



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

**Determinación de áreas aptas para la instalación de rellenos sanitarios
mediante los sistemas de información geográfica, apoyado en la
técnica de evaluación multicriterio en la provincia del Cusco**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERA AMBIENTAL**

AUTORA:

Uscamayta Maque, Giuliana Valeriana (ORCID: 0000-0001-6930-5038)

ASESOR:

Mg. Sc. Pillpa Aliaga, Freddy (ORCID: 0000-0002-8312-6973)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Sistemas de gestión ambiental

LIMA - PERÚ

2021

DEDICATORIA

A mis padres por sus buenas enseñanzas y la confianza que depositaron en mí. Por su apoyo incondicional en cada decisión, sus consejos y paciencia para seguir con mis metas trazadas.

A mis abuelitos por nunca dejarme sola e inculcarme valores que me convirtieron en quien soy. Por apoyarme cuando estaba triste y por sus buenos consejos que siempre me inculcaron desde que era niña “todo tiene solución en la vida menos la muerte”.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por permitirme estar con vida y salud, nunca abandonarme cuando sentía que ya no podía más y siempre guiarme por el buen camino. Por ser fuente de inspiración y darme fuerza para seguir adelante.

Agradezco de manera especial al Mg. Sc, Freddy Pillpa Aliaga por la orientación, motivación y ayuda constante para conseguir culminar mi investigación, por su tiempo y dedicación en cada revisión.

Índice de contenidos

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras.....	vii
Resumen.....	ix
Abstract	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA.....	12
3.1. Tipo y diseño de investigación	12
3.2. Variables y Operacionalización	13
3.3. Población y Muestra.....	13
3.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.....	14
3.5. Procedimientos	16
3.6. Método de análisis de datos.....	29
3.7. Aspectos éticos	29
IV. RESULTADOS	30
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	48
VI. CONCLUSIONES.....	52
VII. RECOMENDACIONES.....	53
REFERENCIAS.....	54
ANEXOS	64

Índice de tablas

Tabla 1. Cartas Nacionales.....	17
Tabla 2. Especificaciones Según el Tipo de Factor para la Localización de Áreas que sean Aptas para la Instalación de Rellenos Sanitarios.....	18
Tabla 3. Especificaciones Según el Tipo de Restricción para la Localización de Áreas que sean Aptas para la Instalación de Rellenos Sanitarios.....	19
Tabla 4. Ponderación por Parámetro del Factor Geológico	32
Tabla 5. Ponderación por Parámetro del Factor Cobertura Vegetal	33
Tabla 6. Ponderación por Parámetros del Factor Suelo	33
Tabla 7. Ponderación por Parámetros del Factor Clima	34
Tabla 8. Ponderación por Parámetros del Factor Pendiente	34
Tabla 9. Ponderación por Parámetros del Factor Geomorfológico	34
Tabla 10. Ponderación por Parámetros del Factor de Clasificación de las Tierras por su Capacidad de uso Mayor.....	35
Tabla 11. Descripción de las áreas del resultado del análisis	36
Tabla 12. Resultado del Análisis de la Salida al Campo - Zona 01.....	40
Tabla 13. Resultado del Análisis de la Salida al Campo - Zona 02.....	41
Tabla 14. Resultado del Análisis de la Salida al Campo - Zona 03.....	42
Tabla 15. Resultado del Análisis de la Salida al Campo - Zona 04.....	43
Tabla 16. Clasificación por Método Posible a Instalar Según Características de la Zona 01	44
Tabla 17. Clasificación por Método Posible a Instalar Según Características de la Zona 02	45
Tabla 18. Clasificación por Método Posible a Instalar Según Características de la Zona 03	46
Tabla 19. Clasificación por Método Posible a Instalar Según Características de la Zona 04	47
Tabla 20. Matriz de Operacionalización	66
Tabla 21. Matriz de Operacionalización	67
Tabla 22. Proyección de la Población de la Provincia del Cusco.....	72

Tabla 23. Producción per cápita	73
Tabla 24. Producción Diaria de Desechos Sólidos y Producción Anual de Desechos Sólidos	74
Tabla 25. Volumen Anual Compactado.....	75
Tabla 26. Volumen del relleno sanitario estabilizado y Volumen del Relleno Sanitario	75
Tabla 27. Cálculo del Área Requerida	77

Índice de figuras

Figura 1. Etapas para el Diseño de la Investigación	16
Figura 2. Esquema General del Modelo de Identificación de Áreas Aptas para la Instalación de Rellenos Sanitarios en la Provincia del Cusco	22
Figura 3. Esquema para los Criterios	23
Figura 4. Esquema para las Restricciones	24
Figura 5. Esquema Metodológico para los Criterios de Selección.....	25
Figura 6. Esquema Metodológico para los Criterios de Restricción.....	26
Figura 7. Esquema de la Estructura de la Información y Operación de Capas.....	27
Figura 8. Movilidad Particular	28
Figura 9. GPS Navegador	28
Figura 10. Resta entre el Mapa de Factores y el Mapa de Restricciones.....	37
Figura 11. Mapa de Áreas Aptas para la Instalación de Rellenos Sanitarios.....	38
Figura 12. Acceso.....	79
Figura 13. Mapa de Ubicación Zona 01.....	80
Figura 14. Vegetación ExistenteFuente: Elaboración propia.....	81
Figura 15. Área 01 Seleccionada con Potencial Medio para la Instalación de Rellenos Sanitarios	81
Figura 16. Paso Restringido que Continúa la Trocha Carrozable.....	83
Figura 17. Mapa de Ubicación Zona 02.....	84
Figura 18. Vegetación Existente.....	85
Figura 19. Área 02 Seleccionada con Potencial Medio para la Instalación de Rellenos Sanitarios	86
Figura 20. Altitud y Ascenso	86
Figura 21. Carretera a Paruro.....	88
Figura 22. Mapa de Ubicación Zona 03.....	89
Figura 23. Vegetación Existente.....	90
Figura 24. Zanjas de Infiltración	91
Figura 25. Parcelas de Agricultura Estacionaria de papa	91
Figura 26. Área 03 Seleccionada con Potencial Medio para la Instalación de Rellenos Sanitarios	92

Figura 27. Altitud y Ascenso	92
Figura 28. Punto de la Trocha Carrozable.....	95
Figura 29. Mapa de Ubicación Zona 04.....	96
Figura 30. Ichu, paja brava	97
Figura 31. Fuentes de Agua	98
Figura 32. Área 04 Seleccionada con Potencial Medio para la Instalación de Rellenos Sanitarios	98

Resumen

El actual trabajo de investigación planteo como objetivo determinar áreas aptas para la Instalación de rellenos sanitarios en la provincia del Cusco, donde se utilizó la técnica de Evaluación Multicriterio y la Herramienta de Apoyo de Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la versión 10.2, con el fin de procesar y sistematizar la información recaudada en base al análisis espacial que permitió superponer y ponderar cada una de las capas previamente clasificadas en dos grupos (factores y restricciones), así también generar zonas de influencia para los criterios de restricción, teniendo en cuenta la guía del MINAM.

El procedimiento se realizó mediante dos etapas de investigación, pre – campo utilizando el análisis espacial y la herramienta ARCGIS, para encontrar posibles áreas de selección, divididos en potencial alto, potencial medio y potencial bajo que posteriormente fueron descartadas algunas áreas seleccionadas con el apoyo de Google Earth y una percepción visual debido algunas limitaciones que no se lograron observar con el ARCGIS, para luego pasar a la etapa de campo en la que ya se define las zonas aptas para la instalación de rellenos sanitarios en la provincia del Cusco.

El procedimiento arrojó 4 resultados con áreas con potencialidad media que indica una ponderación de 2 para la instalación de rellenos sanitarios en la provincia del Cusco, teniendo en cuenta que se asignó la ponderación alta con valor 3, ponderación media con valor 2 y ponderación baja con valor 1.

Palabras claves: Residuos, Análisis Espacial, Relleno Sanitario, Multicriterio.

Abstract

The current research work proposed as objective to determine the areas suitable for the Installation of sanitary landfills in the province of Cusco, where the technique of Multi-criteria Evaluation and the Geographic Information Systems Support Tool (GIS) was used in version 10.2, in order to process and systematize the information collected on the basis of spatial analysis that allowed for the overlap and weighting of each of the layers previously classified into two groups (factors and constraints) as well as generating zones of influence for the restriction criteria, taking into account the current regulations.

The procedure was carried out through two research stages, pre - field using the spatial analysis and the ARCGIS tool, to find possible areas of selection, divided into high potential, medium potential and low potential that were later discarded some areas selected with the support of Google Earth and a visual perception, due to some limitations that were not observed with the ARCGIS, and then move to the field stage in which it is already defined the areas suitable for the installation of landfills in the province of Cusco.

The procedure gave us 4 results with areas with average potential that indicate a weighting of 2 for the installation of sanitary landfills in the province of Cusco, taking into account that the high weighting was assigned with a value of 3, average weighting with a value of 2 and low weighting with a value of 1.

Keywords: Solid waste, Spatial Analysis, Landfill, Multi-criteria Evaluation

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad en la provincia del Cusco la gestión de residuos sólidos principalmente lo concerniente a la disposición final, es una tarea complicada debido a la explosión demográfica y el consumo excesivo por parte de la población por lo que el área designada no abastece con el aumento de residuos sólidos que se origina diariamente. “La gestión inadecuada de los residuos sólidos han causado impactos ambientales negativos, debido a que no existe una adecuada disposición final de los residuos sólidos urbanos y está asociado principalmente con la salud, economía, bienestar y el medio ambiente” (Zayas, 2019 pág. 1).

Actualmente en la provincia del Cusco los residuos sólidos tienen como disposición final el botadero controlado de Haqira que se encuentra en funcionamiento desde el año 2001, el cual no abastece con la cantidad de residuos que ingresan todos los días provenientes de los distritos de Cusco, Santiago, Wanchaq, San Sebastián, San Jerónimo, Saylla, Poroy y Ccorca, según el PIGARS 2019 -2023 el total de residuos sólidos que se transportan a Haqira aproximadamente es de 450 toneladas diarias, y no cuenta con un relleno sanitario adecuado que cumpla con todas las características que dicta la Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de rellenos sanitarios mecanizados del MINAM”, también posee restricciones técnicas porque no cuenta con una infraestructura apropiada que permita el control de lixiviados, emanación de gases y propagación de vectores teniendo como consecuencia riesgos en la salud y los ecosistemas, también posee un difícil acceso ya que solo se cuenta con una trocha carrozable para llegar al botadero de Haqira el cual origina altos costos operativos. Desde hace muchos años atrás, la gestión y disposición final de residuos sólidos en la provincia del Cusco viene siendo un gran problema para la sociedad, por el consumismo excesivo y la falta de educación ambiental, ya que los habitantes sólo se preocupan en como deshacerse de ellos, sin tener en cuenta las consecuencias que esto conllevará a futuro en el deterioro del medio ambiente y la salud. “El siguiente eslabón lo constituyen la falta de soluciones o programas alternativos de gestión de residuos sólidos que deben ser propuestas y gestionadas por las municipalidades” (Orosco Uscamayta, y otros, 2015 pág. 3). Si los

residuos no tienen una disposición final adecuada, éstos generan malos olores, atraen vectores y causan problemas en la salud, como también contaminan el suelo, aire, el agua superficial y subterránea, además de la contaminación visual y cutánea, por tal motivo fue necesario realizar este trabajo de investigación que permitió analizar y encontrar áreas aptas para la instalación de un relleno sanitario en la provincia del Cusco.

En consecuencia fue necesario determinar e identificar posibles zonas aptas para la instalación de un relleno sanitario en la provincia del Cusco, que cumpla con todas las características que dicta la “Guía del MINAM”, por lo que debe cumplir con una serie de condicionantes concernientes a lo ambiental, social y económico para evitar que genere problemas en el medio ambiente y garantizar el bienestar y salud en la población. Este trabajo se llevó a cabo con la técnica de evaluación multicriterio y la aplicación de análisis espacial con el uso de la herramienta SIG, que permitió evaluar, de forma técnica, las características de las variables (factores y restricciones).

En cuanto se refiere a la justificación del presente tema de investigación fue dado por la, justificación teórica, práctica, metodológica y ambiental. Posee una Justificación teórica; la investigación se realizó ya que ayudara a resolver los problemas relacionados con la falta de áreas adecuadas y que deberían cumplir con las características que dicta la Guía del MINAM. Justificación practica; la actual investigación se utilizará a futuro en otras investigaciones como instrumento de apoyo. Justificación metodológica; se usó la técnica de evaluación multicriterio ya que es el más utilizado cuando se requiere realizar una ponderación, y los Sistemas de Información Geográfica. Justificación ambiental; permitirá prevenir y mitigar la contaminación y afectación a la salud a futuro causados por el botadero existente en la provincia del Cusco.

De acuerdo a la problemática presentada, se planteó el problema general y los problemas específicos del trabajo de investigación. El problema general fue, ¿De qué manera los sistemas de información geográfica permiten determinar áreas apropiadas para la instalación de rellenos sanitarios, apoyado en la técnica de evaluación

multicriterio, en la provincia del Cusco?, y los problemas específicos de la investigación fueron: ¿Qué información cartográfica se tiene de la provincia del Cusco para la evaluación multicriterio?; ¿Cuál será la ponderación que se le asignara según la técnica de evaluación multicriterio?; ¿Cuáles serán las zonas que cumplan las condiciones en base al análisis espacial?; ¿Cuál es el método de relleno sanitario posible a instalar en la provincia del Cusco?.

Los objetivos trazados para responder a las preguntas previamente planteadas son: objetivo general, Determinar áreas aptas para la instalación de rellenos sanitarios mediante los sistemas de información geográfica apoyada en la técnica de evaluación multicriterio en la provincia del Cusco. Y los objetivos específicos son: OE1: Recopilar información cartográfica de la provincia del Cusco. OE2: Diseñar base de datos y ponderación según la técnica de evaluación multicriterio. OE3: Identificar zonas para la construcción de rellenos sanitarios en base al análisis espacial. OE4: Describir las áreas identificadas y por sus características clasificarlas por el método de relleno posible a instalar.

En cuanto se refiere a la hipótesis planteada fue: Usando los sistemas de información geográfica se puede determinar áreas aptas para la localización e instalación de rellenos sanitarios en la provincia del Cusco, apoyándose en la técnica de evaluación multicriterio. Y las hipótesis específicas planteadas son cuatro: La información existente es escasa para la evaluación multicriterio en la provincia del Cusco. Existen niveles de ponderación adecuada según la técnica de evaluación multicriterio. Existe como mínimo alguna zona que cumpla con las condiciones del análisis espacial. Los métodos de rellenos sanitarios posibles a instalar son: método de trinchera, método de área, método de pendiente y el método combinado.

II. MARCO TEÓRICO

(Florez Salazar, 2013), incluyo en sus pasos metodológicos la recopilación y análisis de la información con la delimitación del área de estudio y la compilación de cartografía temática, analizo e íntegro los criterios normativos con la identificación de los factores y restricciones y el re escalado de la información para lo cual aplico la técnica de evaluación multicriterio (EMC), con la ponderación de factores, estandarización de los pesos de ponderación y la suma de capas, como resultado se obtuvieron 22 sitios con alto nivel de adecuación estos derivaron del procesamiento de información en el software IDRISI – TAIGA.

De igual manera Erazo Tapia (2016), utiliza la recolección, revisión y selección de información secundaria, organización de una base de datos y diseño del modelo, fue necesario desarrollarlo con el software ARCGIS, la cartografía fue recopilada del municipio de Pupiales, el uso de análisis espacial y finalmente la modificación de las diferentes capas temáticas restando los polígonos resultantes (generación de buffers) generados anticipadamente teniendo en cuenta los pesos determinados para cada criterio. En conclusión se identificó 177 hectáreas favorables para instalación de un relleno sanitario en el municipio de Pupiales.

Asimismo Tejada Paz (2018), en su trabajo de investigación utilizo el análisis espacial y las variables espaciales, con el objetivo de evaluar varias alternativas y la obtención de resultados para la toma de decisiones espaciales a través de un modelo de capacidad de acogida, mostrando las áreas que cumplan las características de localización de rellenos sanitarios y obtuvo como resultado arrojó que mientras más restricciones espaciales sean incluidas en la modelación, la región factible y las superficies candidatas a ser soluciones, se van a obtener menos áreas con mayor aptitud.

Javier Silva (2015), trabajo bajo tres dimensiones, sustentabilidad ecológica, la sustentabilidad social y sustentabilidad económica. Con una metodología diseñada en dos etapas; etapa pre campo (Gabinete) y la etapa de campo utilizando la técnica de evaluación multicriterio y los SIG, en la provincia de Huánuco, fueron seleccionados

criterios de selección y restricción según la normativa vigente, elaborando mapas temáticos con la ayuda del análisis espacial y utilizando la superposición ponderada. Finalmente, con los resultados obtenidos se usaron criterios de exclusión optando por tres áreas óptimas como resultado.

De la misma manera Espejo Pingus (2017), integro los factores de selección de sitio como bosques, geología, distancia a la población más cercana, hidrología, pendiente, distancia a las carreteras, aeropuertos y el volumen de almacenamiento, los cuales se valoraron con la técnica de evaluación multicriterio y la asignación de ponderación en función a los criterios, los pesos asignados son: 0 para lugares no óptimos y el valor de 1 para lugares óptimos utilizando los SIG. Utilizó la metodología que consta de una fase de gabinete y una fase de campo, llegó a la conclusión que empleando sistemas de información geográfica se determinó cuatro áreas óptimas donde es posible ubicar un relleno sanitario en el distrito de Chachapoyas que cumple con todos los requerimientos ambientales y sociales. Mientras que Loyaga Rivera (2019), combinó los criterios señalados en la guía del MINAM, y optó por 8 criterios de selección, con una valoración 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 extensión mayor a dos hectáreas en el que es posible instalar un relleno sanitario.

Altamirano Saldaña (2019), consideró 9 criterios establecidos por la guía del MINAM y empleó las técnicas de evaluación multicriterio y el software Arcgis, y fue necesario asignar pesos de 0 a las “áreas no óptimas” y 1 a las “áreas óptimas”. El resultado obtenido fue seis áreas aptas con 34.7 hectáreas, fueron descartadas tres áreas por presentar áreas menores a una hectárea y por hallarse en sitios alejados al distrito de Chirinos, la opción 2 es la más realizable con un área de 18.93 ha. y con una proyección de vida útil de 20 años con 10.54 hectáreas.

Bustamante Noriega (2020), usó las herramientas de sistemas de información geográfica para el estudio de problemas de localización, donde combinando las técnicas de evaluación multicriterio, posibilitó localizar mejores zonas para situar el relleno sanitario a emplazar. Obtuvo resultado que un 10% de la superficie terrestre

del cantón Santa Rosa muestra condiciones óptimas para emplazar un relleno sanitario de 15 Ha. Contempló que 3 zonas eran las que mejor cumplían con el reglamento y se encuentran ubicadas en Estero Medina, Bellamaria y La Victoria. A diferencia de Paredes Paredes (2018), que su estudio se llevó a cabo con 3 opciones que fueron Kallpapata, Aricato y Queneque, empleando el análisis espacial con los criterios de selección y restricción, se consideró una ponderación de cinco puntajes (muy malo “1”, malo “2”, regular “3”, bueno “4” y muy bueno “5”). Concluyendo que la opción 2 (Aricato) reúne todos los criterios de selección. Así mismo Jiménez Reyes (2019), integro los sistemas de información geográfica y el método de evaluación multicriterio tomando en cuenta las especificaciones de la NOM-083-SEMARNAT-2013 y teniendo en cuenta los factores que intervienen en el estudio, la investigación fue de carácter descriptivo y cuantitativa, se confeccionaron mapas de factores y restricciones para así obtener con el apoyo del análisis espacial 5 sitios que cumplen con la normativa, sin embargo en las visitas a campo solo 3 cumplían con las características necesarias.

Los rellenos sanitarios son prácticas de disposición final de residuos sólidos en el suelo, que no provocan riesgo en la seguridad pública y la salud de la población; no afecta a la contaminación considerable del medio ambiente durante su operación ni terminada la actividad. Esta práctica utiliza la ingeniería para aislar los residuos sólidos en espacios más reducidos, que son cubiertas diariamente con tierra y a su vez compactándola para minimizar su volumen. Asimismo de controlar los gases y líquidos procedentes de la actividad en el relleno, a consecuencia de la descomposición del material orgánico, (Caballero Saldivar, y otros, 2011 pág. 4) a ese líquido se le conoce como lixiviado que se origina a consecuencia de la fermentación y descomposición de la materia orgánica, y contiene grupos de contaminantes que son considerados muy peligrosos conocidos como: sustancias tóxicas, materia orgánica, patógenos, contaminación por nutrientes (Martínez-López, y otros, 2014 pág. 5), a diferencia de un botadero que es el terreno en el cual se deposita los residuos sólidos sin medidas de control; ya que no son compactados ni cubiertos con tierra diariamente y como consecuencia produce olores desagradables, gases y lixiviados (CONAM/CEPIS/OPS, 2016 pág. 5). Una práctica frecuente que todavía es usada, principalmente en América

Latina y el Caribe, es la de eliminar los residuos sólidos en terrenos a cielo abierto y no contar con los controles apropiados para su interrelación con el medio ambiente. A consecuencia genera problemas de contaminación (Saez, y otros, 2014 pág. 132).

Vertederos de basura: problema antiguo y problema nuevo, cuando los residuos pierden su tiempo de vida útil son desechados y nadie quiere usarlos. Sin embargo, hay muchos objetos que aún pueden ser reciclados o reusados. Estos materiales pueden tener un valor económico o pueden ser usados por otras personas. (SPREP, 2010 pág. 2). La operación del vertedero es en realidad un método biológico de tratamiento de residuos. El proceso de la descomposición anaeróbica es muy lento y se da en ausencia del oxígeno y la degradación del material orgánico en formas más estables, este proceso puede durar hasta 25 años aun después del cierre del relleno sanitario, al descomponerse el material orgánico genera un líquido que se infiltra a través de la cobertura vegetal que sale de la basura y se le denomina lixiviado. (Weiner, y otros, 2015 pág. 263). Las ventajas de un relleno sanitario es la reutilización del gas metano, recuperación de zonas degradadas, mínimo consumo de energía, y las inversiones son más bajas, las desventajas son los malos olores, presencia de lixiviados, emisiones de CO₂ y metano, proliferación de vectores (Ullca, 2006 pág. 3).

A nivel mundial la problemática de los residuos sólidos empeora por la falta de responsabilidad y educación ambiental de las personas al no cambiar las prácticas de consumo y trae como consecuencia que la disposición final no abastezca con los residuos sólidos originados diariamente por las actividades en los centros de trabajo, escuelas, hospitales, hoteles, parques y áreas recreativas entre otras (Escalona Guerra, 2014 pág. 1). Las municipalidades provinciales se encargan de vigilar y regular la disposición final de líquidos, vertimientos industriales y desechos sólidos. Las municipalidades tienen la función de proporcionar a la población servicios de limpieza, barrido de calles y el reciclado de desperdicios a nivel industrial (Ministerio del Ambiente, 2017 pág. 21). La composición de los residuos sólidos urbanos se modifica según el municipio y el país, el cambio se debe principalmente a las condiciones de vida, la economía y la normativa de gestión de residuos, el volumen y la composición de los residuos sólidos urbanos son críticas para la selección del manejo de los

residuos, esta información es básica y ventajosa para ubicar los residuos sólidos en la instalación de conversión de energía dentro del municipio (Mansour, y otros, 2018 pág. 2).

El relleno sanitario manual es una opción económica y técnica, para poblaciones rurales y urbanas con población menor a los 40,000 habitantes. Es necesario contar con equipo pesado para la construcción y excavación de zanjas, apertura de vías, excavación de material de cobertura, todos los demás trabajos se puede realizar manualmente. A diferencia de un relleno sanitario mecanizado que es diseñado para poblaciones grandes que generan toneladas diarias de basura en grandes proporciones generalmente para este tipo de relleno se tiene personal capacitado y maquinaria de colocación, compactación y revestimiento de los residuos, sus requerimientos hacen que sea un proyecto de ingeniería muy complicado. (Jaramillo, 2002 pág. 45).

Hay tres métodos de rellenos sanitarios, que son: método de área, método de zanja y método de rampa o pendiente. El método de área es más adecuado para áreas planas o con pendientes suaves donde pueden existir algunas depresiones de tierra. Los desechos se esparcen, compactan y luego se cubren con material de cobertura que puede ser transportado desde áreas aledañas a la zona. El método de zanja consiste en una zanja excavada en la que se esparcen, compactan y cubren los desechos sólidos, este método es más adecuado para terrenos casi nivelados donde el nivel freático no está cerca de la superficie. Por lo general, el suelo excavado de la zanja se utiliza como material de cobertura. La pendiente o rampa se utiliza a veces en combinación con los otros dos métodos. Los residuos se esparcen sobre un talud existente, se compactan y se cubren. Los materiales de cobertura generalmente vienen de delante de la cara de trabajo. (Kansas Environment Technical, 1971 pág. 1).

En el Perú cada vez mejora poco a poco la disposición final de los residuos sólidos en algunas ciudades como es el caso del relleno sanitario de Andahuaylas que en el año 2017 se hizo entrega de 9,617 hectáreas de terreno por parte del MINAM y la Municipalidad de Andahuaylas, con un presupuesto de 4608,330 soles. Este relleno

sanitario también abastecerá a los distritos de Talavera y San Jerónimo, en Apurímac (Sequeiros, 2017 pág. 1). El trabajo entre las municipalidades de Oxapampa y Pozuzo en el 2017 lograron instalar dos rellenos sanitarios de cinco que tenían previstos ese año, beneficiaron a más de 17 000 pobladores aportando un buena gestión y disposición final de los residuos sólidos y mitigando el deterioro ambiental (MINAM, 2017). El relleno sanitario de Urubamba fue aprobado el 12 de noviembre del 2015, y actualmente se encuentra en funcionamiento, antes de su construcción fue previsto estudios de impacto ambiental para así mitigar y reducir la contaminación, este relleno sanitario abastecerá 25 toneladas de residuos sólidos con más de 45 mil metros cuadrados, favorecerá a los distritos de Chinchero, Maras, Urubamba, Ollantaytambo, Machupicchu y Yucay (GORE, 2019).

Los métodos de evaluación multicriterio a la variedad de factores integrados en el proceso de la toma de decisiones. Su peculiaridad es la forma de convertir las percepciones y medidas en un nivel único para hacer una comparación de los elementos y establecer preferencias que admitan adicionar los efectos en una métrica común de un proyecto (Grajales, y otros, 2013 pág. 285). Poseen una gran variedad de opciones que permiten la toma de decisiones al analizar problemas complejos y dar solución que contempla a un grupo de personas, es necesario tener en cuenta el intercambio de ideas y opiniones para la toma de decisiones con un fin determinado y ayudar a resolver los problemas y dar una posible solución (Berumen, y otros, 2017 pág. 66).

Los sistemas de información geográfica (SIG) está conformado por un grupo de recursos y su objetivo es la producción de información nueva a cualquier proceso de toma de decisión, es una herramienta informática que permite analizar, almacenar, manipular y visualizar información geográfica para la toma de decisiones y solución de los problemas del mundo real y la clave de un SIG es la geografía, esta herramienta posee una integración organizada de datos, procesos, hardware, software y análisis. (Arancibia, 2015 pág. 1). Los componentes que caracterizan a un SIG son: el hardware, software y la administración de los datos, hoy por hoy se comercializan diferentes tipos de sistemas de información geográfica que cumplen con las mismas

operaciones, pero poseen ciertas características particulares que hacen que se diferencie de otros, el usuario es quien elige las características que debe tener el SIG según a sus necesidades (Rojas Lazo, 2015 pág. 1). La información geográfica es multidimensional, porque usando las coordenadas geográficas es capaz de encontrar cualquier posición en la superficie de la tierra, pero esto depende mucho de la resolución geográfica, también es representada en varios formatos digitales espaciales, proyectada en superficies planas y es necesario tener un tiempo para la toma de decisiones y métodos espaciales (Rodríguez Lloret, y otros, 2019 pág. 8). Los SIG van de la mano con el análisis espacial que hace posible la incorporación del análisis geográfico a una escala intermedia y empieza a aumentar a través de la circulación de datos geográficos con sustento en las actuales tecnologías digitales, posee amplitud ya que está presente en todas las escalas de la realidad (Buzal, G. D., y otros, 2015 pág. 4). Los instrumentos satelitales se equiparon para medir la cobertura vegetal, la fluctuación del hielo marino, el nivel del mar y las temperaturas de la superficie del mar, las concentraciones de gases atmosféricos y muchos otros. Como resultado, los satélites de observación de la Tierra son diseñados específicamente para aplicaciones no militares, fueron diseñados para observaciones globales a largo plazo de la superficie terrestre, los océanos, la biosfera y la atmósfera (Introduction to Satellite Imagery, 2017 pág. 1).

Los geoprocесamientos se definen como el conjunto de operaciones consignadas a establecer relaciones y análisis entre dos o más capas independiente de su naturaleza, y permiten llevar a cabo diferentes tareas, son herramientas que analizan de forma básica sencilla las capas vectoriales, estos geoprocесamientos se encuentran en el Arcgis, dentro de las principales herramienta encontramos: clip, erase, buffer, unión, merge, intersect (Matellanes, y otros, 2014 pág. 5), entre las herramientas principales que se usaran en el presente estudio están los buffers o áreas de influencia que son polígonos establecidos a partir de una entidad a una determinada distancia. Este análisis espacial permite visualizar aquellas zonas de influencia, superficies afectadas por contaminación, incendios forestales, entre otros (Pucha

Cofrep, y otros, 2017 pág. 35). Por eso será de mucha utilidad en la investigación para determinar las áreas que poseen restricciones.

Los sistemas de información geográfica son una herramienta esencial cuando se trata de analizar la gestión de un territorio, análisis demográficos, cuidado del medio ambiente, urbanismo, toda la información manejada hasta la actualidad se encuentra georreferenciada es decir que se le puede asignar una posición geográfica, permite recopilar, almacenar, buscar, según sea necesario, transformar y mostrar datos del mundo real. (Vázquez Rodríguez, 2018). Se han logrado grandes avances en los sistemas de información geográfica y la ciencia durante los últimos 14 años: a través del desarrollo de las infraestructuras de datos espaciales y la infraestructura de intercambio de datos; a través de avances en las tecnologías de posicionamiento, datos adquisición, difusión de datos y análisis de datos; ya través de los avances en la ciencia que subyace a la tecnología (Goodchild, 2009 pág. 1).

La Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos, menciona en el artículo 41 que los residuos sólidos deben tener una disposición final en infraestructuras autorizadas teniendo en cuenta las características biológicas, químicas y físicas con el objetivo de evitar causar daños a la salud y medio ambiente, así mismo el artículo 44 prohíbe la disposición final de residuos en lugares no autorizados. Está prohibido el abandono, vertido o disposición de residuos en lugares no autorizados por la autoridad competente o aquellos establecidos por ley, en el artículo 67 menciona la cercanía de infraestructura de residuos a aeródromos. (Sistema Peruano de Información jurídica, 2017).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

El enfoque de la investigación es cuantitativa, (Hernández Sampieri, y otros, 2014 pág. 4). Mencionan que el alcance que puede tener un estudio cuantitativo es descriptivo, se basa en investigaciones previas, recolecta datos que pueden codificarse de forma numérica y se consiguen por observación, medición y documentación, es así que en la presente investigación se recolecto información cartográfica para posteriormente analizarla y asignar valores numéricos mediante la ponderación teniendo en cuenta las características de cada criterio para posteriormente con los resultados obtenidos se describió las áreas seleccionadas como aptas para la instalación de rellenos sanitarios.

El tipo de investigación es aplicada, según (Cordero Vargas, 2009 pág. 159) “entendida como el uso de los conocimientos en la práctica, para emplear en beneficio de los grupos que participan en esos procesos y en la sociedad en general”, con la presente investigación se buscó el beneficio a futuro de la población de la provincia del Cusco con los resultados obtenidos y que a futuro sea de utilidad para la construcción de un relleno sanitario.

El diseño de investigación es no experimental según (Ato, y otros, 2013 pág. 12), este diseño se caracteriza por no manipular las variables deliberadamente es decir no hacemos variar intencionalmente las variable independientes, es así que en la presente investigación no existió la manipulación de las variables independientes que vienen a ser los sistemas de información geográfica y a su vez los mapas de factores y restricciones.

El nivel de investigación es transversal descriptivo - señala Hernandez (2003 pág. 119) que los estudios descriptivos pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a los que se refiere, es así que en esta investigación se describirán las áreas que hayan sido seleccionadas en el etapa de gabinete y clasificarlas por el método de relleno sanitario posible a

instalar, también menciona que los estudios transversales se definen en un momento temporal determinado, es transversal porque se basó en el análisis de resultados de la recopilación cartográfica (mapas temáticos) de los datos obtenidos en un determinado periodo.

3.2. Variables y Operacionalización

Se analizaron dos variables, independientes y dependientes, cada variable fue descrita teniendo en cuenta sus dimensiones e indicadores, así mismo su definición conceptual y operacional. Se podrá observar la matriz de operacionalización en el anexo 3.

- Variable independiente: Sistemas de información geográfica.
- Variable dependiente: Localización de zonas aptas para la instalación de Rellenos Sanitarios.

3.3. Población y Muestra

Población

Para esta investigación se trabajó con toda la superficie de la provincia del Cusco que es de 61 700 Ha., y posee 8 distritos. Con mayor extensión está el distrito de Ccorca con 18 856 Ha., luego el distrito de Cusco, con 11 622 Ha., y posteriormente San Jerónimo con 10 334 Ha., con menor extensión está el distrito de San Sebastián con 8 944 Ha., Saylla con 2 837 Ha., Poroy con 1 496 Ha., y finalmente Wanchaq con 639 Ha (Orosco, y otros, 2019 - 2023 pág. 6).

Muestra

Con la finalidad de encontrar áreas aptas para la construcción de un relleno sanitario, la muestra se realizó en toda la provincia del Cusco el cual abarca 8 distritos (San Sebastián, Ccorca, San Jerónimo, Santiago, Wanchaq, Saylla, Poroy y Cusco), como se muestra en el Anexo 8

3.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

Técnica de recolección de datos.

Se utilizó las siguientes técnicas:

Técnica de evaluación multicriterio (Ponderación).

Se tomó en cuenta las especificaciones según el tipo de factor, se consideró una ponderación de 1 a 3 para la localización de áreas aptas para la instalación de rellenos sanitarios según lo siguiente: el valor más alto es 3 ya que cumple con las características de selección para la instalación de rellenos sanitarios, el valor medio es 2 debido a que existen algunas limitaciones en sus características de selección para la instalación de rellenos sanitarios y el valor de 1 es el peso más bajo en la clasificación, debido a que el criterio de selección no cumple con las características para la instalación de rellenos sanitarios.

Posteriormente fue necesario realizar la clasificación de la información con el objetivo de agrupar las variables de acuerdo al peso asignado según sus características, facilitando el análisis de la información.

Cabe mencionar que para la asignación de la ponderación de los factores: geología, geomorfología y suelos se contó con la opinión de la ingeniera Geóloga Bertha Pumayalli Salema.

Análisis espacial

Permitió realizar la superposición de los 14 mapas temáticos previamente ponderados (mapa base de la provincia del Cusco, mapa de clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor, mapa de pendientes, mapa geológico, mapa geomorfológico, mapa de suelos, mapa climático, mapa de cobertura vegetal, mapa de centros poblados, comunidades campesinas y vías de acceso, mapa de catastro minero y fallas geológicas, mapa de diversidad biológica, mapa hidrológico, mapa de monumentos arqueológicos y mapa de seguridad aeroportuaria) con el apoyo de programa Arcgis 10.2 y la herramienta de superposición ponderada para obtener el mapa de factores y restricciones, y posteriormente el mapa final con las áreas apta para la instalación de rellenos sanitarios.

Instrumentos.

Programa de ARCGIS 10.2

El programa permitió realizar diferentes geoprocursos, para crear el mapa de factores se usó la herramienta FEATURE TO RASTER, y la conversión de los shape de formato vectorial a raster y posteriormente se utilizó la herramienta reclassify y la herramienta de superposición ponderada que permitió establecer “ponderación” a cada factor y modificar los valores de cada celda raster según a la ponderación establecida (3= ALTO, 2= MEDIO y 1= BAJO), Al convertir de un formato raster a un formato vectorial permitió ampliar el uso y la aplicabilidad de los datos, y por el contrario no a la degradación de los datos, para el mapa de restricciones se generó la zona de influencia (buffers) para cada shape que dependió de las especificaciones y límites que dicta la normativa, el resultado fueron nuevos polígonos alrededor de los objetos en los que se está realizando el análisis, y finalmente permitió la superposición de los mapas temáticos finales (mapa de factores y mapa de restricciones) con el objetivo de identificar las áreas aptas para la instalación de rellenos sanitarios.

Mapas temáticos

Se realizó la recolección y el análisis de la información obtenida de las diferentes entidades públicas, privadas y geoservidores del Estado en formatos PDF, formato vectorial (shape), y la revisión bibliográfica de varios trabajos sobre el mismo tema de investigación.

GPS navegador

Se utilizó un GPS navegador para llegar a las coordenadas de cada una de las áreas aptas para la instalación de rellenos sanitarios en la etapa de campo, que dieron como resultado de la superposición de mapas con el programa Arcgis.

Ficha de registro de datos

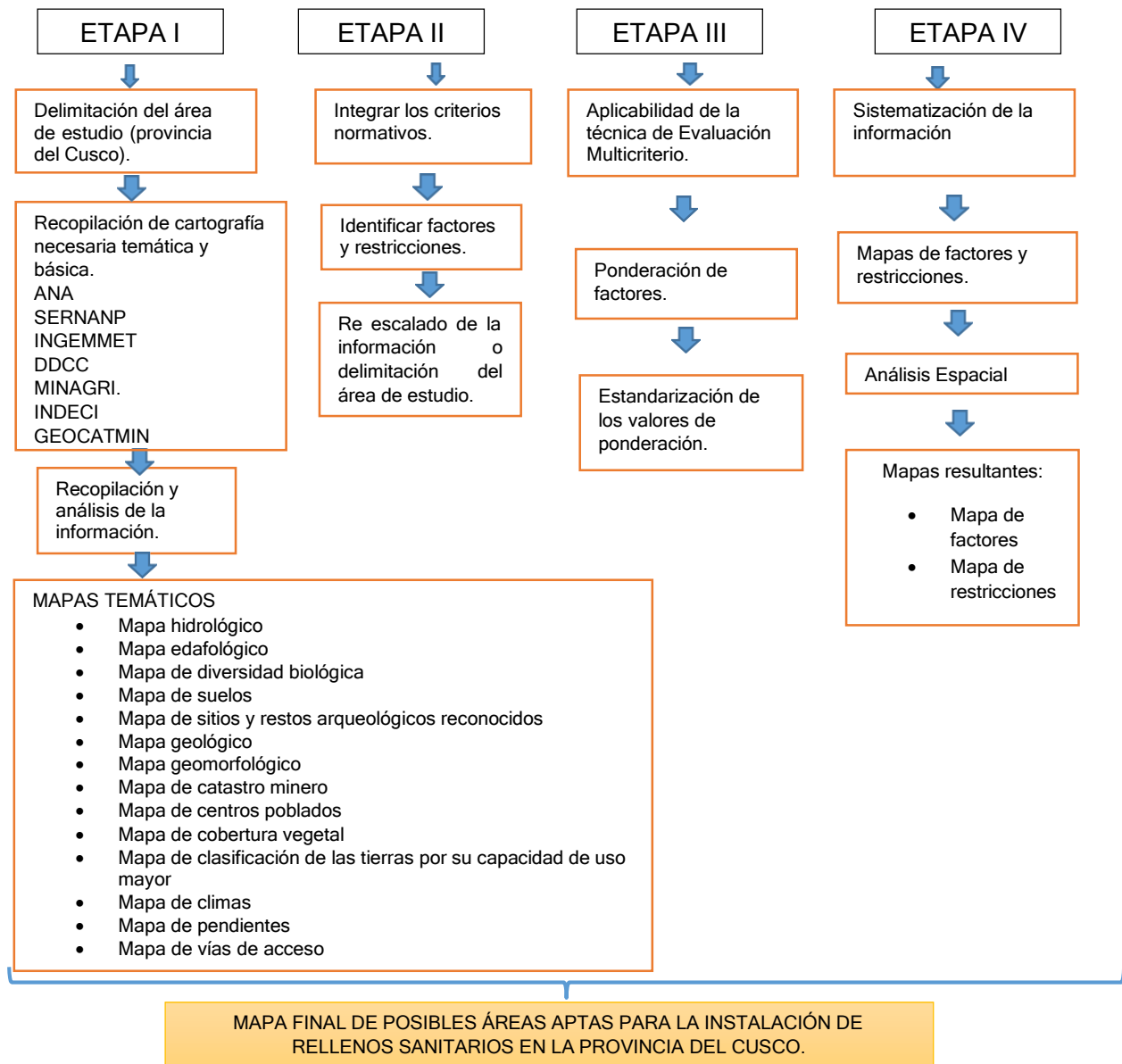
Sirvió para la recolección de información primordial en campo el cual es necesario para llevar a cabo la investigación, esa ficha se encuentra en el anexo 4.

3.5. Procedimientos

La presente investigación se realizó en las diferentes etapas.

Figura 1

Etapas para el Diseño de la Investigación



Fuente: Elaboración propia.

Trabajo Pre Campo (gabinete)

Para el trabajo pre campo fue necesario contar con el programa Arcgis 10.2 y la recopilación de cartografía temática necesaria y básica en formato vectorial (shape).

Etapa I

Delimitación del área de estudio

Fue necesario delimitar el área de estudio para ejecutar el proyecto de investigación por tal motivo se elaboró el mapa base de la provincia del Cusco ya que será necesario al momento de superponer las capas temáticas. Para el mapa base se tomó en cuenta los centros poblados, vías, ríos, curvas de nivel y lagos. (Anexo 8)

Recopilación y análisis de la información disponible sobre el área de estudio

En esta etapa se realizó la recolección y el análisis de la información obtenida de las diferentes entidades públicas, privadas y geoservidores del Estado en formatos PDF, formato vectorial (shape), y la revisión bibliográfica de varios trabajos sobre el mismo tema de investigación.

En la Tabla 2 muestra las Cartas Nacionales que se utilizaron para el estudio teniendo en cuenta la fuente, escala y Datum.

Tabla 1

Cartas Nacionales

		Fuente	Escala	Datum
Carta Nacional	28-r; 27-r	Ministerio de Educación (MINEDU)	1:100 000	WGS 84 Zona 18
Carta Nacional	28-s; 27-s	Ministerio de Educación (MINEDU)	1:100 000	WGS 84 Zona 18

Fuente: Tabla adaptada en base a la información del Instituto Geográfico Nacional (IGN).

Fuente de descarga: Geoservidor del Ministerio de Educación Recuperado de <http://sigmed.minedu.gob.pe>

Etapa II

Integración y Análisis de Criterios Normativos

Especificaciones normativas.

En las Tablas 3 y 4 se menciona las especificaciones según el tipo de factores y restricciones para la localización de áreas aptas para la instalación de rellenos sanitarios, teniendo en cuenta la “Guía de Diseño, Construcción, Operación, Mantenimiento y Cierre de Relleno Sanitario mecanizado (MINAM)”.

Tabla 2

Especificaciones Según el Tipo de Factor para la Localización de Áreas que sean Aptas para la Instalación de Rellenos Sanitarios.

Tipo de factor	Especificaciones
Geología	Se considera terrenos aptos aquellas áreas que presenten rocas impermeables, que posea material inconsolidado para su fácil excavación.
Geomorfología	Las características geomorfológicas para la selección de sitios aptos son las áreas que presenten montañas o mesetas de poca inclinación o planas.
Pendientes	Terrenos con pendientes planas o llanas.
Clima	Las condiciones climatológicas aptas son: Vientos: en dirección contraria a los centros poblados para evitar molestias con malos olores y material particulado. Precipitación: < 50 mm mensual. Temperatura: > 20 °C mensual
Suelos	Los suelos aptos para la ubicación de rellenos sanitarios son: Areno-limo-arcillosos, limo-arcillosos, arcillo-limosos
Clasificación de la tierras por su capacidad de uso	No debe tener un uso definido.
Cobertura vegetal	Zonas herbazales o zonas degradadas
Vías de acceso	El terreno seleccionado como apto debe estar próxima a una vía principal y accesible.

Fuente: Tabla adaptada en base a la información de la Guía de Diseño, Construcción, Operación, Mantenimiento y Cierre de Relleno Sanitario mecanizado (MINAM).

Tabla 3

Especificaciones Según el Tipo de Restricción para la Localización de Áreas que sean Aptas para la Instalación de Rellenos Sanitarios.

Tipo de restricción	Especificaciones
Sitios arqueológicos	Para que el área sea considerada como apta para la instalación de un relleno sanitario no debe ubicarse dentro de un sitio de interés arqueológico. Solo si, se encuentra a una distancia > 500 m.
Seguridad aeroportuaria	No debe estar ubicado a una distancia menor < 3000 m.
Catastro minero	El área seleccionada como apta para la instalación de rellenos sanitarios debe estar ubicado a una distancia mayor > 500 m con respecto a la propiedad y extensión de la superficie de la tierra para fines de tributación.
Diversidad biológica	No debe ubicarse un relleno sanitario dentro de áreas de diversidad biológica, solo en caso que el área natural protegida se encuentre a una distancia > 500 metros con respecto al área seleccionada como apta para la construcción.
Hidrología	La distancia de ubicación de áreas para la instalación de rellenos sanitarios con respecto a los cuerpos de agua debe tener una distancia > 500 m (hidrología superficial) y una distancia > 10 m de la base de la infraestructura (hidrología subterránea).
Fallas geológicas	No debe ubicarse en zonas de fallas activas, fracturas o grietas, en caso exista una falla geológica próxima al área de construcción de un relleno sanitario debe tener una distancia > 200 m.
Centros poblados	La distancia de ubicación de rellenos sanitarios con respecto a los centros poblados debe ser > 1000 m para que sean considerados como zonas aptas.

Fuente: Tabla adaptada en base a la información de la Guía de Diseño, Construcción, Operación, Mantenimiento y Cierre de Relleno Sanitario mecanizado (MINAM).

ETAPA III

Aplicabilidad de la técnica de evaluación multicriterio

En esta etapa se llevó a cabo la asignación de la ponderación (alto = valor 3, medio= valor 2 y bajo = valor 1) a cada factor de selección según la descripción de cada una de sus características como indica la Guía del MINAM, para lo cual antes de ingresar datos de la ponderación asignada al Arcgis fue necesario crear tablas en Excel con las características de cada criterio de selección y así poder asignar la ponderación adecuada con la finalidad de encontrar áreas aptas para la instalación de rellenos sanitarios.

Etapa IV

Sistematización de la información

Fue necesario realizar este proceso en el cuadro de superposición ponderada que es una de las herramientas del programa Arcgis, el cual permitió ejecutar la superposición de los criterios de selección y obtener un nuevo conjunto de información que fue el mapa de factores (figura 4), a este resultado se superpone el mapa de restricciones para el cual se generaron buffers o zonas de influencia según las indicaciones de la Guía del MINAM, la generación de buffers permitió delimitar las áreas en las que no es posible instalar un relleno sanitario debido a que presenta alguna restricción, al superponer los criterios de restricción se obtuvo como resultado el mapa de restricciones.

Mapas de factores y restricciones

Para obtener el mapa de factores y restricciones fue necesario utilizar herramientas de geo procesamiento del Arcgis como muestran los esquemas en la figura 7 y figura 8.

Para elaborar el mapa de factores se le agrego una ponderación de alto = 3, medio = 2 y bajo =1 a cada criterio de selección como se muestra en la figura 5 para agrupar las variables de acuerdo al peso asignado y su potencialidad para ser seleccionados como áreas aptas para la instalación de rellenos sanitarios, según las especificaciones de cada tipo de factor, facilitando el análisis de la información.

En cuanto al procedimiento para elaborar el mapa de factores fue necesario tomar en cuenta las especificaciones de la guía del MIMAN para establecer un rango de distancia

con la creación de zonas de influencia o buffers el cual permitió delimitar aquellas zonas que posean restricciones para la instalación de rellenos sanitarios (figura 6).

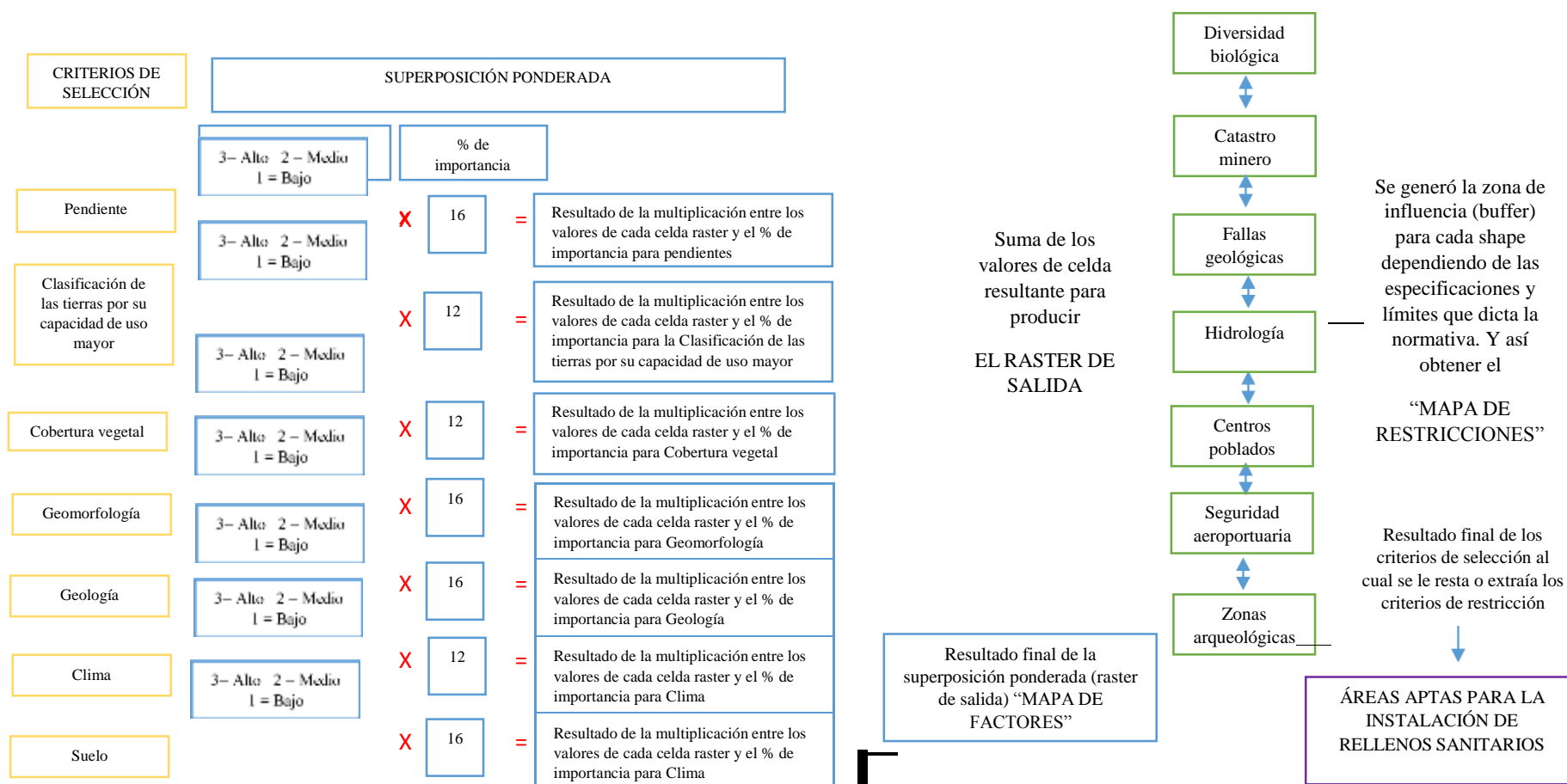
Análisis espacial

Para llevar a cabo el análisis espacial fue necesario el uso de la herramienta de superposición ponderada el cual permitió encontrar las áreas aptas para la instalación de rellenos sanitarios como resultado del análisis espacial donde a los criterios de selección se les extraiga o reste los criterios de restricción. (Figura 9)

Sistematización de la información

Figura 2

Esquema General del Modelo de Identificación de Áreas Aptas para la Instalación de Rellenos Sanitarios en la Provincia del Cusco

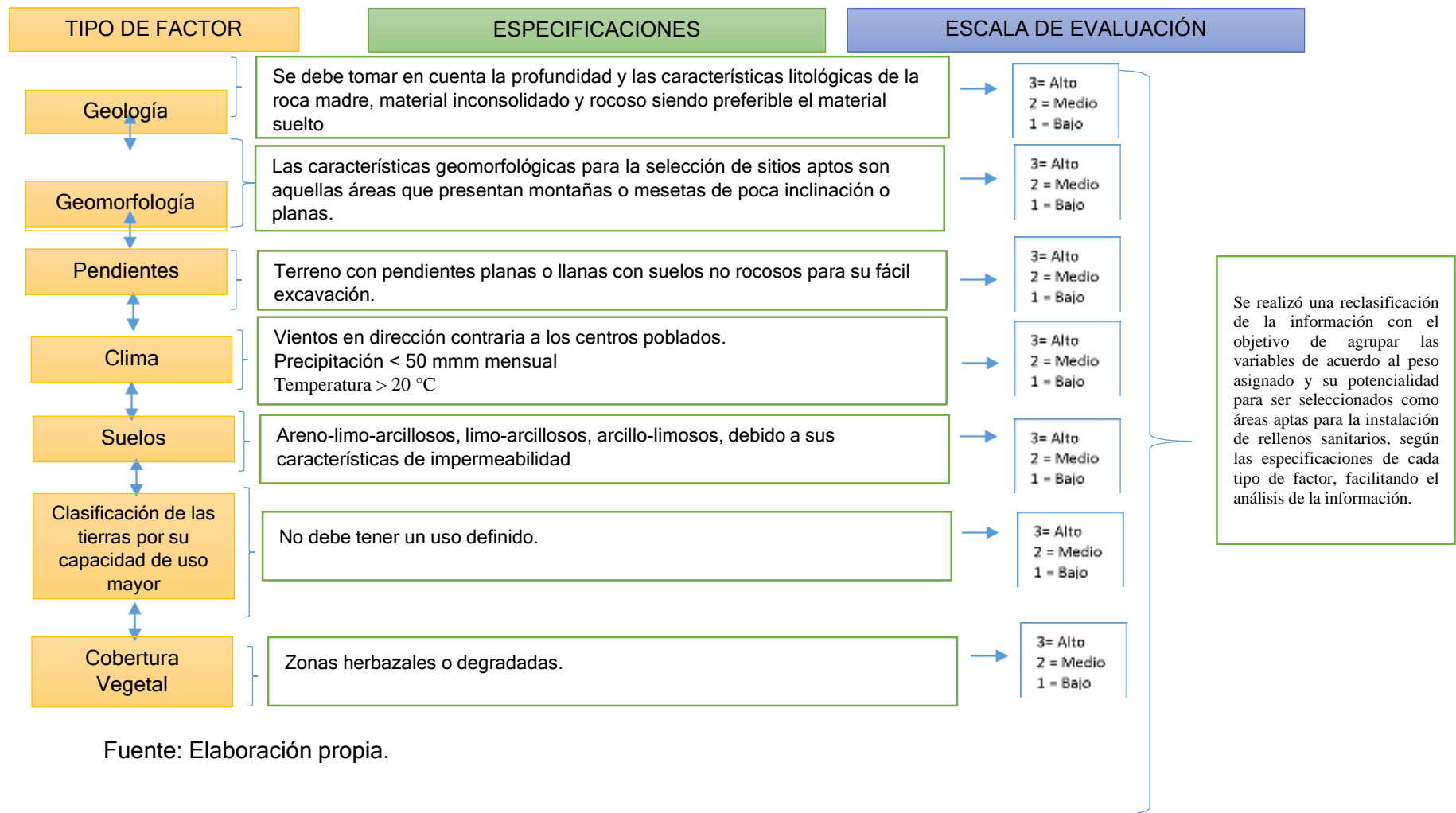


Fuente: Elaboración propia.

Procedimiento para elaborar el mapa de factores

Figura 3

Esquema para los Criterios



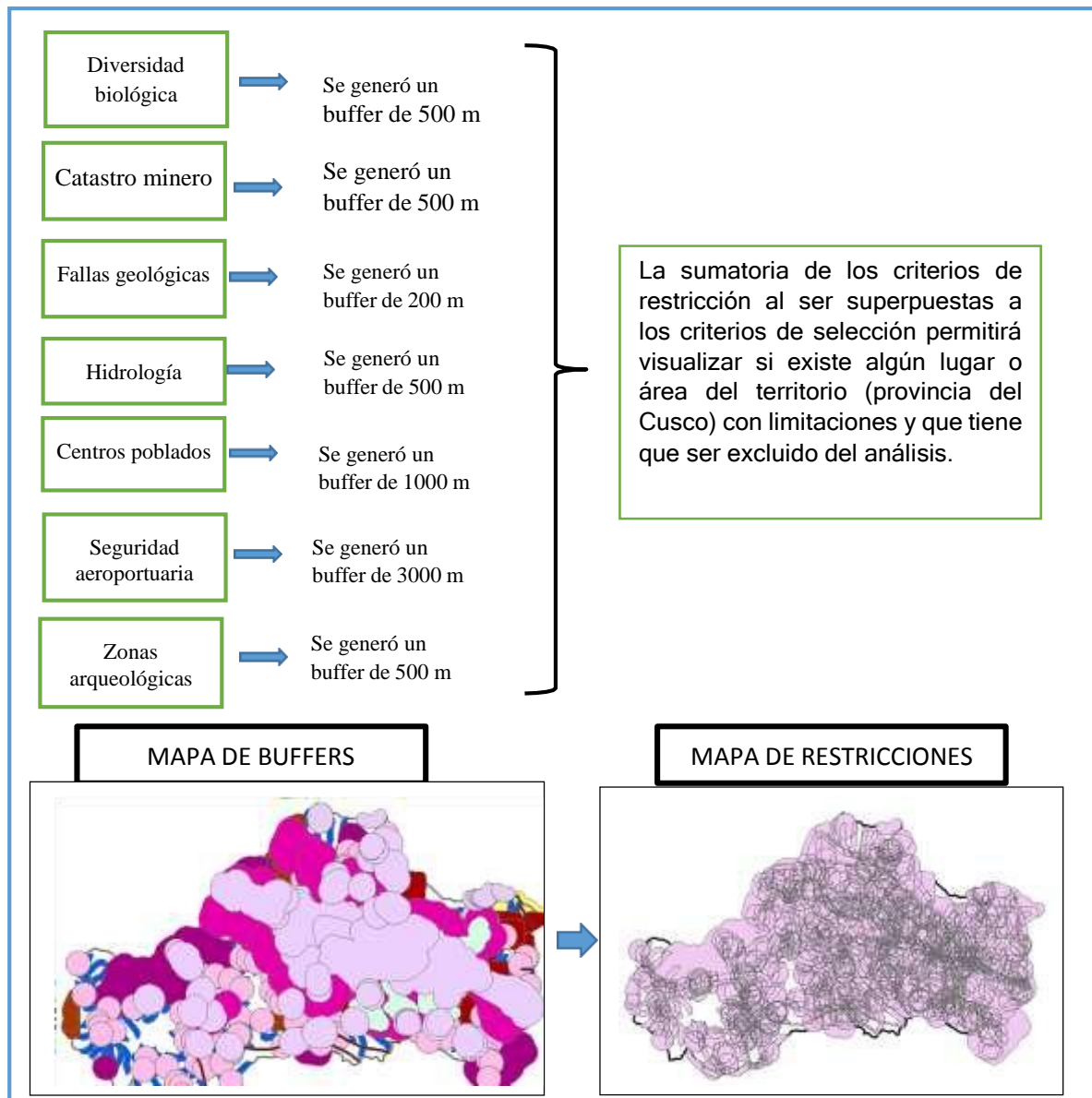
Fuente: Elaboración propia.

Procedimiento para elaborar el mapa de restricciones.

Se generó la zona de influencia (buffers) para cada shape dependiendo de las especificaciones y límites que dicta la normativa. El resultado son nuevos polígonos alrededor de los objetos en los que se está realizando el análisis.

Figura 4

Esquema para las Restricciones

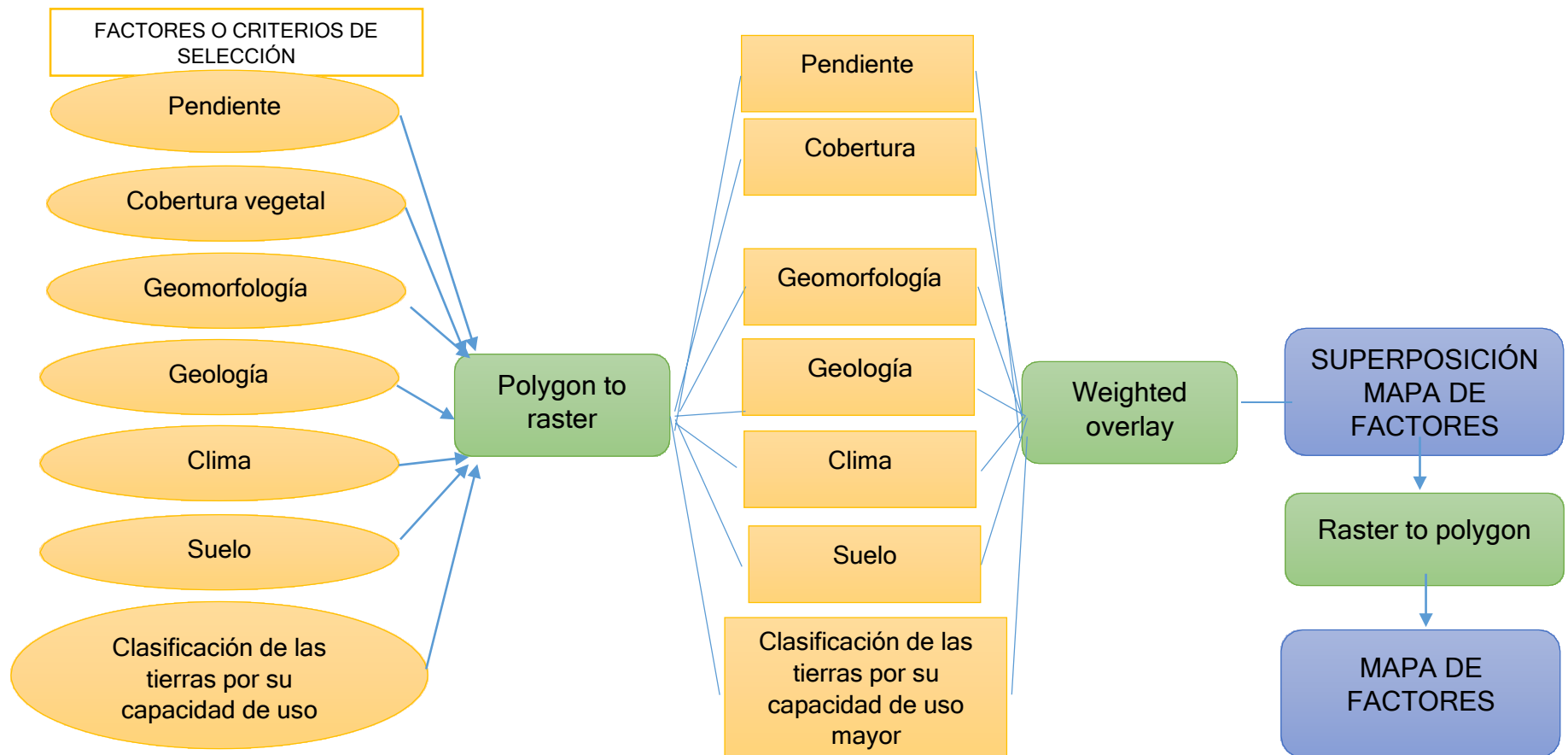


Fuente: Elaboración propia

Geo procesamiento para los Criterios de Selección.

Figura 5

Esquema Metodológico para los Criterios de Selección

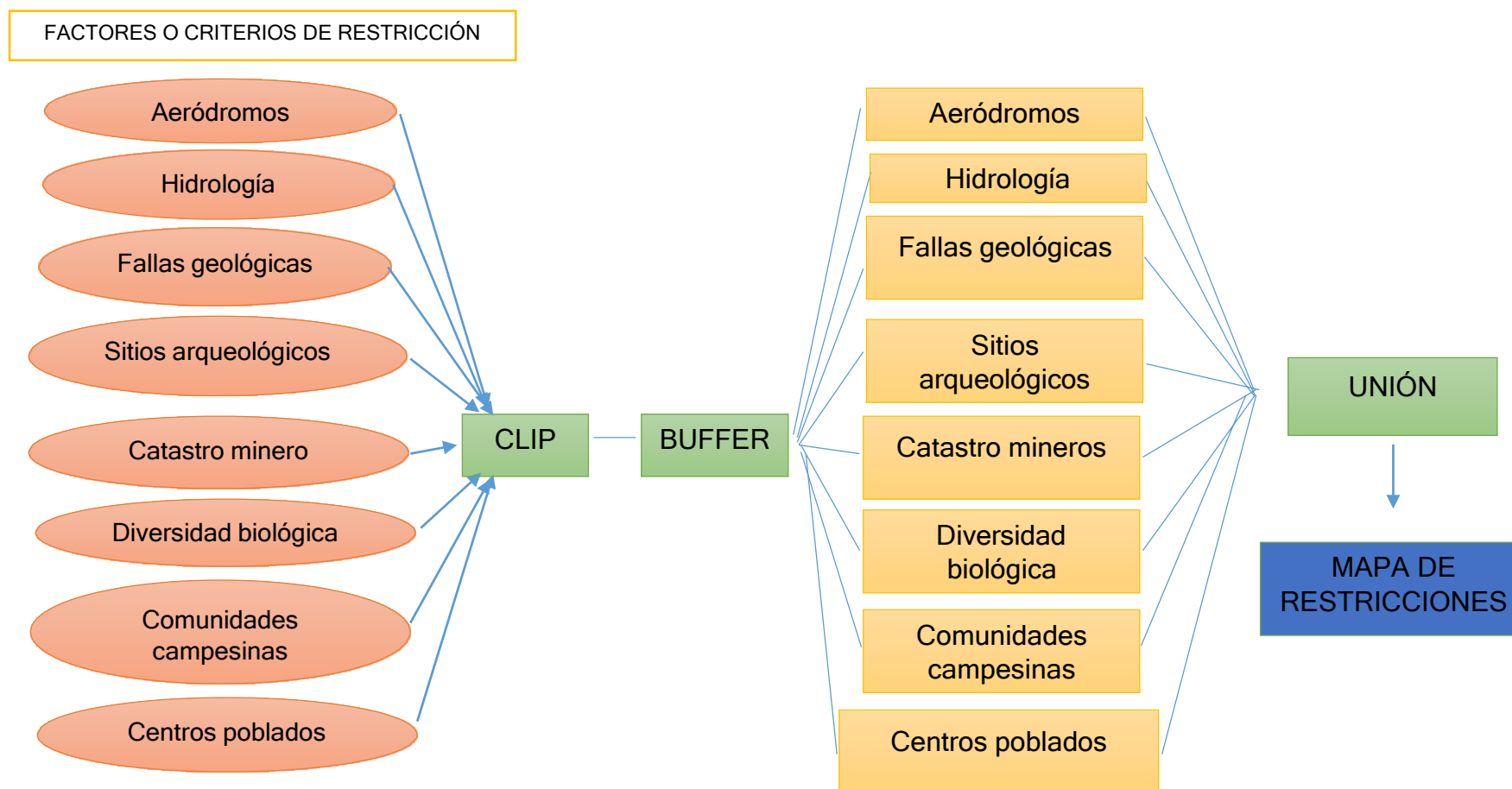


Fuente: Elaboración propia

Geo procesamiento para los Criterios de Restricción

Figura 6

Esquema Metodológico para los Criterios de Restricción

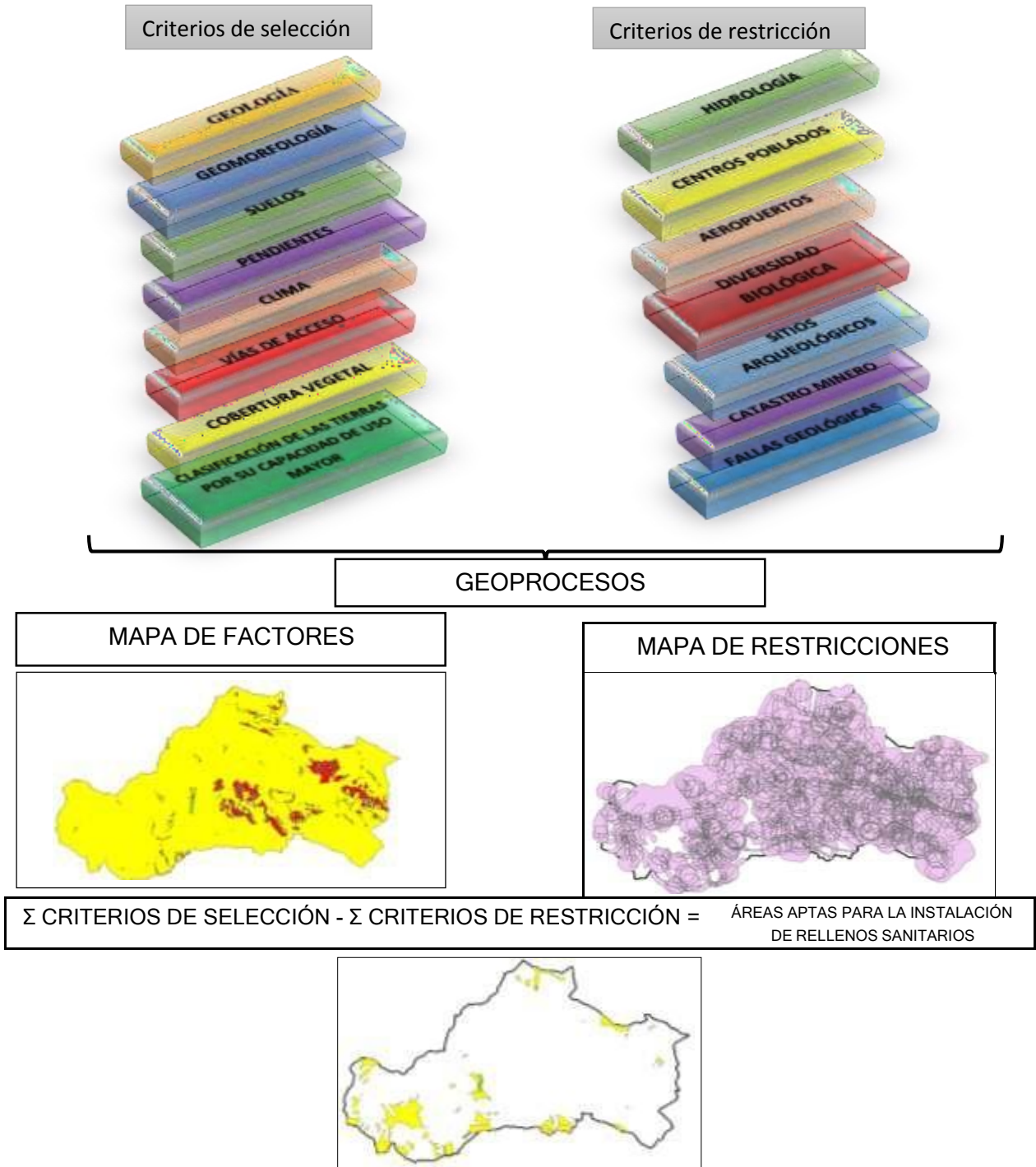


Fuente: Elaboración propia

Procesamiento de la información y análisis espacial.

Figura 7

Esquema de la Estructura de la Información y Operación de Capas



Fuente: Elaboración propia

Trabajo de Campo

Se realizó el trabajo de campo para cada una de las áreas previamente seleccionadas en la etapa de pre campo (gabinete), las salidas al campo requirió contar con movilidad particular, GPS navegador, cámara fotográfica y la ficha de recolección de datos (Anexo 4). Lo que se observó en esta etapa son las vías de acceso que llevan a las áreas seleccionadas, el tiempo de recorrido, el estado en el que se encuentra la carretera o trocha carrozable, la existencia de alguna población aledaña, el material de cobertura, la vegetación y si hay presencia de fuentes de agua que no se lograron encontrar con la base de datos (archivos shape) al momento del análisis espacial con el Arcgis.

Figura 8

Movilidad Particular



Figura 9

GPS Navegador



Fuente: Elaboración propia

3.6. Método de análisis de datos

Se utilizó el programa Arcgis 10.2 en el cual se llevó a cabo el análisis de superposición ponderada y la técnica de evaluación multicriterio que permitió asignar valores de ponderación del 1 al 3 donde (1 = bajo, 2= medio y 3 = alto), en cada una de las tablas de atributos que contiene cada respectivo archivo o shape como es la tabla de vías de acceso, centros poblados, clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor, pendientes, geológico, geomorfológico, suelos, climático y cobertura vegetal los cuales se analizaron teniendo en cuenta las características de cada criterio según lo que indica la normativa y se asignó una ponderación para posteriormente con la ayuda del análisis espacial superponer cada uno de los mapas y obtener un mapa de criterios de selección al cual se le restara el mapa de los criterios de restricción y así obtener el mapa final con las áreas aptas para la instalación de rellenos sanitarios en la provincia del Cusco.

3.7. Aspectos éticos

La investigación se desarrolló con el objetivo de brindar información veraz y dentro de las éticas del investigador basándose en los antecedentes de anteriores trabajos similares sin realizar variaciones o cambios de la información obtenida. Se siguió la Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de rellenos sanitarios manuales y mecanizados y se muestra resultados confiables en base al cumplimiento de lo indicado en la Guía del MINAM.

IV. RESULTADOS

- a. Se recopiló un total de 14 mapas temáticos de las diferentes entidades tanto públicas y privadas con información cartográfica de la provincia del Cusco, teniendo en cuenta los requisitos de la técnica de evaluación multicriterio y el análisis espacial se elaboró 4 mapas temáticos con la información obtenida: 1 cartografía del mapa base de la provincia del Cusco, 1 cartografía temática de factores, 1 cartografía temática de restricciones y 1 cartografía temática con las áreas apta para la instalación de rellenos sanitarios en la provincia del Cusco. (Anexo 8)

Cartografía	Formato	Fuente	Escala	Año	Datum
Hidrografía	formato	(ANA.U-V)	1:1.100	2015	WGS
	vectorial	(IGN)	000 1:100 000		
Condiciones Climáticas	formato	Geo Server-	1:250 000	2005	WGS
	vectorial	MINAM			
Diversidad biológica	formato	SERNANP	1:1000	2018	WGS
	vectorial		000		
Sitios arqueológicos reconocidos	formato	Dirección	1:2000	2018	WGS
	vectorial	Desconcentrada de Cultura Cusco. (DDCC)	000		
Suelos	formato	Geo Server-	1:250 000	2015	WGS
	vectorial	MINAM			
Cobertura vegetal	formato	Geo Server-	1:250 000	2015	WGS
	vectorial	MINAM			
Vías de acceso	formato	Ministerio de	1:80,000	2017	WGS
	vectorial	Transportes y Comunicaciones			
Geología	formato	Geoservidor	1:100 000	2014	WGS
	vectorial	GEOCATMIN		2016	84

Catastro minero	formato vectorial	Geoservidor GEOCATMIN	1:50 000	2019	WGS 84
Centros poblados	formato vectorial	Geoservidor GEOCATMIN	1:100 000	2014 2016	WGS 84
Límites: Regional, provincial y distrital	formato vectorial	Geo Server- MINAM	1:100 000	2007	WGS 84
Clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor	formato vectorial	Ordenamiento Territorial Provincial (OTP)	1:50 000	2018	WGS 84
Pendientes	formato vectorial	Instituto Geográfico Nacional (IGN).	1:100 000	2014 2016	WGS 84
Fallas geológicas	formato vectorial	Geoservidor GEOCATMIN	1:100 000	2014 2016	WGS 84
Comunidades campesinas	formato vectorial	COFOPRI , GEOCATMIN	1:100 000	2014 2016	WGS 84
Geomorfología	formato vectorial	Ordenamiento Territorial Provincial (OTP)	1:50 000	2018	WGS 84
Seguridad Aeroportuaria	formato vectorial	OACI	1:100 000	2015	WGS 84

Fuente: Elaboración propia

- b. En base a las características que dicta la Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario mecanizado del MINAM, se diseñó una base de datos y cuadros de ponderación con valores de: 1 (alto potencial), 2 (medio potencial) y 3 (bajo potencial) teniendo en cuenta las condiciones para la localización de rellenos sanitarios con respecto a cada tipo de factor y restricción como se observa en las tablas.

Tabla 4

Ponderación por Parámetro del Factor Geológico

Unidades litoestratigráficas	Simbología	Ponderación
Formación Maras	Kis-ma	2
Formación Vilquechico	Ks-vi	2
Depósito coluvial	Q-cl	2
	Qh-co	
Depósito aluvial	Qh-al	1
Depósito fluvial	Q - fl	1
Formación Auzangate	Ksp-a	3
	Ksp-au	
Depósito glaciár	Q-gl	1
Formación Arcurquina - Miembro inferior	Kis-a/i	2
Formación Arcurquina - Miembro medio	Kis-a/m	2
Formación Soncco	Peo-so	2
Formación Muñani	P-m	2
	P-mu	
Formación Arcurquina - Miembro superior	Kis-a/s	2
Grupo Tacaza	Pn-t	2
Formación San Sebastián	Qp-ss	3
	Q-sa	
Depósito glaciár, fluvial	Q-glfl	1
	Qh-fg	
Formación Ayabacas	Kis-ayb	2
Formación Pachatusán	Ti-p	2
Formación Soncco - Miembro inferior	Peo-so/i	2
Formación Rumicolca	Npq-r	2
Formación Kayra	Peo-k	2
Formación Paucarbamba	Ki-pau	2
	Ki-pa	

Formación Chincheros	Np-chin Nq-chi	2
Formación Puquín	Ks-puq	2
Formación Punacancha - Miembro 1	PoNm-pu/1	1
Formación Punacancha - Miembro 2	PoNm-pu/2	1
Grupo Mitu	Pet-m Pst-mi	2
Formación Huancané	Ki-hua	2
Formación Soncco - Miembro superior	Peo-so/s	2
Grupo Cabanillas	D-ca	2
Gpo. Copacabana	Pi-c	2
Formación Quilque	Ksp-qu	2
Rocas ígneas	Pn-se/cdi	1
Rocas ígneas	P-di, to	1
Rocas ígneas	P-di,tn	1

Fuente: Elaboración propia en base al Sistema de Información Geológico y Catastral Minero.

Tabla 5

Ponderación por Parámetro del Factor Cobertura Vegetal

Cobertura vegetal	Simbología	Ponderación
Áreas con intervención antrópica	(AIA)	3
Pastizal y césped de puna	(P/cPpd-sd1V)	2
Humedales andinos	(HAd1V)	1
Matorral sub húmedo de valles interandinos	(MAshVlisd1V)	1
Bosques macizos exóticos	(BmE2III)	1

Fuente: Elaboración propia en base al Proyecto Especial Regional Instituto de Manejo de Agua y Medio Ambiente (PER IMA).

Tabla 6

Ponderación por Parámetros del Factor Suelo

Suelo	Simbología	Ponderación
Pomacanchis	POM	3
Cuyo Miselaneo	CU-MI	2
Vilcanota Challabamba	VIL-CHA	1

Fuente: Elaboración propia en base al Proyecto Especial Regional Instituto de Manejo de Agua y Medio Ambiente (PER IMA).

Tabla 7*Ponderación por Parámetros del Factor Clima*

Tipo de clima	Simbología	Ponderación
Lluvioso frío con invierno seco	B(i)C'	1
Lluvioso semifrío con invierno seco	B(i)D'	1
Semiárido semifrío con invierno seco	D(i)B'3	3
Semiseco semifrío con invierno seco	C(i)D'	2
Semiseco semifrío con invierno seco	C(i)B'3	1

Fuente: Elaboración propia en base al Proyecto Especial Regional Instituto de Manejo de Agua y Medio Ambiente (PER IMA).

Tabla 8*Ponderación por Parámetros del Factor Pendiente*

Descripción	Simbología	Ponderación
Relieves llanos	Pendiente de 0 - 15%	3
Relieves inclinados	Pendiente de 15- 30%	2
Relieves con inclinación elevada	Pendiente de 30 - 70%	1
Relieves fuertemente empinado a escarpado	Pendientes > 70%	1

Fuente: Elaboración propia en base al Plan de Acondicionamiento Territorial Cusco (PAT).

Tabla 9*Ponderación por Parámetros del Factor Geomorfológico*

Geomorfología	Simbología	Ponderación
Quebrada fuertemente escarpada	QFE	1
Montaña ligeramente disectada	MLD	2
Montaña fuertemente disectada	MFD	1
Montaña redondeada	MR	3
Montaña medianamente disectada	MMD	2
Laderas verticales	LV	1
Laderas sueltas fuertemente empinadas	LSFE	1

Laderas medianamente empinadas	LME	3
Laderas medianamente disectadas	LMD	2
Laderas empinadas de material fino	LEMF	1
Laderas fuertemente disectadas	LFD	1
Formación y depósitos morreicos	FDM	1
Deslizamiento activo	DA	1
Depósitos fluvio aluviales	DFA	1
Depósitos coluviales fuertemente disectados	DCFD	1
Depósito fluvial	DF	1
Depósito coluvio aluvial inestable	DCAI	1
Depósito coluvio aluvial	DCA	1
Depósito coluvial inestable ladera empinada	DCLE	1
Depósito coluvial inestable	DCI	1
Depósito coluvial	DC	1
Depósito aluvial	DA	1
Depósito aluvial lacustre	DAL	1
Cárcava	Cv	1
Altiplano ligeramente disectado	ALD	2
Afloramiento rocoso	AR	1

Fuente: Elaboración propia en base al Plan de Acondicionamiento territorial Cusco (PAT).

Tabla 10

Ponderación por Parámetros del Factor de Clasificación de las Tierras por su Capacidad de uso Mayor

Descripción	Simbología	Ponderación
Tierras sin uso	Asua	3
Tierras con cultivo agrícola	Ly, Cbr, Cs	1
Tierras con otros usos	Ou	2
Tierras con plantaciones forestales	Pfe	1
Tierras con áreas urbanas	Cp	1
Cuerpos de agua	Lg.	1
Tierras con pastos naturales	Pp	2

Fuente: Elaboración propia en base al Plan de Acondicionamiento Territorial Cusco (PAT).

Resultado del procesamiento de la información - Etapa pre campo (gabinete)

En base al análisis espacial y mediante el uso de los Sistemas de Información Geográfica se logró encontrar áreas clasificadas en alto potencial, medio potencial y bajo potencial teniendo en cuenta las características geológicas, geomorfológicas, clasificación de las tierras por su capacidad de uso mayor, cobertura vegetal, pendientes, climatología y suelos, al cual se restaron o extrajo los criterios de restricción para finalmente obtener el mapa con la áreas aptas para la instalación de rellenos sanitarios (figura 12 y 13) que posee un total de 93 áreas con 8 sitios con potencial alto (representa el color verde), 58 sitios con medio potencial (representa el color amarillo) y 27 sitios con potencial bajo (representa el color rojo) como se observa en la tabla 13.

Tabla 11

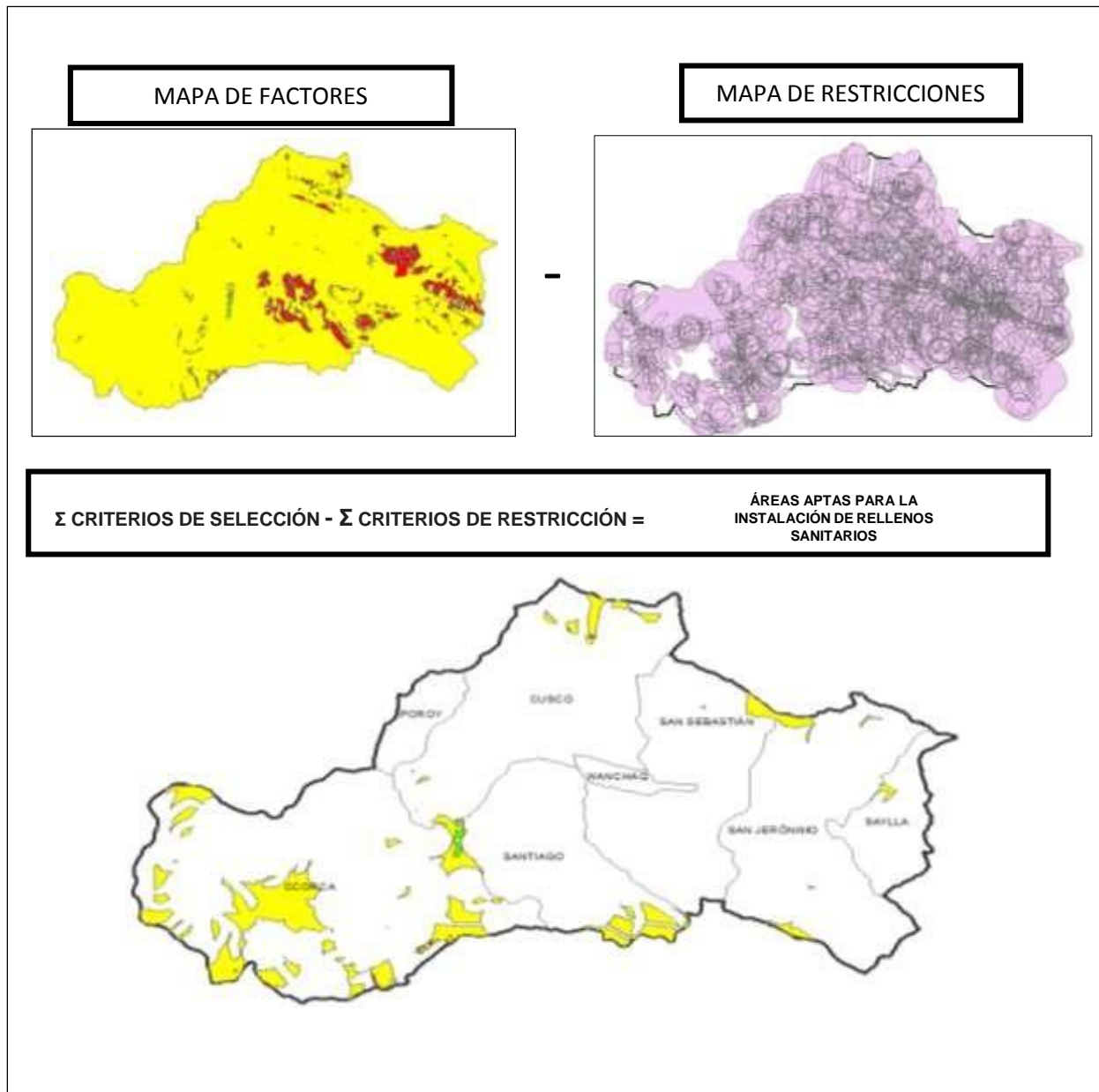
Descripción de las áreas del resultado del análisis

<p>Áreas con alta potencialidad de ser seleccionadas como idóneas para la instalación de rellenos sanitarios.</p>	<p>Áreas con potencialidad media de ser seleccionadas como idóneas para la instalación de rellenos sanitarios.</p>	<p>Áreas con baja potencialidad de ser seleccionadas como idóneas para la instalación de rellenos sanitarios.</p>
<p>Áreas con pendientes suaves, planas que se hallan entre (0%-15%), presenta zonas degradadas o con escasa vegetación, según su clasificación de las tierras por su capacidad de uso mayor son tierras con áreas sin uso antrópico, con mesetas o montañas planas de poca inclinación, muy buenas condiciones geológicas, el clima es semiárido semifrígido con inviernos secos y con bajos valores de precipitación, suelos aptos para la instalación de rellenos sanitarios, sin mayores limitaciones.</p>	<p>Áreas con pendientes moderadas (15%-30%), su clasificación de las tierras por su capacidad de uso mayor son tierras para pastos y otros usos, cobertura vegetal con zonas aptas para pastizales, pacaes y escaso potencial forestal, características geológicas con potencialidad media de ser seleccionadas como áreas para la instalación de rellenos sanitarios. La geomorfología y suelos presentan algunas limitaciones, con clima semiseco semifrígido con invierno seco</p>	<p>Áreas con pendientes empinadas, fuertemente empinadas (30% - a más), formaciones geológicas y suelos con bajo potencial para la instalación de rellenos sanitarios, zonas con presencia de vegetación y alto potencial forestal, capacidad de uso mayor de suelos para cultivos y de protección, mesetas o montañas accidentada, con precipitaciones altas.</p>

Fuente: Elaboración propia.

Figura 10

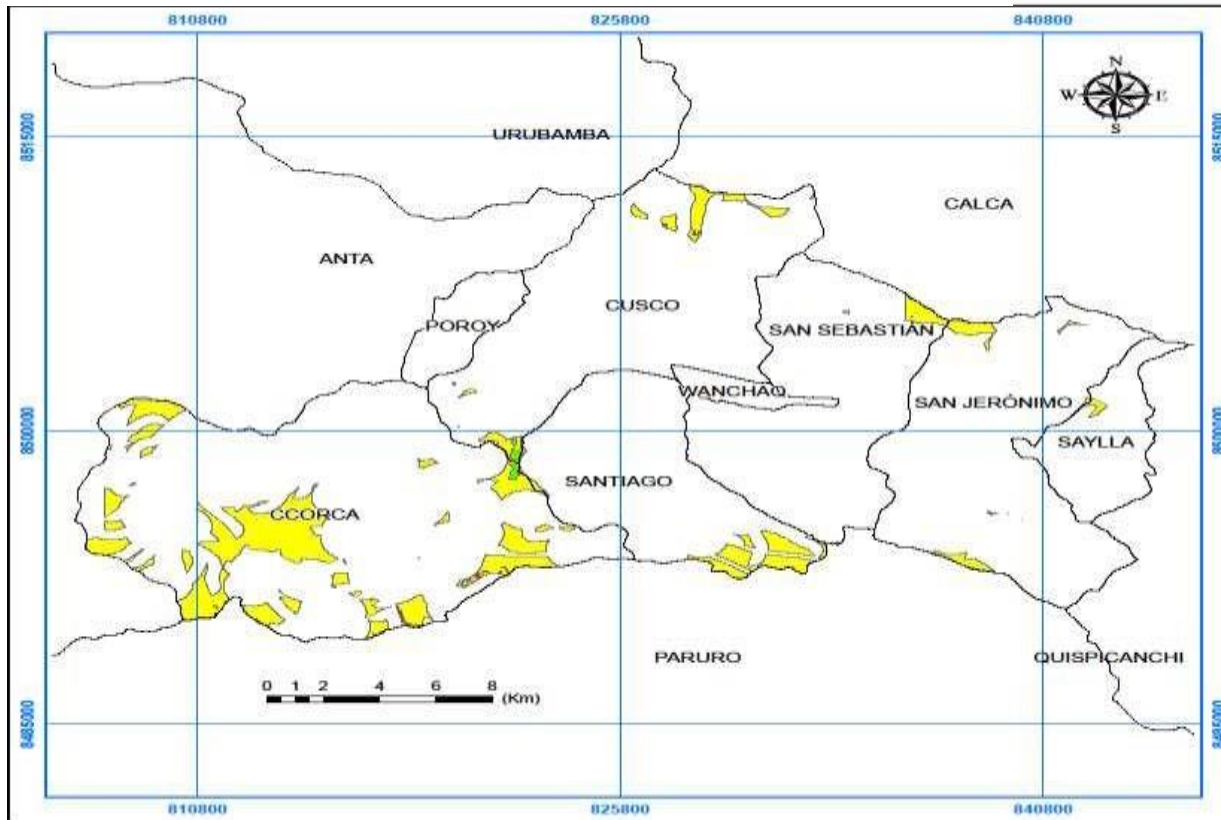
Resta entre el Mapa de Factores y el Mapa de Restricciones



Fuente: Elaboración propia

Figura 11

Mapa de Áreas Aptas para la Instalación de Rellenos Sanitarios



 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO			
DETERMINACIÓN DE ÁREAS APTAS PARA LA INSTALACIÓN DE RELENOS SANITARIOS MEDIANTE EL MÉTODO DE GRADUACIÓN DEL TERRITORIO APLICADO EN LOS SISTEMAS DE COORDINACIÓN GEOGRÁFICA EN LA PROVINCIA DEL CUSCO.			
PLANO: MAPA DE ÁREAS APTAS PARA LA INSTALACIÓN DE RELENOS SANITARIOS			
ELABORADO: GRIJALVA V. USCAMAYTA MARGUE			
PROYECCIÓN UTM ZONA 18 SUR	ESCALA DE IMPRESIÓN: 1:150,000	DATUM WGS - 84	HORIZONTAL: SBOCATIBEL, OADR, DODC, FOX, IMA, MTC, COPOPLI, SERMAY, PER
			N° 17

8 Áreas con alta potencialidad de ser seleccionadas como idóneas para la instalación de rellenos sanitarios.

58 Áreas con potencialidad media de ser seleccionadas como idóneas para la instalación de rellenos sanitarios.

27 Áreas con baja potencialidad de ser seleccionadas como idóneas para la instalación de rellenos sanitarios.

Fuente: Elaboración propia

Resultado del análisis de la salida al campo - Etapa campo

Para las salidas al campo se seleccionó 4 áreas con medio potencial debido a que cumplen con la cantidad de hectáreas proyectadas para el 2029, también se utilizó previo a las salidas al campo la herramienta Google Earth que permitió realizar un descarte de las áreas que al momento de realizar el trabajo de gabinete no se encontró ninguna restricción, sin embargo al hacer uso de la herramienta Google Earth, se observó la presencia de cuerpos de agua, población aledaña, también se consideró la cantidad de hectáreas que posee cada área seleccionada, se determinaron 4 áreas con medio potencial debido a que las áreas con alto y bajo potencial poseen áreas reducidas y no tienen la cantidad de hectáreas para la proyección dentro de 5 a 10 años (para el 2029 con un área de 13.01 hectáreas) (Anexo 6). Posteriormente en la etapa de campo se visitó las 4 zonas seleccionadas. Zona 01 = 72 Ha, zona 02 = 215 Ha, zona 03 = 65 Ha y zona 04 = 62 Ha, se dio el descarte de la zona 4 ya que en las salidas a campo se observó la presencia de fuentes de agua (riachuelos) en el área (Tablas N° 14, 15, 16 y 17).

También fue necesario contar con la Ficha de recolección de datos (Anexo 4). Las visitas a cada una de las 4 áreas se muestran más a detalle en el Anexo 7

Tabla 12

Resultado del Análisis de la Salida al Campo - Zona 01

ZONA	DISTRITO AL QUE PERTENECE	UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN
01	San Jerónimo	Límite entre el distrito de San Jerónimo y la provincia de Paruro	<p>La ruta más cercana para llegar a la zona es la pista nueva que lleva a Paruro, tiempo de recorrido hasta llegar al punto fue de 43 minutos desde el punto de partida (paradero Amauta ubicado en la avenida de la cultura), en el trayecto se pudo observar la presencia de algunos campesinos de la comunidad de Suncco que realizan la actividad de pastoreo. El área es de 72 Ha. Con coordenadas UTM (X = 188585.47 m Y = 8493559.67 m), en cuanto a la vegetación se encontró abundante ichu, paja brava, no se observó fuentes de agua cercanas en la zona de estudio.</p> <p>ASCENSO TOTAL: 2453 metros ALTITUD: 4234 m.s.n.m.</p>



Fuente: Elaboración propia en base al análisis de la salida al campo de la Zona 01

Tabla 13

Resultado del Análisis de la Salida al Campo - Zona 02

ZONA	DISTRITO AL QUE PERTENECE	UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN
02	San Jerónimo y San Sebastián	Límite entre la Provincia de Calca y los distritos de San Jerónimo y San Sebastián.	<p>Se accedió al área por la ruta más cercana que es la trocha carrozable San Jerónimo – Huaccoto, el tiempo de recorrido hasta llegar al sitio fue de 45 minutos en una camioneta.</p> <p>En todo el recorrido se pudo observar fuentes de agua (ríos) que abastecen a la población pero que no se encuentran en el área seleccionada como potencial medio para la instalación de rellenos sanitario, en el trayecto se pudo observar la presencia de algunos campesinos de la comunidad de Huaccoto que realizan la actividad de pastoreo y la extracción de piedras de las canteras.</p> <p>El área es de 215 Ha. Con coordenadas UTM (X = 187828.59 m, Y = 8505781.52 m). En cuanto a la vegetación se encontró abundante ichu, paja brava que es un pasto del altiplano andino y algunas especies de espinos.</p> <p>ALTITUD: 4126 m.s.n.m.</p> <p>ASCENSO TOTAL: 3539 metros</p>



Fuente: Elaboración propia en base al análisis de la salida al campo de la Zona 02

Tabla 14

Resultado del Análisis de la Salida al Campo - Zona 03

ZONA	DISTRITO AL QUE PERTENECE	UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN
03	Santiago	Límite de la provincia de Paruro y el distrito de Santiago.	<p>Próximo a la Comunidad Campesina de Occopata, La ruta más cercana es la carretera a Paruro, la cual se encuentra asfaltada y en buenas condiciones, el tiempo de recorrido hasta llegar al punto fue de 40 minutos en camioneta, en el trayecto se pudo observar la presencia de algunos campesinos de la comunidad de Occopata que realizan la actividad de agricultura, también se pudo observar invernaderos para cultivos de fresas.</p> <p>El área es de 65 Ha. Con coordenadas UTM (X = 179821.00 m, Y = 8493290.00 m). En cuanto a la vegetación se encontró cactus, espinos, diferentes tipos de musgos y abundante ichu. ALTITUD: 4152 m.s.n.m. ASCENSO TOTAL: 4386 metros</p> <p>Observación</p> <p>En el área seleccionada con potencial medio se observó la presencia de parcelas de agricultura estacionaria de papa y zanjias de infiltración realizadas por parte de los pobladores de la comunidad de Occopata.</p>



Fuente: Elaboración propia en base al análisis de la salida al campo de la Zona 03

Tabla 15

Resultado del Análisis de la Salida al Campo - Zona 04

ZONA	DISTRITO AL QUE PERTENECE	UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN
04	Ccorca	Distrito de Ccorca. (entre las comunidades de Mantoclla y Cusibamba)	<p>Se accedió al área por la carretera Nacional Cusco- Abancay Puquio hasta el kilómetro 936 para tomar el desvío de la carretera departamental Izcuchaca – Cotabambas, hasta el kilómetro 10, se desvía a la trocha carrozable que lleva a las comunidades de Mantoclla y Cusibamba.</p> <p>El área es de 62 Ha. Con coordenadas UTM (X = 807718.78 m, Y = 8496310.97 m). En cuanto a la vegetación existente se encontró abundante ichu, paja brava que es un pasto del altiplano andino.</p> <p>ALTITUD: 4036 m.s.n.m.</p> <p>ASCENSO TOTAL: 5335 metros</p> <p>Observación</p> <p>En el área seleccionada se observó cursos de agua (riachuelos) los cuales no se encontraron al momento de realizar el trabajo de pre – campo (gabinete) lo cual es una restricción que el área sea considerada para la instalación de rellenos sanitarios.</p>



Fuente: Elaboración propia en base al análisis de la salida al campo de la Zona 04

Descripción de las áreas identificadas y según sus características clasificarlas por el método de relleno, posible a instalar

Según las características que se observó en las salidas al campo de las cuatro zonas con potencial medio, se clasificaron según al método de relleno sanitario posible a instalar en la zona. Como resultado se tiene las zonas 01 y zona 02 que cumplen con las características para la instalación de un relleno sanitario por el método de área y la zona 03, que posee características para la instalación de un posible relleno sanitario con el método de zanja o trinchera, y por último la zona 04 que por sus características, es posible instalar un relleno sanitario por el método de área, sin embargo se encontró fuentes de agua (riachuelos) en la zona, por tal motivo queda descartado.

ZONA 01: Límite entre el distrito de San Jerónimo y la provincia de Paruro.

Tabla 16

Clasificación por Método Posible a Instalar Según Características de la Zona 01

Características de la zona 01	
Inclinación promedio	Inclinación promedio de 15.2% (según perfil de elevación del Google Earth 2018).
Material de cobertura	El área no presenta abundante material de cobertura, en su mayoría el área está conformada por rocas pequeñas y medianas.
Depresiones	Según percepción visual el área presenta depresiones inclinadas.

Teniendo en cuenta las características ya que son áreas relativamente planas y el material de cobertura es escaso, deberá ser transportado desde otros sitios aledaños a la zona ya que presenta rocas que dificulta la excavación, el método de relleno sanitario posible a instalar es el método de área.



ZONA 02. Límite entre la provincia de Calca y los distritos de San Jerónimo y San Sebastián.

Tabla 17

Clasificación por Método Posible a Instalar Según Características de la Zona 02

CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA 02	
Inclinación promedio	Presenta una inclinación promedio de 22.5 %, (según perfil de elevación del Google Earth 2018).
Material de cobertura	Limitado material de cobertura (tierra) en la zona y aledaña a la zona, presenta terrenos rocosos.
Depresiones	Según percepción visual el área presenta depresiones inclinadas y se encuentra rodeado de una cadena de montañas.

Según característica de la zona, como es inclinación promedio, material de cobertura y depresiones, en esta área el método de relleno sanitario posible a instalar es el método de área.



Fuente: Elaboración propia.

ZONA 03: Límite entre el distrito de Santiago y la provincia de Paruro.

Tabla 18

Clasificación por Método Posible a Instalar Según Características de la Zona 03

Características de la zona 03	
Inclinación promedio	Presenta una inclinación promedio de 13.2 % (según perfil de elevación del Google Earth 2018).
Material de cobertura	Presencia de material de cobertura (tierra) en la zona, no presenta terrenos rocosos.
Depresiones	Según percepción visual el área presenta depresiones inclinadas en algunas partes del área sin embargo también se encontró zonas planas.

Según característica de la zona, presenta áreas planas en el cual se puede realizar excavaciones o zanjas para depositar los residuos sólidos dentro de ella, para luego compactarlos y cubrirlos, al no presentar terrenos rocosos no dificulta la excavación. En esta área el método de relleno sanitario posible a instalar es el método de trinchera o zanja.



Fuente: Elaboración propia.

ZONA 04: Distrito de Ccorca (entre las comunidades de Mantoclla y Cusibamba).

Tabla 19

Clasificación por Método Posible a Instalar Según Características de la Zona 04

Características de la zona 04	
Inclinación promedio	Presenta una inclinación promedio de 12.8 %. (Según perfil de elevación del Google Earth 2018).
Material de cobertura	El área no presenta abundante material de cobertura, en su mayoría el área está conformada por terrenos rocosos.
Depresiones	Según percepción visual el área presenta depresiones inclinadas.

Según característica de la zona presenta depresiones inclinadas y una inclinación promedio de 12.8 %, los terrenos rocosos presentan dificultades al momento de la excavación por tanto no es factible excavar fosas para enterrar los residuos sólidos. En esta área el método de relleno sanitario posible a instalar es el **método de área**.
Observación: Debido que la zona presentó curso de agua no se puede realizar la instalación de rellenos sanitarios por ningún método.



Fuente: Elaboración propia.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Estos resultados guardan relación con lo que sostiene Luz Alexander Javier Silva (2015), señala que se elaboró un modelo cartográfico en el cual utilizo técnicas multicriterio en un SIG, cuyo resultado fueron tres áreas óptimas. Este autor expresa que se debe considerar beneficioso la aplicación de criterios excluyentes para mejorar los resultados obtenidos. Esta investigación está de acuerdo con lo manifestado, pero, en lo que no guarda relación el estudio del autor referido con la presente investigación es que utilizaron indicadores y confeccionó tres submodelos tales como físicos, biológicos y socioeconómicos, los cuales permitieron el análisis del territorio para la localización óptima de instalación para residuos sólidos, en este estudio los indicadores utilizados se dividieron en dos submodelos que son criterios de selección y criterios de restricción para luego superponer estos submodelos y finalmente obtener el mapa con los sitios aptos para la instalación de rellenos sanitarios. Las diferencias entre los submodelos usados por el autor se debe a que adecuo a la investigación el reglamento de Zonificación Ecológica y Económica, por ese motivo se generó la cartografía en base a ese enfoque considerando indicadores del medio físico, biológico y económico, mientras que en la presente investigación se generó la cartografía en base a lo que dicta la Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de rellenos sanitarios mecanizados del MINAM considerando dos submodelos (factores y restricciones).

En lo que respecta al resultado del análisis espacial sostiene el autor Jaime Tejada Paz (2018), que mientras más restricciones espaciales sean incluidas en la modelación, la región factible y las superficies candidatas a ser soluciones se van a obtener menos áreas con mayor aptitud. Ello es conforme con los resultados que se consiguieron en esta investigación ya que a más factores de restricción menos serán las áreas que cumplan con las condiciones aptas para la instalación de rellenos sanitarios en la provincia del Cusco. El autor trabajo con la herramienta de “álgebra de mapas” para el procesamiento de la información espacial que es una herramienta que se encuentra dentro del Arcgis, y es necesario realizar una reclasificación previa de los valores asignados para realizar superposición de mapas, en la actual investigación se usó la herramienta de “superposición ponderada” que permite una mejor manipulación al

momento de asignar la ponderación a cada factor y no es necesario hacer una reclasificación previa con esta herramienta y se puede asignar mayor cantidad de valores de ponderación.

En lo que no concuerda los resultados alcanzados en el trabajo de investigación del autor Jorge Arturo Flores Salazar (2013), que menciona que obtuvo un total de 9 mapas, de los cuales 4 son de factores, 4 de restricciones y el último que es el mapa final con los sitios potenciales los cuales derivaron del procesamiento de información en el Software IDRISI- TAIGA, y en lo que respecta a los resultados hallados en esta investigación se utilizó mayor cantidad de criterios de selección y restricción, se obtuvo un total de 3 mapas de los cuales 1 describe el mapa de factores, 1 mapa de restricción y el último es el mapa final de localización de áreas para la instalación de rellenos sanitarios, que fue el resultado del procesamiento de la herramienta de superposición ponderada y el software Arcgis.

En relación a Espejo Pingus (2017), hace referencia a la ponderación que asigno dependiendo si es criterio de selección o criterio de restricción al cual estableció el valor de 1 a las áreas aptas y valor de 0 no apto como resultado obtuvo 4 zonas óptima, con lo que respecta a los resultados hallados en la presente investigación se asignó 3 valores al momento de hacer la ponderación y por este motivo se obtuvo como resultado categorías de áreas seleccionadas como son: áreas con alto potencial con el valor de 3, áreas con medio potencial con el valor de 2 y áreas con bajo potencial con el valor de 1 obteniendo como resultado 8 sitios con potencial alto, 58 sitios con medio potencial y 27 sitios con bajo potencial en la provincia del Cusco. Se optó por estos rangos de ponderación para lograr obtener un mapa final que muestre las áreas para la instalación de rellenos sanitarios en tres potencialidades (alto, medio y bajo), y así poder obtener varias opciones como resultados de selección a diferencia del autor que solo uso dos ponderaciones y obtuvo como resultado 4 áreas aptas valoradas con ponderación 1. Al momento de determinar las escalas de ponderación se debe usar la mayor cantidad de criterios para asignarle un valor para que el resultado obtenido sea más preciso y confiable, como mínimo se debe usar 3 escalas de ponderación.

Los resultados obtenidos por Loyaga Rivera (2019), son 2 áreas óptimas y 13 áreas aceptables usando la herramienta de Arcgis y la técnica de evaluación multicriterio integrando 8 criterios de selección como pendiente, hidrología, fallas geológicas, sitios arqueológicos, centros poblados, vías de acceso, infraestructura y capacidad de uso mayor de suelos, cada uno de estos criterios no fueron divididos en submodelos. A comparación de los criterios utilizados para determinar áreas aptas en el presente trabajo se analizó 9 criterios de selección y 8 criterios de restricción, obteniendo un total de 93 áreas entre altos, medio y bajo potencial, por tal motivo se puede notar la diferencia en la cantidad de áreas identificadas esto debido que el usó menos criterios seleccionados para el análisis espacial por ese motivo la cantidad de áreas obtenidas es poca así como también el área de estudio es menor. La cantidad de áreas que se obtienen como resultado también puede variar dependiendo de las regiones o ciudades por la geografía que presentan ya que en zonas montañosas o con pendientes altas la posibilidad de encontrar áreas aptas se reduce en comparación con terrenos llanos o de poca inclinación.

El autor Paredes Paredes (2018), en su investigación propone la identificación de áreas óptimas para relleno sanitario en la ciudad de Andina para lo cual conto con tres alternativas ya designadas (Kallpapata, Aricato y Queneque) en las cuales se realizó en análisis espacial y la evaluación multicriterio, opto por asignar 5 valores de ponderación para su investigación que posteriormente cada puntaje se sumó y el área con mayor puntaje fue la seleccionada, a diferencia de la presente investigación que en un principio no se contó con posibles zonas de selección ni se realizó una comparación entre ellas, tampoco fue necesario realizar una suma según a la calificación por alternativas, en esta investigación se optó por encontrar áreas aptas para la instalación de rellenos sanitarios sin considerar previamente posibles zonas en la provincia del Cusco. Los resultados de la presente investigación no guardan relación con lo que sostiene el autor debido a que indica que el método más adecuado para la ciudad de Sandia es el de tipo trinchera o zanja y que requiere un área de 2.05 ha., y en la actual investigación en la provincia del Cusco, el método de relleno sanitario posible a instalar es el de trinchera y área, con una proyección al 2029 de 13.01 ha. La diferencia entre los resultados hallados se debe a la geografía que presenta la ciudad de Andia y la provincia del Cusco que está formado por

un medio geográfico escarpado, las diferencias entre la cantidad de hectáreas proyectadas se debe al espacio geográfico que se tomó como estudio y la generación per cápita.

Los resultados obtenidos no guardan relación con lo señalado por Bustamante Noriega (2020), debido a que indica en su estudio realizar un análisis de sensibilidad a las áreas óptimas para determinar las desventajas y ventajas de la zona para lo cual uso el Microsoft Excel este procesamiento permite identificar áreas débiles y fuertes de la planificación de un proyecto, sin embargo no es necesario realizar este procedimiento para encontrar las áreas aptas por tal motivo en la presente investigación no fue necesario contar con un análisis de sensibilidad. En lo que si concuerda los resultados obtenidos es la importancia de realizar la proyección de vida útil del área seleccionada teniendo en cuenta la cantidad hectáreas entre 5 a 10 años como indica la Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de rellenos sanitarios mecanizado del MINAM.

VI. CONCLUSIONES

- a. La información cartografía temática recopilada es limitada para llevar a cabo el análisis multicriterio, las distintas entidades tanto públicas y privadas (ANA, MINAM, SERNANP, DDCC, MTC, GEOCATMIN, OTP, IGN Y COFOPRI) proporcionaron información temática de la provincia de Cusco a diferentes escalas lo cual no favoreció al momento del análisis espacial.
- b. Asimismo, se confeccionaron tablas de ponderación teniendo en cuenta los aspectos técnicos de la Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario mecanizado del MINAM y la normativa del Decreto Legislativo N° 1278 “Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos” que fue fundamental al momento de asignar los valores de ponderación y clasificación de factores y restricciones, considerando la integración de la Evaluación Multicriterio. La ponderación asignada se dio en base a la importancia de cada factor analizado (alto 3; medio 2 y bajo ,1).
- c. En base al análisis espacial, y la confección de dos sub modelos (factores y restricciones) permitieron el análisis de las áreas para la instalación de rellenos sanitarios con la elaboración de tres mapas temáticos (mapas de factores, mapa de restricciones y mapa con las áreas aptas para la instalación de rellenos sanitarios) en conclusión no siempre, se busca encontrar el sitio perfecto, sino aquel que dentro sus característica, posea menos cantidad de restricciones, debido que, a más cantidades de criterios de restricción sean incluidas en el análisis espacial, se obtendrá menos áreas con potencial para la instalación de rellenos sanitarios.
- d. Por último, se dio la identificación según sus características del método de relleno sanitario posible a instalar; del cual se concluyó que según las características de cada área que se observó en campo de manera superficial o perspectiva visual, se dio una clasificación por método de relleno sanitario a construir, debido a la topografía que presenta la provincia del Cusco, en su mayoría el método seleccionado es el método de área y trinchera.

VII. RECOMENDACIONES

- En la zona designada como apta, para la instalación de un relleno sanitario, se debe profundizar a mayor detalle los estudios Geotécnicos, con el fin de determinar la características mecánicas y físicas del suelo para la instalaciones de las estructuras de las obras civiles; Hidrogeológicos, a fin de determinar el comportamiento de las aguas subterráneas y superficiales, los mismos que estén relacionados a su geología existente en la zona, a través de pruebas y estudios de Sondeo Eléctrico Vertical (SEV); Topográficos, con el fin de examinar la superficie, para determinar las condiciones de diseño de la instalación del relleno sanitario; Impacto Ambiental, para enmarcarse dentro de los parámetros establecidos de las normas y leyes del estados para la instalación del relleno sanitario; Socialización, para que las comunidades adyacentes al proyecto, se beneficien del desarrollo integral del proyecto.
- Contar con un grupo amplio de especialistas en las ramas de geología, geomorfología, suelos, pendientes para una mejor ponderación de cada una de las variables y así obtener resultados más exactos y evidentes.
- De preferencia la información recolectada de diferentes geoservidores del Estado, entidades públicas y privadas debe tener la misma escala y estar actualizada para mejorar la precisión de la localización.
- Se recomienda centrarse en las áreas seleccionadas en este trabajo de investigación para futuros estudios, realizar más pruebas de campo y hacer posible su ejecución. Para mayor precisión se puede ampliar la información adicionando nuevos criterios de restricción y criterios de selección para mejorar o enriquecer el análisis espacial.
- Es trascendental realizar un análisis a cada una de las áreas seleccionadas y evaluar los aspectos físicos, biológicos y socioeconómicos con la finalidad de que a futuro no exista un impacto negativo en la en la sociedad y el medio ambiente.
- Realizar el estudio de prefactibilidad, centrándose en la zona que cumple con los requisitos designado en el presente trabajo de Investigación, para hacer posible la construcción de un relleno sanitario en la Provincia del Cusco.

REFERENCIAS

1. ACTUALIZACIÓN del Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos de la Provincia del Cusco por Uscamayta Oroco, Edilberto [et al.]. Gobierno Municipal del Cusco. Cusco, 2019-2023. pags. 187
2. ALTAMIRANO saldaña, Jhoan Keibert. Identificación de áreas potenciales para la disposición final de residuos sólidos municipales utilizando análisis espacial, distrito Chirinos. Tesis (Pre grado). San Ignacio. Jaen: Universidad Nacional de Jaén, facultad de ingeniería forestal y ambiental, 2019. Disponible en <http://m.repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/219>
3. Alternativas actuales del manejo de lixiviados Avances en Química por MARTINEZ, A.G. *Revista avances en química* [en línea]. vol. 9, núm. 1, enero-abril, 2014, [Fecha de consulta: 25 de octubre de 2020].
Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/933/93330767005.pdf>
ISSN: 1856-5301
4. ARANCIBIA, María. El uso de los sistemas de información geográfica -SIG- en la planificación estratégica de los recursos energético. *Revista Polis* [en línea]. 2015, n.º 20. [Fecha de consulta: 25 de octubre de 2020]. Disponible en https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-65682008000100012
ISSN: 0718-6568
5. ATO, Manuel, LÓPEZ, Juan y BENAVENTE, Ana. Un sistema de clasificación de los diseños de investigación en psicología. *Revista peruana de anales de psicología* [en línea]. vol. 29, núm. 3, octubre, 2013 [Fecha de consulta: 29 de octubre de 2020].
Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/167/16728244043.pdf>
ISSN: 0212-9728

6. BERUMEN, Sergio A. y LLAMAZARES Redondo, Francisco. La utilidad de los métodos de decisión multicriterio en un entorno de competitividad creciente [en línea]. Vol 20. Bogotá: *Redalyc.org.*, 2017 [fecha de consulta: 10 de setiembre de 2020].
Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=20503404>
ISSN: 0120-3592

7. BUSTAMANTE Noriega, Carlos Alfredo. Análisis multicriterio basado en un SIG enfocado a determinar áreas potenciales para el emplazamiento de un relleno sanitario en el cantón Santa Rosa, provincia de el Oro. Tesis (Ingeniero Ambiental). Guayaquil: Universidad Agraria del Ecuador 2020.
Disponibile en: <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/BUSTAMANTE%20NORIEGA%20CARLOS%20ALFREDO.pdf>

8. Decreto Legislativo N° 1278. Sistema Peruano de Información Jurídica, Lima, Perú, 24 de abril de 2017.

9. ERAZO Tapia, Nelson Ricardo. Identificación de sitios potenciales para la construcción de un relleno sanitario a partir de un SIG en el Municipio de Pupiales – Nariño. Tesis (Especialización en Sistemas de Información Geográfica). Pupiales: Universidad de Manizales. Facultad de Ciencias e Ingeniería, 2016.
Disponibile en: <https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/handle/20.500.12746/2695>

10. ESCALONA, Elieser. Daños a la salud por mala disposición de residuales sólidos y líquidos en Dili, Timor Leste. *Revista Cubana de Higiene y epidemiología* [en línea]. Mayo-agosto 2014, vol. 52, n.º 2. [Fecha de consulta: 22 de octubre de 2020]. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032014000200011
ISSN: 1561-3003

11. ESPEJO Pingus, Angers William. Localización óptima de un relleno sanitario empleando sistemas de información geográfica en el Distrito de Chachapoyas, Región Amazonas, 2017. Tesis (Título Ingeniero Ambiental). Chachapoyas: Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza, facultad de ingeniería civil y ambiental, 2017.
Disponible en: <http://repositorio.unrtm.edu.pe/handle/UNTRM/1295>
12. FLOREZ Salazar, Jorge Arturo. Identificación de sitios potenciales para la disposición final de residuos sólidos en los municipios Atlacomulco, Ixtlahuaca y Jocotitlán, estado de México. Tesis (Título de Licenciado en Geografía). Toluca: Universidad Autónoma del Estado de México facultad de Geografía. 2017.
Disponible en:
<http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/21779/FLORES-SALAZAR-JORGE-ARTURO-LGE-2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
13. FUNDAMENTOS de Sig por Franz Pucha Cofrep [et al.]. [en línea]. 1. ° ed. [s.]: Ediloja Cia. Ltda., 2017 [fecha de consulta: 28 de diciembre de 2020]. Disponible en:
http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/libro_sig.pdf
ISBN: 9789942289018
14. GEOGRAFÍA, Geotecnología y análisis espacial por Buzai G.D. [en línea]. 1. ° ed. Santiago de Chile: El triángulo., 2015 [fecha de consulta: 25 de diciembre de 2020]. Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/294573009_Geografia_Geotecnologia_y_Analisis_Espacial_Tendencias_metodos_y_aplicaciones
ISBN: 9789569539015

15. Gobierno Regional entrego en administración relleno sanitario a la provincia de Urubamba [Mensaje en un blog]. Cusco: Gobierno Regional del Cusco., (15 de octubre del 2019). [Fecha de consulta: 20 de diciembre del 2019]. Recuperado de <https://regioncusco.gob.pe/gobierno-regional-entrego-en-administracion-relleno-sanitario-a-la-provincia-de-urubamba/>

16. GOODCHILD, Michael F. Geographic information systems and science: today and tomorrow [en línea]. 17 november 2009, vol. 15, n.º 1. [Fecha de consulta: 29 december de 2020].
Disponibile en <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/19475680903250715>
ISSN: 1947-5683

17. GUIA de Diseño, Construcción, Operación, Mantenimiento y cierre de Relleno Sanitario mecanizado. Ministerio del Ambiente. Abril del 2011. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/guia-diseno-construccion-operacion-mantenimiento-cierre-relleno>

18. GUIA Pigars. Consejo Nacional del Ambiente. 15 de noviembre de 2001. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/guia-metodologica-formulacion-planes-integrales-gestion-ambiental>

19. GUIA Técnica para la clausura y conversión de botaderos de residuos sólidos. Consejo Nacional del Ambiente. 02 de agosto del 2016. Disponible en: <http://sial.segat.gob.pe/documentos/guia-tecnica-clausura-conversion-botaderos-residuos-solidos-peru>

20. INTRODUCCIÓN a los sistemas de información geográfica y geo telemática por Rodríguez, Lloret Jesus [et al.]. [en línea]. [s.l.]: Editorial UOC., 2011 [fecha de consulta: 21 de setiembre de 2019].
Disponibile en:

<http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/53645/1/Introducci%C3%B3n%20a%20los%20sistemas%20de%20informaci%C3%B3n%20geogr%C3%A1fica.pdf>

ISBN: 99788497889339.

21. INTRODUCTION to satellite imagery [Mensaje en un blog]. [s.l.]: University of Minnesota., (30 January 2017). [Fecha de consulta: 29 December 2020]. Recuperado de <https://www.pgc.umn.edu/guides/commercial-imagery/intro-satellite-imagery/?print=pdf>

22. JAVIER Silva, Luz Alexandra. Sistemas de información geográfica y la localización óptima de instalaciones para residuos sólidos: propuesta para la provincia de Huánuco. Tesis (Título Profesional de Geógrafa). Lima: universidad Nacional Mayor de San Marcos, facultad de ciencias sociales, 2015. 367 pp. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12672/4809>

23. JIMENEZ Reyes, Rebeca. Propuesta para la ubicación de un relleno sanitario mediante el uso de herramientas de SIG en el municipio de Zitácuaro, Michoacán. Tesis (Licenciatura en Ciencias Ambientales). Mexico: Universidad Autónoma del estado de México, facultad de planeación urbana y regional, 2019. 106 pp. Disponible en: <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/105114/UAEM-FaPUR-TEESIS%20REBECA%20JIMENEZ%20REYES.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

24. Los Métodos y procesos Multicriterio para la Evaluación por Grajales Quintero, Alberto [et al.]. *Revista Luna Azul* [en línea]. Enero-junio del 2013, n.º 36. [Fecha de consulta: 07 de julio de 2019].

Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/3217/321728584014.pdf>

ISSN: 1909-2474

25. Los rellenos sanitarios: una alternativa para la disposición final de los residuos sólidos urbanos por CABALLERO-SALDÍVAR, Diana Elena, [en línea]. Vol. 6, núm. 2, México: Ciencia UAT., octubre-diciembre, 2011, pp. 14-17 [fecha de consulta: 10 de noviembre de 2019]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4419/441942926001.pdf>
ISSN: 2007-7521
26. LOYAGA Rivera, Fredi. Identificación de áreas óptimas para instalar un relleno sanitario utilizando sistemas de información geográfica, distrito las Pirias - provincia de Jaén. Tesis (título profesional de ingeniero forestal y ambiental). Jaén: Universidad Nacional de Jaén, carrera profesional de ingeniería forestal y ambiental, 2019. 71 pp. Disponible en: http://m.repositorio.unj.edu.pe/bitstream/handle/UNJ/149/Loyaga_RF.pdf?sequence=1&isAllowed=y
27. MANSOUR, Mona S.M. y ABDEL, Hussein I. *Solid waste issue: sources, composition, disposal, recycling, and valorization* [en línea]. 5 setember 2018, n.º 1. [Fecha de consulta: 29 de december de 2020]. Disponible en <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1110062118301375?token=2D81FF9AFC1A0F0755CEC09B178FDC4FDF8DC533F46CAB25620AC440C6ED071FF754BE51F5947C02C6D827690C06504B>
ISSN: 1275-1290
28. MATELLANES, Roberto, QUESADA, Luis y MUÑOZ Devora. Herramientas de Geoprocesamiento [en línea]. [s.l]: Pandora y Geo innova., 2014 [fecha de consulta: 27 de diciembre de 2020].
Disponible en: <https://geoinnova.org/blog-territorio/wp-content/uploads/2014/04/GF9.HerramientasdeGeoprocesamiento.pdf>

29. METODOLOGÍA de la investigación por Hernández Sampieri [et al.]. [en línea]. 6.a ed. México: Wiley McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2014 [fecha de consulta: 30 de diciembre de 2020]. Disponible en: <https://www.esup.edu.pe/descargas/perfeccionamiento/PLAN%20LECTOR%20PROGRAMA%20ALTO%20MANDO%20NAVAL%202020/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista- Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>
ISBN: 9781456223960
30. NATURAL Resources Conservation Service Kansas [Mensaje en un blog]. [s.l]: Kansas Environment Technical., (15 september 1971). [Fecha de consulta: 26 december 2020]. Recuperado de https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/ks/people/employees/?cid=nrcs142p2_033385#:~:text=Methods%20of%20Sanitary%20Landfilling&text=The%20trench%20method%20consists%20of,is%20used%20for%20cover%20material.
31. PAREDES Paredes, Eliazar. Identificación de áreas óptimas para relleno sanitario de residuos sólidos de la ciudad de Sandia – Puno. Tesis (título profesional de ingeniero agrónomo). Puno: Universidad Nacional del Altiplano facultad de ciencias agrarias, 2018. 77 pp.
Disponible en: http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/10351/Paredes_Paredes_Eliazar.pdf?sequence=1&isAllowed=y
32. PLAN Nacional de gestión integral de residuos sólidos 2016 - 2024 [Mensaje de un blog]. Lima: Sistema Nacional de Información Ambiental., (Julio 2017). [Fecha de consulta: 16 de julio de 2019].
Recuperado de <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/plan-nacional-gestion-integral-residuos-solidos-2016-2024>

33. PROGRAMA de segregación municipalidad del Cusco por Uscamayta Oroco, Edilberto [et al.]. *Gobierno Municipal del Cusco*: Cusco, 2015. p. 34
34. ROJAS, Oswaldo. Sistemas de información geográfica. *Revista SISBIB sistema de bibliotecas* [en línea]. 2015, n.º 2. [Fecha de consulta: 25 de octubre de 2020]. Disponible en https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibVirtual/publicaciones/indata/v02_n2/sistemas.htm
ISSN: 1810-9993
35. SÁEZ, Alejandrina y URDANETA G, Joheni. Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. *Revista Omnia* [en línea]. 3 de setiembre-diciembre del 2014, vol. 20, n.º 3. [Fecha de consulta: 27 de diciembre del 2020]. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/737/73737091009.pdf>
ISSN: 1315-8856
36. SE pone en marcha dos rellenos sanitarios en la Amazonia para mejorar la gestión de residuos sólidos [Mensaje en un blog]. Lima: Ministerio del Medio Ambiente., (4 de noviembre de 2017). [Fecha de consulta: 15 de noviembre de 2019]. Recuperado de <https://www.gob.pe/institucion/minam/noticias/1109-se-ponen-en-marcha-dos-rellenos-sanitarios-en-la-amazonia-para-mejorar-la-gestion-de-residuos-solidos>
37. SEQUEIROS, Juan Carlos. BID y Ministerio del Ambiente ejecutaran ansiado relleno sanitario en Andahuaylas [en línea]. Cusco. 11 de setiembre de 2017. [Fecha de consulta: 17 de julio de 2017]. Disponible en: <https://diariocorreo.pe/edicion/cusco/bid-y-ministerio-del-ambiente-ejecutaran-ansiado-relleno-sanitario-en-andahuaylas-20meses>.

38. SPREP, a practical guide to landfill management in pacific island countries and territories [en línea]. 2. ° ed. Apia: Jica., 2010 [fecha de consulta: 27 de diciembre de 2020].
Disponible en: <https://www.sprep.org/att/publication/Landfill-Guidelines.pdf>
ISBN: 9789820403987
39. TEJADA Paz, Jaime. Modelo de localización óptima para relleno sanitario en el municipio de Villagarzón. Mocoa. Tesis (maestría). Villagarzón: Universidad de Salzburg, Departamento de Geotemática, 2018. 85 pp.
Disponible en:
http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/10351/Paredes_Paredes_Eliazar.pdf?sequence=1&isAllowed=y
40. ULLCA, Jose. Los rellenos sanitarios. *Revista de ciencia de la vida* [en línea]. 2016, n. °4. [Fecha de consulta: 27 de diciembre del 2020].
Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/4760/476047388001.pdf>
ISSN: 1390-3799
41. VARGAS, Zoila R. *Revista Educación* [en línea]. 2009, n.° 1. [Fecha de consulta: 24 de octubre de 2020].
Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/440/44015082010.pdf>
ISSN: 0379-7082
42. VÁZQUEZ, Romel. Uso de sistemas de información geográfica libres para la protección del medio ambiente. Caso de estudio: manipulación de mapas ráster con datos climáticos. *Revista Universidad y Sociedad* [en línea]. Enero-febrero 2018, vol 10, n.° 2. [Fecha de consulta: 09 de octubre de 2020]. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202018000200158&lng=es&nrm=iso#B3
ISSN: 2218-3620

43. WEINER, Ruth y MATTHEWA, Robin. *Environmental Engineering* [en línea]. 4. ed. [s.l]:[s.n]. 2015 [fecha de consulta: 28 de diciembre de 2020].

Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/book/9780750672948/environmental-engineering>

ISBN: 9780750672948

44. ZAYAS, Juan Bruno. Propuesta Metodológica Para el Sistema de Gestión de los Residuos Sólidos Urbanos en Villa Clara. *Revista tecnología química* [en línea]. Mayo - agosto 2019, vol.39, n.º 2. [Fecha de consulta: 04 de setiembre de 2020].

Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852019000200471

ISSN: 2224-6185

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de Consistencia

Título	Problema principal	Objetivos	Hipótesis de la investigación	Variables	Indicadores	Metodología
Determinación de áreas aptas para la instalación de rellenos sanitarios mediante los sistemas de información geográfica apoyada en la técnica de evaluación multicriterio en la Provincia del Cusco.	<p>¿De qué manera los sistemas de información geográfica permiten determinar áreas apropiadas para la instalación de rellenos sanitarios, apoyado en la técnica de evaluación multicriterio, en la provincia del Cusco?</p> <p>Problemas específicos</p> <p>a. ¿Qué información cartográfica se tiene de la provincia del Cusco para la evaluación multicriterio?</p> <p>b. ¿Cuál será la ponderación que se asignara según la técnica de evaluación multicriterio?</p> <p>c. ¿Cuáles serán las zonas que cumplan las condiciones en base al análisis espacial?</p> <p>d. ¿Cuál es el método de relleno sanitario posible a instalar en la provincia del Cusco?</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Determinar áreas aptas para la instalación de rellenos sanitarios mediante los sistemas de información geográfica apoyada en la técnica de evaluación multicriterio en la provincia del Cusco.</p> <p>Objetivos específicos</p> <p>a. Recopilar información cartográfica de la provincia del Cusco.</p> <p>b. Diseñar base de datos y ponderación según la técnica de evaluación multicriterio.</p> <p>c. Identificar zonas para la construcción de rellenos sanitarios en base al análisis espacial.</p> <p>d. Describir las áreas identificadas y por sus características clasificarlas por el método de relleno posible a instalar.</p>	<p>Usando los sistemas de información geográfica se puede determinar áreas aptas para la localización e instalación de rellenos sanitarios en la provincia del Cusco, apoyándose en la técnica de evaluación multicriterio.</p> <p>Hipótesis específicas</p> <p>a. La información existente es escasa para la evaluación multicriterio en la provincia del Cusco.</p> <p>b. Existe niveles de ponderación adecuadas según la técnica de evaluación multicriterio.</p> <p>c. Existe como mínimo alguna zona que cumpla con las condiciones del análisis espacial.</p> <p>d. Los métodos de rellenos posibles a instalar son: método de trinchera, método de área, método de pendiente y el método combinado.</p>	<p>Variable dependiente</p> <p>Localización de zonas aptas para la instalación de Rellenos Sanitarios</p> <p>Variable Independiente</p> <p>Sistemas de información geográfica</p>	<p>- Vida útil del sitio</p> <p>- Vías de acceso</p> <p>- Material para cobertura</p> <p>- Precipitación</p> <p>- Temperatura</p> <p>- Geología</p> <p>- Geomorfología</p> <p>- Tipo de Suelos</p> <p>- Pendientes</p> <p>-Clasificación de las tierras por su capacidad de uso mayor.</p> <p>- Cobertura vegetal</p> <p>- Seguridad aeroportuaria</p> <p>- Catastro minero</p> <p>- Zonas Hidrológicas</p> <p>-Zonas de Fallas geológicas, áreas inestables</p> <p>- Centros Poblado</p> <p>-Preservación del patrimonio arqueológico</p> <p>-Zonas de Diversidad Biológica</p> <p>- Infraestructura existente</p> <p>-Mapa de vías de acceso</p> <p>-Mapa de centros poblados</p> <p>-Mapa de clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor</p> <p>-Mapa de pendientes</p> <p>-Mapa geológico</p> <p>-Mapa geomorfológico</p> <p>-Mapa de suelos</p> <p>-Mapa climático</p> <p>-Mapa de cobertura vegetal</p> <p>-Mapa de seguridad aeroportuaria</p> <p>-Mapa de catastro minero</p> <p>-Mapa hidrológico</p> <p>-Mapa de fallas geológicas</p> <p>-Mapa de centros Poblado</p> <p>-Mapa de monumentos arqueológicos registrados</p> <p>-Mapa de diversidad biológica</p>	<p>El enfoque de investigación es cuantitativa</p> <p>El tipo de investigación es aplicada</p> <p>El diseño de investigación de no experimental</p> <p>El nivel de investigación es transversal descriptivo</p>

Anexo 2: Matriz de Operacionalización de variables


Variables	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicador	Escala de medición
Variable dependiente Localización de zonas aptas para la instalación de Rellenos Sanitarios.	Relleno sanitario es una técnica de disposición final de los residuos sólidos en el suelo, que no ocasionan desagrado ni peligro para la salud y el ambiente durante su operación ni al ser concluido.	Los factores y restricciones orientan de forma adecuada la localización de áreas aptas para la instalación de relleno sanitario cuya aplicación garantiza la prevención y mitigación de los impactos ambientales.	Factores físicos	Vida útil del sitio	Mayor a 5 años
				Material para cobertura	Tiene que ser lo más autosuficiente en material de cobertura (tierra)
				Precipitación	< 50 mm mensual
				Temperatura	> 20 °C mensual
				Geología	Rocas impermeables, que posea material inconsolidado para su fácil excavación.
				Geomorfología	Debe contar con superficies planas
				Tipo de Suelos	Suelos areno-limo-arcillosos; también son adecuados los limo-arcillosos y los arcillo-limosos.
				Pendientes	Mesetas o montañas con áreas, planas o de poca inclinación.
				Clasificación de las tierras por su capacidad de uso mayor.	No debe tener un uso definido
			Cobertura vegetal	Herbazales o zonas degradadas	
			Restricciones	Seguridad aeroportuaria	Ubicado a una distancia > 3000 m
				Catastro minero	Ubicado a una distancia > 500 m
				Zonas Hidrológicas	Ubicado a una distancia > 500 m
				Zonas de Fallas geológicas	Ubicado a una distancia > 200 m
				Centros Poblado	Ubicado a una distancia > 1000 m
Preservación del patrimonio arqueológico	Ubicado a una distancia > 500 m				
Zonas de Diversidad Biológica	Ubicado a una distancia > 500 m				
Infraestructura existente	Áreas de influencia de obras de infraestructura				
Variable Independiente Sistemas de información geográfica	Herramienta esencial cuando se trata de analizar la gestión de un territorio, análisis demográficos, cuidado del medio ambiente, urbanismo, permite recopilar, almacenar, buscar, según sea necesario, transformar y mostrar datos del mundo real.	Confección y superposición de mapas temáticos de factores y restricciones valorados con una ponderación según a la importancia de cada criterio que permitió seleccionar las áreas que cumplen con las características para la instalación de relleno sanitario.	Mapa de factores físicos	Mapa climático	Alto = 3, Medio = 2, Bajo = 1
				Mapa de cobertura vegetal	Alto = 3, Medio = 2, Bajo = 1
				Mapa de clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor	Alto = 3, Medio = 2, Bajo = 1
				Mapa de pendientes	Alto = 3, Medio = 2, Bajo = 1
				Mapa geológico	Alto = 3, Medio = 2, Bajo = 1
				Mapa geomorfológico	Alto = 3, Medio = 2, Bajo = 1
				Mapa de suelos	Alto = 3, Medio = 2, Bajo = 1
			Mapa de restricciones	Mapa de seguridad aeroportuaria	Zona de influencia >3000 m
				Mapa de catastro minero	Zona de influencia >500 m
				Mapa hidrológico	Zona de influencia > 500 m
				Mapa de fallas geológicas	Zona de influencia > 200 m
				Mapa de centros Poblado	Zona de influencia >1000 m
				Mapa de monumentos arqueológicos registrados	Zona de influencia > 500 m
				Mapa de diversidad biológica	Zona de influencia >500 m


 Jorge Rogelio Vargas Feb
 BIOLOGO
 C.B.P. 7347


 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
 CONSEJO DEPARTAMENTAL CUSCO
 Ing. Yvorn Choquis Choquis
 INGENIERO AMBIENTAL 2DA ESPECIALIDAD
 CIP 126948


 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAAD DEL CUSCO
 ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA
 M. Sc. BIRG. RODRIGO CHEVARRIA DEL PINO (P.L.)
 JEFE DEL AREA DE PESQUERIA

Anexo 3: Ficha de recolección de datos

 FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS	
Número de ficha:	Fecha:
Autor:	
Objetivo:	
Ubicación :	Coordenadas geográficas:
Altitud :	
Ascenso :	
Inclinación promedio :	
Acceso :	Descripción :
Vegetación existente :	
Material de cobertura:	
Fuentes de agua:	
Otros:	
Observaciones:	
Método de relleno posible a instalar :	Descripción :

ANEXO 4: Validación de instrumento



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: M Sc. Rodrigo Chevarria del Pino
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Universidad Nacional de San Antonio Abad del cusco
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Biología
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de recolección de datos
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Giuliana Valeriana Uscamayta Maqqe

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación.
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.

85

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%



Cusco 28 de diciembre del 2020

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

V. DATOS GENERALES

- 5.1. Apellidos y Nombres: Mg. Jorge Rogelio Vargas Febres
- 5.2. Cargo e institución donde labora: Director de Manejo de Recursos Naturales – PER IMA
- 5.3. Especialidad o línea de investigación: Magister en Ciencias con mención en Gerencia, Auditoría y Gestión Ambiental.
- 5.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de recolección de datos
- 5.5. Autor(A) de Instrumento: Giuliana Valeriana Uscamayta Maqqe

VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible										x			
1. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										x			
2. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											x		
3. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										x			
4. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.										x			
5. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.											x		
6. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										x			
7. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											x		
8. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											x		
9. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											x		

VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación.
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.

85

VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%




Jorge Rogelio Vargas Febres
 BIÓLOGO
 C.B.P. 1347

Cusco 28 de diciembre del 2020

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

IX. DATOS GENERALES

- 9.1. Apellidos y Nombres: Mg. Yudith Choque Quispe
- 9.2. Cargo e institución donde labora: Universidad Micaela Bastidas
- 9.3. Especialidad o línea de investigación: Ingeniero Ambiental
- 9.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de recolección de datos
- 9.5. Autor(A) de Instrumento: Giuliana Valeriana Uscamayta Maqqe

X. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible											x		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										x			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												x	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										x			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.										x			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.										x			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										x			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										x			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											x		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												x	

XI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación.
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.

90

XII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU
CONSEJO DEPARTAMENTAL CUSCO
Ing. Yudith Choque Quispe
INGENIERA AMBIENTAL 2da ESPECIALIDAD
CIP 128848

Cusco 21 de diciembre del 2020

Anexo 5: Calculo del área requerida para un relleno sanitario

Los datos para el cálculo del área requerida para la instalación de rellenos sanitarios en la provincia del Cusco fueron obtenidos del PIGARS de la Provincia de Cusco (PIGARS, 2019 - 2023) y el INEI del censo 2017.

Datos

- Población actual en la provincia del Cusco = 447588 habitantes.
- Tasa de crecimiento promedio anual en la provincia de Cusco = 2.0 %.
- Producción per cápita = 0.8 Kg/hab/día.
- Vida útil del sitio = Desde 5 años a 10 años.

Proyección de la población

$$Pr = p1(1 + 0.02)^2$$

Tabla 22

Proyección de la Población de la Provincia del Cusco

<i>P - AÑO</i>	<i>Fórmula</i>	<i>Crecimiento poblacional</i>
P - 2017		447588 habitantes
P - 2018	$447588(1 + 0.02)^1$	456539 habitantes
P - 2019	$447588(1 + 0.02)^2$	465670 habitantes
P - 2020	$447588(1 + 0.02)^3$	474983 habitantes
P - 2021	$447588(1 + 0.02)^4$	484483 habitantes
P - 2022	$447588(1 + 0.02)^5$	494173 habitantes
P - 2023	$447588(1 + 0.02)^6$	504056 habitantes
P - 2024	$447588(1 + 0.02)^7$	514137 habitantes
P - 2025	$447588(1 + 0.02)^8$	524420 habitantes
P - 2026	$447588(1 + 0.02)^9$	534909 habitantes
P - 2027	$447588(1 + 0.02)^{10}$	545607 habitantes
P - 2028	$447588(1 + 0.02)^{11}$	556519 habitantes
P - 2029	$447588(1 + 0.02)^{12}$	567649 habitantes

La producción per cápita total de la Provincia del Cusco.

- Para hallar la GPC en kg/hab/día.

Datos

GPC total = 423.94 Tn /día

Población proyectada al 2017 = 447,588 habitante (último censo INEI)

$$GPC = \frac{423.94 \text{ Tn}}{\text{día}} \times \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ Tn}} = 423940 \text{ kg/día}$$

$$GPC = \frac{423940 \text{ kg/día}}{447588 \text{ hab}} = 0.9 \text{ kg/hab/día}$$

Tabla 23

Producción per cápita

PPC - AÑO	Fórmula	Crecimiento Kg/ hab/día
PPC -1		0.90
PPC -2	0.9 + 1%	0.91
PPC -3	0.91 + 1%	0.92
PPC -4	0.92 + 1%	0.93
PPC -5	0.93 + 1%	0.94
PPC -6	0.94 + 1%	0.95
PPC -7	0.95 + 1%	0.96
PPC -8	0.96 + 1%	0.97
PPC -9	0.97 + 1%	0.98
PPC -10	0.98 + 1%	0.99
PPC -11	0.99 + 1%	1.00
PPC -12	0.100 + 1%	1.01
PPC -13	0.101 + 1%	1.02

Cantidad de desechos sólidos

La producción diaria se calcula a partir de la fórmula

$$DS_d = P_{ob} \times p_{pc}$$

La producción anual se calcula multiplicando la producción diaria de desechos sólidos por los 365 días del año.

$$DS_a = \frac{DS_d}{\text{día}} \times \frac{365 \text{ días}}{\text{año}} \times \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}}$$

Tabla 24

Producción Diaria de Desechos Sólidos y Producción Anual de Desechos Sólidos

	Población (hab)	GPC (kg/ hab*día)	DS_d (kg/día)	DS_d (kg/día)	Días del año	DS_a (ton/año)
PPC -1	447588	0.90	402829	402829	365	147033
PPC -2	447588	0.91	407305	407305	365	148666
PPC -3	447588	0.92	411781	411781	365	150300
PPC -4	447588	0.93	416257	416257	365	151934
PPC -5	447588	0.94	420733	420733	365	153568
PPC -6	447588	0.95	425209	425209	365	155201
PPC -7	447588	0.96	429684	429684	365	156835
PPC -8	447588	0.97	434160	434160	365	158468
PPC -9	447588	0.98	438636	438636	365	160102
PPC -10	447588	0.99	443112	443112	365	161736
PPC -11	447588	1.00	447588	447588	365	163370
PPC -12	447588	1.01	452064	452064	365	165003
PPC -13	447588	1.02	456540	456540	365	166637

El volumen de los desechos sólidos en la Provincia del Cusco según el PIGARS 2019 - 2023 ES DE 199.83 (Kg/m³)

Tabla 25

Volumen Anual Compactado

	<i>DS_a</i> (kg/día)	<i>Drsm</i> (kg/m ³)	Días del año	Volumen anual compactado (m ³ /año)
PPC -1	402829	199.83	365	735788
PPC -2	407305	199.83	365	743964
PPC -3	411781	199.83	365	752140
PPC -4	416257	199.83	365	760315
PPC -5	420733	199.83	365	768491
PPC -6	425209	199.83	365	776667
PPC -7	429684	199.83	365	784840
PPC -8	434160	199.83	365	793016
PPC -9	438636	199.83	365	801192
PPC -10	443112	199.83	365	809367
PPC -11	447588	199.83	365	817543
PPC -12	452064	199.83	365	825719
PPC -13	456540	199.83	365	833894

Tabla 26

Volumen del relleno sanitario estabilizado y Volumen del Relleno Sanitario

Volumen del relleno sanitario estabilizado

$$mc = V \text{ anual de residuos compactado} \times 0,2$$

mc = material de cobertura equivale al 20 a 25% del volumen de los desechos recién compactados.

Volumen del relleno sanitario

$$VR_s = V \text{ anual estabilizado} + mc$$

	V anual de residuos compactado (m ³ /año)	20 % del volumen de basura	mc (m ³ / año)	V anual estabilizado (m ³ / año)	mc (m ³)	VR _s (m ³ /año)
PPC -1	735788	0.2	147158	735788	147158	882946
PPC -2	743964	0.2	148793	743964	148793	892757
PPC -3	752140	0.2	150428	752140	150428	902568
PPC -4	760315	0.2	152063	760315	152063	912378
PPC -5	768491	0.2	153698	768491	153698	922189
PPC -6	776667	0.2	155333	776667	155333	932000
PPC -7	784840	0.2	156968	784840	156968	941808
PPC -8	793016	0.2	158603	793016	158603	951619
PPC -9	801192	0.2	160238	801192	160238	961430
PPC -10	809367	0.2	161873	809367	161873	971240
PPC -11	817543	0.2	163509	817543	163509	981052
PPC -12	825719	0.2	165144	825719	165144	990863
PPC -13	833894	0.2	166779	833894	166779	1000673

Cálculo del área requerida y Cálculo área total

Cálculo del área por rellenar se asume una profundidad de 10 metros (teniendo en cuenta los limitantes como la distancia a aguas subterráneas).

$$AR_s = \frac{VR_s}{HR_s}$$

Donde:

AT= Área total requerida m²

F = Factor de aumento del área adicional requerida para las vías de penetración, áreas de retiro a linderos, caseta para portería e instalaciones sanitarias, patio de maniobras, etc. Este es entre 20 – 40 % del área que se deberá rellenar. En este caso, se asume 30 %.

$$At = f \times AR_s$$

Tabla 27*Cálculo del Área Requerida*

	VR_s (m^3 / año)	HR_s (m)	AR_s (m^2)	F	AR_s (m^2)	At (m^2)	Hectáreas
PPC -1	882946	10	88294.6	1.30	88294.6	114783.0	11.48
PPC -2	892757	10	89275.7	1.30	89275.7	116058.4	11.61
PPC -3	902568	10	90256.8	1.30	90256.8	117333.8	11.73
PPC -4	912378	10	91237.8	1.30	91237.8	118609.1	11.86
PPC -5	922189	10	92218.9	1.30	92218.9	119884.6	11.99
PPC -6	932000	10	93200.0	1.30	93200.0	121160.0	12.12
PPC -7	941808	10	94180.8	1.30	94180.8	122435.0	12.24
PPC -8	951619	10	95161.9	1.30	95161.9	123710.5	12.37
PPC -9	961430	10	96143.0	1.30	96143.0	124985.9	12.50
PPC -10	971240	10	97124.0	1.30	97124.0	126261.2	12.63
PPC -11	981052	10	98105.2	1.30	98105.2	127536.8	12.75
PPC -12	990863	10	99086.3	1.30	99086.3	128812.2	12.88
PPC -13	1000673	10	100067.3	1.30	100067.3	130087.5	13.01

Se realizó la proyección de 10 años desde el 2019 al año 2026 con los datos del último censo que se realizó por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI – Censo 22/10/2017), la provincia del Cusco cuenta con 447 588 habitantes. Dentro de 5 años (2024) debería contar con un área de 12.37 hectáreas de disposición final de residuos sólidos para un total de 514137 habitantes habitantes y en el año (2029) con un área de 13.01 hectáreas para 567649 habitantes habitantes.

Anexo 6: Trabajo de salidas al campo

Informe general salida de campo zona 01

En el presente informe veremos una descripción detallada de la salida a campo realizada el 11 de agosto del 2019 a la zona 01 seleccionada como sitio con potencial medio para la instalación de rellenos sanitarios que se encuentra en el límite de la provincia de Paruro y el distrito de San Jerónimo.

Ubicación

Está ubicado entre el límite de la provincia de Paruro y el distrito de San Jerónimo y próximo a la Comunidad Campesina de Suncco.

Coordenadas geográficas

COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
LONGITUD	LATITUD
71°52'40.25"O	13°36'36.15"S
COORDENADAS UTM ZONA 01	
FALSO ESTE	FALSO NORTE
188585.47 m	8493559.67 m
DATUM	
WGS 84	

Fuente. Elaboración propia en base a los datos recogidos del Google Earth.

Acceso:

La ruta más cercana es la pista nueva que lleva a Paruro, antes se contaba con una trocha que en la actualidad se encuentra abandonada y en mal estado, el tiempo de recorrido hasta llegar al área elegida fue de 43 minutos desde el punto de partida del paradero Amauta ubicado en la avenida de la cultura.

Figura 12

Acceso



Fuente: Elaboración propia.

Observación:

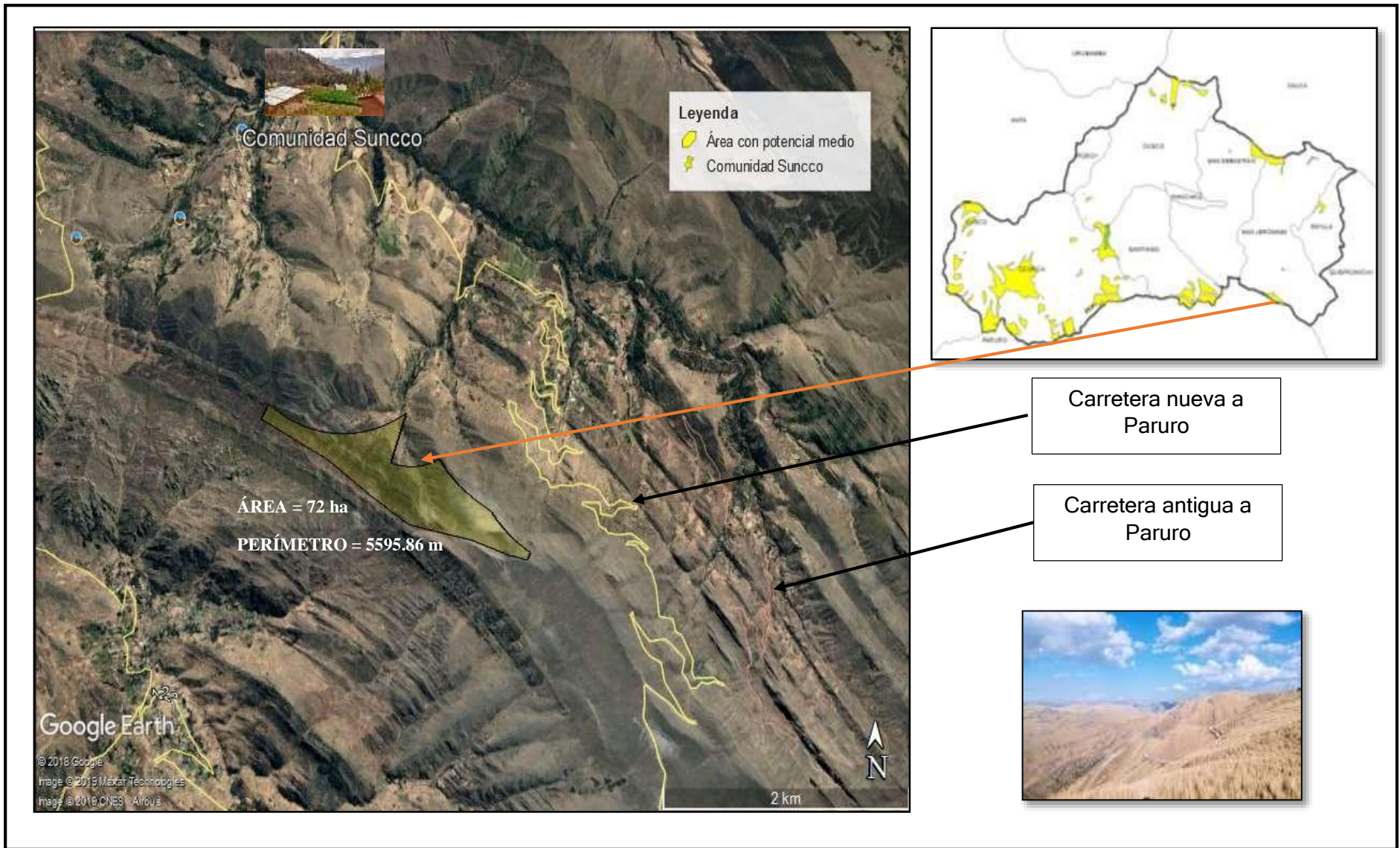
No se llegó al mismo punto de la coordenada seleccionada en el Google Earth por la poca accesibilidad que existe para llegar al punto seleccionado, pero sí, se llegó a las coordenadas más próximas al sitio con coordenadas X= 190404.00 m, Y= 8492785.00 m, desde este punto se procedió a la captura de imágenes.

COORDENADAS UTM DESDE DONDE SE TOMO LAS FOTOGRAFÍAS			
X	Y	DATUM	PROYECCIÓN UTM
190404.00m	8492785.00m	WGS 84	19 SUR

Fuente. Elaboración propia en base a los datos recogidos en camp

Figura 13

Mapa de Ubicación Zona 01



Fuente: Elaboración propia.

Vegetación existente

En cuanto a la vegetación se encontró abundante ichu, paja brava que es un pasto del altiplano andino.

Figura 14

Vegetación Existente



Fuente: Elaboración propia.

Área seleccionada con potencial medio para la instalación de rellenos sanitarios (límite entre la provincia de Paruro y el distrito de San Jerónimo)

Figura 15

Área 01 Seleccionada con Potencial Medio para la Instalación de Rellenos Sanitarios



Fuente: Elaboración propia.

Informe general salida de campo zona 02

En el presente informe veremos una descripción detallada realizada el 23 de octubre del 2019 a la zona 02 elegida como sitio con potencial medio para la instalación de rellenos sanitarios que está ubicada en el límite entre la Provincia de Calca y los distritos de San Jerónimo y San Sebastián.

Ubicación

Está ubicado entre límite de la Provincia de Calca y los distritos de San Jerónimo

Coordenadas geográficas:

COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
LONGITUD	LATITUD
71°53'0.61"O	13°29'58.51"S
COORDENADAS UTM ZONA 02	
FALSO ESTE	FALSO NORTE
187828.59 m	8505781.52 m
DATUM WGS 84	

Fuente. Elaboración propia en base a los datos recogidos del Google Earth.

Acceso:

Se accedió al área por la ruta más cercana que es la Trocha carrozable San Jerónimo – Huaccoto, el tiempo de recorrido hasta llegar al sitio fue de 45 minutos en camioneta, al llegar a la comunidad de Huaccoto se restringe el paso a los visitantes con una cadena colocada en cada extremo de dos troncos de madera, se nos informó por parte de un poblador que sí, se desea pasar se tiene que conversar con el presidente de la comunidad, debido a que cuentan con la actividad económica de picapedreros y extracción de piedras en la cantera ubicada en la Comunidad Campesina de Huaccoto.

Figura 16

Paso Restringido que Continúa la Trocha Carrozable



Fuente: Elaboración propia.

Plan de Acción

Observación:

No se llegó al mismo punto de la coordenada seleccionada en el Google Earth, debido a la restricción por parte de la población de Huaccoto, sin embargo, se observó el área seleccionada con potencial medio ya que se optó por caminar y llegar a un punto próximo al sitio seleccionado y lograr la captura de imágenes.

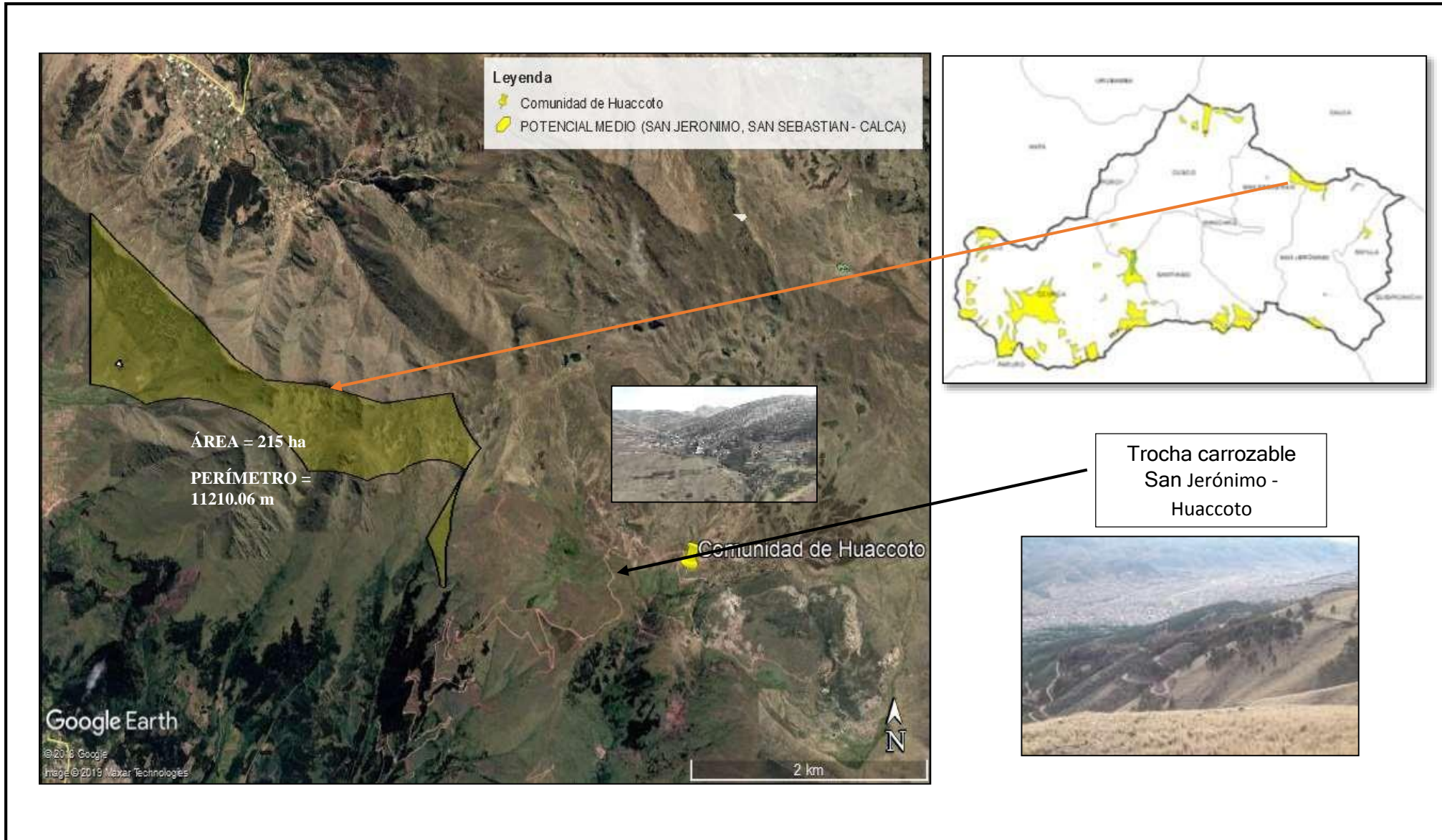
Coordenadas UTM desde donde se capturo las imágenes

COORDENADAS UTM DESDE DONDE SE CAPTURÓ LAS IMÁGENES			
X	Y	DATUM	PROYECCIÓN UTM
190204.00 m	8505340.00 m	WGS 84	19 SUR

Fuente. Elaboración propia en base a los datos recogidos en campo

Figura 17

Mapa de Ubicación Zona 02



Fuente: Elaboración propia.

Vegetación existente

En cuanto a la vegetación se encontró abundante ichu, paja brava que es un pasto del altiplano andino y algunas especies de espinos los cuales lograron sobrevivir a los recientes incendios forestales. La gran parte de la vegetación fue destruida.

Figura 18

Vegetación Existente



Fuente: Elaboración propia.

Fuentes de agua existente

En todo el recorrido hacia la comunidad de Huaccoto, se observó pequeñas fuentes de agua y canaletas las cuales abastecen a la población de la comunidad, sin embargo no afecta al área de estudio seleccionada como medio potencial, debido a que el Decreto Legislativo N° 1278 “Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos” y la Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario mecanizado del MINAM indica que la distancia mínima entre el área seleccionada y los cuerpos de agua debe ser de 500 metros.

Área seleccionada con potencial medio para la instalación de rellenos sanitarios (límite entre la provincia de Calca y los distritos de San Jerónimo y San Sebastián)

Figura 19

Área 02 Seleccionada con Potencial Medio para la Instalación de Rellenos Sanitarios



Figura 20

Altitud y Ascenso



ALTITUD: 4126 m.s.n.m.

ASCENSO TOTAL: 3539
metros

Fuente: Elaboración propia.

Informe general salida de campo zona 03

En el presente informe veremos una descripción detallada realizada el 09 de noviembre del 2019 a la zona 03 elegida como sitio con potencial medio para la instalación de rellenos sanitarios que se encuentra en el límite de la provincia de Paruro y el distrito de Santiago.

Ubicación

Está ubicado entre el límite de la provincia de Paruro y el distrito de Santiago y próximo a la Comunidad Campesina de Occopata.

Coordenadas geográficas:

COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
LONGITUD	LATITUD
71°57'31.65"O	13°36'41.48"S
COORDENADAS UTM ZONA 03	
FALSO ESTE	FALSO NORTE
179821.00 m	8493290.00 m
DATUM	
WGS 84	

Fuente. Elaboración propia en base a los datos recogidos del Google Earth.

Acceso:

La ruta más cercana es la carretera a Paruro, se encuentra asfaltada y en buenas condiciones, el tiempo de recorrido hasta llegar al punto fue de 43 minutos en camioneta, desde el paradero Amauta ubicado en la avenida de la cultura.

Figura 21

Carretera a Paruro



Fuente: Elaboración propia.

Plan de Acción

Con la camioneta se llegó hasta un punto de la carretera para después comenzar a caminar hasta llegar a las coordenadas establecidas.

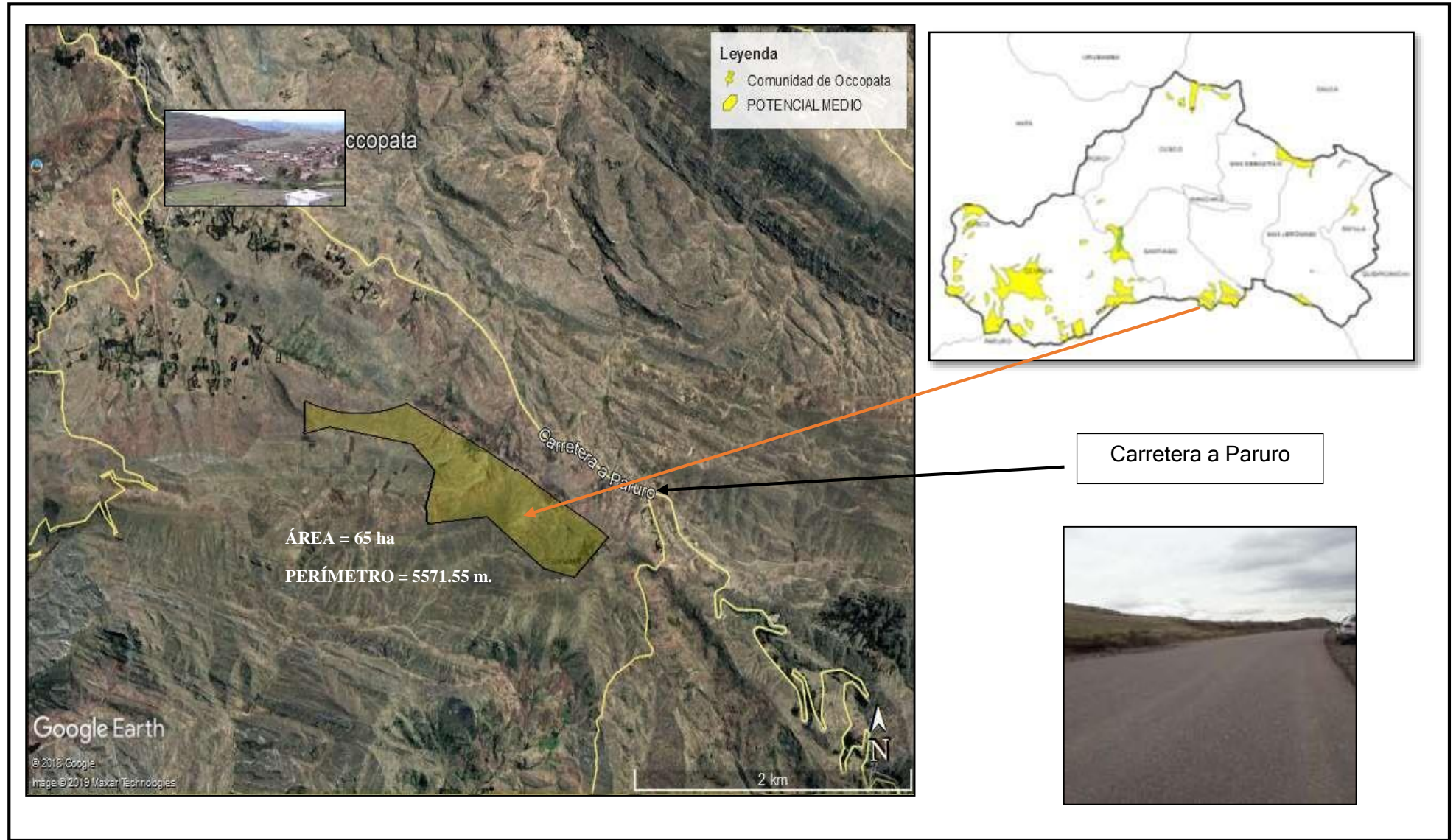
Se continuó caminando 1 kilómetro hasta llegar al punto de las coordenadas, y desde ese punto (X= 190404.00 m, Y= 8492785.00 m) se procedió a tomar fotografías.

Se puede observar en la fotografía la carretera que lleva a Paruro, así mismo en el trayecto se ve la presencia de algunos campesinos de la comunidad de Occopata los cuales realizan la actividad de agricultura, también invernaderos para cultivos de fresas.

El tiempo de viaje fue de 43 minutos desde el punto de partida el paradero Amauta.

Figura 22

Mapa de Ubicación Zona 03



Fuente: Elaboración propia.

Vegetación existente

En cuanto a la vegetación se encontró cactus, espinos, diferentes tipos de musgos y abundante ichu, paja brava que es un pasto del altiplano andino.

Figura 23

Vegetación Existente



Fuente: Elaboración propia.

Observaciones:

En el área seleccionada con potencial medio, se observó la presencia de parcelas de agricultura estacionaria de papa y zanjas de infiltración realizadas por parte de los pobladores de la comunidad de Occopata.

Figura 24

Zanjas de Infiltración.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 25

Parcelas de Agricultura Estacionaria de papa.



Fuente: Elaboración propia.

Área seleccionada con potencial medio para la instalación de rellenos sanitarios (límite entre la provincia de Paruro y el distrito de Santiago)

Figura 26

Área 03 Seleccionada con Potencial Medio para la Instalación de Rellenos Sanitarios



Fuente: Elaboración propia.

Figura 27

Altitud y Ascenso



ALTITUD: 4152 m.s.n.m.
ASCENSO TOTAL: 4386 metros

Fuente: Elaboración propia.

Informe general salida de campo zona 04.

En el presente informe veremos una descripción detallada realizada el 24 de noviembre del 2019 a la zona 04 elegida como sitio, con potencial medio para la instalación de rellenos sanitarios que se encuentra ubicado en el distrito de Ccorca.

Ubicación

Está ubicado en el distrito de Ccorca, próximo a las Comunidades de Mantuclla y Cusibamba.

Coordenadas geográficas

COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
LONGITUD	LATITUD
72° 9'23.71"O	13°35'8.12"S
COORDENADAS UTM ZONA 02	
FALSO ESTE	FALSO NORTE
807718.78 m	8496310.97 m
DATUM	
WGS 84	

Fuente. Elaboración propia en base a los datos recogidos del Google Earth.

Acceso:

Se accedió al área por la carretera nacional Cusco- Abancay Puquio hasta el kilómetro 936 para tomar el desvío de la carretera departamental Izcuchaca – Cotabambas, hasta el kilómetro 10, se desvía a la trocha carrozable que lleva a las comunidades de Mantoclla y Cusibamaba, el tiempo de recorrido hasta llegar al kilómetro 17 de la carreta fue de una hora y media en camioneta, para luego caminar un tramo de un kilómetro doscientos metros hasta llegar al punto de las coordenadas desde donde se tomaron fotografías del área seleccionada con medio potencial para la instalación de rellenos sanitarios.

Carretera departamental
Izcuchaca - Cotabambas



Fuente: Elaboración propia.

Kilómetro 10, se desvía a la
trocha carrozable que lleva a
las comunidades de Mantoclla
y Cusibamaba



Plan de Acción

Observación:

No se llegó al mismo punto de la coordenada seleccionada en el Google Earth por la poca accesibilidad, pero sí, se llegó a las coordenadas más próximas al sitio X= 808206.00 m, Y= 8496308.00 m, desde este punto se procedió a la captura de imágenes.

Punto de coordenada

COORDENADAS UTM DESDE DONDE SE CAPTURARON LAS IMÁGENES			
X	Y	DATUM	PROYECCIÓN UTM
808206.00 m	8496308.00 m	WGS 84	18 SUR

Fuente. Elaboración propia en base a los datos recogidos en campo.

Con la camioneta se llegó hasta un punto de la trocha carrozable, para después comenzar a caminar 1 kilómetro hasta llegar a las coordenadas establecidas y proceder a tomar fotografías.

Figura 28

Punto de la Trocha Carrozable

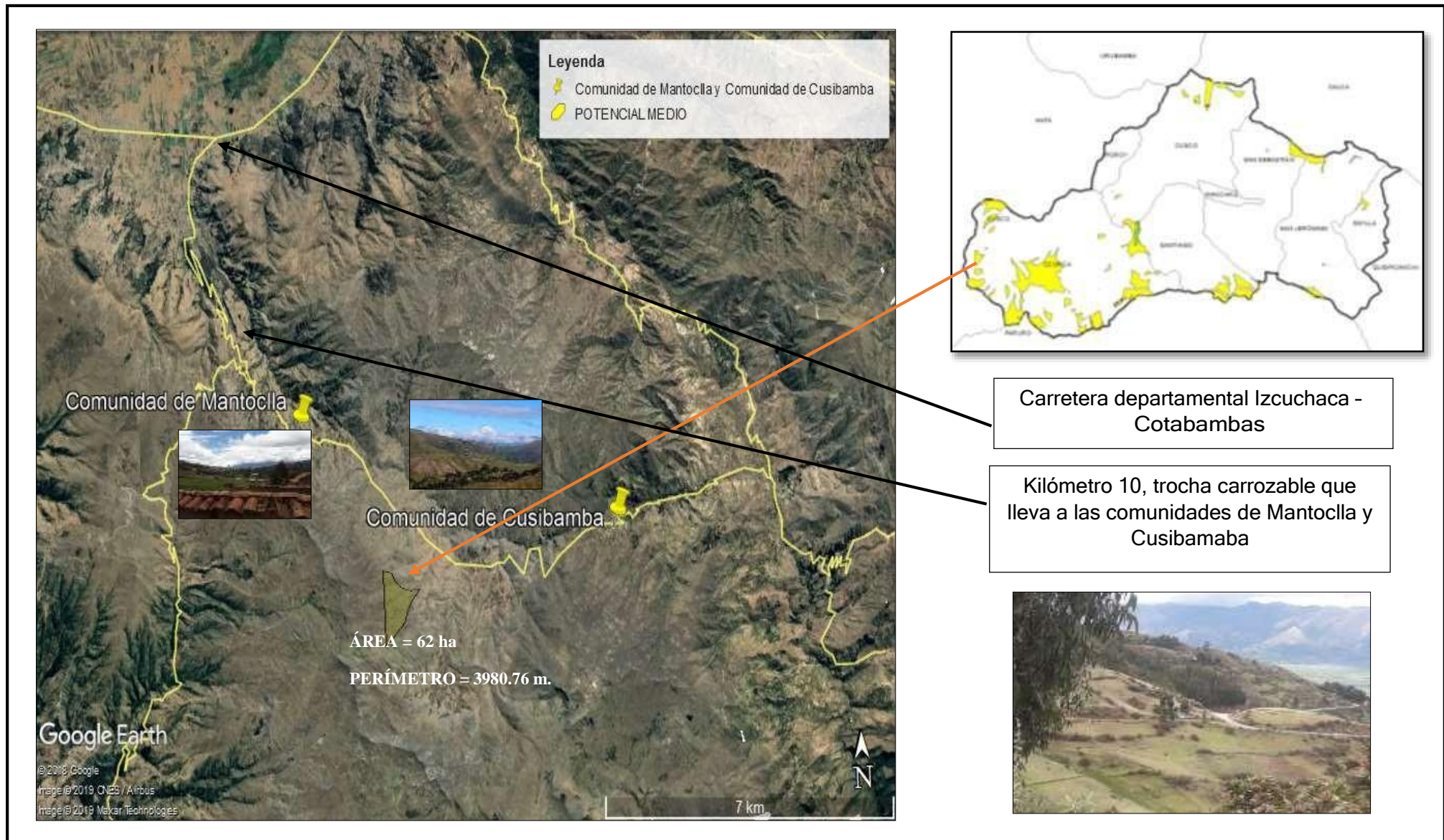


Fuente: Elaboración propia.

Punto desde donde se procedió a la captura de imágenes, coordenadas (X = 808206.00 m, Y = 8496308.00 m).

Figura 29

Mapa de Ubicación Zona 04



Fuente: Elaboración propia

Vegetación existente

En cuanto a la vegetación existente se encontró abundante ichu, paja brava que es un pasto del altiplano andino

Figura 30

Ichu, paja brava



Fuente: Elaboración propia.

Fuentes de agua existente

En el área seleccionada se observó cursos de agua (riachuelos), que no se encontró al momento de realizar el trabajo de pre – campo (gabinete), el área no es considerada para la instalación de rellenos sanitarios porque es una restricción la presencia de fuentes de agua. Guía del MINAM indica que la distancia mínima entre el área seleccionada y los cuerpos de agua deben ser de 500 metros.

Figura 31

Fuentes de Agua



Fuente: Elaboración propia.

Área seleccionada con potencial medio para la instalación de rellenos sanitarios distrito de Ccorca (entre las comunidades de Mantoclla y Cusibamba)

Figura 32

Área 04 Seleccionada con Potencial Medio para la Instalación de Rellenos Sanitarios

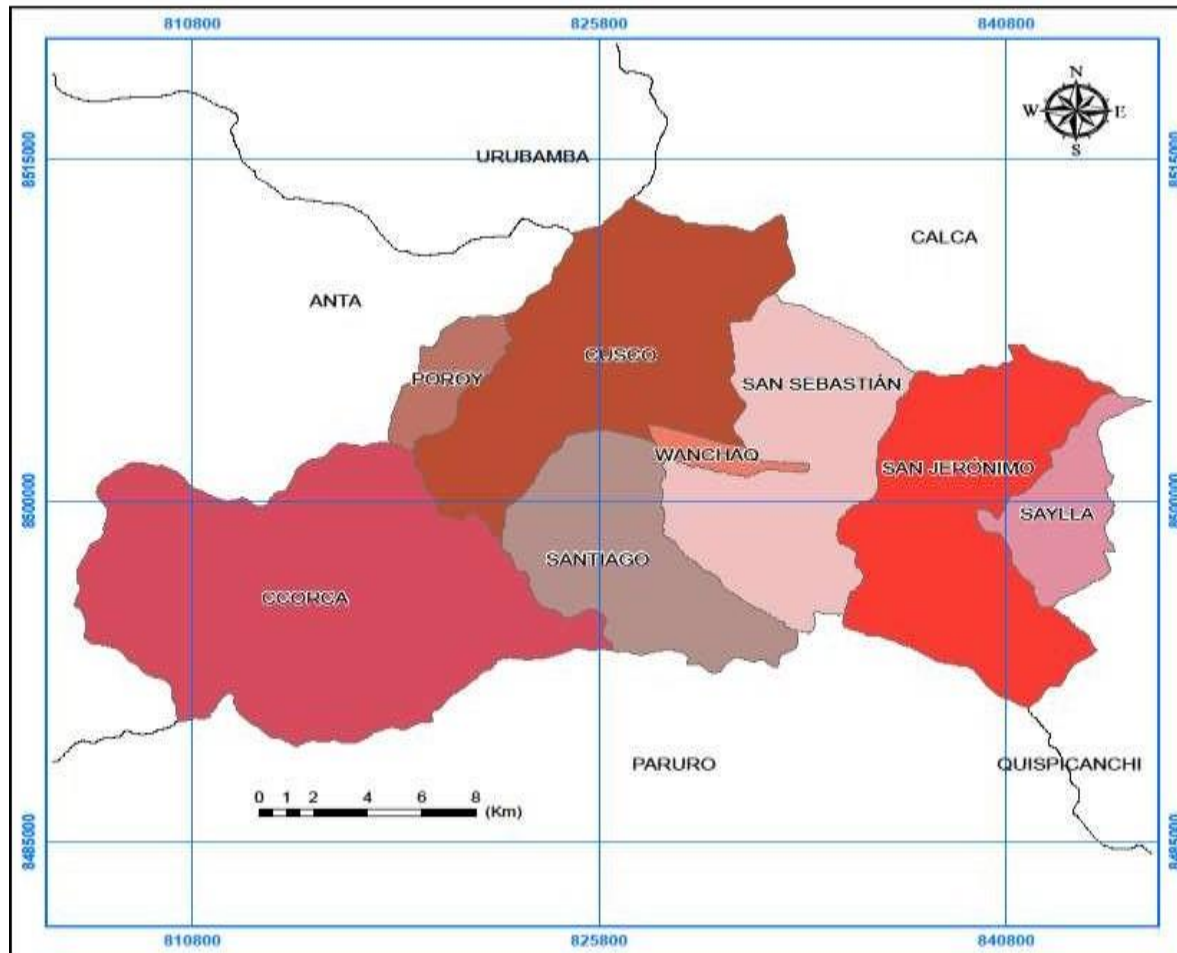


Fuente: Elaboración propia.



Anexo 8: Mapas

Distritos de la provincia del Cusco (población y muestra de la investigación)

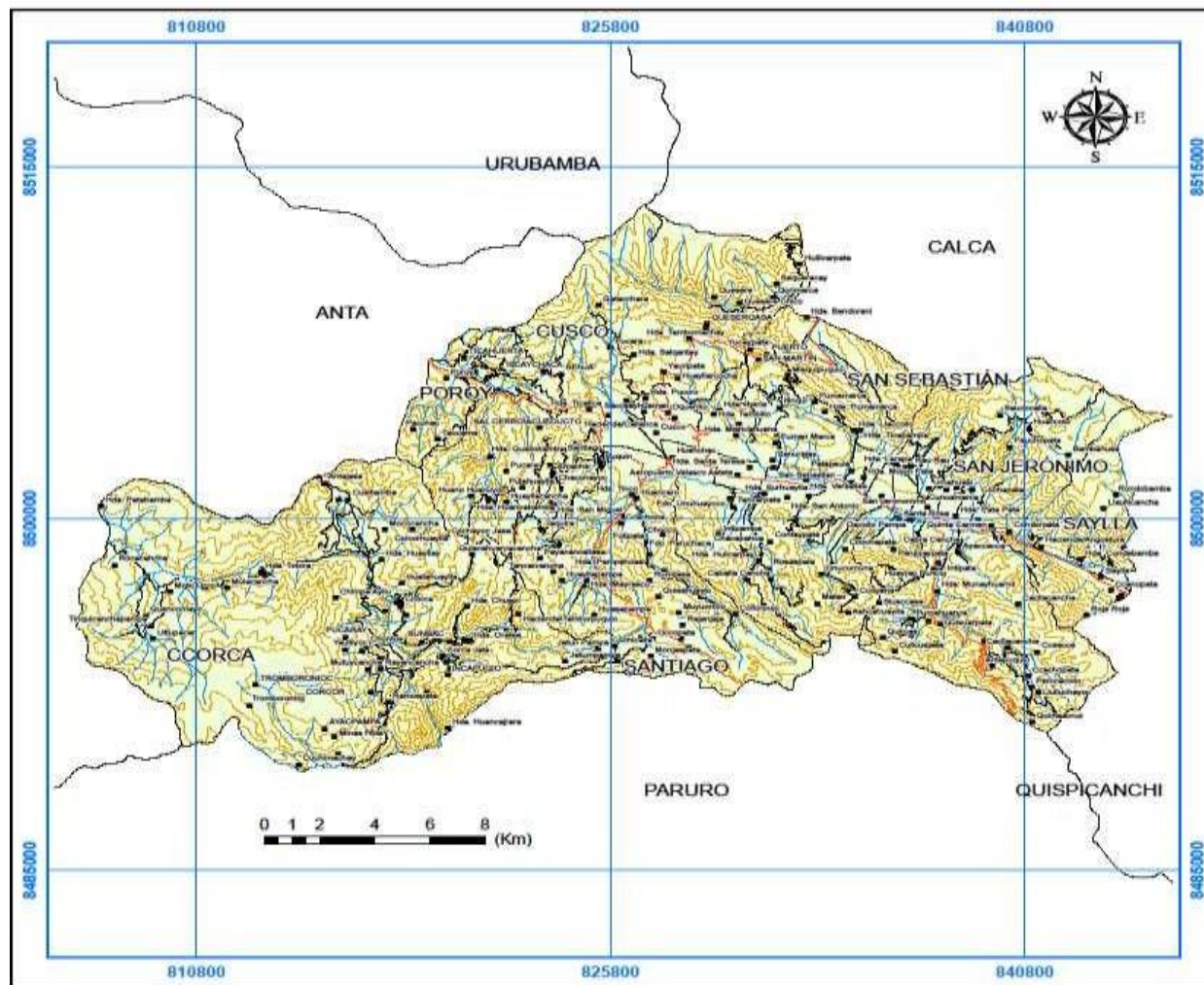


LEYENDA
DISTRITOS DE LA PROVINCIA DEL CUSCO

■	CCORCA
■	CUSCO
■	POROY
■	SAN JERÓNIMO
■	SAN SEBASTIÁN
■	SANTIAGO
■	SAYLLA
■	WANCHAQ

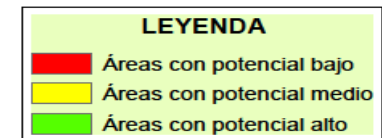
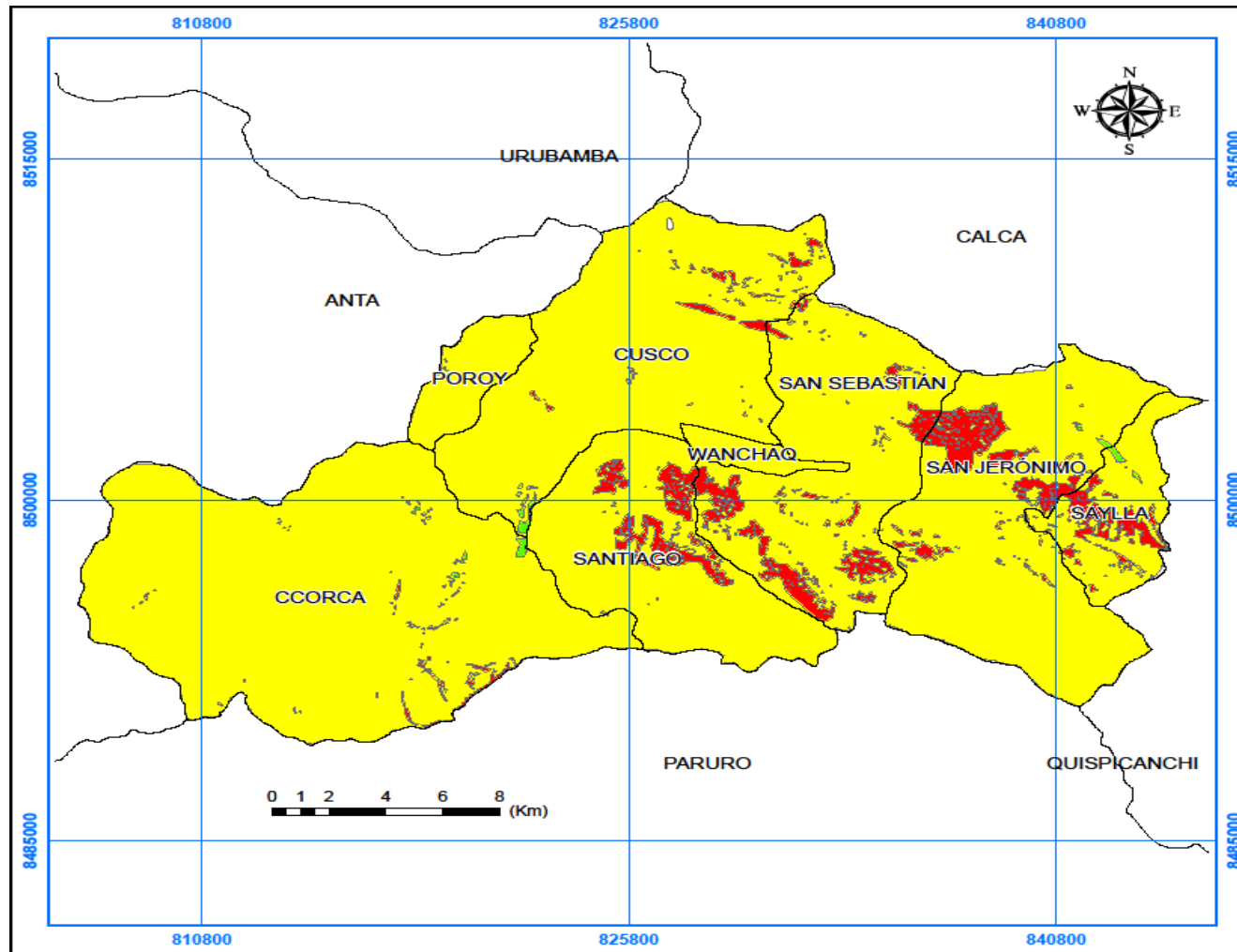
 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO				
DETERMINACIÓN DE ÁREAS AFITAS PARA LA INSTALACIÓN DE BELLEROS SANABRISOS MEDIANTE EL MÉTODO DE FUNDACIÓN MULTICENTRADA APROBADO EN LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN LA PROVINCIA DEL CUSCO				
PLANO: MAPA DE LA PROVINCIA DEL CUSCO				
ELABORADO: GILIANA V. USCAMAYTA MROQUE				
PROYECCIÓN: UTM ZONA 18 SUR	ESCALA DE AMPLIACIÓN: 1:150,000	DATUM: WGS - 84	FUENTE: DIOCATUM, OMS, OMS, PERU MAL, MO, COFOPEL, REINAP, PER	N°: 18


Mapa base de la provincia del Cusco



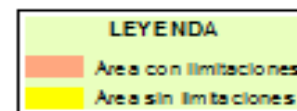
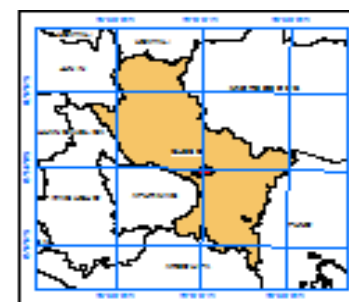
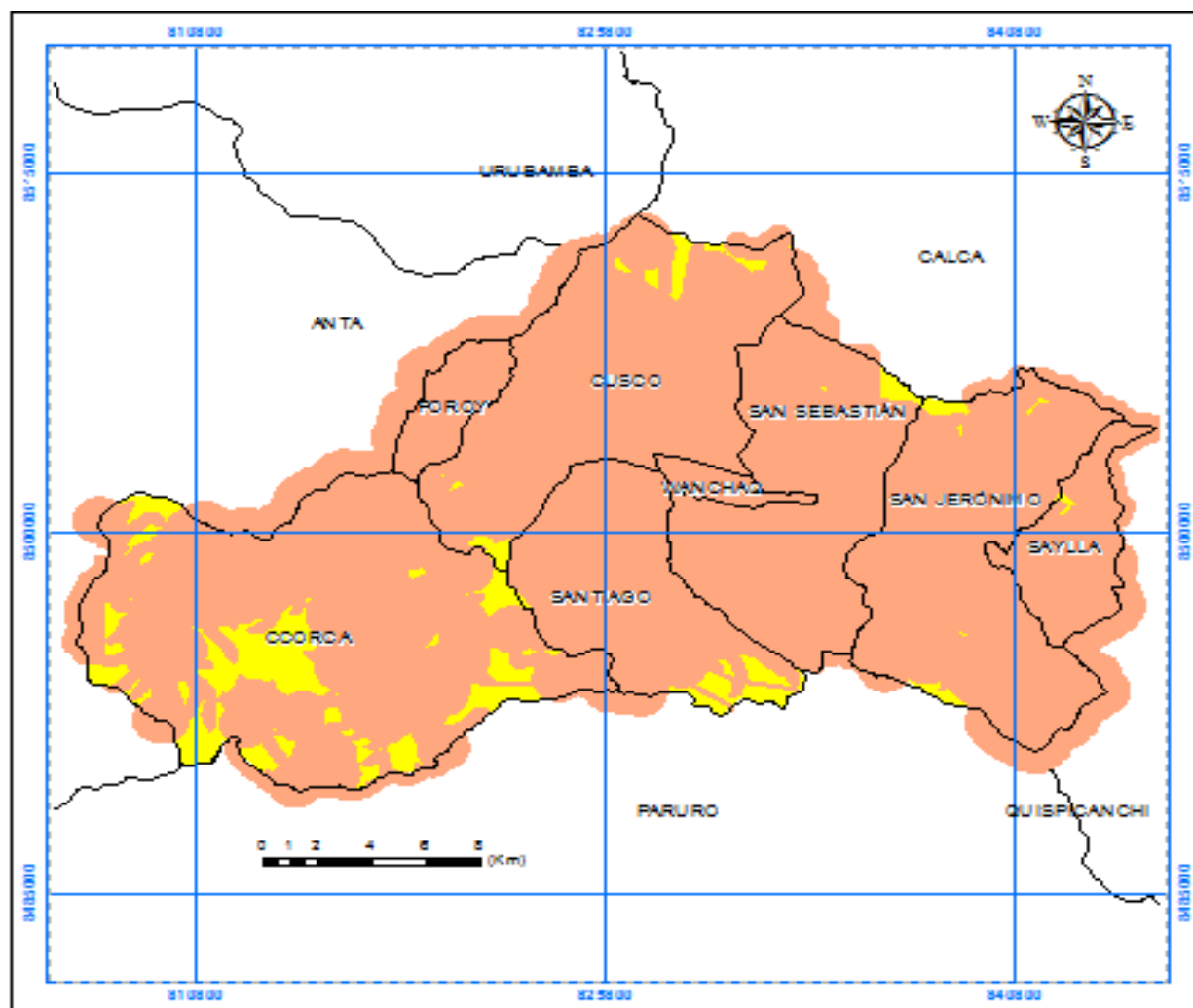
 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO				
DETERMINACIÓN DE ÁREAS APERTAS PARA LA INSTALACIÓN DE BELLENS SANTIARIOS MEDIANTE EL MÉTODO DE EVALUACIÓN MULTICRITERIO APOYADO EN LOS SIG TEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN LA PROVINCIA DEL CUSCO.				
PLANO:		MAPA BASE		
ELABORADO:		GRUANA V. USCAMAYTA MACQUE		
PROYECCIÓN UTM ZONA 18 SUR	ESCALA DE IMPRESIÓN: 1:100,000	DATUM WGS - 84	FUENTE: DESGATM84, OADR, ODDC, PIR, IMA, MFC, COFOHEL, SIRCOMAP, PRT	Nº 01

Mapa de factores



 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO				
DETERMINACIÓN DE ÁREAS APTAS PARA LA INSTALACIÓN DE RELLENOS SANITARIOS MEDIANTE EL MÉTODO DE EVALUACIÓN MULTICRITERIO APOYADO EN LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN LA PROVINCIA DEL CUSCO.				
PLANO: MAPA DE FACTORES				
ELABORADO: GIULIANA V. USCAMAYTA MAOQUE.				
PROYECCIÓN: UTM: ZONA: 18 SUR	ESCALA DE IMPRESIÓN: 1:150,000	DATUM: WGS - 84	FUENTE: GEOCATMIN, OADI, DODO, PER IMA, MTC, COPOPRI, SERMINA, PNT	N°: 15

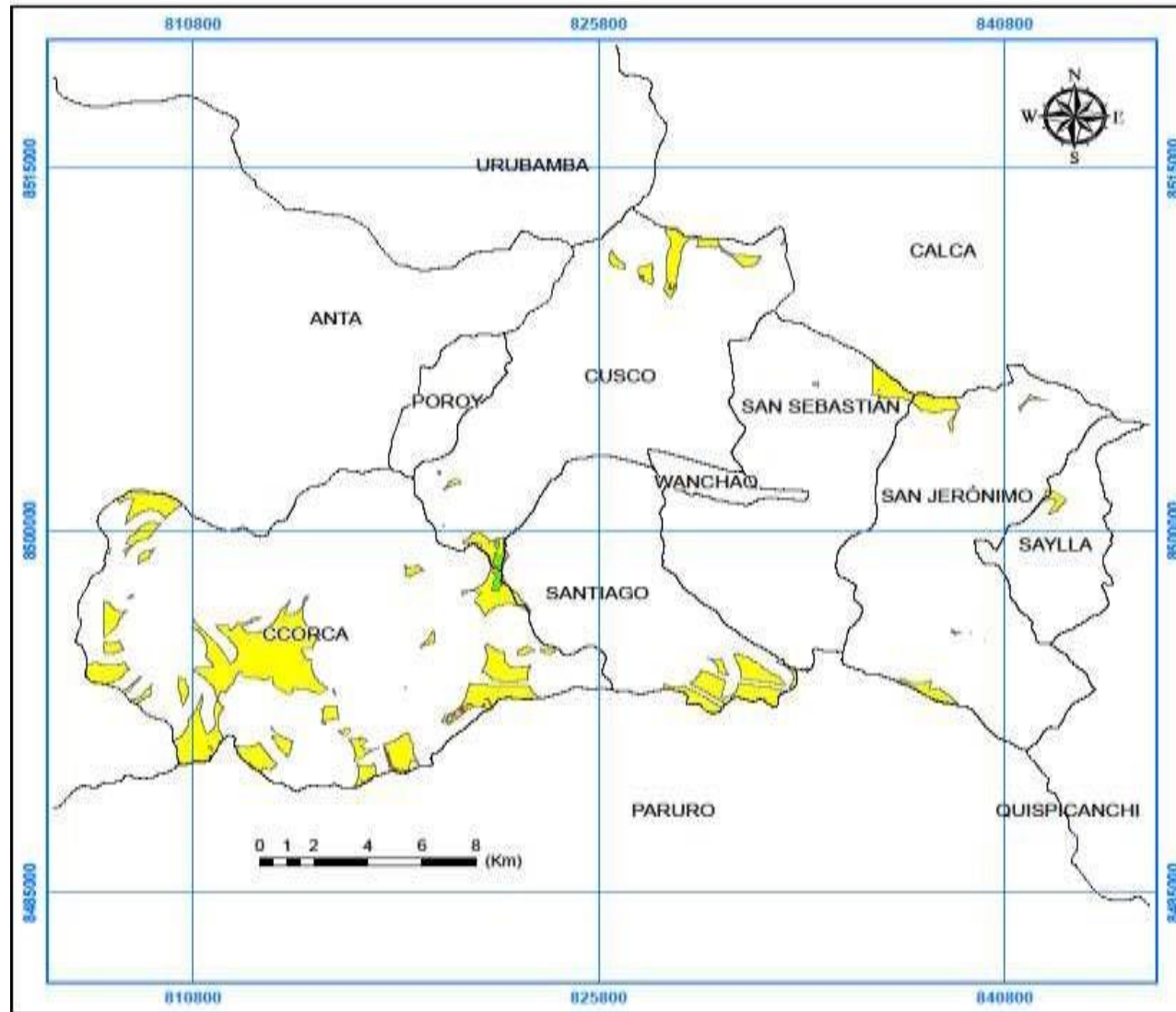
Mapa de restricciones



La sumatoria de los efectos de restricción nos permite visualizar si existe algún lugar del territorio con limitaciones, y éste que será excluido.

LA FLORES Y LA SIEMPRE VERDE S.A.S.				
INSTITUCIÓN DE SERVICIOS DE ASesorÍA TÉCNICA Y CONSULTORÍA EN EL SECTOR AGROPECUARIO Y RURAL DEL SUR ANDINO DEL PERÚ, S.A.S. (I.S.A.S.A.) INSTITUCIÓN DE SERVICIOS DE ASesorÍA TÉCNICA Y CONSULTORÍA EN EL SECTOR AGROPECUARIO Y RURAL DEL SUR ANDINO DEL PERÚ, S.A.S. (I.S.A.S.A.) INSTITUCIÓN DE SERVICIOS DE ASesorÍA TÉCNICA Y CONSULTORÍA EN EL SECTOR AGROPECUARIO Y RURAL DEL SUR ANDINO DEL PERÚ, S.A.S. (I.S.A.S.A.)				
PROYECTO: LA FLORES Y LA SIEMPRE VERDE S.A.S.				
UBICACIÓN: CUSCO Y SUR ANDINO DEL PERÚ				
PROGRAMAS DE SERVICIOS DE ASesorÍA	PRODUCTOS DE ASesorÍA TÉCNICA Y CONSULTORÍA	SERVICIOS DE ASesorÍA TÉCNICA Y CONSULTORÍA	EL SERVICIO DE ASesorÍA TÉCNICA Y CONSULTORÍA	100%

Mapa de áreas aptas para la instalación de rellenos sanitarios en la provincia del Cusco



 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO				
DETERMINACIÓN DE ÁREAS APTAS PARA LA INSTALACIÓN DE RELLENOS SANITARIOS MEDIANTE EL MÉTODO DE EVALUACIÓN MULTICRITERIO APOYADO EN LOS SIG Y MAPAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN LA PROVINCIA DEL CUSCO.				
PLANO: MAPA DE ÁREAS APTAS PARA LA INSTALACIÓN DE RELLENOS SANITARIOS				
ELABORADO: GUILIANA V. USCAMAYTA MAGQUE				
PROYECCIÓN UTM ZONA 18 SUR	ESCALA DE IMPRESIÓN: 1:150,000	DATUM WGS - 84	FUENTE: GEOCATAL, CAD, DDDC, PER, INIA, MTC, COFOPRI, SERENAP, PER	N° 17



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, USCAMAYTA MAQQUE GIULIANA VALERIANA estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Determinación de áreas aptas para la instalación de rellenos sanitarios mediante los sistemas de información geográfica, apoyado en la técnica de evaluación multicriterio en la provincia del Cusco.", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
USCAMAYTA MAQQUE GIULIANA VALERIANA DNI: 72741207 ORCID 0000-0001-6930-5038	Firmado digitalmente por: GIUSCAMAYTAM el 22-04- 2021 20:26:36

Código documento Trilce: INV - 0149157