

UNIVERSIDAD LATINOAMERICANA CIMA

FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL



**IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS ÓPTIMAS PARA LA
INSTALACIÓN DE UN RELLENO SANITARIO
UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN
GEOGRÁFICA - SIG, EN LA PROVINCIA DE TACNA,
2023.**

TESIS

Presentado por:

Bach. Jose Armando Cardenas Aguilar

Para obtener el Título Profesional de

Ingeniero Ambiental

TACNA – PERÚ

2024

INFORME DE REVISIÓN DE ORIGINALIDAD



Identificación de reporte de similitud: oid:23228:373857908

NOMBRE DEL TRABAJO

TESIS FINAL_JOSE ARMANDO CARDEN
AS 19 AGOSTO 2024.docx

RECUENTO DE PALABRAS:

21332 Words

RECUENTO DE CARACTERES:

118677 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

124 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

51.8MB

FECHA DE ENTREGA

Aug 19, 2024 5:09 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Aug 19, 2024 5:11 PM GMT-5

● 17% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 17% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 10% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente

UNIVERSIDAD LATINOAMERICANA CIMA

FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL



**IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS ÓPTIMAS PARA LA
INSTALACIÓN DE UN RELLENO SANITARIO
UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN
GEOGRÁFICA - SIG, EN LA PROVINCIA DE TACNA,
2023.**

TESIS

Presentado por:

Bach. Jose Armando Cardenas Aguilar

Para obtener el Título Profesional de

Ingeniero Ambiental

TACNA – PERÚ


2024


UNIVERSIDAD LATINOAMERICANA CIMA
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL


TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL


**“IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS ÓPTIMAS PARA LA
INSTALACIÓN DE UN RELLENO SANITARIO
UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN
GEOGRÁFICA - SIG, EN LA PROVINCIA DE TACNA,
2023”**

Tesis sustentada y aprobada el .20.de Julio del 2024; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE : 
Dr. Alexander Churata Neira

SECRETARIO : 
Dr. Henry Edgardo Nina Mendoza

MIEMBRO : 
Dra. Marilú Hilda Manchego Colque

ASESOR : 
Dr. Ronald Javier Ticona Cardenas

DEDICATORIA

A mis padres

Con todo el amor del mundo, esta tesis le dedico a mi madre, por apoyarme constantemente en toda mi etapa universitaria, a mi padre por siempre estar siempre ahí para solucionarme cualquier cosita que quería o necesitaba hacer.

A mi hermana

Por sus consejos, compañía y echarme siempre de ganas para terminar la tesis, y tenerme como ejemplo siempre en cada cosa que hago.

A mi yo interior

Me dedico a mí mismo, porque pase por muchos momentos difíciles para llegar hasta aquí, y hoy puedo decir que si pude y no me rendiré en las próximas metas que tengo por cumplir.

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios por acompañarme, guiarme y levantarme a lo largo de mi vida, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y debilidad

Agradezco También a mis padres por apoyarme y motivarme a concluir la tesis, a levantarme cuando sentía que ya no podía y por estar siempre conmigo en los buenos y malos momentos.

A mi asesor Dr. Ronald Ticona de la Universidad, por aceptar asesorarme y brindarme su tiempo, dedicación, consejos y confianza.

A mis asesores externos, que me apoyaron, guiaron, enseñaron y me dieron todas las pautas necesarias para lograr terminar la tesis de manera satisfactoria.

A la Ingeniera Marilu, Ingeniera Guadalupe y al Ingeniero Giancarlos, grandes docentes que fueron mi apoyo en los últimos años de mi carrera profesional.

A la Universidad por haberme abierto sus puertas en ese momento cuando estaba bajoneado por el mal momento que estaba pasando, así como también a mis queridos docentes, quienes me brindaron sus conocimientos y consejos para alcanzar mi desarrollo personal y profesional.

A la Red Universitaria Ambiental - RUA, por ser parte de formación profesional y haberme hecho conocer y compartir con maravillosas personas.

A mis amigos de la Universidad, que formaron parte de mi vida universitaria, con quienes he compartido grandes momentos, cumpleaños, salidas de campo, actividades recreativas, fiestas, en fin, todos aquellos momentos se quedaran grabadas en mi memoria. Amigos futuros colegas muchas gracias.

ÍNDICE

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE	vi
ÍNDICE DE TABLAS	viii
INDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN	13
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	15
1.1. Descripción del problema de investigación.....	15
1.2. Formulación del problema.....	17
1.3. Objetivos de la investigación.....	18
1.4. Hipótesis de la investigación	18
1.5. Justificación de la investigación	19
1.6. Limitaciones de la investigación	21
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	22
2.1. Antecedentes de la investigación.....	22
2.2. Bases teóricas.....	29
2.3. Definición de términos básicos.....	33
CAPITULO III: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	37
3.1. Tipo y nivel de investigación.....	37
3.2. Operacionalización de variables	38
3.3. Población y muestra de la investigación.....	39
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	39
3.5. Tratamiento estadístico de datos.....	39

3.6. Procedimiento	40
CAPITULO IV: RESULTADOS.....	60
4.1. Delimitación de las áreas con restricción para la instalación de rellenos sanitarios en la Provincia de Tacna	60
4.2. Delimitación de las áreas con exclusión para la instalación de rellenos sanitarios en la Provincia de Tacna.	74
4.3. Validación de las alternativas de áreas óptimas existentes para la instalación de un relleno sanitario en la Provincia de Tacna.	86
4.7. Comprobación de la hipótesis.....	94
CAPITULO V: DISCUSIÓN.....	95
CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	97
6.1. Conclusiones.....	97
6.2. Recomendaciones y/o sugerencias	98
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	99
ANEXOS	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Operacionalización de variables</i>	38
Tabla 2. <i>Información geoespacial de entidades públicas</i>	43
Tabla 3. <i>Sistematización de información para la aplicación del modelo de identificación de zonas potenciales para infraestructura de disposición final de residuos sólidos municipales</i>	44
Tabla 4. <i>Variables que forman parte de las restricciones y exclusiones</i>	46
Tabla 5. <i>Consolidación de criterios para el análisis de las restricciones y exclusiones</i>	48
Tabla 6. <i>Criterio para Centros Poblados</i>	49
Tabla 7. <i>Criterio para Distancia a aeropuertos</i>	50
Tabla 8. <i>Criterio para Distancia a fuentes de aguas superficiales</i>	51
Tabla 9. <i>Criterio para Distancia a granjas avícolas y porcinas</i>	51
Tabla 10. <i>Criterio para Distancia a áreas agrícolas</i>	52
Tabla 11. <i>Criterio de Distancia a fallas geológicas</i>	53
Tabla 12. <i>Criterio de pendientes</i>	54
Tabla 13. <i>Criterio de Áreas Naturales Protegidas</i>	54
Tabla 14. <i>Criterio de peligros por inundación</i>	55
Tabla 15. <i>Criterio de acuíferos</i>	56
Tabla 16. <i>Criterio de faja marginal</i>	56
Tabla 17. <i>Criterio de franja maricó costera</i>	57
Tabla 18. <i>Criterio de patrimonio cultural</i>	57
Tabla 19. <i>Criterio de Concesiones mineras</i>	58
Tabla 20. <i>Criterio de Comunidades campesinas</i>	59
Tabla 21. <i>Áreas muy óptimas para la ubicación de un relleno sanitario</i>	60
Tabla 22. <i>Proyección de la demanda de disposición final de residuos sólidos municipales</i>	60
Tabla 23. <i>Ficha técnica de la primera área muy óptima</i>	91
Tabla 24. <i>Ficha técnica de la segunda área muy óptima</i>	92
Tabla 25. <i>Ficha técnica de la tercera área muy óptima</i>	93

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Procedimiento metodológico para la identificación de áreas óptimas para la construcción de un relleno sanitario</i>	40
Figura 2. <i>Ámbito de estudio</i>	41
Figura 3. <i>Fuentes de información para recopilación de datos cartográficos</i>	42
Figura 4. <i>Generación y adecuación de información cartográfica de la provincia de Tacna</i>	45
Figura 5. <i>Geodatabase de información recopilada</i>	46
Figura 6. <i>Esquema de modelamiento espacial</i>	47
Figura 7. <i>Mapa de Áreas Muy Óptimas empleando criterios complementarios</i> ...	61
Figura 8. <i>Mapa de Ubicación de Centros Poblados</i>	63
Figura 9. <i>Mapa de ámbito de influencia de Centros Poblados</i>	63
Figura 10. <i>Mapa de Ubicación de Aeropuertos</i>	64
Figura 11. <i>Mapa de Ámbito de influencia de Aeropuertos</i>	65
Figura 12. <i>Mapa de ubicación de ríos</i>	66
Figura 13. <i>Mapa de ámbito de influencia de ríos</i>	67
Figura 14. <i>Mapa de Ubicación de lagunas</i>	67
Figura 15. <i>Mapa de ámbito de influencia de lagunas</i>	68
Figura 16. <i>Mapa de Ubicación de granjas avícolas</i>	69
Figura 17. <i>Mapa de ámbito de influencia de granjas avícolas</i>	69
Figura 18. <i>Mapa de ubicación de áreas agrícolas</i>	70
Figura 19. <i>Mapa de ámbito de influencia de áreas agrícolas</i>	71
Figura 20. <i>Mapa de ubicación de fallas geológicas</i>	72
Figura 21. <i>Mapa de ámbito de influencia de fallas geológicas</i>	72
Figura 22. <i>Mapa de Pendiente</i>	73
Figura 23. <i>Mapa de ámbito de influencia de Pendiente</i>	74
Figura 24. <i>Mapa de ubicación de ANP</i>	75
Figura 25. <i>Mapa de Ámbito de Influencia de ANP</i>	75
Figura 26. <i>Mapa de ubicación de peligros por inundación</i>	76
Figura 27. <i>Mapa de ámbito de influencia de peligros por inundación</i>	77
Figura 28. <i>Mapa de ubicación de acuíferos</i>	78
Figura 29. <i>Mapa de ámbito de influencia de acuíferos</i>	78

Figura 30. <i>Mapa de ubicación de faja marginal</i>	79
Figura 31. <i>Mapa de ámbito de influencia de faja marginal</i>	80
Figura 32. <i>Mapa de ubicación de franja marino-costera</i>	81
Figura 33. <i>Mapa de ámbito de influencia de franja marino costera</i>	81
Figura 34. <i>Mapa de ubicación de patrimonio cultural</i>	82
Figura 35. <i>Mapa de ámbito de influencia de patrimonio cultural</i>	83
Figura 36. <i>Mapa de ubicación de concesiones mineras</i>	84
Figura 37. <i>Mapa de ámbito de influencia de concesiones mineras</i>	84
Figura 38. <i>Mapa de ubicación de comunidades campesinas</i>	85
Figura 39. <i>Mapa de ámbito de influencia de comunidades campesinas</i>	86
Figura 40. <i>Mapa de áreas optimas en base a las restricciones</i>	87
Figura 41. <i>Mapa de áreas optimas en base a las exclusiones</i>	88
Figura 42. <i>Áreas optimas en base a la guía del Ministerio del Ambiente empleando el software Qgis</i>	89
Figura 43. <i>Mapa de Áreas Muy Optimas empleando criterios complementarios.</i>	90

RESUMEN

Uno de los principales problemas a nivel mundial es el aumento de los residuos sólidos municipales, especialmente en las ciudades en desarrollo, debido a una inadecuada gestión y disposición final de los residuos sólidos. El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo identificar áreas óptimas empleando el software Qgis y la Guía del Ministerio del Ambiente para la instalación de un relleno sanitario en la Provincia de Tacna. Aplicando una metodología de tipo aplicada con un diseño no experimental, donde se trabajó con 7 variables de restricción y 8 de exclusión, en la cual mediante una ponderación binaria y el método de Análisis Multicriterio se obtuvo como resultado 90 tipos de zonas aptas y 3 tipos de zonas muy aptas, que se plasmaron en 38 mapas temáticos. Para la identificación de las tres áreas muy aptas asignadas cerca a los distritos con mayor generación de residuos sólidos, el área seleccionada N° 1 tiene una superficie de 744.995 ha, el área N°2 tiene una superficie de 451.59 ha y el área N°3 tiene una superficie de 5924.3 ha. En conclusión, Se identifico 93 áreas optimas, de las cuales en base a los criterios complementarios como (vías de acceso, cercanía a la población, Registro catastral de SUNARP y el Plan de Desarrollo Urbano de la Provincia de Tacna 2015 – 2025) en la presente investigación se obtuvieron 3 áreas muy óptimas, cuyas áreas cumplen con la capacidad requerida de 24.23 ha a una proyección de generación de 10 años.

Palabras claves: *restricciones, exclusiones, análisis multicriterio, relleno sanitario, áreas optimas, residuos sólidos*

ABSTRACT

One of the main global issues is the increase in municipal solid waste, especially in developing cities, due to inadequate management and final disposal of solid waste. The aim of this research was to identify optimal areas using QGIS software and the Ministry of Environment Guide for the installation of a landfill in the Province of Tacna. Applying an applied methodology with a non-experimental design, working with 7 constraint variables and 8 exclusion variables, a binary weighting and the Multi-Criteria Analysis method resulted in 90 suitable zones and 3 highly suitable zones, represented in 38 thematic maps. For the identification of the three highly suitable areas near districts with the highest solid waste generation, the selected area No. 1 has a surface area of 744,995 ha, area No. 2 has a surface area of 451.59 ha, and area No. 3 has a surface area of 5,924.3 ha. In conclusion, 93 optimal areas were identified, and based on additional criteria such as access roads, proximity to the population, SUNARP cadastral registration, and the Urban Development Plan of the Province of Tacna (2015 – 2025), 3 highly optimal areas were obtained in this research, meeting the required capacity of 24.23 ha for a 10-year waste generation projection.

Keywords: *restrictions, exclusions, multicriteria analysis, landfill, optimal areas, solid waste*

INTRODUCCIÓN

Desde su origen, las ciudades han generado residuos sólidos que necesitan ser adecuadamente gestionados. En la actualidad, el crecimiento demográfico y la urbanización han intensificado los desafíos en torno a la gestión de estos residuos (residuos sólidos municipales y no municipales), especialmente en lo que respecta a la identificación de ubicaciones óptimas para su disposición. Por lo tanto, se ha convertido en un motivo de gran preocupación en años recientes, dado que demanda una evaluación minuciosa de factores ambientales, económicos y sociales (Gordillo,2019).

En muchos países, se han logrado significativos avances tecnológicos que posibilitan el tratamiento eficiente de los residuos sólidos. Entre estos avances se destacan el compostaje, incineración, esterilización a vapor, tratamiento químico, rellenos sanitarios; no obstante, su construcción no puede llevarse a cabo indiscriminadamente. Por ello, requiere una planificación meticulosa y un estudio exhaustivo de las zonas que cumplan con los requisitos específicos establecidos en la “Guía para la identificación de zonas potenciales para infraestructura de disposición final de residuos sólidos municipales – 2021” y el Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM (Miranda, 2022).

En el Perú, existen 50 rellenos sanitarios (relleno sanitario de Hauycoloro, Tarma, y Cajamarca) y 6 rellenos de seguridad (Chincha, Chilca, Piura). Sin embargo, para garantizar una disposición adecuada de los residuos generados, se estima que sería necesario diseñar y establecer 256 rellenos sanitarios adicionales para satisfacer la demanda a nivel nacional. Esta cantidad evidencia un rezago significativo en la gestión de residuos, lo que subraya la toma de medidas adecuadas. Además, es importante destacar que no todos los residuos generados reciben el tratamiento adecuado. (Arias, 2021). En tal efecto, la provincia de Tacna genera aproximadamente 221 toneladas de residuos sólidos diarios que son dispuestos en botaderos municipales, que se encuentran en condiciones deplorables (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2022).

Debido al crecimiento poblacional que ocasiona el aumento de generación de residuos y la inadecuada gestión de residuos, se hace necesario que la provincia de Tacna cuente con su propia infraestructura para disposición final. Es por ello, la

implementación de un relleno sanitario representaría un avance significativo en la gestión de residuos, ya que impediría la formación de botaderos que degradan el entorno donde se ubican.

Po esta razón, una herramienta esencial para identificar áreas óptimas para la instalación de un relleno sanitario, es el sistema de información geográfica (Loyaga, 2019). Este sistema, es un medio valioso en el ámbito de la gestión y la ordenación del territorio, por su ayuda en el análisis, modelización y predicción de fenómenos con carácter espacial. Su presencia en los procesos de toma de decisiones va unida a la utilización de procedimientos dirigidos a evaluar un número de alternativas condicionadas por diferentes criterios para la obtención de uno o varios objetivos, para lo que se está utilizando técnicas de evaluación multicriterio como una herramienta orientada principalmente al manejo de la planificación, debido a que permite describir, evaluar, ordenar, jerarquizar, seleccionar o rechazar alternativas en base a una evaluación de múltiples criterios (Loyaga, 2019).

Debido a ello, el presente trabajo de investigación se realizó en la provincia de Tacna y buscó identificar zonas potenciales para la localización de rellenos sanitarios utilizando sistemas de información geográfica, en base a la metodología de la Resolución Ministerial N°165-2021-MINAM que aprueba la Guía para la Identificación de Zonas Potenciales para Infraestructura de Disposición Final de Residuos Sólidos Municipales.

Por consiguiente, esta investigación se utilizó como herramienta de apoyo verificable y complementario para futuras investigaciones; asimismo, fue utilizado por las entidades competentes como una línea base para los estudios de campo pertinentes.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción del problema de investigación

En la actualidad, los países subdesarrollados o en proceso de desarrollo no tienen una adecuada gestión integral de los residuos sólidos (Miranda, 2022). En particular, Latinoamérica es una de las regiones con menor compromiso ambiental, ya que más del 50 % de los residuos son dispuestos en vertederos al aire libre, generando como consecuencia contaminación del agua, aire y tierra, además de la proliferación de enfermedades como fiebre amarilla, cólera, diarrea, enfermedades respiratorias originadas por la inhalación de microorganismos, intoxicaciones y síntomas respiratorias crónicas (Miranda, 2022).

En el Perú, existe una creciente problemática respecto a la gestión de residuos sólidos. A causa de que no se cuenta con infraestructuras que puedan tratar los desechos en su totalidad, el incremento de la población incrementa el porcentaje de basura y la mala educación de consumo hace que la generación per cápita por habitante día se incremente cada vez más (Arias, 2021).

En esta era globalizada, la producción total de residuos sólidos en el país se estima en más de 22 mil 475 toneladas diarias, y solo el 17 % de los desperdicios diarios llegan al relleno sanitario (MINAM, 2022). En tal efecto, es previsible determinar que el 83 % es destinado a lugares inadecuados, causando daño al ambiente y la salud humana (MINAM, 2022).

El manejo de los Residuos Sólidos es un problema que va en constante cambio al ritmo del incremento demográfico, especialmente relacionado con la disposición final. Este problema adopta características particulares en localidades, debido a la falta de recursos, la falta de la tecnología apropiada que permita disponer los residuos sin que ello signifique incurrir en costos mayores de inversión y operación, ausencia de conocimiento acerca de las alternativas para enfrentar el problema de la disposición final inadecuada de

los residuos sólidos y falta de información sobre las consecuencias negativas de los botaderos donde se disponen los residuos sin las mínimas medidas sanitarias y de seguridad, generando la proliferación de vectores infecciosos, prácticas insalubres de segregación y alimentación de animales con dichos residuos (Loyaga, 2019).

En consecuencia, la provincia de Tacna no es ajena a ella, es por ello que según la última actualización del inventario Nacional de Áreas Degradadas por Residuos Sólidos con Resolución Directoral N° 00112-2023-OEFA/DSIS, los 14 botaderos de la provincia de Tacna se encuentran en categoría de recuperación (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA], 2023).

En tal efecto, según el Decreto Supremo N° 001-2022-MINAM, que modifica al Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278, establece un plazo legal de 3 años para la recuperación de áreas degradadas de residuos sólidos municipales, el cual conlleva a los gobiernos locales, provinciales y regionales a la necesidad de contar con una infraestructura de disposición final de residuos sólidos, para el cierre definitivo de espacios donde se dispone de manera inadecuada los desechos (MINAM, 2022).

Por lo tanto, la presente investigación está enmarcada en el primer punto que consiste en ubicar áreas óptimas para la construcción de un relleno sanitario, cuyo desarrollo está basado en la Resolución Ministerial N° 165-2021-MINAM que aprueba la Guía para la Identificación de Zonas Potenciales para Infraestructura de Disposición Final de Residuos Sólidos Municipales, esta guía nos da los criterios para la localización de rellenos sanitarios en cual se dividen en exclusiones y restricciones, cada uno de ellos comprende una serie de variables que forman parte del conglomerado de información cartográfica existente que servirá para la localización de áreas óptimas para disposición final de residuos sólidos (MINAM, 2021).

En consecuencia, recuperar áreas degradadas por residuos sólidos es igual al cierre definitivo de botaderos. Sin embargo, antes de recuperar las Áreas Degradadas por Residuos Sólidos (ADRS), los responsables de la

recuperación deben garantizar la disposición de los residuos no reaprovechables, a través de la contratación de Empresas Operadoras Residuos Sólidos o la construcción de una infraestructura destinada a la disposición final de dichos residuos (MINAM, 2022).

Ante lo mencionado en la provincia de Tacna no cuenta con un relleno sanitario donde se pueda disponer de manera adecuada los residuos sólidos. Pero existe un botadero controlado que no se da abasto para abastecer toda la basura que se genera en la ciudad.

De no realizar alguna acción generará mayores impactos perjudicando la salud y bienestar de la población aledaña a la zona del vertedero.

Por lo tanto, se realizó esta investigación, cuyo fin es empezar con ubicar las áreas óptimas para la construcción de una infraestructura de disposición final, el cual es una de las primeras etapas para la ejecución de este tipo de proyectos.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. *Problema General*

¿Cómo identificar áreas óptimas para la instalación de un relleno sanitario haciendo uso de Sistemas de Información Geográfica en la provincia de Tacna, 2023?

1.2.2. *Problemas específicos*

- ¿Qué cantidad de áreas tienen restricción para la instalación de rellenos sanitarios en la Provincia de Tacna?
- ¿Qué cantidad de áreas tienen exclusión para la instalación de rellenos sanitarios en la Provincia de Tacna?
- ¿Cuántas áreas, con respecto del total identificado, cumplirán los criterios técnicos, legales y superficiales para la instalación de rellenos sanitarios en la Provincia de Tacna?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. *Objetivo General*

Identificar las áreas óptimas existentes para la instalación de un relleno sanitario utilizando sistemas de información geográfica – SIG, en la provincia de Tacna.

1.3.2. *Objetivos específicos*

- Delimitar las áreas con restricción para la instalación de rellenos sanitarios en la Provincia de Tacna.
- Delimitar las áreas con exclusión para la instalación de rellenos sanitarios en la Provincia de Tacna.
- Validar las alternativas de áreas óptimas existentes para la instalación de un relleno sanitario en la Provincia de Tacna.

1.4. Hipótesis de la investigación

1.4.1. *Hipótesis general*

Con el uso del software Qgis y el análisis multicriterio se identificó áreas óptimas para la construcción de un relleno sanitario en la provincia de Tacna.

1.4.2. *Hipótesis específica*

- Con la aplicación del análisis multicriterio de 7 variables de restricción, se tiene un total de 462.084 ha para la construcción de un relleno sanitario.
- Con la aplicación del análisis multicriterio de 8 variables de exclusiones, se tiene un total de 651286.91 ha para la construcción de un relleno sanitario.
- Con el análisis multicriterio de las variables de restricciones y exclusiones, se obtiene un total de 15 variables, que identifican un total de 735688.77 ha que no cumplen con las condiciones para la construcción de un relleno sanitario, y un área de 80233.85 ha que cumplen con las condiciones óptimas.

1.5. Justificación de la investigación

A nivel mundial, la concentración poblacional sigue al alza, y la generación de productos desechables aumenta de manera exagerada producto de una cultura de consumismo (Montaño y Correa, 2018). En ese sentido, debido a la propia evolución de la sociedad actual se generan distintos tipos de residuos que tienen como disposición final en botaderos a cielo abierto, resultando un problema al medio ambiente (Lozano, 2020). Este problema resulta aún más complejo en ciudades pequeñas y en zonas rurales (Iñiguez, 2020).

La provincia de Tacna no es ajena al problema de los residuos sólidos, ya que pasan los años y aún no se tiene una infraestructura donde se pueda disponer de una manera segura los residuos sólidos (Tejada y Matos, 2019). Asimismo, según la última actualización del inventario Nacional de Áreas Degradadas por Residuos Sólidos Resolución Directoral N° 00112-2023-OEFA/DSIS con fecha 3 de enero del 2024, los 14 botaderos de la provincia de Tacna se encuentran en categoría de recuperación (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA], 2023).

En consecuencia, según el Decreto Supremo N° 001-2022-MINAM, establece un plazo de 3 años para la recuperación de áreas degradadas de residuos sólidos municipales, el cual conlleva a los gobiernos locales, provinciales y regionales a la necesidad de contar con una infraestructura de disposición final de residuos sólidos, para el cierre definitivos de espacios donde se dispone de manera inadecuada los desechos (MINAM, 2022).

En tal efecto, es importante la priorización de proyectos relacionados a la construcción de rellenos sanitarios, a través del ciclo de invierte,pe, ya que esto conlleva primero a ubicar áreas para la construcción de una infraestructura de disposición final de residuos sólidos, posterior a ello la construcción del mismo y finalmente finiquitar con el cierre de ADRS.

La metodología de la tesis está enmarcada en el primer punto que consiste en ubicar áreas óptimas para la construcción de un relleno sanitario, cuyo desarrollo está basado en la Resolución Ministerial N°165-2021-MINAM que aprueba la Guía para la Identificación de Zonas Potenciales para Infraestructura de Disposición Final de Residuos Sólidos Municipales, esta guía nos da los

criterios para la localización de rellenos sanitarios en cual se dividen en exclusiones y restricciones, cada uno de ellos comprende una serie de variables que forman parte del conglomerado de información cartográfica existente que servirá para la localización de áreas óptimas para disposición final de residuos sólidos (MINAM, 2021).

Este estudio propone desarrollar una metodología donde se tiene en cuenta las características físicas y sociales de la zona de estudio, la normativa, el enfoque del desarrollo sostenible y los antecedentes de investigación sobre la temática, tratando siempre que el estudio se acerque a la realidad del territorio (Belalcázar, 2019).

Por lo tanto, los sistemas de información geográficas son una herramienta muy importante en la selección de sitios aptas para la ubicación de rellenos sanitarios, a través de la información ambiental, que comprende las variables como la geología, hidrogeología, uso del suelo y distancia hacia asentamientos como cuerpos de agua, áreas protegidas (ecológicas, científicas o históricas) y criterios económicos como carreteras, pendientes (Saldaña y Najera, 2019). Esta herramienta en el tiempo se ha convertido en un aliado fundamental para la resolución de problemas relacionados, a resolver problemas y Preguntas de Gestión ambiental (Montaño, 2017). Este sistema comprende el análisis de modelación y predicción de fenómenos con carácter espacial, ayuda principalmente al manejo y a la planificación, permite describir evaluar, ordenar, jerarquizar y seleccionar o rechazar alternativas en base a una evaluación (Loyaga, 2019).

En ese sentido, surge la idea de aplicar los sistemas de información geográfica como una herramienta para localizar áreas óptimas para construcción de un relleno sanitario en la provincia de Tacna, ya que como bien la normativa anteriormente mencionada, indica que es una necesidad contar con infraestructuras destinadas a la disposición final de residuos sólidos, y el presente tema de investigación es uno de los estudios primordiales para que se siga con el desarrollo de contar con un relleno sanitario.

1.6. Limitaciones de la investigación

Durante el desarrollo del trabajo de tesis existieron diferentes factores limitantes que conllevaron a la deficiencia en el avance, uno de ellos fue la burocracia que existe en el sector público al solicitar información.

La desactualizada información en la normativa ambiental relacionado a residuos sólidos fue otro factor que retrasó el avance de la tesis, ya que esto conllevó a la reformulación de la investigación.

El factor económico fue otra limitante, ya que para el desarrollo de la tesis se tuvo que descargar imágenes satelitales que demandan un costo, así que se tuvo que ir por otras opciones de imágenes de acceso libre.

El tiempo fue otra limitante, ya que por cuestiones de trabajo el avance de la tesis no era en un 100%, esto conllevó a la demora de la tesis final para la titulación.

La lejanía que me encuentro al área de investigación fue otra limitante, ya que para realizar los trámites de requerimiento de información fue complicado hacerle el seguimiento.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. *Antecedentes internacionales*

Majid y Ahmed (2021), en la investigación “Selección de vertederos mediante una técnica de evaluación de criterios múltiples basada en SIG. Srinagar, India”, tuvieron como objetivo la selección de un vertedero de ingeniería para la ciudad de Srinagar enfocándose en el uso de sistema de información geográfica. Para ello, se clasificaron en dos grupos, datos primarios sin procesar obtenidos de diferentes agencias (USGS *earth explorer*, *Srinagar Municipal Corporation (SMC)* y *Srinagar Development Authority (SDA)* y secundarios (datos procesados obtenidos) a través del análisis cartográfico mediante el *software ArcGIS 10.5*, cuya evaluación se basó sobre 10 parámetros que son la distancia a la red de carreteras, la distancia a la línea ferroviaria, la distancia al aeropuerto, la distancia de cuerpos de agua, distancia de áreas agrícolas, distancia de áreas residenciales, distancia de áreas urbanizadas, pendiente, elevación y tamaño. Entre los principales resultados mostraron que de los 8 sitios potenciales el Sitio B (distancia de transporte promedio total) y el sitio A (Distancia total de acarreo) ocupan el primer y segundo lugar respectivamente para la ubicación de vertederos, ya que existe un equilibrio entre consideraciones medioambientales y económicas. Concluyeron que los Sistemas de Información Geográfica y las técnicas de teledetección resultan muy útiles en el proceso de selección de emplazamientos por su capacidad de análisis de datos procedentes de diversas fuentes y utilizarlos de manera bien organizada y sistemática, mientras que la evaluación de criterios múltiples puede utilizarse de forma productiva para abordar las cuestiones relacionadas con la gestión de los recursos naturales de los municipios.

Steven, Mundike y Nguvulu (2023), en el artículo científico “Análisis de idoneidad espacial para la selección del sitio de residuos sólidos municipales. utilizando un enfoque híbrido SIG y ADCM: el caso de Kitwe,

Zambia”. El objetivo principal de este estudio fue producir un mapa de idoneidad de los vertederos para el distrito de Kitwe. La novedad de este estudio es que emplearon el software Arcgis 10.8 y ERDAS, junto con datos espaciales, imágenes satelitales de GOOGLE EARTH PRO y datos vectoriales que comprendieron la adquisición de mapas geológicos y topográficos. Los resultados mostraron que 333,24 km² representan el 41,69% del área de estudio como no apta, se asignaron 140,41 km² que representan el 17,57% del área de estudio. clasificado como apto y 325,63 km² que representan el 40,74% del área de estudio se clasifica como más apto para vertedero. Asimismo, este estudio demostró que de las 19 posibles áreas para ubicación de vertederos, solo 7 podían albergar residuos sólidos durante un periodo máximo de 20 años, cuyo resultado demuestra que es posible incorporar habilidades multidisciplinarias combinadas con técnicas científicas en la selección de vertederos que conducen a un resultado con un mínimo ambiental, preocupaciones económicas y de salud pública, este enfoque alinea con los principales Ideas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 11 y 6, que muestran lo importante que es mejorar nuestro medio ambiente y la salud del público. para ciudades y comunidades sostenibles.

Sepúlveda (2022), en la tesis “Construcción de un modelo para la selección de sitios para la disposición final de residuos sólidos usando la herramienta model builder de ArcGIS a partir de la normatividad vigente y (MCDA), caso de estudio Municipio de Támesis – Colombia”. El objetivo consistió en crear un método que permita la identificación de áreas para la disposición final de residuos sólidos empleando la herramienta de Modelbuilder de Arcmap, aplicado al municipio de Támesis, Antioquia. Cuya, metodología se desarrolló en tres líneas de acción: la investigación bibliográfica referente del método multicriterio para la toma de decisiones (MCDA), para selección de sitios y para la disposición final de residuos sólidos; a través de la herramienta Modelbuilder. En tal sentido, Se identificaron las áreas más aptas para la instalación de rellenos sanitarios mediante la metodología descrita en el decreto 838 de 2005, donde se

generaron 32 zonas aptas ambientalmente para la ubicación de sitios de disposición final de residuos sólidos de los cuales solo 2 fueron los sitios más adecuados para la construcción de un relleno sanitario, por lo que se puede considerar que el modelo arroja los resultados esperados. En conclusión, la herramienta ModelBuilder en esta investigación fue la más certera ya que facilita la aplicación de la metodología asignada y es uniforme al momento de ser usada para cualquier otro territorio, finalmente, se encontraron 32 áreas con condiciones técnicas evaluadas desde la escala de ordenamiento territorial para la instalación de rellenos sanitarios o sitio de disposición de residuos de demolición y construcción o según tenga la necesidad el municipio.

Duarte-Casas y Parra (2021), en el artículo titulado “Evaluación de la localización del relleno sanitario Nuevo Mondoñedo e identificación de sitios aptos para la disposición final de residuos en los municipios de Mosquera y Bojacá por medio de sistemas de información geográfica”. El objetivo consistió en la evaluación continua del relleno sanitario Nuevo Mondoñedo y la confirmación de las ubicaciones adecuadas para la colocación de nuevos rellenos sanitarios en los municipios de Mosquera y Bojacá mediante análisis y variables cartográficas y normativa ambiental vigente. Para el desarrollo de la investigación ello se utilizó como guía el Taller de Análisis y Modelamiento Ambiental, el cual se basa en un análisis multicriterio desarrollado a través del software ArcGIS de geoprocésamiento, utilizando variables cartográficas de los municipios de Mosquera y Bojacá, La reclasificación de cada variable fue de 1 a 10, siendo 1 las áreas menos aptas y 10 las áreas más aptas según las restricciones y distancias mínimas y máximas (m) contempladas en el Decreto 838 de 2005. Los resultados mostraron que Existen tres alternativas posibles para la ubicación de un relleno sanitario con áreas superiores a 77 ha. La alternativa 1 tiene un área de 108,20 ha y la alternativa 3 tiene un área de 96,26 ha, ambas están ubicadas cerca del casco urbano del municipio de Bojacá y su accesibilidad corresponde a vías de tipo 2 que pueden ser transitadas durante

todo el año. Por otro lado, la alternativa 2 se encuentra en el municipio de Mosquera y tiene un área de 636,86 ha, la vía es de tipo 1 (Madrid-Soacha), y es la más adecuada para el transporte de residuos desde el casco urbano hasta la zona. En conclusión, Entre las tres alternativas aptas para la ubicación del relleno sanitario, se sugiere la alternativa 1 porque su accesibilidad es equidistante para ambos municipios respecto a sus zonas urbanas. Sin embargo, las tres alternativas presentan un riesgo de amenaza por deslizamiento y pendientes fuertemente inclinadas, lo que generará un posible aumento de los costos de construcción, operación e implementación de gestiones de riesgo.

Mendieta (2021), en la investigación “Identificación de sitios óptimos para la implementación de un relleno sanitario para los cantones de la provincia del cañar - Ecuador. El objetivo fue identificar áreas óptimas para la localización de una infraestructura de disposición final de residuos sólidos mediante uso de los sistemas de información geográfica (SIG). La metodología aplicada fue a través del Proceso de Análisis Jerárquico (AHP), con la finalidad de obtener las ponderaciones por medio de comparaciones pareadas. Como se resultado se muestra que el 84.39% equivalente a 3 465.80 km² de extensión territorial no cumple con los criterios generales y las variables restrictivas, mientras que el 15. 61% correspondiente a 640,97 km² cumple parcialmente con los criterios antes expuestos. En conclusión, la provincia de del Cañar tiene un 84.39% de superficie territorial excluido para la identificación de un sitio de disposición final, a diferencia del 15,61% del territorio restante que es donde se encuentran las zonas idóneas.

Chida (2020), en la tesis “Análisis multicriterio basado en SIG para identificar potenciales áreas para establecer un relleno sanitario en el Cantón Tena de la provincia napo, Ecuador”, tuvo como objetivo localizar zonas potenciales para establecer un nuevo relleno sanitario para el Cantón Tena, provincia de Napo-Ecuador. Para ello, estableció 10 criterios de delimitación de áreas óptimas, tales como: aeropuerto (> 13 km), distancia

al asentamiento humano (> 500 m), distancia a recursos hídricos (>200 m), pendiente (2 a 12%), permeabilidad (Menor o igual a 1×10^{-7} cm/seg), precipitación (1000 a 1500 mm) y nivel freático (>1.2m) y, utilizó el Software Qgis 3.18. Los resultados mostraron que existen 13 posibles sitios óptimos, en consecuencia, desde el punto de vista económico, social y ambiental solamente se recomendaron 6 sitios como los más idóneos. En conclusión, la metodología utilizada en este estudio resultó adecuada para lograr los objetivos planteados, ya que se pueden tomar decisiones basadas en mapas de idoneidad que contienen todos los valores estandarizados.

2.1.2. Antecedentes nacionales y locales

Bustamante (2022), en su tesis “Identificación de las áreas óptimas para la planta de tratamiento y disposición final de residuos sólidos del distrito de Chota, utilizando sistemas de información geográfica - SIG”, El objetivo se basó en utilizar herramientas GIS para identificar áreas potenciales donde se podría establecer un sitio de manejo y disposición de residuos sólidos en el distrito de Chota. La metodología utilizada se basó en la aplicación de SIG, utilizando la Evaluación Multicriterio como instrumento de apoyo en la toma de decisiones para identificar las áreas óptimas analizando los criterios que establece la Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual, establecida por el Ministerio del Ambiente. Los resultados demostraron que existen 8 áreas potenciales donde se puede construir una planta de tratamiento y disposición final de residuos sólidos. En conclusión, existen 12 criterios de evaluación técnica para la selección de áreas idóneas para la planta de tratamiento y disposición final de residuos sólidos.

Miranda (2022), en la tesis “Identificación de zonas en la provincia de Huancavelica para la ubicación de rellenos sanitarios mediante sistemas de información geográfica y el método de Análisis Multicriterio”. El objetivo fue identificar zonas potenciales para la localización de rellenos sanitarios utilizando Sistemas de información geográfica y el método de Análisis Multicriterio en la provincia de Huancavelica. La metodología

consistió en la recopilación de *shapefiles* de las diferentes instituciones públicas, los mismos que generarán mapas temáticos, los cuales serán evaluados usando herramientas de información geográfica y la metodología de Análisis Multicriterio, estos estarán hechos y servirán de pauta para la identificación de zonas de relleno sanitarios para la disposición final de residuos sólidos en la provincia de Huancavelica. Se determinó 11 criterios de los cuales 7 pertenecen a la dimensión ambiental y 4 a la dimensión socio estructural, además se elaboró sus respectivos mapas temáticos de acuerdo a la “Guía para la identificación de zonas potenciales para infraestructura de disposición final de residuos sólidos municipales, 2021”. Se concluyó que los sistemas de información geográfica y el método de Análisis Multicriterio permitió una mejor identificación de las zonas potenciales para la localización de rellenos sanitarios en la provincia de Huancavelica.

Arias (2021), en su investigación “Localización de zonas ambientalmente óptimas para construcción de rellenos sanitarios usando Sistemas de Información Geográfica en la región Ucayali, 2021, el objetivo de la investigación fue la localización de zonas ambientalmente óptimas para la construcción de rellenos sanitarios en la región Ucayali, haciendo uso de Sistemas de información Geográfica que serán integrados mediante una metodología llamada Análisis de Criterios Múltiples. La investigación fue de tipo aplicada, cuyo objetivo fue resolver un problema o planteamiento específico, enfocándose en la búsqueda y consolidación del conocimiento para su aplicación. Así, la investigación buscó localizar las zonas ambientalmente óptimas para la construcción de rellenos sanitarios en la región Ucayali. Los resultados demostraron que existen 06 áreas idóneas para la ubicación de un relleno sanitario que se encuentran ubicados en las provincias de Padre Abad y Coronel Portillo. En conclusión, se determinó 5 características físicas, 2 biológicas, 4 socioeconómicas de terreno que ayudaron a la localización óptima para rellenos sanitarios en la región de Ucayali.

Ito (2020), en el trabajo de investigación “Identificación de áreas potenciales para relleno sanitario aplicando Sistemas de Información Geográfica en el Distrito de Coata – Puno”, cuyo objetivo fue identificar las áreas potenciales para la instalación de un relleno sanitario haciendo uso de sistemas de información geográficos - SIG en la Municipalidad Distrital de Coata de la región Puno, con la aplicación de la metodología del MINAM (2011) “Guía para el diseño construcción, operación, mantenimiento y monitoreo de relleno sanitario mecanizado”, cuyas variables fueron: 1) distancias a centros poblados, 2) pendiente, 3) red vial, 4) ríos. Se aplicó el software ArcGIS 10.5, con el análisis multicriterio de valores de 0 y 1, para áreas no aptas y aptas respectivamente. En las conclusiones, se determinó tres áreas potenciales de 39.76, 93.09, y 491.71 hectáreas, para la ubicación de un relleno sanitario, mediante la interrelación de las variables y criterios.

Loyaga (2019), en su estudio: “Identificación de áreas óptimas para instalar un relleno sanitario utilizando sistemas de información geográfica, Distrito Las Pirias - Provincia de Jaén”, tiene como objetivo identificar áreas óptimas para la instalación de un relleno sanitario, la cual se desarrolló utilizando sistemas de información geográfica mediante la evaluación multicriterio, para ello, se integró los criterios establecidos en la guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre del relleno sanitario manual del Ministerio del Ambiente, de cuales se evaluaron ocho criterios de selección de sitio, a los que se les asignó valores de “0” para áreas no aptas, “1” para áreas óptimas y “2” para áreas aceptables, obteniendo como resultado 2 áreas óptimas y 13 aceptables con una superficie mayor a 2 hectáreas donde se puede construir un relleno sanitario. En conclusión, se estableció para cada uno de los criterios técnicos categorías y valores empleando la evaluación multicriterio, “0” para áreas no aptas, las cuales no son consideradas para la instalación del relleno sanitario, “1” para áreas óptimas, las cuales son áreas potenciales para la instalación de un relleno sanitario y “2” para áreas aceptables que de igual manera si cumplen con las condiciones para la instalación del relleno sanitario.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. *Sistema de información geográfica*

Los sistemas de información geográfica tienen distintas definiciones; sin embargo, la más acertada y adecuada está redactada por la *National Centre of Geographic Information and Analysis* (NCGIA) que la define como un sistema de hardware, software y métodos preparados para ayudar a gestionar, manejar estudiar, modelar la representación y salida de los datos espacialmente referenciados para solucionar casos de estudios complejos de planificación y gestión (Terol, 2015).

Evidentemente, los SIG son aplicados en distintos campos como proyectos científicos, arqueología, evaluación de impactos ambientales, planificación urbana, cartografía, geografía histórica, entre otros, hoy en día se están convirtiendo en herramientas imprescindibles, facilitando la toma de decisiones donde la información espacial tiene una especial relevancia (Rodríguez, 2001).

En la actualidad los SIG son las herramientas más utilizadas para almacenar y manipular la información espacial de una forma más versátil ante un determinado problema (Cardenas et al, 2017). En consecuencia, al ser una herramienta de análisis nos permite mejorar la eficiencia y efectividad en las operaciones cartográficas, ya sea en el tratamiento como manipulación de datos lo que permite una mejor presentación de alternativas y escenarios ante las situaciones que se presenten en el territorio (Cardenas et al, 2017)

Las herramientas de Sistema de Información Geográfica son el sistema más aplicado para la resolución de problemas medioambientales, nos permite trabajar con una base de datos y realizar MCDA facilitando la toma de decisiones adecuadas. Asimismo, dentro de la planificación territorial tiene un rol fundamental ya que existe la necesidad de ordenar las actividades humanas, con la finalidad de evitar riesgos, disminuir los efectos negativos sobre los ecosistemas y preservar el bienestar de la población (Quiroz, 2010).

2.2.2. *Análisis multicriterio*

Gómez y Barredo (2005), La evaluación multicriterio (EMC) se define como un conjunto de técnicas destinadas a ayudar en los procesos de toma de decisiones. El propósito fundamental de las técnicas de EMC es "explorar un número de alternativas bajo la consideración de múltiples criterios y objetivos en conflicto". Esto posibilita "generar soluciones, compromisos y jerarquizaciones de las alternativas de acuerdo con su grado de atracción.

El uso más habitual de la EMC dentro de un SIG se corresponde con la selección del lugar o lugares más adecuados para situar alguna de las actividades humanas. Utilizando para ello gran número de criterios que se pueden considerar incidentes en la validez y adecuación de la decisión (Pérez, 2019).

✓ Métodos para realizar el análisis multicriterio

Gómez y Barredo (2005), los distintos métodos o técnicas de EMC se diferencian básicamente en los procedimientos aritmético-estadístico que se realizan sobre las matrices de evaluación y de prioridades, con lo cual se obtiene una evaluación final de las alternativas.

Según el método empleado, se efectúan distintas operaciones aritméticas. Estas pueden ser simples, como las del método de sumatoria lineal ponderada, aplicado frecuentemente en modelos desarrollados en SIG. Otros métodos requieren realizar operaciones de mayor dificultad, tales como el análisis de punto ideal (API), el análisis concordancia-discordancia (ACED), el método de optimización jerárquica (OJ), la programación lineal y otros (Pérez, 2019).

En relación a dicha clasificación, se diferencian dos grupos de técnicas de EMC: compensatorias y no compensatorias. Siendo las técnicas compensatorias las que demanda un proceso cognitivo, dado que requieren que el centro decisor especifique los pesos de los criterios como valores cardinales o funciones de prioridad, mientras que las no compensatorias demandan un menor proceso cognitivo, ya que éstas por lo general requieren

una jerarquización ordinal de los criterios basada en las prioridades del centro decisor (Pérez, 2019).

2.2.3. *Métodos de disposición final de residuos sólidos*

✓ Relleno sanitario

El relleno sanitario es un método de la ingeniería orientada hacia el correcto confinamiento de los residuos sólidos que consiste en disponer mediante celdas debidamente adecuadas y en una menor área posible, procurando controlar los impactos al medio ambiente, principalmente por contaminación de suelos, aguas, atmosfera y evitando causar problemas o peligros a la salud y seguridad pública. Consiste en el esparcimiento, acomodo y compactación y llevando supervisión de gases, lixiviados y la proliferación de vectores (Mendieta, 2021).

Tipos de rellenos sanitarios

- Relleno sanitario manual: cuya capacidad de operación diaria no excede a seis - - (06) toneladas métricas
- Relleno Sanitario semi-mecanizado, cuya capacidad de operación diaria es más de seis hasta cincuenta (50) TM.
- Relleno sanitario mecanizado: cuya capacidad de operación diaria es mayor a cincuenta (50) TM.

Restricciones y exclusiones para la construcción de rellenos sanitarios

Restricciones: distancia mayor igual a 500 m de centros poblados, distancia mayor igual a 500 m de infraestructuras existentes (embalses, represas, obras hidroeléctricas, etc), distancia mayor igual a 13 km de aeródromos, distancia mayor igual a 500 m de fuentes de aguas superficiales, distancia entre 5 y 10 km a granjas porcinas, avícolas y animales menores, distancia mayor igual a 500 m de áreas agrícolas, distancia mayor igual a 1 km de fallas geológicas y menor de 25% de pendiente (MINAM, 2021).

Exclusiones: peligros o susceptibilidad por inundación y movimientos en masa, áreas naturales protegidas, zonas de pantanos, humedales o recarga de acuíferos, faja marginal, franja marino-costera,

patrimonio cultural, concesiones mineras y petroleras, concesiones forestales, comunidades campesinas y nativas (MINAM, 2021).

Algunas ventajas de este método de disposición final es que son una alternativa eficaz para eliminar desechos peligrosos y no peligrosos, no requiere grandes inversiones, reduce los inconvenientes con cenizas y elementos de difícil descomposición, reduce los costos de Mantenimiento y operación, generación de oportunidades laborales para mano de obra no calificada y una correcta ubicación permite disminuir los costos de transporte, mientras las principales desventajas son la aprobación de la ciudadanía alrededor de la selección del sitio para descomposición final, devaluación de terrenos, contaminación de los recursos hídricos, entre otros. Además, existen inconvenientes para encontrar sitios que cumplan con todos los requisitos de la normativa legal (Rondon et al, 2016).

2.2.3.1. Áreas óptimas para la localización de un relleno sanitario

Las áreas óptimas son espacios cuyas características del terreno en base a estudios de ingeniería realizados, cumplen con la condición de ser un área óptima para la construcción de un relleno sanitario. (Ministerio del Ambiente, 2021).

2.2.3.2. Botadero

Lugar o espacio de disposición de los residuos sólidos no adecuado previamente sin tener los criterios técnicos, es decir, que no se cubren ni se compactan diariamente, lo que genera malos olores, gases y líquidos contaminantes. Sin embargo, en algunos casos ciertos vertederos son controlados, pero cuando no lo hacen presentan desventajas debido a que existe problemas de degradación lenta de los materiales, falta de organización operativa y administrativa por la entidad pública a cargo, malestar en la población alrededor del botadero, fuente de enfermedades, deterioro de flora y fauna, y contaminación de suelo, aire y agua (Carabajo, 2013).

2.2.4. Mapas temáticos

Esquema visual en el que se representan distintos conceptos o factores físicos o humanos, utilizando una base topográfica y símbolos.

Los principales tipos de mapas temáticos son los mapas cartográficos, los mapas de puntos, los mapas de símbolos proporcionales y los mapas de flujo. Los mapas temáticos pueden ayudar a transmitir información y permitir que la gente tome decisiones con conocimiento de causa (MINAM, 2021).

2.2.5. Características Socioeconómicas

Las características socioeconómicas de la población abarcan un conjunto de aspectos de los más diversos: distribución del ingreso, calidad de vida, indigencia, esperanza de vida, acceso a los servicios básicos, empleo, entre otras cosas. Los últimos dos serán trabajados en mayor detalle en las secciones subsiguiente por lo que aquí se tratará de determinar un panorama general de la provincia. Esta descripción permitirá comprender las necesidades sociales de la población objetivo que pueden llegar a afectar la viabilidad social del proyecto (Incosiv consultora, 2020).

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Residuos sólidos

Es cualquier producto sólido resultante del consumo o uso de un bien o servicio, del cual su poseedor se desprenda o tenga la intención u obligación de desprenderse, para ser manejados priorizando la valorización de los residuos y en último caso, su disposición final (Instituto Nacional de Calidad [INACAL], 2019).

2.3.2. Sistema de referencia

Es un conjunto de coordenadas espacio-temporales necesarias para localizar un punto. Un sistema de referencia puede estar situado en el ojo de un observador (Fernández 2009).

2.3.3. Georreferenciación

Es una técnica de procesamiento espacial que utiliza un sistema de coordenadas determinado, mediante el registro de puntos de control terrestre definidos por coordenadas conocidas, de tal manera que la información vectorial que se obtenga a partir de estas imágenes mantenga la posición de coordenadas deseada (Vicente 2008).

2.3.4. Software Qgis

Es un Sistema de Información Geográfica de software libre y de código abierto, el programa ofrece varias herramientas que permiten visualizar, administrar, editar, analizar datos y componer mapas impresos, obtener impresiones con ciertas capturas de pantalla y una lista más detallada de recursos. Permitiendo consultas espaciales, exploración interactiva de datos, identificación y selección de geometrías, búsqueda, visualización y selección de atributos y creación de simbología vectorial y raster. Soportando bases de datos geográficas PostGIS, SpatiaLite y SQL Anywhere, además de todos los formatos soportados por la librería GDAL (Geospatial Data Abstraction Library) (Almeida, 2011).

2.3.5. Teledetección

La teledetección es la técnica de adquisición de datos de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas espaciales. La interacción electromagnética entre el terreno y el sensor genera una serie de datos que son procesados posteriormente para obtener información interpretable de la Tierra (Instituto Geográfico Nacional, 2022).

2.3.6. Interpolación espacial

La interpolación espacial de datos es una parte de la geoestadística que se basa en el cálculo de los valores desconocidos de una variable espacial a partir de otros valores cuyo valor es conocido. Como ya pudimos ver en un artículo anterior, este cálculo es uno de los principales análisis

geoestadísticos que se llevan a cabo cuando se trabaja con datos espaciales y modelos predictivos (Geinnova, 2019).

2.3.7. *Shapefile*

Es un formato para el almacenamiento de datos geográficos vectoriales, en la actualidad es uno de los más utilizados, desarrollado por la empresa ESRI (*Environmental Systems Research Institute*) y se compone de diversos ficheros, cada uno de los cuales contiene distintos elementos del dato espacial (Olaya, 2014).

2.3.8. *Imagen ráster*

Un modelo de datos espaciales que define el espacio como un conjunto de celdas del mismo tamaño, ordenadas en filas y columnas y compuestas por bandas únicas o múltiples (capas). Cada celda contiene un valor de atributo. A diferencia de una estructura de vector, que guarda explícitamente las coordenadas, las coordenadas ráster se guardan intrínsecamente en el orden de la matriz. Los grupos de celdas que comparten el mismo valor representan el mismo tipo de entidad geográfica (Bustamante, 2022).

2.3.9. *Modelamiento cartográfico*

Se entiende como el procedimiento sistémico de análisis utilizando los Sistemas de Información Geográfica sobre información georreferenciada para el estudio del espacio geográfico (Ministerio del Ambiente, 2021).

2.3.10. *Geodatabase*

Es un contenedor que almacena datos espaciales y alfanuméricos, así como las relaciones existentes entre ellos (Vicente 2008).

2.3.11. Zona de influencia (buffer)

Espacio geográfico sobre el que las actividades y componentes de proyecto ejercen algún tipo de impacto ambiental y social. Esta área se define en base a los potenciales impactos del proyecto (Servicio Nacional de Certificación para las Inversiones Sostenibles [SENACE], 2019).

2.3.12. Modelo de datos vector

Gestiona la información discreta, los datos establecen un sistema de coordenadas representados en punto, línea y polígono (Soto et al., 2014). Un punto está representado por un par de coordenadas (X,Y), una línea por un conjunto de coordenadas que corresponden a sus vértices (X1Y1; X2Y2; X3Y3....) y un polígono por una línea cerrada y rellena que generan un área (Sastre, 2010).

2.3.13. Proyección cartográfica

Es un método mediante el cual las extensiones de la superficie del terreno se trasladan a un papel, o a un plano, y según la técnica y metodología empleada se obtienen una serie de proyecciones cartográficas (Fernández, 2019).

CAPITULO III: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo y nivel de investigación

3.1.1. *Tipo de investigación*

Investigación aplicada

La investigación fue de tipo aplicada, porque tendrá por finalidad resolver un determinado problema o planteamiento específico, enfocándose en la recopilación y consolidación del conocimiento para su aplicación (Arias, 2021). Así, la investigación buscó localizar las zonas óptimas para la construcción de rellenos sanitarios en la Provincia de Tacna.

3.1.2. *Nivel de investigación*

No experimental

La investigación fue no experimental. Una investigación es no experimental cuando esta realiza observaciones de situaciones ya existentes, sin realizar una manipulación deliberada de las variables. Así, el propósito del estudio fue encontrar áreas para el establecimiento de rellenos sanitarios en la provincia de Tacna a través de la observación y análisis de mapas temáticos y datos estadísticos existentes en el sitio. Este estudio fue transversal ya que recoge datos para su análisis en un momento dado. En ese contexto, la investigación recopiló información que fue aplicada y analizada en el entorno local actual de la provincia de Tacna sobre la ubicación de los sitios de construcción de rellenos sanitarios (Hernández, 2010).

3.2. Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variable	Definición operacional	Dimensiones (para variables complejas)	Indicadores	Tipo de variables
INDEPENDIENTE: Sistemas de Información Geográfica - SIG.	El uso del software Qgis, es una herramienta primordial para localizar el relleno sanitario empleando la metodología multicriterio.	Qgis 3.18	Análisis multicriterio	Cuantitativa nominal
DEPENDIENTE: Áreas óptimas existentes para la instalación de un relleno sanitario	Para la localización de áreas destinadas a rellenos sanitarios se empleó los criterios de exclusiones y restricciones, establecidos en la Guía para la identificación de zonas potenciales para infraestructuras de disposición final de residuos sólidos municipales.	Criterios de estudio de selección de área	- Centros poblados, Aeródromo, Fuentes de aguas superficiales (cauce de ríos, lagos y lagunas), Granjas avícolas, Áreas agrícolas, Fallas geológicas, Pendientes, Áreas Naturales Protegidas, Peligros por inundación y remoción en masa, Humedales, Zona de recarga de acuíferos, Faja marginal de ríos, Franja marino-costera, Patrimonio cultural, Concesiones mineras (en explotación), Comunidades campesinas	Cuantitativa nominal

3.3. Población y muestra de la investigación

3.3.1. Población

Se consideró como población a toda el área territorial de la provincia de Tacna, dentro de las cuales se ubican sus 11 distritos: Tacna, Alto de la Alianza, Calana, Inclán, Pachía, Palca, Pocolay, Sama, Ciudad Nueva, Yarada los Palos y coronel Gregorio Albarracín Lanchipa.

3.3.2. Muestra

Para la obtención de la muestra se consideró toda el área territorial de la provincia de Tacna, que fue analizada y desarrollada em base a los criterios y metodología establecidas en la guía aprobada con Resolución Directoral N° 165-2021-MINAM.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas y/o métodos

Para la investigación se utilizó la técnica de análisis de información, que consiste en el recojo de datos que serán de importancia para el cumplimiento de los objetivos de investigación.

3.4.2. Instrumento

Se usarán instrumentos cuantitativos como mapas geoespaciales proporcionados por las distintas instituciones del estado, las mismas que serán usadas como fuente primaria. Asimismo, se recopilará información documentada del SIGERSOL de la provincia de Tacna, el Informe de Caracterización de Residuos Sólidos del año 2019 y demás información vinculada a la disposición final de los residuos sólidos en la provincia.

3.5. Tratamiento estadístico de datos

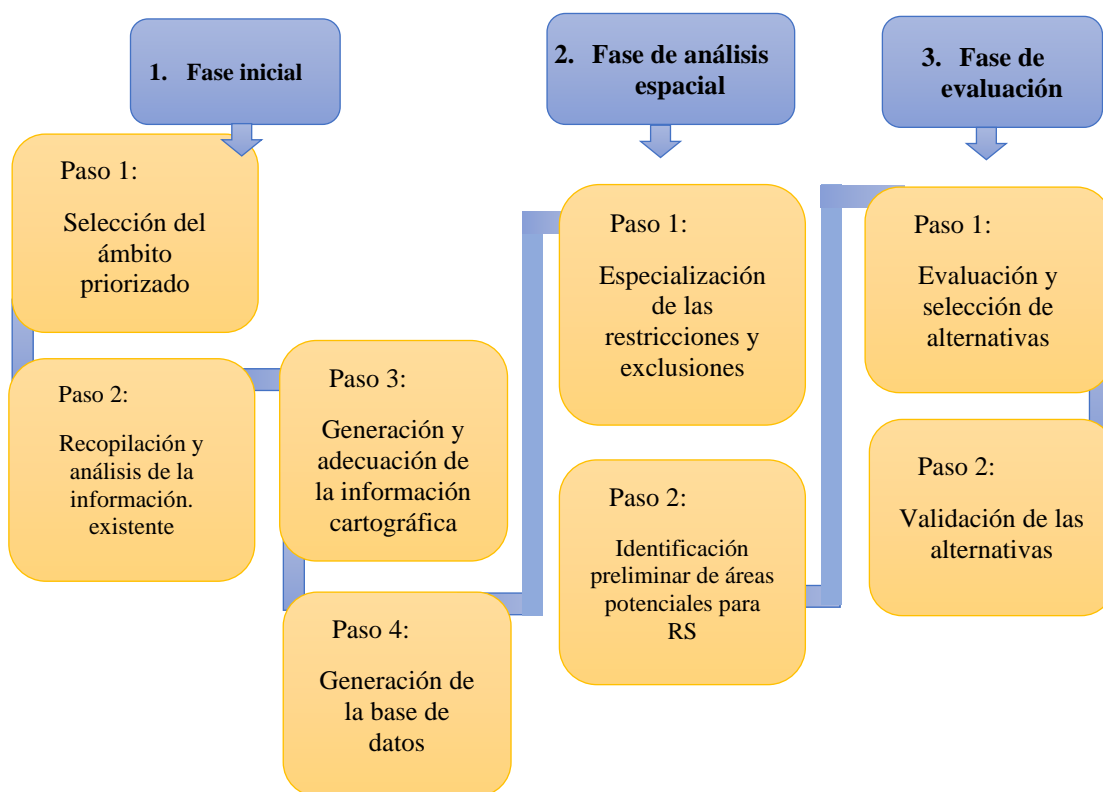
Para la identificación de áreas óptimas para instalación de un relleno sanitario, se emplearon herramientas de software tales como Qgis 3.18 y Google earth los cuales fueron necesarios para la construcción de gráficos, tablas y mapas temáticos que representan el análisis realizado y resultado obtenido de la investigación.

3.6. Procedimiento

El procedimiento que se describe a continuación ha sido establecido en la “Guía para la identificación de zonas potenciales para infraestructura de disposición final de residuos sólidos municipales” del Ministerio del Ambiente, aprobado mediante Decreto Supremo N° 165-2021-MINAM.

Figura 1

Procedimiento metodológico para la identificación de áreas óptimas para la construcción de un relleno sanitario



Nota. Para la generación de base de datos se descargó información de los servidores del estado. De “Guía para la identificación de zonas potenciales para infraestructura de disposición final de residuos sólidos municipales”.

3.6.1. Fase inicial

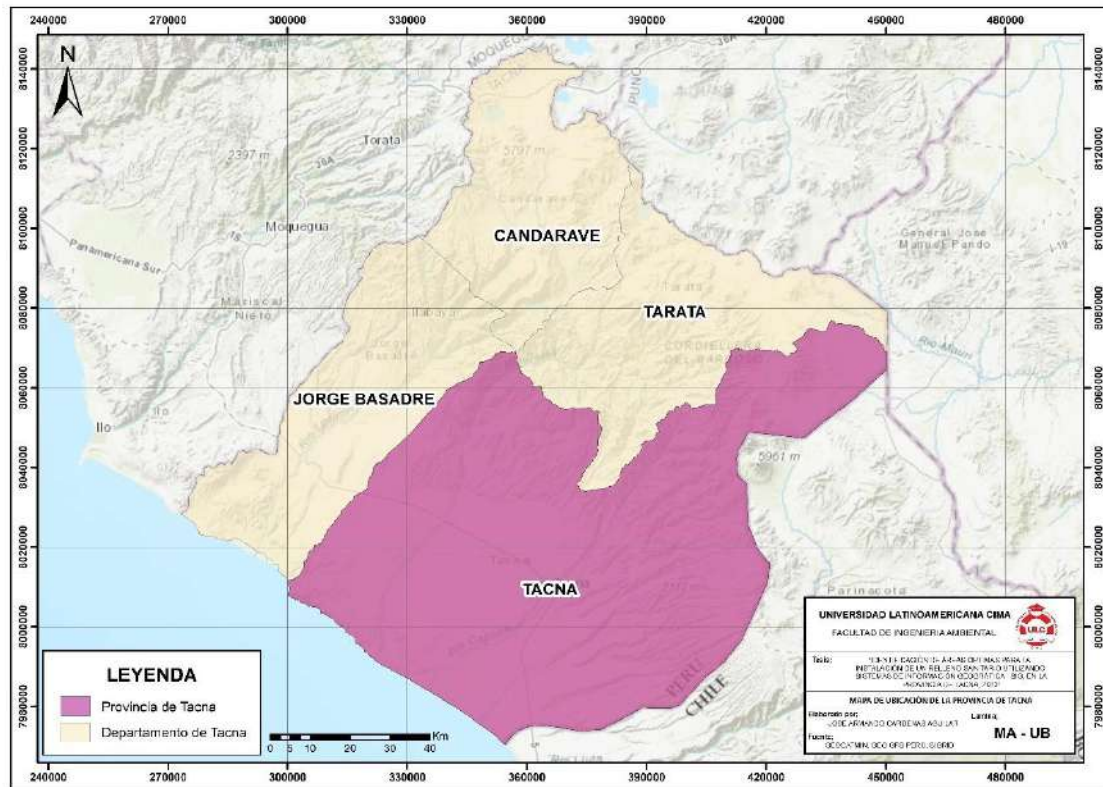
A. Paso 1: Selección del ámbito priorizado

Se identificó la Provincia de Tacna para la aplicación de la metodología, teniendo en consideración el indicador de brecha Porcentaje de población no atendida por un adecuado servicio de limpieza pública (incluye el servicio de disposición final) a

fin de contribuir con las inversiones públicas y privadas alineadas a las tipologías del Sector Ambiental para el cierre de brecha.

Figura 2

Ámbito de estudio



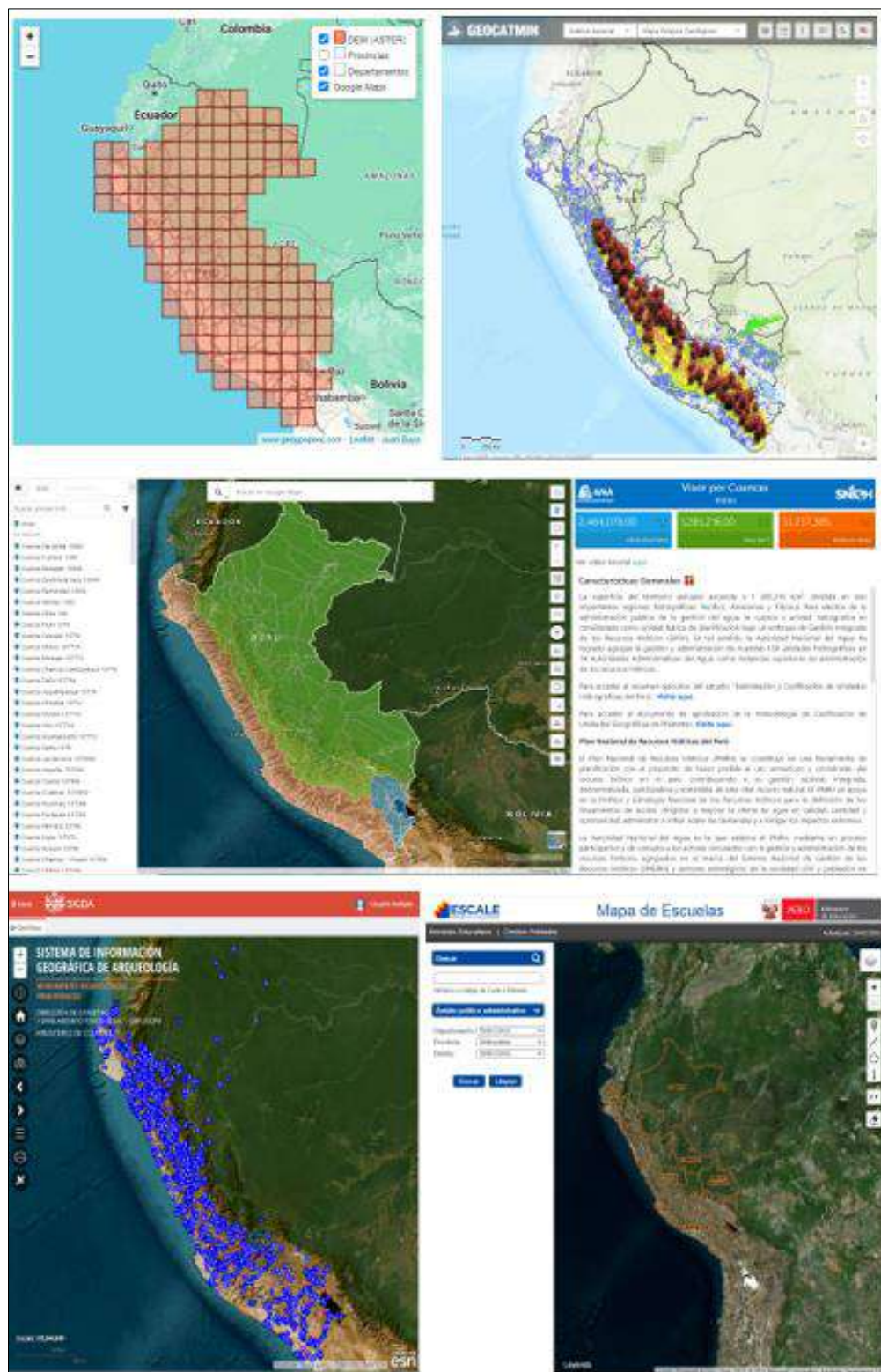
Nota. La figura muestra la Provincia de Tacna como ámbito de influencia de la investigación

B. Paso 2: Recopilación y análisis de la información

Se realizó la búsqueda y descarga de información cartográfica del aspecto, físico, Biológico, social, económico y cultural de las diversas plataformas de sistemas de información geográfica de los diferentes sectores.

Figura 3

Fuentes de información para recopilación de datos cartográficos



Nota. En la imagen se muestra los diferentes servidores del estado para el armado de la geodatabase. Adaptado de Geocatmin, Geoportal ANA, Ministerio del Ambiente, Ministerio de cultura – 2024.

Asimismo, a partir de la información cartográfica generada y aprobada en la Zonificación Ecológica y Económica de la Provincia de Tacna, se procedió a recopilar, analizar y elaborar un inventario de información geográfica del tipo físico, biológico, socioeconómico y cultural, que responda a los criterios mínimos para la selección del área y ubicación de infraestructura de disposición final de residuos sólidos municipales, establecidos en la normativa vigente de residuos sólidos.

Tabla 2

Información geoespacial de entidades públicas

Variables	Detalle	Fuente
Mosaico satelital	RapidEye, Spot, PeruSAT-1, Aster Minam, otros de mediana resolución espacial.	MINAM, CONIDA
Limites	Límite Político	INEI, gobierno regional, Geo GPS Perú
Vías	Administrativo Nacional, departamental y vecinal	MTC, gobierno regional
Centro poblado	Centro poblado, ciudades	INEI, gobierno local, MINEDU, SIGRID
Aeródromo	Aeródromo	MTC
Hidrografía	Ríos, quebradas, lagunas, etc.	ANA, gobierno regional
Granja avícola	Granja avícola y porcina	SENASA
Uso actual del suelo	Áreas agrícolas	MIDAGRI, gobierno regional
Falla geológica	Falla geológica	INGEMMET, gobierno regional
Pendientes	Pendientes	MIDAGRI, gobierno regional
Áreas naturales protegidas	ANP, ACR, ZA	SERNANP
Peligros de inundación y movimientos en masa	Peligros de inundación y movimientos en masa	INGEMMET, gobierno regional
Humedales	Humedales	Geoservidor, gobierno regional
Acuíferos	Acuíferos	ANA, gobierno regional
Faja marginal de ríos	Faja marginal de ríos	ANA, gobierno regional
Franja marino costera	Franja marino costera	Geoservidor
Patrimonio Cultural	Sitios arqueológicos, etc.	MINCUL
Concesiones	Concesiones Mineras	INGEMMET
Comunidades campesinas	Comunidades campesinas	Gobierno regional

Nota. Variables contempladas para el trabajo de investigación. De “Guía para la identificación de zonas potenciales para infraestructura de disposición final de residuos sólidos municipales”, por el MINAM, 2021.

Tabla 3

Sistematización de información para la aplicación del modelo de identificación de zonas potenciales para infraestructura de disposición final de residuos sólidos municipales

Requisitos de localización	Limites permisibles
Restricciones	
Distancia a centros poblados	≥ 500 m
Distancia a aeropuertos	≥ 13 km
Distancia a fuentes de agua superficiales (cauce de río, lagos y lagunas)	≥ 500 m
Granjas porcinas, avícolas y animales menores	entre 5 y 10 km
Distancia a áreas donde se desarrollan actividades económicas (áreas agrícolas)	≥ 500 m
Fallas geológicas	≥ 1 km
Pendientes	<25 %
Exclusiones	
Preservación Áreas Naturales Protegidas	-
Peligros, susceptibilidad por inundación y movimientos en masa	-
Zonas de pantanos, humedales o recarga de acuíferos	-
Faja Marginal	-
Franja marino-costera	-
Preservación de Patrimonio cultural	-
Concesiones mineras, petroleras (en explotación)	-
Propiedad de Comunidades campesinas	-

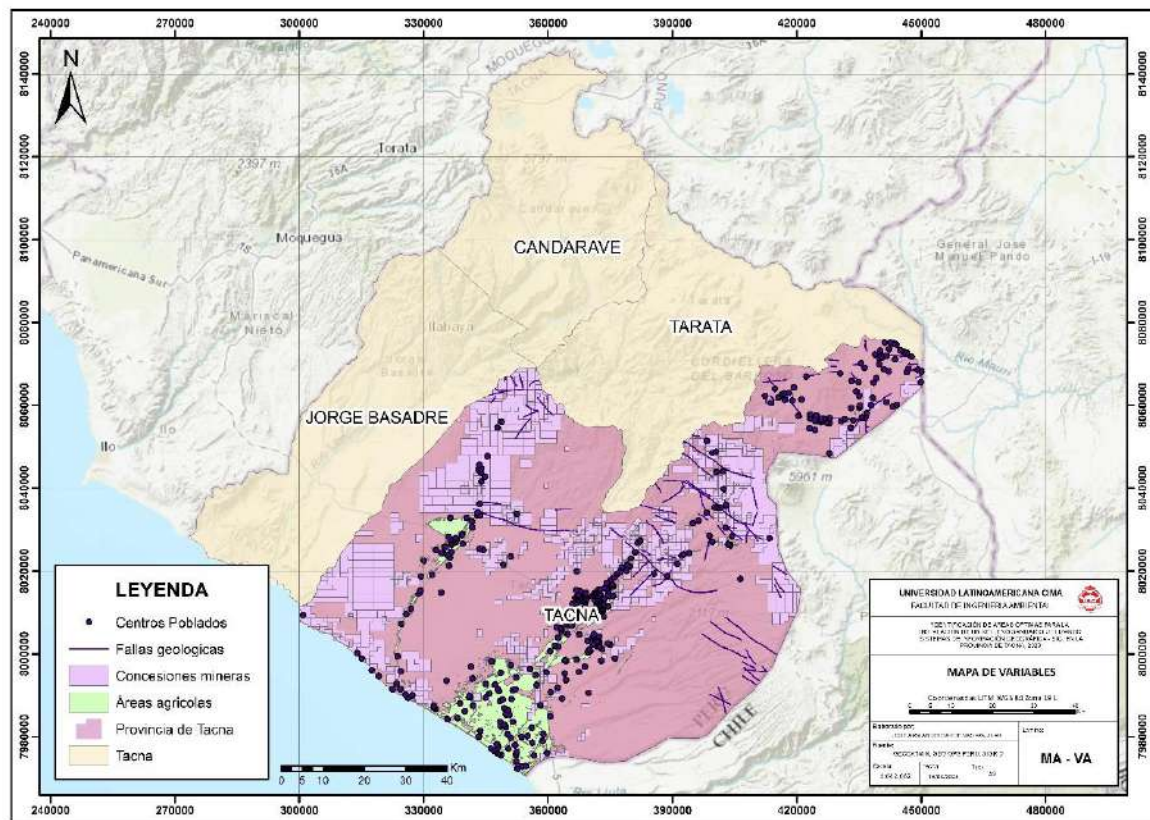
Nota. Las variables de las exclusiones no contemplan criterios específicos. De “Guía para la identificación de zonas potenciales para infraestructura de disposición final de residuos sólidos municipales”, por el MINAM, 2021.

C. Paso 3: Generación y adecuación de la información cartográfica

La información cartográfica recopilada de las diversas plataformas de sistemas de información geográfica de los ministerios, pasaron por un previo análisis de la calidad de la data para que posteriormente se pase por un proceso de acondicionamiento cartográfico, es decir se ha delineado, uniformizado y adecuado la información sobre la imagen del satélite.

Figura 4

Generación y adecuación de información cartográfica de la provincia de Tacna



Nota. Los polígonos, líneas y puntos que se aprecia en la provincia de Tacna son variables con las que se trabajó para la identificación de un relleno sanitario

D. Paso 4: Generación de base de datos

Para el caso de la Provincia de Tacna, se identificó las variables temáticas tomando como base la información cartográfica existente y los requisitos y condiciones establecidas en la normatividad vigente, las cuales forman parte de las restricciones y exclusiones del modelo, las que se detallan a continuación:

Tabla 4

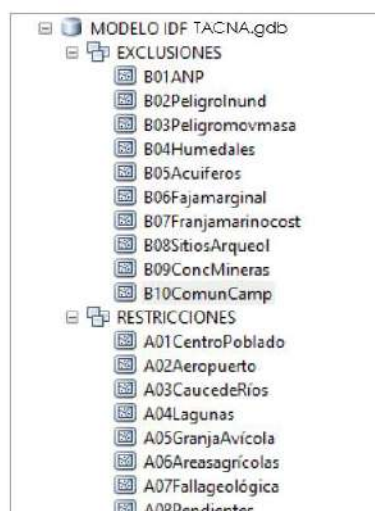
Variables que forman parte de las restricciones y exclusiones

Requisitos de localización	Variable
Restricciones	<ul style="list-style-type: none"> - Centros poblados - Aeropuertos - Fuentes de aguas superficiales (cauce de ríos, lagos y lagunas) - Granjas porcinas y avícolas - Áreas agrícolas - Fallas geológicas - Pendientes
Exclusiones	<ul style="list-style-type: none"> - Áreas Naturales Protegidas - Peligros por inundación y remoción en masa - Humedales - Zonas de recarga de acuíferos - Faja marginal de ríos - Franja marino-costera - Patrimonio cultural - Concesiones mineras (en explotación) - Comunidades campesinas

Nota. El criterio de las restricciones está conformado por 7 variables y las exclusiones por 9 variables. De “Guía para la identificación de zonas potenciales para infraestructura de disposición final de residuos sólidos municipales”, por el MINAM, 2021.

Figura 5

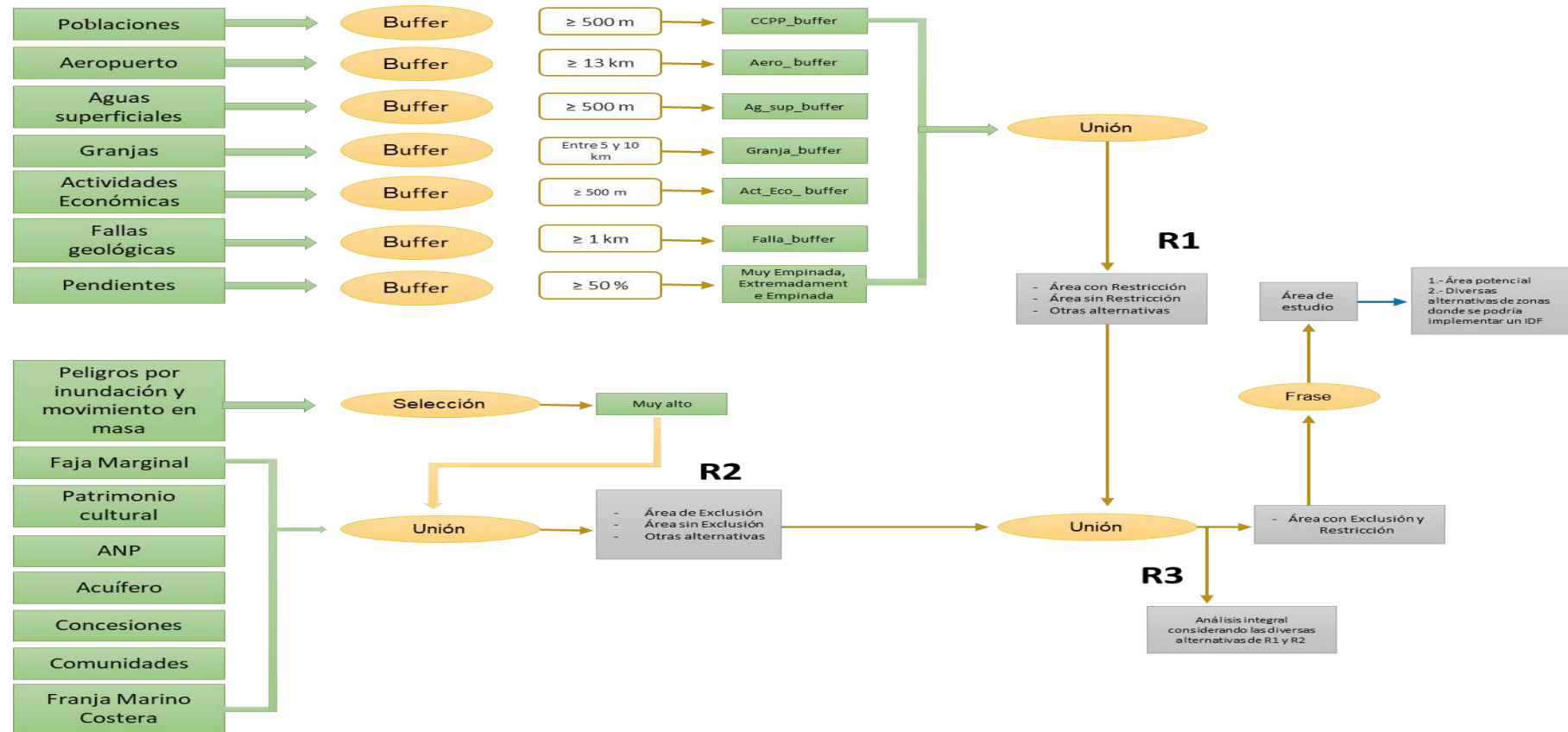
Geodatabase de información recopilada



Nota. El criterio de las restricciones está conformado por 7 variables y las exclusiones por 9 variables. De “Guía para la identificación de zonas potenciales para infraestructura de disposición final de residuos sólidos municipales”, por el MINAM, 2021.

Figura 6

Esquema de modelamiento espacial



Nota. R1 representa el resultado del criterio de las restricciones, R2 representa el resultado de las exclusiones y R3 representa el resultado de la compilación de los dos primeros criterios. De “Guía para la identificación de zonas potenciales para infraestructura de disposición final de residuos sólidos municipales”, por el MINAM, 2021.

E. Elaboración de mapas cartográficos con las variables de las restricciones

En el presente trabajo de investigación realizado en la provincia de Tacna, se identificó áreas óptimas para la instalación de un relleno sanitario, para ello se emplearon 15 criterios establecidos en la Guía del Ministerio Ambiente, para el análisis respectivo utilizando el software Qgis. Para lo cual, los resultados se clasificaron en dos categorías:

- Categoría **no apta** con valor “0”, las cuales no se consideraron para la instalación del relleno sanitario por ser áreas vulnerables a riesgos e impactos que pueda generar el relleno sanitario.
- Categoría **óptima** con valor “1”, para las áreas que se encontraron dentro de los rangos óptimos establecidos para cada criterio, protegiendo la salud pública y el medio ambiente.

Tabla 5

Consolidación de criterios para el análisis de las restricciones y exclusiones

Requisitos de localización	Limites permisibles
Distancia a centros poblados	≥ 500 m
Distancia a aeropuertos	$4\text{km} \geq \text{RS} \geq 13$ km
Distancia a fuentes de agua superficiales (cauce de río, lagos y lagunas)	≥ 500 m
Distancia a Granjas porcinas, avícolas y animales menores	entre 5 y 10 km
Distancia a áreas agrícolas	≥ 500 m
Distancia Fallas geológicas	≥ 1 km
Pendientes	Muy empinado a extremadamente empinado

Nota. El símbolo RS significa relleno sanitario. De “Guía para la identificación de zonas potenciales para infraestructura de disposición final de residuos sólidos municipales”, por el MINAM, 2021.

1) Centros Poblados

Desarrollo

- ✓ Para el desarrollo del mapa de ubicación de centros poblados se insertó los formatos shapefiles de centros poblados del Perú, del departamento de Tacna y de la provincia de Tacna, para seguidamente hacer uso del software *Qgis* y aplicar la herramienta *Geoprocessing/ intersect* para obtener los centros poblados de la provincia de Tacna.
- ✓ Posterior a ello, se realizó el mapa cartográfico de ámbito de influencia, el cual a través de herramienta *Arctoolbox/ Spatial Analyst Tools/ Distance/ Distance euclidean* del *software Qgis* se calculó la distancia euclidiana de manera uniforme, para posteriormente reclasificar en dos categorías; no aptas “0” y aptas “1”, en base al criterio establecido en la guía del Ministerio del Ambiente.
- ✓ Para la clasificación en solo dos categorías, se hizo uso de la herramienta *Arctoolbox/ Spatial Analyst Tools/ Reclass/ Reclassify*, el cual nos dio un mapa en base al criterio establecido en la Guía del Ministerio del Ambiente, como se aprecia en la Tabla 6.

Tabla 6*Criterio para Centros Poblados*

Requisitos de localización	Limites permisibles
Distancia a centros poblados	≥ 500 m

Nota. Información de centros poblados del año 2020. De Instituto Nacional de Estadística e informática.

2) Distancia a Aeropuertos

Desarrollo

- ✓ Para el desarrollo del mapa de ubicación de distancia a aeropuertos, se insertó los archivos shapefiles de aeropuertos del Perú, del departamento de Tacna y de la provincia de Tacna al *software Qgis*, para posterior a ello aplicar la herramienta *Geoprocessing/ intersect* y obtener los aeropuertos de la provincia de Tacna.

- ✓ Seguidamente, se realizó el mapa cartográfico de ámbito de influencia, el cual a través de herramienta *Arctoolbox/ Spatial Analyst Tools/ Distance/ Distance euclidean* en el *software Qgis*, se calculó la distancia euclidiana de manera uniforme para posteriormente reclasificar en dos categorías; no aptas “0” y aptas “1”, en base al criterio establecido en la guía del Ministerio del Ambiente.
- ✓ Para la clasificación en solo dos categorías, se hizo uso de la herramienta *Arctoolbox/ Spatial Analyst Tools/ Reclass/ Reclassify*, el cual nos dio un mapa en base al criterio establecido en la Guía del Ministerio del Ambiente.

Tabla 7

Criterio para Distancia a aeropuertos

Requisitos de localización	Limites permisibles
Distancia a aeropuertos	$4\text{km} \geq \text{RS} \geq 13 \text{ km}$

Nota. Información al 30 de enero del 2024. De Ministerio de Transportes y comunicaciones

3) Distancia a fuentes de aguas superficiales

Desarrollo

- ✓ Para el desarrollo del mapa de ubicación de Distancia a fuentes de aguas superficiales (ríos, lagunas), se insertó los archivos shapefiles de ríos y lagunas, del departamento de Tacna y de la provincia de Tacna, en el *software Qgis*, para posterior a ello aplicar la herramienta *Geoprocessing/ intersect* para obtener los ríos y las lagunas de la provincia de Tacna.
- ✓ Seguidamente, se realizó el mapa cartográfico de ámbito de influencia, el cual a través de herramienta *Arctoolbox/ Spatial Analyst Tools/ Distance/ Distance euclidean* del *software Qgis* se calculó la distancia euclidiana de manera uniforme, para posteriormente reclasificar en dos categorías; no aptas “0” y aptas “1”, en base al criterio establecido en la guía del Ministerio del Ambiente.
- ✓ Para la clasificación en solo dos categorías, se hizo uso de la herramienta *Arctoolbox/ Spatial Analyst Tools/ Reclass/ Reclassify*, el cual nos dio un mapa en base al criterio establecido en la Guía del Ministerio del Ambiente, el cual se aprecia en la Tabla 8.

Tabla 8*Criterio para Distancia a fuentes de aguas superficiales*

Requisitos de localización	Limites permisibles
Distancia a fuentes de agua superficiales (cauce de río, lagos y lagunas)	≥ 500 m

Nota. Variable del geo servidor de la Autoridad Nacional del Agua. Adaptado de la “Guía para la identificación de zonas potenciales para infraestructura de disposición final de residuos sólidos municipales”, por el MINAM, 2021.

4) Distancia a Granjas avícolas y porcinas

Desarrollo

- ✓ Para el desarrollo del mapa de ubicación de distancia a Granjas Avícolas, se insertó los archivos shapefiles de granjas avícolas descargada de la base de datos del SENASA, asimismo, se insertó los archivos shapefile del departamento de Tacna y de la provincia de Tacna, en el software *Qgis*, para posterior a ello aplicar la herramienta Geoprocessing/ intersect para obtener las granjas avícolas de la provincia de Tacna.
- ✓ Seguidamente, se realizó el mapa cartográfico de ámbito de influencia, el cual a través de la herramienta *Arctoolbox/ Spatial Analyst Tools/ Distance/ Distance euclidean* en el *software Qgis* se calculó la distancia euclidiana de manera uniforme, para posteriormente reclasificar en dos categorías; no aptas “0” y aptas “1”, en base al criterio establecido en la guía del Ministerio del Ambiente.
- ✓ Para la clasificación en solo dos categorías, se hizo uso de la herramienta *Arctoolbox/ Spatial Analyst Tools/ Reclass/ Reclassify*, el cual nos dio un mapa en base al criterio establecido en la Guía del Ministerio del Ambiente.

Tabla 9*Criterio para Distancia a granjas avícolas y porcinas*

Requisitos de localización	Limites permisibles
Distancia a Granjas porcinas, avícolas y animales menores	entre 5 y 10 km

Nota. Variable obtenida del SENASA, Adaptado de la “Guía para la identificación de zonas potenciales para infraestructura de disposición final de residuos sólidos municipales”, por el MINAM, 2021.

5) Distancia a Áreas Agrícolas

Desarrollo

- ✓ Para el desarrollo del mapa de ubicación de distancia a Áreas Agrícolas, se insertó los shapefiles de áreas agrícolas, del departamento de Tacna y el shapefile de la provincia en el software *Qgis*, para posterior a ello aplicar la herramienta Geoprocessing/ *intersect* para obtener las áreas agrícolas de la provincia de Tacna.
- ✓ Seguidamente, se realizó el mapa cartográfico de ámbito de influencia, el cual a través de la herramienta *Arctoolbox/ Spatial Analyst Tools/ Distance/ Distance euclidean* del software *Qgis* se calculó la distancia euclidiana de manera uniforme, para posteriormente reclasificar en dos categorías; no aptas “0” y aptas “1”, en base al criterio establecido en la guía del Ministerio del Ambiente.
- ✓ Para la clasificación en solo dos categorías, se hizo uso de la herramienta *Arctoolbox/ Spatial Analyst Tools/ Reclass/ Reclassify*, el cual nos dio un mapa en base al criterio establecido en la Guía del Ministerio del Ambiente, el cual se aprecia en Tabla 10.

Tabla 10

Criterio para Distancia a áreas agrícolas

Requisitos de localización	Límites permisibles
Distancia a áreas agrícolas	≥ 500 m

Nota. Variable obtenida del Ministerio de Desarrollo agrario y Riego. Adaptado de “Guía para la identificación de zonas potenciales para infraestructura de disposición final de residuos sólidos municipales”, por el MINAM, 2021.

6) Fallas geológicas

Desarrollo

- ✓ Para el desarrollo del mapa de ubicación de distancia a Fallas Geológicas, se insertó los shapefiles de fallas geológicas, del departamento de Tacna y de la

provincia de Tacna en el software *Qgis*, para posterior a ello aplicar la herramienta Geoprocessing/ intersect para obtener los las fallas geológicas de la provincia de Tacna, el cual se aprecia en la figura 10.

- ✓ Posterior a ello, se realizó el mapa cartográfico de ámbito de influencia, el cual a través de herramienta *Arctoolbox/ Spatial Analyst Tools/ Distance/ Distance euclidean* en el *software Qgis*, se calculó la distancia euclidiana de manera uniforme, posteriormente reclasificar en dos categorías; no aptas “0” y aptas “1”, en base al criterio establecido en la guía del Ministerio del Ambiente.
- ✓ Para la clasificación en solo dos categorías, se empleó de la herramienta *Arctoolbox/ Spatial Analyst Tools/ Reclass/ Reclassify*, el cual nos dio un mapa en base al criterio establecido en la Guía del Ministerio del Ambiente, el cual se aprecia en la Tabla 11.

Tabla 11

Criterio de Distancia a fallas geológicas

Requisitos de localización	Limites permisibles
Fallas geológicas	≥ 1 km

Nota. Variable obtenida del geo servidor GEOCATMIN, adaptado de “Guía para la identificación de zonas potenciales para infraestructura de disposición final de residuos sólidos municipales”, por el MINAM, 2021.

7) Mapa de pendiente

Desarrollo

- ✓ Para el desarrollo del mapa de ubicación de pendiente, se descargó imágenes raster del geoservidor del Ministerio del Ambiente, el shapefile del departamento de Tacna, el shapefile de la provincia de Tacna, las cuales se usaron para realizar el mapa de pendientes a través del software *Qgis*.
- ✓ Posterior a ello, se realizó el mapa cartográfico de ámbito de influencia, el cual a través de herramienta *Arctoolbox/ Spatial Analyst Tools/ Distance/ Distance euclidean* del *software Qgis* se calculó la distancia euclidiana de manera uniforme, para posteriormente reclasificar en dos categorías; no aptas “0” y aptas “1”, en base al criterio establecido en la guía del Ministerio del Ambiente.

- ✓ Para la clasificación en solo dos categorías, se hizo uso de la herramienta Arctoolbox/ *Spatial Analyst Tools/ Reclass/ Reclassify*, el cual nos dio un mapa en base al criterio establecido en la Guía del Ministerio del Ambiente, el cual se aprecia en la Tabla 12.

Tabla 12*Criterio de pendientes*

Requisitos de localización	Limites permisibles
Pendientes	< 25%

Nota. Variable obtenida de geo servidor del Ministerio del Ambiente. Adaptado de la “Guía para la identificación de zonas potenciales para infraestructura de disposición final de residuos sólidos municipales”, por el MINAM, 2021.

8) Preservación de Áreas Naturales Protegidas

Desarrollo

- ✓ Para el desarrollo del mapa de ubicación de Áreas Naturales protegidas, se insertó los shapefiles de Áreas Naturales Protegidas, el shapefile del departamento de Tacna y el shapefile de la provincia de Tacna, en el software, para posterior a ello aplicar la herramienta Geoprocesing/ intersect para obtener las áreas naturales protegidas de la provincia de Tacna.
- ✓ Posterior a ello, se realizó la clasificación en solo dos categorías no apta “0” y apta “1”, para ello se hizo uso de la herramienta Arctoolbox/ *Spatial Analyst Tools/ Reclass/ Reclassify*, el cual nos dio un mapa en base al criterio establecido en la Guía del Ministerio del Ambiente.

Tabla 13*Criterio de Áreas Naturales Protegidas*

Requisitos de localización	Limites permisibles
Preservación de Áreas Naturales Protegidas	-

Nota. Variable obtenida del geo servidor del MINAM, Adaptado de la “Guía para la identificación de zonas potenciales para infraestructura de disposición final de residuos sólidos municipales”, por el MINAM, 2021.

9) Peligros por inundación

Desarrollo

- ✓ Para el desarrollo del mapa de ubicación de Peligros por inundación, se insertó los archivos el shapefile de Peligros por Inundación, del departamento de Tacna y de la provincia de Tacna en el software Qgis para posterior a ello aplicar la herramienta Geoprocessing/ intersect para obtener el mapa de peligros por inundación de la provincia de Tacna.
- ✓ Posterior a ello, se realizó la clasificación en solo dos categorías no apta “0” y apta “1”, para ello se hizo uso de la herramienta Arctoolbox/ *Spatial Analyst Tools/ Reclass/ Reclassify*, el cual nos dio un mapa en base al criterio establecido en la Guía del Ministerio del Ambiente.

Tabla 14*Criterio de peligros por inundación*

Requisitos de localización	Limites permisibles
Peligros por inundación	-

Nota. Variable obtenida del SIGRID CENEPRED, Adaptado de la “Guía para la identificación de zonas potenciales para infraestructura de disposición final de residuos sólidos municipales”, por el MINAM, 2021.

10) Acuíferos

Desarrollo

- ✓ Para el desarrollo del mapa de ubicación de acuíferos, se insertó los archivos shapefiles de acuíferos, del departamento de Tacna y de la provincia de Tacna en el software *Qgis*, para posterior a ello aplicar la herramienta Geoprocessing/ intersect para obtener acuíferos de la provincia de Tacna.
- ✓ Posterior a ello, se realizó la clasificación en solo dos categorías no apta “0” y apta “1”, para ello se hizo uso de la herramienta Arctoolbox/ *Spatial Analyst Tools/ Reclass/ Reclassify*, el cual nos dio un mapa en base al criterio establecido en la Guía del Ministerio del Ambiente.

Tabla 15*Criterio de acuíferos*

Requisitos de localización	Limites permisibles
Zonas de acuíferos	-

Nota. Variable obtenida del geo servidor de la Autoridad Nacional del Agua, Adaptado de la “Guía para la identificación de zonas potenciales para infraestructura de disposición final de residuos sólidos municipales”, por el MINAM, 2021.

11) Faja marginal

Desarrollo

- ✓ Para el desarrollo del mapa de ubicación de Faja marginal, se insertó los archivos shapefiles de Faja marginal que se descargó del geoservidor de la Autoridad Nacional del Agua, el shapefile del departamento de Tacna y el shapefile de la provincia de Tacna en el software Qgis, para posterior a ello aplicar la herramienta Geoprocessing/ intersect para obtener la faja marginal de la provincia de Tacna.
- ✓ Asimismo, se realizó la clasificación en solo dos categorías no apta “0” y apta “1”, para ello se hizo uso de la herramienta Arctoolbox/ *Spatial Analyst Tools/ Reclass/ Reclassify*, el cual nos dio un mapa en base al criterio establecido en la Guía del Ministerio del Ambiente.

Tabla 16*Criterio de faja marginal*

Requisitos de localización	Limites permisibles
Faja marginal	-

Nota. Variable obtenida del geo servidor de la Autoridad Nacional del Agua, Adaptado de la “Guía para la identificación de zonas potenciales para infraestructura de disposición final de residuos sólidos municipales”, por el MINAM, 2021.

12) Franja marico costera

Desarrollo

- ✓ Para el desarrollo del mapa de ubicación de Franja marino-costera, se insertó el shapefile de la franja marino costero, el shapefile del departamento de Tacna y la provincia de Tacna en el software Qgis, para posterior a ello aplicar la

herramienta Geoprocessing/ intersect para obtener la franja marico costero de la provincia de Tacna.

- ✓ Seguidamente, se realizó la clasificación en solo dos categorías no apta “0” y apta “1”, para ello se hizo uso de la herramienta Arctoolbox/ *Spatial Analyst Tools/ Reclass/ Reclassify*, el cual nos dio un mapa en base al criterio establecido en la Guía del Ministerio del Ambiente, el cual se aprecia en la Tabla 17.

Tabla 17

Criterio de franja marico costera

Requisitos de localización	Limites permisibles
Franja marico costera	-

Nota. Variable obtenida del geo servidor de la Autoridad Nacional del Agua, Adaptado de la “Guía para la identificación de zonas potenciales para infraestructura de disposición final de residuos sólidos municipales”, por el MINAM, 2021.

13) Patrimonio cultural

Desarrollo

- ✓ Para el desarrollo del mapa de ubicación de patrimonio cultural, se insertó los shapefile de patrimonio cultural, del departamento de Tacna y de la provincia de Tacna para posterior a ello hacer uso del software *Qgis* y aplicar la herramienta Geoprocessing/ intersect para obtener el patrimonio cultural de la provincia de Tacna.
- ✓ Posterior a ello, se realizó la clasificación en solo dos categorías no apta “0” y apta “1”, para ello se hizo uso de la herramienta Arctoolbox/ *Spatial Analyst Tools/ Reclass/ Reclassify*, el cual nos dio un mapa en base al criterio establecido en la Guía del Ministerio del Ambiente, el cual se aprecia en la Tabla 18.

Tabla 18

Criterio de patrimonio cultural

Requisitos de localización	Limites permisibles
Preservación de Patrimonio cultural	-

Nota. Variable obtenida del geo servidor del Ministerio de Cultura, Adaptado de la “Guía para la identificación de zonas potenciales para infraestructura de disposición final de residuos sólidos municipales”, por el MINAM, 2021.

14) Concesiones mineras

Desarrollo

- ✓ Para el desarrollo del mapa de ubicación de concesiones mineras, se insertó el shapefile de concesiones mineras, el shapefile del departamento de Tacna y el shapefile de la provincia de Tacna en el software Qgis para posterior a ello aplicar la herramienta Geoprocessing/ intersect para obtener las concesiones mineras de la provincia de Tacna.
- ✓ Posterior a ello, se realizó la clasificación en solo dos categorías no apta “0” y apta “1”, para ello se hizo uso de la herramienta Arctoolbox/ *Spatial Analyst Tools/ Reclass/ Reclassify*, el cual nos dio un mapa en base al criterio establecido en la Guía del Ministerio del Ambiente.

Tabla 19

Criterio de Concesiones mineras

Requisitos de localización	Limites permisibles
Concesiones mineras	-

Nota. Variable obtenida del geo servidor del INGEMET, Adaptado de la “Guía para la identificación de zonas potenciales para infraestructura de disposición final de residuos sólidos municipales”, por el MINAM, 2021.

15) Comunidades campesinas

Desarrollo

- ✓ Para el desarrollo del mapa de ubicación de Comunidades campesinas, se insertó los shapefiles de Comunidades campesinas, del departamento de Tacna y de la provincia de Tacna en el software Qgis, para posterior a ello aplicar la herramienta Geoprocessing/ intersect para obtener las comunidades campesinas de la provincia de Tacna.
- ✓ Seguidamente, se realizó la clasificación en solo dos categorías no apta “0” y apta “1”, para ello se hizo uso de la herramienta Arctoolbox/ *Spatial Analyst Tools/ Reclass/ Reclassify*, el cual nos dio un mapa en base al criterio establecido en la Guía del Ministerio del Ambiente.

Tabla 20*Criterio de Comunidades campesinas*

Requisitos de localización	Limites permisibles
Comunidades campesinas	-

Nota. Variable obtenida del Ministerio de Educación, Adaptado de la “Guía para la identificación de zonas potenciales para infraestructura de disposición final de residuos sólidos municipales”, por el MINAM, 2021.

CAPITULO IV: RESULTADOS

4.1. Áreas óptimas identificadas para la instalación de un relleno sanitario en la provincia de Tacna

Aplicando los criterios de la guía del Ministerio del ambiente aprobado con Resolución Ministerial N°165-2021-MINAM y criterios complementarios (Vías vecinales, departamentales y nacionales, Plan de Desarrollo Urbano 2015-2025, Registro Catastral de la SUNARP y Distancia al distrito más cercano), se obtuvieron 3 áreas muy óptimas.

Tabla 21

Áreas muy óptimas para la ubicación de un relleno sanitario

Descripción	Área (ha)	Distancia a			Zona
		vías de acceso (km)	Este	Norte	
Área 1	744.995	1.57	371085.03	8022944.02	19
Área 2	451.59	6.26	361577.91	8025280.36	19
Área 3	5924.3	7.27	352979.89	8012035.25	19

Nota. Las tres áreas representan las zonas muy óptimas donde se podrá construir un relleno sanitario

Los datos de la tabla 22, muestran que la provincia de Tacna al año 2023 genera 200.79 toneladas de residuos sólidos de forma diaria y a una proyección de 10 años estará generando 242.76 tn/día, de forma anual generará 88,608.62 tn/año, con una generación percapita de 0.62 kg/hab/día.

Tabla 22

Proyección de la demanda de disposición final de residuos sólidos municipales

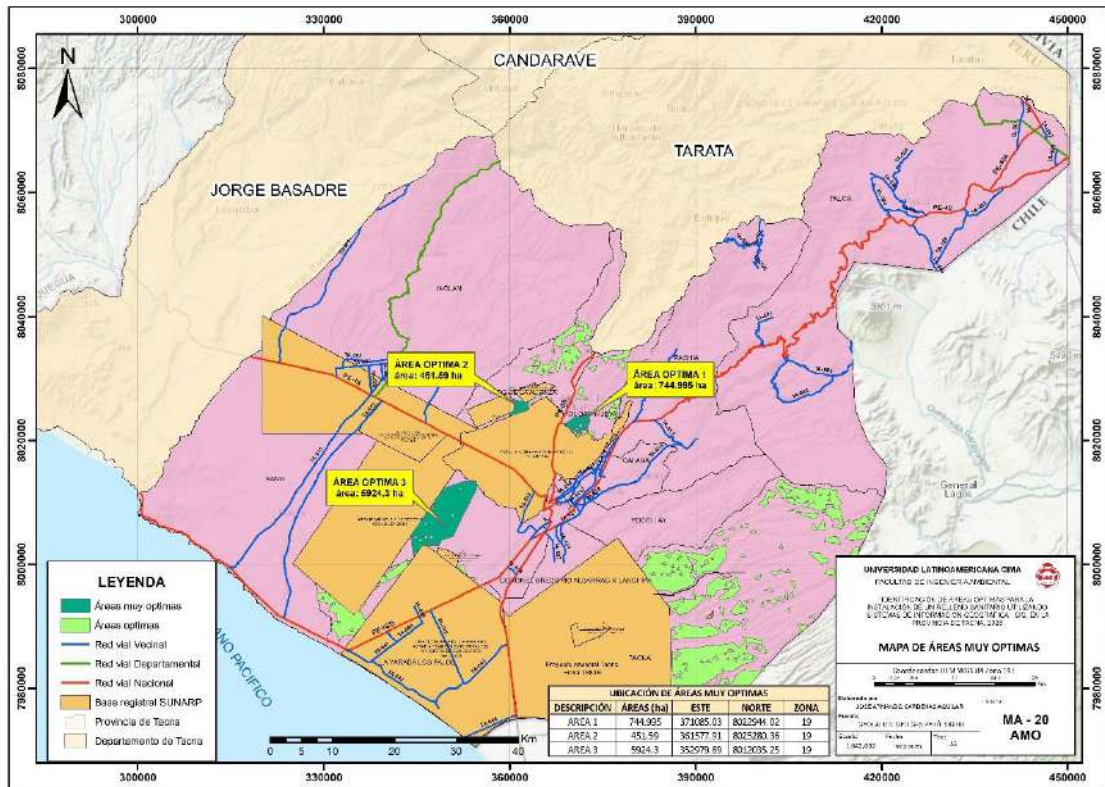
AÑO	POBLACIÓN (HABITANTES)	GPC (kg/hab/ día)	GENERACIÓN MUNICIPAL			
			DOMICILIARIA (t/día)	NO DOMICILIARIA (t/día)	TOTAL (t/día)	TOTAL ANUAL (t/año)
			(A)	(B)	(C) = (A) x (B)	(D)
2023	327,202	0.560	183.23	17.56	200.79	73,290.1 3

2024	330,812	0.566	187.11	17.76	204.86	74,774.9 1
2025	334,462	0.571	191.06	17.95	209.01	76,290.4 0
2026	338,152	0.577	195.10	18.15	213.25	77,837.1 6
2027	341,883	0.583	199.23	18.35	217.58	79,415.9 5
2028	341,504	0.589	201.00	18.55	219.55	80,135.6 1
2029	345,272	0.594	205.25	18.76	224.00	81,761.5 2
2030	349,082	0.600	209.59	18.96	228.55	83,421.1 4
2031	352,934	0.606	214.02	19.17	233.19	85,115.0 8
2032	356,828	0.612	218.54	19.38	237.93	86,843.9 6
2033	360,765	0.619	223.17	19.60	242.76	88,608.6 2

Nota. Con una proyección a 10 años la provincia de Tacna generará 242.76 tn/día y 88 608.62 tn/año de residuos sólidos

Figura 7

Mapa de Áreas Muy Optimas empleando criterios complementarios



Nota. Las áreas de color verde oscuro representas las tres áreas idóneas donde se podrá construir un relleno sanitario.

4.2. Delimitación de las áreas con restricción para la instalación de rellenos sanitarios en la Provincia de Tacna

4.1.1. Centros Poblados

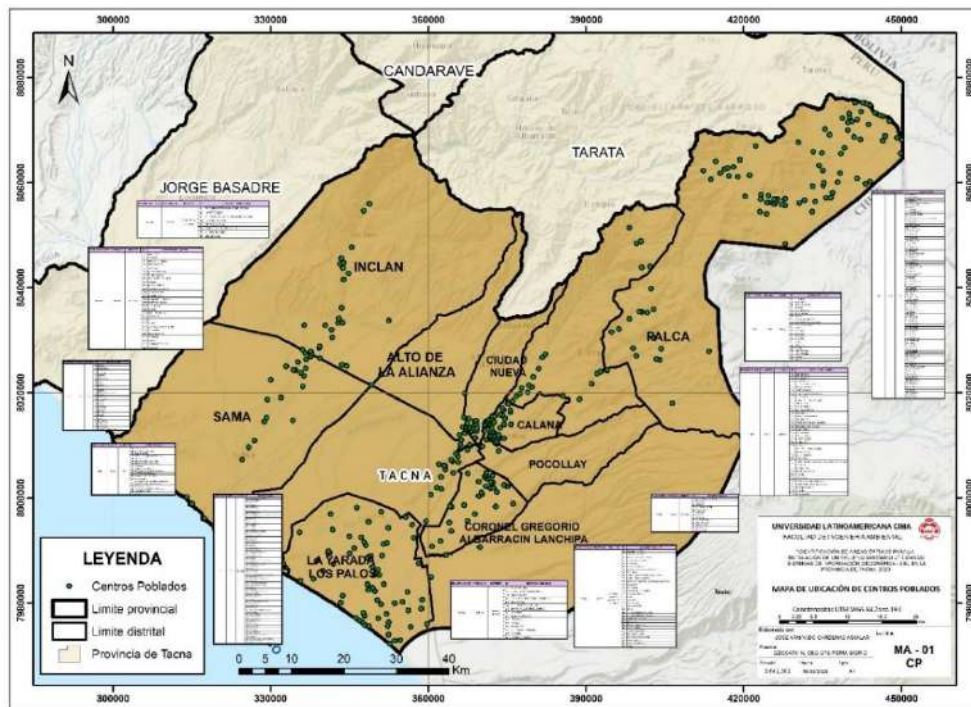
En la Figura 8, se muestra el mapa de ubicación de centros poblados de la provincia de Tacna, que se encuentran con el símbolo de punto de color verde.

En la figura 9, se muestra el mapa de ámbito de influencia en base al primer criterio de las restricciones, las cuales empleando la metodología de la guía del Ministerio del Ambiente en el software Qgis, nos dan como resultado que el símbolo de color verde son áreas no aptas, y el símbolo de color naranja son áreas aptas para la construcción de un relleno sanitario.

En el presente estudio se trabajó con 371 Centros poblados, distribuidos de la siguiente manera: en el distrito de Alto de la Alianza (8 centros poblados), en el distrito de Calana (37 centros poblados), Ciudad Nueva (15 centros poblados), Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa (32 centros poblados), Inclán (28 centros poblados), La Yarada los Palos (71 centros poblados), Pachia (22 centros poblados), Palca (94 centros poblados), Pocollay (13 centros poblados), Sama (33 centros poblados), Tacna (18 centros poblados).

Figura 8

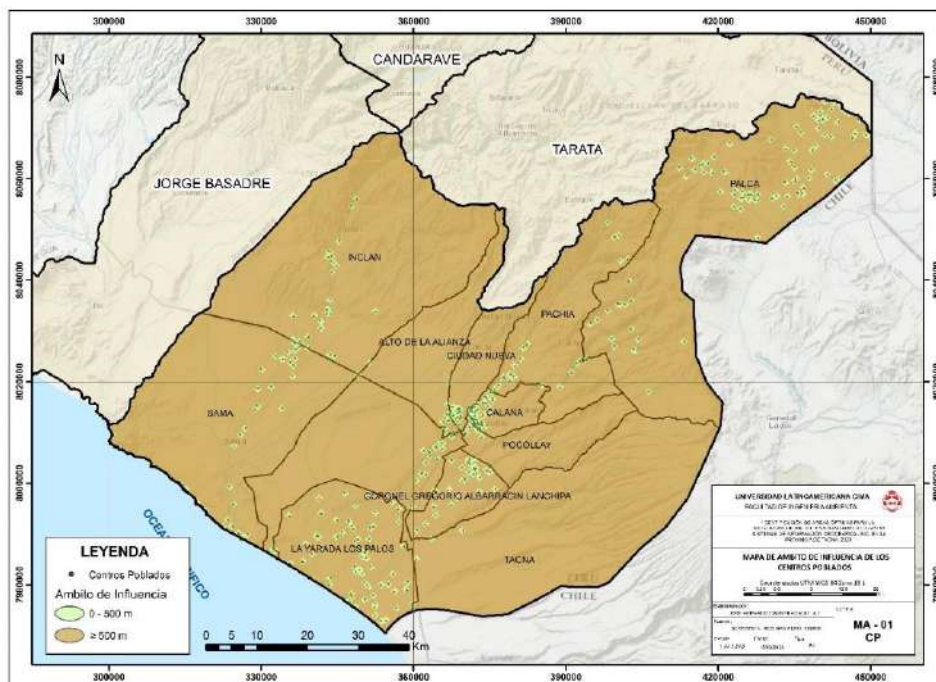
Mapa de Ubicación de Centros Poblados



Nota. El símbolo de punto representa los centros poblados de la provincia de Tacna

Figura 9

Mapa de ámbito de influencia de Centros Poblados



Nota. El símbolo de color verde representa el límite permisible de los centros poblados en las que no se puede construir un relleno sanitario.

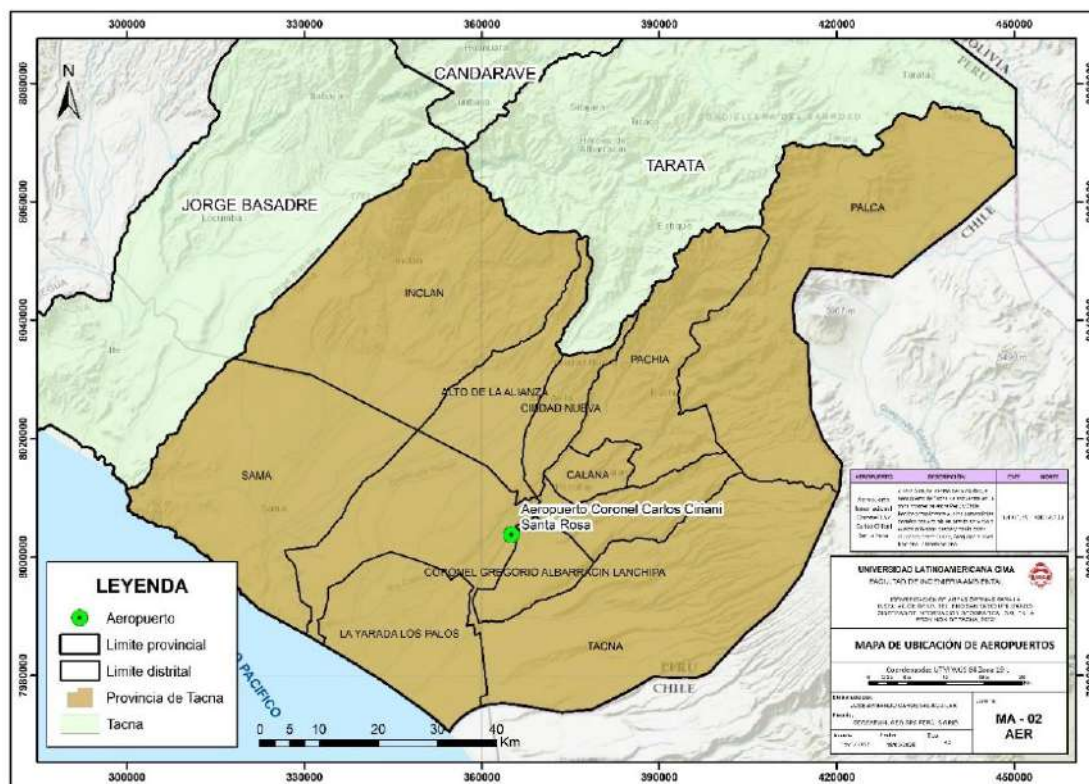
4.1.2. Distancia a aeropuertos

En la Figura 10, se muestra el mapa de ubicación del Aeropuerto Internacional Coronel Carlos Ciriani Santa Rosa de la provincia de Tacna, la cual está ubicado a 15min del centro de la ciudad.

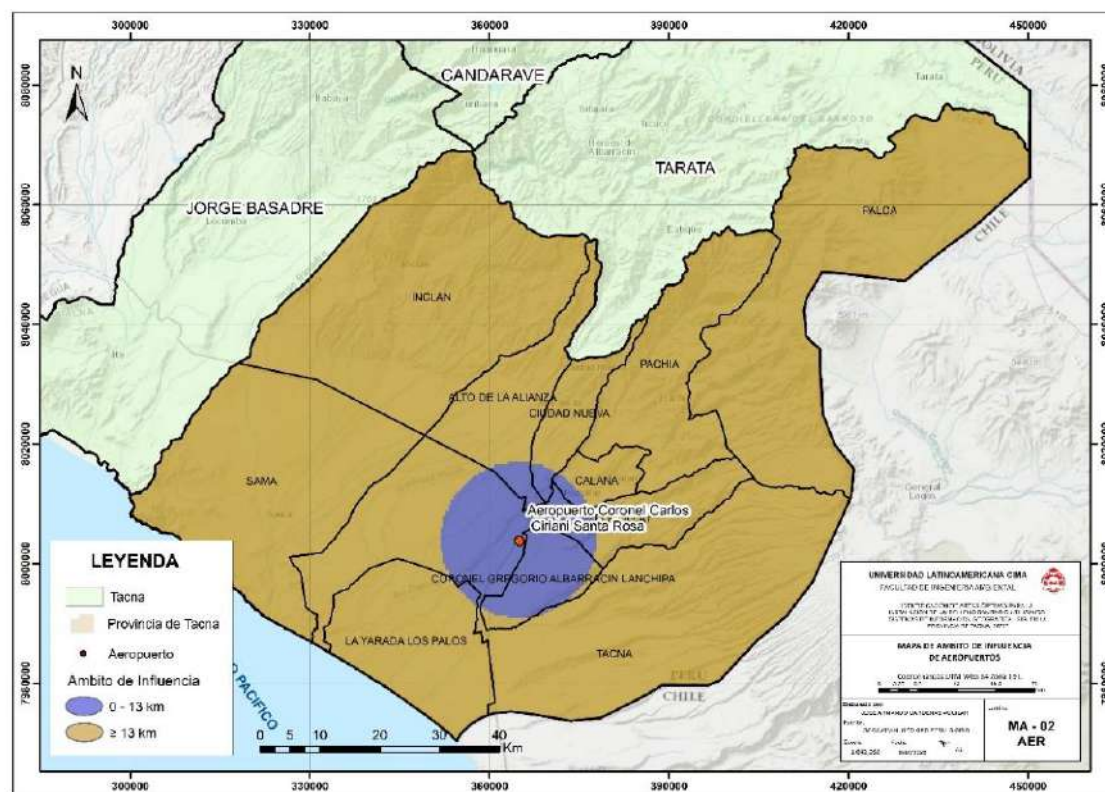
En la figura 11, se aprecia el mapa de ámbito de influencia en base al criterio de ubicación de aeropuertos de la guía de Ministerio del Ambiente, en el mapa se observa que el área de color morado representa al área no apta para la instalación de relleno sanitario y al color naranja representa a áreas aptas.

Figura 10

Mapa de Ubicación de Aeropuertos



Nota. El símbolo de punto verde representa la ubicación del aeropuerto de la provincia de Tacna

Figura 11*Mapa de Ámbito de influencia de Aeropuertos*

Nota. El símbolo de color azul representa el límite permisible de aeropuertos en la que no se puede construir un relleno sanitario

4.1.3. Fuentes de agua (ríos, lagunas)

Para la obtención de resultados de la tercera variable, se trabajó con la base de datos de la Autoridad Nacional del Agua, el cual administra las fuentes de aguas superficiales y subterráneas del Perú.

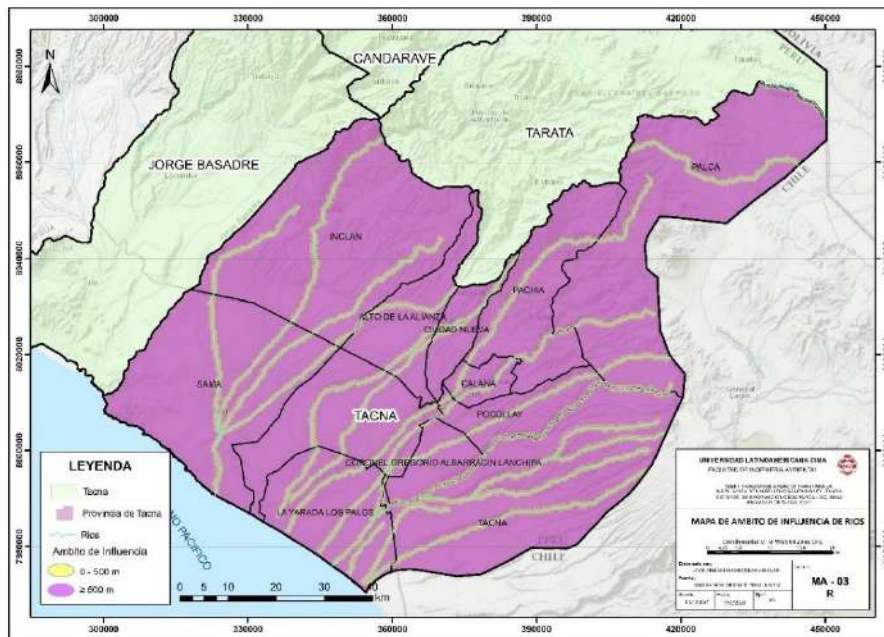
Para el presente estudio la provincia de Tacna cuenta con 28 arterias de ríos y quebradas y 3 lagunas, las cuales se interconectan en diferentes distritos de la provincia.

En la Figura 12, se observa el mapa de ubicación de ríos de la provincia de Tacna, el cual esta coloreada de color azul.

En la Figura 13, se muestra el mapa de ámbito de influencia de ríos, que aplicando la guía metodológica del Ministerio del Ambiente nos dan como resultado que las líneas de color amarillo son áreas no aptas y las áreas de color lila son áreas aptas en las que se puede instalar un relleno sanitario.

Figura 13

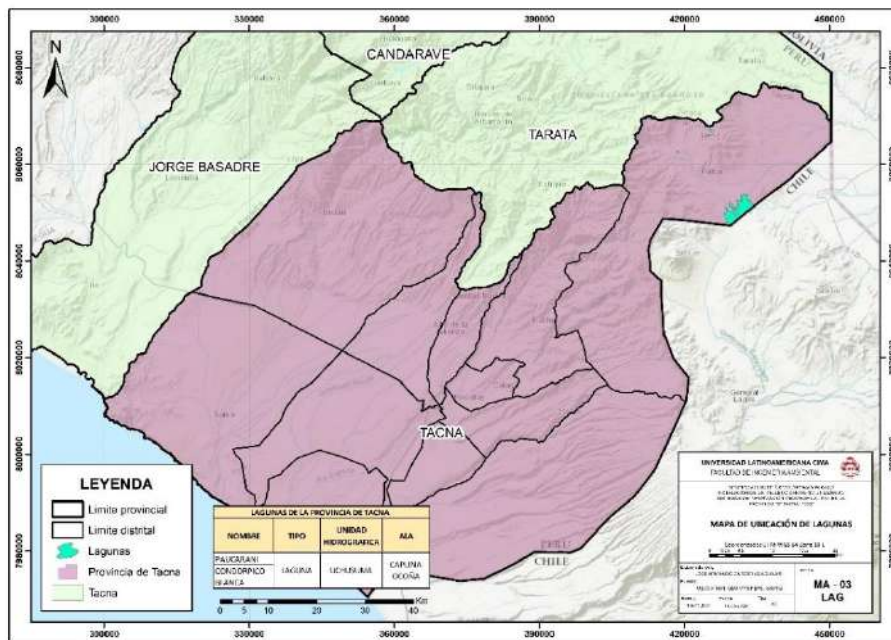
Mapa de ámbito de influencia de ríos



Nota. Las líneas de color amarillo representan el límite permisible de ríos en las que no se puede construir un relleno sanitario.

Figura 14

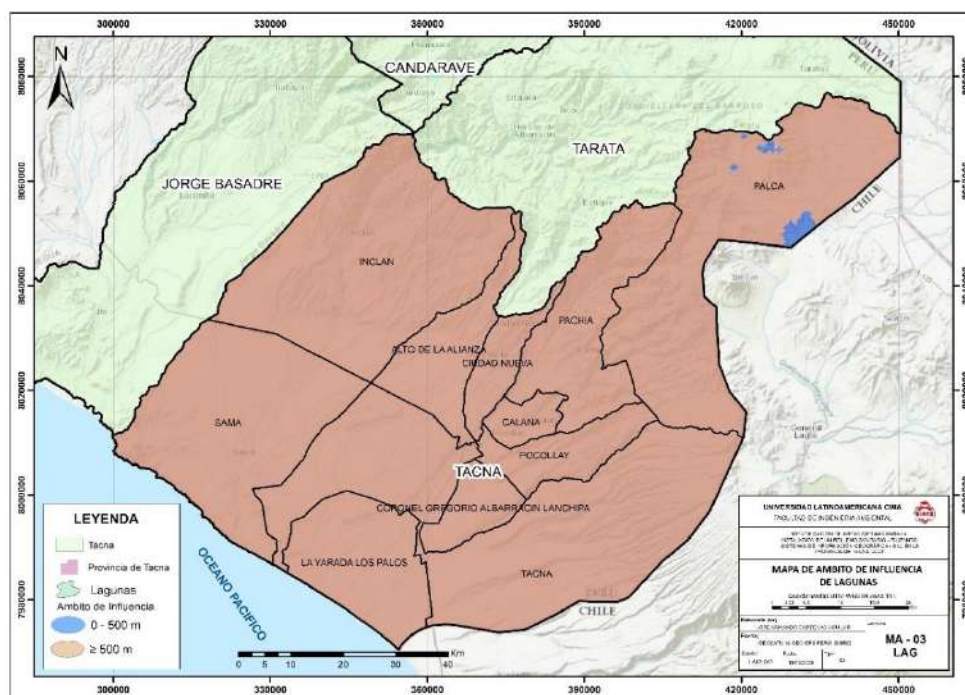
Mapa de Ubicación de lagunas



Nota. El símbolo de color celeste representa las lagunas que existen en la provincia de Tacna

Figura 15

Mapa de ámbito de influencia de lagunas



Nota. El símbolo de color azul representa el límite permisible de lagunas en las que no se puede construir un relleno sanitario.

4.1.4. Granjas avícolas

Para la obtención de resultados de la cuarta variable, se trabajó con la base de datos de SENASA, el cual administra las empresa avícolas y porcinas del Perú.

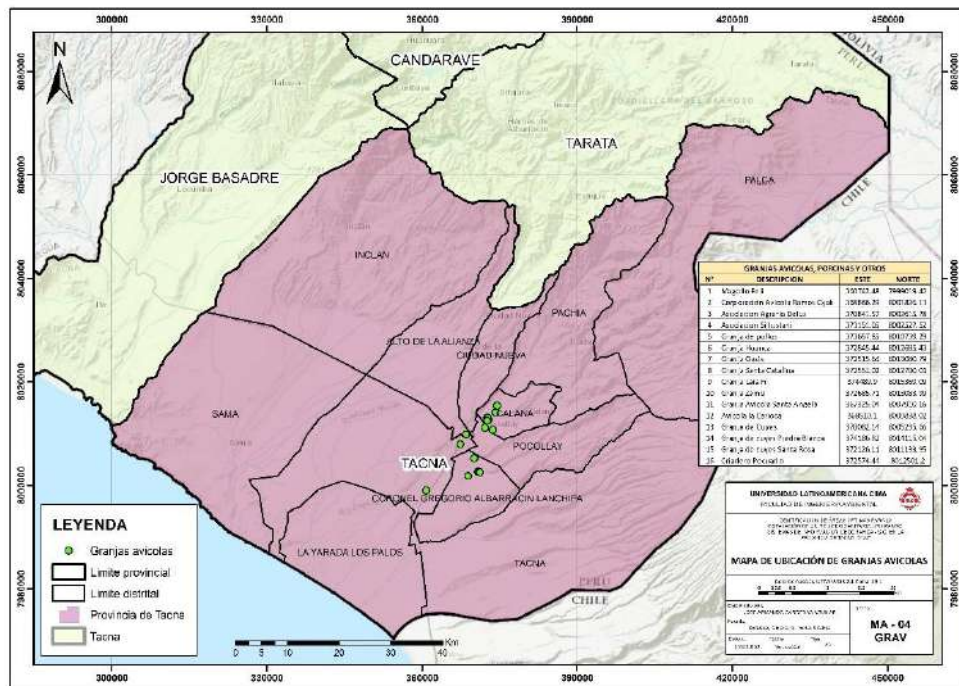
Para el presente estudio la provincia de Tacna cuenta con 16 granjas avícolas y porcinas, las se ubican en diferentes distritos de la provincia como se detalla en el mapa de ubicación de granjas avícolas,

En la Figura 16, se observa el mapa de ubicación de granjas avícolas y porcinas, cuyería, etc, las cuales están referenciadas con el símbolo de punto de color verde.

En la Figura 17, se aprecia el mapa de ámbito de influencia de granjas avícolas que, en base al criterio establecido en la Guía del Ministerio del Ambiente, dieron como resultado que las áreas de color amarillo son área de no aptas para la construcción de un relleno sanitario y las áreas de color rojo son áreas aptas.

Figura 16

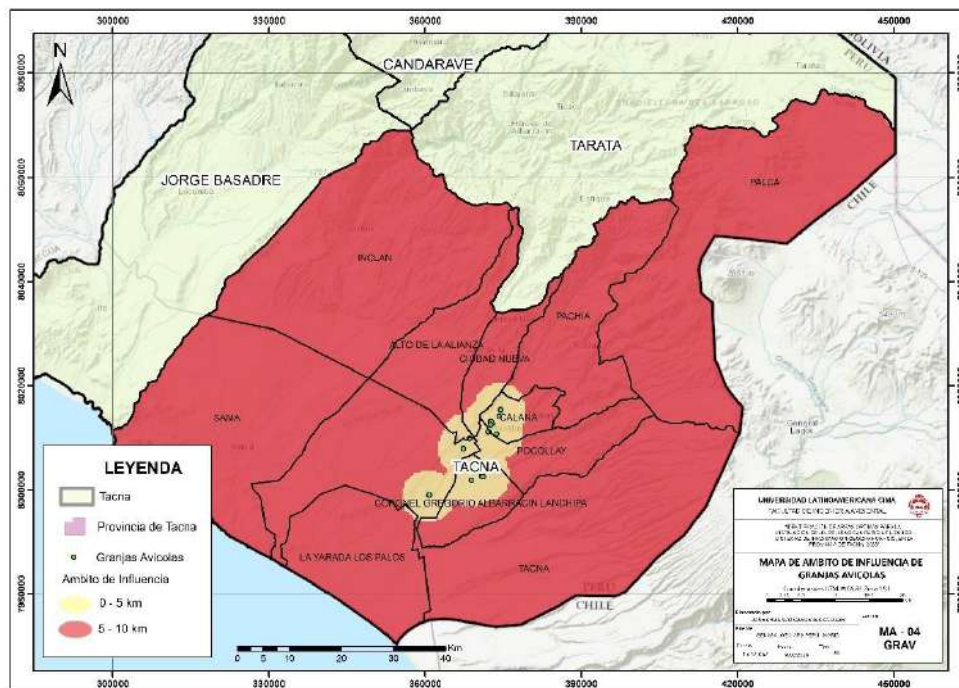
Mapa de Ubicación de granjas avícolas



Nota. Los puntos de color verde representan las granjas avícolas de la provincia Tacna.

Figura 17

Mapa de ámbito de influencia de granjas avícolas



Nota. El símbolo de color amarillo representa el límite permisible de granjas avícolas en las que no se puede construir un relleno sanitario.

4.1.5. Áreas agrícolas

Para la obtención de resultados de la quinta variable, se trabajó con la base de datos de Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, el administra las áreas de cobertura agrícola del Perú.

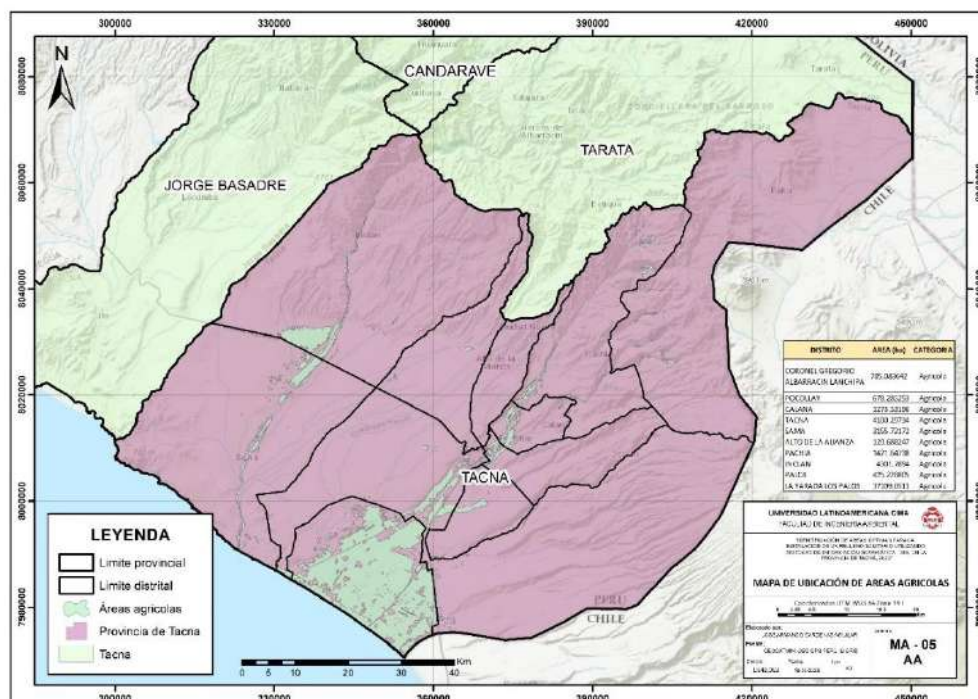
Para el presente estudio, la provincia de Tacna cuenta con 10 distritos que tienen cobertura agrícola Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa (705.1 ha), Pocollay (678.29 ha), Calana (1273.53 ha), Tacna (4100.3 ha), Sama (3155.72 ha), Alto de la Alianza (129, 9 ha), Pachía (1421.64 ha), Inclán (4301.64 ha), Palca (425.23 ha) y la Yarada Los Palos (37109.05 ha).

En la Figura 18, se observa el mapa de ubicación de áreas agrícolas, la cual en el mapa está representado por toda el área sombreada de color verde.

En la Figura 19, se muestra el mapa de ámbito de influencia de áreas agrícolas, las cuales, según el criterio y metodología establecidos por el Ministerio del Ambiente, dan como resultado que las áreas de color verde son áreas no aptas y las áreas de color guinda son áreas aptas.

Figura 18

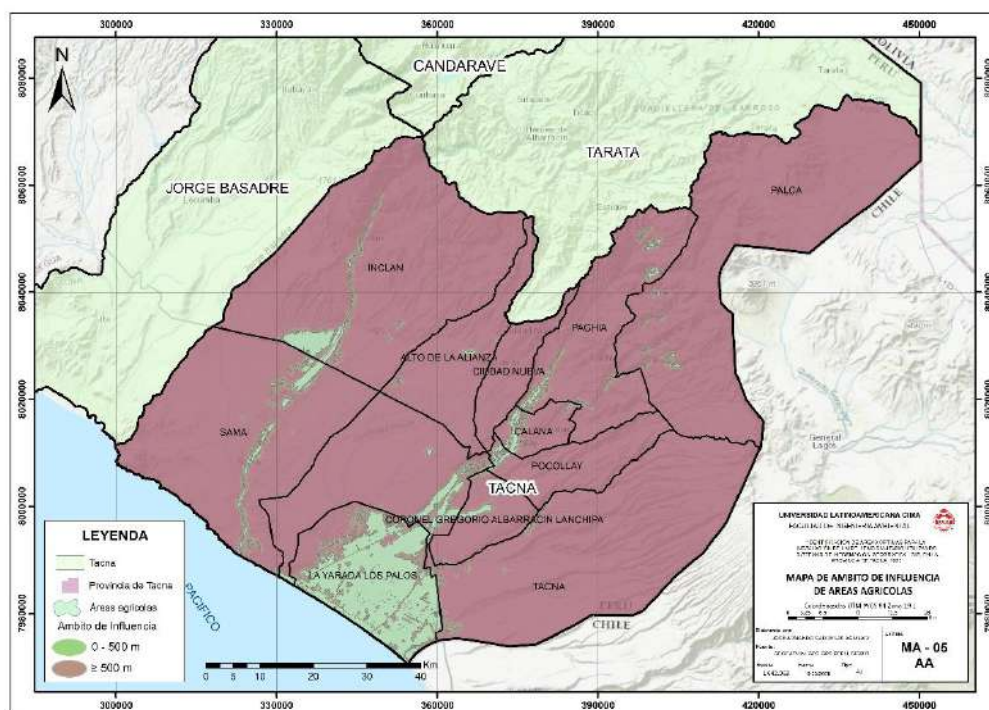
Mapa de ubicación de áreas agrícolas



Nota. El símbolo de color verde representa las áreas agrícolas de la provincia de Tacna

Figura 19

Mapa de ámbito de influencia de áreas agrícolas



Nota. Las áreas de color verde oscuro representan el límite permisible de áreas agrícolas en la que no se puede construir un relleno sanitario.

4.1.6. Fallas geológicas

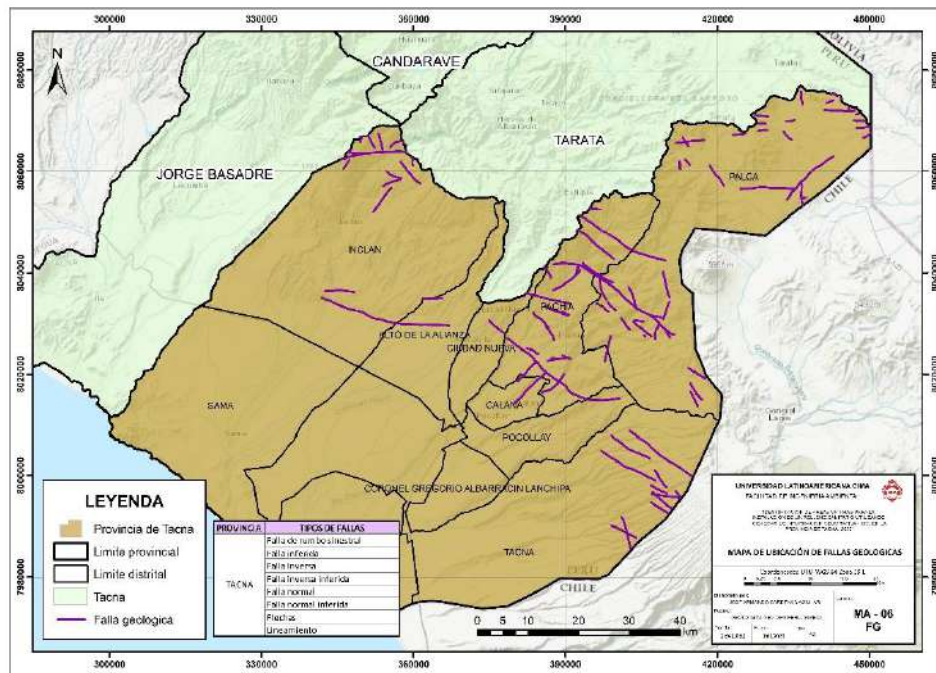
Los resultados de la sexta variable, se trabajó con la base de datos de INGEMET, el cual administra las fallas geológicas del Perú.

Para el presente estudio, la provincia de Tacna cuenta con 8 tipos de fallas geológicas; falla de rumbo siniestral, falla inferida, falla inversa, falla inversa inferida, Falla normal, Falla normal inferida, flechas y lineamiento.

Empleando la metodología de la guía del MINAM, en la Figura 20, nos muestra el mapa de ubicación de las fallas geológicas y en la figura 21, se aprecia el ámbito de influencia de las fallas geológicas, las cuales, en base al criterio de la guía del Ministerio del Ambiente, dieron como resultado que las áreas de color verde representan a áreas no aptas y las áreas de color naranja son áreas aptas para la construcción de un relleno sanitario.

Figura 20

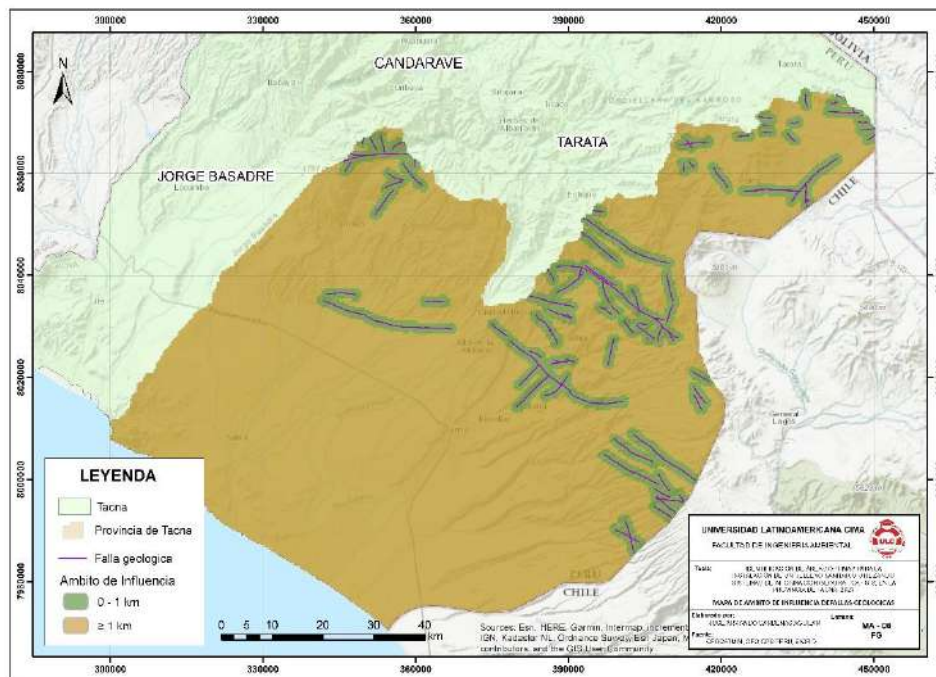
Mapa de ubicación de fallas geológicas



Nota. Las líneas lila representan la variable fallas geológicas de la provincia de Tacna

Figura 21

Mapa de ámbito de influencia de fallas geológicas



Nota. El área de color verde representa el límite permisible de fallas geológicas en las que no se puede construir un relleno sanitario.

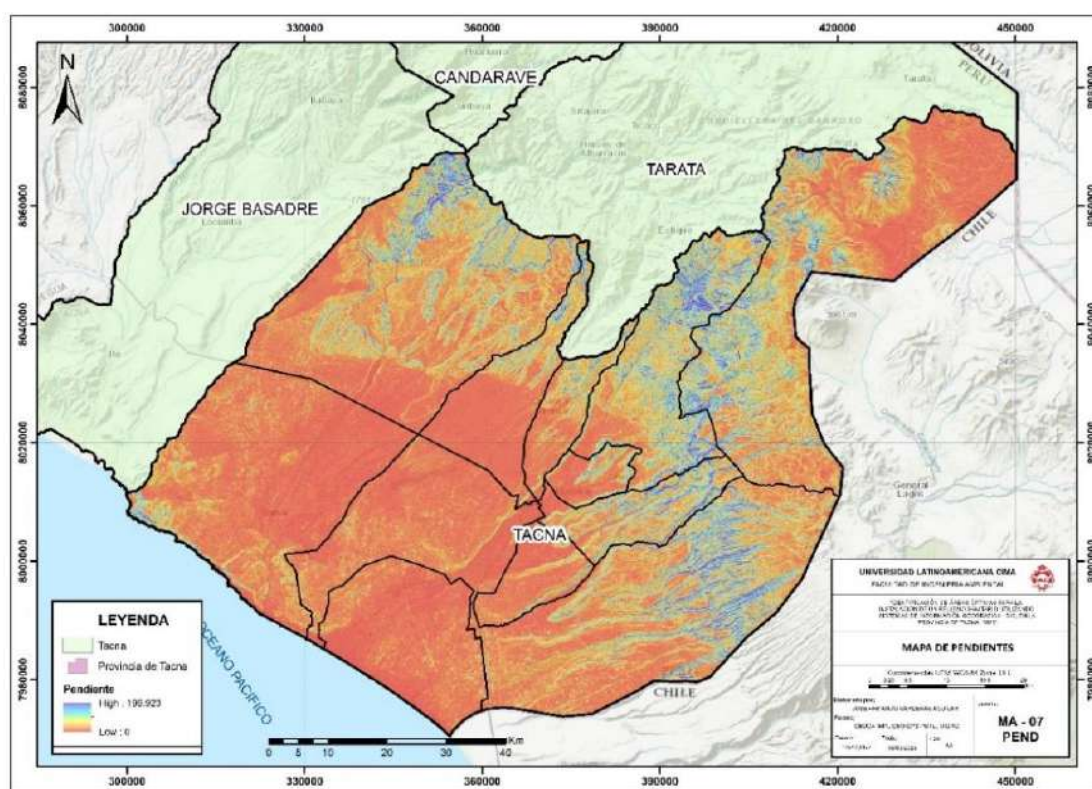
4.1.7. Pendientes

Para la obtención de resultados de la variable, se trabajó con imágenes raster del geoservidor del estado, el cual usando el software Qgis, aplicando la metodología de la guía del MINAM, nos da como resultado el mapa de pendiente, las se aprecia en la Figura 22.

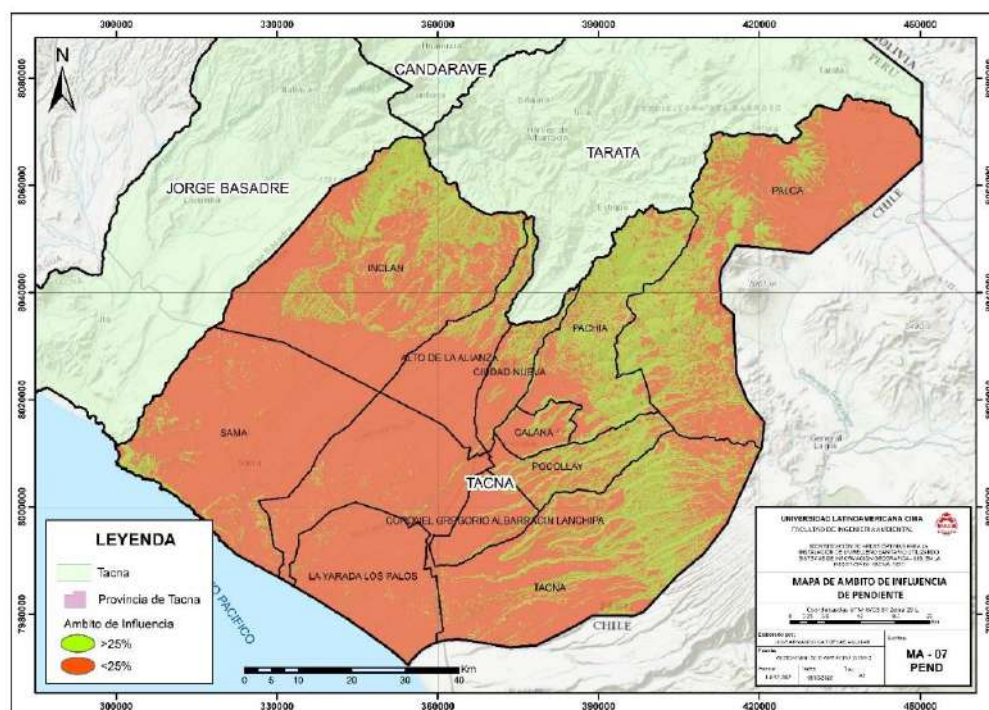
En la Figura 23, se aprecia el mapa de ámbito de influencia de pendientes, las cuales, aplicando la metodología de la guía de la guía del Ministerio del Ambiente, dieron como resultado que las áreas de color verde son áreas no aptas, y las de color naranja son áreas aptas.

Figura 22

Mapa de Pendiente



Nota. Las áreas de colores representan la pendiente de la provincia de Tacna

Figura 23*Mapa de ámbito de influencia de Pendiente*

Nota. Las áreas de color verde representan la pendiente no óptima para construir un relleno sanitario.

4.3. Delimitación de las áreas con exclusión para la instalación de rellenos sanitarios en la Provincia de Tacna.

4.3.1. Áreas Naturales Protegidas

Para el presente estudio se trabajó con el Área de conservación Vilacota Maure, el cual se ubica en el distrito de Palca, Tarata, Susapaya, Candarave y Ticaco, cuya área bordea aproximadamente 124 313,18 ha.

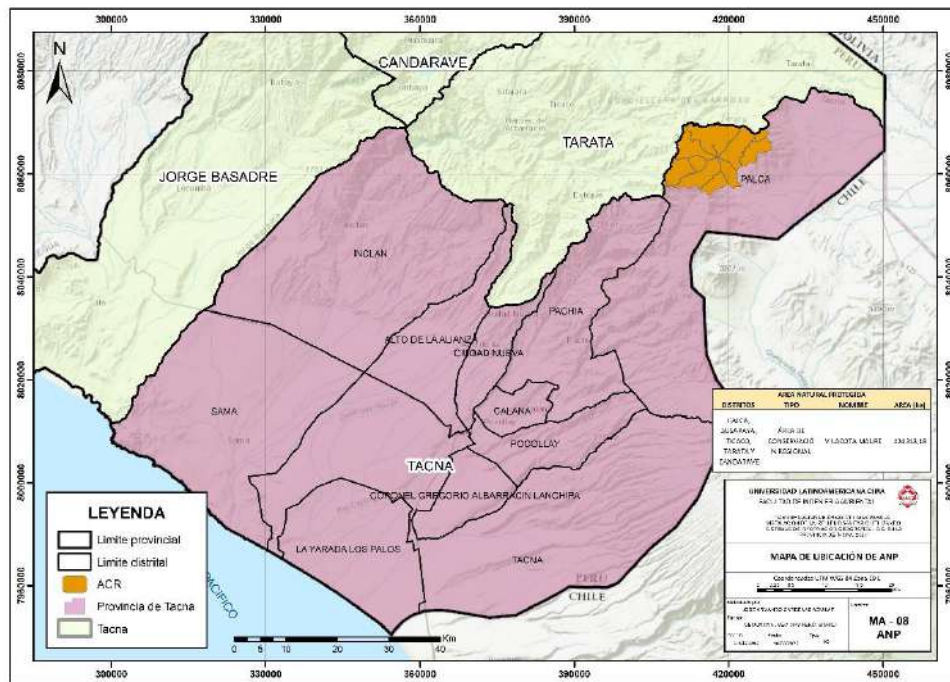
Empleando la metodología de la guía del MINAM, se elaboró dos mapas que plasman los resultados de la primera variable de las exclusiones.

En la Figura 24, se observa el mapa de ubicación del área de conservación regional Vilacota Maure.

En la Figura 25, se observa el mapa de ámbito de influencia del área de conservación regional Vilacota Maure, que, en base a la metodología del Ministerio del ambiente, nos dan como resultado lo siguiente: áreas de color verde, son áreas no aptas y áreas de color naranja son áreas aptas.

Figura 24

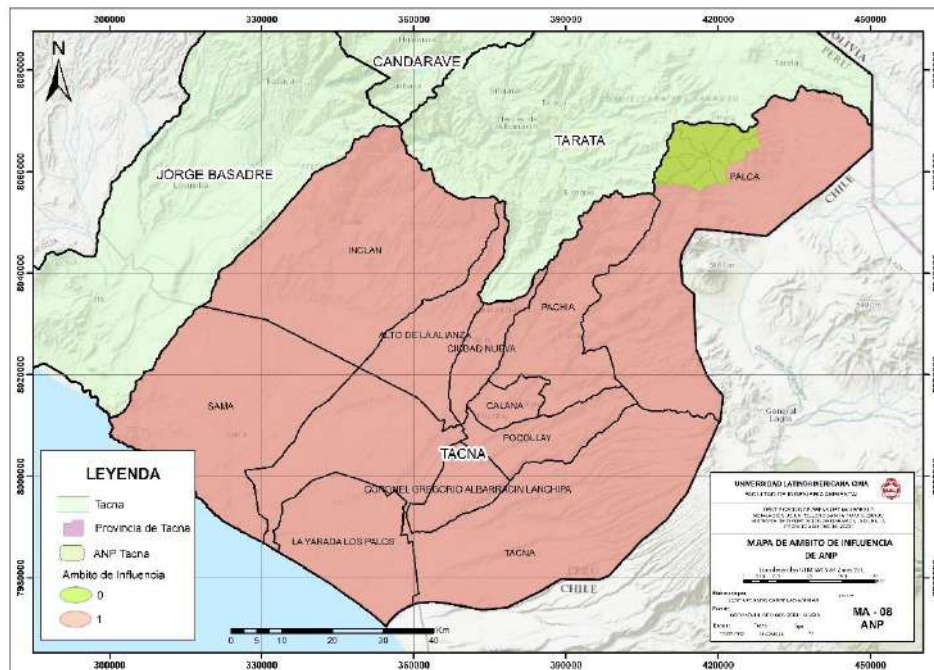
Mapa de ubicación de ANP



Nota. El área de color naranja representa el ACR Vilacota Maure

Figura 25

Mapa de Ámbito de Influencia de ANP



Nota. El área de color verde representa el área en la que no se puede construir un relleno sanitario

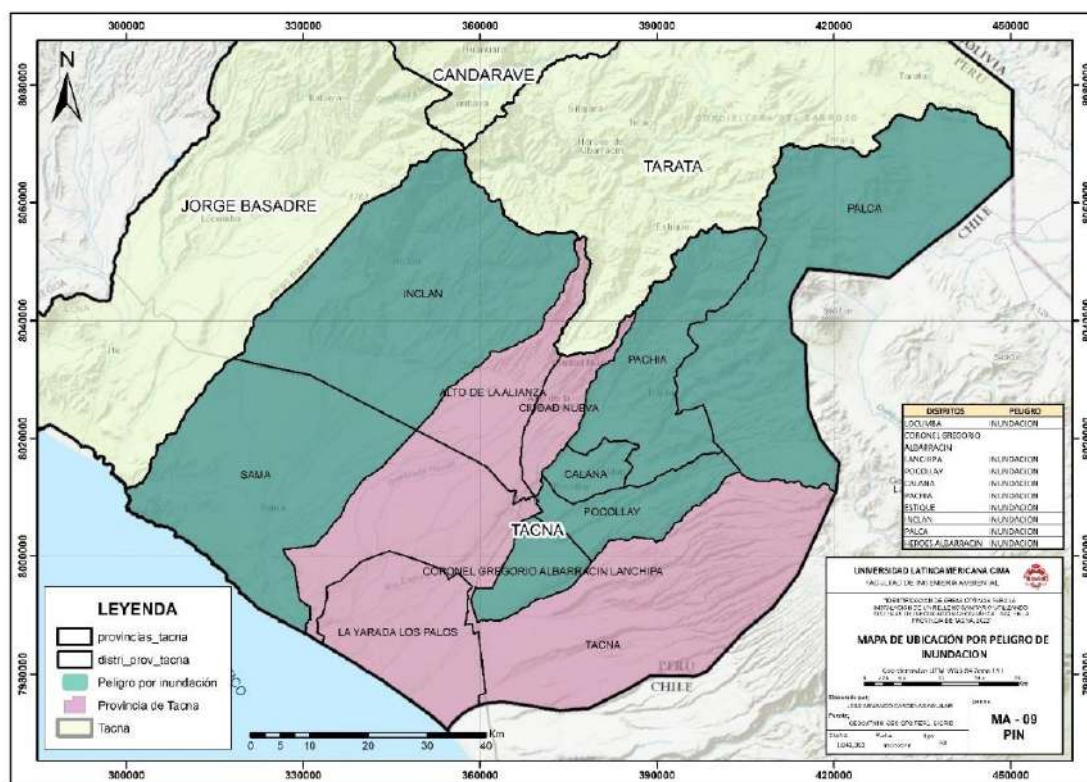
4.3.2. Peligros por inundación

Para el presente estudio se trabajó con Áreas que se encuentran en peligro por inundación, cuya información se obtuvo de SIGRID CENEPRED, y se puede apreciar en la Figura 26.

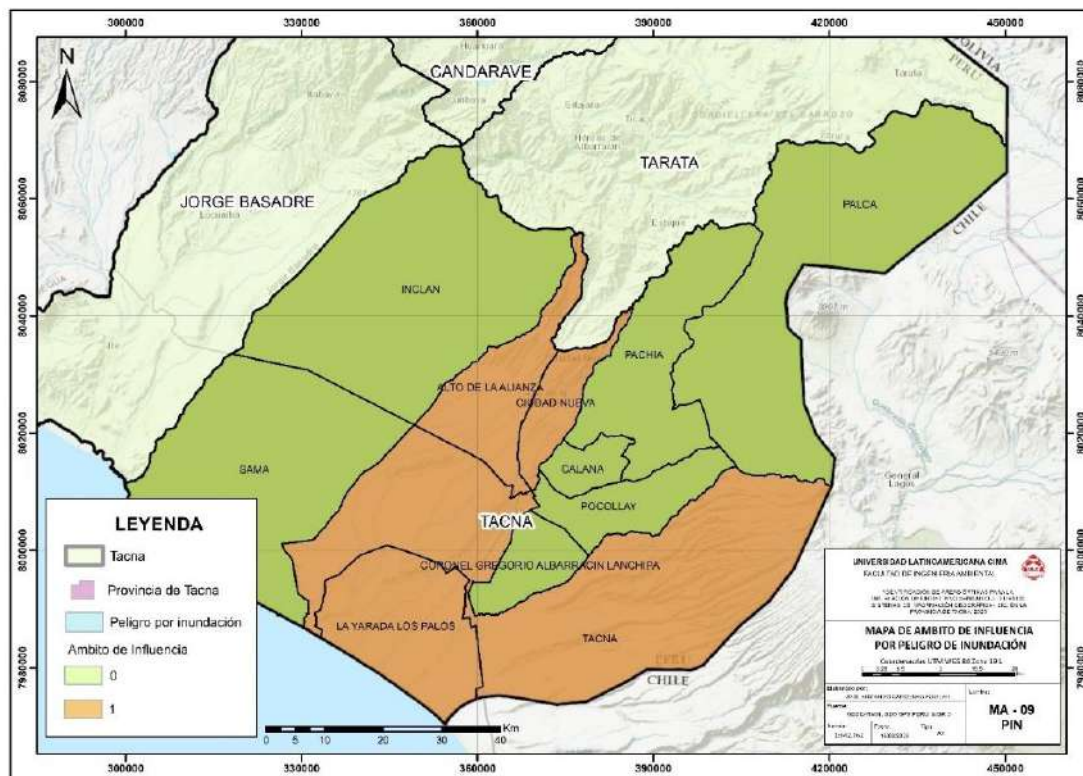
En la Figura 27, se observa el mapa de ámbito de influencia de peligros por inundación, que en base al criterio y metodología de la guía del Ministerio del Ambiente se obtuvo que las áreas de color verde son áreas no aptas y las de color naranja son áreas aptas.

Figura 26

Mapa de ubicación de peligros por inundación



Nota. El área de color verde representa zonas de peligro por inundación

Figura 27*Mapa de ámbito de influencia de peligros por inundación*

Nota. El área de color verde claro representa zonas en las que no se puede construir un relleno sanitario.

4.3.3. Zonas de acuíferos

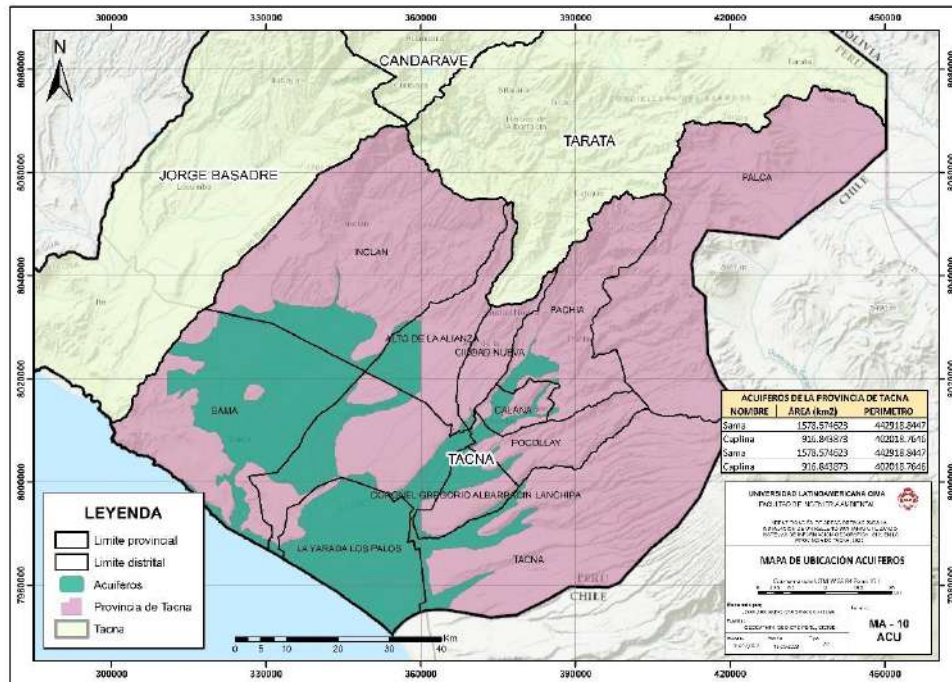
Para el presente estudio se trabajó con la base de datos de la Autoridad Nacional del Agua, el cual administra las fuentes de agua superficiales y subterráneas.

Empleando la metodología de la guía del MINAM, se realizó los mapas de ubicación y ámbito de influencia, las cuales se aprecian en la figura 28 y 29.

En la figura 29, se aprecia el mapa de ámbito de influencia de zonas de acuíferos, las cuales en base al criterio y metodología del Ministerio del Ambiente se obtuvo como resultado que las áreas de color verde son ras no aptas y las de color naranja son áreas aptas para la instalación de una infraestructura de disposición final de residuos sólidos.

Figura 28

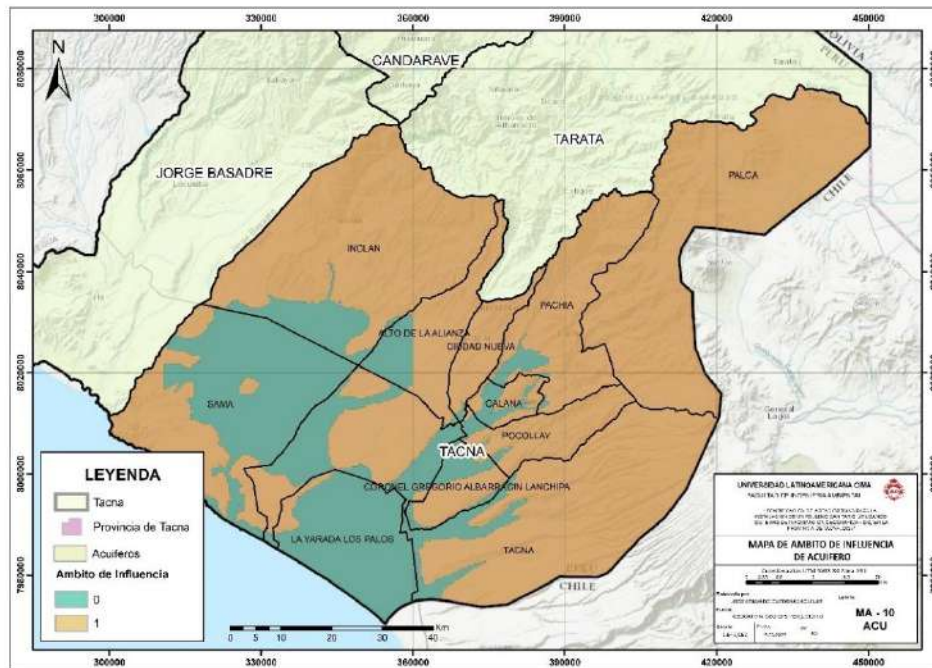
Mapa de ubicación de acuíferos



Nota. Las áreas de color celeste representan los acuíferos de la provincia de Tacna

Figura 29

Mapa de ámbito de influencia de acuíferos



Nota. Las áreas de color celeste representan las zonas en la que no se puede construir un relleno sanitario

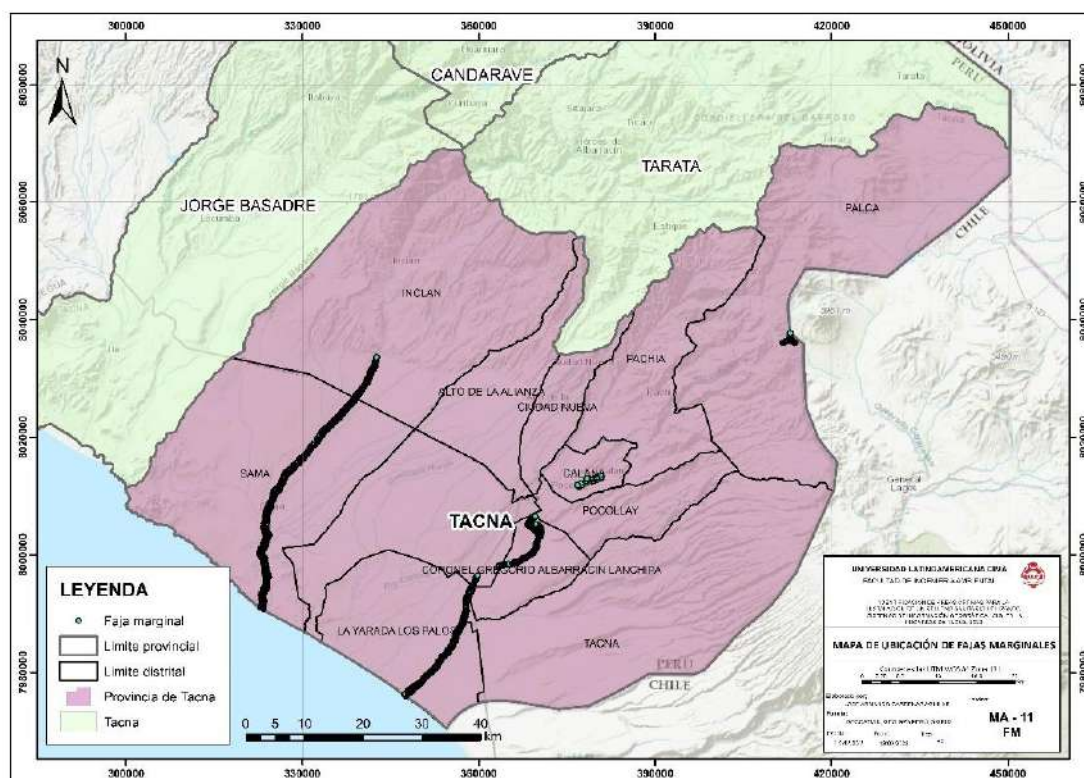
4.3.4. Faja marginal

Para el presente estudio se trabajó con la base de datos de la Autoridad Nacional del Agua, el cual administra las fuentes de agua superficiales y subterránea, asimismo las fajas marginales de las riberas de los ríos.

En la Figura 30, se observa el mapa de ubicación de la faja marginal, y en la Figura 31 se aprecia el mapa de ámbito de influencia de las fajas marginales, las cuales, en base a la guía del Ministerio del Ambiente, dieron como resultado que las áreas de color azul son áreas no aptas para la construcción de un relleno sanitario y las áreas de color verde son áreas aptas para la construcción de dicha infraestructura.

Figura 30

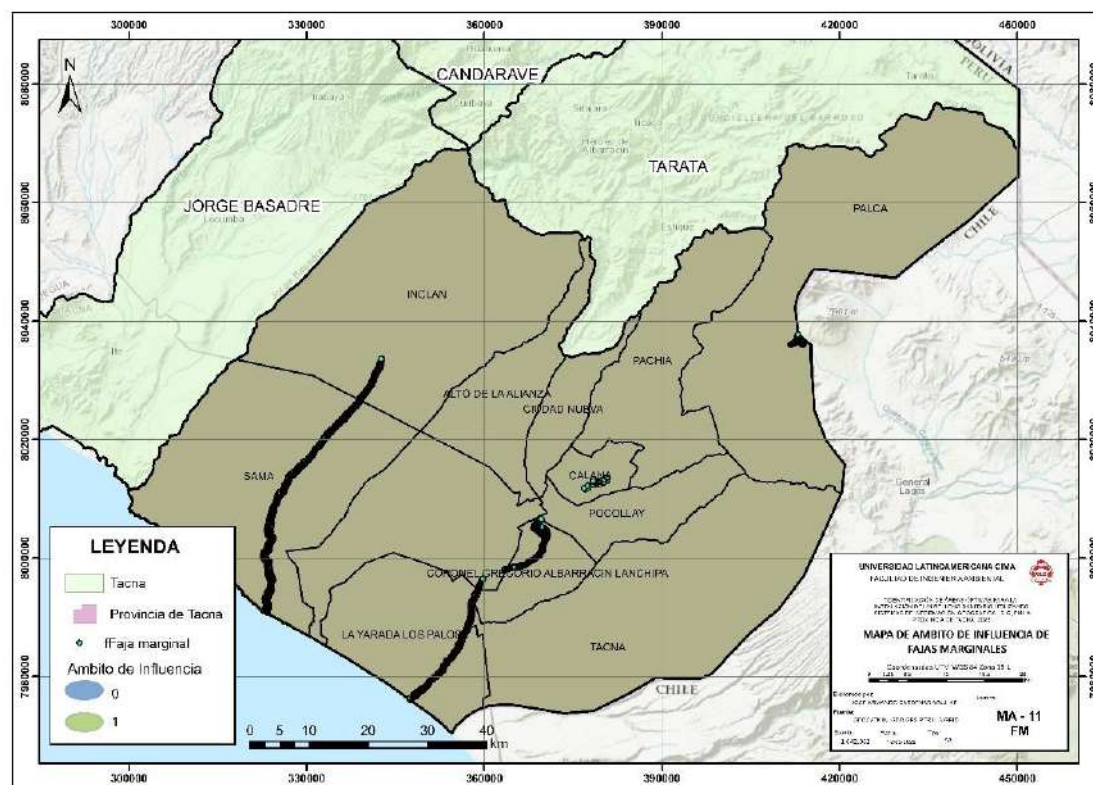
Mapa de ubicación de faja marginal



Nota. La línea de color negro representa la faja marginal de la provincia de Tacna

Figura 31

Mapa de ámbito de influencia de faja marginal



Nota. La franja de color negro representa la zona donde no se puede construir un relleno sanitario

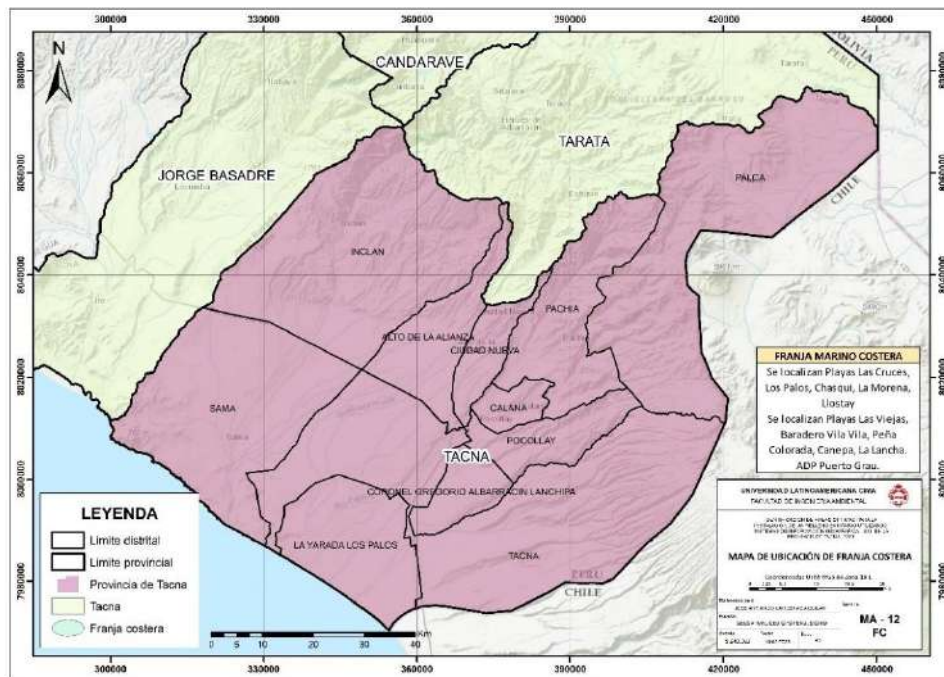
4.3.5. Franja marino-costera

Para el presente proyecto se trabajó con la franja costera del océano pacífico, el cual comprende diversos sectores costeros de la provincia de Tacna, entre ellas tenemos; Playas Las Viejas, Baradero Vila Vila, Peña Colorada, Canepa, La Lancha. ADP Puerto Grau.

Con la guía del Ministerio del Ambiente, se realizó dos mapas temáticos en donde se aprecia el mapa de ubicación con la figura 31 y el mapa de ámbito de influencia con la figura 33, las cuales en base en la mencionada guía se aprecia que el color amarillo son áreas no aptas para a construcción de un relleno sanitario y el color verde son áreas aptas.

Figura 32

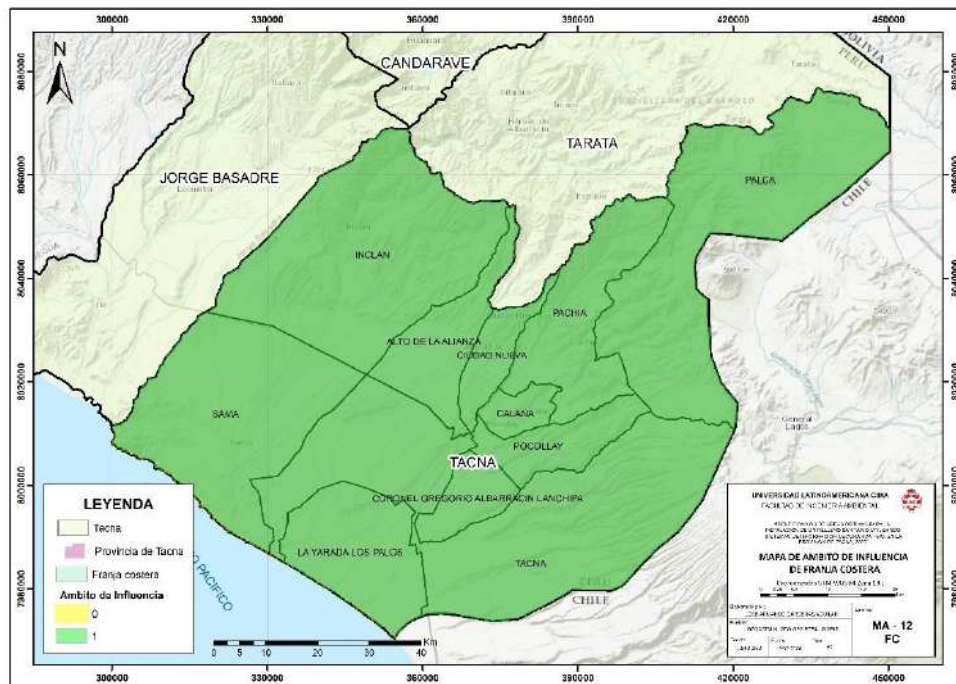
Mapa de ubicación de franja marino-costera



Nota. La línea de color celeste representa la franja marino-costera de la provincia de Tacna

Figura 33

Mapa de ámbito de influencia de franja marino costera



Nota. La franja de color amarillo representa las áreas en las que no se puede construir un relleno sanitario

4.3.6. Patrimonio cultural

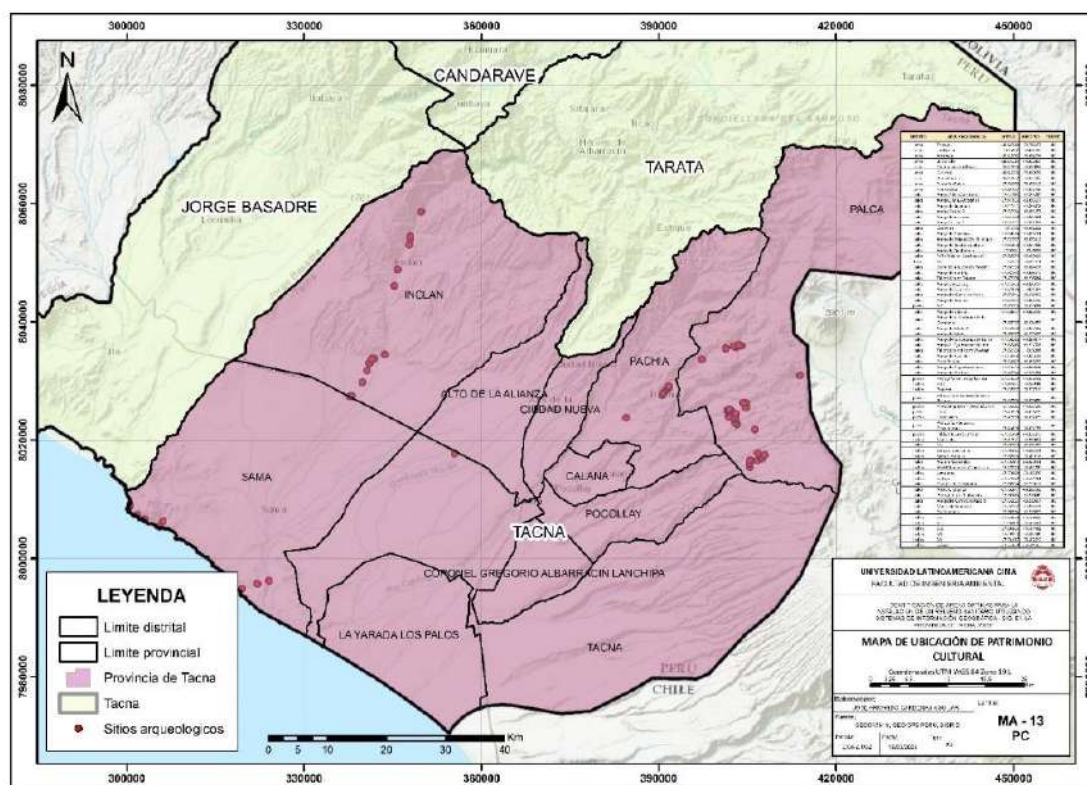
Para la presente variable, se trabajó con 9 sitios arqueológicos del distrito de Sama, 39 sitios arqueológicos del distrito de Palca, 8 sitios arqueológicos del distrito de Pachia, 14 sitios arqueológicos del distrito de Inclán.

En la figura 34, se aprecia el mapa de ubicación del patrimonio cultural, el cual en el mapa esta plasmada con puntos de color rojo.

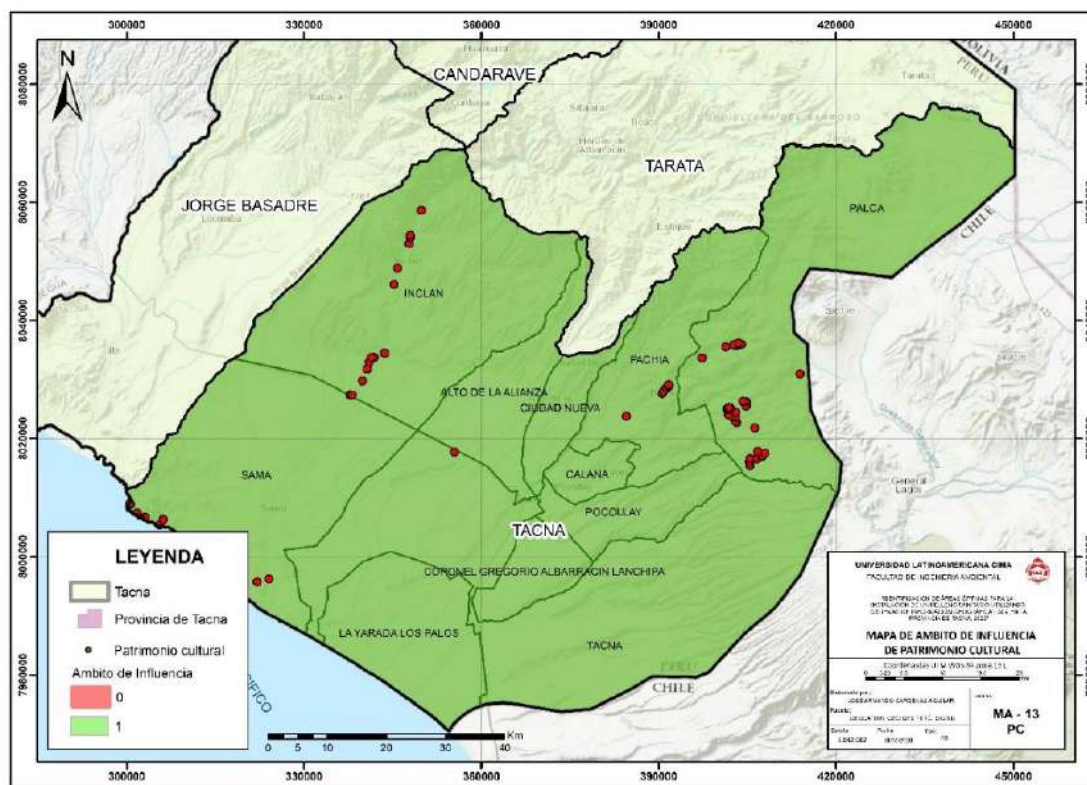
En la Figura 35, se aprecia el mapa de ámbito de influencia de patrimonios culturales, las cuales, en base a la guía del Ministerio del Ambiente, se aplicó la metodología y dio como resultado que las áreas de color rojo son áreas no aptas para la construcción de un relleno sanitario, y las áreas de color verde son áreas aptas.

Figura 34

Mapa de ubicación de patrimonio cultural



Nota. Los puntos de color rojo representan los sitios arqueológicos de la provincia de Tacna.

Figura 35*Mapa de ámbito de influencia de patrimonio cultural*

Nota. Los puntos de color rojo representan las áreas en las que no se podrá construir un relleno sanitario.

4.3.7. Concesiones mineras

Para la presente variable se trabajó con las concesiones mineras de los diferentes distritos de la provincia de Tacna, entre ellas tenemos minería metálica 1218 concesiones y no metálica 1038 concesiones.

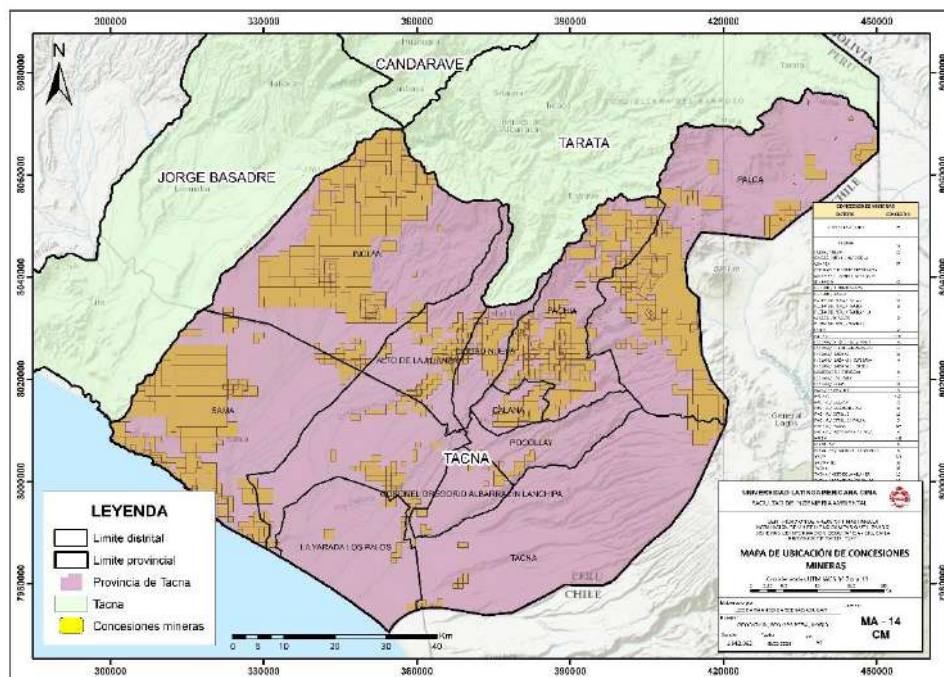
Con la guía del Ministerio del Ambiente, nos dan como resultado áreas en las cuales no se puede ubicar un relleno sanitario “0” y áreas en las cuales, si se puede “1”.

En la Figura 36, se observa el mapa de ubicación de concesiones mineras de la provincia de Tacna.

En la Figura 37, se muestra el mapa de ámbito de influencia de concesiones mineras que, en base a la guía del Ministerio del Ambiente, nos dieron resultado lo siguientes; áreas no optimas de color amarillo y áreas optimas de color morado.

Figura 36

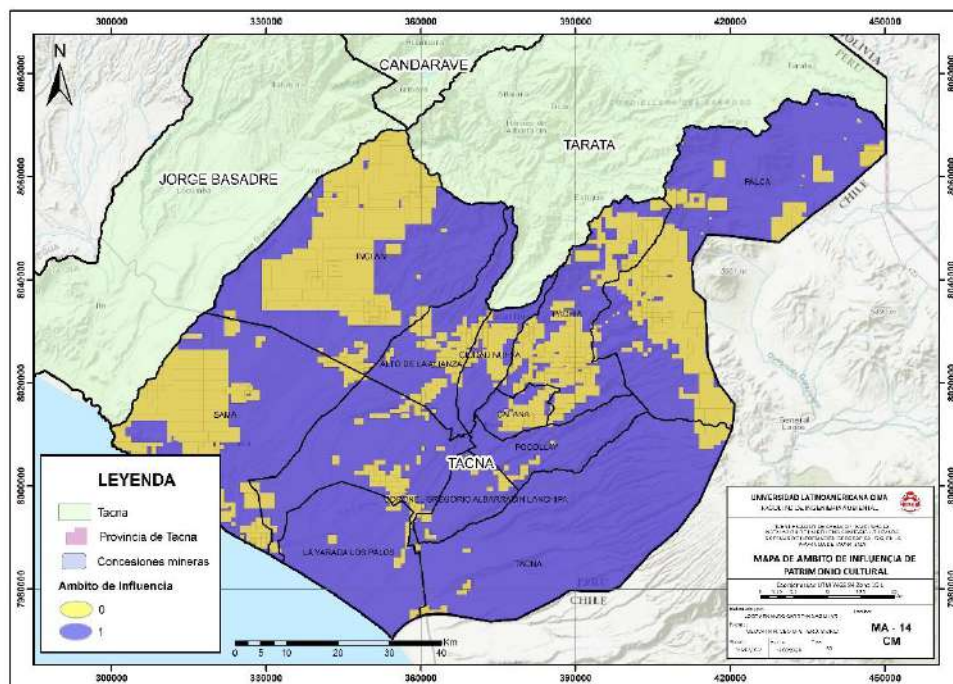
Mapa de ubicación de concesiones mineras



Nota. Las áreas de color naranja representan las zonas de concesiones mineras de la provincia de Tacna.

Figura 37

Mapa de ámbito de influencia de concesiones mineras



Nota. Las áreas de color amarillo representan las reas en la que no se puede construir

4.3.8. Comunidades campesinas

Para el presente trabajo se encontraron 11 comunidades campesinas ubicadas en los distritos de ciudad nueva, Pachia, Inclan y Palca.

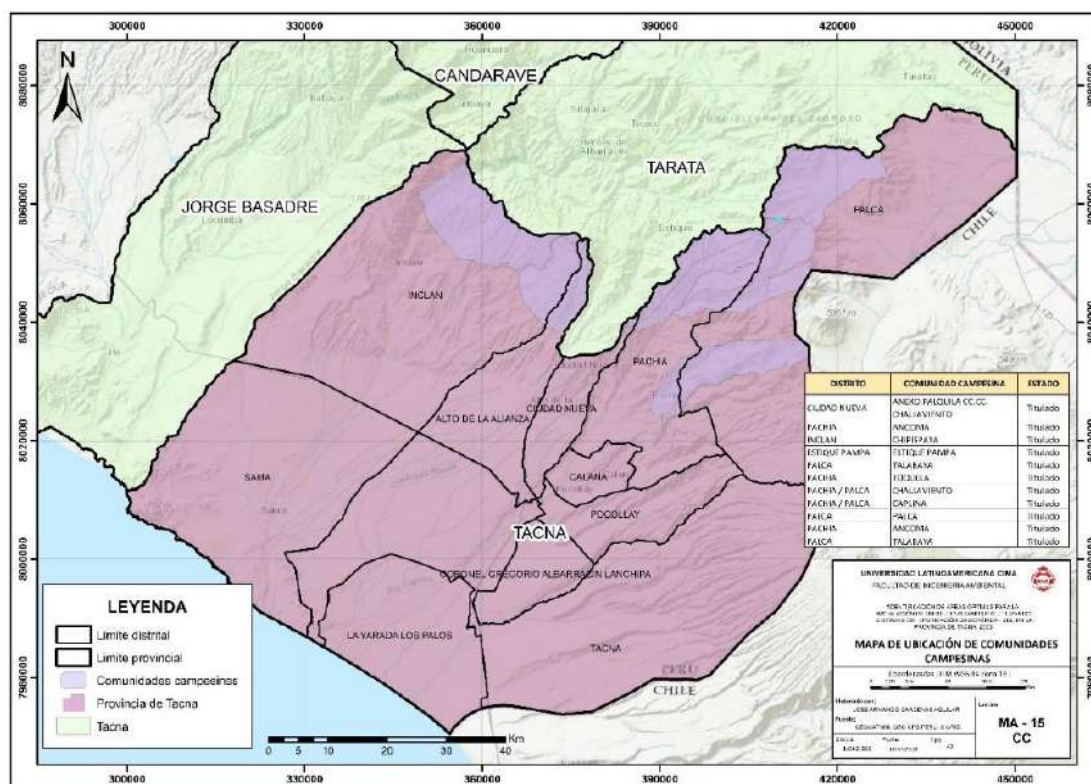
Con la guía del Ministerio del Ambiente, nos dan como resultado áreas en las cuales no se puede ubicar un relleno sanitario “0” y áreas en las cuales, si se puede “1”.

En la Figura 38, se observa el mapa de ubicación de comunidades campesinas. El cual está plasmado en el mapa de color lila.

En la Figura 38, se muestra el mapa de ámbito de influencia de las comunidades campesinas, en las cuales en base a la guía del Ministerio del Ambiente se obtuvo que las áreas de color guinda son áreas no aptas y las áreas de color verde son áreas aptas.

Figura 38

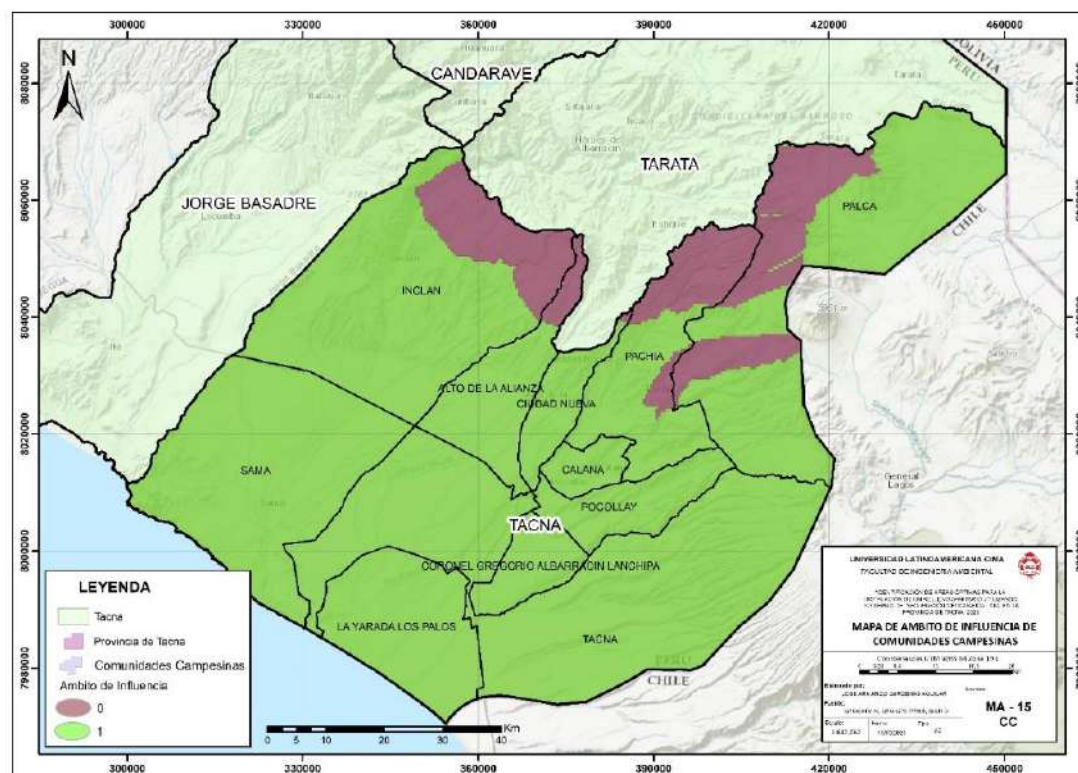
Mapa de ubicación de comunidades campesinas



Nota. Las áreas de color morado representan las comunidades campesinas de la provincia de Tacna

Figura 39

Mapa de ámbito de influencia de comunidades campesinas



Nota. Las áreas de color lila representan áreas en las que no se podrá construir un relleno sanitario

4.4. Validación de las alternativas de áreas óptimas existentes para la instalación de un relleno sanitario en la Provincia de Tacna.

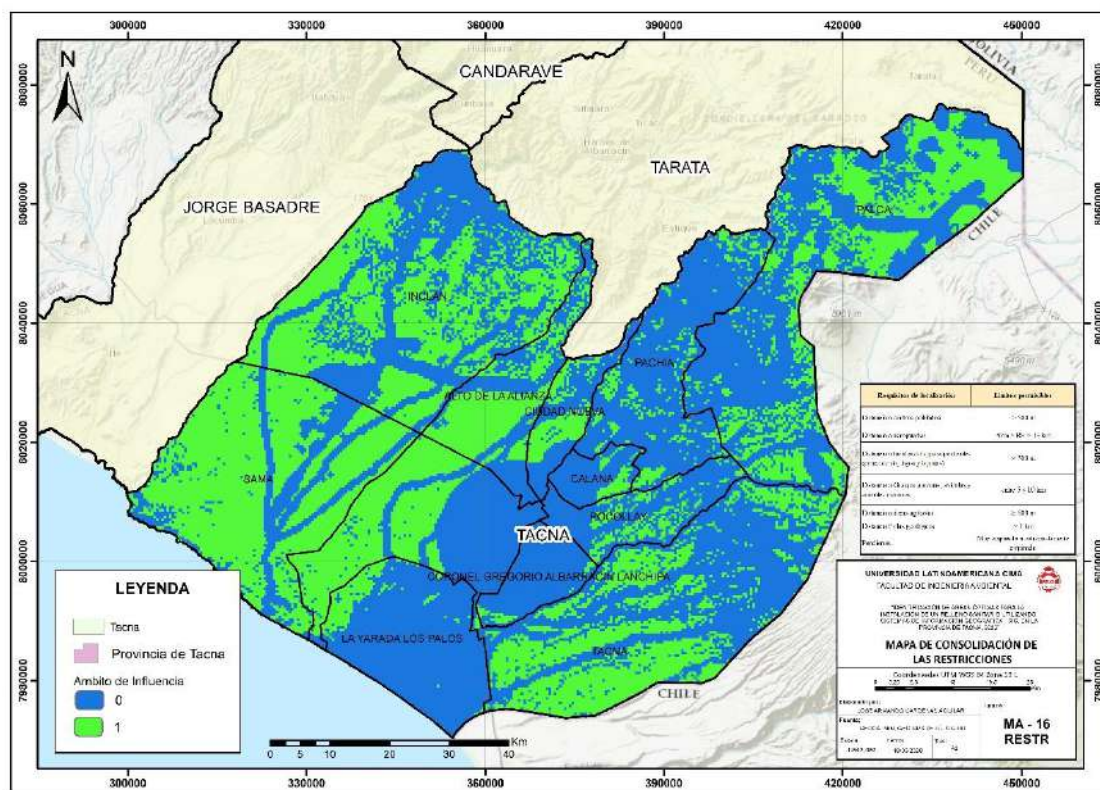
4.4.1. Resultados de las variables de restricciones

Para la obtención del mapa de áreas óptimas aplicando las variables de las restricciones establecidos en la guía del Ministerio del Ambiente, se usó la herramienta *Arctoolbox/Spatial Analyst Tools/Map algebra/Raster calculator* del software Qgis donde se programó en dos categorías “0” áreas no aptas y “1” áreas óptimas, para que nos den los resultados requeridos.

En la Figura 40, se observa el mapa de áreas óptimas del criterio de las restricciones, el cual comprende 353318.93 ha de áreas óptimas y 462084.25 ha no aptas.

Figura 40

Mapa de áreas óptimas en base a las restricciones



Nota. Las áreas de color verde representan zonas óptimas para construir un relleno sanitario en base al criterio de las restricciones.

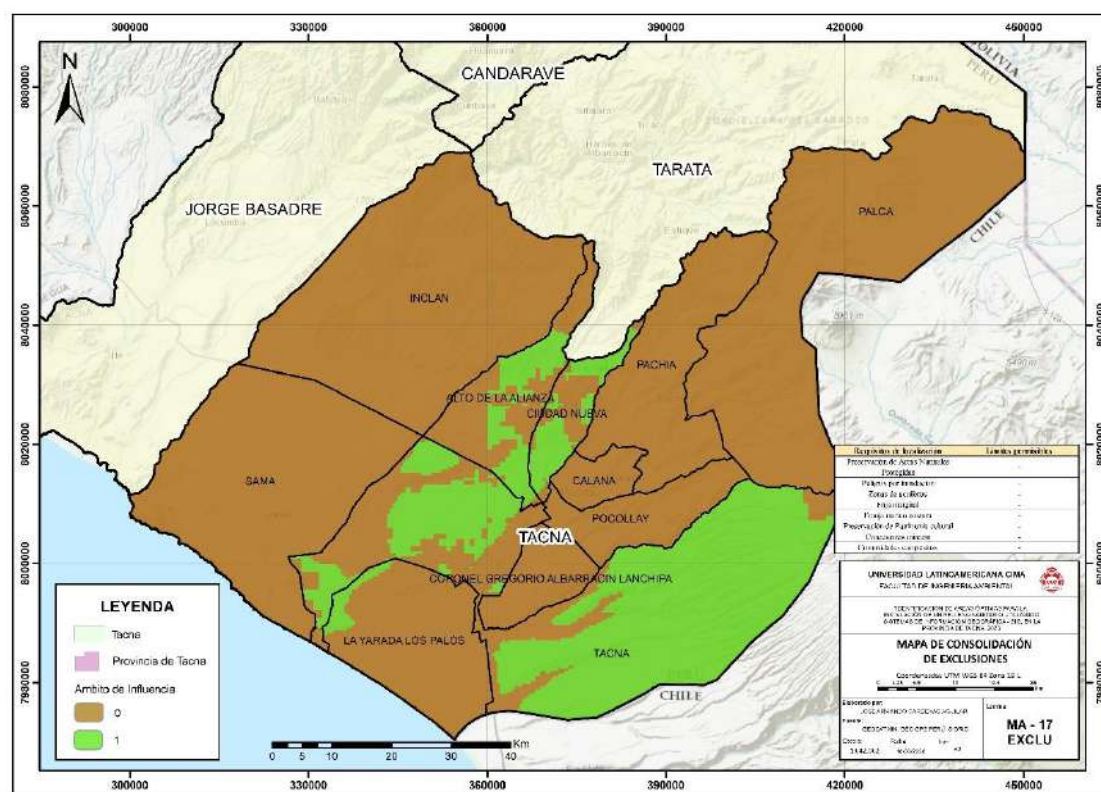
4.4.2. Resultados de las variables de las exclusiones

Otros de los resultados que se obtuvo es de la compilación de las variables del criterio exclusiones, para la realización del mapa de exclusiones nos dirigimos al software Qgis, posterior a ello se usó la herramienta Arctoolbox/Spatial Analyst Tools/Map algebra/Raster calculator del software Qgis donde se programó en dos categorías “0” áreas no aptas y “1” áreas óptimas.

En base a la metodología establecida en la guía del Ministerio del Ambiente se obtuvo que las áreas de color marrón, son áreas no óptimas para la construcción de un relleno sanitario el cual comprende un área de 651286.89 ha, y las áreas de color verde son áreas aptas para dicha construcción el cual comprende un área de 168861.01 ha, el cual se puede apreciar en la Figura 40.

Figura 41

Mapa de áreas óptimas en base a las exclusiones



Nota. Las áreas de color verde representan zonas óptimas para construir un relleno sanitario en base al criterio de las exclusiones.

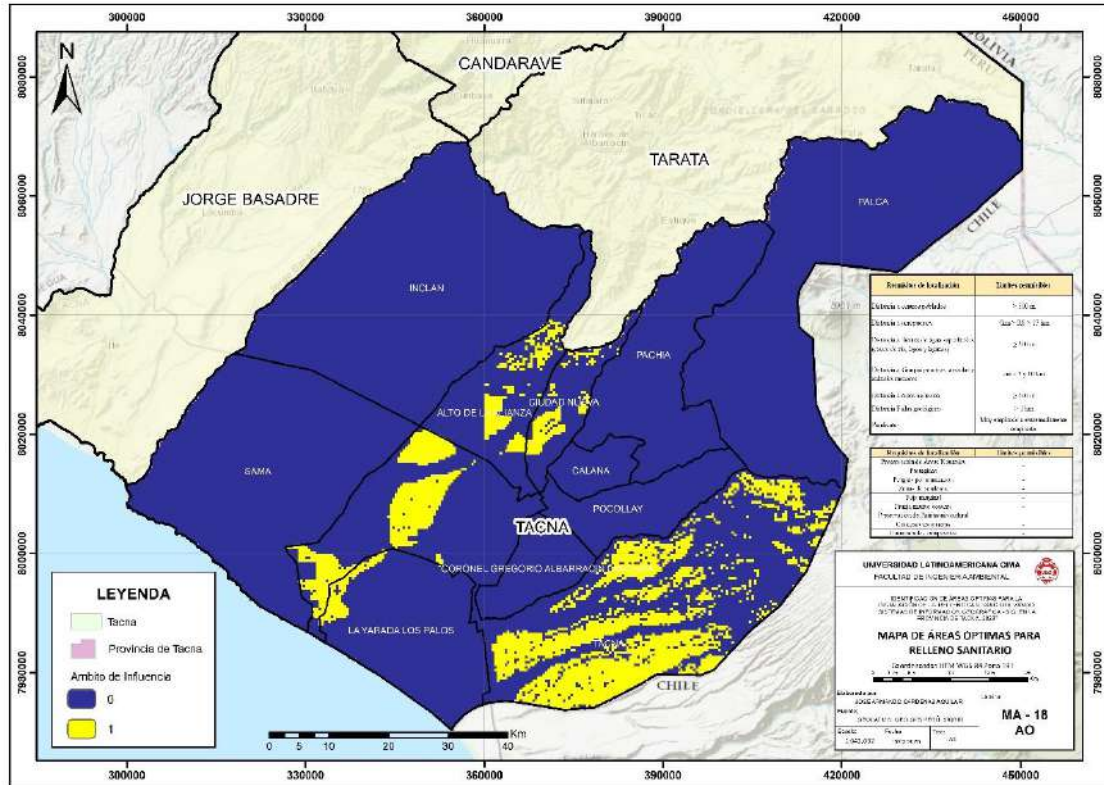
4.4.3. Áreas óptimas producto de la superposición de los criterios establecidos en Guía del Ministerio del Ambiente

Para la obtención de las áreas óptimas se aplicó el mismo procedimiento igual que en los anteriores mapas, el cual consiste en la compilación de los dos criterios restricciones y exclusiones, para ello se usó el software Qgis, y se empleó la herramienta *Arctoolbox/Spatial Analyst Tools/Map algebra/Raster calculator* del software Qgis, en la cual se programó para que nos de los resultados en dos categorías; áreas no aptas “0” y áreas óptimas “1”.

En la figura 42, se aprecia el mapa de posibles áreas óptimas de la provincia de Tacna, en la cual se detallan que las áreas de color azul, son áreas en las que no se pudo construir un relleno sanitario, y las áreas de color amarillo son áreas en las que sí se puede.

Figura 42

Áreas óptimas en base a la guía del Ministerio del Ambiente empleando el software Qgis

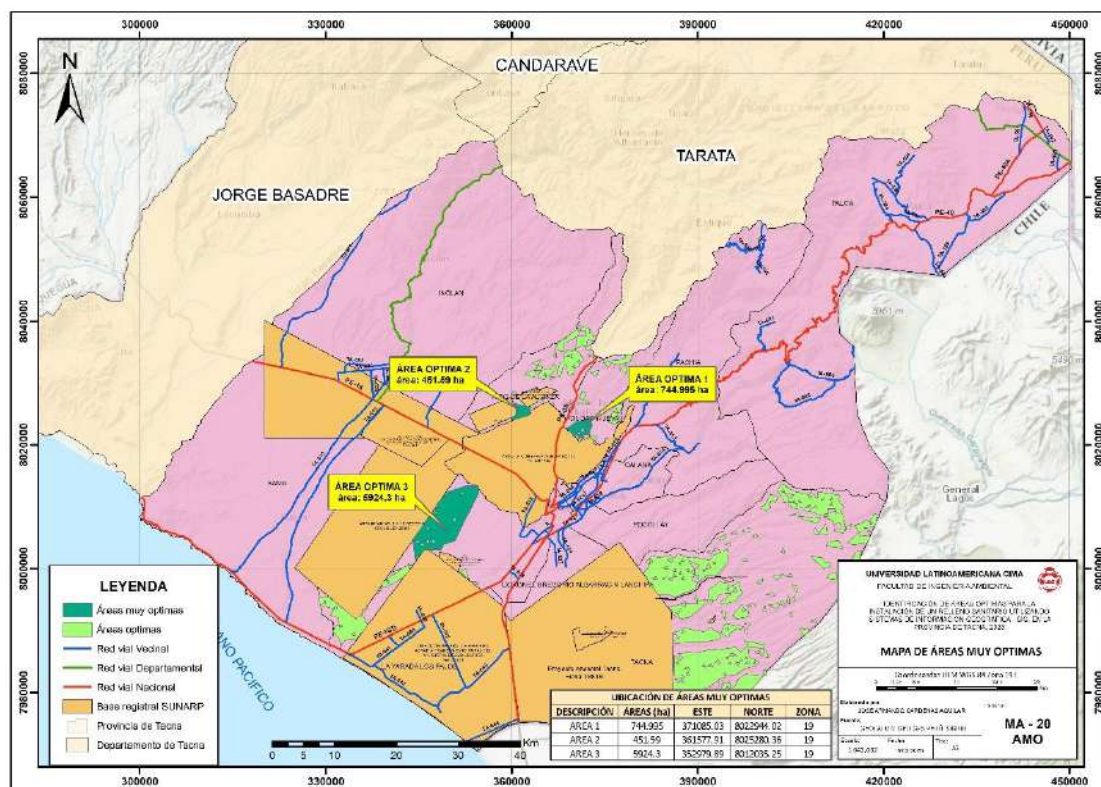


Nota. Las áreas de color amarillo representan zonas en las que se puede construir un relleno sanitario según la “Guía para la identificación de zonas potenciales para infraestructura de disposición final de residuos sólidos municipales”, por el MINAM, 2021.

Empleando criterios complementarios (vías de acceso nacionales, departamentales y vecinales, Plan de Desarrollo Urbano 2015 – 2025, distancia al distrito más cercano y el Registro Catastral de SUNARP), se obtuvo 90 áreas óptimas y 3 áreas muy óptimas.

Figura 43

Mapa de Áreas Muy Optimas empleando criterios complementarios



Nota. Las áreas de color verde oscuro representas las tres áreas idóneas donde se podrá construir un relleno sanitario.

Tabla 23

Ficha técnica de la primera área muy óptima

FICHA TÉCNICA ÁREA MUY ÓPTIMA 1			
DESCRIPCIÓN			
Se ubica en el extremo derecho de la carretera Tacna - Tarata a una distancia de 1.63 km, cuya superficie presenta la condición óptima para la construcción de un relleno sanitario.			
COORDENADAS DE UBICACIÓN			
VÉRTICE	ESTE	NORTE	ZONA
P1	368770.2525	8022571.57	19 S
P2	370259.4763	8023638.955	19 S
P3	371755.3782	8024033.609	19 S
P4	372600.78	8024570.335	19 S
P5	372968.213	8023191.66	19 S
P6	372361.7956	8021715.952	19 S
P7	371506.1776	8021715.952	19 S
P8	371506.1776	8021288.143	19 S
P9	370807.0778	8020940.64	19 S
P10	370650.5596	8021715.952	19 S
P11	371078.3686	8021715.952	19 S
P12	371078.3686	8022143.761	19 S
P13	372050.5805	8022315.117	19 S
P14	371316.3086	8022699.781	19 S
P15	371078.3686	8022143.761	19 S
P16	370650.5596	8022143.761	19 S
P17	370650.5596	8021715.952	19 S
P18	369989.6151	8021444.348	19 S
P19	369616.3333	8021965.153	19 S
ÁREA		745 ha	
PERIMETRO		16786.49 m	
IMAGEN REFERENCIAL			
<p>LEYENDA</p> <ul style="list-style-type: none"> Vía de acceso Área muy óptima 1 Road vial Nacional <p>UBICACIÓN DEL ÁREA MUY ÓPTIMA 1</p> <p>UNIVERSIDAD LATINOAMERICANA OCHA FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL</p> <p>IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA MUY ÓPTIMA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN RELLENO SANITARIO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE TACNA, DEPARTAMENTO DE TACNA, PERÚ</p> <p>MA - 21 UO1</p>			

Tabla 24

Ficha técnica de la segunda área muy óptima

FICHA TÉCNICA ÁREA MUY ÓPTIMA 2			
DESCRIPCIÓN			
Se ubica en el extremo Izquierdo de la carretera Tacna - Tarata a una distancia de 7.93 km, cuya superficie presenta la condición óptima para la construcción de un relleno sanitario.			
COORDENADAS DE UBICACIÓN			
VÉRTICE	ESTE	NORTE	ZONA
P1	359765.094	8023923.076	19 S
P2	362737.2946	8024771.801	19 S
P3	362949.998	8025994.042	19 S
P4	360510.3653	8026690.939	19 S
P5	360722.8532	8024982.647	19 S
P6	360145.5761	8024520.374	19 S
ÁREA		451.59 ha	
PERIMETRO		10038.036 m	
IMAGEN REFERENCIAL			

Tabla 25

Ficha técnica de la tercera área muy óptima

FICHA TÉCNICA ÁREA MUY ÓPTIMA 3			
DESCRIPCIÓN			
Se ubica en el extremo izquierdo de la carretera Panamericana a una distancia de 7.211 km, cuya superficie presenta las condiciones óptimas para la construcción de un relleno sanitario.			
COORDENADAS DE UBICACIÓN			
VÉRTICE	ESTE	NORTE	ZONA
P1	344386.3612	8001399.302	19 S
P2	346039.2023	8003119.611	19 S
P3	348605.8147	8003067.232	19 S
P4	349041.9271	8003966.155	19 S
P5	350856.7371	8004555.072	19 S
P6	354628.9644	8012118.901	19 S
P7	354603.0946	8013386.681	19 S
P8	352320.2184	8013340.092	19 S
P9	349806.1127	8012479.558	19 S
P10	347951.0161	8010548.738	19 S
P11	347548.8746	8009309.492	19 S
P12	348070.4692	8009163.04	19 S
P13	347695.3269	8008787.897	19 S
P14	347548.8746	8009309.492	19 S
P15	343983.6224	8004754.093	19 S
ÁREA		5924 ha	
PERIMETRO		48588.72 m	
IMAGEN REFERENCIAL			

4.5. Comprobación de la hipótesis

- Tras trabajar con distintas variables de restricción y exclusión, se identificaron 931 áreas aptas y 805 no aptas para restricciones, y 17 áreas aptas y 7 no aptas para exclusiones. Además, se consolidaron todas las variables relevantes según la Guía del Ministerio del Ambiente, identificándose 113 áreas óptimas. Estos resultados confirmaron que QGIS fue altamente eficaz en la identificación y caracterización de áreas adecuadas para rellenos sanitarios, demostrando su capacidad para manejar evaluaciones complejas y detalladas de acuerdo con criterios múltiples establecidos, validando así la hipótesis general de la efectividad del software.
- Al implementar QGIS y configurarlo para trabajar con 7 variables de restricción específicas, se logró identificar 931 áreas aptas y 805 no aptas. Esta identificación precisa, confirmó la capacidad de QGIS para evaluar y cuantificar con claridad las áreas restringidas, lo cual respaldó efectivamente la hipótesis H1 al demostrar que el software puede manejar y visualizar restricciones geográficas y legales de manera eficiente y precisa.
- La evaluación mediante QGIS de 8 variables de exclusión arrojó como resultado 17 áreas aptas y 7 no aptas, lo cual evidenció que QGIS es capaz de identificar con alta precisión las áreas que deben ser excluidas para la instalación de infraestructuras de rellenos sanitarios. La precisión en la identificación de estas áreas sensibles y críticas confirmó la hipótesis H2, destacando la capacidad del software para proporcionar un análisis detallado y discriminativo que asegura la protección de recursos naturales y la integridad de las comunidades locales.
- La consolidación de las variables de restricciones y exclusiones, según la Guía del Ministerio del Ambiente, resultó en la identificación de 113 áreas óptimas, de las cuales aplicando criterios complementarios se obtuvo 90 áreas óptimas y tres áreas muy óptimas. Este resultado confirmó que QGIS fue una herramienta efectiva no solo para integrar y analizar múltiples variables, sino también para validar la idoneidad de las áreas seleccionadas, cumpliendo con todos los criterios necesarios para la instalación de rellenos sanitarios. La hipótesis H3 fue validada, destacando la funcionalidad avanzada de QGIS en facilitar un proceso de selección meticuloso y normativamente alineado.

CAPITULO V: DISCUSIÓN

En el trabajo de investigación realizado por Loyala (2019), se emplearon 8 variables en la que se obtuvo como resultado 2 áreas definidas y 13 áreas óptimas en base a la metodología de la “Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno mecánico”. Para el presente trabajo de investigación se trabajó con la “Guía para la Identificación de Zonas Potenciales para Infraestructura de Disposición final de Residuos Sólidos Municipales”, aprobada en el año 2021, en las cuales se establecieron 19 variables de selección de áreas, cuyos resultados varían enormemente dando 90 áreas óptimas y 3 áreas muy óptimas. Desde el punto de vista metodológico, se interpreta que la actual guía establece criterios más específicos a diferencia de la anterior guía, Sin embargo, sigue presentando una insuficiencia en la definición de criterios que permitan determinar de manera exhaustiva las áreas óptimas posibles.

Según Sepúlveda (2022), empleó la herramienta Modelbuilder del ArcMap para diseñar un método en la que identificó áreas óptimas para la ubicación de rellenos sanitarios, dándole como resultado 32 áreas óptimas y 2 áreas muy óptimas.

A comparación, con el método empleado de la Guía del Ministerio del Ambiente en la cual se trabajó con el análisis multicriterio, dando como resultado 931 áreas óptimas de la superposición de las variables del criterio de las restricciones. En consecuencia, la metodología del MINAM establece criterios claros y precisos que aseguran que, sin importar la herramienta empleada para identificar las áreas óptimas, los resultados obtenidos serán consistentes y similares.

En el caso de Bustamante (2022), realizó la evaluación multicriterio empleando 11 criterios y los rangos para cada criterio fueron de 0 para lugares no óptimos y 1 para lugares óptimos, con el uso del SIG se obtuvieron cinco zonas óptimas dentro del área de estudio, cada una de ellas con sus áreas correspondientes: Área 1 = 9.79 ha., Área 2 = 80.64 ha., Área 3 = 51.21 ha., Área 4 = 161.95 ha. Área 5 = 6.04 ha. Aplicando la misma metodología, con 8 variables del criterio de las exclusiones, se obtuvo como resultado 17 áreas óptimas. Esto nos da a conocer que mientras tengamos más áreas óptimas en nuestros resultados, tenemos que

aplicar otros criterios complementarios como vías de acceso, cercanías a zonas con mayor generación de residuos sólidos, la zonificación del terreno y el saneamiento físico legal del terreno.

Asimismo, Miranda (2022) determinó 11 criterios de los cuales 7 pertenecen a la dimensión ambiental y 4 a la dimensión socio estructural, además se elaboró sus respectivos mapas temáticos de acuerdo a la “Guía para la identificación de zonas potenciales para infraestructura de disposición final de residuos sólidos municipales, 2021”, obteniendo como resultado 2 áreas muy óptimas una de 217 ha y la otra de 50 ha. Por el contrario, para el estudio se determinaron 90 áreas óptimas y 3 áreas muy óptimas, basándose en la Guía del MINAM y aplicando criterios externos (cercanía a vías de acceso, cercanía a la población y el distrito con mayor generación de residuos sólidos). Esto nos da a conocer que aplicando solo la Guía del Ministerio del Ambiente no basta para poder determinar áreas muy óptimas, sino depende mucho de criterios externos para su identificación.

CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- Se identificó 93 áreas óptimas, de las cuales en base a la metodología de la Guía del Ministerio del Ambiente del 2021 y criterios complementarios (vías de acceso, cercanía a la población, registro catastral de SUNARP y el Plan de Desarrollo Urbano de la Provincia de Tacna 2015 - 2025) aplicados en la presente investigación se obtuvieron 3 áreas muy óptimas para ubicarse una infraestructura de disposición final de residuos sólidos con áreas de 744.995 ha, 451.59 ha y 5924.3 ha.
- Aplicando el criterio de las restricciones, se puede concluir que la cantidad de áreas óptimas que nos resulta luego de haber aplicado la metodología, no es suficiente para determinar y elegir áreas muy óptimas para la construcción de un relleno sanitario, las cuales nos dieron un total de 931 áreas óptimas.
- Dado los resultados obtenidos del segundo objetivo específico de la investigación, se concluye que la cantidad de áreas óptimas obtenidas son áreas más próximas para construir un relleno sanitario, ya que los resultados nos muestran un total de 17 áreas óptimas.
- Dado los resultados obtenidos, se concluye que las 3 áreas muy óptimas seleccionadas en base a los criterios de la Guía del Ministerio de Ambiente y los 4 criterios complementarios (vías de acceso, cercanía a la población, registro catastral de SUNARP y el Plan de Desarrollo Urbano de la Provincia de Tacna 2015 - 2025), fue suficiente para determinar las posibles áreas óptimas, ya que para esta investigación no solo bastó la Guía del MINAM.
- Empleando la ficha técnica sectorial del Ministerio del Ambiente para determinar la capacidad del relleno sanitario de la provincia de Tacna, teniendo como dato que la generación de residuos al 2023 es de 209.993 Tn/día, se determinó un terreno de 68.64 ha con proyección a 10 años.

6.2. Recomendaciones y/o sugerencias

- Ante la problemática existente de localizar sitios potenciales para la disposición final de los residuos sólidos se recomienda a los gobiernos locales, que una vez identificadas aquellas áreas potenciales se requieran evaluar los sitios a detalle y realizar un mejor diagnóstico territorial para tomar mejores decisiones técnicas que contribuya a un ambiente saludable para la población.
- En el marco de la implementación de un relleno sanitario, se debe realizar estudios y pruebas de campo de las áreas seleccionadas, con el fin de constatar si esta área cumple definitivamente con los requerimientos establecidos para la construcción de dicha obra. Dentro de estos estudios mínimos se considera: 1). Un estudio topográfico, con el fin de conocer la morfología del terreno. 2). Un estudio de suelos, con el fin de determinar las características de los materiales que conformaran la cimentación y las capas de cubierta que posee el terreno, las pruebas que se requieren son las de permeabilidad. 3) Estudios de impacto ambiental para predecir los posibles impactos (efectos positivos o negativos) que podría generar la implementación, operación, cierre y post cierre del proyecto de relleno sanitario a través de un plan de manejo ambiental: las medidas para la eliminación, reducción y/o control de los impactos negativos a la salud y el ambiente.
- Se recomienda emplear esta metodología para proyectos futuros, aplicando criterios externos (vías de acceso, cercanía a la población, registro catastral de SUNARP y el Plan de Desarrollo Urbano de la Provincia de Tacna 2015 - 2025), para identificar áreas muy óptimas para la construcción de un relleno sanitario.
- Se sugiere usar como antecedente esta investigación para futuras investigaciones, y del mismo modo se propone la verificación en campo y realizar los estudios de Ingeniería del terreno para tener una ubicación más exacta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adewumi JR, Ajibade FO, Lasisi KHy Oguntuase AM (2017) Characterization of Municipal Solid Waste generated in Akure Metropolis. In: Proceedings of the 2017 annual conference of the school of engineering and engineering technology (SEET), *The Federal University of Technology*. 584–595. https://www.researchgate.net/publication/318429965_Characterization_of_Municipal_Solid_Waste_Generated_in_Akure_Metropolis
- Arias, F. (2021), *Localización de zonas ambientalmente óptimas para construcción de rellenos sanitarios usando Sistemas de Información Geográfica en la región Ucayali, 2021*. [tesis para optar el título de Ingeniería Ambiental, Repositorio Universidad Cesar Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/71713>
- Belalcázar, I. A. (2019). Identificación de áreas óptimas para la localización de un relleno sanitario en las subregiones norte y oriente del Valle del Cauca. *Entorno Geográfico*, (18). DOI:10.25100/eg.v0i18.8626, 47-48.
- Bustamante (2022), *Identificación de las áreas óptimas para la planta de tratamiento y disposición final de residuos sólidos del distrito de chota, utilizando sistemas de información geográfica – SIG*. [tesis de pregrado para optar el título de Ingeniería Agrónomo, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio institucional de la Universidad de Cajamarca. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/5400>
- Chida, K. (2020), *Análisis multicriterio basado en sig para identificar potenciales áreas para establecer un relleno sanitario en el cantón tena de la provincia napo, ecuador*. [tesis para optar el título de Ingeniería Ambiental, Universidad Estatal Amazónica]. Repositorio de Dspace. <https://repositorio.uea.edu.ec/xmlui/handle/123456789/810>
- Correa, J. E. (2018). *Propuesta de mejora del sistema de recolección de residuos sólidos urbanos en el distrito de Chiclayo para reducir los impactos ambientales* [Tesis de pregrado para optar el título de ingeniero Industrial, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. Repositorio de Tesis USAT. <https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/1142>
- Duarte-Casas A.T., Parra-Montero C.A. (2021). Evaluación de la localización del relleno sanitario nuevo Mondoñedo e identificación de sitios aptos para la disposición final de residuos en los municipios de Mosquera y Bojacá por medio de sistemas de información geográfica. *Revista Ciencias Agropecuarias* 7(2): 65-82. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8658130>
- Espejo Pingus, A. W. (2019). Localización óptima de un relleno sanitario empleando sistemas de información geográfica distrito de Chachapoyas Amazonas- 2017. *Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales E Ingeniería*, 1(3), 71–77. <https://doi.org/10.25127/ucni.v1i3.429>

- Gordillo, C. (2019). Localización de un relleno sanitario en el cantón Naranjal, mediante proceso de análisis jerárquico basado en sistemas de información geográfica. Tesis de grado. Universidad de Guayaquil, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/39601>
- Iñiguez (2020). *Zonificación de áreas óptimas para un relleno sanitario en el cantón Arenillas mediante el análisis multicriterio*. [tesis para obtener el grado de Licenciado en Gestión Ambiental, Universidad Técnica de Machala]. <https://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/16178>
- Ito (2020), *Identificación de áreas potenciales para relleno sanitario aplicando Sistemas de Información Geográfica en el Distrito de Coata – Puno*. [tesis para optar el título de Bachiller en Ingeniería Ambiental, Universidad Peruana Unión]. <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/4678>
- Loyaga, F. (2019). *Identificación de áreas óptimas para instalar un relleno sanitario utilizando sistemas de información geográfica, distrito las piriás - provincia de jaén* [Tesis de pregrado para optar el título de ingeniero Forestal, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional de la Universidad de Cajamarca. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/4087>
- Mendieta, W. (2021), *Identificación de sitios óptimos para la implementación de un relleno sanitario para los cantones de la provincia del cañar*. [tesis de pregrado para optar el título de Ingeniería Ambiental, Universidad Católica de Cuenca]. Repositorio institucional de Universidad Católica de Cuenca <https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/10961>
- Ministerio del Ambiente (2020, 18 de octubre), *Tacna: Alrededor de 230 toneladas de residuos se generan diariamente en dicha ciudad* [Nota de prensa]. <https://www.gob.pe/institucion/minam/noticias/307719-tacna-alrededor-de-230-toneladas-de-residuos-se-generan-diariamente-en-dicha-ciudad>
- Ministerio del Ambiente (2011). *Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual*. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/guia-diseno-construccion-operacion-mantenimiento-cierre-relleno>
- Miranda, S. (2022). *Identificación de zonas en la provincia de Huancavelica para la ubicación de rellenos sanitarios mediante sistemas de información geográfica y el método de Análisis Multicriterio* [tesis pregrado para optar el título de Ingeniería en Gestión Ambiental, Universidad ESAN]. Repositorio Institucional de la Universidad ESAN. <https://repositorio.esan.edu.pe/handle/20.500.12640/3182>
- Montaño, R. (2017). *Identificación de sitios potenciales para la construcción de un relleno sanitario a partir de un sig en el municipio de timbiquí - cauca*. República de Colombia departamento del cauca municipio de timbiquí, 28-28.

- Muheeb y Ahmed (2021), *Landfill site selection using GIS based multi criteria evaluation technique. A case study of Srinagar city, India [Selección del sitio de relleno sanitario utilizando una técnica de evaluación multicriterio basada en SIG. Un estudio de caso de la ciudad de Srinagar, India]*. *ScienceDirect*. 14 pag. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S266701002100010X>
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (2024, 3 de enero), Resolución N.º 00112-2023-OEFA/DSIS. *Actualizar el Inventario Nacional de Áreas Degradadas por Residuos Sólidos*. Plataforma Unica del Estado Peruano. <https://www.gob.pe/institucion/oefa/normas-legales/4989734-00112-2023-oefa-dsis>.
- Pucha, C. F., Fries, A., Cánovas, G. F., Oñate, V. F., González, J. V., y Pucha, C. D. (2017). *Fundamentos de SIG: Aplicaciones con ArcGIS*. *Franz Pucha Cofrep*. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/318447525>
- Steven, Mundike y Nguvulu (2023), *Spatial suitability analysis for site selection of municipal solid waste landfill using hybrid GIS and MCDA approach: The case of Kitwe, Zambia. [Análisis de idoneidad espacial para la selección del sitio de un vertedero municipal de residuos sólidos utilizando un enfoque híbrido SIG y ADCM: el caso de Kitwe, Zambia]*. *Enviromental Challenges*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S246822762300340X>
- Sepúlveda, J. (2022), *Construcción de un modelo para la selección de sitios para la disposición final de residuos sólidos usando la herramienta model builder de ArcGIS a partir de la normatividad vigente y (MCDA)*. [tesis para optar el título de Ingeniería Ambiental, Universidad de Antioquia]. Repositorio institucional de la Universidad de Antioquia. <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/32221>
- Saldaña, C., y Najera, O. (2019). Identificación de sitios con potencial para la disposición final de residuos sólidos urbanos en el municipio de Tepic, Nayarit, México. *Int. Contam. Ambie.*, 70. https://www.researchgate.net/publication/336246632_IDENTIFICACION_DE_SITIOS_CON_POTENCIAL_PARA_LA_DISPOSICION_FINAL_DE_RESIDUOS_SOLIDOS_URBANOS_EN_EL_MUNICIPIO_DE_TEPIC_NAYARIT_MEXICO
- Soto, D. D. E., Marín, M. M. I., y Vargas, F. A. (2014). Caracterización de formatos de almacenamiento, transporte y visualización de datos geográficos. *Lámpsakos*, (12), 23-33. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4996729>
- Sastre., O. P. (2010). *Sistemas de información geográfica (SIG) técnicas básicas para estudios de biodiversidad*. Instituto Geológico y Minero de España. <http://librosysolucionarios.net/sistemas-de-informacion-geografica-sig-tecnicas-basicas-para-estudios-de-biodiversidad-pablo-sastre-olmos/>

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA					
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Instrumentos
Problemas General	Objetivo general	Hipótesis General			
¿Cómo identificar áreas óptimas para la instalación de un relleno sanitario haciendo uso del software Qgis en la provincia de Tacna, 2023?	Identificar las áreas optimas existentes para la instalación de un relleno sanitario utilizando sistemas de información geográfica – SIG, en la provincia de Tacna.	Con el uso del software Qgis y el análisis multicriterio se identificó áreas óptimas para la construcción de un relleno sanitario en la provincia de Tacna.	INDEPENDIENTE: Sistema de Información Geográfica QGIS 3.18	Centros poblados, Aeródromo, Fuentes de aguas superficiales (cauce de ríos, lagos y lagunas), Granjas avícolas, Áreas agrícolas, Fallas geológicas, Pendientes, Áreas Naturales Protegidas, Peligros por inundación y remoción en masa, Humedales, Zona de recarga de acuíferos, Faja marginal de ríos, Franja marino-costera, Patrimonio cultural, Concesiones mineras (en explotación), Comunidades campesinas	Páginas cartográficas del estado y privados
Problema Especifico	Objetivo especifico	Hipótesis Especifica	DEPENDIENTE: Áreas óptimas existentes para	- Análisis multicriterio	

<ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué cantidad de áreas tienen restricción para la instalación de rellenos sanitarios en la Provincia de Tacna? • ¿Qué cantidad de áreas tienen exclusión para la instalación de rellenos sanitarios en la Provincia de Tacna? • ¿Cuántas áreas, con respecto del total identificado, cumplirán los criterios técnicos, legales y superficiales para la instalación de rellenos sanitarios en la Provincia de Tacna? 	<ul style="list-style-type: none"> • Delimitar las áreas con restricción para la instalación de rellenos sanitarios en la Provincia de Tacna. • Delimitar las áreas con exclusión para la instalación de rellenos sanitarios en la Provincia de Tacna. • Validar las alternativas de áreas óptimas existentes para la instalación de un relleno sanitario en la Provincia de Tacna. 	<ul style="list-style-type: none"> • Con la aplicación del análisis multicriterio de 7 variables de restricción, se tiene un total de 462.084 ha para la construcción de un relleno sanitario. • Con la aplicación del análisis multicriterio de 8 variables de exclusiones, se tiene un total de 651286.91 ha para la construcción de un relleno sanitario. • Con el análisis multicriterio de las variables de restricciones y exclusiones, se obtiene un total de 15 variables, que identifican un total de 735688.77 ha que no cumplen con las condiciones para la construcción de un relleno sanitario, y un área de 80233.85 ha que cumplen con las condiciones óptimas. 	<p>la instalación de un relleno sanitario</p>		<p>Sistema de información geográfica</p>
---	--	---	---	--	--

Anexo 02

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIZACIÓN

Yo, Jose Armando Cardenas Aguilar....., identificado con DNI N° 73884268, de la Facultad de Ingenieria Ambiental de la Universidad Latinoamericana CIMA declaro bajo juramento, autorizar, en merito a la Resolución de Consejo Directivo N°033-2016-SUNEDU/CD del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar Grados Académicos y Títulos Profesionales, registrar mi trabajo de investigación para optar el Grado de Ingeniero Ambiental.....

a) Acceso abierto: tiene la característica de ser público y accesible al documento a texto completo por cualquier tipo de usuario que consulte el repositorio.

b) Acceso restringido: solo permite el acceso al registro del metadato con información básica, mas no el texto completo, ocurre cuando el autor de la información expresamente no autoriza su difusión.

En caso que el autor del trabajo de investigación elija la opción restringida, se colgará únicamente los datos del autor y el resumen del trabajo de investigación.




Autor: Jose Armando Cardenas Aguilar

DNI:

Anexo 03

DECLARACION JURADA DE AUTORIA

Yo, Jose Armando Cardenas Aguilar, identificado con DNI° 73884268, egresado de la carrera de Ingeniería Ambiental declaro bajo juramento ser autor (a) del trabajo de investigación denominado "IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS ÓPTIMAS PARA LA INSTALACIÓN DE UN RELLENO SANITARIO UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA - SIG, EN LA PROVINCIA DE TACNA, 2023". Además, de ser un trabajo original, de acuerdo a los requisitos establecidos en el artículo pertinente del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Latinoamericana Cima.



Autor: Jose Armando Cardenas Aguilar

DNI: 73884268

Anexo 04

Ficha técnica para determinar el área del relleno sanitario

Información general

Año de Censo	2017
Año de formulación (Año base)	2023
Año de inversión	2024

Información poblacional

Población distrital total 2017	306353
Población beneficiaria total 2017	306733
N° total de viviendas urbanas (unidades) 2017	136.573
Densidad poblacional (habitantes / vivienda)	3.00
Tasa de crecimiento poblacional (%)	1.10%
Tasa de Crecimiento de la GPC	1%

Información de la generación de residuos sólidos

Año del estudio de caracterización	2023
Valor de la GPC (kg/hab/día)	0.56
Valor de la GPC (kg/hab/día) - Formulación	0.566
Densidad suelta de residuos sólidos (kg/m ³)	135.07
Comercios (t/día)	2.89
Restaurantes (t/día)	10.06
Hoteles (t/día)	1.18
Instituciones (públicas y privadas) (t/día)	0.41
Colegios (t/día)	2.48
Mercados (t/día)	9.20

Barrido de vías urbanas y espacios públicos

Cantidad de residuos sólidos barridos (tn)	0.54
Cantidad de km barridos en vías urbanas y espacios públicos	242,810.00
Toneladas de rr.ss /km	0.00

Demanda – Oferta de Disposición Final de Residuos Sólidos Municipales

PARÁMETROS	VALOR
POBLACIÓN DEL ÁMBITO DE ESTUDIO	327202
GENERACIÓN PER CÁPITA DE RR.SS	0.566
TASA DE CRECIMIENTO GPC	1.00%
TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL	1.10%
DENSIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL RELLENO SANITARIO (t/m3)	0.135
PORCENTAJE DE MATERIAL DE COBERTURA	20%
TIPO DE INFRAESTRUCTURA	MECANIZADO
PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN PARA TRINCHERA O ALTURA DE PLATAFORMA	11.00

AÑO	POBLACIÓN (HABITANTES)	GPC (kg/hab/día)	GENERACIÓN MUNICIPAL				VOLUMEN DE RESIDUOS SÓLIDOS A DISPONER (m3/año)	VOLUMEN DE MATERIAL DE COBERTURA (m3/año)	VOLUMEN DE RESIDUOS DISPUESTOS EN EL RELLENO (m3/año)	VOLUMEN DE MATERIAL DE COBERTURA ACUMULADO (m3/año)	VOLUMEN DEL RELLENO SANITARIO ACUMULADO (m3/año)	ÁREA
			DOMICILIARIA (t/día)	NO DOMICILIARIA (t/día)	TOTAL (t/día)	TOTAL ANUAL (t/año)						
			(A)	(B)	(C) = (A) x (B)	(D)						
2023	327,202	0.560	183.23	26.76	209.99	76,647.49						
2024	330,812	0.566	187.11	27.06	214.16	78,169.31	578,731.84	115,746.37	578,731.84	115,746.37	694,478.21	6.313
2025	334,462	0.571	191.06	27.35	218.42	79,722.25	590,229.17	118,045.83	1,168,961.01	233,792.20	1,402,753.21	12.752

2026	338,152	0.577	195.10	27.66	222.76	81,306.87	601,961.01	120,392.20	1,770,922.02	354,184.40	2,125,106.43	19.319
2027	341,883	0.583	199.23	27.96	227.19	82,923.94	613,933.11	122,786.62	2,384,855.13	476,971.03	2,861,826.16	26.017
2028	341,504	0.589	201.00	28.27	229.27	83,682.30	619,547.65	123,909.53	3,004,402.78	600,880.56	3,605,283.34	32.775
2029	345,272	0.594	205.25	28.58	233.83	85,347.34	631,874.86	126,374.97	3,636,277.64	727,255.53	4,363,533.17	39.668
2030	349,082	0.600	209.59	28.90	238.48	87,046.52	644,454.88	128,890.98	4,280,732.52	856,146.50	5,136,879.02	46.699
2031	352,934	0.606	214.02	29.22	243.23	88,780.46	657,292.22	131,458.44	4,938,024.74	987,604.95	5,925,629.68	53.869
2032	356,828	0.612	218.54	29.54	248.08	90,549.77	670,391.46	134,078.29	5,608,416.19	1,121,683.24	6,730,099.43	61.183
2033	360,765	0.619	223.17	29.86	253.03	92,355.32	683,758.91	136,751.78	6,292,175.11	1,258,435.02	7,550,610.13	68.642

Nota. Ficha sectorial para disposición final de residuos sólidos del Ministerio del Ambiente

Anexo 5.

Reporte de la Municipalidad Provincial de Tacna al SIGERSOL 2023



PERÚ
Ministerio
del Ambiente

Sistema de Información para la Gestión de Residuos Sólidos

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE TACNA

Año: 2023

RUC: 20147797100

UBIGEO: 230101

Generación

¿Cuenta con estudio de caracterización de residuos sólidos municipales? Si

Generación Domiciliaria

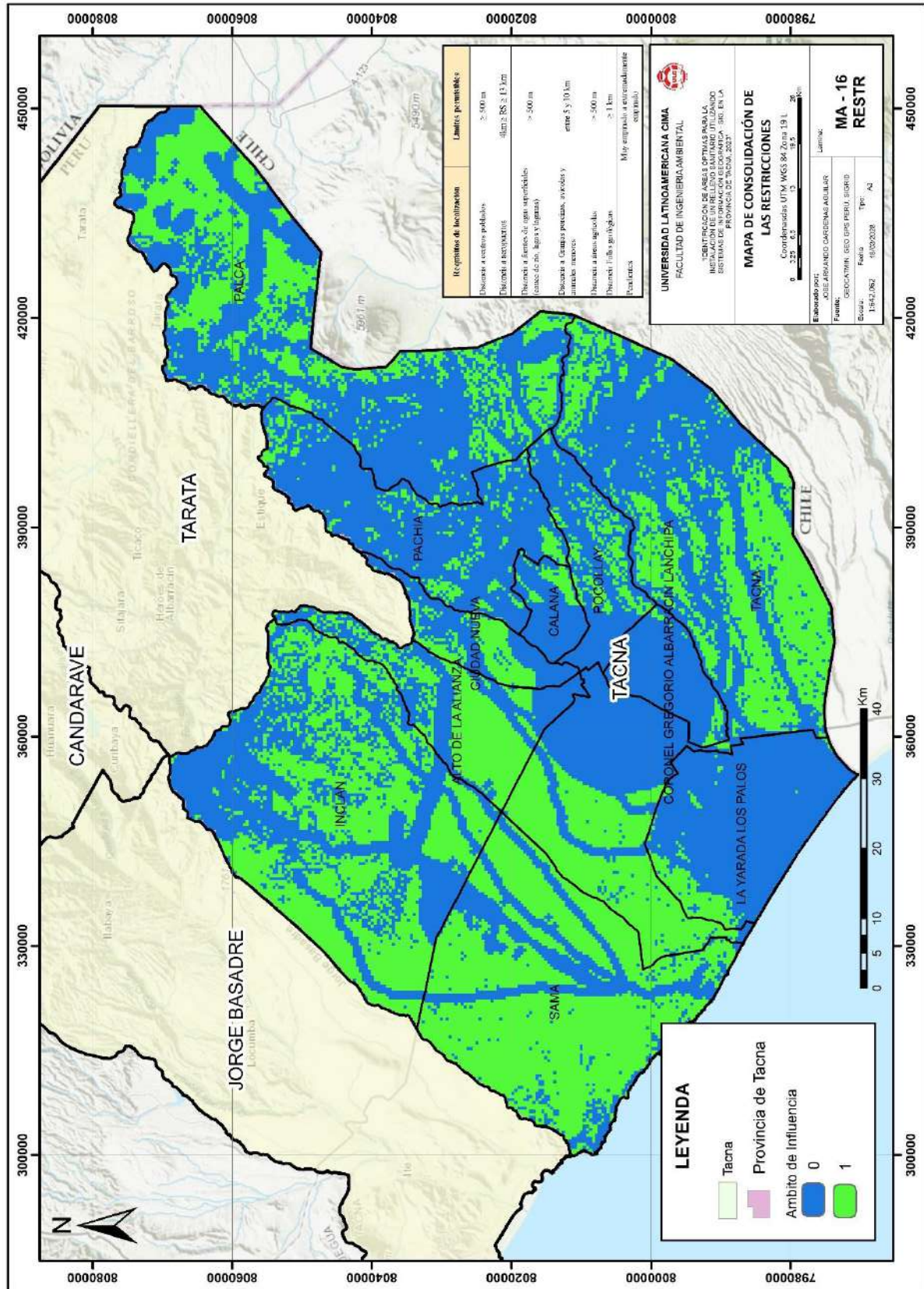
Densidad: 135,07 kg/m³ Generación per cápita: 0,56 kg/hab/día

Generación total de residuos sólidos domiciliarios: 21.634,10 t/año

Composición de residuos sólidos domiciliarios	
Residuos Orgánicos Porcentaje de los residuos sólidos	
Residuos de alimentos	57,54 %
Residuos de maleza y poda	0,69 %
Otros residuos orgánicos	1,18 %
Papel Porcentaje de los residuos sólidos	
Blanco	2,02 %
Periódico	0,98 %
Mixto	1,38 %
Cartón Porcentaje de los residuos sólidos	
Blanco (liso y cartulina)	0,28 %
Marrón (Corrugado)	1,72 %
Mixto	1,20 %
Vidrio Porcentaje de los residuos sólidos	
Transparente	1,02 %
Otros colores (marrón - ámbar, verde, azul, entre otros)	0,84 %
Otros (vidrio de ventana)	0,20 %
Plástico Porcentaje de los residuos sólidos	

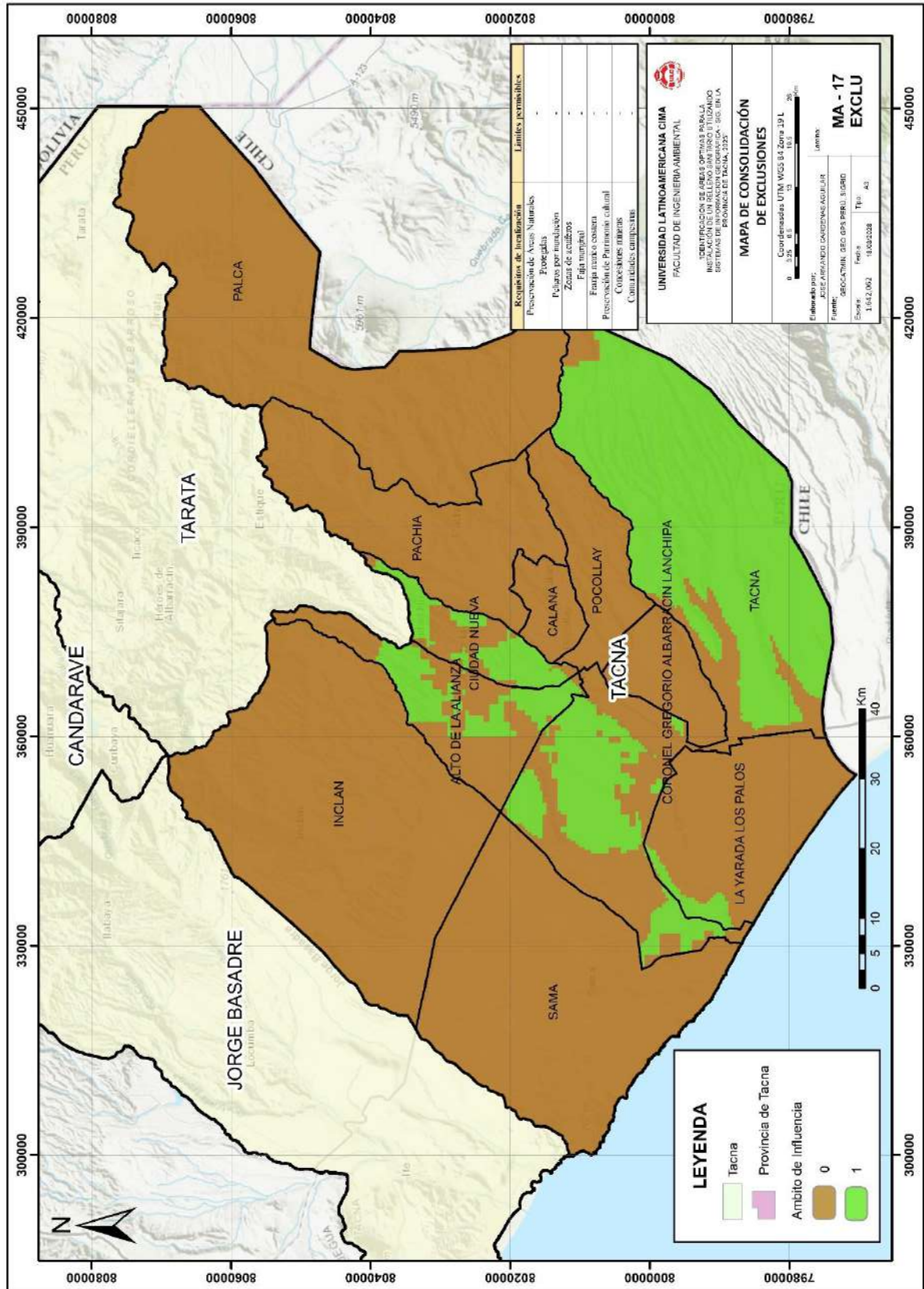
Anexo 6.

Mapa de superposición de las variables del criterio de las restricciones



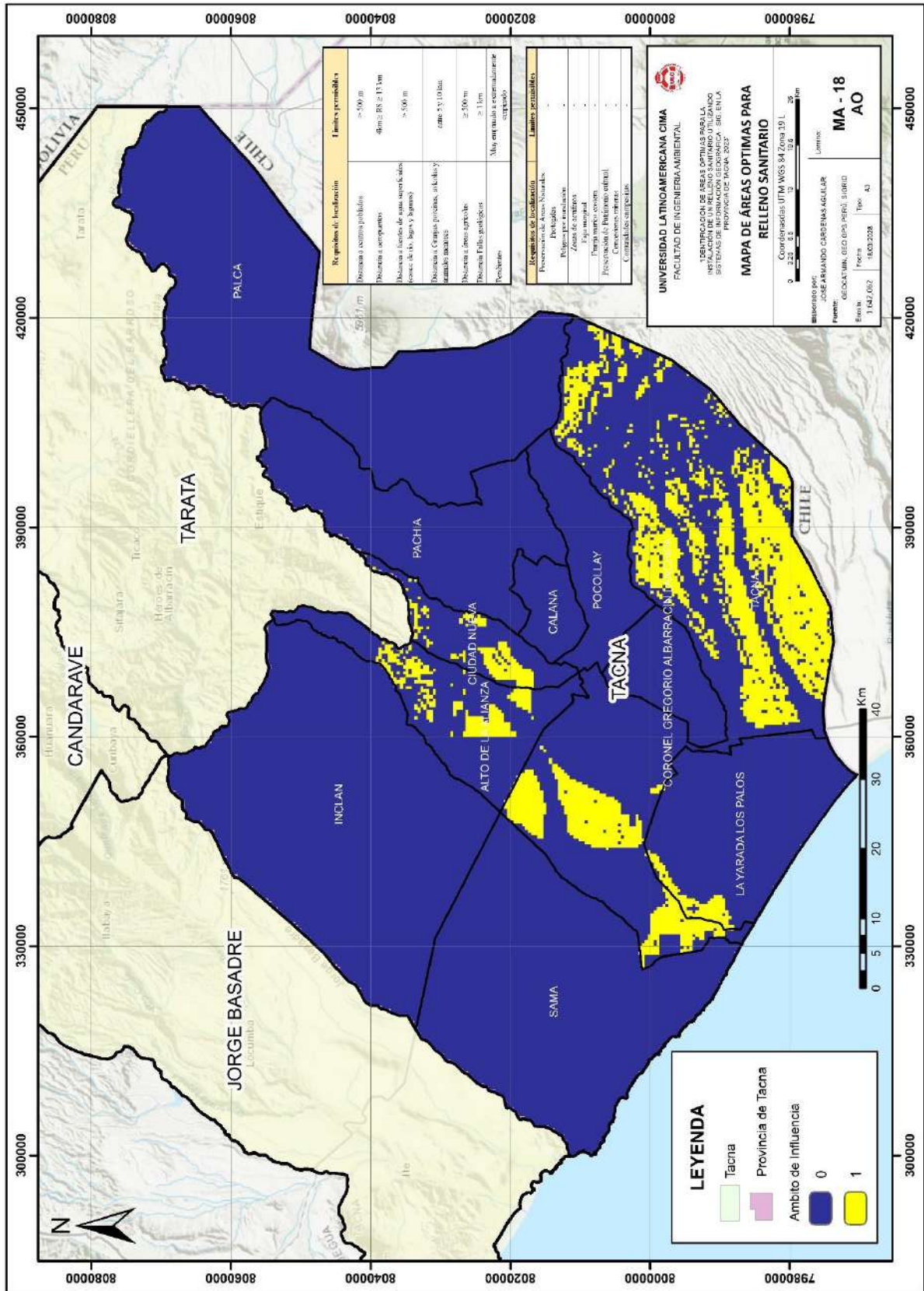
Anexo 7.

Mapa de superposición de las variables del criterio de las exclusiones



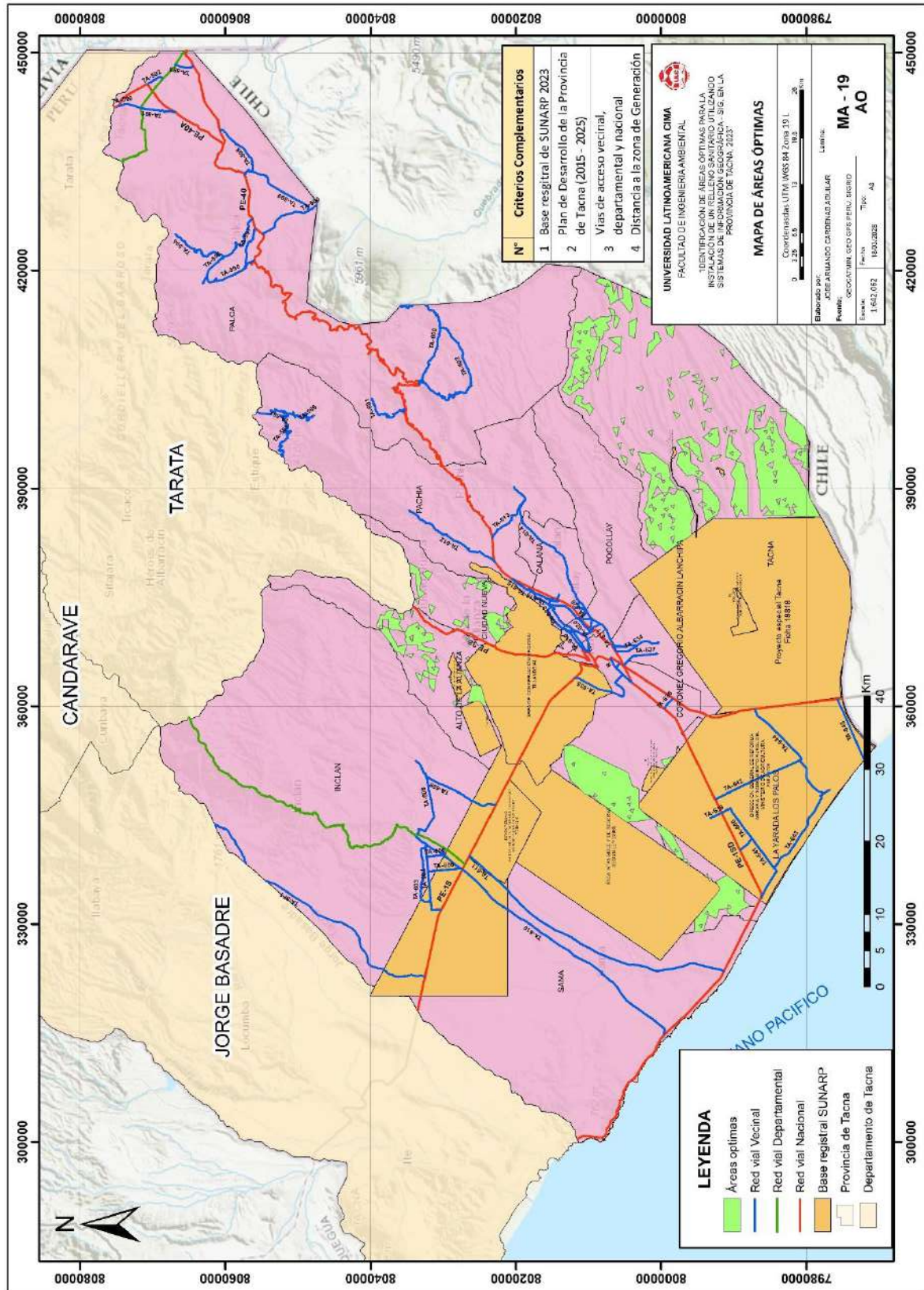
Anexo 8.

Mapa de superposición del criterio de las restricciones y exclusiones



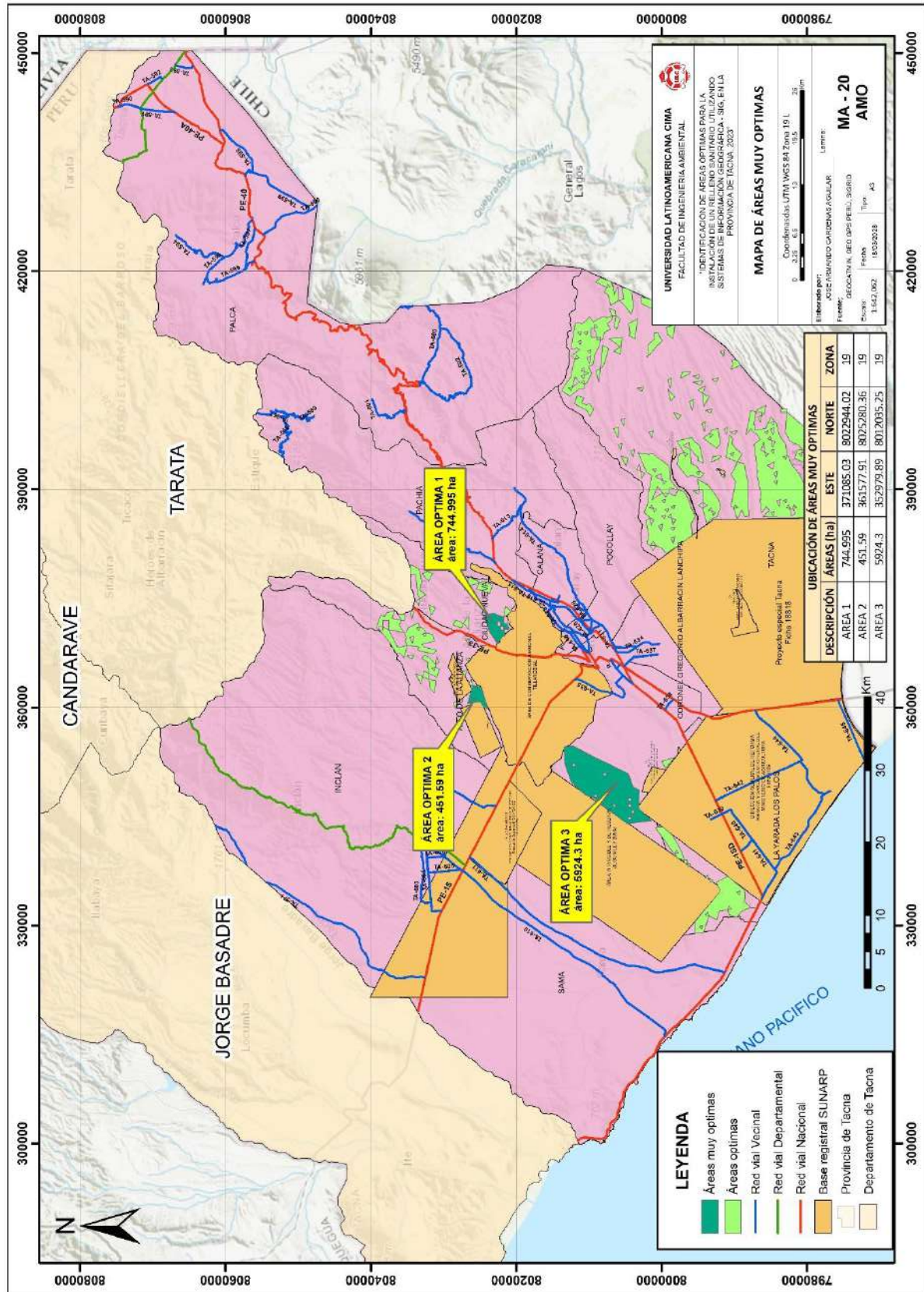
Anexo 9.

Mapa de ubicación de áreas óptimas



Anexo 10.

Mapa de ubicación de áreas muy óptimas



Anexo 11.

Ficha técnica de la primera área muy óptima

FICHA TÉCNICA ÁREA MUY ÓPTIMA 1			
DESCRIPCIÓN			
Se ubica en el extremo derecho de la carretera Tacna - Tarata a una distancia de 1.63 km, cuya superficie presenta la condición óptima para la construcción de un relleno sanitario.			
COORDENADAS DE UBICACIÓN			
VÉRTICE	ESTE	NORTE	ZONA
P1	368770.2525	8022571.57	19 S
P2	370259.4763	8023638.955	19 S
P3	371755.3782	8024033.609	19 S
P4	372600.78	8024570.335	19 S
P5	372968.213	8023191.66	19 S
P6	372361.7956	8021715.952	19 S
P7	371506.1776	8021715.952	19 S
P8	371506.1776	8021288.143	19 S
P9	370807.0778	8020940.64	19 S
P10	370650.5596	8021715.952	19 S
P11	371078.3686	8021715.952	19 S
P12	371078.3686	8022143.761	19 S
P13	372050.5805	8022315.117	19 S
P14	371316.3086	8022699.781	19 S
P15	371078.3686	8022143.761	19 S
P16	370650.5596	8022143.761	19 S
P17	370650.5596	8021715.952	19 S
P18	369989.6151	8021444.348	19 S
P19	369616.3333	8021965.153	19 S
ÁREA		745 ha	
PERIMETRO		16786.49 m	
IMAGEN REFERENCIAL			

Anexo 12.

Ficha técnica de la segunda área muy óptima

FICHA TÉCNICA ÁREA MUY ÓPTIMA 2			
DESCRIPCIÓN			
Se ubica en el extremo Izquierdo de la carretera Tacna - Tarata a una distancia de 7.93 km, cuya superficie presenta la condición óptima para la construcción de un relleno sanitario.			
COORDENADAS DE UBICACIÓN			
VÉRTICE	ESTE	NORTE	ZONA
P1	359765.094	8023923.076	19 S
P2	362737.2946	8024771.801	19 S
P3	362949.998	8025994.042	19 S
P4	360510.3653	8026690.939	19 S
P5	360722.8532	8024982.647	19 S
P6	360145.5761	8024520.374	19 S
ÁREA		451.59 ha	
PERIMETRO		10038.036 m	
IMAGEN REFERENCIAL			

Anexo 13.

Ficha técnica de la tercera área muy óptima

FICHA TÉCNICA ÁREA MUY ÓPTIMA 3			
DESCRIPCIÓN			
Se ubica en el extremo izquierdo de la carretera Panamericana a una distancia de 7.211 km, cuya superficie presenta las condiciones óptimas para la construcción de un relleno sanitario.			
COORDENADAS DE UBICACIÓN			
VÉRTICE	ESTE	NORTE	ZONA
P1	344386.3612	8001399.302	19 S
P2	346039.2023	8003119.611	19 S
P3	348605.8147	8003067.232	19 S
P4	349041.9271	8003966.155	19 S
P5	350856.7371	8004555.072	19 S
P6	354628.9644	8012118.901	19 S
P7	354603.0946	8013386.681	19 S
P8	352320.2184	8013340.092	19 S
P9	349806.1127	8012479.558	19 S
P10	347951.0161	8010548.738	19 S
P11	347548.8746	8009309.492	19 S
P12	348070.4692	8009163.04	19 S
P13	347695.3269	8008787.897	19 S
P14	347548.8746	8009309.492	19 S
P15	343983.6224	8004754.093	19 S
ÁREA		5924 ha	
PERIMETRO		48588.72 m	
IMAGEN REFERENCIAL			