

**UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE
MENDOZA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**LOCALIZACIÓN ÓPTIMA DE UN RELLENO SANITARIO
EMPLEANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
EN EL DISTRITO DE CHACHAPOYAS, REGIÓN
AMAZONAS, 2017**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:
INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR:

Bach. ANGERS WILLIAM ESPEJO PINGUS

ASESOR:

Ing. ROLANDO SALAS LÓPEZ

CHACHAPOYAS – PERÚ

2017

**UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE
MENDOZA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**LOCALIZACIÓN ÓPTIMA DE UN RELLENO SANITARIO
EMPLEANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
EN EL DISTRITO DE CHACHAPOYAS, REGIÓN
AMAZONAS, 2017**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:
INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR:

Bach. ANGERS WILLIAM ESPEJO PINGUS

ASESOR:

Ing. ROLANDO SALAS LÓPEZ

CHACHAPOYAS – PERÚ

2017

DEDICATORIA

Con profundo amor y gratitud a mis queridos padres. María y Eleuterio, a quienes les dedico este éxito logrado y les estaré eternamente agradecido por su esfuerzo y apoyo incondicional brindado, lo mismo que su confianza y comprensión.

Siendo ello la motivación de mi superación lo cual permitió hacer realidad mi mayor aspiración.

Ser Profesional.

Con cariño a mis hermanos. Jenner, Luz y Darling, por estar presente en mis logros y fracasos, por su comprensión, ternura y por compartir momentos de tristeza y alegría a lado de mis padres.

Angers.

AGRADECIMIENTO

A Dios todo poderoso, te agradecemos a ti Señor, por ser quien nos dio el don de la vida, por estar presente en nosotros iluminándonos y guiándonos en los momentos más difíciles, por el camino que nos diste al emprender este trabajo e infinitas gracias por brindarnos la oportunidad de cristalizar uno de nuestros más grandes sueños “Ser profesional”.

Con afecto y especial consideración a nuestro asesor, Ing. Rolando Salas López; y al ing. Henry Portocarrero Bazán, expreso nuestra admiración, cariño sincero y profundo agradecimiento por haber sacrificado sus horas valiosas en beneficio del presente trabajo contribuyendo a nuestra abnegada y dulce profesión.

Al Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva - INDES-CES de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, por brindar el apoyo en recursos del presente trabajo de investigación.

A los señores miembros del jurado quienes han contribuido en la formulación y ejecución de este proyecto.

A todas las personas que de una u otra forma nos apoyaron en el presente trabajo de investigación.

Angers

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

Ph.D. JORGE LUIS MAICELO QUINTANA

Rector

Dr. OSCAR ANDRÉS GAMARRA TORRES

Vicerrector académico

Dr. MARIA NELLY LUJAN ESPINOZA

Vicerrector de Investigación

Dr. MIGUEL ÁNGEL BARRENA GURBILLÓN

Decano de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental

MSc. ROSALYNN YOHANNA RIVERA LÓPEZ

Director de Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

JURADO EVALUADOR

Dr. Juan Manuel Garay Román
Presidente

Ing. Elí Pariente Mondragón
Secretario

Ing. Martín Félix Cuadrado Hidalgo
Vocal

DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO

Yo, **Angers William Espejo Pingus**, bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, identificado con DNI N° 72219070.

Declaro bajo juramento que:

1. Soy autor de la tesis titulada: **“Localización óptima de un relleno sanitario empleando sistemas de información geográfica en el distrito de Chachapoyas, región Amazonas, 2017”**, la misma que presento a consideración para optar el título profesional de Ingeniero ambiental.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.
6. El proyecto no ha sido autoplagiado, es decir no ha sido presentado ni publicado anteriormente. De identificarse fraude (datos falsos), plagio (información sin citar autores), autoplagio (presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya ha sido presentado), piratería (uso ilegal de información ajena) o falsificación (representar falsamente las ideas de otros), asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las normas de la Universidad, así como a la normatividad nacional competente.

Chachapoyas, 20 de noviembre de 2017

Angers William Espejo Pingus
DNI N° 72219070

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
.AUTORIDADES UNIVERSITARIAS.....	v
JURADO EVALUADOR.....	vi
DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO	vii
TABLA DE CONTENIDOS	viii
Índice de tablas.....	x
Índice de figuras.....	x
RESUMEN	xi
ABSTRAC.....	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	2
III. MARCO TEÓRICO	3
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	31
4.1. Área de estudio.....	31
4.2. Tipo de Investigación.....	31
4.3. Materiales.....	32
4.4. Equipos.....	33
4.5. Programas.....	33
4.6. Metodología	33
4.6.1.Trabajo de pre campo	34
4.6.2.Trabajo de Gabinete – Campo	34
4.6.3. Fase de gabinete.....	35
4.7. Procedimientos.....	36
4.7.1. Caracterización de la gestión integral de los residuos sólidos del distrito y provincia de Chachapoyas.	36
4.7.2. Generación de residuos sólidos municipales	36
4.7.3. Composición de Residuos Sólidos Domiciliarios.....	36
4.7.4. Densidad de los residuos sólidos	37
4.7.5. Calculo de la proyección de la producción per cápita de R.S. en Chach.....	38
4.7.6. Cálculo del área requerida	39

4.7.7. Cálculo del área total	39
4.7.8. Criterios y factores óptimos de localización de un relleno sanitario en Chachapoyas.....	40
4.7.9. Elaboración de los mapas temáticos de cada criterio y factor optimo.....	41
a) Criterio de pendiente.....	41
b) Criterio geológico	42
c) Criterio de distancia a carreteras.....	45
d) Criterio de distancia a ríos	46
e) Criterio de usos forestales y espacios protegidos	46
f) Criterio de distancia a zonas urbanas y aeropuertos.....	47
g) Análisis de superposición de criterios	48
h) Criterio de volumen de almacenamiento	48
4.7.10. Descripción de las zonas óptimas	48
V. RESULTADOS	53
VI. DISCUSIONES	55
VII. CONCLUSIONES.....	56
VIII. RECOMENDACIONES.....	57
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
ANEXOS	61
Anexo 01: Mapa del área de estudio	62
Anexo 02: Mapa de estudio – imagen satelital	63
Anexo 03: Mapa de criterio de pendientes.....	64
Anexo 04: Mapa del criterio geológico.....	65
Anexo 05: Mapa del criterio de distancia a carreteras	66
Anexo 06: Mapa criterio de distancia a ríos.....	67
Anexo 07: Mapa de criterio de usos forestales y espacios protegidos.....	68
Anexo 08: Mapa del criterio de distancia a zonas urbanas – rurales	69
Anexo 09: Mapa de áreas válidas para el relleno sanitario en Chachapoyas.....	70
Anexo 10: Mapa de Zonas óptimas para el relleno sanitario	71
Anexo 11: Mapa de Zonas óptimas para el relleno sanitario – imagen satelital.....	72
Anexo 12: Mapa de clima de las áreas optimas	73
Anexo 13: Mapa de uso actual de las áreas optimas.....	74
Anexo 14: Mapa de suelo de las áreas optimas.....	75
Anexo 15: Mapa de Vulnerabilidad de las áreas optimas	76

Anexo 16: Mapa de comparación del tiradero de Rondón vs las áreas óptimas.....	77
Anexo 17: Mapa de ubicación de la zona optima 01	78
Anexo 18: Mapa de ubicación de la zona optima 02	79
Anexo 19: Mapa de ubicación de la zona optima 03 y 04	80
Anexo 20: panel fotográfico.....	81

Índice de tablas

Tabla 01. Insumos de Imágenes satelitales.....	36
Tabla 02: Insumos Cartográficos.....	36
Tabla 03: Software utilizado.....	37
Tabla 04: Generación de residuos sólidos del distrito de Chachapoyas.....	41
Tabla 05: Datos para la proyección de la población del distrito de Chachapoyas.....	42
Tabla 06: Estimación de la población en el distrito de Chachapoyas.....	43
Tabla 07: Estimación de la generación per cápita de R.S. en el distrito de Chach.....	43
Tabla 08: Resumen de los criterios utilizados en software GIS.....	46
Tabla 09: Criterios de selecciones utilizadas y su valor en software GIS.....	46
Tabla 10: Clasificación de Pendientes.....	47
Tabla 11: Geología distrito de Chachapoyas.....	49
Tabla 12: Clasificación de Carreteras.....	54
Tabla 13: Clasificación de Hidrografía.....	55
Tabla 14: Clasificación de distancia a zonas urbanas.....	56
Tabla 15: presenta las áreas definidas como “óptimas”, siendo el valor establecido	58
Tabla 16: Comparación de las áreas óptimas con respecto a los tiraderos actuales.....	61

Índice de figuras

Figura 01: Ciclo de la gestión integral de los residuos sólidos.....	15
Figura 02: Jerarquía de los elementos de los sistemas de manejo integral de R.S.....	16
Figura 03: Área de estudio, distrito de Chachapoyas, departamento de Amazonas.....	35
Figura 04: Fases metodológicas desarrolladas.....	38
Figura 4.1: Estructura del plan de trabajo.....	40
Figura 05: Composición de los residuos sólidos en la ciudad de Chachapoyas.....	42
Figura 06: Reclasificación de distancia en criterio carreteras.....	55
Figura 07: Reclasificación de distancia a zonas urbanas.....	57

RESUMEN

La presente investigación surge como una alternativa a los problemas socio ambientales que se generaron en el proyecto SNIP – 146148 “*Mejoramiento y ampliación de la gestión integral de los residuos sólidos municipales del distrito de Chachapoyas, provincia de Chachapoyas, región Amazonas*”, específicamente los impactos del estudio de selección de sitio para la disposición final de residuos sólidos en la ciudad de Chachapoyas, sobre el suelo, aire, agua y la vulneración de los derechos fundamentales.

El objetivo fue localizar una área óptima (técnica y ambientalmente adecuada) para un relleno sanitario empleando un sistema de información geográfica - SIG, integrado a los criterios de selección de sitio como pendiente, geología, distancia a carreteras, hidrología, bosques, distancia a la población urbana – rural, distancia a un aeropuerto y el volumen de almacenamiento, estos criterios se evaluaron mediante la evaluación multicriterio y los pesos para cada criterio fueron de 0 para lugares no óptimos y 1 para lugares óptimos, empleando los SIG se obtuvieron cuatro zonas óptimas dentro del área de estudio, cada uno de ellas con sus áreas correspondientes: Área 01 = 60.43 Has., Área 02 = 6.91 Has., Área 03 = 3.1 Has., y Área 04 = 15.1 Has.

La metodología utilizada tuvo una fase de campo, en la cual la recopilación de información y la toma de puntos de control con GPS fue *in situ*, y en la fase de gabinete se determinaron la caracterización de la gestión de los residuos sólidos, los criterios de selección de sitio, la elaboración de los mapas temáticos, la superposición de mapas y posteriormente el análisis e interpretación.

El distrito de Chachapoyas cuenta con una población de 23399 habitantes según la tasa de crecimiento de la población. Mientras que se estima que en el año 2025 la población sea de 30275 habitantes, a medida que la población y la urbanización aumenta, el consumo aumenta y con ello los residuos sólidos es un gran problema para la gestión municipal, por lo tanto, elegir el sitio óptimo para un relleno sanitario es muy crucial.

Palabras claves: Relleno sanitario, gas invernadero, cambio climático.

ABSTRAC

The present research arises to solve the social and environmental problems generated by the project SNIP - 146148 "Improvement and extension of the integral management of municipal solid waste in the district of Chachapoyas, province Chachapoyas, Amazonas region" specifically the impacts of the site selection study for the final disposal site of solid waste for the city of Chachapoyas, on soil, air, water and violation of fundamental rights.

The objective was to locate an optimal area (technically and environmentally adequate) for a landfill using a geographic information system (GIS), the use of GIS integrated with site selection criteria such as slope, geology, distance to roads, hydrology, forests, distance to the urban - rural population, distance to an airport and the volume of storage, these criteria were evaluated by the multicriteria evaluation and the weights for each criterion were 0 for non - optimal places and 1 for optimal places, using GIS four optimal areas were obtained within the study area, each with its corresponding areas: Area 01 = 60.43 Ha., Area 02 = 6.91 Ha., Area 03 = 3.1Ha., and Area 04 = 15.1 Ha.

The methodology used was: in the field phase, the collection of information in situ and the acquisition of control points with GPS, in the cabinet phase, the characterization of the solid waste management, site selection criteria, the elaboration of the thematic maps, the superposition of maps and later the analysis and interpretation.

The district of Chachapoyas has a population of 23399 inhabitants according to the rate of population growth in the year 2025 the population will be 30275 inhabitants, as population and urbanization increases, consumption increases and thus solid waste in a big problem for the management municipal, therefore choosing the optimal site for a landfill is very crucial.

Keywords: Landfill, greenhouse gas, climate, change.

INTRODUCCIÓN

La población estimada en el año 2017 es de 7.5 mil millones de personas (Genial, 2017), para el año 2100 la población mundial será de 11 mil millones de personas (UNIDAS, 2015), a medida que la población, la urbanización y el consumo aumentan, los residuos sólidos se hacen un mayor problema (Mihelcic y Zimmerman, 2012), los residuos sólidos son dispuestos en lugares sin ningún tipo de medida técnica y ambiental (Castañeda, Montoya, y Mejía, 2010), la producción per cápita mundial de residuos sólidos en países industrializados es de 1 kilogramo por persona (Mihelcic y Zimmerman, 2012), en Perú la producción per cápita va desde 0.47 – 0.65 kilogramos por habitante (OEFA, 2015).

El aire, el agua y el suelo, constituyen los medios donde se vierten los residuos generados por el hombre (Mena et al., 2010). El manejo inadecuado de los residuos sólidos representa un peligro para la salud de las personas, el riesgo es mayor si los residuos son dispuestos en botaderos (MINAM, 2011b), en el Perú el 83 % de la producción total de los residuos sólidos es destinado a lugares inadecuados, causando daños al ambiente y salud de las personas (MINAM, 2011b), el principal problema del manejo de residuos sólidos es la escasez de lugares adecuados destinados a su disposición (MINAM, 2016).

Una herramienta común para evaluar los sitios potenciales de rellenos sanitarios es un sistema de información geográfica (GIS). Este sistema, es un medio valioso para el procesamiento de grandes cantidades de datos y para asegurar una evaluación de todas las opciones (Mihelcic y Zimmerman, 2012), además logra sintetizar las variables que condicionan la construcción y operación de rellenos sanitarios, teniendo en cuenta las características físicas, hidrológicas, socioculturales y técnicas que permiten seleccionar las mejores opciones, mediante los SIG se puede recolectar, manipular, interactuar y analizar la información final (Castañeda et al., 2010), el GIS también permite al ingeniero optimizar los diagnósticos ambientales y tomar mejores decisiones geo ambientales (Mihelcic y Zimmerman, 2012).

OBJETIVOS

1.1. Objetivo general

- Localizar un área óptima (técnica y ambientalmente adecuada) para un relleno sanitario empleando un sistema de información geográfica en el distrito y provincia de Chachapoyas, departamento de Amazonas, 2017.

1.2. Objetivos específicos

- Caracterizar la gestión integral de los residuos sólidos del distrito y provincia de Chachapoyas.
- Establecer los criterios y factores óptimos de localización para un relleno sanitario.
- Elaborar los mapas temáticos de cada criterio y factor óptimo, integrar y determinar la localización óptima para un relleno sanitario.
- Comparar la localización óptima con respecto a los tiraderos actuales.

MARCO TEÓRICO

1.3. Antecedentes de la investigación:

Actualmente el manejo integral de residuos sólidos, comprende desde la generación en la fuente hasta su disposición final, sanitaria y ambientalmente adecuada, para prevenir los riesgos a la salud de la población y el deterioro de la calidad ambiental (MINAM, 2016).

A esto se agrega el déficit de servicios y la ausencia de infraestructuras sanitarias para la disposición final de los residuos sólidos, que han originado la formación de botaderos de residuos sólidos en las ciudades, donde se disponen los residuos sólidos sin las mínimas medidas sanitarias y de seguridad, propiciando la proliferación de vectores, prácticas insalubres de segregación y alimentación de animales con residuos sólidos. (MINAM, 2008). De allí la importancia de investigar y aportar información integral y sistemática para la selección de un área óptima para un relleno sanitario con el fin de reducir los conflictos socio ambientales y tomar mejores decisiones en la gestión de los residuos sólidos.

(Aksoy & San, 2016), concluyeron que uno de los ejemplos de selección de sitios que se realizó mediante el análisis de decisiones multi criterio con SIG, es simple y eficiente para resolver este tipo de problemas. Se aplica para una mejor selección del sitio para el futuro, el crecimiento y la expansión de la ciudad deben ser estudiados más detalladamente.

(Becerra et al., 2015), sostienen que la ubicación de un sistema de disposición final, provoca en el medio ambiente un impacto más o menos importante dependiendo de la instalación y el medio donde se ubique. Por ello es fundamental que se definan aquellos factores ambientales más importantes, y se valore la idoneidad del terreno en función del impacto que puede provocar la instalación; además la aplicación de las técnicas de evaluación multi criterio en el ámbito de la geomática requiere que cada variable o factor temático deben ser estructurados como una matriz, en la cual los criterios ocupan las filas de la matriz y las alternativas propias de cada criterio ocuparán las columnas.

(Silva, 2015), elaboró un modelo cartográfico cuyos resultados fueron tres áreas óptimas, considerándose conveniente la aplicación de criterios excluyentes para mejorar ajuste del resultado.

(Paz, 2011), concluyó que a través de la implementación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y sus diferentes herramientas, se pueden determinar sitios o zonas en donde es posible ubicar actividades antropogénicas que vayan de acorde a las condiciones naturales de las mismas, lo que ocasiona por ende un mejor aprovechamiento de los recursos y un menor impacto ambiental en las mismas, siendo un claro ejemplo de lo que postula el ordenamiento territorial.

(Saralegi, 2015), afirmó que su estudio plantea la utilización de herramientas multicriterio para optimizar la gestión de residuos sólidos urbanos. Así se pretende unir en un mismo análisis los criterios económicos, ambientales y sociales que afectan a ésta problemática mediante la combinación de los métodos de AHP (Analytic Hierarchy Process) y TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution), que facilitan el proceso de toma de decisiones. Los resultados obtenidos para la Mancomunidad de San Markos reflejan como todavía queda margen de mejora hasta alcanzar situaciones más óptimas.

Rodríguez, (2003), concluyó que al utilizar una serie de factores (variables ambientales) y criterios que influyen en la selección de los sitios para la disposición de residuos sólidos municipales, en combinación con un sistema de información geográfica (SIG), fue posible localizar, caracterizar e inventariar una serie de zonas con distinto potencial en cada una de las localidades estudiadas. Por lo tanto, se generó una base de datos geo referenciada que servirá para estudios posteriores.

(Castañeda et al., 2010), sostienen que los resultados obtenidos permitieron ampliar el conocimiento acerca del desarrollo de metodologías para la localización de los rellenos sanitarios en nuestras municipalidades. Son útiles para el mejoramiento de las metodologías que utilizan los sistemas de información geográfica como herramienta de análisis territorial.

(Sosa y Torres, 2010), concluyeron que al utilizar los SIG permitieron señalar en mapas sitios tentativos para la construcción de rellenos sanitarios mientras que el análisis multi criterio precisa el sitio ambientalmente factible para la construcción del relleno sanitario, a estos sumándole estudios de campo y con base en los lugares señalados permiten dar como resultado que existe un sitio ambientalmente factible para la construcción de un relleno sanitario, que cumple con todos los requerimientos ambientales exigidos por la normatividad.

(Mena et al., 2010), afirmaron que la integración de los SIG y EMC constituyeron una herramienta útil en la ordenación territorial, ya que en conjunto permitieron la obtención de modelos y escenarios futuros, útiles para apoyar las labores de toma de decisiones por parte de los planificadores. La calidad del estudio que se desarrolle utilizando SIG y EMC, se sustenta en dos pilares fundamentales. Por una parte, la riqueza de la información o base de datos, la capacidad de análisis y conocimientos del operador del SIG, y por otra, la calidad y consistencia de la evaluación realizada por los expertos. Dicha evaluación debe ser realizada por un entro decisor consensuado, que permita la discusión sobre los criterios y la importancia de éstos en la evaluación.

1.4. Bases teóricas

(Mihelcic y Zimmerman, 2012) mencionaron que los rellenos sanitarios necesitan estar ubicados en donde los riesgos al medio ambiente y la sociedad son bajos, por lo que aun en el caso de un mal diseño, construcción u operación, el riesgo resultante es minimizado y el emplazamiento de instalaciones de vertido controlado de residuos generan diversos problemas, que pueden ser sociales y ambientales, la problemática social se apoya en la ambiental para rechazar determinados proyectos de relleno sanitario (Ordoñez, 2003). (Saralegi, 2015), señaló que, en materia de legislación sobre residuos sólidos existentes en Latinoamérica una gran dispersión, incoherencia y vacíos normativos, por la carencia de criterios básicos, y, consideran necesario que en los procesos de análisis, revisión, sistematización, derogación o promulgación de leyes de relevancia ambiental, se considere la protección del ambiente en su conjunto y también las interrelaciones existentes con los aspectos económicos y sociales. La generación per cápita de residuos sólidos (GPC) para el distrito de Chachapoyas, es de 0.470 kg/habitante/día según

estudio de caracterización al 2015, Si bien el distrito no cuenta con una planta de transferencia ni con un relleno sanitario para el tratamiento de residuos sólidos.

En la ciudad de Chachapoyas los residuos sólidos son arrojados a la quebrada El Atajo (6°13'45.74" S y 77°52'21" W), en el cerro Picushpata, Sector Rondón, desembocando en el Río Sonche, afluente del Utcubamba, principal río de la provincia (MPCH, 2013). Este botadero, con más de 30 años de funcionamiento, tiene una caída de aproximadamente 200 metros desde el borde de carretera hasta su parte más profunda. Botadero que ha llegado a colapsar, convirtiéndose en foco de proliferación de vectores de enfermedades, además de afectar tan valioso ecosistema circundante por malos olores y gases tóxicos que emanan por la combustión de los residuos aglomerados (MPCH, 2013).

En la municipalidad de Chachapoyas se formuló el proyecto: *Mejoramiento y ampliación de la gestión integral de los residuos sólidos municipales de la ciudad de Chachapoyas y ampliación del servicio de disposición final de los residuos sólidos municipales de la ciudad de Huancas, provincia de Chachapoyas, departamento de Amazonas*, el cual tiene el código SNIP - 146148, el mismo que viene generando un conjunto de protestas socio ambientales en contra del proyecto, argumentando que el lugar designado no es el óptimo y que vulnera los derechos fundamentales de las personas. Además, la ciudad de Chachapoyas requiere con urgencia un relleno sanitario. La presente investigación tiene como objetivo utilizar los sistemas de información geográfica para determinar una ubicación óptima para un relleno sanitario para facilitar a resolver los problemas socio ambientales que generó la ejecución del proyecto SNIP - 146148 sobre el suelo, aire, agua y vulneración de los derechos, además se pondrá a consideración la información para poder ser utilizada como un instrumento de gestión ambiental para ayudar a las autoridades y pobladores a tomar decisiones de manera informada, disminuyendo los impactos negativos al medio ambiente.

Además, la investigación, facilitará a resolver una amplia gama de problemas integrados a la gestión de los residuos sólidos que padece la municipalidad provincial de Chachapoyas, mejorando el tratamiento y la disposición final de los residuos sólidos.

La investigación tendrá un valor teórico - práctico tanto para el propio investigador, como para los actores directos ya que ambos se complementarán de conocimientos relacionados a la gestión de los residuos sólidos.

1.4.1. Sistema de Información Geográfica (SIG)

(Instituto Superior del Medio Ambiente, n.d.), define a un sistema de información geográfica o GIS (*Geographic Information System*) como un sistema para la gestión, análisis y visualización de información geográfica y (Ordoñez y Martínez, 2003) mencionan que el GIS es un conjunto de herramientas diseñado para la adquisición, almacenamiento, análisis y representación de datos espaciales.

Los SIG ofrecen una gran variedad de utilidades y aplicaciones relacionadas con los trabajos específicos de ordenamiento urbano y territorial (Fernández y Del Río, 2011), resolviendo una gran diversidad de problemáticas medioambientales como:

- Localización: Preguntar por las características óptimas de un lugar concreto.
- El control y la gestión de la información para los y procesos de toma de decisión, por ejemplo, el seguimiento georreferenciado de expedientes.
- Tendencia: Comparación entre situaciones temporales o espaciales distintas de alguna característica.
- Rutas: Cálculo de rutas óptimas entre dos o más puntos, etc.

1.4.2. Componentes de un SIG

a. Bases de datos espacial y temática

El núcleo central del sistema lo constituyen las bases de datos espacial y temática, en las cuales se almacenan, de forma estructurada, los objetos cartográficos (su posición, tamaño y forma) y sus características no geométricas (atributos), respectivamente. Así, en un mapa parcelario, la forma y la situación de las parcelas estaría en la base de datos geográfica, mientras que la información relativa a propietarios, tipo de uso, etc., estaría en la base de datos temática (Sosa y Torres, 2010).

b. Sistema gestor de bases de datos (DBMS)

Se entiende por sistema gestor de bases de datos un tipo de software usado para gestionar y analizar los datos almacenados en una base. Desde estos sistemas

se pueden almacenar los datos en tablas, establecer relaciones entre ellos y crear nuevas tablas con los resultados obtenidos (Saralegi, 2015). Estas tablas se pueden relacionar con la base de datos espacial y representar el resultado en forma de mapas temáticos. Así, si se trata de saber la distribución espacial de los consumos de agua para la ganadería estabulada en una determinada zona, en primer lugar, extraeríamos de los datos de los censos de propietarios de ganado la información relativa al número de cabezas y domicilio de la explotación; en segundo lugar, estableceríamos un (consumo medio por animal y, mediante una sencilla multiplicación, se podría saber (él consumo total y por establecimiento (Ordóñez, 2003). Por otro lado, se determinaría la situación; de las granjas a través de sus coordenadas en un sistema de referencia y, relacionando ambos ficheros de forma que se asigne a cada granja su consumo, sería posible representar en un mapa dicho consumo (Mihelcic y Zimmerman, 2012).

c. Sistema de digitalización de mapas

Las bases de datos cartográficas de los SIG se construyen a partir de los mapas, fotografías o imágenes que conforman los datos de partida. Para cargar estos datos en la base de datos del SIG, es necesario convertirlos al formato digital propio del sistema, para lo cual disponen de programas de digitalización y de conversión de formatos. La digitalización de los mapas analógicos se puede hacer con una tableta digitalizadora y el software correspondiente, o introduciendo en el ordenador los mapas escaneados y digitalizándolos posteriormente en pantalla (Becerra, et al., 2015).

El escáner también se utiliza para obtener información digital en formato raster a partir de mapas y fotos que puede ser empleada directamente por los SIG que utilizan este tipo de datos (SIG raster) (Aksoy & San, 2016). En ocasiones, las herramientas de digitalización que incorporan los SIG no son buenas, por lo que es necesario recurrir a otros programas para pasar a formato digital los mapas analógicos y utilizar posteriormente las funciones de conversión de formatos que incorpora el SIG para importar los datos procedentes de la digitalización (Becerra, et al., 2015).

d. Sistema de representación cartográfica

Son los que permiten dibujar mapas a partir de los elementos seleccionados de las bases de datos, hacer distintas composiciones cartográficas y también enviar estos mapas a los dispositivos de salida, como impresoras o plotters. Como sucede con los otros componentes, a veces, los SIG no tienen sistemas de representación cartográfica suficientemente desarrollados para obtener las salidas con la apariencia deseada, por lo que puede ser necesario exportar los mapas a otros programas que tienen herramientas más adecuadas para crear composiciones cartográficas (Genial. (2017).

Los mapas son los medios más utilizados para representar los resultados de los análisis efectuados en un SIG y, con frecuencia, van acompañados de tablas y diagramas, por lo que estos sistemas incorporan herramientas para crear este tipo de documentos (Castañeda et al., 2010).

e. Sistema de análisis geográfico

Este sistema permite relacionar datos espaciales y obtener nuevos mapas en función de la relación establecida. Un ejemplo consiste en obtener un mapa con zonas donde se cumplen una serie de condiciones de índole espacial, como, por ejemplo, áreas residenciales ubicadas sobre materiales geológicos con un alto contenido en sustancias radiactivas (Castañeda et al., 2010). En este caso, se clasificaría, los distintos materiales geológicos en función de sus emisiones radiactivas, obteniendo un mapa de áreas residenciales obtenido, a su vez, mediante una reclasificación de un mapa de usos de suelo.

La relación espacial que se establecería entre estos dos mapas sería de coincidencia de coordenadas, representando únicamente las áreas en las que se cumple esta condición. Éste es un problema tipo o que no puede resolver un sistema de bases de datos convencional, ya que no puede realizar superposiciones de datos espaciales (Castro, 2007).

f. Sistema de procesamiento de imágenes

Algunos sistemas de información geográfica disponen de módulos para analizar y operar con imágenes obtenidas con sensores aerotransportados o desde satélites artificiales. Las imágenes procedentes de satélite se emplean

cada vez más con fuentes de datos en los sistemas de información geográfica, especialmente en el análisis y resolución de problemas relacionados con el medio ambiente (Castañeda et al., 2010).

1.4.3. Tipos de SIG

Los mapas son modelos de la realidad que registran de forma simplificada aquellos aspectos que más nos interesan en función del objetivo del mapa y de la escala. Normalmente se utilizan dos métodos para representar esta realidad, que dan lugar a otros tantos tipos de modelos de datos geográficos: el modelo vectorial y el modelo raster (Becerra et al., 2015).

En el modelo vectorial de datos se registran únicamente las fronteras de los objetos espaciales aproximándolas por medio de líneas delimitadas por puntos que se localizan por sus coordenadas en un sistema de referencia. El resultado son mapas en los que aparecen tres objetos cartográficos básicos: Puntos, líneas y polígonos. En este modelo, no existen unidades fundamentales que dividen la zona recogida, sino que se recoge la variabilidad y características de esta mediante entidades geométricas. Para cada entidad geométrica las características son constantes. (Pucha, et al., 2017).

En el modelo raster lo que se registra no son las fronteras de los objetos espaciales sino su contenido quedando sus límites implícitamente representados. Para ello se divide el dominio geográfico en una malla regular de celdas, normalmente cuadradas asignando a cada celda un valor numérico que representa el atributo que se está registrando mientras que la situación geográfica de cualquier punto viene definida por la posición de la celda correspondiente en un sistema de coordenadas cartesianas (Castañeda et al., 2010).

Cada una de las celdas que compone la malla se denomina píxel, acrónimo de picture element. La longitud de cada lado de un píxel cuadrado sobre el terreno original se conoce como resolución de la imagen siendo una representación más precisa cuanto menor es su resolución aunque habitualmente lo habitual es referirse a la resolución de una imagen en sentido opuesto, es decir, las imágenes de más alta

resolución son aquellas que tienen tamaños de celda más pequeños (Gómez et al., 2015). En el modelo raster los puntos corresponden a celdas aisladas; las líneas, a celdas del mismo valor conectadas siguiendo una línea de un espesor igual a una celda y los polígonos se representan mediante un conjunto de celdas contiguas del mismo valor (Ordóñez, 2003).

En función del tipo de representación (modelo de datos) que se utilice, se distinguen dos tipos de SIG: Vectorial y raster. Algunos SIG pueden trabajar con ambos modelos de datos y pueden hacer análisis vectorial y raster. Éstos son, en términos generales, los sistemas más recomendables, y muchos de los sistemas que en sus inicios eran exclusivamente de uno u otro tipo van evolucionando hacia un sistema que incorpora ambos modelos de datos (Paz, 2011).

Dependiendo fundamentalmente del tipo de datos del que se dispone, y de la clase de análisis que se pretende hacer, es más aconsejable utilizar uno u otro tipo de SIG, aunque no se pueden establecer normas fijas sobre la utilización exclusiva de un tipo de SIG para un problema determinado, ni afirmar categóricamente que se debe utilizar uno y no otro tipo, más aún cuando, como se acaba de decir, cada vez son más los sistemas que permiten trabajar con ambos tipos de datos simultáneamente, aparte de que los SIG incorporan algoritmos de conversión raster a vector y vector a raster. No obstante, sí es posible establecer consideraciones de tipo general sobre los campos de aplicación de cada uno y analizar las ventajas e inconvenientes de uno frente al otro (Mihelcic y Zimmerman, 2012).

1.4.4. SIG vectoriales

Los SIG vectoriales se utilizan a menudo en problemas en los que interesa hacer consultas a la base de datos, tanto por localización como por atributos, y obtener una respuesta rápida. La base de datos espacial y la temática son diferentes, siendo esta última habitualmente una base de datos de tipo relacional, esto es, con una estructura de tabla en la que las filas se denominan registros y las columnas, campos. Cada registro corresponde a un objeto cartográfico y cada campo a un atributo. Los datos espaciales, por su parte, se almacenan en ficheros de acceso

directo cuya complejidad es normalmente función de las relaciones topológicas que se registren (Liliana, 2010). La información geográfica se organiza en capas en función del tipo de elemento (punto, línea o polígono) y de sus atributos. De esta manera, la información espacial para un determinado problema puede estar en una capa de puntos correspondiente a núcleos de población, una de líneas donde se representan las carreteras, otra de líneas con los ríos y una de polígonos correspondiente al mapa geológico (OEFA.,2015).

La base de datos espacial y la temática se unen mediante un identificador, que es un número entero asignado a cada objeto. Esta unión permite realizar consultas por localización pulsando con el ratón sobre un elemento cartográfico (punto, línea o polígono). Las consultas temáticas permiten encontrar los objetos cartográficos que tienen determinadas características o que cumplen ciertas condiciones, para lo cual lo normal es escribir la expresión de la consulta en un lenguaje de alto nivel que el programa traduce automáticamente (Mena et al., 2010). Esto es muy interesante en temas catastrales y fiscales, por lo que son muy utilizados por ayuntamientos y organismos oficiales, como las consejerías de hacienda y turismo, y también en análisis de mercados, marketing, gestión de emergencias, etc. También son muy utilizados en problemas de transporte por redes lineales, como es el caso de transporte de mercancías por carretera o por ferrocarril, transporte de energía eléctrica, gas, etc., ya que los objetos cartográficos espaciales con los que se trabaja son puntos y líneas (datos vectoriales), sobre los que se pueden establecer relaciones topológicas de conectividad y orden que facilitan los análisis (Saralegi, 2015).

1.4.5. SIG ráster

Los SIG ráster, por su propia esencia, son más adecuados para trabajar con datos que tienen una variación continua en el espacio, como las superficies topográficas, los mapas de temperaturas, de concentración de sustancias. También se utilizan cuando se dispone de imágenes de satélite como fuente de datos, lo cual es cada vez más habitual en problemas medioambientales. Los campos de aplicación son múltiples y se utilizan en disciplinas tan variadas como la biología, la geología, la medicina, la climatología o el medio ambiente (OEFA.,2015).

Su uso depende también del tipo de análisis que se pretende realizar. Así, a diferencia de los SIG vectoriales, no se usan en análisis de redes, ni son habituales en problemas de trazado de rutas óptimas, ya que no se almacenan las relaciones topológicas. La única topología considerada es la adyacencia de las celdas, que está implícita en la representación. En cambio, su uso es muy frecuente cuando es necesario realizar superposiciones y operaciones algebraicas con mapas, y cuando se trabaja con modelos digitales de elevaciones» a partir de los cuales se obtienen otros modelos derivados de gran interés, como los de pendientes, orientaciones, curvatura e insolación (Sosa y Torres, 2010).

La base de datos cartográfica y la temática se almacenan en ficheros unificados, cuya estructura más simple es una matriz cuyos valores son los atributos de cada uno de los píxeles. La información también se organiza en capas en función de los atributos y no del tipo de elemento, ya que todas las capas contienen el mismo tipo de objeto cartográfico, que son las celdas. De este modo, puede haber una capa para carreteras, otra para ríos y otra para usos de suelo, La información temática viene dada por el valor que se le asigna a cada celda (Aksoy & San, 2016).

1.5. Gestión integral de los residuos sólidos

1.5.1. Residuos de gestión municipal

Son de origen doméstico (restos de alimentos, papel, botellas, latas, pañales descartables, entre otros); comercial (papel, embalajes, restos del aseo personal, y similares); aseo urbano (barrido de calles y vías, maleza, entre otros); y de productos provenientes de actividades que generen residuos similares a estos, los cuales deben ser dispuestos en rellenos sanitarios.(OEFA, 2015). El manejo integral y sustentable de los residuos sólidos combina flujos de residuos, métodos de recolección y procesamiento, de lo cual derivan beneficios ambientales, optimización económica y aceptación social en un sistema de manejo práctico para cualquier región. (Genial, 2017). El manejo integral de los residuos sólidos municipales comprende los procesos siguiendo un orden que parte de la prevención en la generación, del reuso, reciclaje o compostaje, de la incineración

con recuperación de energía, de la incineración sin recuperación de energía, y del confinamiento en rellenos sanitarios como última opción (Saralegi, 2015).



Figura N° 1. Ciclo de la gestión integral de los residuos sólidos (OEFA, 2015).

El marco del desarrollo sustentable, el objetivo fundamental de cualquier estrategia de gestión integral de los residuos sólidos, es la minimización en la fuente, incrementar el aprovechamiento de los residuos sólidos, con el fin de generar recursos, y la prevención de los impactos negativos al ambiente que derivar de la gestión integral de residuos sólidos (Castro, 2007). En la figura 2 se muestra la jerarquía de los elementos presentes en el sistema de gestión ambiental de los residuos sólidos, con el fin de que sirva como posibles opciones en el manejo de residuos.

- Reducción de origen (reducción en la fuente).
- Reutilización (retornabilidad/rellenamiento).
- Compostaje y Biodegradación.
- Reciclaje.
- Incineración con recuperación de energía.
- Relleno sanitario.

Figura N° 2. Elementos de sistemas de manejo integral de residuos sólidos

1.5.2. Reducción en la fuente

Es la respuesta a la pregunta ¿Qué desperdicios se deben recolectar del generador y cuáles debe el generador transportar hacia una instalación? (Mihelcic y Zimmerman, 2012), es el proceso donde el generador ha tomado conciencia y responsabilidad ambiental y se acompaña con el cambio de actitud en la cantidad o volumen que se produce; además en este proceso el generador debe entregar o realizar segregación, para facilitar el manejo integral de los residuos sólidos (Ordóñez, 2003).

1.5.3. Reciclaje

El reciclaje requiere de la separación de materiales y la eliminación de desperdicios de baja calidad. Los sistemas exitosos de reciclaje utilizan una mezcla de separación en la fuente por el generador de desperdicios, por la maquinaria en una locación central y por gente entrenada en una locación central. (Mihelcic y Zimmerman, 2012). El reciclaje de subproductos puede ayudar a conservar recursos, evitar que materiales valorizables contenidos en los residuos vayan a disposición final y hacer participar al público en general en el tema.

El reciclaje de subproductos puede ayudar a conservar recursos, evitar que materiales valorizables contenidos en los residuos vayan a disposición final y hacer participar al público en general en el tema; los materiales que más se reciclan es el plástico, el papel es transformado de vuelta a nuevos productos de papel, los materiales ferrosos (hierro, acero) han sido recuperados por procesadores de chatarra de metal durante muchas décadas y el vidrio que se emplea para fabricar nuevos envases, o como materia prima para fabricar otros productos, tales como material de aislamiento a base de fibra de vidrio o vidrio espuma para la industria de la construcción y en el acondicionamiento de los envases para su reutilización (MINAM., 2016).

1.5.4. Compostaje

El compostaje es un proceso microbiano que trata los desperdicios biodegradables. Las reacciones son similares a aquellas empleadas en el tratamiento aeróbico de aguas residuales. Los desperdicios son procesados a un

tamaño adecuado, se añade agua, se permite que entre el aire para transferir oxígeno hacia la pila de desperdicio y el desperdicio es mezclado para asegurar una degradación equitativa. Los microorganismos alimentados hacia la materia orgánica en el desperdicio producen dióxido de carbono (CO₂) y dejan atrás un sólido (llamado composta) que puede aplicarse al suelo. (Mihelcic y Zimmerman, 2012)

Las dos aplicaciones más comunes de la composta son para:

- Desperdicios industriales y agrícolas como el desperdicio de madera, el desperdicio de procesamiento de peces y los sólidos generados en una planta municipal de tratamiento de aguas residuales (Castro, 2007).
- Residuos domiciliarios, como los desperdicios de poda recolectados separadamente o una mezcla de desperdicios de poda y alimentos recolectados por separado (Becerra et al., 2015).

El compostaje tiene diversos objetivos:

- Reducir la masa del desperdicio a manejarse
- Reducir el potencial de contaminación
- Destruir cualquier patógeno
- Producir un producto que pueda ser puesto en el mercado o usado por la comunidad local.

1.6. Localización óptima de un relleno sanitario

Existen tres tipos de rellenos sanitarios (MINAM, 2011):

1.6.1. Relleno sanitario manual:

El esparcido, compactación y cobertura de los residuos se realiza mediante el uso de herramientas simples como rastrillos, pisones manuales, entre otros y la capacidad de operación diaria no excede las 20 toneladas de residuos. Se restringe su operación en horario nocturno.

1.6.2. Relleno sanitario semi mecanizado:

La capacidad máxima de operación diaria no excede las 50 toneladas de residuos y los trabajos de esparcido, compactación y cobertura de los residuos se realizan

con el apoyo de equipo mecánico, siendo posible el empleo de herramientas manuales para complementar los trabajos del confinamiento de residuos.

1.6.3. Relleno sanitario mecanizado:

La operación se realiza íntegramente con equipos mecánicos como el tractor de oruga, cargador frontal y su capacidad de operación diaria es mayor a las 50 toneladas.

La localización de un relleno sanitario debe contar con ciertos criterios de seguridad y gestión ambiental, con la finalidad de reducir el riesgo de contaminación del medio en que vivimos, estas obras de ingeniería deben estar construidos en áreas apropiadas que cumplan condiciones geológicas, hidrogeológicas, topográficas, climáticas y de densidad de población y, si es posible, sobre áreas ya degradadas.

Los criterios ambientales contemplados son los de pendientes, impermeabilidad y estabilidad del soporte geológico, usos del suelo, proximidad a vías de comunicación de primer orden, alejamiento de zonas urbanas y cauces fluviales, no visibilidad y volumen de almacenamiento para el período de explotación previsto (Celestino Ordóñez Galán, 2003), el estudio de selección de área es el documento que define y establece el o los espacios geográficos dentro de una jurisdicción determinada para instalar infraestructuras de transferencia, tratamiento y disposición final de residuos, tomando en cuenta criterios socio ambientales (MINAM, 2011).

1.6.4. Criterios para selección óptima de rellenos sanitarios

Para la ubicación óptima de un relleno sanitario en el distrito de Chachapoyas, se han contemplado los siguientes criterios:

1.6.4.1. Criterios desde el punto de vista técnica profesional y social

- 1. Criterio de pendiente.** El relleno puede diseñarse y operarse en cualquier tipo de topografía. Sin embargo, es preferible aquella en que se logre un mayor volumen aprovechable por hectárea (MINAM, 2011b), (Celestino Ordóñez Galán, 2003) el vertedero deberá ubicarse

en áreas con pendientes inferiores a 40° sexagesimales con el objeto de evitar las posibles problemáticas de inestabilidad, difíciles y costosas de reducir una vez iniciadas la construcción,. Por otro lado, y debido a la facilidad constructiva de los vertederos a media ladera, así como la necesidad de evacuación de pluviales, se plantea que la pendiente inferior sea superior a 4°, de forma que no se originen encharcamientos en el entorno del área de vertido.

2. Criterio geológico. Dada la necesidad de que el sustrato de la instalación de vertido sea impermeable, para evitar la contaminación de acuíferos subterráneos, y a fin de reducir costes de impermeabilización artificial, se adopta como criterio geológico que el relleno sanitario esté ubicado sobre un sustrato arcilloso, siendo el más homogéneo de los presentes el que configuran las Facies Cuestas, de composición predominantemente arcillosa (Ordóñez, 2003), (Gómez et al., 2005) las condiciones geológicas y geotécnicas del terreno deben poseer una permeabilidad del terreno de 10^{-10} m/seg. Y un espesor superior a 5 m y ausencia de fallas activas, exclusión de zonas de riesgo sísmico y zonas de baja estabilidad geomorfológica.

(MINAM, 2011), menciona que un contaminante puede penetrar al suelo y llegar al acuífero, contaminándolo y haciéndolo su vehículo, por lo tanto es muy importante conocer el tipo de suelo (estratigrafía) del sitio para el relleno sanitario. Los suelos sedimentarios con características areno - arcillosas son los más recomendables ya que son suelos poco permeables, por lo cual la infiltración de líquido contaminante se reduce sustancialmente. Por otra parte, este tipo de suelo es suficientemente manejable como para realizar excavaciones, cortes y usarlo como material de cubierta. Los terrenos identificados no deberán estar ubicados sobre o cerca de fallas geológicas ni en zonas con riesgos de estabilidad ni deben tener la posibilidad de ocurrencia de inundación por acumulación de aguas pluviales o avenidas.

3. Criterio de distancia a carreteras. A fin de reducir los costes de

transporte y mantenimiento de los vehículos, se plantea que la instalación de vertido deberá estar próxima a una carretera de primer y segundo orden, pero evitando una excesiva proximidad, a fin de evitar, en lo posible, su intervisibilidad. Por ello, el criterio empleado es que la distancia a una carretera debe estar comprendida entre 250 y 2.000 m. Vías de acceso (Ordóñez, 2003).

Las condiciones de tránsito de las vías de acceso al relleno sanitario afectan el costo global del sistema, retardando los viajes y dañando vehículos; por lo tanto, el sitio debe estar de preferencia a corta distancia del área urbana a servir y bien comunicado por carretera, o bien, con un camino de acceso corto no pavimentado, pero transitable en toda época del año. (MINAM, 2011).

- 4. Criterio hidrológico.** Con objeto de reducir el riesgo de potenciales contaminaciones directas e indirectas a cauces fluviales, la instalación de vertido se ubicará a una distancia no inferior a 500 m de cualquier cauce fluvial permanente (Ordóñez, 2003).

(Gómez et al., 2005), sostienen que para evitar las afecciones a las aguas superficiales y subterráneas: La proximidad a cauces superficiales, embalses, zonas susceptibles de sufrir inundaciones o zonas de suministro de agua potable, o Profundidad hasta los acuíferos y separación de 1,5 metros entre el fondo de llenado del vertedero y el nivel más alto conocido de aguas subterráneas y la dirección de flujo de aguas subterráneas y conductividad hidráulica, o existencia de zonas kársticas o proximidad a manantiales.

Uno de los factores básicos para la selección del sitio es el de evitar que pueda haber alguna contaminación de los acuíferos. Es importante realizar como mínimo un estudio o evaluación geohidrológico a nivel de reconocimiento para identificar la posibilidad de existencia de acuíferos sub-superficiales, la profundidad a la que se encuentra el agua subterránea, la dirección y la velocidad del escurrimiento o flujo

de la misma. Una parte de los problemas de operación causados por la disposición de desechos sólidos son consecuencia de una deficiente captación de agua de escurrimiento; partiendo de esa base es muy importante que el sitio seleccionado esté lo más lejos posible de corrientes superficiales y cuerpos receptores de agua, y cuente con una adecuada red de drenaje pluvial para evitar escurrimientos dentro del relleno sanitario. (MINAM, 2011)

5. Criterio de usos del suelo forestales. Los condicionantes planteados, desde el punto de vista de usos del suelo forestales, han sido los de evitar aquellas zonas de especies forestales con un marcado interés ecológico, tales como las áreas de frondosas del tipo quercíneas, o cualquier otro uso forestal de interés, en el que se incluyen los usos de pináceas de repoblación (Ordoñez, 2003).

6. Criterio de distancias a núcleos urbanos. Dado que este tipo de instalaciones genera un cierto rechazo social por efecto de la producción de olores, así como por los posibles riesgos que pueda suponer, se plantea como condición de ubicación que esté situado a una distancia no inferior a 2.000 m de cualquier núcleo urbano. Distancia >3 000 m de aeropuertos (MINAM, 2011)

7. Criterio de volumen de almacenamiento. Puesto que una instalación de vertido de RSU significa una inversión importante, es imprescindible que tenga una capacidad de almacenamiento suficiente para el período proyectado. Si bien la producción de RSU en los últimos años fue de 160.000 toneladas anuales, la incorporación de los municipios de la zona central de la provincia aumentará dicha cantidad de un modo considerable. No obstante, la aplicación de la nueva Ley de Envases y Residuos a partir del año 2003 supondrá una reducción de los RSU. Por todo ello, se puede adoptar como valor de proyecto de aportación anual de RSU las 200.000 toneladas. Considerando que la densidad en vertedero oscila entre 900 y 1.100 kg/m'. El volumen anual de vertido es de 200.000 m³ lo que supone unos 10.000.000 de toneladas para un período de vida útil del vertedero de 50 años.

Asumiendo una altura media de 20 m, la superficie útil necesaria de vertido es del orden de las 50 Ha, valor éste admitido como mínimo de superficie. No obstante, y a fin de disponer de un resguardo de superficie para la ubicación de instalaciones auxiliares, consideraremos necesario un mínimo de 100 Ha.

Criterio de visibilidad. Con el objeto de reducir el impacto visual, se ha planteado como criterio último de selección el de visibilidad del vertedero, adoptando como emplazamiento más favorable el de menor visibilidad (Ordoñez, 2003).

1.7. Aplicación de los SIG en los estudios de gestión ambiental.

En los últimos años gracias al desarrollo de las nuevas tecnologías de información geográfica (TIG) han visto la luz una gran cantidad de artículos y trabajos que emplean estos sistemas (SIG y Teledetección en su mayoría) para llevar a cabo un sin número de investigaciones a muy diferentes escalas.

Los sistemas de información geográfica presentan grandes ventajas a la hora de implementar y tomar decisiones de manera acertada, ya que permiten:

- Procesar y operar gran cantidad de datos que permiten el cálculo de las distintas variables implicadas en el modelo, pudiendo obtener como resultado una capa para cada criterio de localización óptima.
- Ejecutar operaciones y análisis entre capas.
- Observar la distribución espacial de los resultados.
- Crear escenarios posibles.
- Visualizar y generar cartografía que muestre de forma clara y concisa los resultados obtenidos.

1.7.1. Estudio de selección de área

Es el documento que define y establece el o los espacios geográficos dentro de una jurisdicción determinada para instalar infraestructuras de transferencia tratamiento y disposición final de residuos, tomando en cuenta los siguientes criterios:

- Conforme con el uso del suelo y planes de expansión urbana.

- Conforme con el plan de gestión integral de residuos de la provincia, en caso los tuviera.
- Mínimo impacto social y ambiental por la construcción operación y cierre.
- Considerar los factores climáticos, topográficos, geológicos, geomorfológicos e hidrogeológicos.
- Prevención de riesgos sanitarios y ambientales.
- Preservación del patrimonio arqueológico, cultural y monumental de la zona.
- Preservación de áreas naturales protegidas por el estado y conservación de recursos naturales renovables.
- Menor vulnerabilidad del área a desastres naturales.

1.8. Marco legal

Por lo establecido por (MINAM, 2011), se cuenta con la siguiente normatividad publicada en el diario El Peruano:

1.8.1. La constitución política del Perú

Promulgada en el año 1993, fija normas que garantizan el derecho que tiene toda persona a la protección de su salud y gozar de un ambiente equilibrado. Establece asimismo que es el Estado quien determina las políticas nacionales de salud y ambiente.

1.8.2. Decreto legislativo N° 1065

Decreto legislativo que modifica la ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos, en los aspectos principales de perfeccionar los lineamientos de política, establece las competencias del Ministerio del Ambiente, especifica las competencias de las autoridades sectoriales, la autoridad de salud, la autoridad de transporte y comunicaciones, establece el rol de los gobiernos regionales y el rol de las municipalidades, precisa las responsabilidades del generador de residuos sólidos del ámbito no municipal, entre otros.

1.8.3. Ley general de residuos sólidos - Ley N° 27314

Ley General de Residuos Sólidos N° 27314 del 21 de julio del 2000, que presenta las recomendaciones y establece lineamientos generales a tomar en consideración para la implementación y operación de las infraestructuras de disposición final del

residuo, así mismo establece la obligatoriedad de elaborar Estudios de Impacto Ambiental en los proyectos de infraestructura de residuos sólidos, entre ellos el relleno sanitario. Tomar en consideración, la modificación de esta Ley dada por el Decreto Legislativo N° 1065.

1.8.4. Reglamento de la ley general de residuos sólidos - D.S. N° 057-2004 - PCM

D.S. N° 057-2004, siguiendo con los principios establecidos en la Ley General de Residuos, establece los criterios mínimos para la selección de sitio, habilitación, construcción, operación y cierre de las infraestructuras de disposición final. En la actualidad el presente Reglamento se encuentra en modificación.

1.8.5. Decreto supremo N° 06-STN del 09-01-64

Reglamento para la disposición de basuras mediante el empleo del método de relleno sanitario; mediante el cual se asigna a las municipalidades la responsabilidad de efectuar la recolección de los residuos en su jurisdicción y realizar su disposición final.

1.8.6. Ley orgánica de las municipalidades - Ley N° 27972

Título V: Competencias y Funciones Específicas de los Gobiernos Locales, artículo 73°, numeral 3 señalan que las municipalidades distritales en materia de Protección y Conservación del Ambiente, cumplen las siguientes funciones:

- Formulan, aprueban, ejecutan y monitorean los planes y políticas locales en materia ambiental, en concordancia con las políticas, normas y planes regionales, sectoriales y nacionales.
- Proponen la creación de áreas de conservación ambiental.
- Promueven la educación e investigación ambiental en su localidad e incentivan la participación ciudadana en todos sus niveles
- Participan y apoyan a las comisiones ambientales regionales.
- Coordinan con los diversos niveles de gobierno nacional, sectorial y regional, la correcta aplicación local de los instrumentos de planeamiento y gestión ambiental, en el marco del sistema nacional y regional de gestión ambiental.

1.8.7. Ley general del ambiente - Ley N° 28611

Hace una diferencia de responsabilidades en cuanto al manejo de los residuos sólidos de origen doméstico y comercial (municipales), y de otros tipos de residuos (no municipales), cuyos generadores serán responsables de su adecuada disposición final, bajo las condiciones de control y supervisión establecidas en la legislación vigente.

1.8.8. Ley general de salud - Ley N° 26842

Ley N° 26842 del 20-07-97 - en la cual se reconoce la responsabilidad del Estado frente a la protección de la salud ambiental. En su artículo 96 del Capítulo IV, se menciona que en la disposición de sustancias y productos peligrosos deben tomarse todas las medidas y precauciones necesarias para prevenir daños a la salud humana o al ambiente. Asimismo, los artículos 99, 104 y 107 del Capítulo VIII tratan sobre los desechos y la responsabilidad de las personas naturales o jurídicas de no efectuar descargas de residuos o sustancias contaminantes al agua, el aire o al suelo. El artículo 80°, numeral 3.1 de la misma Ley señala que en materia de saneamiento, salubridad y salud, son funciones específicas de las municipalidades distritales: proveer el servicio de limpieza pública determinando las áreas de acumulación de desechos, rellenos sanitarios y el aprovechamiento industrial de los desperdicios.

1.8.9. Ley del sistema nacional de inversión pública - Ley N° 27293

Creada con la finalidad de optimizar el uso de los recursos públicos destinados a los proyectos de inversión, en ese contexto se sitúan los proyectos de manejo de los residuos sólidos municipales, creando para tal efecto el Sistema Nacional de Inversión Pública, estableciendo además las fases a cumplir por todo proyecto de inversión pública; y su modificatoria dada por Decreto Legislativo N° 1091.

1.8.10. Ley marco para el crecimiento de la inversión privada

Decreto legislativo N° 757 (13 de noviembre de 1991) - que incentiva el crecimiento de la inversión privada, y que en su artículo 55, precisa que se encuentra prohibido “internar al territorio nacional residuos o desechos, cualquier sea su origen o estado de materia, por su naturaleza, uso fines, resultan peligrosos

radiactivos. El internamiento de cualquier otro tipo de residuos o desechos sólo podrá estar destinado a su reciclaje, reutilización o transformación”.

1.8.11. Ley de bases de descentralización - Ley N° 27783

Que establece entre los objetivos a nivel ambiental, la gestión sostenible de los recursos naturales y mejoramiento de la calidad ambiental, además de incluir dentro de la asignación de competencias de las municipalidades, la Gestión de los residuos sólidos dentro de su jurisdicción.

1.8.12. Ley del sistema nacional de evaluación de impacto ambiental - Ley N° 27446

Establece dentro de los criterios de protección ambiental, la protección de la calidad ambiental, tanto del aire, del agua, del suelo, como la incidencia que puedan producir el ruido y los residuos sólidos, líquidos y emisiones gaseosas; aspectos ambientales comunes a toda infraestructura de disposición final de residuos sólidos. Así mismo define los estudios ambientales correspondientes a cada tipo de proyecto dependiendo de la envergadura de éstos y la potencialidad de los impactos en el ambiente.

1.8.13. Código penal

“Ley que modifica diversos artículos del Código Penal y de la Ley General del Ambiente”, en el título XIII, capítulo I, sobre los Delitos Ambientales, establece las penalidades por contaminación al ambiente y en su artículo 306, por incumplimiento de las normas relativas al manejo de residuos sólidos, define:

El que, sin autorización o aprobación de la autoridad competente, establece un vertedero o botadero de residuos sólidos que pueda perjudicar gravemente la calidad del ambiente, la salud humana o la integridad de los procesos ecológicos, será reprimido con pena privativa de libertad no mayor de 4 años. Si el agente actuó por culpa, la pena será privativa de libertad no mayor de 02 años.

Con el agente, contraviniendo leyes, reglamentos o disposiciones establecidas, utiliza desechos sólidos para la alimentación de animales destinados al consumo humano, la pena será no menor de 03 años no mayor de 06 años y con doscientos sesenta a cuatrocientos cincuenta días - multa.

1.9. Definición de términos básicos

Aerobio:

Relativo a la vida o a procesos que puedan ocurrir únicamente en presencia de oxígeno.

Anaerobio:

Relativo a la ausencia de oxígeno libre. Requerimiento de ausencia de aire o de oxígeno para la degradación de la materia orgánica.

Banda:

Cada una de las partes en las que se divide el espectro electromagnético a efectos de captar la radiación por los sensores. Los datos de radiación (valores numéricos) captados para cada banda definida se suelen organizar como archivos ráster.

Biodegradable:

Dicho de la materia orgánica que tiene la cualidad de ser metabolizada por medios biológicos.

Biogás:

Mezcla de gases de bajo peso molecular (metano, bióxido de carbono, etc.) producto de la descomposición anaerobia de la materia orgánica.

Bióxido de carbono:

Gas incoloro y más pesado que el aire. Altamente soluble en el agua, donde forma soluciones de ácidos débiles corrosivos. No inflamable por causa de su metabolismo anaerobio. Su fórmula química es CO₂.

Botadero:

Acumulación de residuos sólidos en vías y espacios públicos, así como en áreas urbanas rurales o baldías que generan riesgos sanitarios o ambientales. Carecen de autorización sanitaria.

Capa:

Unidad básica de la información geográfica que puede ser solicitada en forma de mapa desde un servidor (ISO, 2005). Conceptualmente, una capa es una porción o estrato del espacio geográfico en un área en particular. Podría considerarse equivalente a un elemento de la leyenda del mapa.

Coordenada:

Valor medido sobre la superficie terrestre que sirve para determinar sobre ella la posición de cualquier punto y, en consecuencia, la que tiene respecto a cualquier otro lugar. Para determinar esos valores se utilizan líneas imaginarias, perpendiculares entre

sí, denominadas paralelos y meridianos, cuya intersección define la posición del punto en el sistema de coordenadas.

Compactación:

Acción de presionar cualquier material para reducir los vacíos existentes en él. El propósito de la compactación en el relleno sanitario es disminuir el volumen que ocuparan los residuos sólidos municipales a fin de lograr una mayor estabilidad y vida útil.

Contaminación: La presencia en el ambiente de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, cuya presencia en el ambiente, en ciertos niveles, concentraciones o períodos de tiempo, pueda constituir un riesgo a la salud de las personas, a la calidad de vida de la población, a la preservación de la naturaleza o a la conservación del patrimonio ambiental.

Datum:

Parámetro o conjunto de parámetros que definen la posición del origen, la escala y la orientación de un sistema de coordenadas.

Desarrollo Sustentable: El proceso de mejoramiento sostenido y equitativo de la calidad de vida de las personas, fundado en medidas apropiadas de conservación y protección del medio ambiente, de manera de no comprometer las expectativas de las generaciones futuras.

Disposición final:

Procesos u operaciones para tratar o disponer en un lugar los residuos sólidos como última etapa de su manejo en forma permanente, sanitaria y ambientalmente segura.

Escala:

Relación que existe entre las magnitudes de los elementos representados en el mapa y las que estos mismos tienen en la realidad. Define la reducción a la que debemos someter a la superficie terrestre para poder representarla en un documento, en un mapa, cuyo tamaño es mucho menor. La representación de la escala en un mapa gráfica o numérica.

Geoposicionamiento:

Recuperación de la posición geográfica de un objeto.

Georeferenciación:

Operación de obtener y asignar coordenadas geográficas a una información (normalmente una capa) que carece de ella. Suele aplicarse para situar imágenes de la Tierra o eventos asociados a direcciones postales.

Impacto Ambiental: La alteración del medio ambiente, provocada directa o indirectamente por un proyecto o actividad en un área determinada. Las siguientes definiciones de banda hasta proyección cartográfica son mencionados por (Pucha, et al., 2017).

Infraestructura de disposición final:

Instalación debidamente equipada y operada que permite disponer sanitaria y ambientalmente segura los residuos sólidos, son los rellenos sanitarios y rellenos de seguridad.

Ingeniería ambiental: el área de la ingeniería encargada de controlar y reducir el impacto ambiental de la actividad humana, a través del diseño y la aplicación de medidas tecnológicas y de gestión. En rigor, esta definición es aplicable a todas las especialidades de la ingeniería, ya que las consideraciones ambientales constituyen una parte integral de dicha profesión.

Imagen:

Cobertura tipo raster cuyos valores de atributo son una representación numérica de un parámetro físico.

Medio ambiente: Es el sistema global constituido por elementos naturales y artificiales de naturaleza física, química o biológica, socioculturales y sus interacciones, en permanente modificación por la acción humana o natural, que rige y condiciona la existencia y desarrollo de la vida en sus múltiples manifestaciones.

Modelo digital del terreno y modelo digital de elevaciones:

Un modelo digital del terreno es una representación espacial de una variable cuantitativa y continua, como puede ser la temperatura, la cota o la presión atmosférica. En particular, cuando la variable a representar es la cota o altura del terreno se denomina Modelo Digital de Elevaciones o MDE. Por tanto, un modelo digital de elevaciones es una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de la altitud de la superficie del terreno.

Leyenda:

Aplicación de una clasificación (A.52) en un área específica usando una escala de mapeo definida y un conjunto específico de datos.

Pendiente:

Relación de cambio de elevación con respecto a la longitud de la curva.

Proyección cartográfica:

Operación geométrica que permite representar la superficie curva de la tierra (tridimensional) en una superficie plana (bidimensional). Procedimiento que se utiliza para transformar las coordenadas angulares con las que se determina la localización de los objetos geográficos sobre el globo terrestre en coordenadas planas que permiten la representación cartográfica en una superficie de dos dimensiones.

Lixiviado o percolado:

Líquido producido fundamentalmente por la precipitación pluvial que se infiltra a través del material de cobertura que atraviesa las capas de basura, transportando concentraciones apreciables de materia orgánica en descomposición y otros contaminantes. Otros factores que contribuyen a la generación de lixiviado son el contenido de humedad propio de los desechos, el agua de la descomposición y la infiltración de aguas subterráneas.

Relleno sanitario:

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

Residuo orgánico:

Se refiere a los residuos biodegradables o sujetos a descomposición.

Residuos comerciales:

Son aquellos generados en los establecimientos comerciales de bienes y servicios, tales como: centros de abastos de alimentos, restaurantes, supermercados, tiendas, bares, bancos, centros de convenciones o espectáculos, oficinas de trabajo en general, entre otras actividades comerciales y laborales análogas. Estos residuos están constituidos mayormente por papel, plásticos, embalajes diversos, restos de aseo personal, latas, entre otros similares.

Residuos de limpieza de espacios públicos:

Son aquellos residuos generados por los servicios de barrido y limpieza de pistas, veredas, plazas, parques y otras áreas públicas.

Residuos del ámbito de gestión municipal:

Son los residuos de origen domiciliario, comercial, de limpieza de espacios públicos y de aquellas actividades que generen residuos similares a éstos.

Residuos domiciliarios:

Son aquellos residuos generados en las actividades domésticas realizadas en los domicilios, constituidos por restos de alimentos, periódicos, revistas, botellas, embalajes en general, latas, cartón, pañales descartables, restos de aseo personal y otros similares.

Tratamiento:

Cualquier proceso, método técnica que permita modificar la característica física, química o biológica del residuo sólido, a fin de reducir o eliminar su potencial peligro de causar daños a la salud y el ambiente.

Vectores.

Seres vivos que intervienen en la transmisión de enfermedades al llevarlas de un enfermo o de un reservorio a una persona sana.

Vida útil:

Periodo durante el cual el relleno sanitario estará apto para recibir residuos de manera continua.

Residuos sólidos:

según (Congreso de la República, 2000) Son residuos sólidos aquellas sustancias, productos o subproductos en estado sólido o semisólido de los que su generador dispone, o está obligado a disponer, en virtud de lo establecido en la normatividad nacional o de los riesgos que causan a la salud y el ambiente, para ser manejados a través de un sistema que incluya, según corresponda, las siguientes operaciones o procesos:

- Minimización de residuos
- Segregación en la fuente
- Reaprovechamiento
- Almacenamiento
- Recolección
- Comercialización
- Transporte
- Tratamiento
- Transferencia
- Disposición final

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Área de estudio

La investigación se desarrolló en el distrito y provincia de Chachapoyas, región Amazonas, Perú. Geográficamente se encuentra entre las coordenadas UTM 182118.80 E y 9310572.94 S, ocupando una superficie de 153.40 km². De acuerdo con SIGERSOL 2015 el distrito de Chachapoyas cuenta con una población de 23399 habitantes, de estos 23221 hab. Es población urbana y 178 hab. Pertenecientes a población rural, con una densidad de 155,67 hab./km² (MPCH - Chachapoyas, 2013).

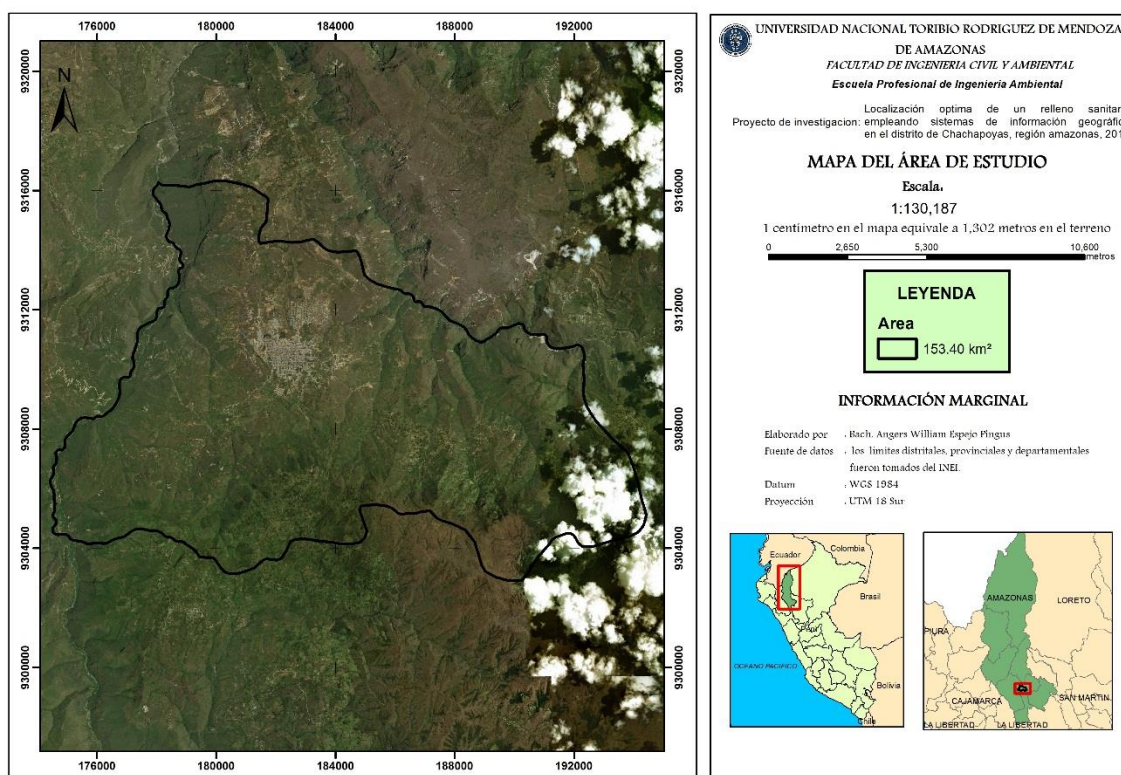


Figura 03. Área de estudio, distrito de Chachapoyas, departamento de Amazonas

4.2 Tipo de Investigación

La presente investigación es de carácter experimental; por ser minucioso y ordenado y que se debe obtener información del objeto de estudio que luego se procesará e interpretará, mas no se ejercerá acción directa que implique actuar sobre el objeto de estudio para conocer la información producida como consecuencia del acto ejercido sobre él.

4.3 Materiales

- Imágenes satelitales de Google Earth y de servidores gratuitos. La tabla 01. Presenta los insumos de imágenes satelitales utilizados.

Tabla 01. Insumos de imágenes satelitales

Identificación	Fecha	Fuente de localización
Imagen LANDSAT	Septiembre 2017	GLCF (Global Land Cover Facility)
Google Earth pro	Septiembre 2017	-
SASPLANET	Septiembre 2017	-

- Insumos cartográficos de elaboración reciente, que contiene información técnica y básica para el manejo e interpretación de los productos cartográficos, descargadas de geo-servidores gratuitos. La Tabla 02, muestra los insumos cartográficos, escala, fuente.

Tabla 02: Insumos cartográficos

Insumo	Escala	Fuente
Carta nacional (hoja 13 - h)	1:100 000	Instituto Geográfico Nacional
Límites: regional, provincial y distrital	1:100 000	Instituto Geográfico Nacional e instituto nacional de estadística e informática
Red vial	1:100 000	Transportes y comunicaciones
Hidrografía	1:100 000	Instituto Geográfico Nacional, ZEE - Amazonas
Aeropuertos	1:100 000	Instituto Geográfico Nacional
Geomorfología	1:2 000 000	Ministerio del Ambiente
Suelos	1:2 000 000	Ministerio del Ambiente
Clima	1:300 000	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI
Precipitación Vientos	1:2 000 000	
Sitios y Restos Arqueológicos	1: 300 000	Instituto Nacional de Cultura INC
Cobertura vegetal y uso del suelo	1: 300 000	GEOCATMIN
Catastro Minero	1: 300 000	GEOCATMIN

Fuente: Elaboración propia, de la adaptación de (Silva, 2015).

4.4 Equipos

Los equipos utilizados fueron:

- 1 computadora Core i5, memoria RAM 4.00 GB.
- 1 GPS navegador GARMIN cs76x. Resolución de 3 metros.

4.5 Programas

Los programas (software) utilizados se presentan en la Tabla 03, así como su descripción.

Tabla 03: Software utilizado

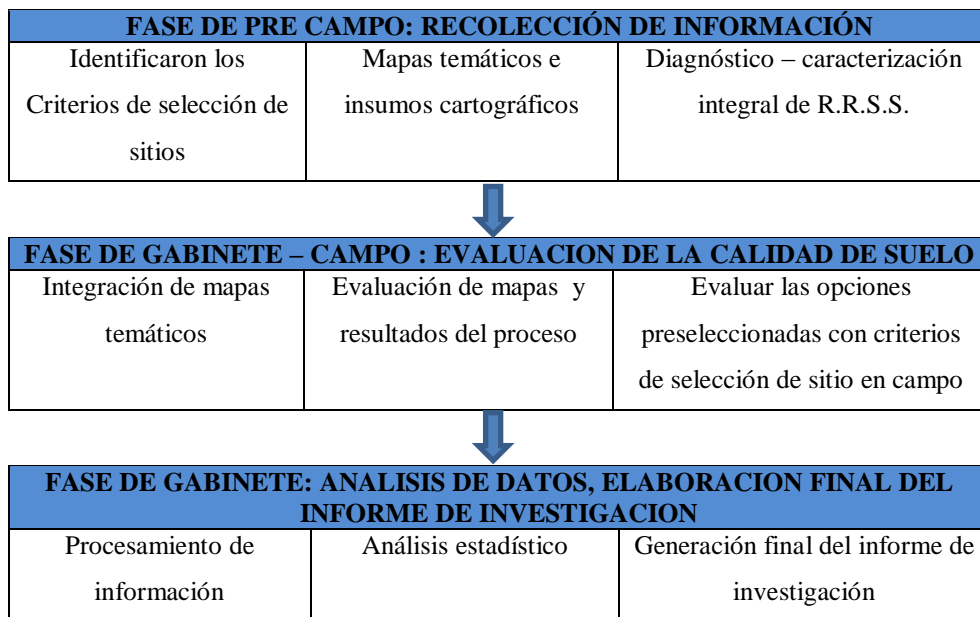
SOFTWARE	DESCRIPCIÓN
Autocad 2016. Autocad Map. Autocad Civil 3D.	Las herramientas CAD son herramientas computacionales de soporte al diseño geométrico. Desde finales de los ochenta, las herramientas CAD no sólo permiten diseñar geometrías, sino que también permiten ubicarlas en el territorio georreferenciado. La estructura interna de los archivos CAD está orientada al diseño industrial y no responde a la organización de una base de datos relacional. Están relacionados en capas y cada capa puede tener cualquier dibujo. No se pueden almacenar atributos sobre los elementos dentro del archivo.
ArcGis 10.3	ArcGis es el nombre de un conjunto de productos de software en el campo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Se agrupan varias aplicaciones para la captura, edición, análisis, tratamiento, diseño, publicación e impresión de información geográfica.
Microsoft Excel	Programa de hoja o planilla de cálculo, originalmente llamado Multiplan. Posee actualmente un mercado dominante.
Microsoft Word	Es un procesador de texto de la suite. Word posee una posición dominante en el mercado de los procesadores de texto.

Fuente: (Silva, 2015).

4.6 Metodología

La investigación se ejecutó bajo el siguiente diagrama (Figura 04).

Figura 04: Fases metodológicas desarrolladas



Fuente: elaboración propia, 2017.

4.6.1 Trabajo de pre campo

En esta etapa, se realizó la recolección de información e investigaciones sobre el tema de estudio tanto de alcance nacional e internacional, obtuvieron imágenes del área de estudio en formato vectorial y raster.

- Se recolecto información e insumos cartográficos de los geo-servidores nacionales y plataformas virtuales.
- Se diseñó el plan de trabajo de la investigación
- Se contó con apoyo logístico.
- Se identificaron y determinaron los criterios de selección de sitio

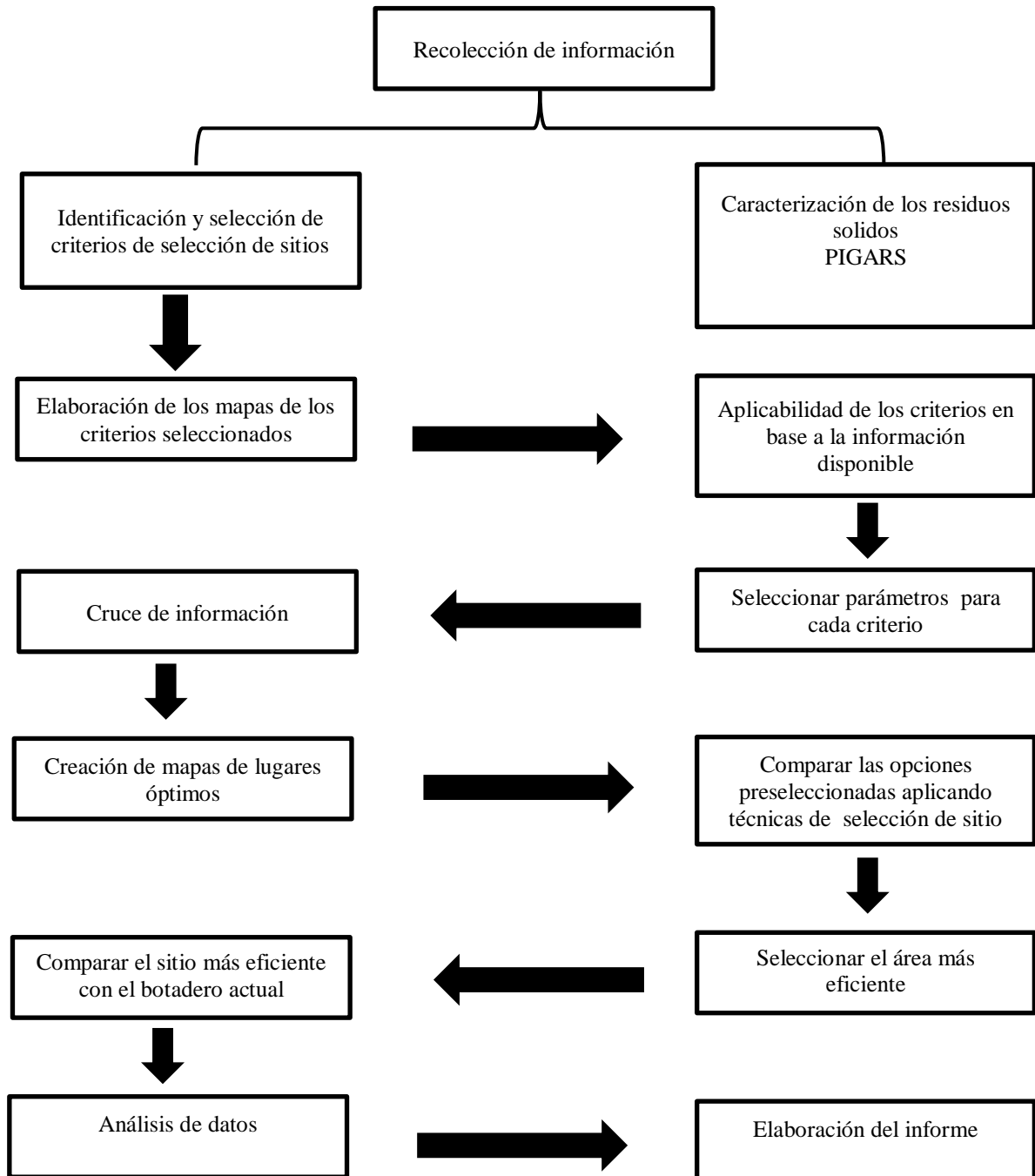
4.6.2 Trabajo de gabinete – campo

- Realización de mapas de cada criterio de selección.
- Caracterización de los residuos solidos
- Íntegro y evaluó mapas temáticos (topografía, hidrografía, fisiografía, entre otras).
- Valido las áreas preseleccionadas en campo y evaluar las opciones preseleccionadas,
- Toda la información se registró en formatos establecidos por el investigador.

4.6.3 Fase de gabinete

Consistió en el procesamiento de la información recopilada en campo, previamente se digitara en una base de datos, y se procesara mediante programa Excel con a fin de determinar y analizar parámetros de los indicadores de calidad.

Figura 4.1: Estructura del plan de trabajo



4.7 Procedimientos

4.7.1 Caracterización de gestión integral de los residuos sólidos del distrito y provincia de Chachapoyas.

El presente proyecto de investigación pretende mejorar y ampliar la gestión integral de los residuos sólidos municipales en la ciudad de Chachapoyas, en ese sentido es necesario conocer la generación y características de los residuos sólidos municipales.

4.7.2 Generación de residuos sólidos municipales

La (OEFA, 2015) lo clasifica según su manejo y gestión en dos grandes grupos: de gestión municipal y de gestión no municipal.

La generación per cápita (GPC) de residuos sólidos en la ciudad de Chachapoyas al año 2015 es de 0.47 kg./hab./día.(SIGERSOL, 2015).

Asimismo, la población estimada al año 2015 es de 23 339 habitantes en la ciudad de Chachapoyas, comprendiendo la población urbana: 23221 Hab. y población rural: 178 Hab.(SIGERSOL, 2015); la generación de residuos sólidos de gestión municipal recolectados semanalmente es de: 95.55 Toneladas y diariamente se disponen 13.65 toneladas de residuos sólidos en un botadero que está ubicado en su jurisdicción de la municipalidad de Chachapoyas.

Tabla 04: generación de residuos sólidos del distrito de Chachapoyas

Descripción	Chachapoyas	Unidades
Población	23339	Hab.
Generación per cápita	0.47	Kg/hab./día
Generación de RR.SS.	10.97 95.55	t/día toneladas/semana

Fuente: (SIGERSOL, 2015) & (MPCH - Chachapoyas, 2013).

4.7.3 Composición de Residuos Sólidos Domiciliarios

La municipalidad distrital de Chachapoyas si cuenta con un estudio de caracterización aprobado el año 2015 El estudio de caracterización determinó que

el 62.28 % de los residuos sólidos generados en la ciudad de Chachapoyas son orgánicos y 1.03 % son residuos inertes.

Figura 05. Composición de los residuos sólidos en la ciudad de Chachapoyas

Materia Orgánica	62.28	Metales	0.68
Madera, follaje	1.30	Telas, textiles	1.03
Papel	2.18	Caucho, cuero y jebe	1.00
Cartón	2.86	Pilas	0.37
Vidrio	2.22	Restos de medicinas, focos	0.99
Plástico PET	1.29	Residuos sanitarios	9.06
Plástico Duro	2.67	Material inerte	1.03
Bolsas	6.26	(TETRAPACK, LATAS)	4.09
Tecnopor y similares	0.68		

Fuente: (SIGERSOL, 2015).

4.7.4 Densidad de los residuos sólidos

Según (SIGERSOL, 2015) la densidad sin compactar es de 150.79 kg/m³, la densidad de los camiones compactadores son de 500 kg/m³.

Calculo del crecimiento poblacional

$$P_f = P_0(1 + r)^n \dots\dots\dots (01). \text{ fuente: (MINAM, 2011)}$$

Donde:

P_f = población futura

P_0 = población actual

r : tasa de crecimiento de la población actual

t = variable tiempo en años

Tabla 05. datos para la proyección de la población del distrito de Chachapoyas

Población actual de Chachapoyas	23399
Crecimiento poblacional	2.61% = 0.0261
Estimación futura de la población	10 años

Fuente: (SIGERSOL, 2015)

Remplazamos en la ecuación 01:

$$P_f = 23399(1 + 0.0261)^{10}$$

$$P_f = 30275 \text{ Hab.}$$

Tabla 06: estimación de la población en el distrito de Chachapoyas

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Población	23399	24009	24636	25279	25939	26616	27316	28023	28755	29505	30275

4.7.5 Calculo de la proyección de la producción per cápita de residuos sólidos en el distrito de Chachapoyas.

De acuerdo al estudio de caracterización realizado para la ciudad de Chachapoyas, se tiene que la producción per cápita al año 2015 es de 0.47 kg/hab./día. La cual tiene un crecimiento anual de 1%.

$$Ppc_n = Ppc_0 + (1\%) \dots\dots\dots \text{Ecuación (02) fuente: (MINAM, 2011)}$$

$$Ppc_n = Ppc_0 * (1.01) \dots\dots\dots \text{Ecuación (03) fuente: (MINAM, 2011)}$$

Donde:

Ppc_n = Producción per cápita futura

Ppc_0 = Producción per cápita actual

1%: tasa de crecimiento anual

Tabla 07: Estimación de la generación per cápita de residuos sólidos en el distrito de Chachapoyas

Año	Población Hab.	GPC (kg/hab./día)
0	23399	0.47
1	24009	0.475
2	24636	0.48
3	25279	0.485
4	25939	0.49
5	26616	0.495
6	27316	0.5
7	28023	0.505
8	28755	0.51
9	29505	0.515
10	30275	0.52

Fuente: Elaboración propia.

Según (MPCH - Chachapoyas, 2009), afirma que el volumen necesario para la infraestructura de disposición final es de 139 296. 69 m³/año, además que la altura de la celda es de 6 metros y 30 % más para áreas de oficinas.

Para la presente investigación se nos basa en los datos proporcionados anteriormente para calcular el área óptima para el relleno sanitario.

4.7.6 Cálculo del área requerida

Cálculo del área por rellenar. A partir de la ecuación 04 , asumiendo una profundidad de seis metros (MPCH - Chachapoyas, 2009), las necesidades de área serán:

El último año de vida útil del relleno sanitario:

$$A_{rs} = \frac{V_{rs}}{h} \dots\dots\dots \text{Ecuación 04}$$

Donde:

A_{rs} = Area por rellenar

V_{rs} = volumen de residuo solido del ultimo año

h = altura de la celda

Remplazamos en la ecuación 04

$$A_{rs} = \frac{139\ 296.69\ m^3/año}{6m}$$

$$A_{rs} = 23\ 216\ m^2$$

4.7.7 Cálculo del área total

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

$$A_t = F * A_{rs} \dots\dots\dots \text{Ecuación 05}$$

Donde:

A_{rs} = Area por rellenar

F = factor de aumento 30%

Remplazamos en la ecuación 05

$$A_t = 1.30 * 23\ 216m^2$$

$$A_t = 30\ 180.95\ m^2$$

Se requiere 30 180. 95 m² o 3.02 hectáreas para el relleno sanitario en el distrito de Chachapoyas.

4.7.8 Criterios y factores óptimos de localización de un relleno sanitario en el distrito de Chachapoyas región Amazonas.

Se logró determinar los criterios mínimos para la localización óptima del relleno sanitario en el distrito de Chachapoyas, estos criterios permitieron determinar la ubicación más conveniente para un relleno sanitario.

Tabla 08: resumen de los criterios utilizados en software GIS

Criterios y factores óptimos de localización para un relleno sanitario - GIS.	
Criterios físicos	
Indicador	Método
Geología	CAEG
Hidrografía	CAEG
Pendiente	CAEG
Criterios biológicos	
Cobertura vegetal	CAEG
Criterios sociales	
Aeropuerto	CAEG
Vías de Acceso	CAEG
Zona urbana	CAEG

Fuente: (Silva, 2015) , (CAEG, 2017) y (MINAM, 2011).

Tabla 09. Criterios de selección utilizados y su valor en software GIS

CRITERIO	ESCALA
Geología	Estratigrafía, Precámbrico, Paleozoico o Mesozoico
Hidrografía	Distancia > 500 m
Pendiente	4 a 40 grados
Cobertura Vegetal	Herbazales o zonas degradadas.
Aeropuerto	Distancia >2000 m
Vías de Acceso	Distancia 250 – 2000 m
Zona urbana	Distancia > 2000 m
Georreferenciación	Error aceptable < 0-5m
Ponderación	Valores de 0-1 (1: Apto, 0: No Apto)
Información vectorial	< 3 metros de error
Puntos de muestreo	Coordenadas Geográficas

Fuente: (Silva, 2015) , (CAEG, 2017) y (MINAM, 2011).

4.7.9 Elaboración de los mapas temáticos de cada criterio y factor óptimo

a) Criterio de pendiente

Para (Silva, 2015), los mapas de pendientes reflejan la inclinación de las laderas dentro de una cierta distancia y elevación. La pendiente se constituye en uno de los factores que valora el grado de inclinación del sustrato litológico en las diferentes geoformas. Se partió del modelo digital de elevación (UAF – Alaska Satellite Facility), con una resolución espacial de (pixel) de 12.5 * 12.5 m, a continuación, se abre el DEM en el ArcMap, seguidamente, se re proyectó el DEM, para esto se acude al ARCTOOLBOX, DATA MANAGEMENT TOOL, PROJECTIONS AND TRANSFORMACION, RASTER, PROJECT RASTER.

A continuación se creó el mapa de pendiente para eso nos recurrimos a la caja de herramientas de ARCTOOLBOX / 3D ANALYST TOOLS / RASTER SURFACE / SLOPE, sobre la cual se definió la unidad de medida en grados (Degree), entonces se generó el mapa de pendientes, se clasificó en valores de 1 a 3 (<4°, 4 - 40°, >40°), valores adaptados del INDECI (2006), para la gestión de desastres, nos dirigimos a SPATIAL ANALYST TOOLS / RECLASS / RECLASIFY, se obtuvo hasta ese momento la clasificación de pendientes en formato raster.

A continuación, se convirtió el formato a shapefile ARCTOOLBOX / CONVERSION TOOLS / FROM RASTER / RASTER TO POLYGON, para poder procesar los datos en un mismo formato.

Tabla 10: Clasificación de pendientes

Pendiente	Descripción
< 4°	Pendiente baja
4° – 40 °	Pendiente óptima
> 40°	Pendiente muy alta

Fuente: (Silva, 2015).

b) Criterio geológico

La elaboración del mapa Geológico se realizó a partir del shapelif de geología de la zonificación ecológica económica–Amazonas (Castro, 2007).

Complementadas por el geoportal GEOCATMIN del INGEMMET, a escala 1/100 000. En primer término el shapelif de geología se recortó al tamaño del área de estudio (clip), posteriormente se le convirtió a formato raster (ARCTOOLBOX / CONVERSION TOOLS / TO RASTER / POLYGON TO RASTER), posteriormente se realizó una reclasificación (SPATIAL ANALYST TOOLS / RECLASS / RECLASIFY), otorgando el valor de 1 a las Mesozoico precámbrico y paleozoico (Grupo Goyllarisquizga, Grupo Pucará, Grupo Pulluicana, Grupo Mitu, Formación Chonta y Grupo Ambo) y 0 al resto (formación inguilpata, centros poblados).

Se presentan tres grupos litológicos principales que caracterizan físicamente el territorio del distrito de Chachapoyas. Las unidades litológicas del Complejo Metamórfico, los plutones graníticas y las Unidades sedimentarias más antiguas de los Grupos Ambo, Mitu y Pucara (Castro, 2007).

Se han identificado en todo el distrito de Chachapoyas 7 unidades geológicas mostradas en la Tabla 11, así como su descripción.

Tabla 11: Geología distrito de Chachapoyas

Simbología	Descripción
<p style="text-align: center;">Grupo Ambo (Ci-a)</p> <p style="text-align: center;">Carbonífero inferior Continental Ci-c</p>	<p>Esta secuencia continental con facies marinas locales está constituida por conglomerados, lutitas hasta carbonosas que se intercalan con areniscas y cuarcitas grises y en ciertas regiones con contenido de material volcánico y localmente lechos de carbón impuro. Es conocido como: Grupo Ambo a lo largo de la faja andina desde Puno hasta Huánuco, donde se encuentra su exposición típica (Pueblo de Ambo) y cuya secuencia es de areniscas gris verdosas con intervalos de lutitas grises con plantas. También se le ha reconocido en el Alto Marañón. En el Noroeste igualmente se tiene una secuencia de cuarcitas y pizarras trituradas conocida como formación Chaleco de Paño, equivalente al grupo Ambo de la región Andina. Niveles marinos han sido reconocidos en Taybamba, Huánuco y en el Sur en el abra Orquepuño, Macusani, Puno; con fauna constituida por crinoideos braquiópodos.</p>
<p style="text-align: center;">Grupo Mitu (Ps-m)</p> <p style="text-align: center;">Pérmico superior Continental Ps-c</p>	<p>Esta secuencia litoestratigráfica, marca el fin de la sedimentación Paleozoica. Fue descrita por MC Laughlin (1924), como una serie detrítica de capas rojas continentales compuesta por conglomerados de matriz areniscosa y areniscas de tonalidad rojiza. Posteriormente Newell, N. D.; Chronic, J. & Roberts, T. G. (1953), la elevan a la categoría de Grupo e identifican su litología como areniscas arcósicas de tonalidad rojiza, lutitas clásticas y volcánicos en pseudoestratos de gran grosor. Su litología característica está compuesta por una secuencia netamente detrítica molásica alternada con material volcánico. Estas molasas están compuestas por conglomerados y areniscas de grano grueso rojizas intercaladas con delgados niveles de lutitas. Los conglomerados tienen naturaleza de esquistos, cuarcitas y granitos, conformando una secuencia cuya tonalidad característica es rojiza. Las intercalaciones volcánicas que se encuentran en esta secuencia corresponden a brechas o coladas volcánicas, tufos consolidados de composición principalmente riolítica, se le encuentra comúnmente infrayaciendo a las secuencias triásicas del Grupo Pucará y en algunos sectores suprayaciendo a las rocas precambrianas, paleozoicas e intrusivas del carbonífero.</p>

Continua Tabla 11 ...

<p>Cretáceo inferior Marino, Continental Ki-mc Grupo Goyllarisquizga (Kim-g)</p>	<p>Esta secuencia se haya ampliamente distribuido en el sector occidental de la región. INGEMMET, bol. 57 (1995), reporta en el Pongo de Rentema dos niveles, uno inferior compuesto por areniscas cuarzosas de grano medio a grueso con ciertas tonalidades rojizas, los cuales se intercalan con estratos delgados de limoarcillitas grises, mientras la parte superior presenta una intercalación de areniscas blanquecinas con estratificación sesgada y limoarcillitas grises a negras laminadas. Tradicionalmente se considera que la Cordillera Oriental de Perú central se comportó como un alto estructural, desde el Triásico superior (Megard, 1978. 1987; Dalmayrac et al. 1980, Jillard, 1994), principalmente porque en esta área estratos del Cretáceo inferior Marino tralapan rocas precámbricas y paleozoicas y porque las unidades estatigráficas son más delgadas que el oeste y este. La reconstrucción de un sistema de edad Pérmico superior-Jurásico medio a lo largo de la misma área implica al contrario que una sedimentación y probablemente también, debió ocurrir en el dominio de la Cordillera Oriental durante este intervalo de tiempo. La ausencia de depósitos de edad Triásico superior-Jurásico medio y el traslape ocurrido en el Cretáceo inferior debe por lo tanto significar que esta área fue levantada y erosionada antes que finalizase el Cretáceo inferior.</p>
<p>Triásico superior Jurásico inferior-Marino TsJi-m Grupo Pucara (TsJi-p)</p>	<p>En la región Cordillerana y faja Subandina, la serie sedimentaria del triásico- Jurásico está comprendida por unidades mayormente marinas que integran el grupo Pucará. En el sector cordillerano, este grupo está compuesto por tres unidades litoestratigráficas que de abajo hacia arriba son: formaciones Chambará, consistente en areniscas, calizas-arenosas y calizas, con fósiles del Noriano- Retiano; formación Aramachay, compuesta por calizas y lutitas carbonosas, con materiales piroclásticos y una fauna del Hettangiano a Sinemuriano superior y la formación Condorsinga, consiste de caizas con niveles de margas y cineritas, cuya fauna corresponde al Sinemuriano superior, Toarciano superior. En ninguna parte del país los afloramientos de la región cordillerana continúan hacia la Faja Subandina pero es posible que pertenezcan a una misma cuenca. En dicha Faja Subandina, la litología es algo diferente, reconociéndose por lo menos cinco unidades litoestratigráficas.</p>

Continua Tabla 11 ...

<p>Neogeno mioceno-continental. Nmp-c Formación Inguilpata (Nm-I)</p>	<p>INGEMMET, 1995, Bol. 56, refiere a una secuencia compuesta por conglomerados polimícticos que se intercalan con areniscas líticas. Se le encuentra casi siempre en contacto con las rocas cretácicas de las formaciones Celendín, Cajamarca, y los grupos Quilquiñan y Pulluicana. Según la fuente se le localiza en los alrededores de Inguilpata (Chachapoyas), en el río Jucusbamba, al este de Luya y Lamud, en la naciente del río Tiraco. Su litología está compuesta por conglomerados polimícticos cuyos clastos tienen un diámetro entre 6 a 30 cm, también contiene niveles de areniscas semiconsolidadas, especialmente en el río Tincari, al sur de Luya.</p>
<p>Cretáceo inferior, Superior Marino, Kis-m Grupo Pulluicana, (Km-p) Grupo Chonta, (Km-ch)</p>	<p>Se considera el Cretácico inferior superior- volcánico sedimentario, durante dicho periodo, la margen peruana registró varias transgresiones marianas y fases tectónicas comprensivas. En el Perú Central, un plutonismo considerable.</p>

Fuente : Adaptación (Castro, 2007) & (Silva, 2015)

c) Criterio de distancia a carreteras

Para este criterio se utilizó Shapeliflife del ministerio de transportes y comunicaciones, del ZEE- Amazonas y también se realizaron track con GPS de algunas vías faltantes, en primer lugar se realizó un raster de distancia y luego una reclasificación, para hacer un raster de distancia nos vamos a ARCTOOLBOX, SPATIAL ANALYST TOOLS, DISTANCE, EUCLIDIAN DISTANCE, a partir de nuestro primer insumo se realiza la reclasificación, nos dirigimos a (ARCTOOLBOX, SPATIAL ANALYST TOOLS / RECLASS).

Tabla 12: Clasificación de Carreteras

Carreteras	Descripción
0 – 250 m	Distancia baja
250 – 2000 m	Distancia optima
> 2000 m	Distancia muy alta

Fuente: elaboración propia, 2017

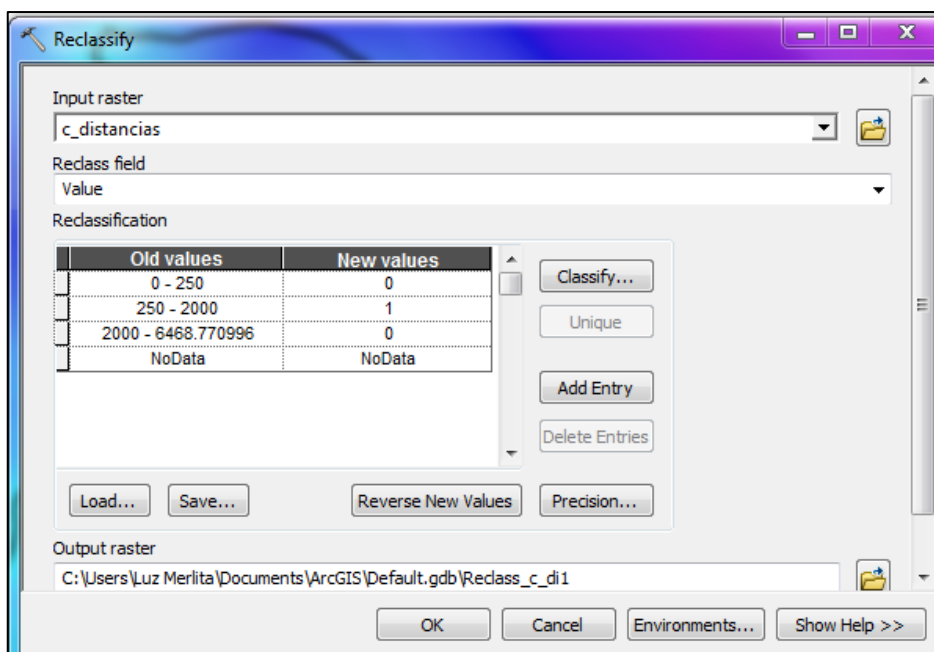


Figura 06. Reclasificación de distancia en criterio carreteras

d) Criterio de distancia a ríos

Para este criterio se utilizó Shapeliflife de la autoridad nacional del agua, del ZEE- Amazonas y también se realizaron track con GPS y levantamiento con imagen satelital de algunos ríos o quebradas faltantes, en primer lugar se realizó un raster de distancia y luego una reclasificación, para hacer un raster de distancia nos vamos a ARCTOOLBOX, SPATIAL ANALYST TOOLS, DISTANCE, EUCLIDIAN DISTANCE, a partir de nuestro primer insumo se realiza la reclasificación, nos dirigimos a (ARCTOOLBOX, SPATIAL ANALYST TOOLS / RECLASS / RECLASIFY).

Tabla 13. Clasificación de hidrografía

HIDROGRAFÍA	DESCRIPCIÓN
< 500 m	Distancia baja
> 500 m	Distancia óptima

Fuente: elaboración propia, 2017

e) Criterio de usos forestales y espacios protegidos

Los shapeliflife se obtuvieron del geoportal del ministerio del ambiente, en primer término el insumo se convirtió a raster, para ello utilizamos el

ARCTOOLBOX, CONVERSION TOOLS, TO RASTER / FEATURE TO RASTER) a partir de nuestro primer insumo se realiza la reclasificación, nos dirigimos a (ARCTOOLBOX, SPATIAL ANALYST TOOLS / RECLASS / RECLASIFY).

f) Criterio de distancia a zonas urbanas y aeropuertos

Se realizó el levantamiento catastral urbano – rural mediante la utilización de imagen satelital y Google Earth, posteriormente el insumo se le aplicó un raster de distancia, para ello nos dirigimos a ARCTOOLBOX, SPATIAL ANALYST TOOLS, DISTANCE, EUCLIDIAN DISTANCE, a partir de nuestro primer insumo se realiza la reclasificación, nos dirigimos a (ARCTOOLBOX, SPATIAL ANALYST TOOLS / RECLASS / RECLASIFY).

Tabla 14: Clasificación de distancia a zonas urbanas

ZONA URBANA	DESCRIPCIÓN
< 2000 m	Distancia baja
> 2000 m	Distancia optima

Fuente: elaboración propia, 2017.

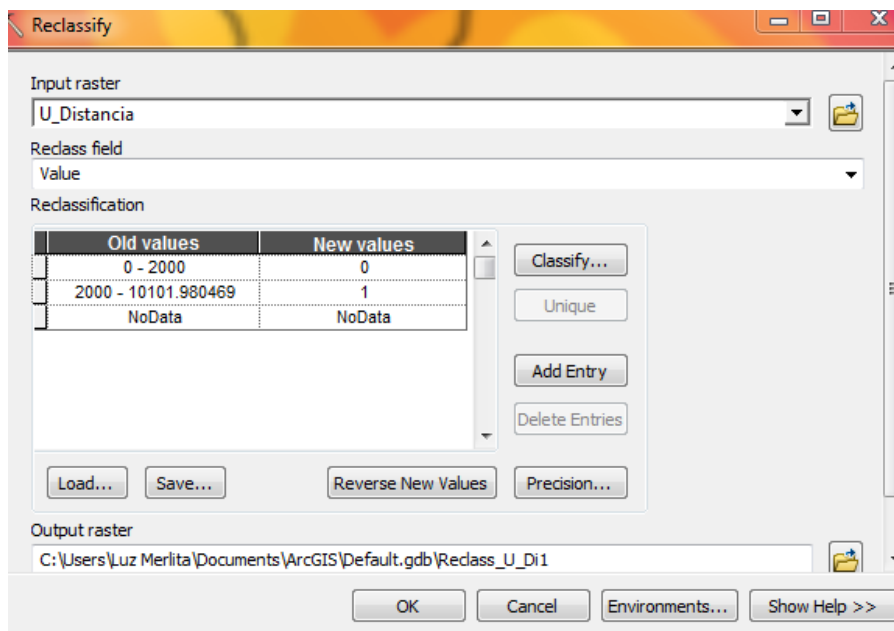


Figura 07: reclasificación de distancia a zonas urbanas

g) Análisis de superposición de criterios

Una vez que se ha construido todos los mapas de criterios de localización óptima para un relleno sanitario, se procedió a combinarlos para ello nos dirigimos a ARCTOOLBOX, SPATIAL ANALYST TOOLS, MAP ALGEBRA, RASTER CALCULATOR, mediante esta intersección de la calculadora raster se obtuvo las zonas que cumplen todas y cada una de las condiciones establecidas, se multiplicó todo los criterios mediante la siguiente expresión:

$$\begin{aligned} \text{VALIDAS} = & (C_{\text{pendiente}}) * (C_{\text{geologia}}) * (C_{\text{carreteras}}) \\ & * (C_{\text{hidrologia}}) * (C_{\text{forestal}}) * (C_{\text{urbano}}) \end{aligned}$$

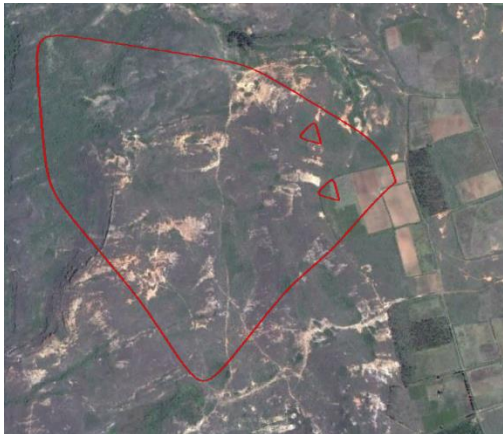
h) Criterio de volumen de almacenamiento

De entre todas las zonas validas obtenidas, es necesario extraer aquellas que tiene una superficie no menor a 3 hectáreas y una superficie no mayor a 70 hectáreas (MPCH - Chachapoyas, 2009), dado las condiciones de volumen planteados, para la presente investigación el relleno sanitario debe de tener como mínimo 3 hectáreas , para esto nos dirigimos al ArcMap, nos dirigimos a ARCTOOLBOX , CONVERSION TOOLS, FROM RASTER / RASTER TO POLYGON), seguidamente se calcula el área, para esto se crea un campo en tabla de atributos con el nombre de Área.


4.7.10 Descripción de las zonas óptimas

El resultado de la investigación aplicando el análisis multi criterio, bajo la integración de tres parámetros de estudio: (medio físico, biológico y socioeconómico), dio como resultado cuatro zonas definidas como óptimas; ubicadas geográficamente, de la siguiente manera:

Tabla 15. Áreas definidas como “Óptimas”, siendo el valor establecido 1, para instalaciones de rellenos sanitarios, según el resultado obtenido durante el procesamiento del software ArcGis 10.3, identificando en total 4 áreas.

Lugares óptimos		Descripción de las zonas	
 <p>Fuente: imagen Google Earth 2016</p>		<p>Ubicado a una altitud de 2376 metros, la localidad de santa rosa se encuentra a una distancia de 338 kilómetros a 2.69 kilómetros de distancia a la localidad de Huancas y a 2.65 kilómetros de distancia al aeropuerto de Chachapoyas, cercano a vías de comunicación trocha carroza-bles, siendo de carácter transitable. Con una pendiente de 4- a 40 grados, a su vez se encuentra a una distancia de 1.8 kilómetros de un río.</p> <p>El suelo y la capacidad de uso mayor de la tierra comprenden la Subclase P3esc o la subclase Xesc. El clima es Ligeramente Húmedo y Templado Cálido. Uso actual del suelo es Frente Productivo de Predominio de Cultivos Andinos.</p> <p>Se encuentra Moderadamente Vulnerable y la Zona de vida es bosque seco Premontano Tropical.</p>	<p>Perímetro: 3469.34 metros</p>
			<p>Área: 60.43 hectáreas</p>
X	180607.55		
Y	9315364.70		

Continua tabla 15

Lugares óptimos		Descripción de las zonas	
 <p>Fuente: imagen Google Earth 2016</p>		<p>Ubicado a una altitud de 3218 metros, a 3.33 kilómetros de distancia a la población más cercana, 8.17 km de distancia al aeropuerto, vías de comunicación trocha carrozables, siendo de carácter transitable. Con una pendiente de 4 - 40 grados, a su vez se encuentra a una distancia de 710 m de un río.</p>	<p>Perímetro: 1164. metros</p>
			<p>Área: 6.91 hectáreas</p>
X	184808.69	<p>Los suelos y la capacidad de uso mayor de la tierra comprenden la Subclase Xes o la subclase C3es.</p> <p>El clima es Muy Húmedo y Templado Frío.</p> <p>El uso actual del suelo es de Frente Productivo de Predominio de Cultivos Andinos.</p> <p>Esta considerado Moderadamente Vulnerable.</p> <p>Zona de vida bosque húmedo Montano Bajo Tropical</p>	
Y	9304797.13		

Continua tabla 15


Lugares óptimos		Descripción de las zonas	
 <p>Fuente: imagen Google Earth 2016</p>		<p>Ubicado a una altitud de 3337 y 3180 metros, con más de 5 kilómetros de distancia a zonas urbanas y rurales, 10 kilómetros de distancia al aeropuerto y a 1.5 kilómetros de distancia a vías de comunicación trocha carrozable, siendo de carácter transitable. Con una pendiente de 4-40 grados, a su vez se encuentra a una distancia de 650 m de una quebrada. Los suelos y capacidad de uso mayor de la tierra comprenden la Subclase Xes o la subclase C3es. El clima es Muy Húmedo y Templado Frío. El uso actual del suelo es de Frente de Conservación de Tierras de Protección. Considerado Moderadamente Vulnerable. Zona de vida es de bosque húmedo Montano Bajo Tropical</p>	<p>Perímetro: 1172.51 y 1821.30 metros</p>
			<p>Área: 3.9 y 15.1 hectáreas</p>
X	188791.49, 189258.04		
Y	9304767.8, 9304298.27		

Tabla 16. Comparación de áreas óptimas respecto a los tiraderos actuales

Criterio	Tiradero de rondón	Zonas óptimas
Pendiente	La mayor parte de su área esta sobre los 40°	Se encuentran en pendientes 4 – 40 °
Geología	Optima	Optima
Carreteras	A 11 metros, optima	Se encuentra el lugares accesibles
Hidrografía	Se encuentra muy cerca de una quebrada, no es recomendable según el Manual MINAM (2011)	Se encuentran sobre los 500 metros de fuentes de agua
Forestal	Optima	Optima
Zona urbana - rural	1.6 kilómetros del aeropuerto y a 1.3 km de una casa	Se encuentran a una distancia mayor de 2 kilómetros.

Fuente: Elaboración personal.

RESULTADOS

- De la caracterización de los residuos sólidos para el distrito de Chachapoyas (SIGERSOL, 2015), que cuenta con una población de 23339 habitantes, la generación per cápita de residuos sólidos fue de 0.47 kg/hab./día, y, se generó 10.97 t/día y 95.55 toneladas / semana.
- En Chachapoyas el 62.28 % de los residuos sólidos generados fueron orgánicos y el 37.71 % fueron residuos sólidos inorgánicos.
- Para el año 2025 la población en el distrito de Chachapoyas será de 30275 habitantes, la producción per cápita será de 0.52 kg/hab./día.
- El área mínima requerida para el relleno sanitario en el distrito de Chachapoyas fue de 30 180.95 m² o 3.02 hectáreas.
- Criterio pendiente, el relleno sanitario está sobre áreas superiores a 4° y en áreas inferiores a 40°, para facilitar la construcción del relleno sanitario y no generar encharcamiento dentro del área del relleno sanitario.
- Criterio geología, el sustrato de la instalación del relleno sanitario es impermeable, para evitar la contaminación de acuíferos subterráneos, el relleno sanitario se ubica sobre sustrato arcilloso.
- Criterio de distancia a carreteras, a fin de reducir los costos de transporte y mantenimiento, el relleno sanitario está ubicado próximo a una carreta, la distancia próxima de una carretera comprende entre 250 y 2000 m.
- Criterio hidrológico, el relleno sanitario está ubicado a una distancia no inferior a 500 m de cualquier cauce fluvial, con el objeto de reducir el riesgo de contaminación a cauces fluviales.
- Criterio de uso de suelos forestales, las áreas del relleno sanitario evitan aquellas zonas con especies forestales, bosques primarios o zonas marcadas como interés ecológico.
- Criterio de distancia a núcleos urbanos – rurales, los rellenos sanitarios están ubicados a una distancia no inferior a 2000 m de cualquier núcleo urbano y rural con la finalidad que genere aceptación social, malos olores, riesgos a sus derechos fundamentales. También se consideró la misma distancia para el aeropuerto.
- Criterio de volumen de almacenamiento, el proyecto de relleno sanitario tiene una vida útil de 10 años, los rellenos sanitarios cuentan con un área mínima de 3 hectáreas y como máxima 70 hectáreas, necesarias para el periodo proyectado.

- Mediante el empleo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la superposición de los criterios de localización óptima de relleno sanitario para el distrito de Chachapoyas, se obtuvieron como resultado cuatro áreas definidas como zonas Óptimas, las más adecuadas para el establecimiento de las instalaciones para el relleno sanitario. Área 01 = 60.43 Ha., Área 02 = 6.91 Ha., Área 03 = 3.1Ha., y Área 04 = 15.1 Ha.; ubicadas en el Distrito de Chachapoyas.
- Se elaboraron un total de 7 mapas temáticos de los criterios óptimos para la localización óptima de un relleno sanitario en el distrito de Chachapoyas divididos en estudios del medio: biológico (1), físico (3) y social (3).
- Se realizó la descripción de las zonas óptimas para un relleno sanitario en el distrito de Chachapoyas como clima, vulnerabilidad, uso actual del suelo, zonas de vida.
- Se elaboró una comparación entre las zonas óptimas del relleno sanitario vs el tiradero actual de Rondón, el tiradero de Rondón no cumple con el 50 % de los criterios de localización óptimas para un relleno sanitario en el distrito de Chachapoyas.

DISCUSIONES

- (Mihelcic y Zimmerman, 2012) mencionan que las fuentes de desperdicio de residuos sólidos provienen de las viviendas, que comprenden los desperdicios de alimentos, desperdicios de patio o jardín, papel, plástico, vidrio, metal y el porcentaje típico generados comprenden entre el 30 % y 50 % del desperdicio sólido municipal, en Chachapoyas el 62.28 % de los residuos sólidos generados son orgánicos y el 37.71 % son residuos sólidos inorgánicos; La generación per cápita de residuos sólidos en países industrializados para el año 2005 fue 0.75 a 1.5 mg por persona por año y los desperdicio sólido generado en los países en desarrollo es de 0.15 a 0.3 mg por persona por año, la composición del desperdicio también es diferente en los países en desarrollo generan más residuos orgánicos y la menor fracción de productos manufacturados como papel, metales y vidrio, en la presente investigación la generación per cápita es de 1.2 mg por persona por año en el 2015 y en el 2025 será de 1.4 mg por persona por año.
- (Sosa y Torres, 2010) determinaron que aplicando el SIG y criterios de selección de sitio para la construcción de un relleno sanitario, los SIG indicaron ocho sitios con áreas mayores de seis hectáreas que cumplieron con todos los criterios normados y técnicos en la presente investigación los SIG indicaron cuatro áreas mayores de tres hectáreas y menores a 70 hectáreas que cumplen con todo los criterios técnicos, ambientales y sociales, (Mihelcic y Zimmerman, 2012) indicaron que los emplazamiento de rellenos sanitarios necesitan estar ubicados en donde los riesgos al medio ambiente y la sociedad son bajos, por lo que aun en el caso de un mal diseño, construcción u operación, el riesgo resultante es minimizado. (Silva, 2015) determinó 19 criterios biológico (3), físico (9) y socioeconómico (7), (MINAM, 2011) y (Mihelcic y Zimmerman, 2012) establecieron algunos criterios de selección de sitio para un relleno sanitario, el relleno sanitario debe evitar llanuras, fallas geológicas, pendientes muy pronunciadas, geología, áreas con ecosistemas significativos y biodiversidad importante, áreas de relevancia cultural o arqueológica, cuencas de agua, minimizar los costos de transportación, material para cobertura y la aceptación social donde no se perjudique los derechos fundamentales, los criterios de selección de sitio propuestos en la presente investigación tiene como objetivo proteger la salud pública, proteger el medio ambiente y la diversidad biológica, minimizar conflictos sociales y minimizar el costo para la municipalidad de Chachapoyas, se determinaron un total de 7 criterios de selección de sitio para un relleno sanitario.

CONCLUSIONES

- Se elaboró una metodología de geo-procesos empleando sistemas de información geográfica que permiten el análisis del territorio determinando la localización técnica y ambientalmente adecuada para las instalaciones de rellenos sanitarios cuyos resultados fueron cuatro áreas óptimas.
- El empleo y aplicación de los sistemas de información geográfica permitieron el procesamiento de grandes cantidades de datos y permite al profesional utilizarlo como un instrumento para el análisis de riesgos, minimizar las problemáticas medioambientales y tomar mejor decisiones geo-ambientales para asegurar la viabilidad de un proyecto. Esta investigación es uno de los ejemplos prácticos de selección de sitios de rellenos sanitarios con SIG. La metodología es simple y eficiente para resolver este tipo de problemas, este enfoque se puede ampliar en todo el departamento de Amazonas.
- Esta investigación demostró que empleando sistemas de información geográficas se determinó cuatro áreas óptimas donde es posible ubicar un relleno sanitario en el distrito de Chachapoyas que cumple con todos los requerimientos ambientales, sociales.
- Se caracterizó la gestión integral de los residuos sólidos del distrito de Chachapoyas.
- Se determinaron siete criterios y factores óptimos de localización para un relleno sanitario.
- Los resultados obtenidos en este estudio, nos demuestra que empleando los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y sus diferentes herramientas, se pudo determinar zonas óptimas para ubicar el relleno sanitario para el distrito de Chachapoyas que ocasionen un menor impacto ambiental.

RECOMENDACIONES

- La utilización de los sistemas de información geográfica debe estar integrada a un buen trabajo de campo para realizar un mejor diagnóstico territorial para tomar mejores decisiones técnicas.
- La metodología en la presente investigación permite aplicar en otros escenarios, pudiendo involucrar más criterios como forma de enriquecer el modelo raster y limar aún más la propuesta.
- Realizar un análisis jurídico de derechos reales en los sitios seleccionados, a efecto de evitar problemas de índole legal a terceros.
- Efectuar estudios de suelo a las áreas óptimas, con el fin de ratificar si esta área cumple definitivamente con los requerimientos establecidos para ubicar el sistema de disposición final.
- Es vital quienes están encargados de tomar decisiones territoriales para la construcción del relleno sanitario en el distrito de Chachapoyas, conocer este estudio para ser utilizado como antecedente en la toma de decisiones y que el SIG son una base técnica de gran valor para estudios de planificación y gestión territorial, gestión municipal y gestión ambiental.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

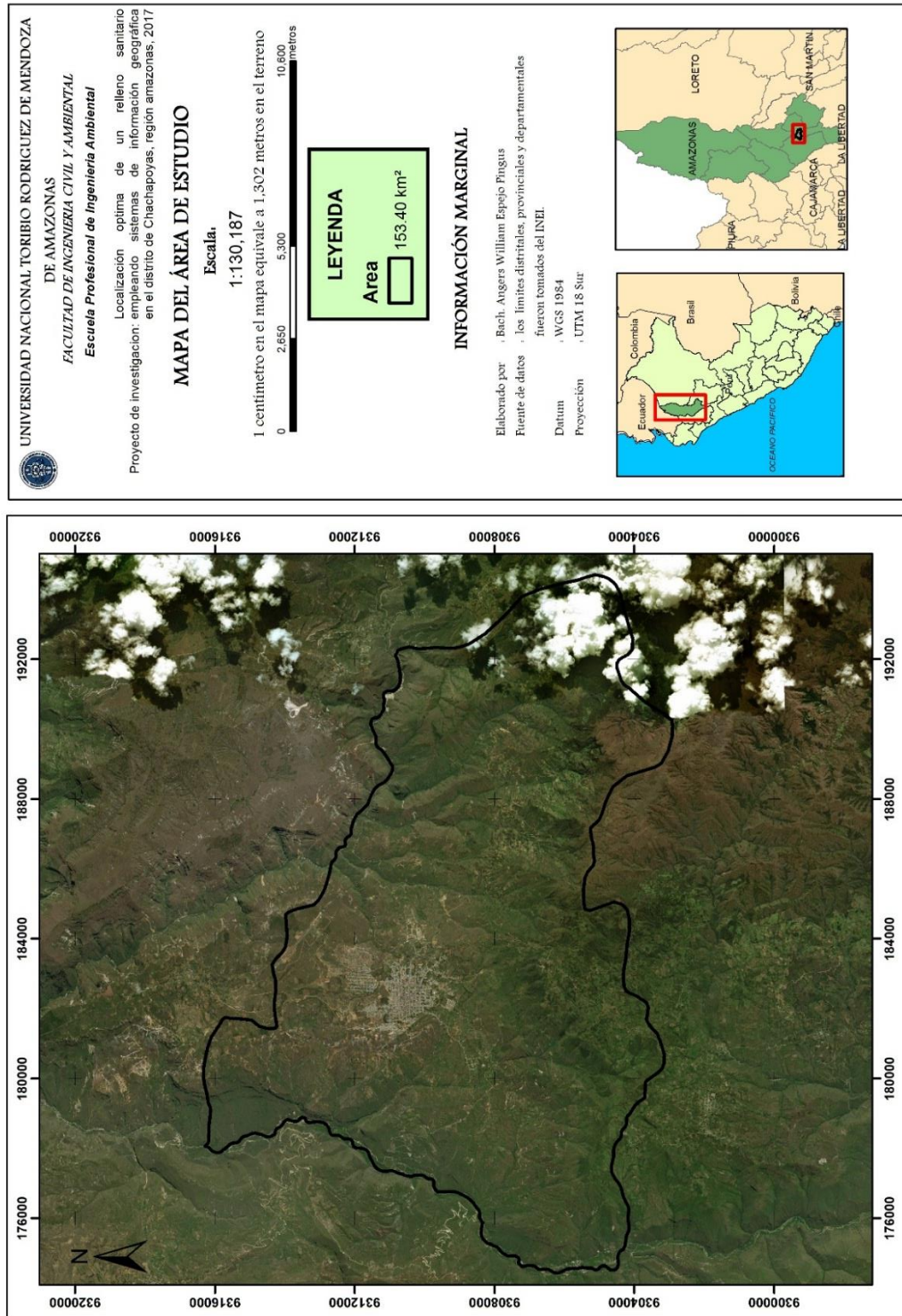
- Aksoy, E., & San, B. (2016). Using MCDA and GIS for landfill site selection: Central districts of antalya province. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 41 (July), 151–157.
<https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XLI-B2-151-2016>
- Becerra, C., Castro M. y Rodríguez, A. (2015). Identificación de áreas potenciales para la disposición final de residuos sólidos del municipio de Popayán, 82.
- CAEG. (2017). AMC Para la ubicacion de un relleno de residuos sólidos. Lima.
- Castañeda, F., Montoya, P. y Mejía, Z. (2010). Metodología para la localización de rellenos sanitarios mediante sistemas de información geográfica . Un caso regional colombiano.
- Castro, W. (2007). Zonificación Ecológica y Económica del departamento de Amazonas - Chachapoyas.
- Ordóñez Galán C. (2003). *Sistemas de Información Geográfica: Aplicaciones Prácticas con Idrisi32 al análisis de riesgos naturales y problemáticas medioambientales*. (R.- Ma, Ed.) (Primera ed). Madrid.
- Congreso de la República. (2000). Ley General de Residuos Sólidos.
- Fernández, S., y Del Río, J. (2011). *Sistemas de Información Geográfica para el ordenamiento territorial*. Serie Documentos de Gestión Urbana.
- Genial. (2017). *Crecimiento de la poblacion mundial*. Retrieved from <https://web.facebook.com/GenialGuru/videos/1990363101284828/>
- Gómez, Montserrat y Barredo, J. (2005). *Sistemas de Información Geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio*. (segunda edición). España.

- Instituto Superior del Medio Ambiente. (n.d.). *Manual de Formación del Curso Práctico Técnico GIS Aplicado a la Gestión Ambiental ARCGIS*.
- ISO. (2005). ISO - 19128. Geographic information — Web map server interface. Switzerland.
- Liliana, S. (2010). *Introducción a la Ingeniería Ambiental para la Industria de Procesos*. Retrieved from <http://dspace.universia.net/handle/2024/594>
- Mena, Carlos, Morales Hernández, Yohana, Ormazábal Rojas, Yony, Gajardo Valenzuela, J. (2010). Localización de un relleno sanitario en la comuna de parral, Chile, a través de evaluación multicriterio.
- Mihelcic, J. R., y Zimmerman, J. B. (2012). *Ingeniería ambiental : Autores y Editores*.
- MINAM. (2011). *Guía de: Diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual*.
- MINAM. (2011). *Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario mecanizado*.
- MINAM. (2016). *Plan nacional de gestión integral de residuos sólidos*.
- MPCH - Chachapoyas. (2009). Mejoramiento y ampliación de la gestión integral de residuos sólidos municipales de la ciudad de Chachapoyas y ampliación del servicio de disposición final de los residuos sólidos municipales de la ciudad de Huancas, provincia de Chachapoyas, departamento. Chachapoyas.
- MPCH - CHACHAPOYAS. (2013). *Plan de desarrollo urbano de la ciudad de Chachapoyas. Municipalidad Provincial de Chachapoyas*.
- OEFA. (2015). Fiscalización ambiental en residuos sólidos de gestión municipal, 100. Retrieved from webmaster@oefa.gob.pe
- Paz, S. A. P. (2011). Localización de sitios adecuados para establecer un vertedero de residuos sólidos urbanos en el municipio del distrito central de Honduras.

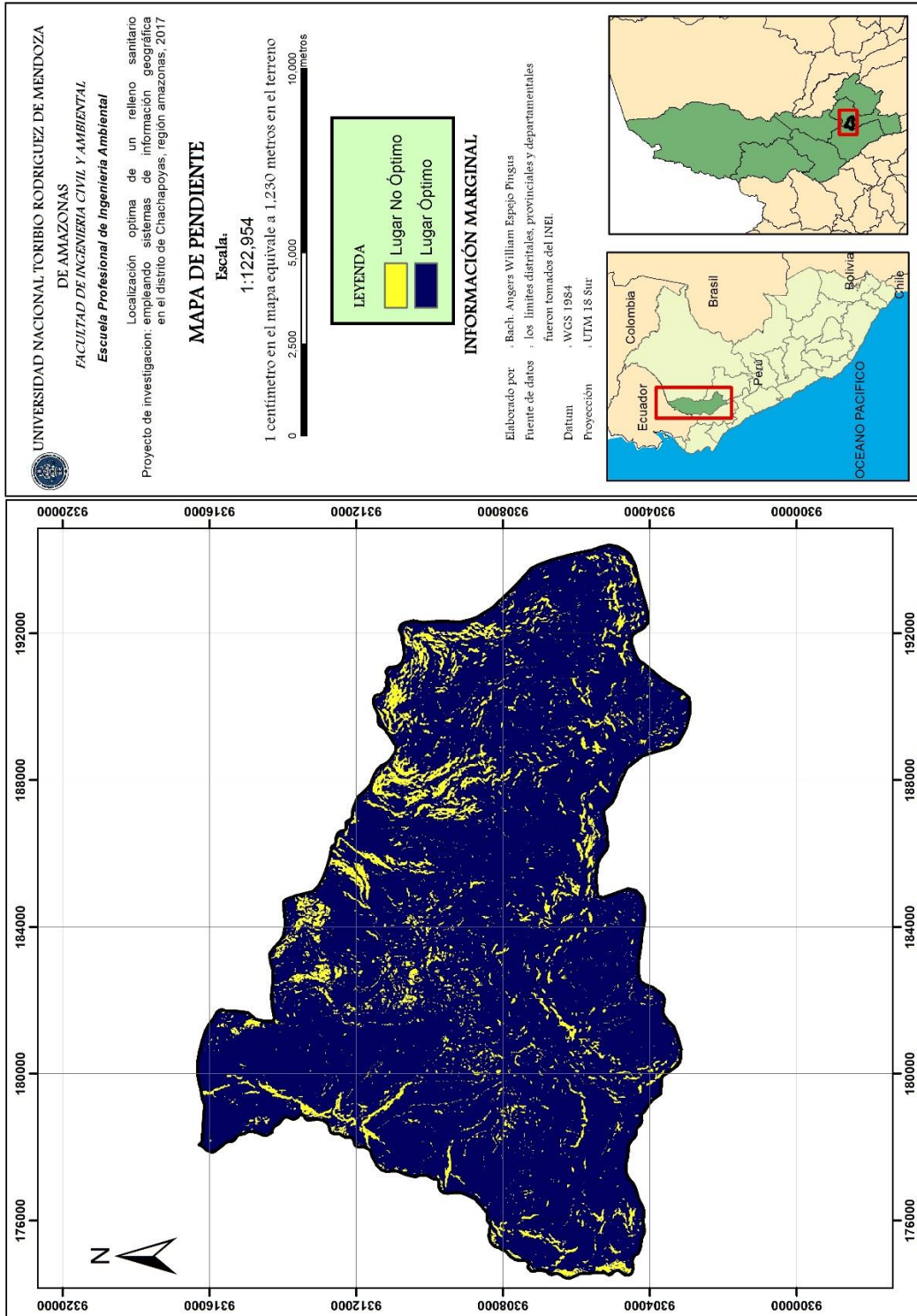
- Pucha, Franz; Fries, Andreas; Cánovas, Fulgencio; Oñate, Fernando; Gonzales, Víctor; Pucha, D. (2017). *Fundamentos de SIG*.
- Saralegi, B. P. (2015). Optimización de la Gestión de los Residuos Sólidos Urbanos en la Mancomunidad de San Markos mediante herramientas multicriterio.
- SEMARNAT. (2002). *Minimización y manejo ambiental de los residuos sólidos. Minimización y manejo ambiental de los residuos sólidos*.
- SIGERSOL. (2015). Caracterización de residuos sólidos de gestión municipal, distrito Chachapoyas.
- Silva, L. A. (2015). Sistemas de información geográfica y la localización óptima de instalaciones para residuos sólidos : propuesta para la provincia de Huánuco.
- Sosa, A. R., y Torres Romero, Crisóforo. (2010). Localización de un sitio para construir un centro de aprovechamiento de residuos sólidos urbanos a través de tres métodos. *Revistas.Unam.Mx*, 3(1), 36–48. Retrieved from <http://revistas.unam.mx/index.php/aidis/article/download/28656/26653>
- UNIDAS, N. (2015). Población, 1–5. Retrieved from <http://www.un.org/es/sections/issues-depth/population/index.html>

ANEXOS

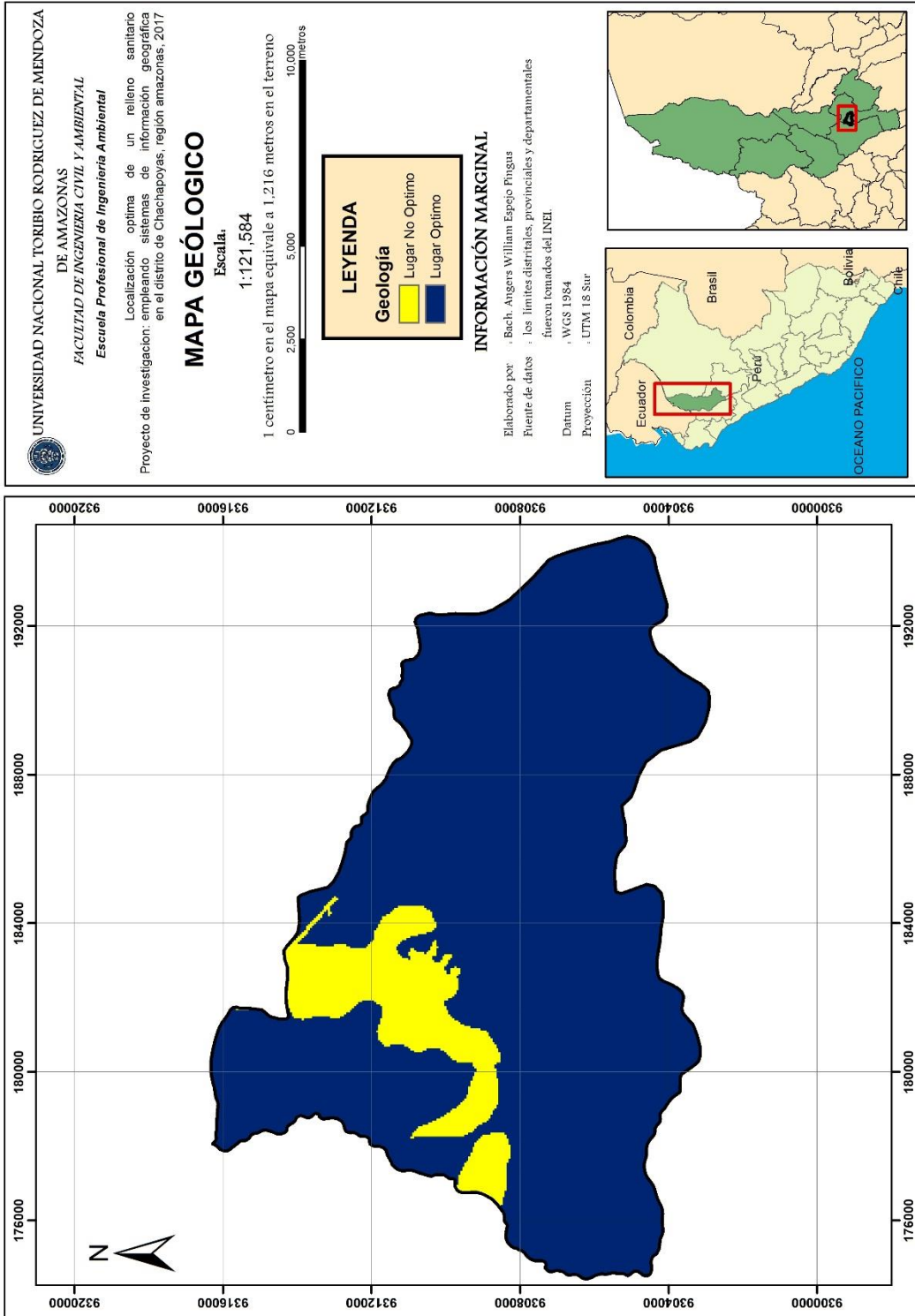
Anexo 02: Mapa de estudio – imagen satelital



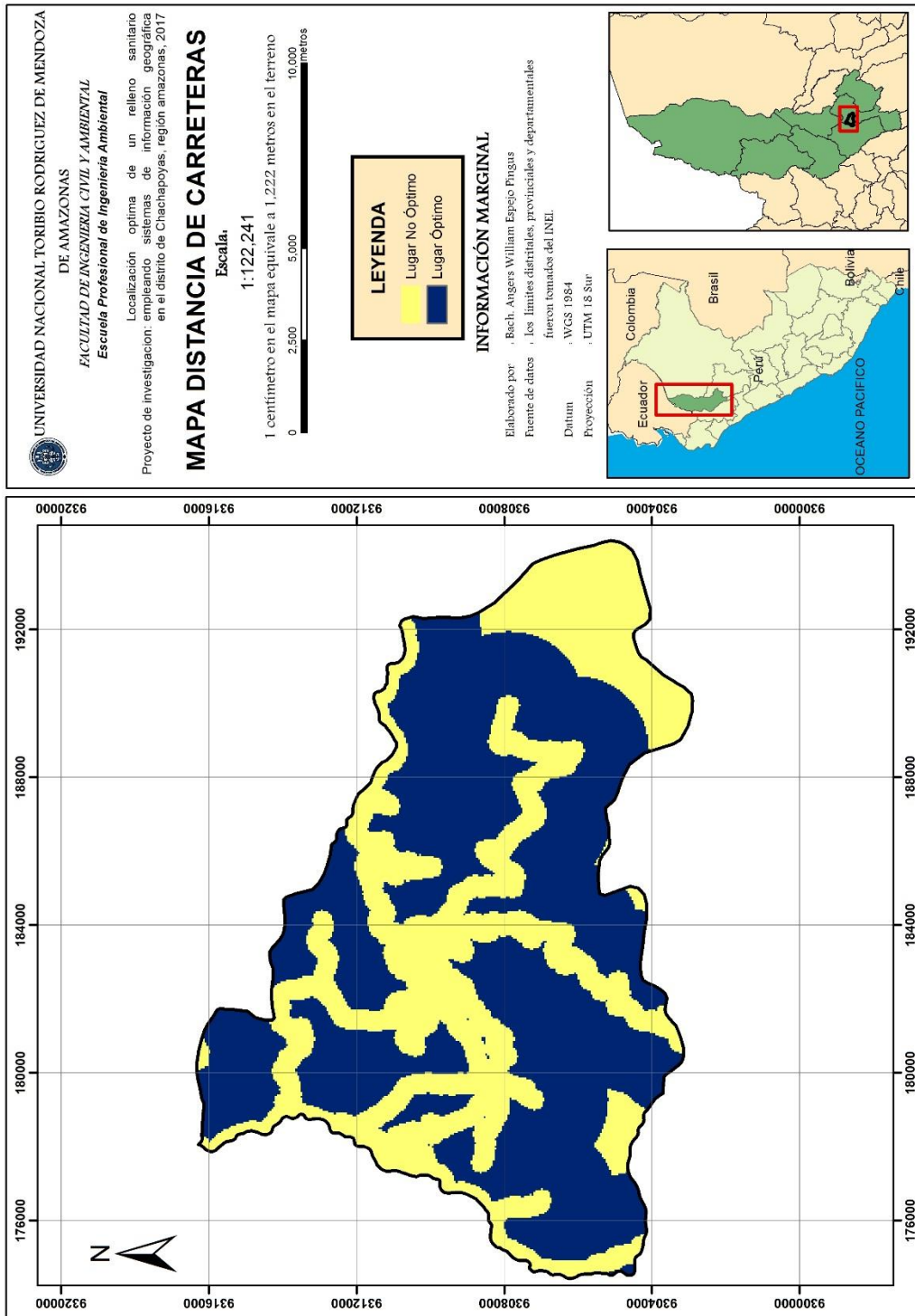
Anexo 03: Mapa de criterio de pendientes



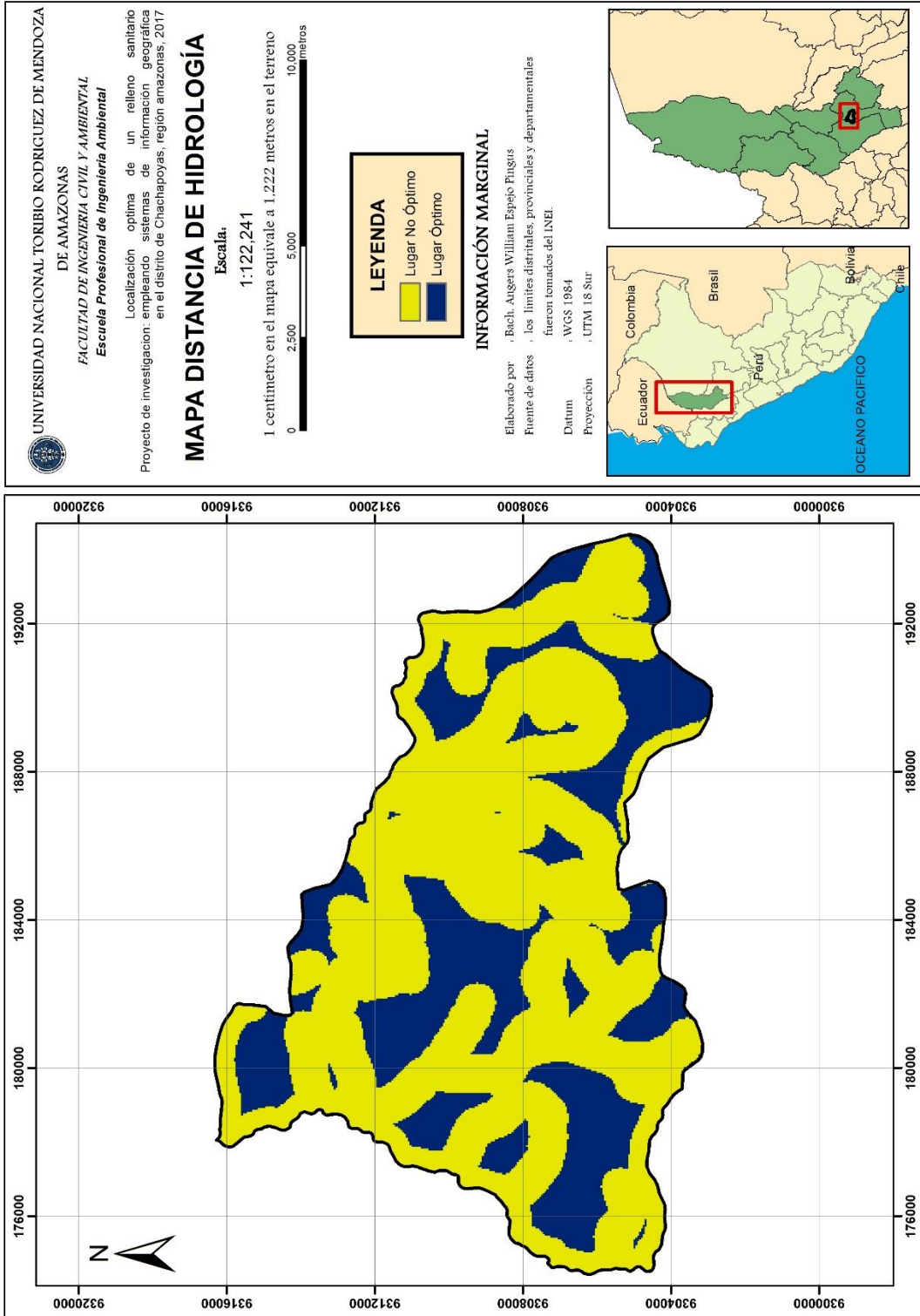
Anexo 04: Mapa del criterio geológico



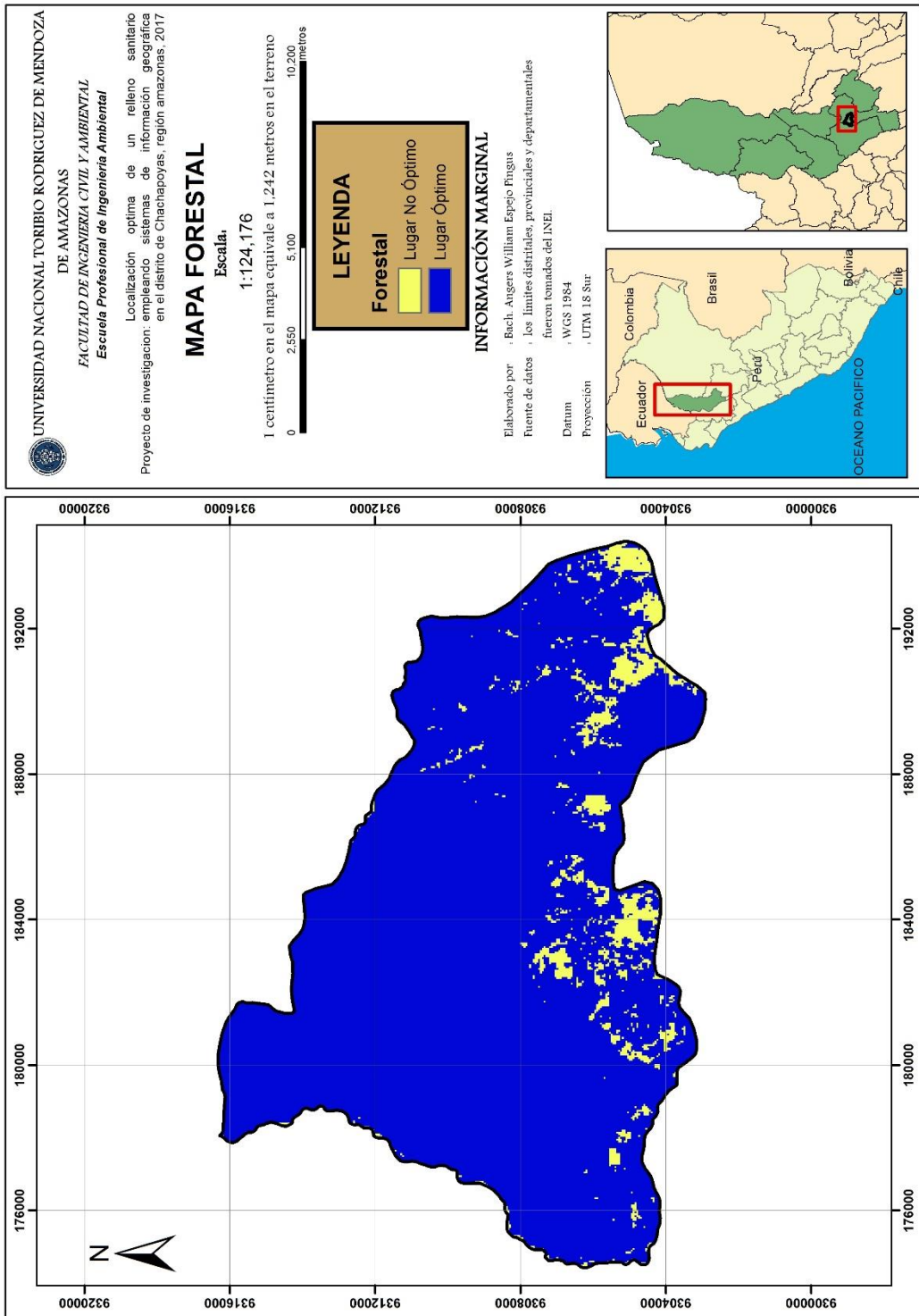
Anexo 05: Mapa del criterio de distancia a carreteras



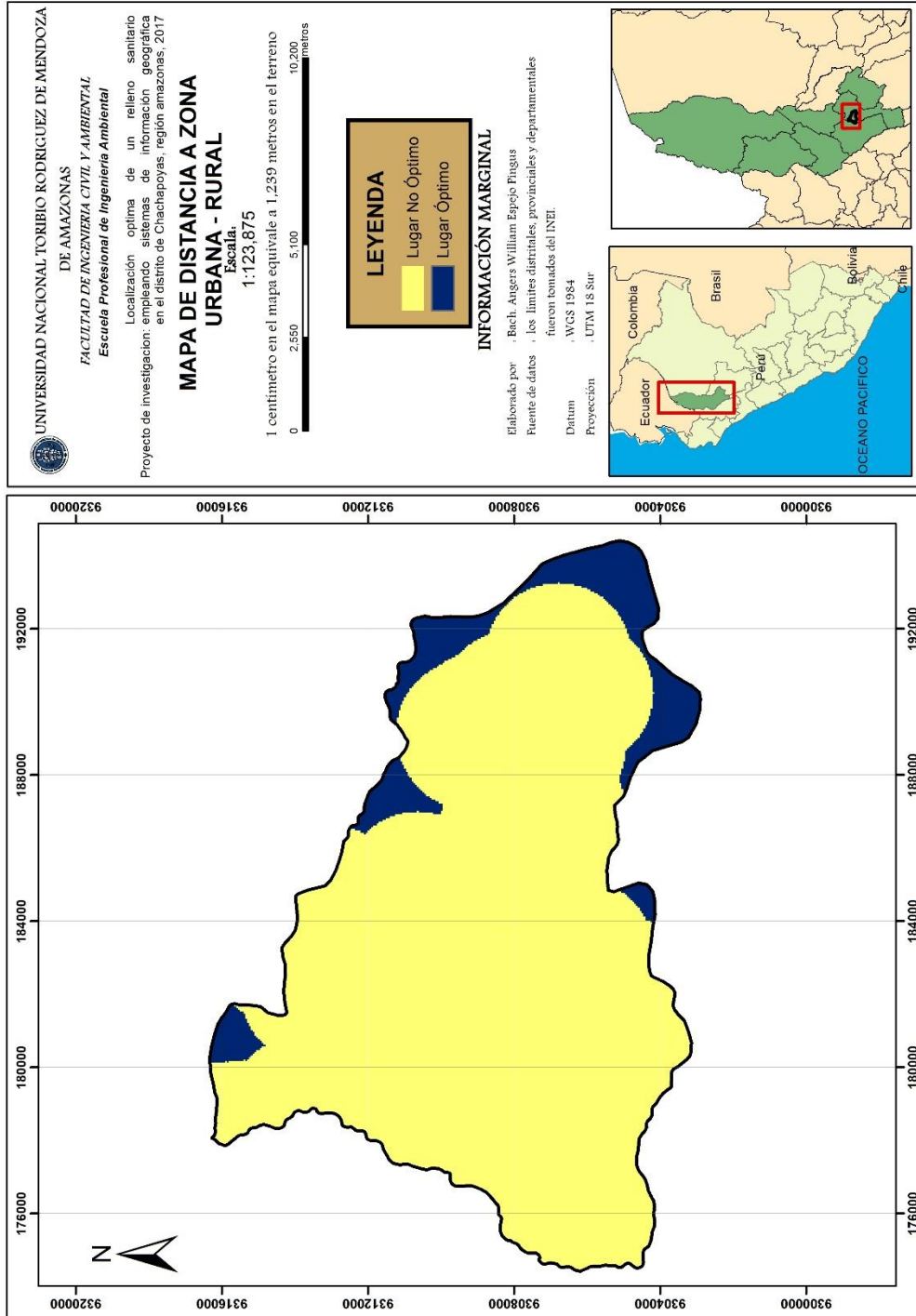
Anexo 06: Mapa criterio de distancia a ríos



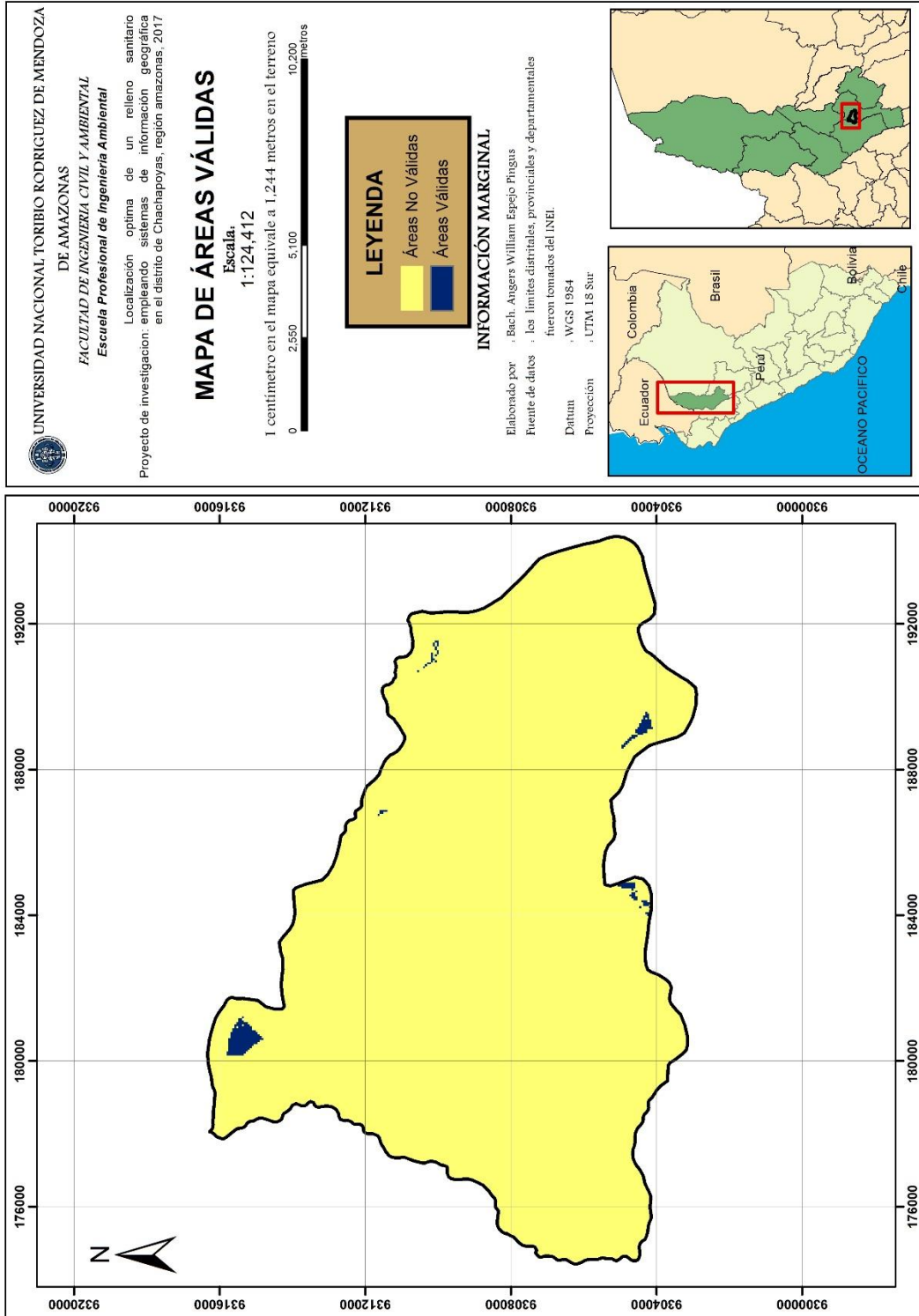
Anexo 07: Mapa de criterio de usos forestales y espacios protegidos



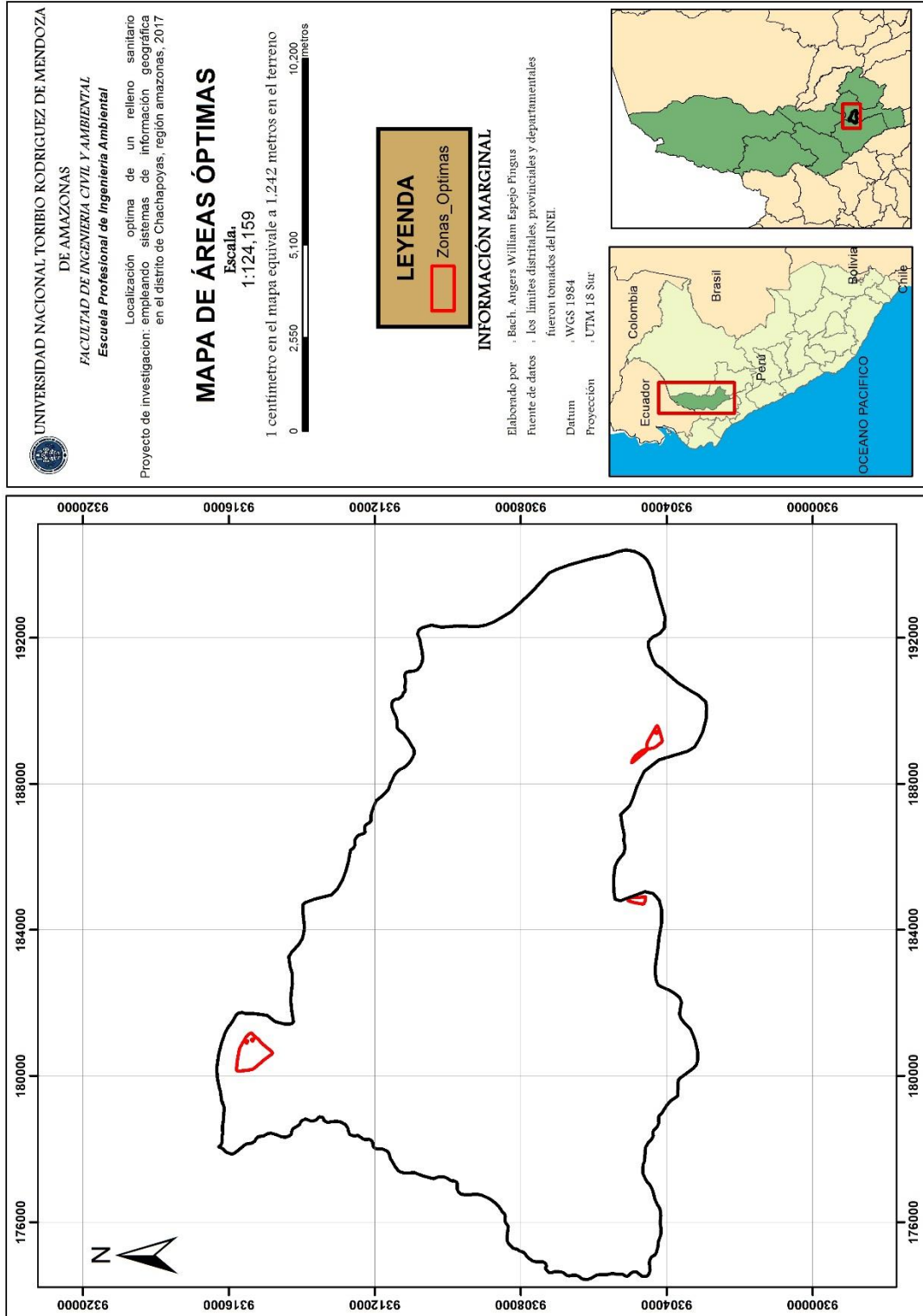
Anexo 08: Mapa del criterio de distancia a zonas urbanas – rurales



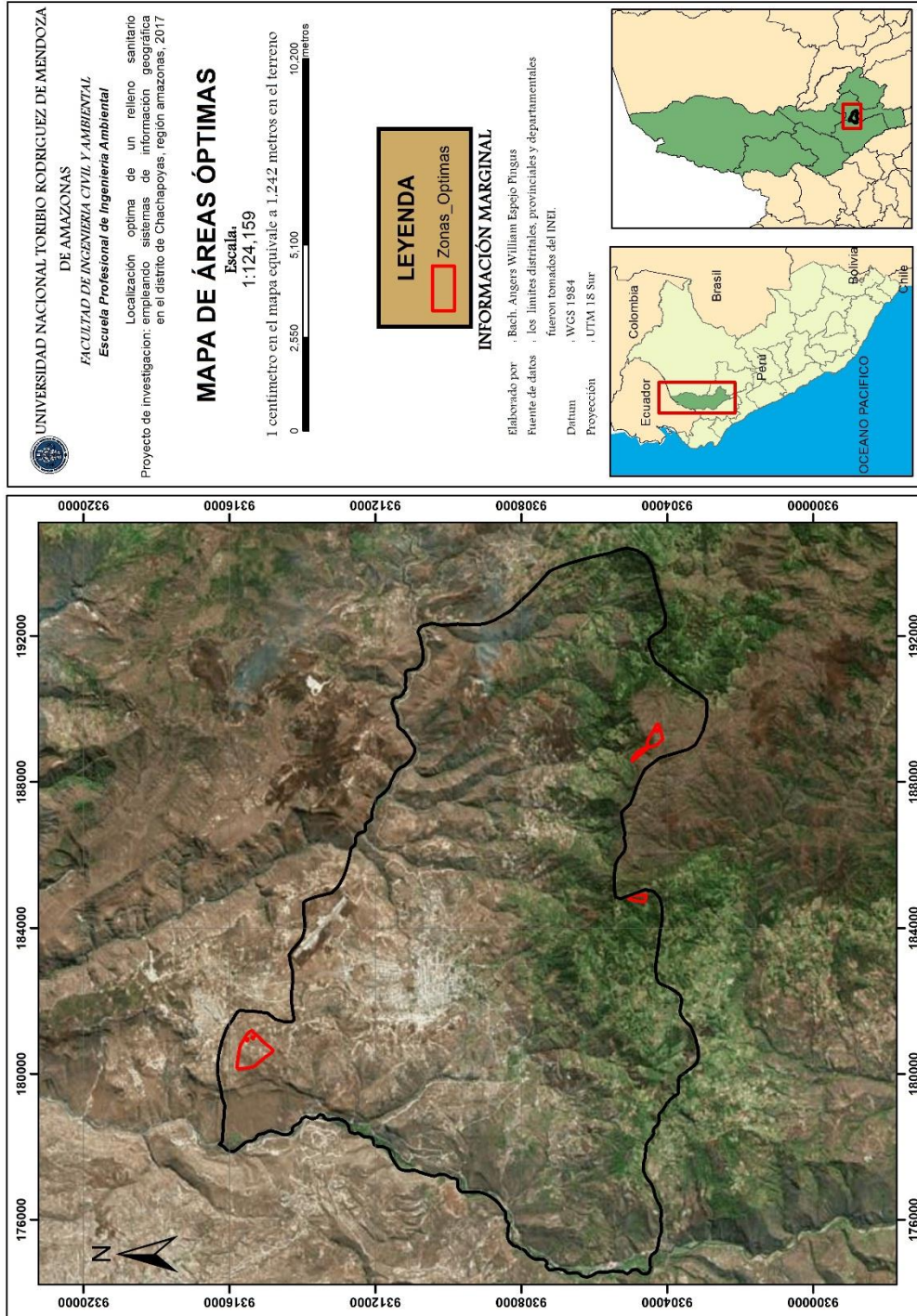
Anexo 09: Mapa de áreas válidas para el relleno sanitario en Chachapoyas



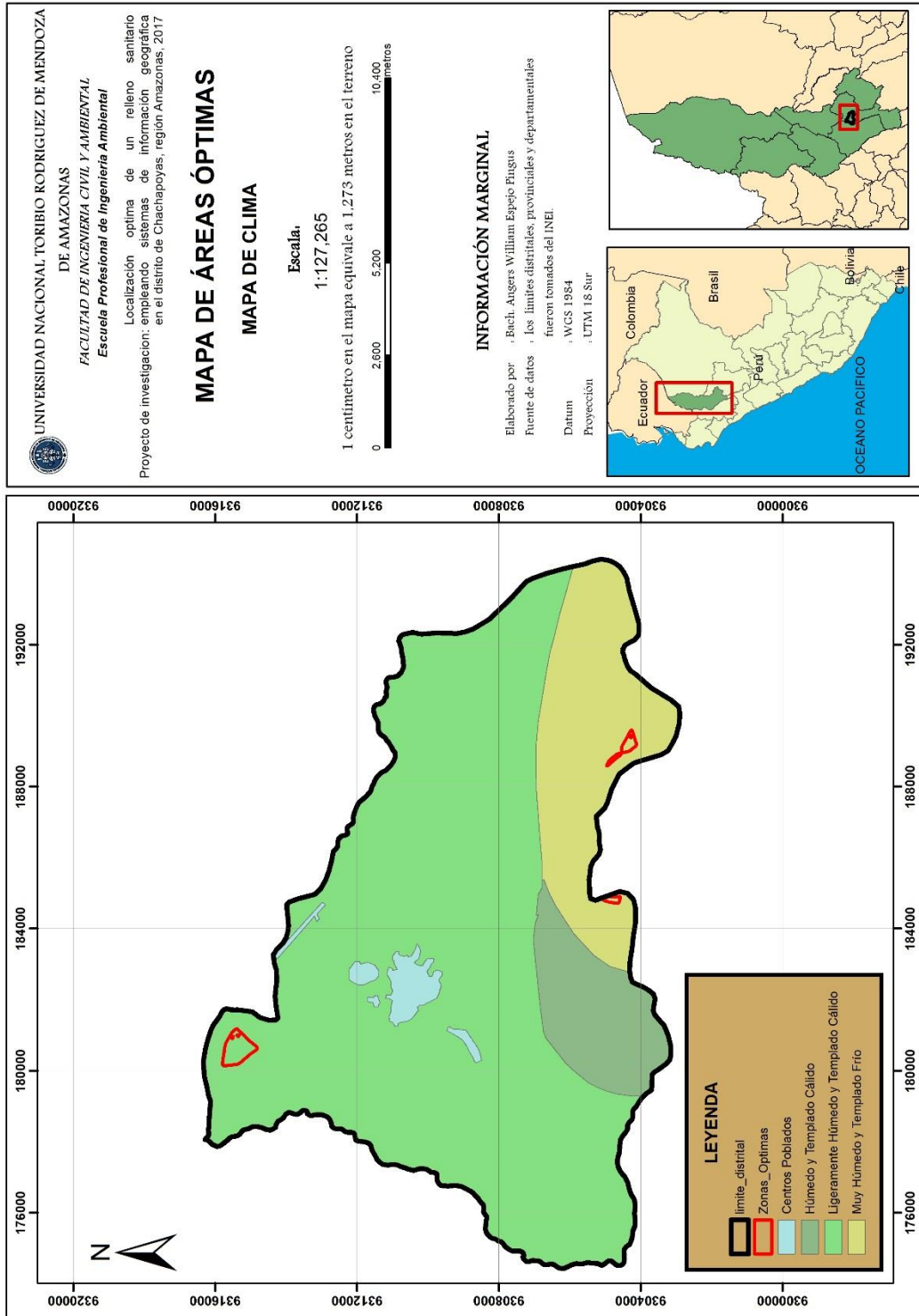
Anexo 10: Mapa de Zonas óptimas para el relleno sanitario



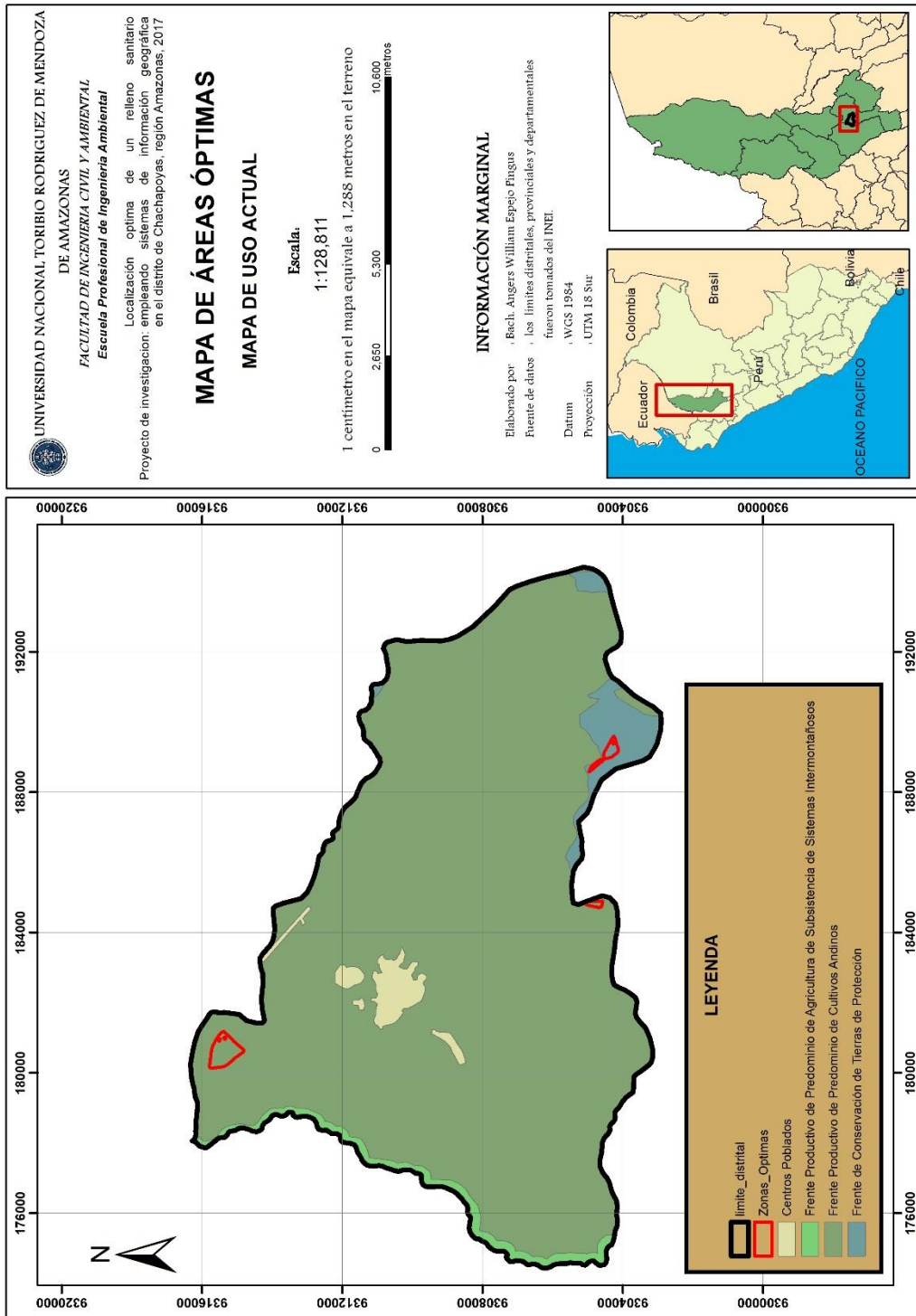
Anexo 11: Mapa de Zonas óptimas para el relleno sanitario – imagen satelital



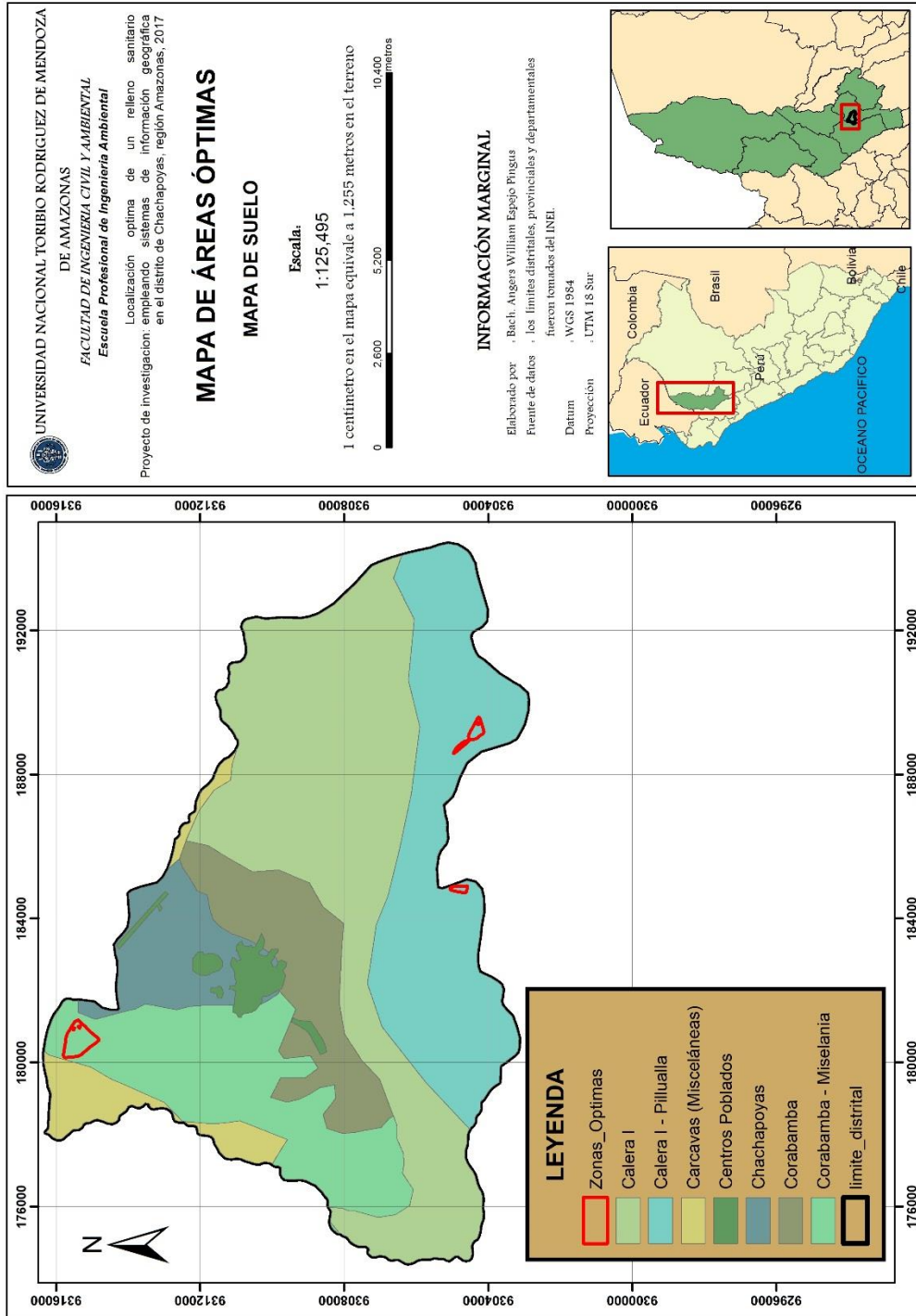
Anexo 12: Mapa de clima de las áreas óptimas



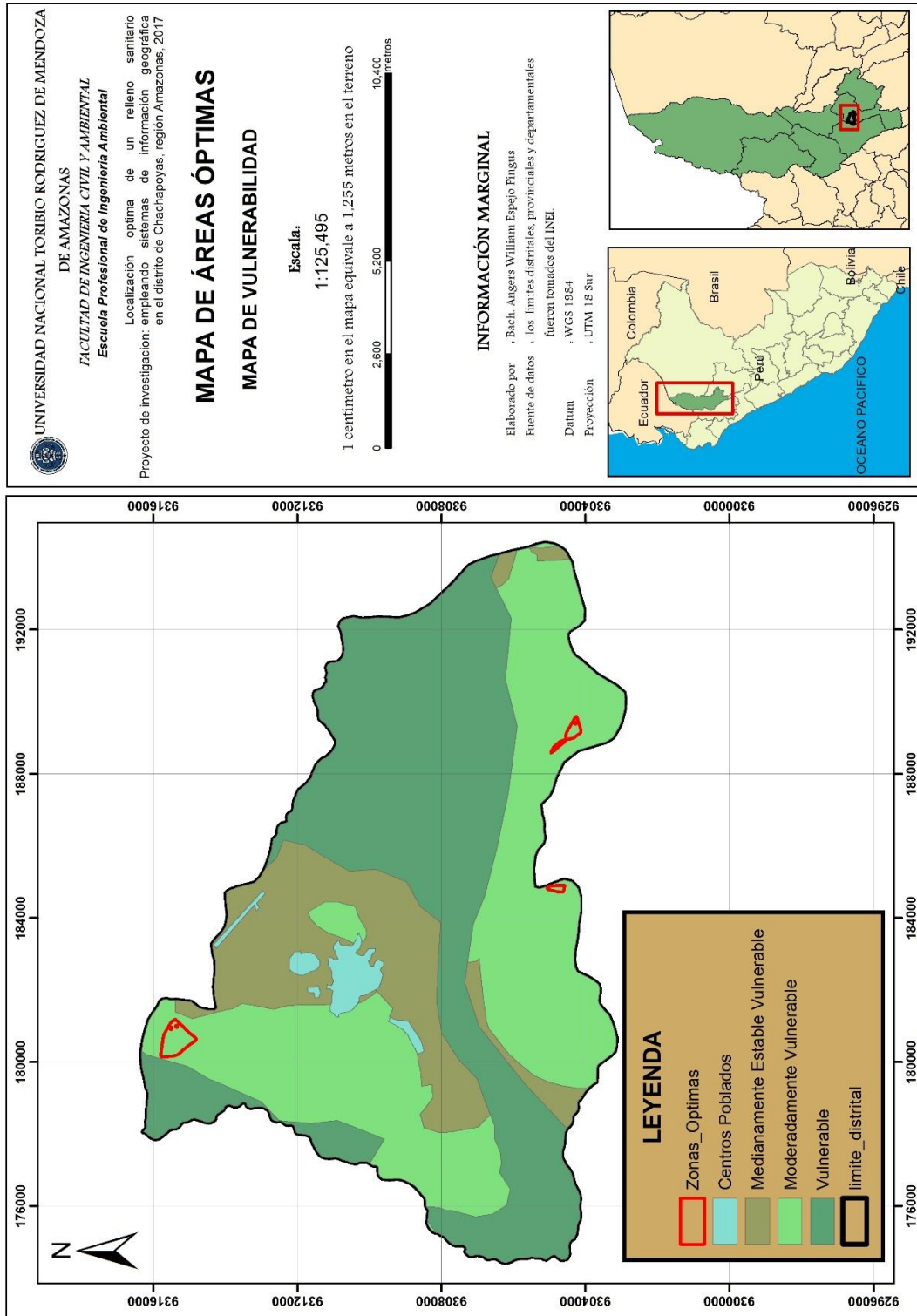
Anexo 13: Mapa de uso actual de las áreas óptimas



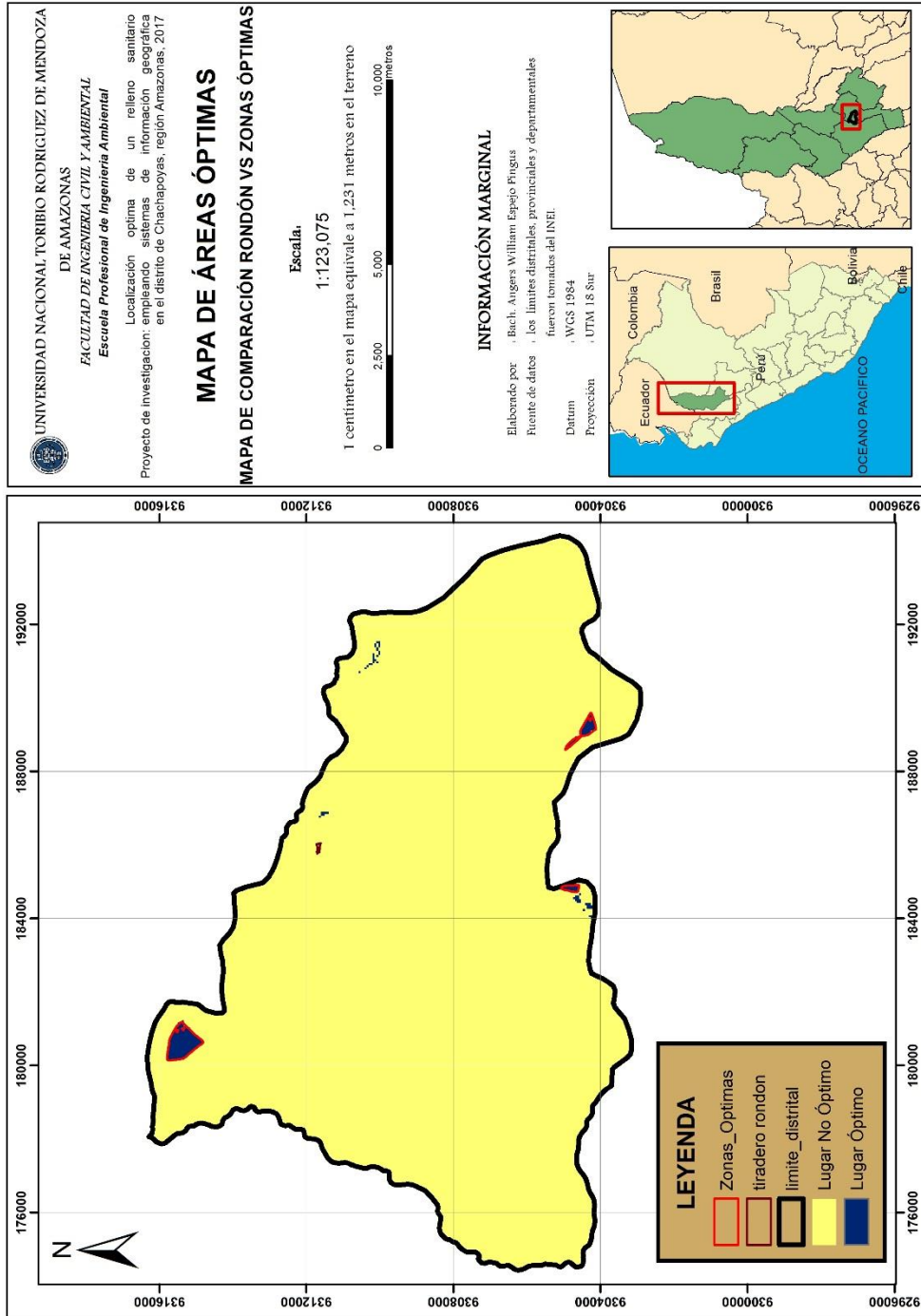
Anexo 14: Mapa de suelo de las áreas óptimas



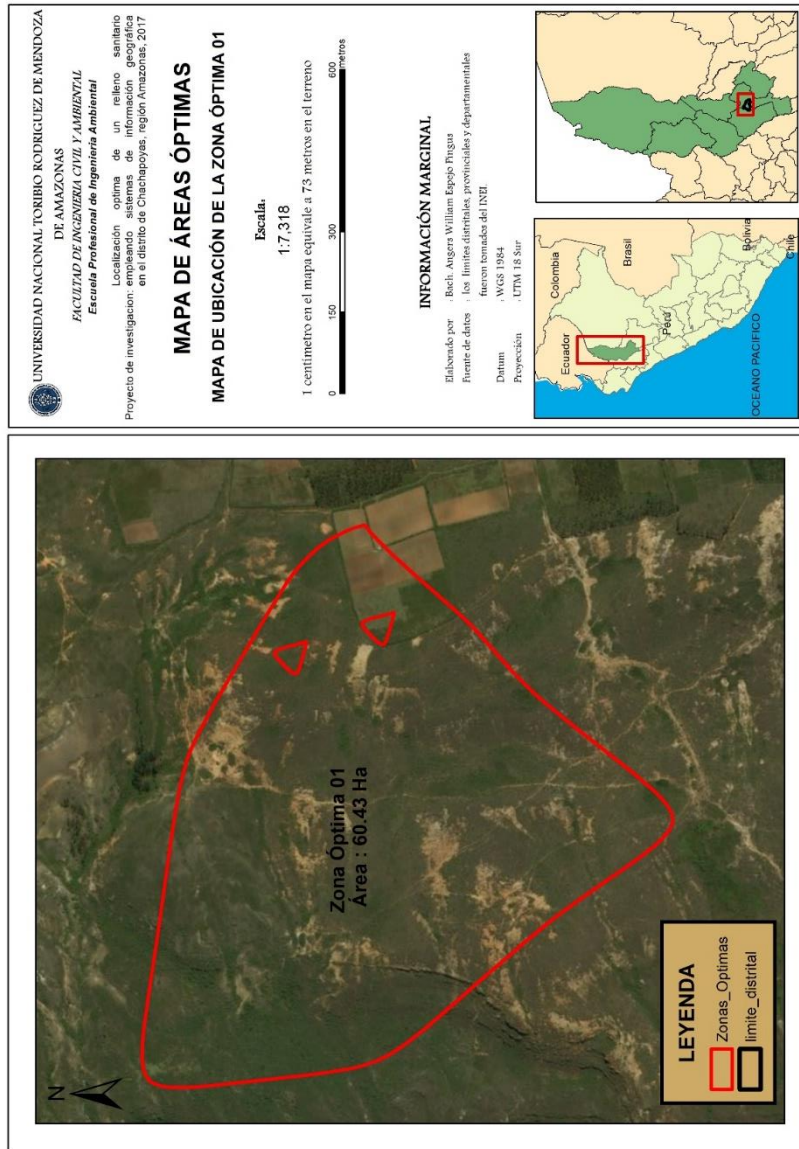
Anexo 15: Mapa de Vulnerabilidad de las áreas óptimas



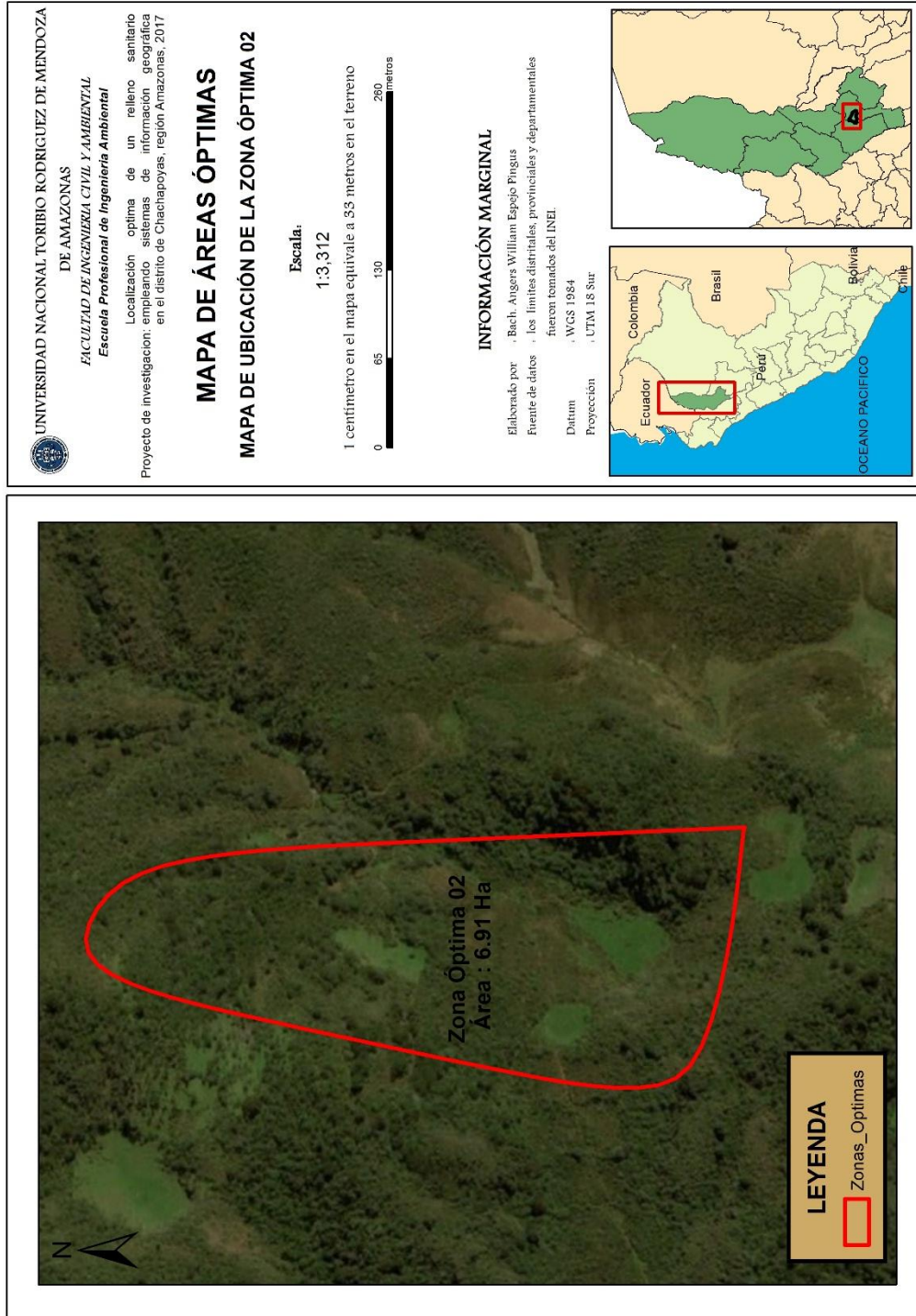
Anexo 16: Mapa de comparación del tiradero de Rondón vs las áreas óptimas



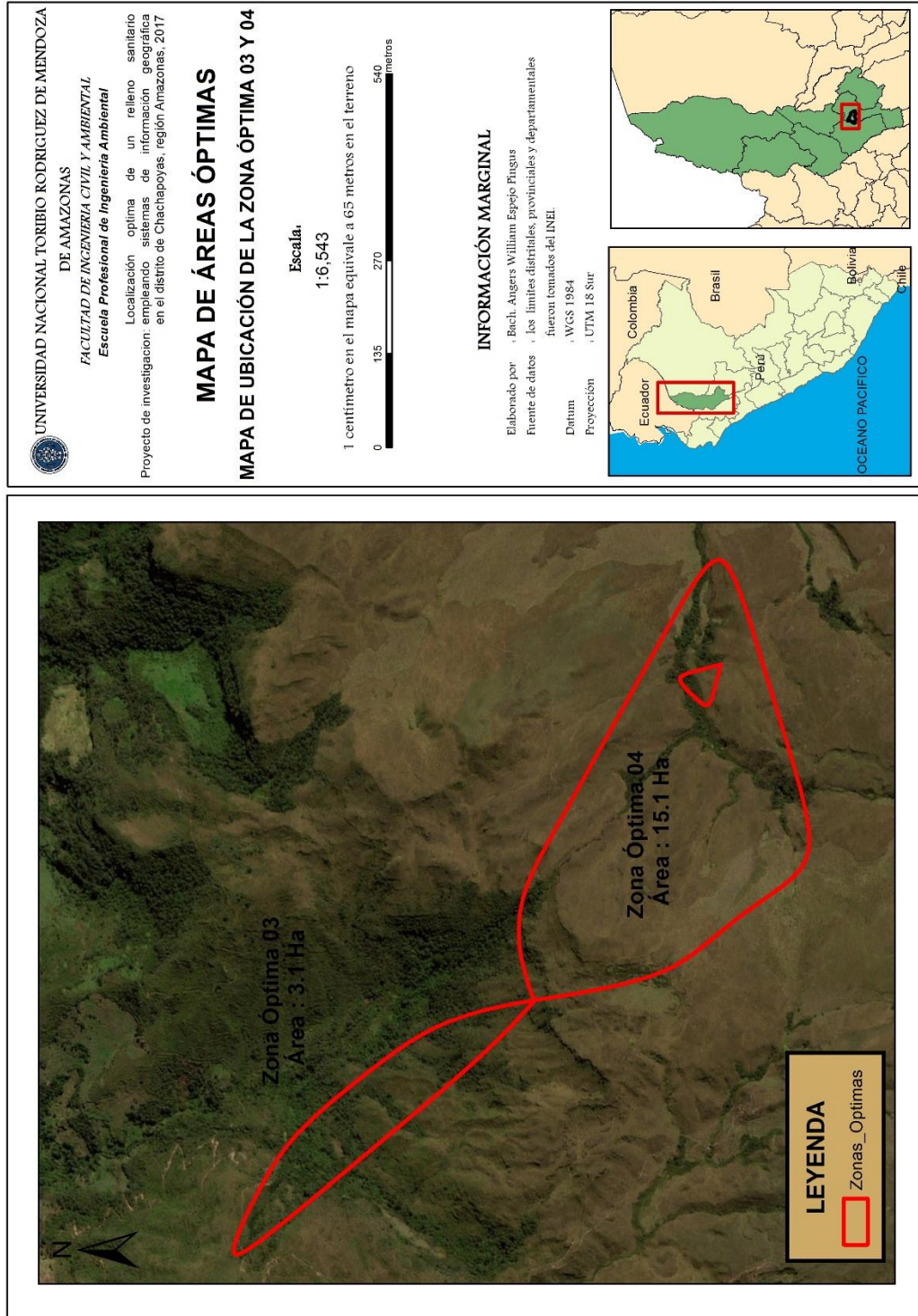
Anexo 17: Mapa de ubicación de la zona óptima 01



Anexo 18: Mapa de ubicación de la zona óptima 02



Anexo 19: Mapa de ubicación de la zona óptima 03 y 04



Anexo 20:
Panel fotográfico



Foto 01: Realizando track de carreteras



Foto 02: Observación del área de estudio



Foto 03: Geo-referenciación de ojos de agua



Foto 04: Geo-referenciación de ojos de agua



Foto 05: Georeferenciación de Hidrología



Foto 06: Georeferenciación de ojos de Agua



Foto 07: Georeferenciación de Quebradas



Foto 08: Georeferenciación de viviendas rural



Foto 09: Georeferenciación de nacientes de agua



Foto 10: Georeferenciación de ojos de agua



Foto 11: Georeferenciación de viviendas Urbanas



Foto 12: Georeferenciación de Aeropuerto



Foto 13: Visita al tiradero de Rondón



Foto 14: Visita al tiradero de Rondón



Foto 15: Geo-referenciación al tiradero de Rondón



Foto 16: Visita al tiradero de Rondón



Foto 17: Visita al tiradero de Rondón



Foto 18: Geo-referenciación de fuentes de agua