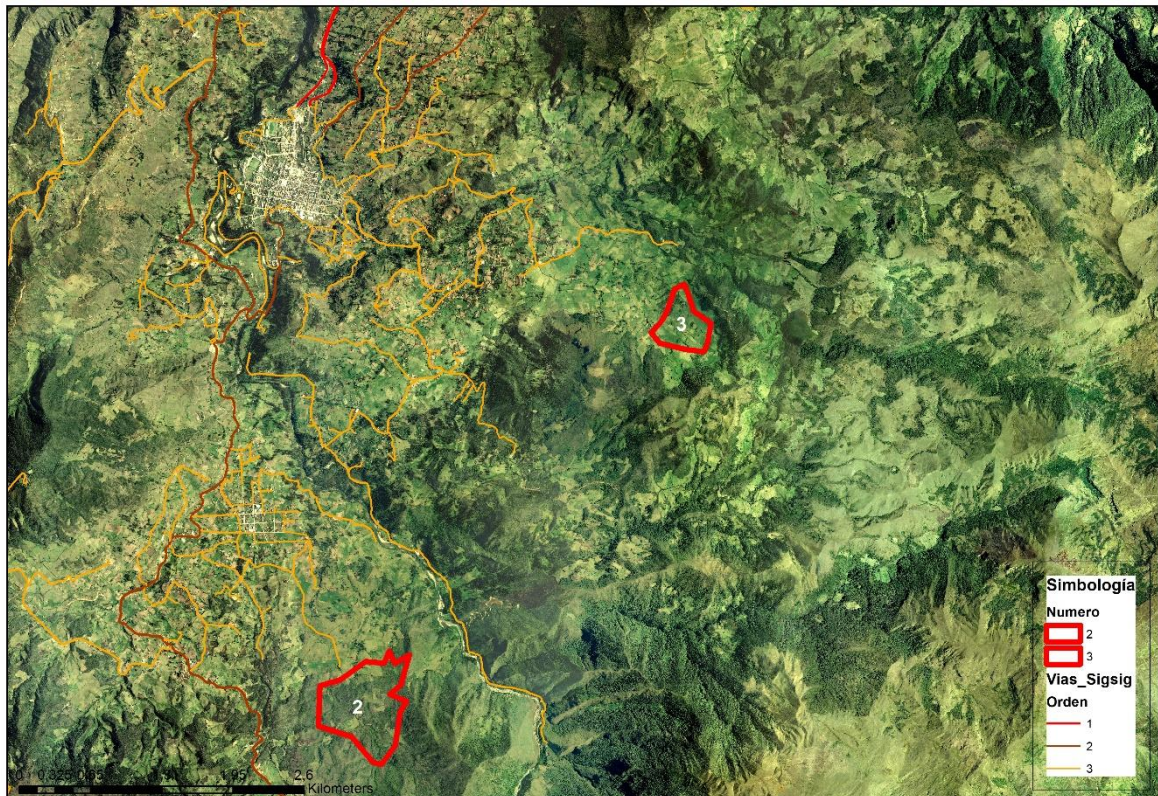


Figura 20: Sitios potenciales para la implementación de un relleno sanitario

Elaborado por: Sergio Peña

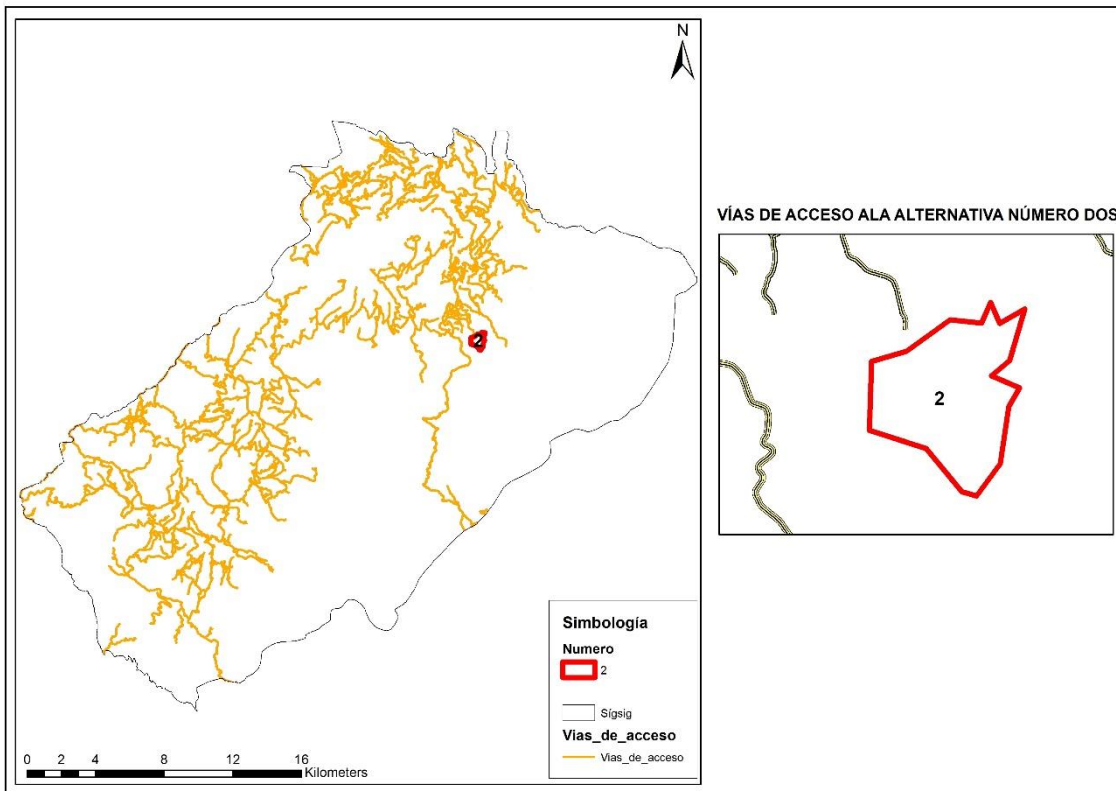


Figura 21: Vías de acceso a la alternativa numero dos

Elaborado por: Sergio Peña

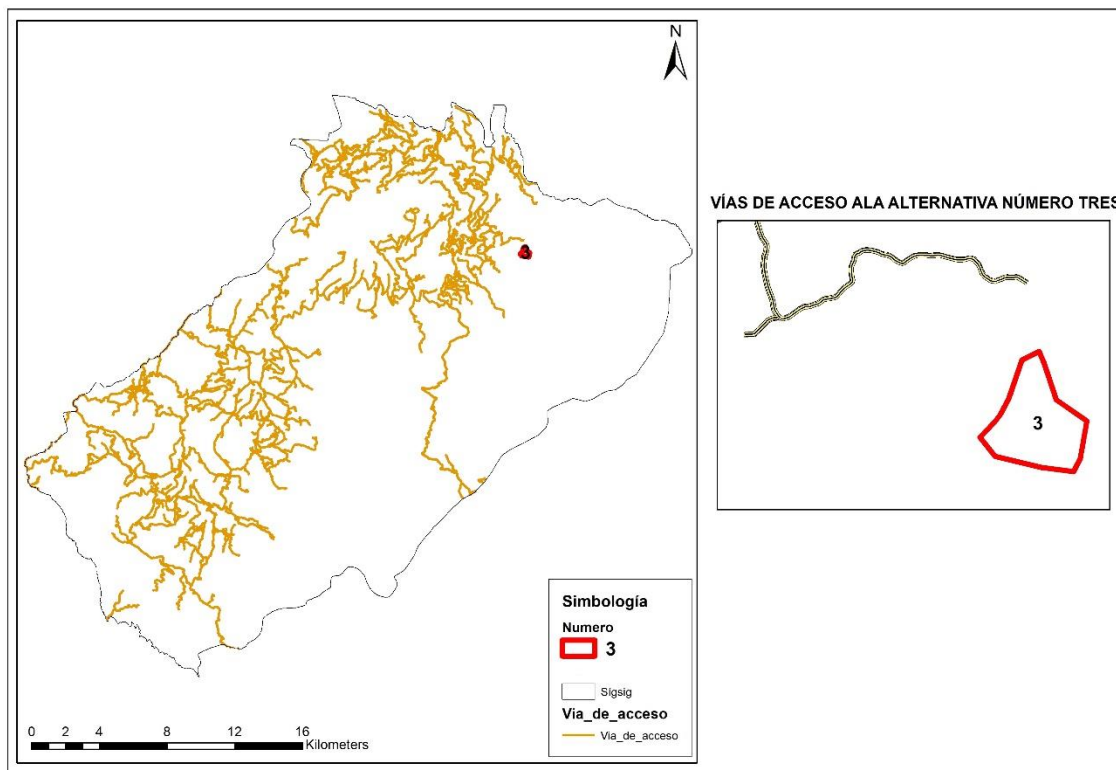


Figura 22: Vías de acceso a la alternativa número tres

Elaborado por: Sergio Peña

Las alternativas dos y tres son las que encuentran más cercanas a las vías de acceso, en el caso de la alternativa 2 se encuentra a una distancia de 100 m y a 900 m de un cuerpo hídrico y la alternativa tres se encuentra a 300 m de la vía y a 2 km de un cuerpo de agua.

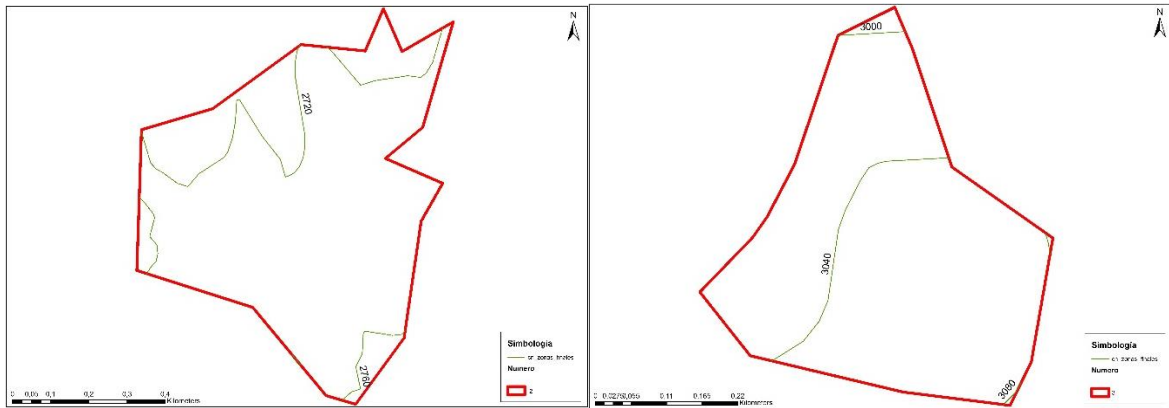


Figura 23: Mapa de curvas de nivel de las zonas de emplazamiento

Elaborado por: Sergio Peña

Considerando a la altura de las zonas seleccionadas, la zona dos se encuentra de 2720 a 2760 m s.n.m. y la zona tres se encuentra de 3000 a 3080 m s.n.m.

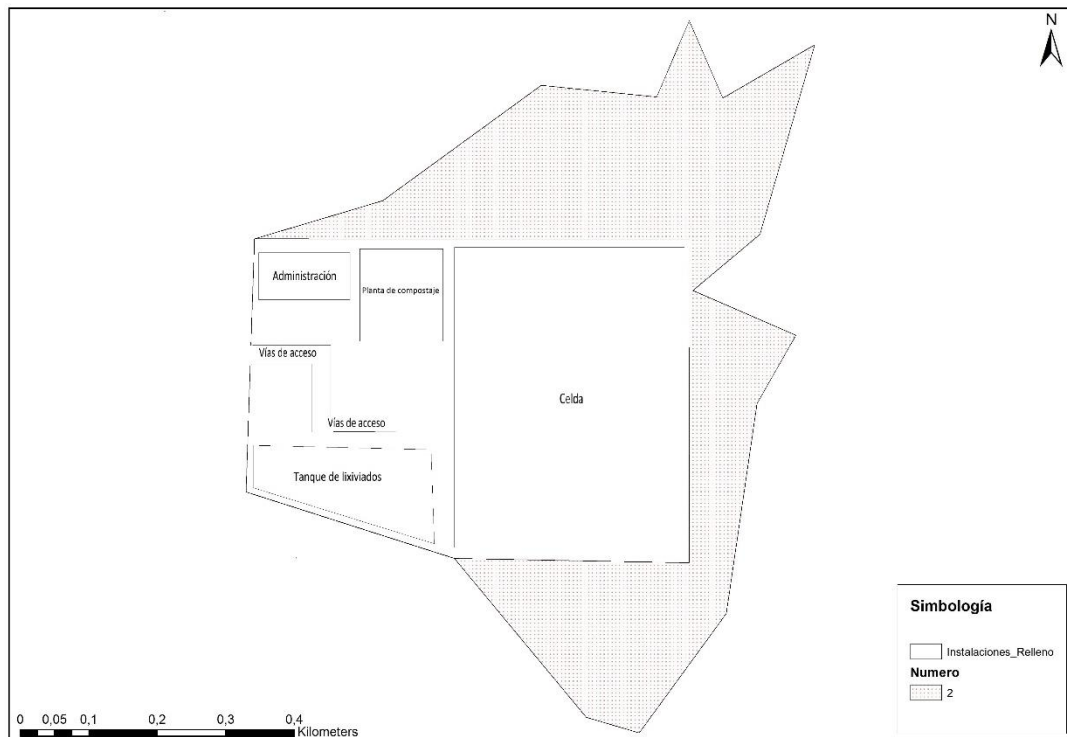


Figura 24: Instalaciones de un relleno sanitario zona 2

Elaborado por: Sergio Peña

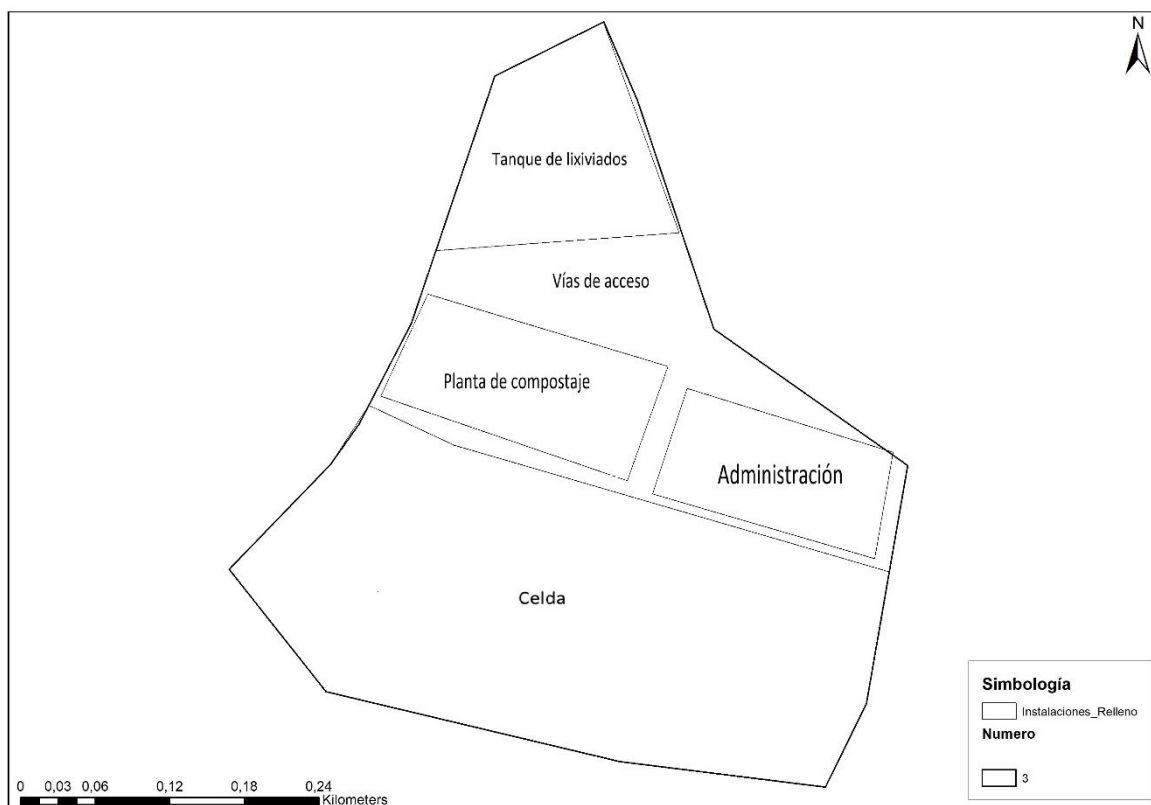


Figura 25: Instalaciones de un relleno sanitario zona 3

Elaborado por: Sergio Peña

La propuesta de un posible diseño de como estarán ubicado las instalaciones del relleno sanitario, donde en el caso de la zona dos tiene un área de 50 ha, en ese caso se consideró solo el área requerida para el relleno que se calculó anteriormente.

En la investigación de (Mena et al., 2010) “Localización de un relleno sanitario en la comuna de Parral, Chile, a través de evaluación multicriterio” definen que, la mayor importancia para el emplazamiento de un sitio de disposición final es la distancia a las vías de acceso y la proximidad al centro de producción; pues, al demostrar el bajo nivel jerárquico del uso de suelo, la permeabilidad y la pendiente; es posible resaltar que varios autores priorizan los costos que conlleva la construcción de vías de acceso y las distancias que recorren los camiones colectores al sitio de disposición final.

(Mena et al., 2010) también menciona, los aspectos relacionados a la red hidrográfica, vegetación, áreas de conservación y áreas turísticas deben ser de carácter restringible para estas actividades. En este caso los resultados de este trabajo investigativo se vinculan con los derechos a la naturaleza; puesto que se analiza la protección de los cuerpos hídricos y áreas protegidas dentro del cantón por tal razón, es válido decir que lo más relevante en el presente análisis se basa en la protección ambiental, el cual lo importante no generar grandes impactos al ambiente ya sea de manera directa o indirectamente.

Los resultados del presente trabajo difieren con el artículo de Palacios (2018), llamado: “Evaluación multicriterio para la ubicación de un relleno sanitario en la ciudad de Macas”, a través Proceso Analítico Jerárquico, AHP; puesto que, el criterio de mayor peso reside en las distancias a la zona urbana; mientras que, los pesos relacionados al uso del suelo, pendientes, permeabilidad del suelo, distancias a los ríos, aeropuerto y a las vías son de menor valor; debido a que, las decisiones tomadas se fundamentaron en la parte social.

Cabe destacar, que los criterios utilizados en los diferentes estudios realizados en el Ecuador coinciden mayoritariamente con el trabajo de titulación realizado; de igual forma, es preciso contemplar que la evaluación del criterio relacionado con las distancias al aeropuerto, puesto que este componente no se apega a la realidad del área de estudio, ya que al no existir aeropuertos en el cantón Síg sig.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES

- Con el levantamiento de información para la línea base se determinó que el servicio de gestión actual de los residuos del cantón, tiene una cobertura del 93 % de la población del cantón, el servicio de recolección se realiza en tres camiones que son alquilados a la empresa EMAC del cantón Cuenca, la disposición final se lo realiza en el Relleno Sanitario de Pichacay, y tiene una producción per cápita es de 0,66 kg/hab/día dato que se mantiene desde el año 2019.
- El diseño del relleno sanitario con una vida útil de 20 años, considerando los datos de proyección poblacional hasta el año 2040, se planteó dos escenarios el primero con una compactación de los residuos de 0,5 ton/m³ obteniendo como resultado un área de 17,35 ha y en el segundo escenario con una compactación de 0,8 ton/m³, el área necesaria de 10,87 ha, existe una diferencia de 7 ha aproximadamente considerando que en el segundo escenario se trabaja con otro tipo de maquinaria, como es el caso de un compactador tipo rodillo, en este caso el escenario más óptimo es el segundo, pero esta decisión puede estar condicionada de acuerdo al presupuesto con el cual cuente la entidad encargada del sistema de gestión de residuos sólidos.
- Para la ubicación del posible sitio de emplazamiento del relleno se consideró el área del primer escenario de 17,35 ha, obteniendo un total 6 sitios potenciales para el emplazamiento del relleno, cada lugar preseleccionado se valoró considerando el área, acceso de vías y la distancia a la que se encuentra con respecto del centro de gravedad que genera más residuos sólidos, donde como el resultado final fueron dos los sitios que cumple con los criterios técnicos establecidos en los cuales el primero tiene un área de 18,46 ha y el segundo un área de 50,47 ha.
- El relleno sanitario es una buena alternativa para la disposición final y si se tiene una gestión correcta, considerando los recursos económicos disponibles, esto haría que genere grandes beneficios a la población y al medio ambiente. Considerando que no todos los municipios cuentan con relleno sanitario propio como el cantón Sígsig que dispone de sus residuos en el relleno sanitario del cantón Cuenca, la implementación en un futuro podría hacer que se modifique todo el sistema de gestión de residuos sólidos, (horarios de recolección, rutas, presupuesto, entre otros aspectos), es importante tener en cuenta esta alternativa considerando las proyecciones realizadas el crecimiento poblacional del cantón y la producción per cápita de la zona.

CAPÍTULO VI

6. RECOMENDACIONES

- En futuros proyectos se pueden enfocar en un plan de Gestión Integral para los residuos sólidos, con un rediseño de rutas de recolección y barrido que garantice una mayor cobertura y personal capacitado, además de impulsar programas de manejo desde la fuente hasta que llegan al sitio de disposición final y concientización de la población a través de campañas de educación ambiental.
- Realizar un estudio de factibilidad de la implementación de un relleno sanitario en el cantón Sígsig, analizando los costos de inversión para la construcción del relleno sanitario, operación, mantenimiento y cierre del mismo.
- Se recomienda realizar estudios geo hidrológicos, estructurales, edafológicos; pues, la evaluación de los impactos ambientales que genere un sitio de disposición final, para demostrar la existencia de riesgos ambientales vinculados con la ubicación del sitio para el emplazamiento del relleno sanitario.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asamblea General Constituyente. (2008). Constitución del Ecuador. *Registro Oficial*, 20 de Octubre, 218. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Asamblea General Constituyente. (2017). Código Orgánico Del Ambiente. *Registro Oficial Suplemento* 983, 1–92.
- Asamblea General Constituyente. (2019). Reglamento al Código Orgánico del Ambiente. *Fielweb Evolución Jurídica*, 752(507), 1–192.
- Consejo Cantonal Sígsig. (2019). Ordenanza para la gestión integral de residuos sólidos y buenas prácticas ambientales en el cantón Sígsig. *Uihu*, 2–4.
<https://www.asambleanacional.gob.ec/sites/default/files/private/asambleanacional/filesasambleanacionalnameuid-29/Votaciones Comisiones/Enmienda/RO Enmiendas constitucionales.pdf>
- Corena, M. (2008). *Sistemas de tratamientos para lixiviados generados en Rellenos Sanitarios* (Vol. 49).
- Correa., D. F. O. (2015). *Sígsig y sus parroquias estudio histórico y geografico*. 1–88.
- Eguizabal, R. (2008). *Guía de Diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual*.
- Erazo, N. (2016). *Identificación de sitios potenciales para la construcción de un Relleno Sanitario a partir de un SIG en el Municipio de Pupiales - Nariña*. June, 76.
- Espinoza, P. C. D., & Rosalba, D. (2018). *Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos*.
- FAO. (2014). Manual de usuario:Residuos agrícolas y residuos ganaderos. *Bioenergía y Seguridad Alimentaria Evaluación Rápida (BEFS)*, 9. <http://www.fao.org/3/a-bp865s.pdf>
- Flores, C. B. (2015). La problemática de los desechos sólidos The solid waste problem. *Economía*, 27, 121–144. <http://www.redalyc.org/pdf/1956/195614958006.pdf>
- Garrido, M. S. (2014). "Diseño Del Complejo Ecológico Para El Manejo Integral De Residuos Sólidos De La Mancomunidad Formada Por El Cantón Las Naves Y La Parroquia San Luís De Pambil En La Provincia De Bolívar. 245.
<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/5649/1/T-UCE-0012-313.pdf>
- Gordillo, L. C. (2019). Localización de un relleno sanitario en el Cantón Naranjál, mediante Proceso de Análisis Jerárquico basados en Sistemas de Información Geográfica. *Universidad de Guayaquil*, 162. file:///C:/Users/jsram/Downloads/Tesis Gordillo 2019.pdf
- Guerra, E. E. (2014). Daños a la salud por mala disposición de residuales sólidos y líquidos en Dili, Timor Leste. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 52(2), 270–277.
- Hurtado, M. (2015). *Identificación de zonas industriales en el cantón Cuenca mediante evaluación multicriterio*.
- Jaramillo, J. (2002). *Guía para el diseño , construcción y operación de rellenos sanitarios manuales*.
- Lopez, O., & Rogal, J. (2017). *Propuesta para el diseño del nuevo Relleno Sanitario para el Municipio de Aguachica - Cesar*. 1–83.
- Mejía, C. A. Z., Castañeda, F. A. M., & Varela, P. A. M. (2012). A methodology for landfill location using geographic information systems : a Colombian regional case Metodología para la localización de rellenos sanitarios mediante sistemas de información geográfica . Un caso

- regional colombiano. *Ingeniería e Investigación*, 32(1), 64–70.
<http://www.bdigital.unal.edu.co/29845/1/28527-102131-1-PB.pdf>
- Mena, C., Hernández, Y. M., & Rojas, Y. O. (2010). *Localización de un Relleno Sanitario en la comuna de Parral, Chile, a través de evaluación multicriterio*.
- Minga, M. I., & Zhiminaycela, Y. F. (2019). *Optimización de las rutas de recolección de los residuos sólidos urbanos del centro cantonal Sígsig*.
- Nippon, K. L. (2017). Manual Sobre Disposición Final de Residuos Sólidos Municipales. *Magazine Article*, 1–124. <https://doi.org/10.1109/T-AFFC.2012.37>
- PDOT Sígsig. (2015). *2015 Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Sígsig*.
https://www.google.com/search?q=ACTUALIZACIÓN+DEL+PLAN+DE+DESARROLLO+Y+ORDENAMIENTO+TERRITORIAL+DEL+CANTÓN+SIGSIG+2014.&rlz=1C1CHBD_esEC798E C798&oq
- Ramos, A. L. V. (2015). Diseño de un Relleno Sanitario Manual para el recinto “Cristóbal Colón”- Provincia de Esmeraldas. *Tesis*, 1–100.
<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5081/1/UPS-CYT00109.pdf>
- Röben, E. (2002). *Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios Municipales*. 1–151.
- SEDESOL. (2004). *Manual técnico sobre generación, recolección transferencia de Residuos Sólidos Municipales*.
- Sesma, C. (2013). Guía para la gestión de los residuos en la empresa. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Toro, R., Szantó, M., Pacheco, J., Contreras, E., & Gálvez, A. (2016). Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios. *Manuales de La CEPAL*, 209.
<https://www.cepal.org/es/publicaciones/40407-guia-general-la-gestion-residuos-solidos-domiciliarios>
- Vicardi, R. (2015). Emisiones de gases de efecto invernadero y mitigación en el sector residuos. La economía del cambio climático en la Argentina. *Serie Medio Ambiente y Desarrollo*, 69.
- Zamora, J. (2012). Guía para el Diseño, Construcción, Operación, Mantenimiento y Cierre de Rellenos Sanitarios Dirección General de Gestión Integral de Residuos Sólidos. *Ministerio de Medio Ambiente y Agua*, 1–214. <http://www.anesapa.org/wp-content/uploads/2014/07/Guia-para-el-Diseño-Construcción-Operación-Mantenimiento-y-Cierre-de-Relleno-Sanitario.pdf>

ANEXOS

Anexo 1: Solicitud de información



UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

UAIC-DCIAMB-2020-07-24- OF528

Asunto: SOLICITUD DE INFORMACIÓN

Economista
PABLO UYAGUARI
ALCALDE DEL CANTON SIGSIG
Su despacho.-

De mi consideración:

Reciba un afectuoso saludo, deseando que las funciones a Usted encomendadas tengan el mayor de los éxitos.

El estudiante Sergio Geovanny Peña Morocho, alumno de la carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Católica de Cuenca, se encuentra desarrollando su trabajo de titulación con el tema "**Propuesta de diseño de un Relleno Sanitario para el cantón Sígsig**", por lo cual, se solicita, de la manera más comedida, la colaboración de la institución que representa mediante el acceso y suministro de la información necesaria sobre el sistema de gestión de residuos sólidos del GAD cantonal y el apoyo necesario para el desarrollo del tema planteado.

Es importante indicar que, al momento de divulgar los resultados, se respetará fuentes y/o autorías según corresponda.

Atentamente,

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO
"AÑO JUBILAR, QUICUAGÉSIMO ANIVERSARIO FUNDACIONAL"

Ing. Diana Macancela Encalada, Mgs.

DIRECTORA DE CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

dmacancelae@ucacue.edu.ec

0999850311

www.ucacue.edu.ec

Gobierno Autónomo Descentralizado
Municipal de Sígsig

RECEPCION DE DOCUMENTO

Fecha: 27-07-2020 Hora: 10:00
Recibido Por: Martha Juarez
Documentos Adjuntos: 1

Anexo 2: Camión Recolector



Anexo 3: Equipo de Recolección de Residuos Solidos



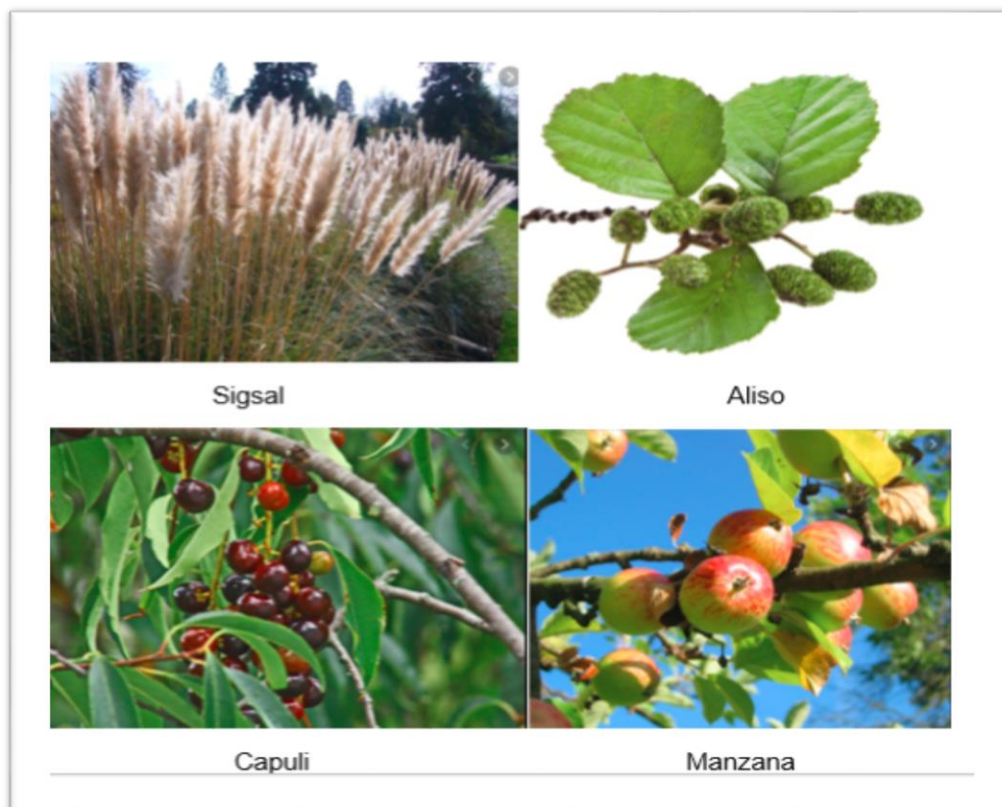
Anexo 4: Municipio del cantón Sígsig



Anexo 5: Fauna del cantón Sígsig



Anexo 6: Flora del cantón Sígsig



**PERMISO DEL AUTOR DE TESIS PARA SUBIR AL REPOSITORIO
INSTITUCIONAL**

Yo, **Sergio Geovanny Peña Morocho** portador(a) de la cédula de ciudadanía N° 0106884489. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación “**Propuesta de diseño de un Relleno Sanitario para el cantón Sígsig**” de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 28 de abril de 2021



F:

Sergio Geovanny Peña Morocho
C.I. 0106884489