



**Propuesta de relocalización de un sitio poblado expuesto a
deslizamientos de tierra mediante la aplicación de análisis espacial multicriterio,
caso cantón Chunchi-Alausí**

Pérez Rodríguez, Grace Gissele

Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniera Geógrafa y del
Medio Ambiente

PhD. Padilla Almeida, Oswaldo Vinicio

11 de julio del 2023

Informe de originalidad

NOMBRE DEL CURSO

Revisión tesis

NOMBRE DEL ALUMNO

GRACE GISSELE PEREZ RODRIGUEZ



CONALDO VINCICU

ORITILLA ALMEIDA

NOMBRE DEL ARCHIVO

GRACE GISSELE PEREZ RODRIGUEZ - Documento sin título

SE HA CREADO EL INFORME

23 Jun 2023

Resumen

| | | |
|------------------------------------|----|-----|
| Fragmentos marcados | 19 | 4 % |
| Fragmentos citados o entrecorridos | 36 | 9 % |

Coincidencias de la Web

| | | |
|---------------------------------|----|-------|
| espe.edu.ec | 18 | 4 % |
| concepto.de | 7 | 2 % |
| docplayer.es | 2 | 0,6 % |
| ucm.es | 3 | 0,6 % |
| ismm.edu.cu | 1 | 0,5 % |
| unican.es | 2 | 0,5 % |
| ecuavisa.com | 1 | 0,5 % |
| grafelbergnoticias.blogspot.com | 2 | 0,4 % |
| uba.ar | 1 | 0,4 % |
| monografias.com | 1 | 0,4 % |
| sigsa.info | 2 | 0,4 % |
| passeidireto.com | 2 | 0,4 % |
| upct.es | 1 | 0,3 % |
| bfh.science | 1 | 0,3 % |
| redalyc.org | 1 | 0,2 % |
| scielo.cl | 1 | 0,2 % |
| arcgis.com | 2 | 0,2 % |
| scielo.org.ar | 1 | 0,2 % |
| gfdrr.org | 1 | 0,2 % |
| gestionderiesgos.gob.ec | 1 | 0,2 % |
| ecuadorencifras.gob.ec | 1 | 0,2 % |
| eird.org | 1 | 0,1 % |
| snet.gob.sv | 1 | 0,1 % |



**Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción
Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente**

Certificación

Certifico que el trabajo de titulación: "Propuesta de relocalización de un sitio poblado expuesto a deslizamientos de tierra mediante la aplicación de análisis espacial multicriterio, caso cantón Chunchi-Alausí" fue realizado por la señorita Pérez Rodríguez, Grace Gissele; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 11 de julio del 2023



Ing. Oswaldo Padilla, MSc.

C. C: 1709776650



Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción
Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente

Responsabilidad de Autoría

Yo, **Pérez Rodríguez, Grace Gissele**, con cédula de ciudadanía n°1725071201, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **"Propuesta de relocalización de un sitio poblado expuesto a deslizamientos de tierra mediante la aplicación de análisis espacial multicriterio, caso cantón Chunchi-Alausí"**, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 11 de julio del 2023

Pérez Rodríguez, Grace Gissele

C.C.: 1725071201



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente

Autorización de Publicación

Yo Pérez Rodríguez, Grace Gissele, con cédula de ciudadanía n°1725071201, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: "Propuesta de relocalización de un sitio poblado expuesto a deslizamientos de tierra mediante la aplicación de análisis espacial multicriterio, caso cantón Chunchi-Alausí" en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolqui, 11 de julio del 2023

Pérez Rodríguez, Grace Gissele

C.C.: 1725071201

Dedicatoria

Este trabajo está dedicado a mis ángeles que se encuentran en el cielo, mis abuelitos quienes desde pequeña siempre me inculcaron el amor al estudio y nunca dudaron en que me iba a convertir en ingeniera.

A mis padres Klever e Hilda, quienes fueron el pilar fundamental para llegar a la meta, nunca dudaron ni un segundo en mí, agradezco infinitamente su apoyo constante ya que sin el simplemente no lo hubiera podido lograr, los amo con todo mi corazón.

A mi esposo Jonathan, mi compañero de vida, mi confidente y mejor amigo, quien me ha sabido brindar esa serenidad para sobrellevar momentos difíciles, quien con su amor, paciencia y gracia ha hecho que todo este proceso sea más ameno y menos largo.

A mi pequeña hija Lía quien se ha convertido en ese motorcito para poder llegar a la meta, convirtiendo mis días grises en luz, todo lo logrado es por ella y para ella, gracias por llegar a mí, eres el amor de mi vida.

A mi hermana Erika mi gemela que a pesar de la distancia siempre está presente en mi corazón, gracias por tus consejos, apoyo y amor incondicional lo cual me han ayudado a pensar que todo tiene solución, gracias por ser mi mejor amiga te amo.

A todos mis amigos con los cuales he compartido días tristes y felices, han sido un apoyo en todo el proceso, siempre teniendo las palabras correctas para alentar cada paso que daba, muchas gracias a todos.

Agradecimiento

Agradezco a Dios por guiarme y acompañarme en cada paso que daba por permitir vivir experiencias únicas y nunca soltar mi mano en momentos difíciles.

Agradezco a mis ángeles en el cielo que a pesar del tiempo su recuerdo siempre está presente en mi corazón.

A mis padres quienes depositaron su total confianza en mí, por ayudarme en cada paso que daba y por estar presentes en todo momento, este logro también es suyo, a mi hermana por siempre brindarme sus lindos consejos y amor incondicional.

Agradezco a la pequeña familia que forme, Jonathan y Lía que con su compañía llena de amor y mucha felicidad han logrado que mis días llenos de estrés y locura sean más llevaderos.

Agradezco a mi tío Oscar, quien ha sabido depositar su confianza la cual se ha visto reflejada con su apoyo incondicional en toda mi vida académica.

Agradezco a toda la familia de mi esposo por sus palabras de aliento y por nunca dudar en que lo iba a lograr.

Agradezco a mi tutor de tesis Ing. Oswaldo Padilla que con su paciencia y sabiduría supo guiarme y ayudarme a terminar con éxito este proyecto, al coronel Rodolfo Salazar por sus correctas palabras para poder resolver cualquier problema presente en el proyecto además de su apoyo total.

A Mayrita, Liz y Sarita quienes desde el momento que ingrese a la universidad han sido un apoyo incondicional, su amistad sincera ha hecho que la universidad sea una etapa muy linda de mi vida.

Índice de contenido

| | |
|----------------------------------|----|
| Dedicatoria | 6 |
| Agradecimiento..... | 7 |
| Índice de contenido..... | 8 |
| Índice de tablas..... | 12 |
| Índice de figuras | 14 |
| Resumen | 18 |
| Abstract | 19 |
| Capítulo I: Introducción | 20 |
| Antecedentes..... | 20 |
| Planteamiento del problema | 23 |
| Justificación e importancia..... | 24 |
| Área de influencia..... | 25 |
| Objetivos | 27 |
| Objetivo General | 27 |
| Objetivos específicos | 27 |
| Metas..... | 27 |
| Capitulo II | 29 |
| Marco Teórico..... | 29 |
| Riesgos | 29 |
| Gestión de riesgos..... | 29 |
| Riesgos naturales..... | 30 |
| Riesgos atmosféricos | 30 |

| | |
|---|----|
| Riesgos Geológicos | 31 |
| Riesgos Hídricos | 36 |
| Tecnologías de la información Geoespacial..... | 37 |
| Sensores Remotos | 38 |
| Geodesia | 38 |
| Sistema de Información Geográfica | 39 |
| Generación de modelos cartográficos en SIG..... | 39 |
| Evaluación Multicriterio | 39 |
| Método Multicriterio AHP..... | 40 |
| Medidas de Consistencia | 42 |
| Accesibilidad..... | 43 |
| Topología | 43 |
| Red Geométrica | 45 |
| Matriz de coste OD | 45 |
| Cuenca Visual | 46 |
| Forma | 46 |
| Área..... | 47 |
| Base legal..... | 47 |
| Constitución del Ecuador | 47 |
| Leyes orgánicas y especiales..... | 48 |
| Hipótesis..... | 48 |
| Capítulo III: Metodología..... | 49 |
| Recopilación y estandarización de la información..... | 50 |

| | |
|---|-----|
| | 10 |
| Restricciones para los sitios adecuados | 51 |
| Obtención de posibles sitios adecuados | 64 |
| Cálculo del área por cada habitante | 66 |
| Posibles sitios adecuados | 71 |
| Análisis de indicadores | 72 |
| Análisis de riesgo | 72 |
| Análisis de accesibilidad | 74 |
| Análisis de la Cuenca Visual | 78 |
| Forma | 81 |
| Uso de suelo | 82 |
| Análisis de los indicadores que intervienen para encontrar la parcela óptima para la relocalización..... | 84 |
| Primera Aproximación | 86 |
| Análisis multicriterio | 87 |
| Determinación de pesos mediante Saaty Modificado | 87 |
| Segunda aproximación..... | 90 |
| Encuestas aplicadas a la población | 90 |
| Verificación de campo | 92 |
| Capítulo IV Análisis y Discusión de Resultados | 97 |
| Posibles parcelas adecuadas | 97 |
| Análisis de indicadores | 101 |
| Riesgo..... | 101 |
| Accesibilidad | 103 |

| | |
|---|-----|
| Análisis de la cuenca visual..... | 103 |
| Forma | 104 |
| Encuestas..... | 113 |
| Personas que presenciaron los deslizamientos..... | 113 |
| Personas afectadas..... | 114 |
| Recepción de ayuda..... | 115 |
| Disponibilidad a relocalizarse | 115 |
| Visita de campo | 116 |
| Conclusiones | 119 |
| Recomendaciones | 120 |
| Bibliografía..... | 121 |

Índice de tablas

| | |
|--|-----|
| Tabla 1 <i>Escala de Saaty</i> | 41 |
| Tabla 2 <i>Reglas Topológicas</i> | 43 |
| Tabla 3 <i>Recopilación de datos para proyecto de investigación</i> | 50 |
| Tabla 4 <i>Restricciones</i> | 51 |
| Tabla 5 <i>Tabla resumen del área ocupada por cada habitante</i> | 68 |
| Tabla 6 <i>Tabla del análisis de riesgo para cada parcela posible a relocalizar</i> | 73 |
| Tabla 7 <i>Tabla del análisis de accesibilidad</i> | 77 |
| Tabla 8 <i>Cuadro con valores de la cuenca visual con radio de 2km</i> | 80 |
| Tabla 9 <i>Cuadro de la cuenca visual con radio de 5km</i> | 80 |
| Tabla 10 <i>Cuadro con valores de la cuenca visual con radio de 10km</i> | 80 |
| Tabla 11 <i>Tabla de las parcelas con sus respectivo uso de suelo</i> | 82 |
| Tabla 12 <i>Valores de los expertos a ese indicador</i> | 83 |
| Tabla 13 <i>Cálculo del promedio</i> | 84 |
| Tabla 14 <i>Tabla resumen con valores normalizados</i> | 85 |
| Tabla 15 <i>Cálculo inverso de cada criterio</i> | 86 |
| Tabla 16 <i>Cálculo de la primera aproximación</i> | 86 |
| Tabla 17 <i>Valores de Saaty modificado según expertos</i> | 87 |
| Tabla 18 <i>Promedio de pesos</i> | 88 |
| Tabla 19 <i>Aplicación de los pesos en relación con cada una de las variables</i> | 88 |
| Tabla 20 <i>Pesos de cada variable</i> | 90 |
| Tabla 21 <i>Cálculo de la segunda aproximación</i> | 90 |
| Tabla 22 <i>Análisis de riesgo</i> | 102 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 23 <i>Análisis de accesibilidad</i> | 103 |
| Tabla 24 <i>Cuenca visual</i> | 104 |
| Tabla 25 <i>Forma</i> | 104 |
| Tabla 26 <i>Análisis Multicriterio</i> | 105 |
| Tabla 27 <i>Primera aproximación</i> | 105 |
| Tabla 28 <i>Segunda aproximación</i> | 107 |

Índice de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1 <i>Area de influencia</i> | 26 |
| Figura 2 <i>Sismo</i> | 31 |
| Figura 3 <i>Formación de un tsunami debido a un desplazamiento brusco del fondo marino</i> | 32 |
| Figura 4 <i>Tsunami generado por una erupción volcánica</i> | 33 |
| Figura 7 <i>Partes de un deslizamiento</i> | 35 |
| Figura 5 <i>Inundaciones</i> | 37 |
| Figura 6 <i>Sequias</i> | 37 |
| Figura 8 <i>Modelo Jerárquico para la Toma de Decisiones con AHP</i> | 40 |
| Figura 9 <i>Ejemplo de matriz de coste OD</i> | 45 |
| Figura 10 <i>Resumen de la metodología aplicada</i> | 49 |
| Figura 11 <i>Modelo digital del terrero</i> | 52 |
| Figura 12 <i>Valores porcentuales de la pendiente</i> | 53 |
| Figura 13 <i>Mapa cartográfico para restricción pendiente</i> | 53 |
| Figura 14 <i>Reclasificación de pendientes</i> | 54 |
| Figura 15 <i>Campos de la restricción ríos</i> | 55 |
| Figura 16 <i>Campos de la restricción quebradas</i> | 56 |
| Figura 17 <i>Mapa cartográfico restricción Hidrología</i> | 57 |
| Figura 18 <i>Reclasificación de la restricción ríos</i> | 58 |
| Figura 19 <i>Reclasificación de la restricción quebradas</i> | 58 |
| Figura 20 <i>Campos del tipo de suelo</i> | 59 |
| Figura 21 <i>Mapa cartográfico restricción tipos de suelo</i> | 60 |
| Figura 22 <i>Reclasificación de la restricción Tipos de suelo</i> | 61 |

| | |
|---|----|
| Figura 23 <i>Uso y vegetación del suelo</i> | 61 |
| Figura 24 <i>Reclasificación de la restricción uso y vegetación del suelo</i> | 62 |
| Figura 25 <i>Mapa cartográfico restricción uso y vegetación del suelo</i> | 63 |
| Figura 26 <i>Mapa cartográfico del cálculo de la variable de restricciones</i> | 64 |
| Figura 27 <i>Variable restricción</i> | 64 |
| Figura 28 <i>Área de los polígonos</i> | 66 |
| Figura 29 <i>Centroides de cada polígono</i> | 69 |
| Figura 30 <i>Point density</i> | 69 |
| Figura 31 <i>Cálculo de la normalización</i> | 70 |
| Figura 32 <i>Reclasificación 5 clases</i> | 70 |
| Figura 33 <i>Selección de polígonos</i> | 71 |
| Figura 34 <i>Posibles parcelas a relocalizar</i> | 71 |
| Figura 36 <i>Mapa cartográfico análisis de riesgo</i> | 73 |
| Figura 37 <i>Tabla de campos</i> | 74 |
| Figura 38 <i>Creación de la geodatabase</i> | 75 |
| Figura 39 <i>Reglas topológicas</i> | 75 |
| Figura 40 <i>Generación de red vial a través de network dataset</i> | 76 |
| Figura 41 <i>Total_Minutes</i> | 77 |
| Figura 42 <i>Mapa cartográfico del cálculo de la cuenca visual</i> | 78 |
| Figura 43 <i>Mapa cartográfico para cálculo del cratio</i> | 81 |
| Figura 44 <i>Mapa cartográfico para cálculo del uso de suelo en cada parcela</i> | 82 |
| Figura 45 <i>Tamaño de la muestra</i> | 91 |
| Figura 46 <i>Encuesta a la población</i> | 91 |

| | |
|--|-----|
| Figura 47 <i>Vías de acceso</i> | 92 |
| Figura 48 <i>Aplicativo movil</i> | 93 |
| Figura 49 <i>Replanteo de linderos</i> | 95 |
| Figura 50 <i>Parcela adecuada</i> | 95 |
| Figura 51 <i>Parcela adecuada</i> | 96 |
| Figura 52 <i>Vuelo con drone</i> | 96 |
| Figura 53 <i>7 posibles parcelas</i> | 100 |
| Figura 54 <i>Riesgo</i> | 102 |
| Figura 55 <i>Ranking</i> | 106 |
| Figura 56 <i>Segunda aproximación</i> | 107 |
| Figura 57 <i>Primera parcela adecuada</i> | 108 |
| Figura 58 <i>Segunda parcela adecuada</i> | 109 |
| Figura 59 <i>Tercera parcela adecuada</i> | 110 |
| Figura 60 <i>Cuarta parcela adecuada</i> | 110 |
| Figura 61 <i>Quinta parcela adecuada</i> | 111 |
| Figura 62 <i>Sexta parcela adecuada</i> | 112 |
| Figura 63 <i>Séptima parcela adecuada</i> | 113 |
| Figura 64 <i>Porcentaje de personas que presenciaron los deslizamientos</i> | 113 |
| Figura 65 <i>Porcentaje d epersonas afectadas</i> | 114 |
| Figura 66 <i>Porcentaje de personas que han recibido ayuda</i> | 115 |
| Figura 67 <i>Porcentaje de personas ante una relocalización</i> | 115 |
| Figura 68 <i>Parcela 1</i> | 116 |
| Figura 69 <i>Parcela 4</i> | 117 |

Figura 70 Parcela 5..... 118

Resumen

Ante los sucesos relacionados con deslizamientos de tierras que se han suscitado en los cantones Chunchi y Alausí los cuales han generado daños humanos, económicos y materiales, las poblaciones pertenecientes a los cantones mencionados han afrontado estos acontecimientos haciendo todos los esfuerzos en el ámbito socioeconómico para poder sobrellevar la situación. Según el proyecto de grado realizado por las ingenieras Iguago y Cabascango, las poblaciones en estudio son propensas a presentar cualquier eventualidad relacionada con este desastre natural, es por eso que el área de trabajo comprende los cantones Chunchi, Alausí y parte de Guamote, teniendo como finalidad determinar zonas seguras, para generar una propuesta de relocalización de las poblaciones expuestas. Se partió con la recopilación de información y modelamiento de variables consideradas como restricciones las cuales son: pendiente, hidrología, uso de suelo y tipo de suelo. Una vez modelada cada restricción, se determinó las posibles parcelas adecuadas partiendo del área que debe ocupar cada habitante tanto para edificabilidad y áreas verdes, dando como resultado siete posibles parcelas, posteriormente se aplicó un análisis de riesgos, accesibilidad, cuenca visual, superficie, forma y uso de suelo, obteniendo así las parcelas adecuadas correspondientes a cada análisis. Con la aplicación del análisis multicriterio y la utilización de la metodología Saaty modificado se determinó la parcela más adecuada que cumpla con la finalidad del proyecto. Se tomó en consideración el porcentaje de pendiente en clases cada cinco por ciento, que contiene cada parcela y así indicar las zonas con menos pendiente dentro de cada una. Se realizó una visita de campo y la aplicación de una encuesta socioeconómica con el objetivo de determinar la disponibilidad de movilización de las personas ante una posible relocalización. Como resultado de esta investigación se determinó las zonas adecuadas para la relocalización de la población y así evitar en el futuro posibles pérdidas tanto materiales como humanas a causa de los deslizamientos.

Palabras clave: relocalización, deslizamientos, análisis multicriterio, restricciones.

Abstract

Given the latest events related to landslides that have occurred in the Chunchi and Alausí cantons, which have generated human, economic and material damage, the populations belonging to the cantons have only faced this fact by making all socioeconomic efforts to be able to cope with the situation. According to the degree project carried out by the engineers Iguago and Cabascango, the populations under study are prone to present any eventuality related to this natural disaster, which is why the work area includes the Chunchi, Alausí cantons and part of Guamote, having as purpose to determine safe areas, to generate a proposal for relocation of exposed populations. It started with the collection of information and modeling of 5 variables considered as restrictions, which are: slope, bodies of water (rivers), streams, land use and soil taxonomy. Once each restriction has been modeled, the possible plots will be properly isolated based on the area that each inhabitant must occupy both for buildability and true areas, resulting in seven possible plots, later an analysis was applied for risks, accessibility, visual basin, area, shape and a weighted average related to land use, thus obtaining the appropriate plots corresponding to each analysis. With the application of the multi-criteria analysis and the use of the Modified Saaty methodology, the most appropriate plot that meets the purpose of the project is concluded. The percentage of slope each 5%, which each plot contains, was taken into consideration and thus indicate the areas with less slope within each one. A field visit and the application of a survey were carried out with the objective of determining the availability of people before a possible relocation. With the result of this investigation, suitable areas will be developed for the relocation of the population and thus avoid possible losses, both material and human, due to landslides in the future.

Keywords: relocation, landslides, multicriteria analysis, restrictions.

Capítulo I: Introducción

En este capítulo consta de aspectos generales a tratar en el proyecto, se presentan antecedentes de los deslizamientos que se han suscitado en el Ecuador en los últimos años donde se concentra el problema del proyecto de investigación. Se menciona la importancia que tiene la relocalización de la población expuesta a deslizamientos y se justifica la importancia del uso de las Tecnologías de la Información Geoespacial (TIG). Además, se presenta el área de influencia, los objetivos y metas que se desarrollarán en el proyecto de investigación.

Antecedentes

Según el Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencia (SNGRE), un deslave es la caída de rocas o tierra desde una ladera, en forma lenta o rápida, que se produce en épocas de lluvia o a causa de un sismo. Dependiendo de la magnitud, destruye todo lo que se encuentra a su paso (SNGRE, Gestion de riesgos, 2022). El Ecuador se encuentra dentro de las áreas de mayor afectación por deslizamientos de tierra, es por eso que se consideran varios criterios que influyen en los movimientos en masa, entre ellos el grado de pendiente, la extensión de las vertientes, las formaciones geológicas subyacentes, las precipitaciones (cantidad y repartición anual), la presencia de fallas geológicas, la ocurrencia de sismos y también el uso antrópico de los suelos (Demoraes & D´ercole, 2001).

“En la costa, sierra y en la región oriental ocurren deslizamientos porque Ecuador es un país montañoso. La mayoría se presenta durante las estaciones lluviosas, cuando el suelo recibe una gran cantidad de agua, la tierra se ablanda y se desprende formando flujos de lodo, que se precipitan pendiente a bajo. Algunas personas contribuyen a que ocurran deslizamientos, cuando construyen con materiales pesados en terrenos débiles, o cuando realizan excavaciones que desestabilizan las laderas. La deforestación también es una causa de los deslizamientos, porque el suelo queda desprotegido” (SNGRE, Gestion de riesgos, 2022).

Acorde a la recopilación realizada por D'ércole y Trujillo se indica que en el periodo comprendido de los años 1988 -1998, en el Ecuador, Manabí es la provincia que ha sufrido la mayor cantidad de deslizamientos con más de 40 eventos. Luego viene Pichincha con 25 deslizamientos, Guayas y Esmeraldas ocupan la tercera posición con una serie de provincias ubicadas en el centro y sur de la Sierra (D'ércole & Trujillo, 2003).

El balance de los desastres naturales en el Ecuador de acuerdo al Plan de Desarrollo 2021-2025 enumera que entre 2017 y 2020 ocurrieron: 1.461 inundaciones, 11.336 incendios forestales, 4.157 deslizamientos y 113 actividades volcánica y coincide en que se requiere incrementar el nivel de eficiencia en la gestión del manejo de desastres naturales y reducción de riesgos potenciales, como dijo el director del Servicio Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR) (Noboa, 2022).

Un suceso importante y denominado tragedia nacional en el Ecuador se dio la noche del 29 de marzo de 1993 en el sector la Josefina perteneciente a la parroquia San Cristóbal del Cantón Paute en la provincia de Azuay, cuando se produjo un fuerte aluvión que formó un dique de grandes proporciones taponando los ríos Cuenca y Jadán, originando el embalsamiento de sus aguas. El cerro Tamuga sufre un fuerte sacudón donde desciende una gran masa del cerro que taponan los ríos, posteriormente se produce un deslizamiento. Este evento provocó la muerte y desaparición de cerca de 150 personas y un saldo de 7000 personas damnificadas, afectó 716 casas, dos canales de riego, ocho puentes, 40 kilómetros de vías y 1800 hectáreas agrícolas y empresas agroindustriales quedaron totalmente destruidas. (Zeas Dominguez, 1999).

El 12 de febrero del 2021 en el sector de La Armenia, en Chunchi, un cantón situado en el sur de Chimborazo, por efectos de las lluvias en las zonas previamente afectadas por un deslizamiento, la infiltración de agua en el terreno y la presión de poros en el suelo ocasionaron un deslizamiento de tipo flujo de lodos que inicia desde la altura de la piscina de oxidación hasta el cauce del río Picay provocando su

represamiento. Este deslizamiento generó un represamiento del río Picay que al provocar la rotura del dique natural produjo un aluvión que se desplazó por el cauce del río en mención aguas abajo hasta alcanzar el cauce del río Chanchán afectando infraestructura cercana (SGR, Informe de situación, Deslizamiento en Chunchi, 2021).

En Pichincha, ocurrió en Quito, sector La Gasca y La Comuna, el lunes 31 de enero de 2022, donde a causa de las fuertes lluvias se inundaron las calles con un fuerte caudal de lodo que arrasó con todo a su paso, dejando como resultado: 107 familias afectadas (555 personas), 57 familias damnificadas, 107 personas damnificadas, 28 fallecidos y 53 heridos, 1 persona desaparecida, 41 viviendas afectadas, 8 viviendas destruidas, 20 postes de energía caídos y 40 contenedores de basura destruidos, 1 subestación de energía destruida, 10 vehículos de Policía destruidos y 1 UPC afectada, 49 bienes privados afectados (27 vehículos y 22 motos), 14 cerramientos colapsados, Vía de segundo orden cerrada (limpieza de 6 Km) (Bermeo, Andrango, & Cruz, 2022) .

El deslizamiento más reciente se presentó el 27 de marzo del 2023 en Alausí cantón de la provincia de Chimborazo a las 22:03pm donde se registró un deslizamiento de gran magnitud que afectó a 27.6 ha de territorio y al menos 500 personas, donde se encuentran heridos, rescatados, desaparecidos, fallecidos y damnificados (SGR, 2023).

Los desastres naturales y el cambio ambiental siempre han afectado los hábitats en los que vive el hombre. En casos extremos, como la erosión de las riberas de un río, el espacio físico donde habitan las personas, simplemente desaparece y la gente no tiene más opción que trasladarse a otra parte, en otros casos, los medios de subsistencia, las propiedades o los servicios públicos se dañan o destruyen a tal punto que los habitantes perciben que deben moverse para encontrar un lugar más adecuado para vivir. También hay casos en que la gente continúa viviendo en lugares donde su vida, sus propiedades y su bienestar están en riesgo ya sea por desastres repentinos (como inundaciones o terremotos) o por la lenta degradación de las

condiciones de vida (como sequías o aumento en el nivel del mar) y los gobiernos toman la decisión de relocalizar a las personas para protegerlas.

Es probable que el cambio climático acelere las presiones sobre los hábitats y es probable también que los gobiernos consideren las relocalizaciones planificadas como un medio para reducir el riesgo de desastres o para adaptarse al cambio climático (ACNUR, ONU, & OIM, 2017).

Planteamiento del problema

La principal causa de los deslizamientos se debe a las características litológicas de la zona, en particular al predominio de rocas sedimentarias y metamórficas, que por su estructura son propensas a la fracturación y meteorización, y a la presencia de lutitas y limolitas motorizadas y convertidas en arcillas expansivas. Además, pueden influir otros elementos, como la alta pluviometría de la zona, el régimen hídrico pluvial, la pendiente y las actividades humanas (Demoraes & D'ercole, 2001).

El reasentamiento de poblaciones localizadas en áreas de alto riesgo puede considerarse medida de gestión correctiva de riesgo mediante la cual una comunidad o parte de ella es trasladada, porque el lugar donde reside no ofrece las condiciones de seguridad para seguir habitando en él. Esa medida constituye un último recurso cuando se presentan factores de riesgo no mitigables, por ejemplo, asociados con movimientos en masa, amenazas volcánicas o de inundación de proporciones que escapen al control humano. El reasentamiento además se puede convertir en una oportunidad para mejorar los niveles de vida de poblaciones vulnerables que viven en áreas de alto riesgo, además como medida de reducción de riesgos de desastres (Correa, 2011).

Cuando existe un deslizamiento de tierra produce daños a una población y a su infraestructura, se plantea una posible relocalización de la población con el fin de evitar futuras catástrofes siendo la pregunta a resolver: ¿Cuál es el sitio adecuado para la relocalización del poblado? Antes de determinar el sitio de ubicación, hay que

analizar si el proyecto es técnicamente viable y cumple con los parámetros para su relocalización, para lo cual existen criterios que se deben analizar como: los técnicos, los sociales, los económicos y los ambientales; todos los criterios van a poseer características geoespaciales, que van a permitir modelarlos dentro del sistema de información geográfica. En caso de que se dé un evento de deslizamiento masivo en una determinada zona sin que se realice la relocalización de la población va a existir pérdidas de vidas y recursos económicos en el sector.

Justificación e importancia

Los desastres de origen natural se dan en la relación entre: ambientes, naturales y sociales, precisamente en la interacción de las comunidades humanas con su entorno natural, cuando la población se enfrenta a condiciones ambientales extremas o amenazas que sobrepasan su capacidad de respuesta (CEPAL & CELADE, 1996).

La tecnología SIG proporciona herramientas de suma importancia para analizar las poblaciones en situaciones de desastre, en términos de la construcción y manejo de variables ambientales (fisiográficas y de su geodinámica) y su incorporación a modelos sociodemográficos que buscan conocer cómo operan esas características ambientales con respecto a los fenómenos demográficos (y viceversa) (CEPAL & CELADE, 1996). El uso del SIG para combinar información sobre peligros naturales, recursos naturales, población e infraestructura puede ayudar a los planificadores a identificar áreas menos expuestas a los peligros y más aptas para actividades de desarrollo, áreas que requieren evaluación adicional de los peligros, y áreas donde se deberían priorizar las estrategias de mitigación (USAID, 1993).

La problemática que presenta el Cantón Chunchi se ve reflejada en el incremento del nivel freático lo cual ha generado la formación de un alud que provocó el enorme deslizamiento el 12 de febrero del 2021 en el sector la Armenia. Estudios anteriores alertaron de esta situación por lo que desde diciembre del 2020 se vigilaba la zona. Gracias al aviso de la población y de las autoridades del lugar, se pudo

evacuar a tiempo a las familias. Se estima que 34 millones de metros cúbicos afectaron la zona conocida como La Armenia, que pertenece al cantón Chunchi (PRIMICIAS, 2022).

La problemática que presentó el cantón Alausí para que el deslizamiento ocurriera fue la presencia de altas precipitaciones ya que se cursaba la época invernal, además se identificó la presencia de edificaciones en pendientes no aptas para su construcción y un mal manejo de sus aguas grises, convirtiéndoles así en un factor detonante para que se produjera el deslizamiento de gran magnitud (SGR, 2023).

Respecto del Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025 de Ecuador, el proyecto está alineado directamente al eje de seguridad integral, enfocado en el objetivo 9 el cual pretende garantizar la seguridad ciudadana, orden público y gestión de riesgos además busca fortalecer la gestión de riesgos identificando aquellos riesgos que afectan al territorio ecuatoriano, generar la difusión de información oportuna y coordinar las acciones pertinentes a fin de prevenir, enfrentar y mitigar los riesgos. Esto conlleva a plantear medidas de prevención, reducción, preparación y atención de desastres (Planificación, 2021).

Dentro de los objetivos de desarrollo sostenible, el objetivo 11 “ciudades y comunidades sostenibles” en la cual nos habla que por el incremento poblacional existen comunidades con problemas en infraestructuras, servicios inadecuados y sobrecargados (como la recogida de residuos y los sistemas de agua y saneamiento, carreteras y transporte), es el caso del asentamiento la Armenia el cual no cumple con la suficiente garantías para mantener la integridad física y económica de la población por los deslizamientos ya mencionados (ONU, 2015).

Área de influencia

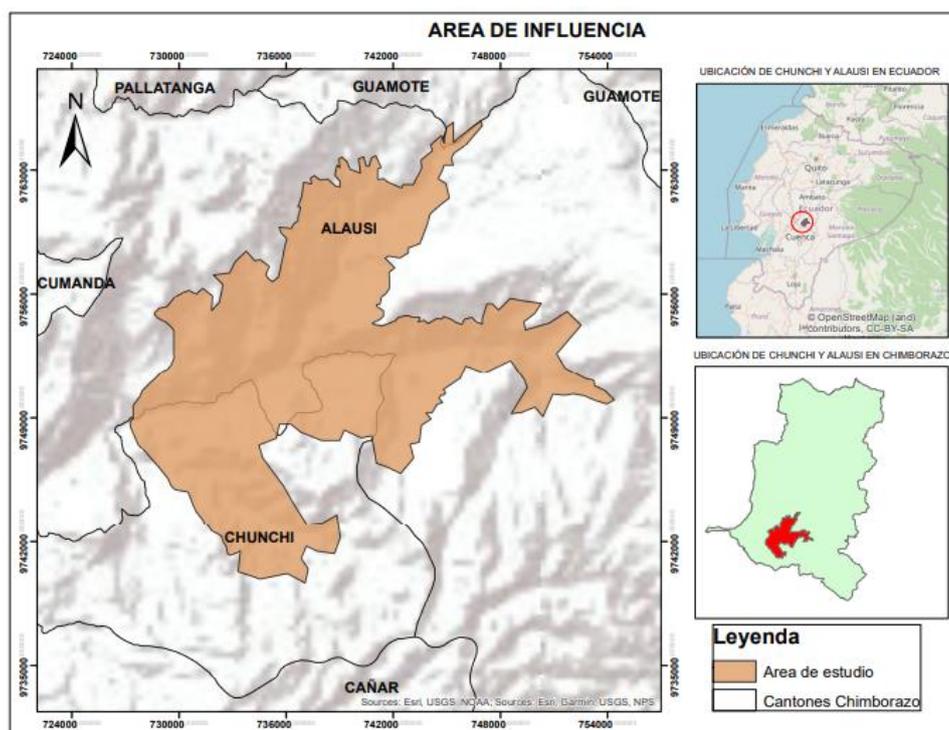
El área de influencia delimita los cantones Alausí, Chunchi y parte de Guamote pertenecientes a la Provincia de Chimborazo, Chunchi está ubicado en el extremo sur de la provincia también conocido como Sillón Andino del Ecuador, Alausí

es uno de los cantones más grandes de Chimborazo, se encuentra en los techos de escenario natural en la cordillera de los Andes localizada al sur de la provincia.

Los cantones se encuentran en la cordillera de los Andes, en una zona montañosa con alturas comprendidas entre los 1237 m.s.n.m. y 4222 m.s.n.m. El sector es montañoso con cimas agudas y alargadas. Los suelos son derivados de sedimentos volcánicos. El clima en la región tiene dos periodos característicos: los meses de enero hasta abril corresponden al periodo de lluvias intensas y prolongadas, y en los meses de junio hasta noviembre las precipitaciones son menores a escasas. Los valores promedios anuales oscilan desde 400 mm. a 1000 mm. Cuentan con los centros urbanos más poblados de la provincia, comprendida en un rango aproximado de 12,686 habitantes y 45,153 habitantes.

Figura 1

Área de influencia



Objetivos

Objetivo General

Determinar la zona más adecuada para la relocalización de las poblaciones con susceptibilidad a deslizamientos de tierra ubicadas en los cantones Chunchi y Alausí, utilizando herramientas geo informáticas y evaluación multicriterio con el fin de evitar pérdidas humanas, económicas y materiales de la comunidad.

Objetivos específicos

- Realizar el diagnóstico de la situación actual de las poblaciones ubicadas dentro del área de estudio que puede verse afectada ante un posible deslizamiento de tierras en el sector.
- Determinar criterios, factores y restricciones sociales, económicas, ambientales para el estudio de los sitios más adecuados de reubicación de la población, a ser utilizados en un modelo basado en evaluación multicriterio (EMC)
- Modelar integralmente los factores y restricciones de cada una de las variables espaciales tomadas en cuenta para el modelamiento de ubicación de las zonas pobladas.
- Evaluar los posibles sitios de relocalización mediante un modelo de ponderación lineal.
- Determinar el modelo Geoespacial para la relocalización de las poblaciones ubicadas dentro del área de estudio.
- Determinar la disponibilidad de la población a una posible relocalización.

Metas

- Diagnóstico de la situación actual de la zona de estudio y sus posibles nuevas zonas de relocalización.
- Modelo conceptual de los criterios, factores y restricciones: técnicas, socioeconómicas y ambientales, con su respectiva valoración, ponderación y modelamiento para la posterior aplicación de la evaluación multicriterio.

- Modelamiento de los criterios y restricciones, mediante la representación en un mapa a escala 1: 50.000 de acuerdo a la correcta operación espacial o técnica de la EMC.
- Evaluación de los posibles sitios o parcelas adecuadas de relocalización.
- Representación mediante mapas de los posibles sitios o parcelas adecuadas de relocalización a escala 1: 50.000.
- Modelo geoespacial para la relocalización de los poblados dentro del área de estudio.
- Encuesta, tabulación y descripción de resultados del instrumento aplicado.

Capítulo II

En este capítulo se presenta la base teórica, conceptual y legal, misma que sustenta el proyecto de investigación. Se menciona los riesgos presentes en todo el territorio ecuatoriano, particularmente de los deslizamientos, además se menciona la gestión de riesgos, el uso de herramientas geo informáticas como es el Análisis multicriterio y metodologías como Saaty y Delphi, ya que con ellas se busca la manera de solucionar el problema que presenta la investigación y de esa forma determinar sitios seguros para la relocalización de la población. Finalmente, en la base legal se presenta las leyes y normas que sustentan la ejecución del proyecto.

Marco Teórico

Riesgos

El riesgo es la posibilidad de que un peligro se llegue a convertir en un desastre, este consta de dos componentes la vulnerabilidad y la amenaza mismos que si actúan de manera independiente no llegan a constituirse en un peligro, pero al relacionarse se convierte en una posibilidad de desastre (Robotier, 2016).

El concepto también está relacionado con varias medidas de la posibilidad de resultados negativos generales, pérdida esperada de vidas, lesiones corporales, daños a la propiedad y trastornos económicos causados por fenómenos naturales específicos y, por lo tanto, riesgo y elementos de riesgo (Echemendia , 2011).

Allan Lavell, define riesgo como un contexto caracterizado por la probabilidad de pérdidas y daños en el futuro, las que van desde las físicas hasta las psicosociales y culturales, el autor centra el análisis del concepto en la "posibilidad", que está sujeta a análisis de tipo cuantitativo y cualitativo (Lavell, 2001) .

Gestión de riesgos

El riesgo puede reducirse o gestionarse, si se toma conciencia del entorno y de las distintas debilidades y vulnerabilidades en cuanto a las amenazas presentes, se puede tomar acciones que garanticen que las amenazas no lleguen a ser desastres.

La gestión de riesgos no solo permite prevenir desastres, además ayuda a ejercer acciones para el desarrollo sostenible, que se evidencia cuando las personas pueden vivir una vida sana y feliz sin causar daños a largo plazo al medio ambiente o a los demás (SNGRE, 219).

Riesgos naturales

Los desastres naturales son eventos meteorológicos y climáticos extremados que ocurren a nivel mundial, aunque algunas zonas son más propensas a ciertas amenazas que otras. Cuando los fenómenos naturales destruyen la vida y el sustento de las personas, se convierten en desastres. Sin embargo, la vida y la propiedad se pueden proteger emitiendo pronósticos y advertencias precisas, educando a las personas sobre cómo prepararse para estos peligros antes de que se conviertan en desastres (Rojas & Martínez Reyes, 2011).

Riesgos atmosféricos

Los fenómenos atmosféricos o fenómenos meteorológicos, son todos los eventos que tienen lugar en la atmósfera terrestre. En su mayoría se deben a variaciones y desequilibrios locales de temperatura y densidad, es decir, de los vientos, que van siempre de las zonas de aire más frío y denso, hacia las zonas de aire más cálido y dilatado (FLACSO, 2011). Algunos fenómenos atmosféricos son:

- Las precipitaciones. Es decir, la lluvia, la llovizna y, dependiendo de las condiciones de presión y temperatura que haya en las regiones atmosféricas cercanas a la superficie terrestre, también el granizo y la nieve, pues son formas sólidas o semi sólidas del agua.
- Los huracanes. Este temible fenómeno atmosférico se debe al encuentro y contraposición de vientos fríos y calientes que, girando en torno a un eje común, quedan atrapados y generan una pérdida de presión. En principio, estos fenómenos típicamente tropicales y del Océano Atlántico son llamados “Depresiones tropicales”, y a medida que

absorben materia y energía, agrandándose, pasan a ser “Tormentas tropicales” y finalmente “Huracanes”. Se caracterizan por grandes precipitaciones, vientos de mucha fuerza y velocidad, y descensos rápidos de la temperatura.

- Las auroras. Tanto en el hemisferio norte (aurora boreal) como en el sur (aurora austral), estos fenómenos visuales se deben al impacto de partículas solares emitidas al espacio (viento solar) con la magnetósfera terrestre, produciendo en las regiones cercanas a los polos del planeta un espectáculo visual de colores, luces y formas aparentes en el cielo.
- Los tornados. Un tornado es una columna de aire en vórtice que está en contacto con la superficie terrestre y con una nube cúmulo nimbo, rotando sobre su eje con una velocidad angular sumamente alta. Se trata del fenómeno ciclónico de mayor densidad energética del planeta, y suelen tener forma de embudo o de cono invertido, siendo capaces de arrastrar y arrojar a su paso diversos materiales y seres vivos.

Riesgos Geológicos

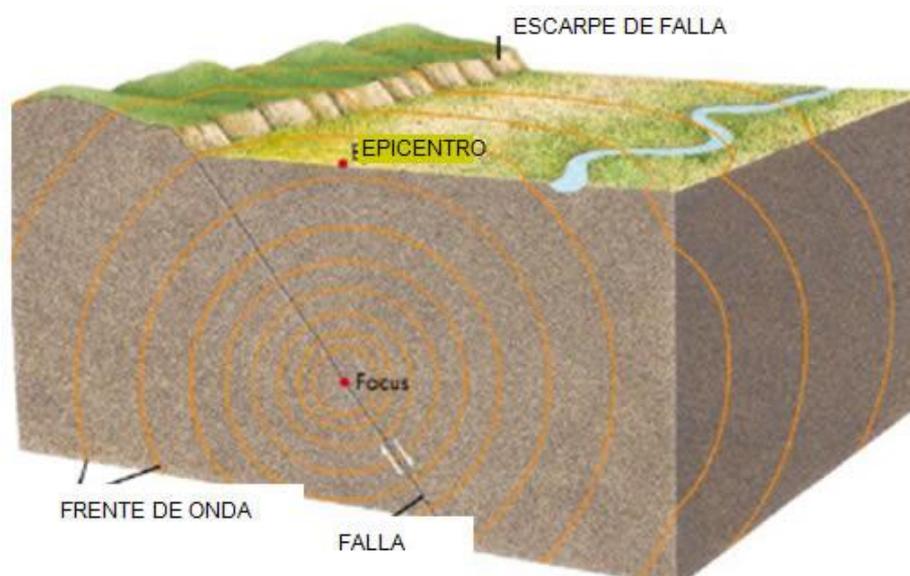
Sismo

Un sismo o un terremoto es un fenómeno natural que consiste en una sacudida de la superficie terrestre, producida por el movimiento de las capas interiores de la Tierra. Todo sismo o terremoto se caracteriza por tener un hipocentro y un epicentro. El hipocentro es el punto de origen, y está ubicado en el interior de la tierra (Espinoza & Perez, 2018)

Los sismos se originan por diferentes causas una de ellas es el desplazamiento de las placas tectónicas y una causa poco frecuente es la erupción volcánica, en el caso que se violenta podría generar un sismo especialmente a los lugares cercanos (SGM, 2022) .

Figura 2

Sismo



Nota: Tomado del Servicio Geológico Mexicano (SGM, 2022)

Tsunami

Los tsunamis, llamados también maremotos, son causados generalmente por terremotos, menos comúnmente por derrumbes submarinos (ver figura3), infrecuentemente por erupciones volcánicas submarinas y muy raramente por el impacto de un gran meteorito en el océano. Las erupciones volcánicas submarinas tienen el potencial de producir ondas de tsunami verdaderamente poderosas, Servicio Hidrográfico Oceanográfico de la Armada de (ver figura4), Chile (2017).

Los tsunamis son un riesgo para la vida y las propiedades de todos los residentes costeros que viven cerca del océano. Por ejemplo, en el lapso de 1992 a 1998 más de 6000 personas perecieron por tsunamis que ocurrieron en Nicaragua, Indonesia, Japón, Filipinas, Perú y Papua-Nueva Guinea, Servicio Hidrográfico Oceanográfico de la Armada de Chile (2017).

Figura 3

Formación de un tsunami debido a un desplazamiento brusco del fondo marino.



Nota: Tomado del Servicio Hidrográfico Oceanográfico de la Armada de Chile (2017).

Figura 4

Tsunami generado por una erupción volcánica



Nota: Tomado del Servicio Hidrográfico Oceanográfico de la Armada de Chile (2017).

Deslizamientos

El término deslizamiento se refiere al transporte pendiente abajo de masas de suelo o roca por procesos esencialmente gravitatorios, conocidos también como procesos aluviales debido a que se presentan en diferentes condiciones, afectando suelos y rocas de distinto tipo, en taludes naturales y artificiales, con rangos de velocidad que oscilan entre centímetros por año y cientos de kilómetros por hora (Zafrir, 2015). Son uno de los peligros geológicos que se dan con mayor frecuencia en la naturaleza (Suarez, 2020) .

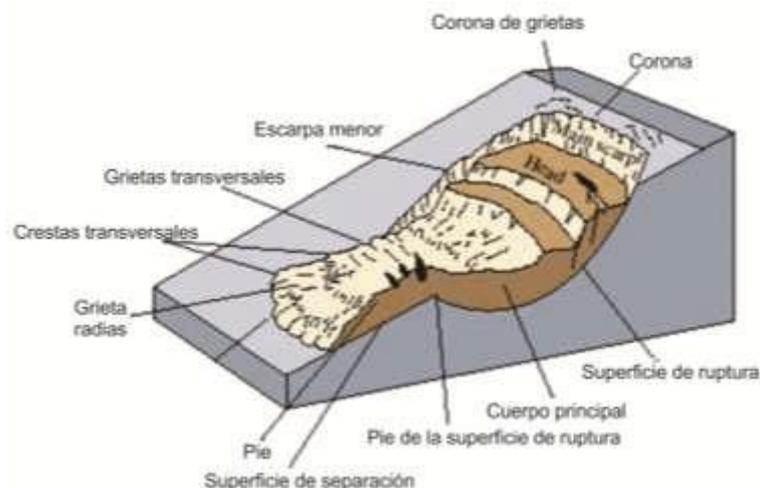
Los deslizamientos o movimientos de masa son diferentes en todos los casos, y para evitarlos o mitigarlos es preciso saber las causas y la forma como se originan (Enriques, 2008).

Partes de un deslizamiento

- Corona: sector de la ladera que no ha fallado y ceñida arriba del deslizamiento. Puede presentar grietas, llamadas grietas de la corona.
- Escarpe principal: superficie de pendiente muy fuerte, ubicada en el límite del deslizamiento y se da por el material desplazado de la ladera. Si este escarpe se proyecta bajo el material deslizado, se obtiene la superficie de ruptura.
- Escarpe menor: superficie de pendiente muy fuerte en el material desplazado y producida por el movimiento diferencial dentro de este material.
- Punta de la superficie de ruptura: la intersección de la parte baja de la superficie de ruptura y la superficie original del terreno.
- Cabeza: la parte superior del material desplazado a lo largo de su contacto con el escarpe principal.
- Tope: el punto más alto de contacto entre el material desplazado y el escarpe principal (Enriques, 2008).

Figura 7

Partes de un deslizamiento



Nota: Tomado de (USGS, 2008)

Tipos de deslizamientos

Deslizamiento rotacional: la superficie de rotura es de forma cóncava y se producen generalmente en materiales semejantes o en macizos rocosos muy quebrantados y se suelen diferenciarse por una inclinación contrapendiente de la cabecera.

Deslizamiento traslacional: la superficie es un plano con una inclinación más o menos constante y se dan sobre materiales heterogéneos o diferentes con superficies de discontinuidad bien definidas.

Deslizamientos compuestos: movimientos de ladera que tienen una superficie de rotura con una geometría mixta (Navarro, 2012).

Causas de los deslizamientos

- Condiciones originales del talud, que determinan la susceptibilidad al deterioro y son característicos a la topografía, geología y características de los materiales, condiciones ambientales generales, cobertura vegetal, entre otros.
- Factores de deterioro, que producen una transformación lenta de las condiciones originales del talud y son capaces de producir movimientos leves.
- Factores detonantes, que activan el movimiento.

- Factores de susceptibilidad: aquellos que forman parte de las propiedades y comportamiento del medio, es decir, que estructuran los elementos pasivos. Como la pendiente, la litología y las condiciones naturales de humedad, además de muchos otros dependiendo de las características locales del área.
- Factores de disparo (detonante): aquellos factores externos que provocan a un comportamiento dinámico activo, y que a partir de las condiciones iniciales generarán mayor o menor intensidad del fenómeno (Enriques, 2008).
- También se presentan factores de ocurrencia, son aquellos que contribuyen en la ocurrencia de un deslizamiento, para incorporar dichos factores en un estudio depende de la experiencia del investigador (Echemendia , 2011).
- Litológicos: Corresponde a la tipología de la roca que está definido por la composición mineralógica, cristalografía y textura de la roca.
- Distancia a la falla principal: Los efectos de este factor se guían según el grado de actividad de la falla.
- Geomorfología del talud: Son las características morfológicas del talud (ángulo, la dirección y altura), que se desprenden a partir de un mapa topográfico.
- Es relevante para el estudio conocer cuáles son las causas de los deslizamientos, y de esta manera lograr identificar las variables que intervienen en los mismos (Navarro, 2012)

Riesgos Hídricos

Inundaciones y sequías

Las inundaciones repentinas son fenómenos violentos y temporales que afectan áreas relativamente pequeñas (ver figura 5). Por otro lado, las sequías, se desarrollan lentamente, aunque afectan a gran parte del continente y a poblaciones enteras durante meses o incluso años (ver figura6). El clima extremo puede involucrar múltiples fuentes de riesgo simultáneamente o en rápida sucesión. Además de vientos y lluvias de gran magnitud, las tormentas tropicales también pueden causar

inundaciones e incluso deslizamientos de tierra (Organización Meteorológica Mundial, 2020) .

Figura 5

Inundaciones



Nota: Tomado (BBC, 2010)

Figura 6

Sequias



Nota: Tomado del Ministerio de Ambiente Agua y transición ecológica (MAATE, 2021)

Tecnologías de la información Geoespacial

Las Tecnologías de Información Geográfica son un conjunto de Tecnologías de la Información y Comunicación, especializadas que ayudan en la recolección, manejo y análisis espaciotemporal de datos relacionados con los recursos, las características de los espacios y los aspectos socioeconómicos de una zona. Su capacidad para visualizar la información espacial es un elemento importante para la comunicación, difusión e intercambio de conocimientos (FOCUS, 2007).

“El núcleo TIG consta de Teledetección, Sistema de Posicionamiento Global y Sistema de Información Geográfica” (Gentili & Gil, 2011). El potencial de SIG radica, en particular, en su capacidad para superponer capas de información de diferentes disciplinas. Esta característica permite el análisis de procesos y dinámicas resultantes de las relaciones socio-naturales. Estos incluyen funciones para trabajar con datos espaciales como almacenamiento, visualización, consulta, análisis de datos y modelado.

El uso de las nuevas tecnologías de la información geográfica y su potencial para la ordenación y gestión del territorio a nivel local, y es claro que son herramientas casi indispensables para este fin. Pero muchos municipios, asociaciones, grupos de acción local, agencias de empleo, desarrollo y administraciones locales de otros organismos públicos o privados que trabajan en estos lugares tienen un acceso muy limitado a ellos. Las razones de esto son: la falta de técnicos calificados para estas tecnologías, los recursos financieros limitados, los errores a nivel de software y hardware, la complejidad de estas tecnologías y el desconocimiento casi total de lo que son y lo que hacen (Robas, Nieto, & Schnabel, 2016).

Sensores Remotos

Ciencia y arte de obtener información de un objeto, área o fenómeno, a través del análisis de datos adquiridos mediante un dispositivo, el cual no está en contacto directo con el objeto, área o fenómeno que se está investigando. La obtención de datos involucra el uso de instrumentos llamados sensores, capaces de ver o captar las relaciones espectrales y espaciales de objetos y materiales observables a una considerable distancia de aquello (Perez, 2017).

Geodesia

La Geodesia se ocupa del estudio y la determinación de la forma y dimensiones de la Tierra. Proporciona los métodos necesarios para determinar las posiciones de una serie de puntos (vértices) distribuidos por toda la zona objeto de sus trabajos y a partir

de las cuales se puede deducir la forma de ésta. Estos puntos pueden servir también de apoyo a los trabajos topográficos (Mendez, 2018).

Sistema de Información Geográfica

Es un marco para recopilar, gestionar y analizar datos. Adaptado en la ciencia de la geografía, SIG integra muchos tipos de datos. Analiza la ubicación espacial y organiza capas de información en visualizaciones utilizando mapas y escenas en 3D. Con esta capacidad única, SIG revela conocimientos más profundos sobre los datos, como patrones, relaciones y situaciones, lo que ayuda a los usuarios a tomar decisiones más inteligentes (ESRI, 2022).

Generación de modelos cartográficos en SIG

Un modelo cartográfico es un sistema de información geográfica raster o vectorial con información geoespacial, que se basa en procedimientos analíticos a través de la representación gráfica de datos, para el análisis y estructuración de procedimientos y muestra información cartográfica a través de mapas (Escoloma, Jimenez, & Comins, 2017)

Evaluación Multicriterio

La evaluación multicriterio (EMC) se refiere al proceso de aplicar una regla de decisión. Esto es, el proceso por el cual criterios son seleccionados y combinados para llegar a una evaluación particular, y por el cual varias evaluaciones son comparadas para actuar en consecuencia, con la finalidad de mejorar la toma de decisiones es fundamental contar con la mayor información posible que ayude a dar el enfoque necesario sobre la decisión que se desea tomar. Esta información puede incluir una diversidad de criterios para interpretarla. De esta forma, cuando se evalúan distintos criterios aplicados a un conjunto de datos o información, para buscar la mejor decisión posible, entonces se está aplicando una evaluación multicriterio (Manzano, Gomez, & Pineda, 2019).

Las técnicas de EMC pueden aplicarse a cualquier ámbito social, económico o ambiental donde se desee tomar decisiones a partir de un conjunto de criterios.

Adicionalmente, esta evaluación se puede especializar para aplicarla simultáneamente a distintas zonas de un territorio (Manzano, Gomez, & Pineda, 2019).

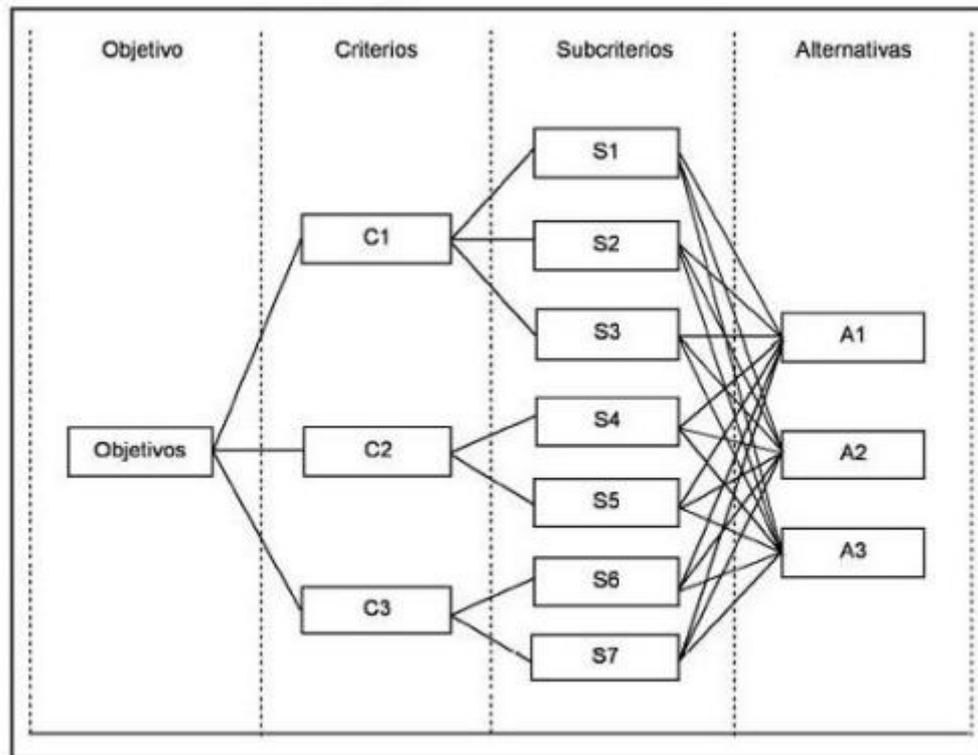
Método Multicriterio AHP

El Proceso analítico jerárquico (Analytic Hierarchy Process o AHP por sus siglas en inglés), es una técnica que se ajusta en gran medida a los requerimientos del problema que se plantea y que se puede implementar en cinco pasos sistemáticos (Mendoza, Solano, Palencia, & Gracia, 2019):

- Desarrollo de la estructura jerárquica.
- Representación de los juicios de valor.
- Construcción de las matrices de juicio de valor y matrices normalizadas.
- Cálculo de los vectores de prioridad y consistencia.
- Análisis de resultados.

Figura 8

Modelo Jerárquico para la Toma de Decisiones con AHP



Nota: Modelo Jerárquico para la Toma de Decisiones con AHP. Tomado de la utilidad de los métodos de decisión multicriterio de (Mendoza, Solano, Palencia, & Gracia, 2019)

Para jerarquizar las variables de análisis multicriterio, se analiza la escala verbal y descripción que se utiliza, como se indica en la Tabla 1.

Tabla 1

Escala de Saaty

| Escala numérica | Escala verbal | Descripción |
|-----------------|--|---|
| 1 | Igual importancia | Los 2 elementos contribuyen igualmente a la propiedad o criterio. |
| 3 | El elemento es moderadamente más importante respecto al otro | El juicio y la experiencia previa favorecen a un elemento frente al otro. |

| | | |
|------------------|--|---|
| 5 | El elemento es fuertemente más importante que el otro | El juicio y la experiencia previa favorecen fuertemente a un elemento frente al otro. |
| 7 | La importancia del elemento es más fuerte respecto al otro | Un elemento domina fuertemente. |
| 9 | La importancia del elemento es de extrema respecto al otro | Un elemento domina al otro con el mayor orden de magnitud posible. |
| 2,4,6,8 | Valores intermedios entre juicios adyacentes | |
| Incremento 0,1 | Valores intermedios entre incrementos 9 utilice esta escala si cree que su valoración necesita un alto grado de precisión) | |
| Inversos (1/n+1) | Se utiliza cuando el segundo elemento es mayor en el criterio a comparar. | |

Nota: Escala de Saaty de (Mendoza, Solano, Palencia, & Gracia, 2019).

Medidas de Consistencia

Con la ponderación de las variables se forma la matriz de pesos, donde se debe evaluar la consistencia.

- Índice de consistencia (CI).

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

- Índice aleatorio (AI).

$$IA = \frac{1.98(n - 2)}{n}$$

- Razón de consistencia (CR).

$$CR = \frac{CI}{CA}$$

Se concluye que si la razón de consistencia es menor o igual a 0.1 se considera aceptable.

Accesibilidad

La accesibilidad hace referencia a la facilidad con la que se puede acceder a una zona o lugar, en función de la pendiente, distancia, tiempo, entre otros (ESRI, 2021).

Mediante un análisis de redes se obtuvo el cálculo de la accesibilidad, que es un sistema de elementos interconectados, como bordes (líneas) y cruces de conexión (puntos), que representa las posibles rutas desde una ubicación a otra (ESRI, 2021).

Topología

La topología es una rama de la matemática que estudia las propiedades en funciones continuas y los espacios topológicos ya que se centra en conceptos de proximidad, así como también el tipo de consistencia que presenta un objeto, compara objetos y se los catalogan en algunos atributos entre los que podemos encontrar conectividad, compacidad, metricidad, entre otros (Trujillo & Osorio, 2013), en la tabla 2 se puede observar las reglas topológicas.

Tabla 2

Reglas Topológicas

| Regla topológica | Descripción de la norma | Posibles soluciones |
|----------------------|--|--|
| No debe superponerse | Requiere que las líneas no se superpongan con las líneas en la misma clase (o subtipo) de entidad. | Sustraer: la solución sustraer quita los segmentos de línea superpuestos de la entidad que produce el error. |
| No debe intersecarse | Requiere que las entidades de línea desde la misma clase (o subtipo) | Sustraer: la solución sustraer quita los segmentos de línea superpuestos de la |

| | | |
|--|---|--|
| | de entidad no se crucen ni se superpongan entre sí. | entidad que produce el error. |
| No debe intersecarse con | Requiere que las entidades de línea de una clase (o subtipo) de entidad no se crucen ni se superpongan las líneas de otra clase (o subtipo) de entidad con otras. | Sustraer: la solución sustraer quita los segmentos de línea superpuestos de la entidad que produce el error. |
| No deben quedar nodos colgados | Requiere que una entidad de línea deba tocar las líneas desde la misma clase (o subtipo) de entidad en ambos extremos | . Extender: la solución extender extenderá el extremo colgado de las entidades de línea si se ajustan a otras entidades de líneas en una distancia dada. |
| No deben quedar pseudonodos. | Requiere que una línea se conecte, por lo menos, con otras dos líneas en cada extremo. | Fusionar con la mayor: la solución fusionar con la mayor fusionará la geometría de la línea más corta en la geometría de la línea más larga. |
| No debe intersecarse o tocar el interior | Requiere que una línea en una clase (o subtipo) de entidad deba tocar únicamente otras líneas de la misma clase (o | Sustraer: la solución sustraer quita los segmentos de línea superpuestos de la |

| | | |
|-------------------------|---|--|
| | subtipo) de entidad en extremos. | entidad que produce el error. |
| Debe ser una sola parte | Requiere que las líneas tengan una única parte. | Expandir: la solución expandir crea entidades de línea de una parte desde cada parte de la entidad de línea multiparte que produce el error. |

Nota: Reglas topológicas. Recuperado de Reglas topológicas de las geodatabases y soluciones a los errores de topología (ESRI, 2021)

Red

El análisis de redes se trata de una perspectiva de estudio social de tipo estructural cuya finalidad es encontrar la ruta más corta entre un punto a otro, que incluye un conjunto de técnicas y una metodología (ESRI, 2021).

Red Geométrica

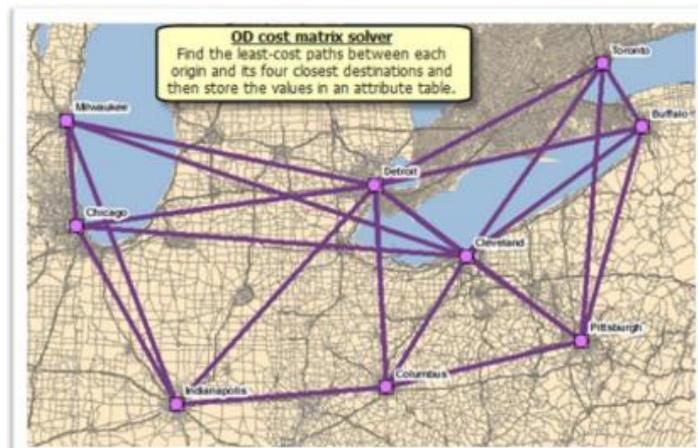
Las redes geométricas facilitan modelar redes e infraestructuras habituales del mundo actual, en cuanto a la distribución de agua, líneas eléctricas, distribución de gas, servicio de teléfono y el flujo de agua de un río son ejemplos de flujos de recursos que se pueden planificar y examinar con el uso de una red geométrica (ESRI, 2021).

Matriz de coste OD

La matriz de coste utiliza un algoritmo de varios orígenes y varios destinos el que se basa en el Algoritmo de Dijkstra, en la matriz se mide las trayectorias de menor costo a lo largo de la red desde varios orígenes a varios destinos, cuando se configura un análisis de la matriz en donde se puede especificar el número de destinos que se necesite encontrar y una distancia máxima para que realice la búsqueda (ver figura 9), (ESRI, 2021).

Figura 9

Ejemplo de matriz de coste OD



Nota: Ejemplo de una matriz de coste OD. Tomado de análisis de la matriz de coste OD, ESRI, 2021.

Cuenca Visual

La cuenca visual se refiere al análisis del paisaje y su afectación, ayudando a encontrar áreas visibles desde cualquier punto de la parcela a una distancia determinada.

Identifica todas las celdas visibles desde una o más celdas de punto de vista situadas sobre una superficie, y puede calcular la proporción de las celdas de punto de vista desde las cuales es visible una celda de vista

Forma

La forma es una variable que sirve para seleccionar la parcela más regular con una geometría adecuada, ay que existen superficies de gran extensión, pero su forma no cumple con la finalidad requerida, es por esa razón que se realiza el cálculo del cratio, el cual que mide el cociente de compactación de polígonos definidos (ESRI, 2021).

Fórmula para calcular el Cratio:

$$Cratio = \sqrt{\frac{\text{Área de la parcela}}{\text{Área de la circunferencia (mismo perímetro de la parcela)}}$$

Área

El área es la extensión de la superficie que será utilizada dentro de algún estudio y la capacidad se calcula en base al área la misma que sirve para calcular área y volumen de una zona específica entre una superficie y plano de referencia (ESRI, 2014)

Base legal

Constitución del Ecuador

En la sección sexta de Hábitat y vivienda consta el Art. 30, donde menciona: “las personas tienen derecho a un hábitat seguro y saludable, y a una vivienda adecuada y digna, con independencia de su situación social y económica” (Ecuador, 2008)

En el capítulo noveno Responsabilidades, el Art. 83.- menciona: “son deberes y responsabilidades de las ecuatorianas y los ecuatorianos, sin perjuicio de otros previstos en la Constitución y la ley: Respetar los derechos de la naturaleza, preservar un ambiente sano y utilizar los recursos naturales de modo racional, sustentable y sostenible” (Ecuador, 2008)

Art. 389.- “El Estado protegerá a las personas, las colectividades y la naturaleza frente a los efectos negativos de los desastres de origen natural o antrópico mediante la prevención ante el riesgo, la mitigación de desastres, la recuperación y mejoramiento de las condiciones sociales, económicas y ambientales, con el objetivo de minimizar la condición de vulnerabilidad” (Ecuador, 2008).

Art. 390.- “Los riesgos se gestionarán bajo el principio de descentralización subsidiaria, que implicará la responsabilidad directa de las instituciones dentro de su ámbito geográfico. Cuando sus capacidades para la gestión del riesgo sean insuficientes, las instancias de mayor ámbito territorial y mayor capacidad técnica y financiera brindarán el apoyo necesario con respeto a su autoridad en el territorio y sin relevarlos de su responsabilidad” (Ecuador, 2008).

En la sección décima población y movilidad humana menciona que en el Art. 391.- “El Estado generará y aplicará políticas demográficas que contribuyan a un

desarrollo territorial e intergeneracional equilibrado y garanticen la protección del ambiente y la seguridad de la población, en el marco del respeto a la autodeterminación de las personas y a la diversidad” (Ecuador, 2008).

Leyes orgánicas y especiales

COOTAD:

Art. 54.- “Regular y controlar las construcciones en la circunscripción cantonal o parroquial, con especial atención a las normas de control y prevención de riesgos y desastres” (COOTAD, 2010).

Art. 140.- “La gestión de riesgos que incluye las acciones de prevención, reacción, mitigación, reconstrucción y transferencia, para enfrentar todas las amenazas de origen natural o antrópico que afecten al cantón se gestionarán de manera concurrente con las políticas y los planes emitidos por el organismo nacional responsable, de acuerdo con la Constitución y la ley” (COOTAD, 2010).

Hipótesis

El uso de las herramientas Geoespaciales permite encontrar los sitios adecuados para la relocalización de una población susceptible a desastres como deslizamiento de tierras.

Recopilación y estandarización de la información.

Para encontrar los sitios adecuados para la relocalización de la población se ha tomado en cuenta diferentes factores, criterios y restricciones, lo que permitirá realizar un análisis detallado de cada variable ya sea dependiente e independiente.

El desarrollo del proyecto comenzó con información correspondiente a restricciones, las cuales serán la base fundamental para encontrar los sitios adecuados, como primer insumo se utilizó el modelo digital del terreno de los cantones Chunchi y Alausí, siendo su fuente de información el geo portal del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).

La variable hidrología se descargó información de toda el área de estudio, correspondiente a ríos y quebradas, siendo su fuente el Geoportal del IGM, los tipos de suelos, uso y vegetación del suelo tuvieron la misma fuente de información, siendo el Sigtierras, donde se descargaron shapes que abarcan toda el área de estudio.

Para la determinación de las parcelas adecuadas se obtuvo la información de las zonas vulnerables a deslizamientos siendo su fuente la geodatabase generada por las ingenieras Iguago y Cabascango, además como insumo para encontrar estas parcelas se necesitó de la información descargada del Geoportal del IGM correspondiente a vías (ver tabla 3).

Con herramientas geoespaciales como ArcMap, y ArcCatalog correspondientes al software ArcGIS se realizó la estandarización de información georreferenciada en una geodatabase para su posterior procesamiento.

Tabla 3

Recopilación de datos para proyecto de investigación

| Variable | Fuente | Escala |
|----------------------------|---------------|---------------|
| Modelo Digital del terreno | MAG | 3x3 |
| Hidrología | Geoportal IGM | 1: 50000 |

| | | |
|------------------------------------|---|----------|
| Tipos de suelo | Sigtierras | 1: 50000 |
| Uso y vegetación de suelo | Sigtierras | 1: 50000 |
| Áreas SNAP | MAATE | |
| Zonas vulnerables a deslizamientos | GDB generada por las ingenieras Iguago y Cabascango | 1: 50000 |
| Amenaza volcánica | MAATE | 1: 50000 |
| Vías | Geoportal IGM | 1: 50000 |

Los parámetros cartográficos que se utilizaron en todas las coberturas son: el tamaño de celda de 3x3 obtenido del modelo digital del terreno, sistema de coordenadas WGS 1984, proyección UTM, zona 17S.

Restricciones para los sitios adecuados

Para la relocalización de un poblado expuesto a deslizamientos se tomó en cuenta algunas restricciones, que son de mucha importancia ya que se partirá de cada una de ellas y posterior geoprocesamiento. En el proyecto se toma en cuenta: porcentaje de pendiente, hidrología, uso y vegetación del suelo, tipos de suelo, de las cuales se obtiene sus criterios mediante la lógica booleana, se especifica en la tabla 4.

Tabla 4

Restricciones

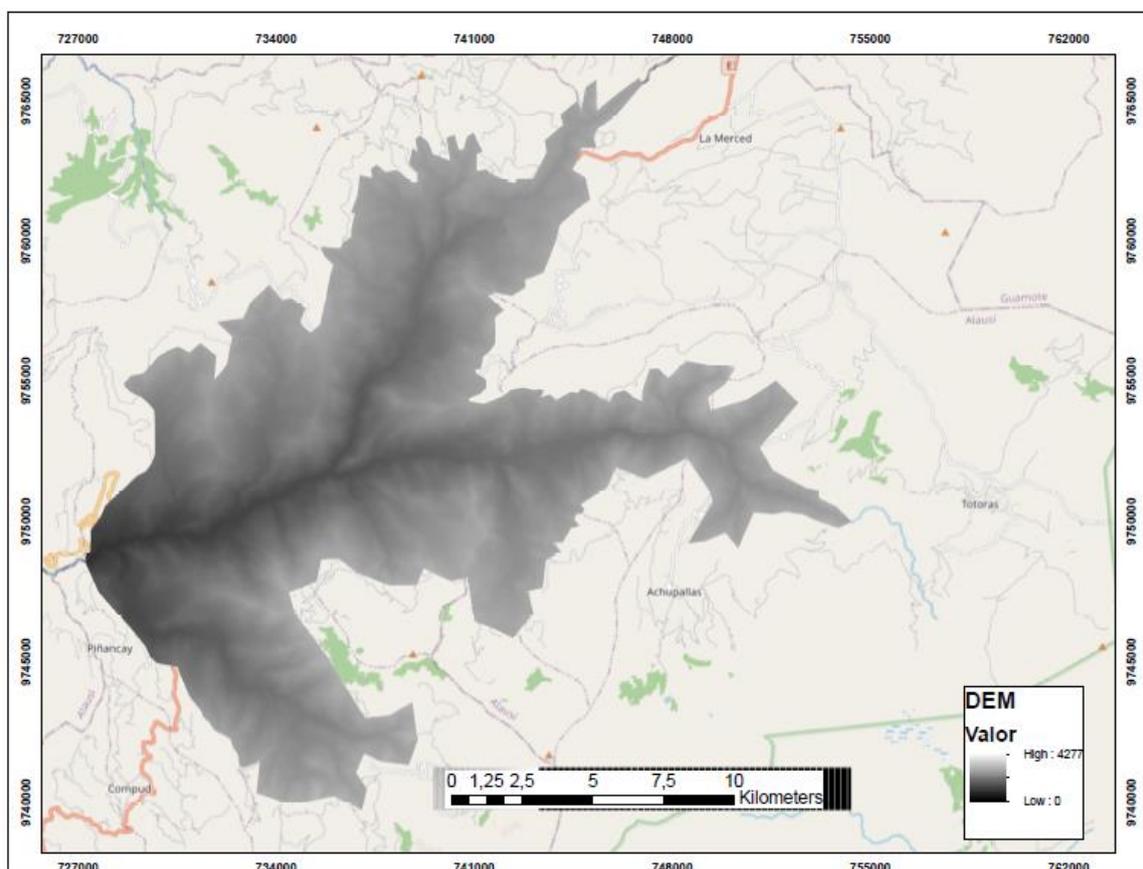
| RESTRICCIONES | | |
|-------------------|-----------------|------------------------------|
| Variable | Proceso | Criterio |
| MDT | Pendiente | 0-12% → 1 |
| | | ≥12% → 0 |
| Ríos | Buffer | ≤50m → 1 |
| | | ≥50m → 0 |
| Quebradas | Buffer | ≤15m → 1 |
| | | ≥15m → 0 |
| Suelos inestables | Reclasificación | Adecuados molisol y entisol. |

| Uso y vegetación del suelo | Reclasificación | Cultivos de ciclo corto | |
|----------------------------|-----------------|-------------------------|-----|
| | | Pastos cultivados | } 1 |
| | | Bosque natural | |
| | | Paramo | } 0 |

Se partió de la obtención del modelo digital del terreno extraído del geo portal de Ministerio de Agricultura y Ganadería, tiene un tamaño de pixel de 3x3, mediante él se desarrollarán los cálculos respectivos en formato ráster (ver figura 11).

Figura 11

Modelo digital del terreno

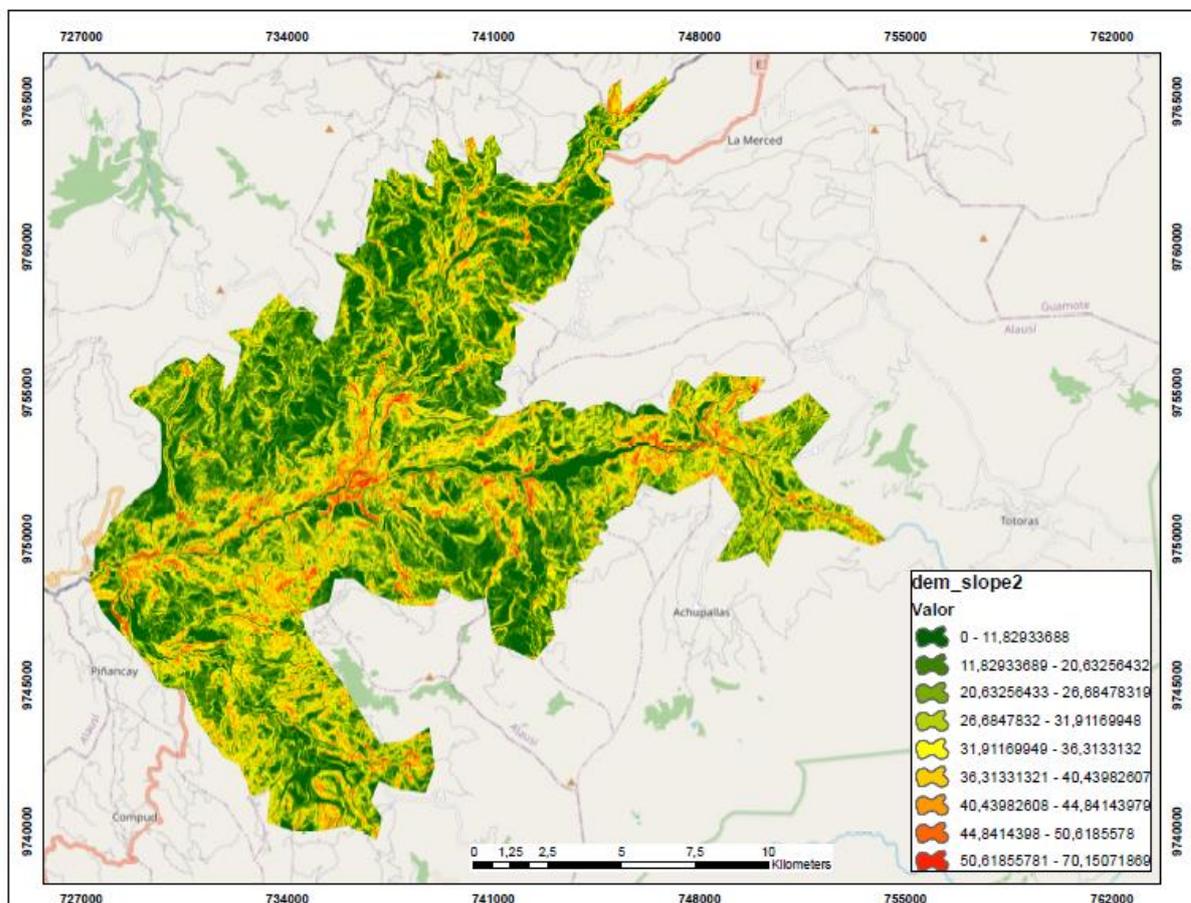


Nota: Modelo Digital del Terreno de San Miguel de Bolívar, tomado de Ministerio de Agricultura y Ganadería, (MAG, 2022).

Para calcular el porcentaje de la pendiente que contiene el DEM, se utilizó la herramienta slope, la pendiente mínima es del 11,82% y la pendiente máxima es de 70,15%, como se muestra en la figura 12.

Figura 12

Valores porcentuales de la pendiente



La pendiente es considerada como una restricción debido a que la población no puede ubicarse y desarrollarse en lugares con pendientes altas, según el plan de ordenamiento territorial de Chuchi y Alausí menciona que en pendientes mayores 30% se prohíbe la construcción de cualquier edificación (MAG, 2017). Para finalidad del proyecto se considera pendientes que van del 0-12% como adecuadas mientras que pendientes mayores al 12% son consideradas como no adecuadas.

Se utilizó herramienta reclassify en el ArcMap, calificando en 2 clases, óptimo el valor de 1 que sería para pendientes menores o iguales al 12% y 0 como no óptimo para las pendientes que sean igual o mayores al el 12% (ver figura 13).

Figura 13

Mapa cartográfico para restricción pendiente

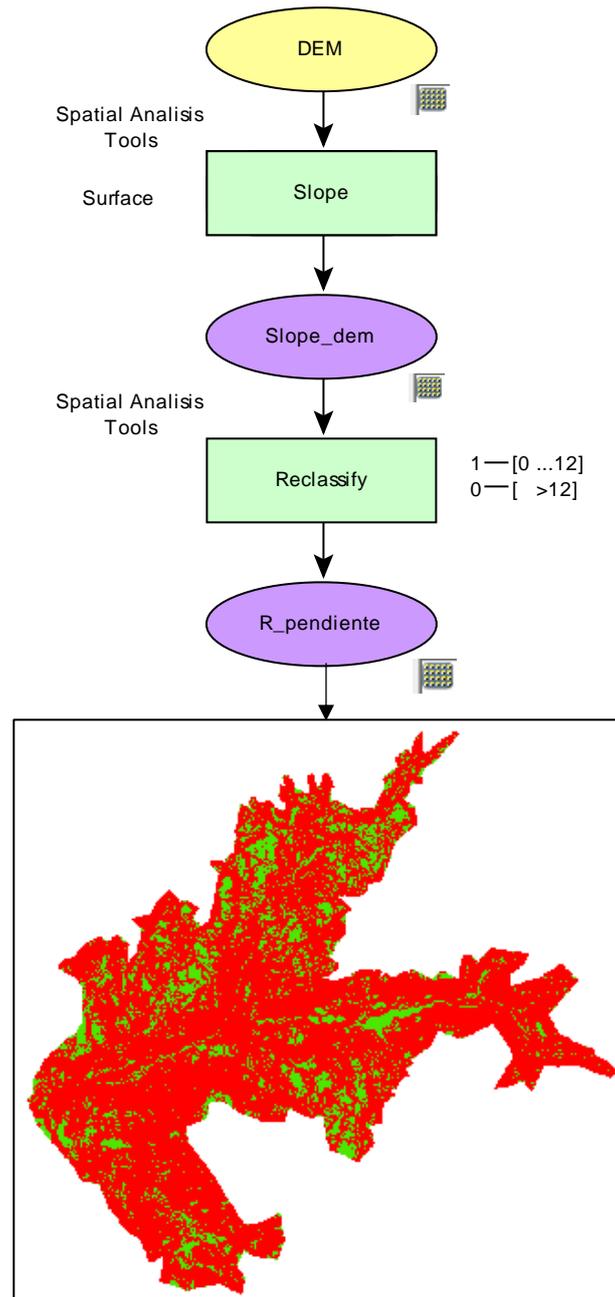
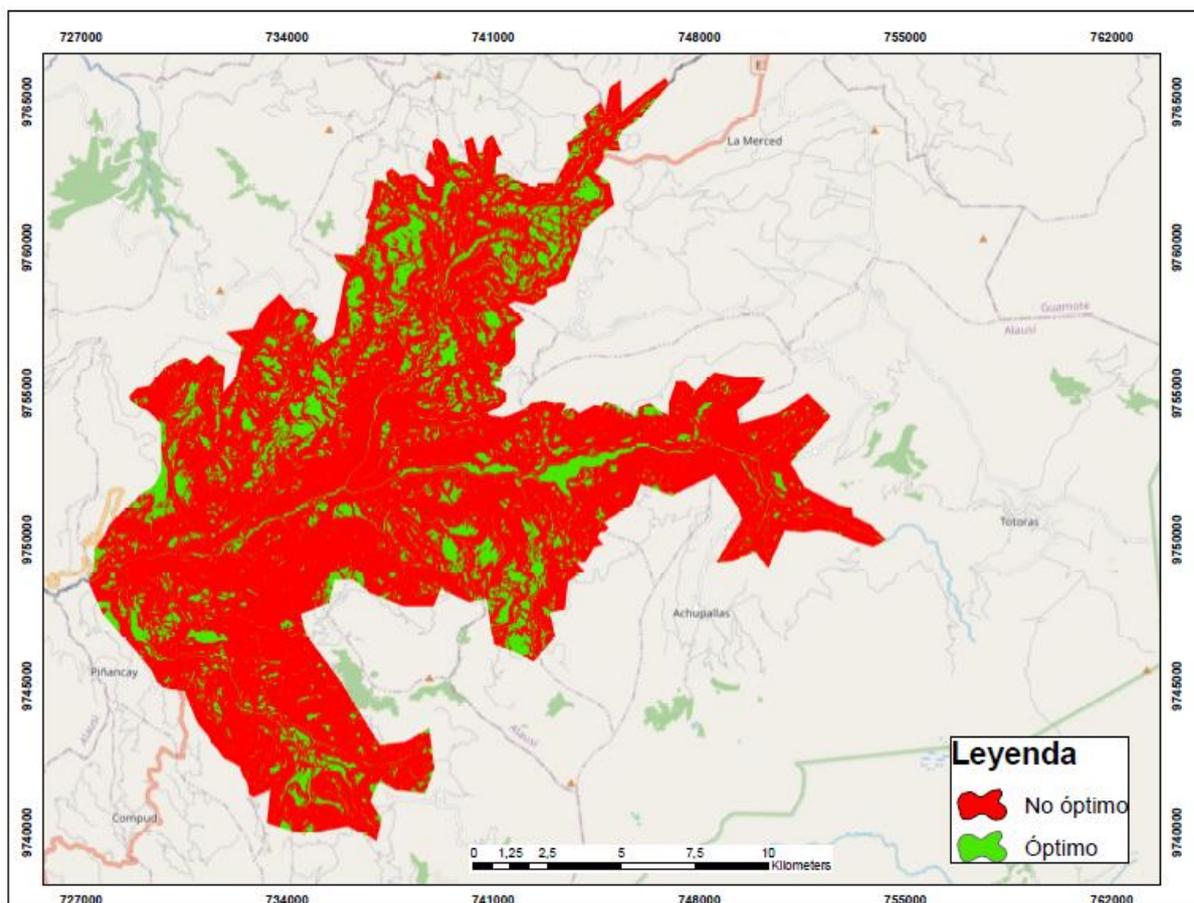


Figura 14

Reclasificación de pendientes



Para la variable Hidrología se utilizó la cobertura de ríos y quebradas obtenida por el geoportal del IGM. Las coberturas cuentan con información del nombre, descripción, tipo de río y longitud, (ver figura 15 y 16).

Figura 15

Campos de la restricción ríos

| rio_l_Clip | | | | | | |
|------------|------------------|----------|-----|----------|-----|-------------|
| | nam | acc_desc | hyp | hyp_desc | txt | Shape Leng |
| | Río Chanchán | PRECISA | 1 | PERENNE | | 1428,518423 |
| | Río Chanchán | PRECISA | 1 | PERENNE | | 1425,440478 |
| | Río Chanchán | PRECISA | 1 | PERENNE | | 695,324903 |
| | Río Chanchán | PRECISA | 1 | PERENNE | | 207,347184 |
| | Río Chanchán | PRECISA | 1 | PERENNE | | 2310,237407 |
| | Río Chanchán | PRECISA | 1 | PERENNE | | 980,35778 |
| | Río Chanchán | PRECISA | 1 | PERENNE | | 615,325964 |
| | Río Chanchán | PRECISA | 1 | PERENNE | | 921,910838 |
| | Río Chanchán | PRECISA | 1 | PERENNE | | 1847,795684 |
| | Río Chanchán | PRECISA | 1 | PERENNE | | 652,120783 |
| | Río Chanchán | PRECISA | 1 | PERENNE | | 1533,551232 |
| | Río Chanchán | PRECISA | 1 | PERENNE | | 1338,679113 |
| | Río Chanchán | PRECISA | 1 | PERENNE | | 2961,805439 |
| | Río Chanchán | PRECISA | 1 | PERENNE | | 405,311294 |
| | Río Chaullabamba | PRECISA | 1 | PERENNE | | 1894,399516 |
| | Río Chaullabamba | PRECISA | 1 | PERENNE | | 1320,487018 |
| | Río Chaullabamba | PRECISA | 1 | PERENNE | | 93,499269 |
| | Río Cobshe | EXACTA | 1 | PERENNE | | 2508,551199 |
| | Río Cullinshi | EXACTA | 1 | PERENNE | | 1673,236853 |
| | Río Guasuntos | PRECISA | 1 | PERENNE | | 155,577027 |
| | Río Guasuntos | PRECISA | 1 | PERENNE | | 186,408054 |
| | Río Guasuntos | PRECISA | 1 | PERENNE | | 599,126766 |
| | Río Guasuntos | PRECISA | 1 | PERENNE | | 781,681655 |
| | Río Guasuntos | PRECISA | 1 | PERENNE | | 641,865008 |
| | Río Guasuntos | PRECISA | 1 | PERENNE | | 1219,938299 |
| | Río Guasuntos | PRECISA | 1 | PERENNE | | 366,856461 |
| | Río Guasuntos | PRECISA | 1 | PERENNE | | 850,965361 |

Figura 16

Campos de la restricción quebradas

| rio_l_Clip | | | | | | |
|------------|-----------------------|----------|-----|--------------|-----|-------------|
| | nam | acc_desc | hyp | hyp_desc | txt | Shape Leng |
| | Quebrada Atán | EXACTA | 1 | PERENNE | | 6309,443574 |
| | Quebrada Ayapán | PRECISA | 1 | PERENNE | | 2008,28991 |
| | Quebrada Ayurco | PRECISA | 2 | INTERMITENTE | | 1817,619452 |
| | Quebrada Bayanac | PRECISA | 1 | PERENNE | | 1063,799709 |
| | Quebrada Bolivia | PRECISA | 1 | PERENNE | | 2855,727625 |
| | Quebrada Buena Vista | PRECISA | 1 | PERENNE | | 2245,551333 |
| | Quebrada Cachicorral | PRECISA | 1 | PERENNE | | 2257,586523 |
| | Quebrada Cachipata | PRECISA | 2 | INTERMITENTE | | 1746,996132 |
| | Quebrada Caisón | PRECISA | 2 | INTERMITENTE | | 4950,910604 |
| | Quebrada Callanga | PRECISA | 1 | PERENNE | | 1943,64902 |
| | Quebrada Chancaguan | PRECISA | 2 | INTERMITENTE | | 2425,393588 |
| | Quebrada Chaullabamba | PRECISA | 1 | PERENNE | | 1773,55008 |
| | Quebrada Chibcha | EXACTA | 2 | INTERMITENTE | | 3512,98709 |
| | Quebrada Chictus | PRECISA | 2 | INTERMITENTE | | 731,486639 |
| | Quebrada Chiguicay | PRECISA | 1 | PERENNE | | 1387,308269 |
| | Quebrada Chillaspamba | PRECISA | 2 | INTERMITENTE | | 1088,681245 |

Con la ayuda de la herramienta buffer integrada dentro del Arcmap, se estableció la distancia a ríos de 50m y quebradas con 15m, una vez realizado el buffer se utilizó la herramienta reclassify en dos clases 1 y 0, donde el valor de 1 no indica que es óptimo mientras que 0 es no óptimo (ver figura 17).

Figura 17

Mapa cartográfico restricción Hidrología.

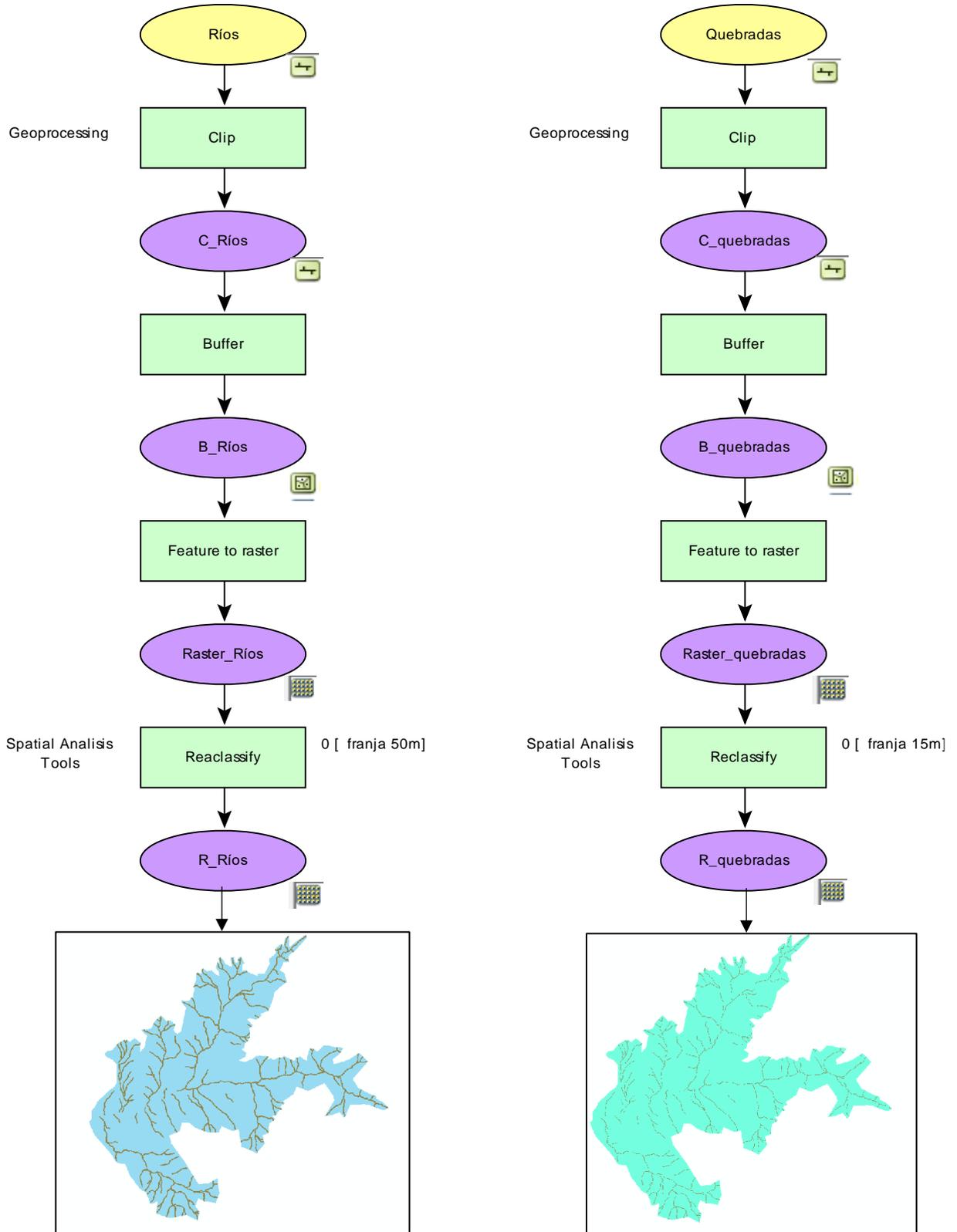


Figura 18

Reclasificación de la restricción ríos

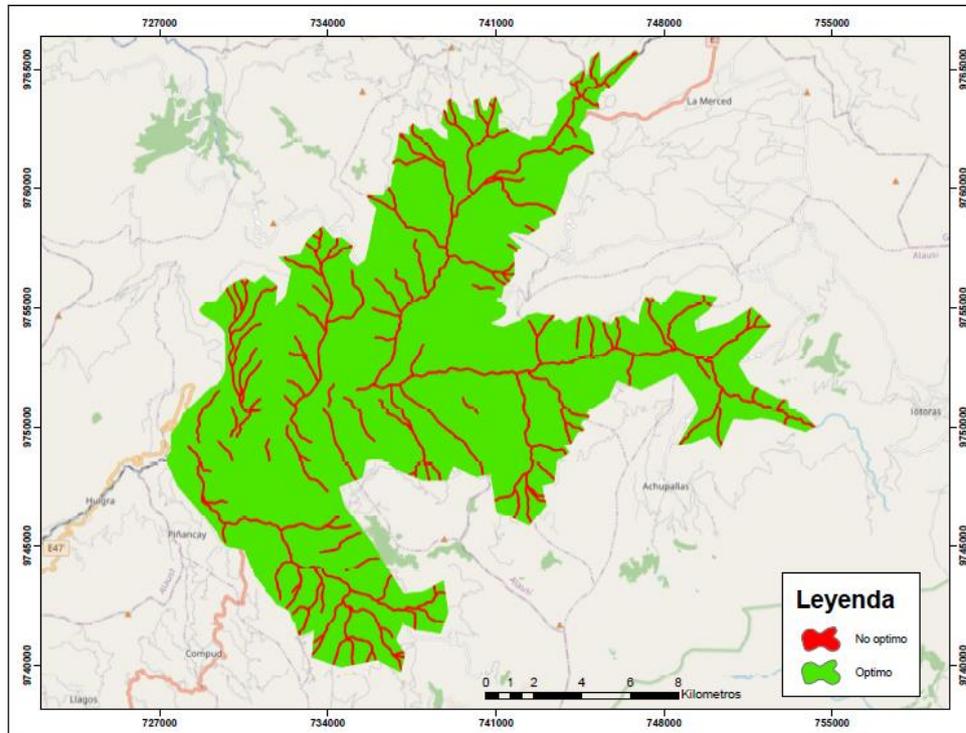
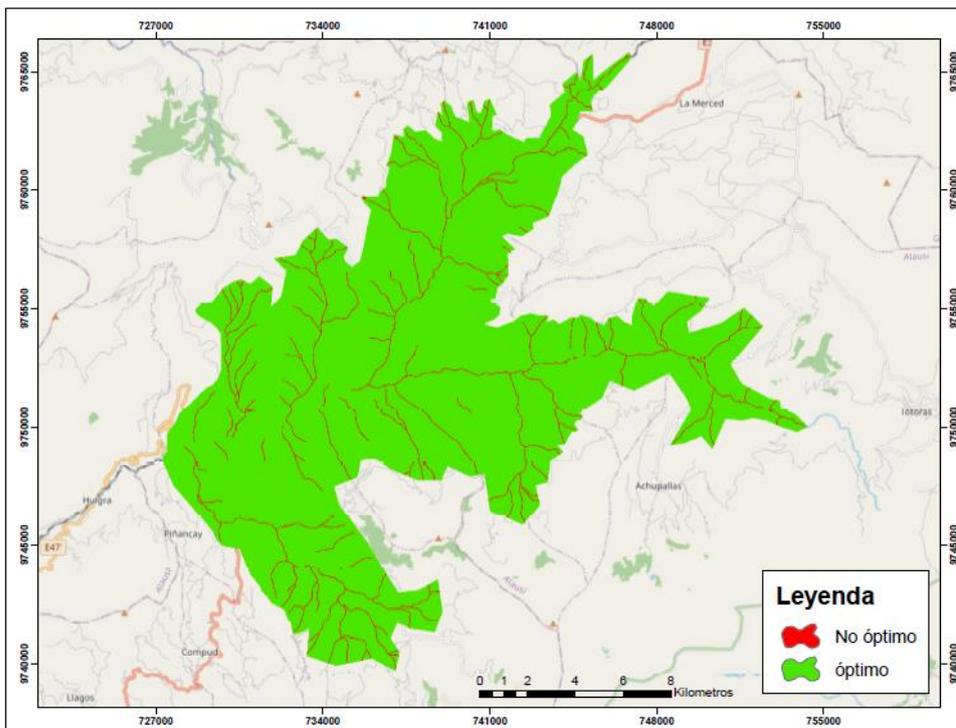


Figura 19

Reclasificación de la restricción quebradas



La información correspondiente a la restricción tipos de suelos se obtuvo mediante el Sigtierras, cuenta con campos que tienen información del orden y suborden de suelo, además de la longitud y área (ver figura 20).

Figura 20

Campos del tipo de suelo

| ORDEN SUEL | SUBORDEN S | WRB 2015 | Shape Length | Shape Area |
|---------------------|---------------------|---------------------|--------------|----------------|
| Vertisols | Usterts | Vertisols | 2760,02529 | 415221,59712 |
| Andisols | Udands | Andosols | 4535,721555 | 528056,489187 |
| Andisols | Cryands | Andosols | 2879,917278 | 237093,743324 |
| Andisols | Cryands | Andosols | 3425,039911 | 528171,551671 |
| Andisols | Udands | Andosols | 9275,137123 | 454760,212635 |
| Inceptisols | Ustepts | Stagnosols | 3223,965194 | 213143,693415 |
| Tierras miscelaneas | Tierras miscelaneas | Tierras miscelaneas | 27338,305307 | 1101842,072794 |
| Tierras miscelaneas | Tierras miscelaneas | Tierras miscelaneas | 7442,256793 | 280900,551612 |
| Inceptisols | Cryepts | Umbrisols | 1455,055013 | 135914,13965 |
| Inceptisols | Cryepts | Cambisols | 8167,15286 | 234432,882801 |
| Tierras miscelaneas | Tierras miscelaneas | Tierras miscelaneas | 12345,629767 | 496670,311269 |
| Inceptisols | Ustepts | Cambisols | 1075,230193 | 66800,080314 |
| Inceptisols | Udepts | Umbrisols | 940,579591 | 43207,541448 |
| Mollisols | Ustolls | Chernozems | 2217,942695 | 99581,945559 |
| Inceptisols | Ustepts | Cambisols | 1912,799152 | 122116,932111 |
| Entisols | Orthents | Regosols | 2715,43448 | 170348,717874 |
| Vertisols | Usterts | Vertisols | 1837,02553 | 143044,346407 |
| Inceptisols | Udepts | Cambisols | 8849,262454 | 940580,725157 |
| Inceptisols | Udepts | Umbrisols | 992,042037 | 39575,055148 |
| Inceptisols | Ustepts | Cambisols | 1774,564661 | 183819,644848 |

Se utilizó la herramienta reclassify en dos clases 1 y 0, donde el valor de 1 no indica que es óptimo mientras que 0 es no óptimo, considerar que para el emplazamiento de las zonas adecuadas se va a considerar suelos de tipo molisol y entisol debido a que presentan características como: suelos jóvenes, francos, suelos con presencia de vegetación, son oscuros y ricos en bases (MAG, 2017). Además, son suelos aptos para la construcción de viviendas, lo que los convierte en suelos óptimos para la finalidad del proyecto (ver figura 21).

Figura 21

Mapa cartográfico restricción tipos de suelo.

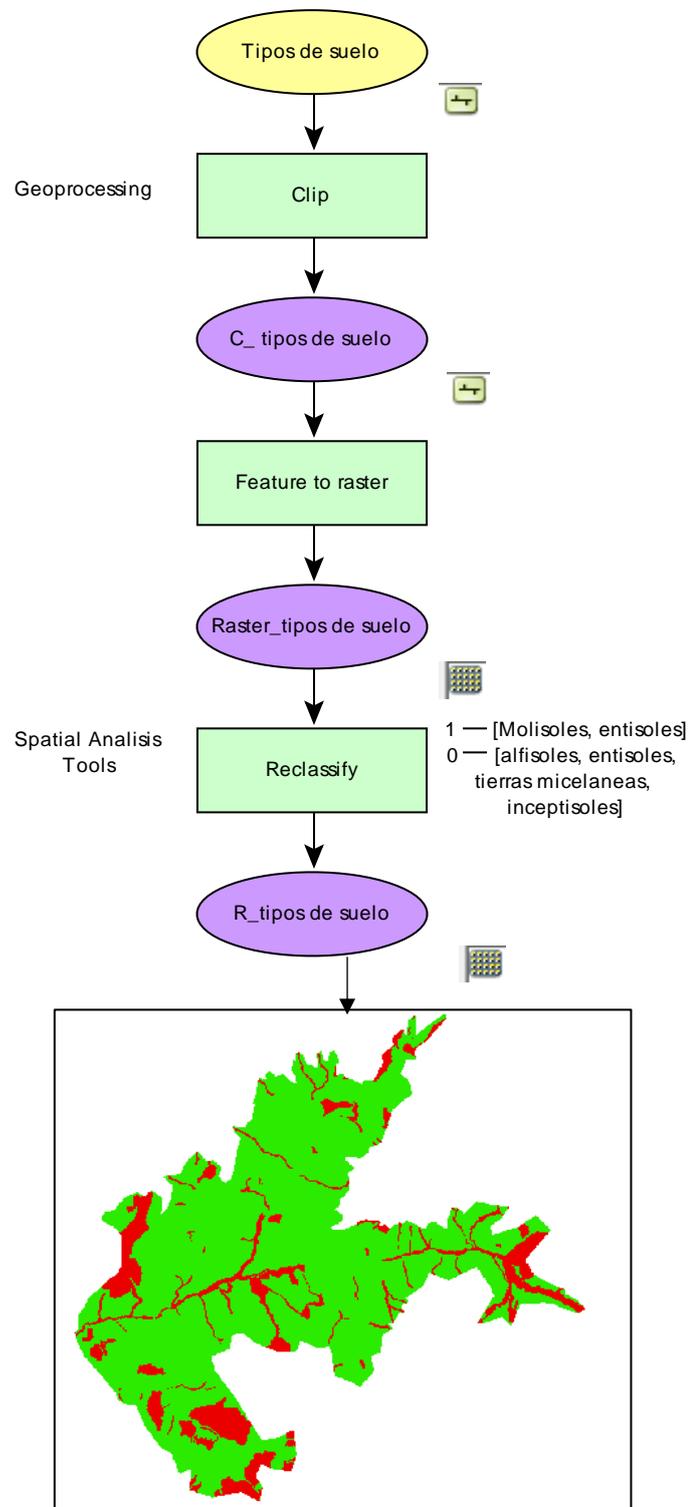
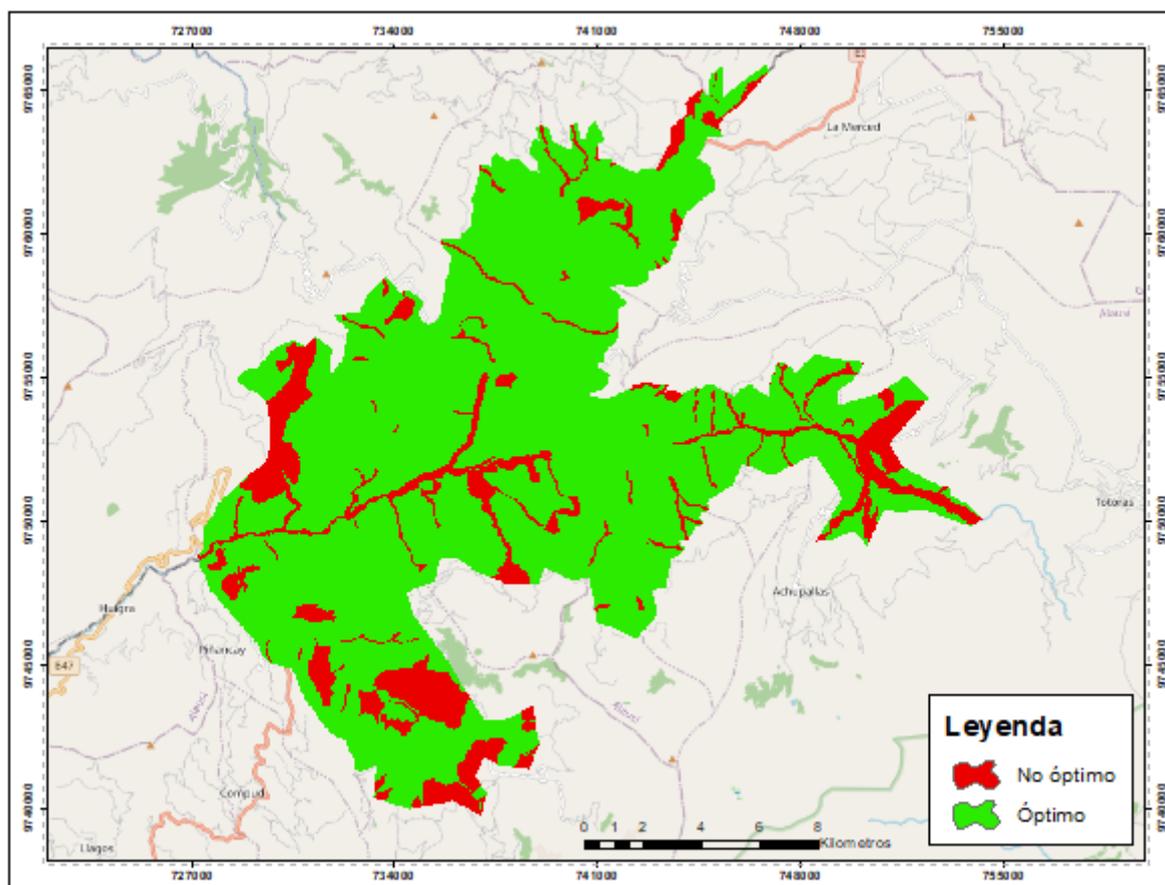


Figura 22

Reclasificación de la restricción Tipos de suelo



Para la restricción uso y vegetación del suelo se utilizó información obtenida de (Sigtierras, 2020). La cobertura cuenta con información del nombre del uso correspondiente (ver figura 23).

Figura 23

Uso y vegetación del suelo

| | FID | Shape * | USO |
|---|-----|---------|-------------------------|
| ▶ | 0 | Polygon | Bosque Natural |
| | 1 | Polygon | Cultivos de Ciclo Corto |
| | 2 | Polygon | Cultivos de Maiz |
| | 3 | Polygon | Paramo |
| | 4 | Polygon | Pasto Cultivado |
| | 5 | Polygon | Pasto Natural |
| | 6 | Polygon | Vegetacion Arbustiva |
| | 7 | Polygon | Zona Urbana |

Se utilizó la herramienta reclassify en dos clases 1 y 0, donde el valor de 1 no indica que es óptimo mientras que 0 es no óptimo (ver figura 24). La actividad agropecuaria es una de las principales, dentro de los usos presentes, son considerados los cultivos de ciclos cortos, cultivos de maíz, pastos cultivados y zona urbana como adecuados para el proyecto, debido a que suelos con esas características van a facilitar las decisiones al momento de la relocalización de la población. En la figura 25 se indica el procedimiento para la obtención de la reclasificación.

Figura 24

Reclasificación de la restricción uso y vegetación del suelo

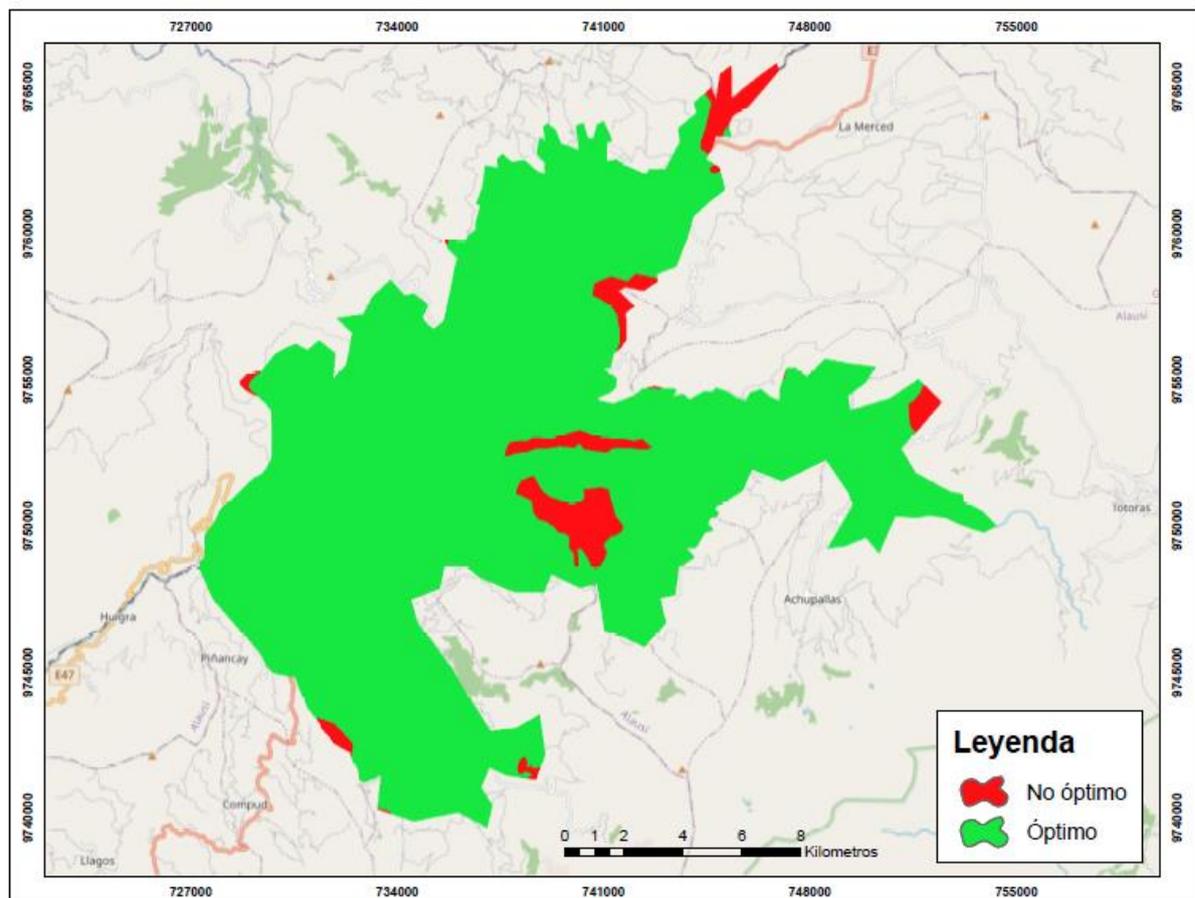
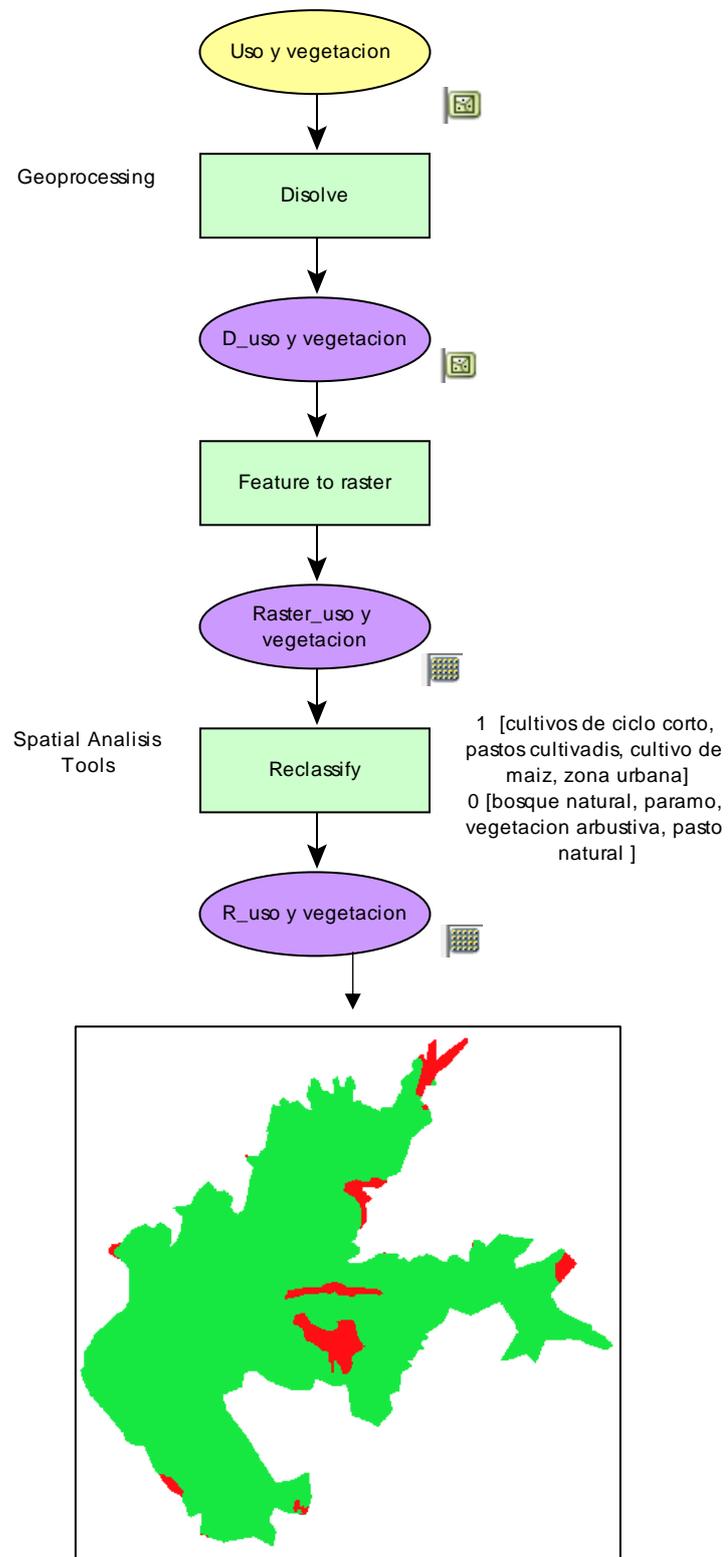


Figura 25

Mapa cartográfico restricción uso y vegetación del suelo.



Obtención de posibles sitios adecuados.

Con ayuda de la calculadora raster se multiplicó las restricciones pendiente, cuerpos de agua, inestabilidad de suelo, uso y vegetación del suelo, obteniendo así la variable de restricciones (ver figura 26). En la figura 27 de indica la variable restricciones.

Figura 26

Mapa cartográfico del cálculo de la variable de restricciones

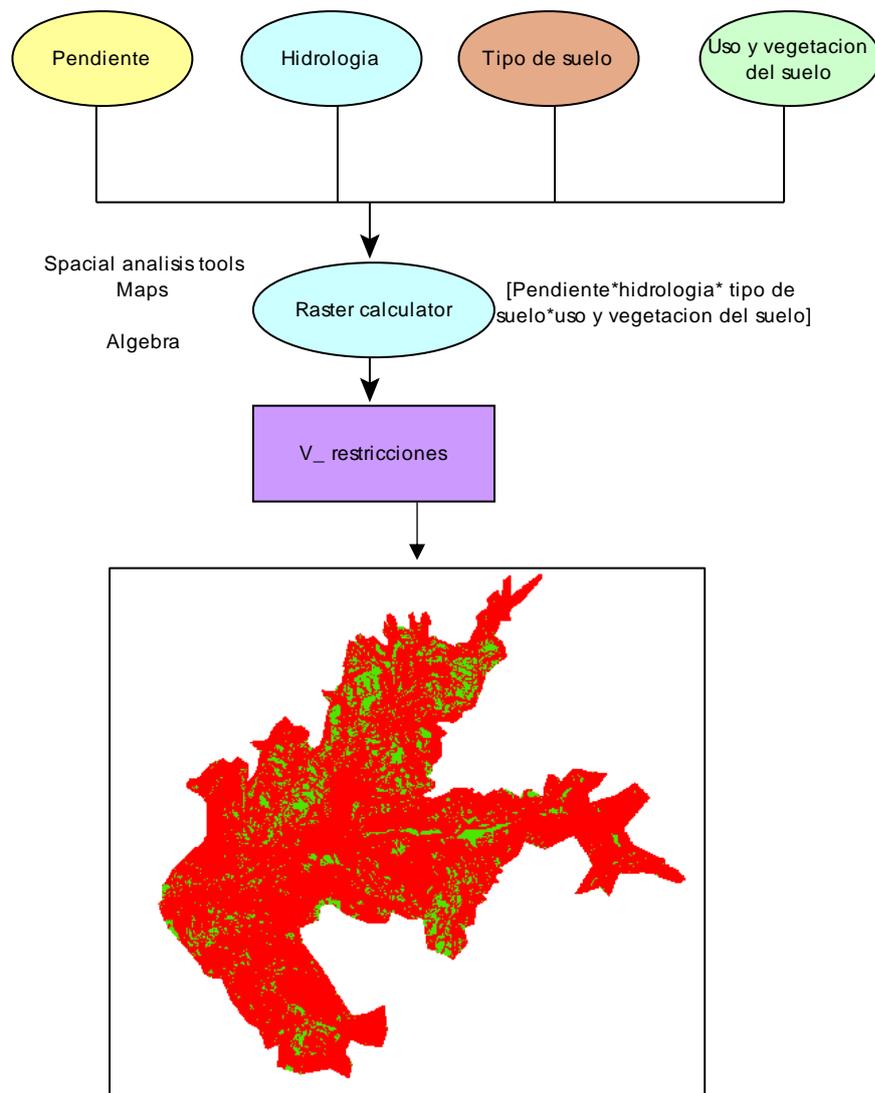
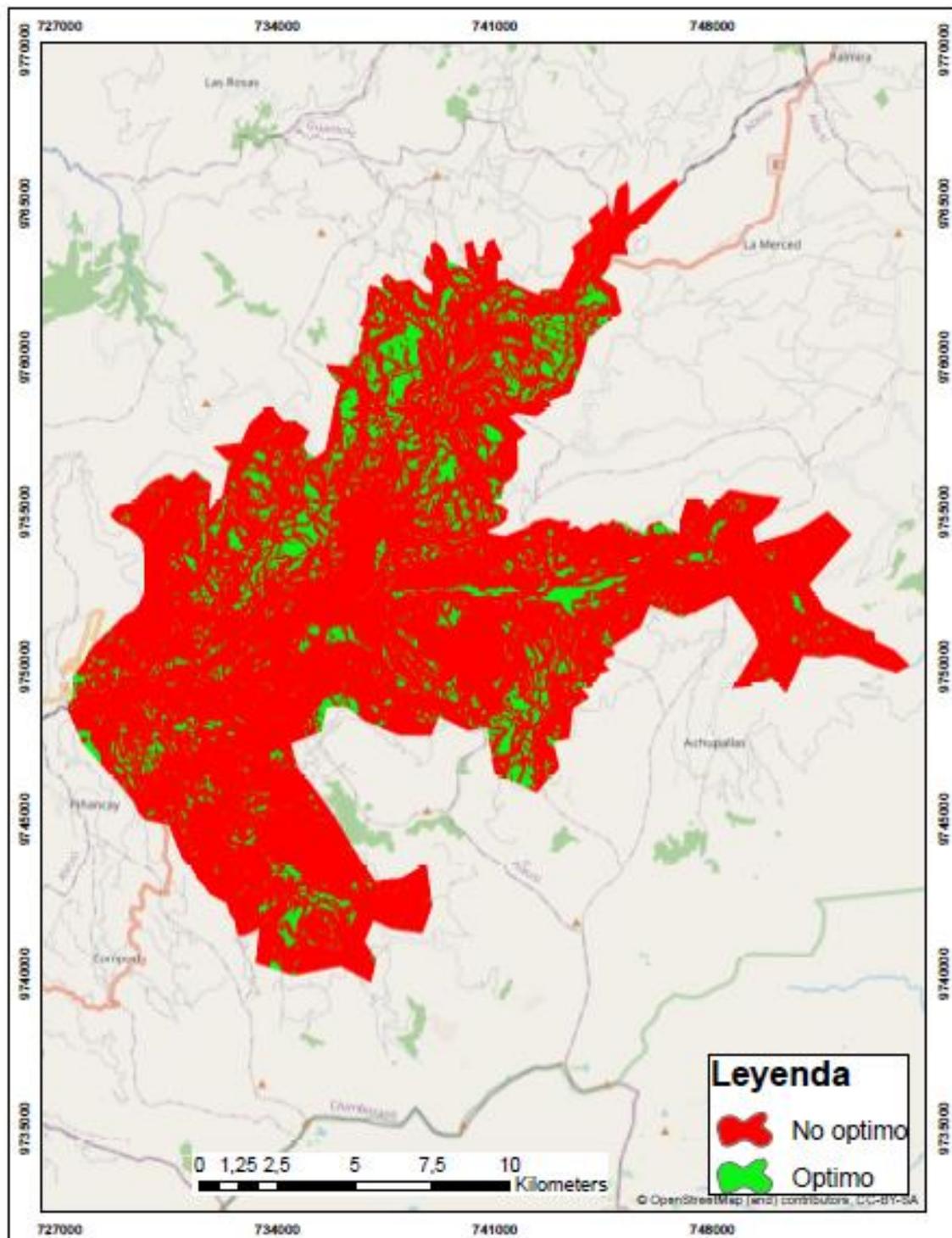


Figura 27

Variable restricción

Una vez generado el mapa de restricciones, convertir a polígono el raster de restricciones y calcular el área de cada polígono (ver figura 28).

Figura 28

Area de los poligonos

| FID | Shape * | Id | gridcode | Area |
|-----|---------|----|----------|-------------|
| 0 | Polygon | 1 | 1 | 273,865538 |
| 1 | Polygon | 2 | 1 | 1235,040283 |
| 2 | Polygon | 3 | 1 | 273,865538 |
| 3 | Polygon | 4 | 1 | 273,865538 |
| 4 | Polygon | 5 | 1 | 4328,638231 |
| 5 | Polygon | 6 | 1 | 273,865538 |
| 6 | Polygon | 7 | 1 | 273,865538 |
| 7 | Polygon | 8 | 1 | 546,154995 |
| 8 | Polygon | 9 | 1 | 825,655894 |
| 9 | Polygon | 10 | 1 | 546,154995 |
| 10 | Polygon | 11 | 1 | 273,865538 |
| 11 | Polygon | 12 | 1 | 1074,761291 |
| 12 | Polygon | 13 | 1 | 546,154995 |
| 13 | Polygon | 14 | 1 | 539,942229 |
| 14 | Polygon | 15 | 1 | 273,865538 |
| 15 | Polygon | 16 | 1 | 273,865538 |
| 16 | Polygon | 17 | 1 | 273,865538 |
| 17 | Polygon | 18 | 1 | 938,73118 |
| 18 | Polygon | 19 | 1 | 2191,565307 |
| 19 | Polygon | 20 | 1 | 273,865538 |
| 20 | Polygon | 21 | 1 | 6672,030462 |
| 21 | Polygon | 22 | 1 | 273,865538 |
| 22 | Polygon | 23 | 1 | 6319,394066 |
| 23 | Polygon | 24 | 1 | 546,154995 |
| 24 | Polygon | 25 | 1 | 273,865538 |
| 25 | Polygon | 26 | 1 | 273,865538 |
| 26 | Polygon | 27 | 1 | 273,865538 |
| 27 | Polygon | 28 | 1 | 273,865538 |
| 28 | Polygon | 29 | 1 | 273,865538 |
| 29 | Polygon | 30 | 1 | 273,865538 |
| 30 | Polygon | 31 | 1 | 273,865538 |
| 31 | Polygon | 32 | 1 | 1902,930123 |
| 32 | Polygon | 33 | 1 | 400 |
| 33 | Polygon | 34 | 1 | 1276,955853 |
| 34 | Polygon | 35 | 1 | 400 |
| 35 | Polygon | 36 | 1 | 539,941528 |
| 36 | Polygon | 37 | 1 | 400 |

Cálculo del área por cada habitante

Una vez obtenida el área de cada polígono se calculó el área que deben acupar los habitantes en relación a, edificabilidad y areas verdes.

Para edificabilidad, del Censo de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales (INEC, 2012)se obtuvo el número habitantes tanto para Alausi, Chunchi y Guamote, cantones involucrados en el área de estudio.

Del Planeamiento Urbanistico de Galicia, en el apartado del tutuo 2 formulado por (Marinero Peral, 2015), se analizó el número de metros cuadrados que deben ocupar un número determinado de habitantes estableciendo que: en suelo urbano no consolidado de uso residencial, hotelero o terciario, el planeamiento no podrá contener determinaciones de las que resulte una superficie edificable total superior a los siguientes límites: con población superior a 20.000 habitantes e inferior a 50.000 habitantes: Un metro cuadrado edificable por cada metro cuadrado de suelo, se indica

también que para un sistema general de espacios libres y zonas verdes de dominio y uso públicos, en proporción no inferior a 15 metros cuadrados por cada 100 metros cuadrados edificables de uso residencial.

El Instituto Ecuatoriano de Normalización la guía de practica y guía de normas mínimas de urbanización establece que para edificabilidad lo mínimo necesario por individuo es de al menos 10 m² (INEN, 2015)

Para áreas verdes se tomó en cuenta lo establecido por el planeamiento urbanístico de Galicia (Marinero Peral, 2015) y en consideración, lo indicado por el índice verde urbano que es el cálculo de los metros cuadrados de áreas verdes que existen por cada habitante en las ciudades. La Organización Mundial de la Salud recomienda un parámetro internacional, para todas las urbes, de 9 metros cuadrados por cada habitante (OMS, 2009).

Una vez terminados los parámetros necesarios se realizó los cálculos correspondientes en Excel donde se calculó la superficie tanto en áreas verdes como en edificabilidad donde para edificabilidad se multiplicó el número de habitantes de cada cantón por el área mínima ocupada por habitante que es 10m².

$$Fórmula = N^{\circ} \text{ habitantes} * \text{área que ocupa cada habitante}$$

Alausí

$$edificabilidad = 44.089 * 10m^2$$

$$edificabilidad = 440.890$$

Chunchi

$$edificabilidad = 12.686 * 10m^2$$

$$edificabilidad = 126.860$$

Guamote

$$edificabilidad = 45.153 * 10m^2$$

$$edificabilidad = 451.530$$

Para el cálculo de áreas verdes se tomó en cuenta la superficie en edificabilidad obtenida anteriormente y se multiplicó por 0.15 que vendría a ser el área ocupada por la población.

$$\text{Fórmula} = S.\text{edificabilidad} * \text{área que ocupa cada habitante}$$

Alausí

$$\text{áreas verdes} = 440.89 * 0.15$$

$$\text{áreas verdes} = 661.335$$

Chunchi

$$\text{áreas verdes} = 126.86 * 0.15m^2$$

$$\text{áreas verdes} = 190.29$$

Guamote

$$\text{áreas verdes} = 451.53 * 0.15m^2$$

$$\text{áreas verdes} = 677.295$$

Finalmente se realizó una suma general de los dos indicadores, se obtuvo el área que debe tener cada una de las tres poblaciones mencionadas para su reubicación, se comparó y seleccionó únicamente las áreas mayores o iguales al valor obtenido de la suma (ver tabla 5).

Tabla 5

Tabla resumen del área ocupada por cada habitante

| Cantones | Habitantes | Superficie en áreas verdes | Superficie en edificabilidad | Suma área |
|-----------------|-----------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|------------------|
| Alausí | 44089 >20.000 <50.000 | 66133.5 | 440890 | 507023.5 |
| Chunchi | 12686 >5.000 <20.000 | 19029 | 126860 | 145889 |
| Guamote | 45153 >20.000 <50.000 | 67729.5 | 451530 | 519259.5 |
| | | | TOTAL | 1172172 |

Una vez calculo el valor en área que debe tener cada una de las parcelas siendo 1172172m, convertimos en centroides cada polígono generado anteriormente (ver figura 29), usamos la herramienta point densiti (ver figura 30).

Figura 29

Centroides de cada polígono

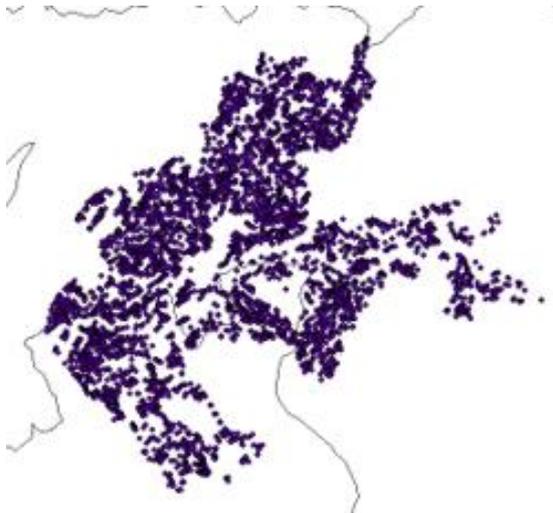
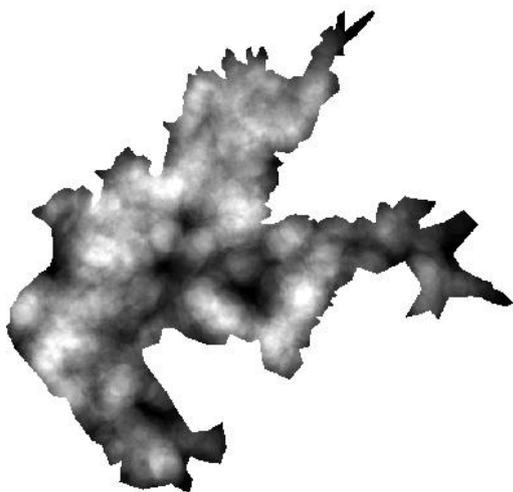


Figura 30

Point density



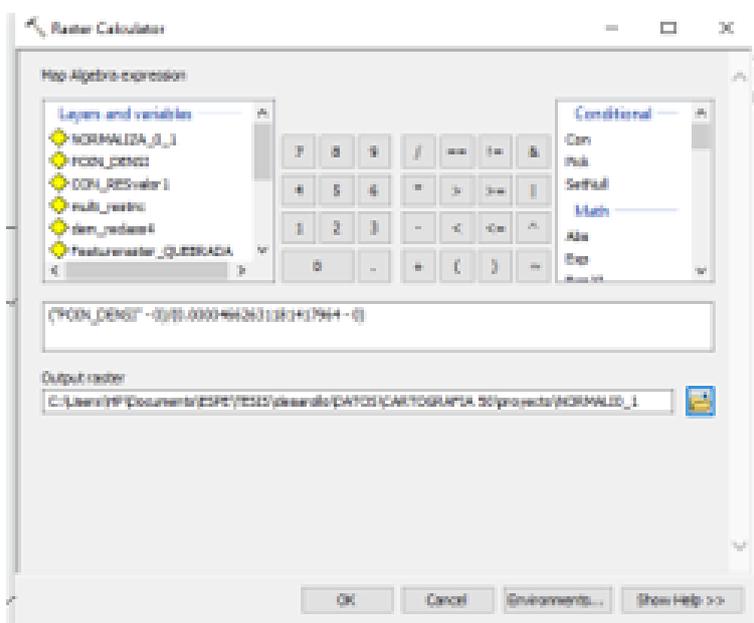
Para obtener valores con sentido, es necesario aplicar una normalización utilizando la siguiente formula en la herramienta raster calculator (ver figura 31):

Formula

Normalizar = ("POIN_DENSI" - valor mínimo) / (valor máximo-valor mínimo)

Figura 31

Cálculo de la normalización



Una vez normalizado los valores, con la herramienta reclassify, clasificar en 5 clases donde las partes que están de color celeste tienen as del 65% de ser adecuados (ver figura 32).

Figura 32

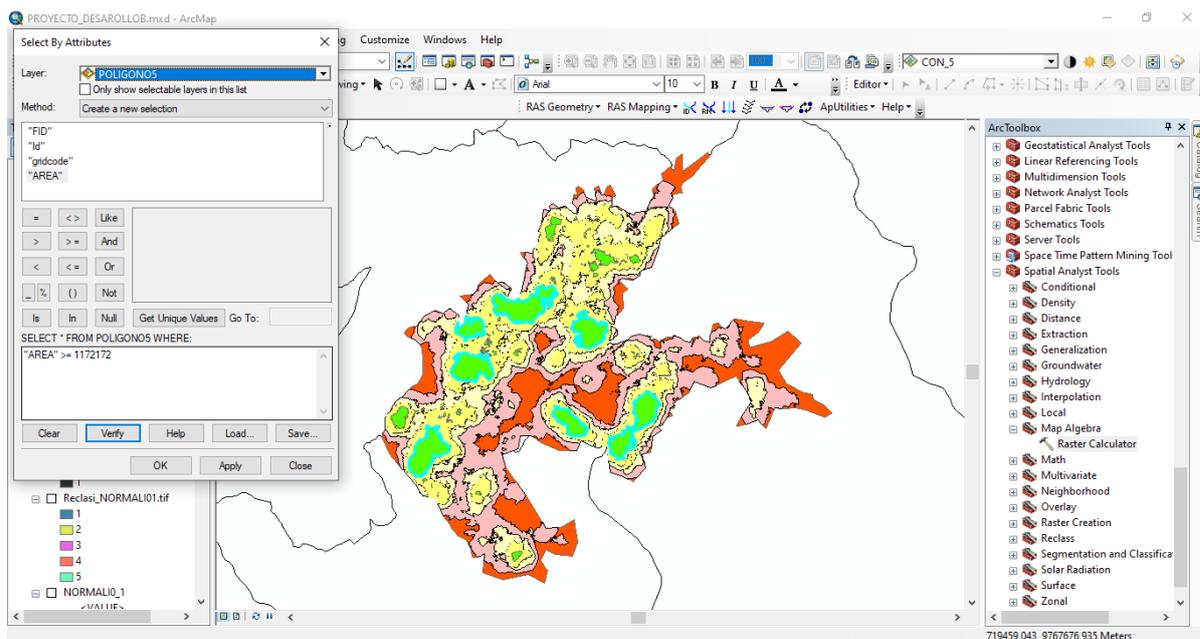
Reclasificación 5 clases



Convertir a polígonos y determinar el área de cada uno de ellos y de esa manera seleccionar únicamente los polígonos que sean mayores o iguales a 1172172 valor encontrado anteriormente ver tabla 5, dando como resultado las parcelas posibles a relocalizar (ver figura 33).

Figura 33

Selección de polígonos

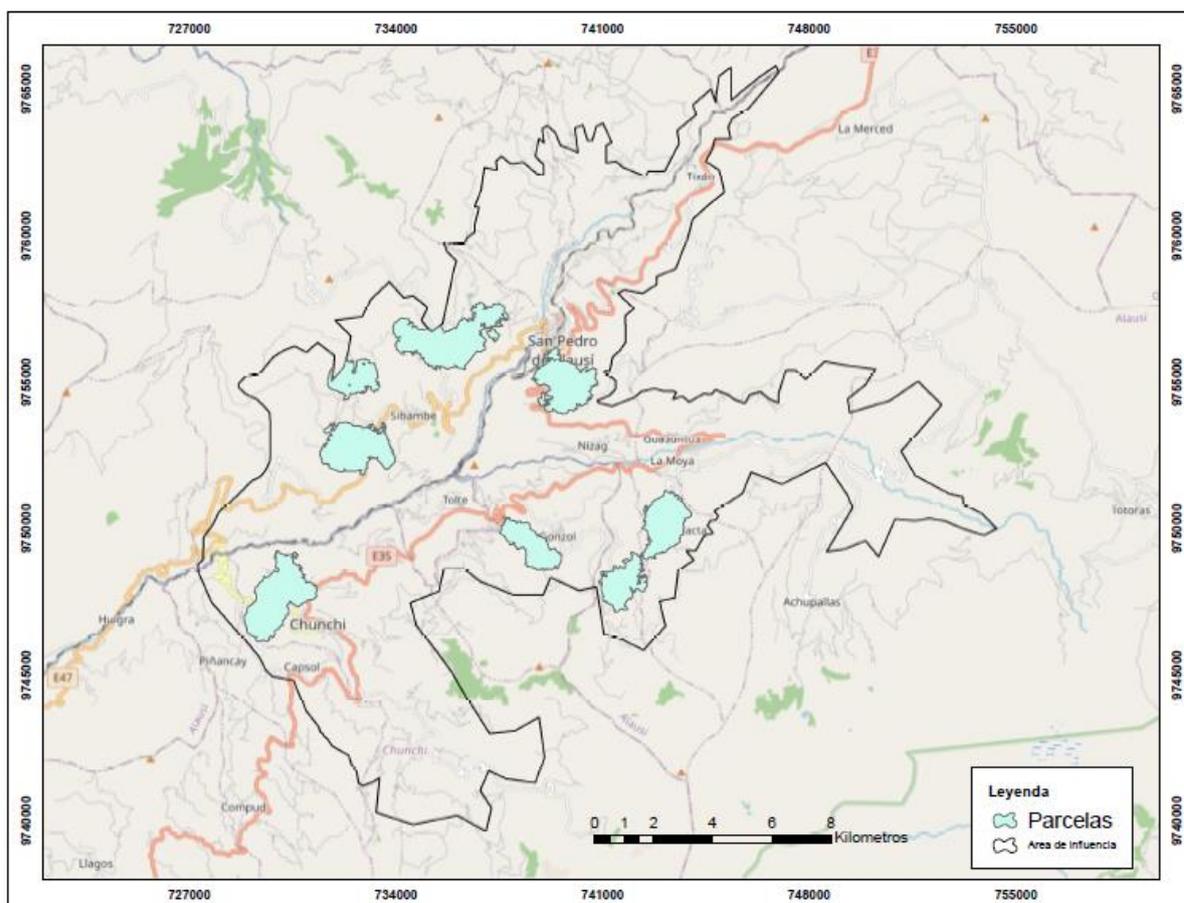


Posibles sitios adecuados

En la figura 34 se muestra los 7 posibles sitios para la relocalización de la población.

Figura 34

Posibles parcelas a relocalizar



Análisis de indicadores

Los indicadores que se van a analizar son: riesgos, accesibilidad, cuenca visual, forma, área.

Análisis de riesgo

El análisis se realiza en base al modelo Fuzzy propuesto por el Ingeniero Oswaldo Padilla y generado por las ingenieras Mayra Iguago y Daniela Cabascango en su proyecto de grado denominado “Estimación de la susceptibilidad a deslizamientos en el área de los ríos Guasuntos, Picay y Chanchan, provincia del Chimborazo, utilizando técnicas geoespaciales, como insumo para los PDOT de los cantones” donde con la herramienta ráster calculator se multiplica el modelo con las posibles zonas (ver figura 36).

Este análisis es de mucha importancia para el proyecto ya que ayuda para determinar el riesgo a deslizamiento que tiene cada una de las posibles zonas a relocalizar (ver tabla 6).

Figura 36

Mapa cartográfico análisis de riesgo

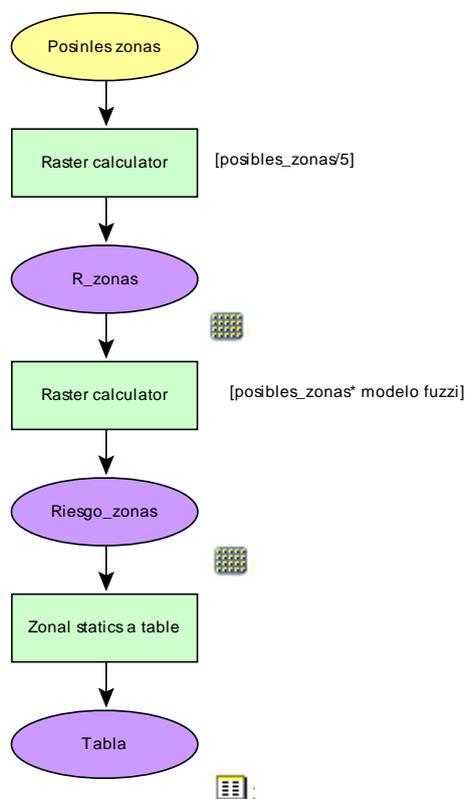
**Tabla 6**

Tabla del análisis de riesgo para cada parcela posible a relocalizar

| PARCELA | AREA | MIN | MAX | RANGE | MEAN | STD | SUM |
|-----------|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| Parcela 1 | 4,349,552.119 | 0.543946 | 0.719209 | 0.175263 | 0.646326 | 0.030832 | 255.29860 |
| Parcela 2 | 1,442,509.690 | 0.51884 | 0.666531 | 0.14769 | 0.58001 | 0.032485 | 75.981249 |
| Parcela 3 | 2,818,950.234 | 0.569284 | 0.729342 | 0.160058 | 0.63169 | 0.023979 | 161.71252 |
| Parcela 4 | 3,171,319.013 | 0.550848 | 0.723949 | 0.173101 | 0.603576 | 0.033801 | 173.83002 |
| Parcela 5 | 1,816,901.518 | 0.624185 | 0.696284 | 0.072099 | 0.653124 | 0.014742 | 107.76548 |
| Parcela 6 | 4,118,310.108 | 0.527216 | 0.784098 | 0.256881 | 0.599038 | 0.042681 | 224.04029 |
| Parcela 7 | 3,765,941.328 | 0.579439 | 0.766884 | 0.187445 | 0.63423 | 0.046631 | 216.90670 |

Análisis de accesibilidad

La accesibilidad es una variable muy importante en la ejecución del proyecto, debido a que se necesita saber cuál es la factibilidad que tienen las poblaciones de moverse de un lugar a otro.

Para el procesamiento de la red, se realizó la corrección topológica de la red vial, donde, se encuentran las vías de primer, segundo y tercer orden con su respectiva velocidad y distancia (ESRI, 2019). Para calcular el tiempo en minutos se utilizó la siguiente fórmula:

$$t \text{ (minutos)} = \frac{\text{Distancia (m)} * 60}{1000 * \text{velocidad} \left(\frac{m}{s}\right)}$$

Sea crea los campos necesarios en la siguiente tabla 37:

Figura 37

Tabla de campos

| hct_desc | Meters | Oneway | Hierarchy | Ft_Minutes | Tf_Minutes | VELOCIDAD | FNODES | TNODES | Shape_Length |
|-----------------|-------------|--------|-----------|------------|------------|-----------|--------|--------|--------------|
| RUTA LOCAL | 1640,686585 | BI | 3 | 2,46103 | 2,46103 | 40 | 0 | 0 | 1640,686585 |
| RUTA SECUNDARIA | 49813,94741 | BI | 2 | 49,813947 | 49,813947 | 60 | 0 | 0 | 49813,94741 |
| RUTA SECUNDARIA | 5929,492173 | BI | 2 | 5,929492 | 5,929492 | 60 | 0 | 0 | 5929,492173 |
| RUTA PRIMARIA | 89,48475 | BI | 1 | 0,067114 | 0,067114 | 80 | 0 | 0 | 89,48475 |
| RUTA LOCAL | 79,706587 | BI | 3 | 0,11956 | 0,11956 | 40 | 0 | 0 | 79,706587 |
| RUTA LOCAL | 166,215595 | BI | 3 | 0,249323 | 0,249323 | 40 | 0 | 0 | 166,215595 |
| RUTA SECUNDARIA | 760,354847 | BI | 2 | 0,760355 | 0,760355 | 60 | 0 | 0 | 760,354847 |
| RUTA PRIMARIA | 44,895729 | BI | 1 | 0,033672 | 0,033672 | 80 | 0 | 0 | 44,895729 |
| RUTA PRIMARIA | 419,77853 | BI | 1 | 0,314834 | 0,314834 | 80 | 0 | 0 | 419,77853 |
| RUTA PRIMARIA | 16,241641 | BI | 1 | 0,012181 | 0,012181 | 80 | 0 | 0 | 16,241641 |
| RUTA PRIMARIA | 82,446742 | BI | 1 | 0,061835 | 0,061835 | 80 | 0 | 0 | 82,446742 |
| RUTA PRIMARIA | 4945,280006 | BI | 1 | 3,70896 | 3,70896 | 80 | 0 | 0 | 4945,280006 |
| RUTA PRIMARIA | 2477,207248 | BI | 1 | 1,857905 | 1,857905 | 80 | 0 | 0 | 2477,207248 |
| RUTA PRIMARIA | 70,038042 | BI | 1 | 0,052529 | 0,052529 | 80 | 0 | 0 | 70,038042 |
| RUTA PRIMARIA | 41,208982 | BI | 1 | 0,030907 | 0,030907 | 80 | 0 | 0 | 41,208982 |
| RUTA LOCAL | 85,987316 | BI | 3 | 0,128981 | 0,128981 | 40 | 0 | 0 | 85,987316 |
| RUTA LOCAL | 89,824954 | BI | 3 | 0,134737 | 0,134737 | 40 | 0 | 0 | 89,824954 |
| RUTA LOCAL | 87,849686 | BI | 3 | 0,131775 | 0,131775 | 40 | 0 | 0 | 87,849686 |
| RUTA LOCAL | 100,429701 | BI | 3 | 0,150645 | 0,150645 | 40 | 0 | 0 | 100,429701 |
| RUTA LOCAL | 101,885047 | BI | 3 | 0,152828 | 0,152828 | 40 | 0 | 0 | 101,885047 |
| RUTA PRIMARIA | 886,720675 | BI | 1 | 0,665041 | 0,665041 | 80 | 0 | 0 | 886,720675 |
| RUTA PRIMARIA | 9935,747254 | BI | 1 | 7,45181 | 7,45181 | 80 | 0 | 0 | 9935,747254 |
| RUTA PRIMARIA | 8,212089 | BI | 1 | 0,006159 | 0,006159 | 80 | 0 | 0 | 8,212089 |
| RUTA PRIMARIA | 31,654164 | BI | 1 | 0,023741 | 0,023741 | 80 | 0 | 0 | 31,654164 |
| RUTA SECUNDARIA | 4972,720489 | BI | 2 | 4,97272 | 4,97272 | 60 | 0 | 0 | 4972,720489 |
| RUTA LOCAL | 79,136118 | BI | 3 | 0,118704 | 0,118704 | 40 | 0 | 0 | 79,136118 |
| RUTA LOCAL | 66,201589 | BI | 3 | 0,099302 | 0,099302 | 40 | 0 | 0 | 66,201589 |
| RUTA LOCAL | 66,144516 | BI | 3 | 0,099217 | 0,099217 | 40 | 0 | 0 | 66,144516 |
| RUTA LOCAL | 58,168611 | BI | 3 | 0,087253 | 0,087253 | 40 | 0 | 0 | 58,168611 |
| RUTA LOCAL | 54,068165 | BI | 3 | 0,081102 | 0,081102 | 40 | 0 | 0 | 54,068165 |
| RUTA LOCAL | 65,481836 | BI | 3 | 0,098223 | 0,098223 | 40 | 0 | 0 | 65,481836 |
| RUTA LOCAL | 83,713371 | BI | 3 | 0,12557 | 0,12557 | 40 | 0 | 0 | 83,713371 |
| RUTA LOCAL | 58,345279 | BI | 3 | 0,087518 | 0,087518 | 40 | 0 | 0 | 58,345279 |
| RUTA PRIMARIA | 2331,216368 | BI | 1 | 1,748412 | 1,748412 | 80 | 0 | 0 | 2331,216368 |
| RUTA LOCAL | 78,69486 | BI | 3 | 0,118042 | 0,118042 | 40 | 0 | 0 | 78,69486 |
| RUTA LOCAL | 120,472979 | BI | 3 | 0,180709 | 0,180709 | 40 | 0 | 0 | 120,472979 |

Topología

Una topología se basa en un conjunto de clases de entidad que se encuentran en un dataset de entidades común. Cada nueva topología se agrega al dataset de entidades que contiene las clases de entidad y otros elementos de datos (ESRI, 2021).

Para realizar la topología se debe iniciar creando un geodatabase con el archivo vías (ver figura 38), y se procede a crear las reglas con las que vamos a arreglar la topología, en este caso son 7 (ver figura 39).

Figura 38

Creación de la geodatabase

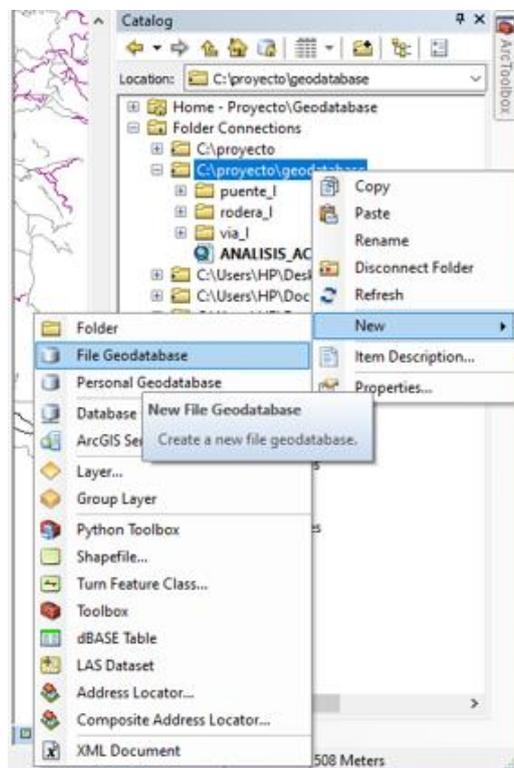
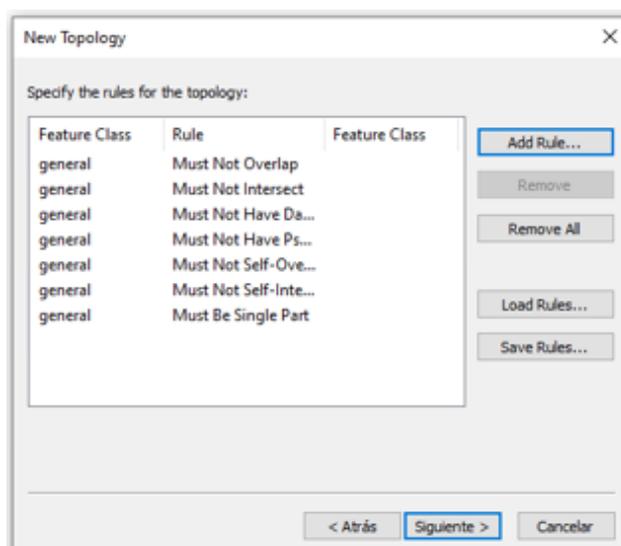


Figura 39

Reglas topológicas

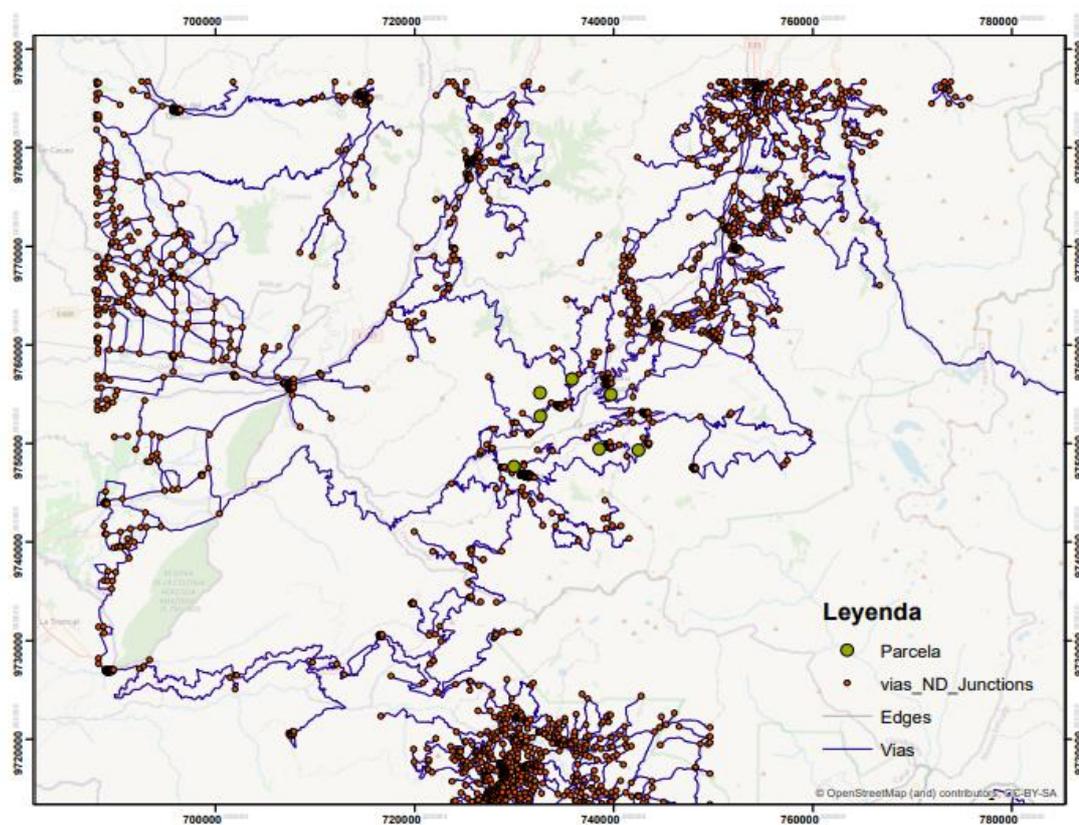


Análisis de redes

Continuando con el análisis de redes, con la herramienta network analyst se realizó el cálculo de accesibilidad. Partiendo de la creación de un network dataset el cual permite generar la red vial (ver figura 40).

Figura 40

Generación de red vial a través de network dataset



Utilizando la herramienta New OD cost matrix para generar líneas de conexión entre los puntos, tomando como origen los centroides de las parcelas y como destino los puntos de las vías la red creada para finalmente exponer en el campo Total_Minutes el tiempo que tiene desde cada parcela hasta cada punto (ver figura 41).

Figura 41

Total_Minutes

| ObjectID | Shape | Name | OriginID | DestinationID | DestinationRank | Total_Minutes |
|----------|----------|----------------------------|----------|---------------|-----------------|---------------|
| 1 | Polyline | Location 1 - Location 1425 | 1 | 1425 | 1 | 0.293338 |
| 2 | Polyline | Location 1 - Location 1455 | 1 | 1455 | 2 | 1.394495 |
| 3 | Polyline | Location 1 - Location 1418 | 1 | 1418 | 3 | 4.740797 |
| 4 | Polyline | Location 1 - Location 1495 | 1 | 1495 | 4 | 4.77534 |
| 5 | Polyline | Location 1 - Location 1348 | 1 | 1348 | 5 | 5.186714 |
| 6 | Polyline | Location 1 - Location 1411 | 1 | 1411 | 6 | 5.888751 |
| 7 | Polyline | Location 1 - Location 1405 | 1 | 1405 | 7 | 6.23951 |
| 8 | Polyline | Location 1 - Location 1398 | 1 | 1398 | 8 | 6.265933 |
| 9 | Polyline | Location 1 - Location 1404 | 1 | 1404 | 9 | 6.326328 |
| 10 | Polyline | Location 1 - Location 1396 | 1 | 1396 | 10 | 6.362758 |
| 11 | Polyline | Location 1 - Location 1395 | 1 | 1395 | 11 | 6.368315 |
| 12 | Polyline | Location 1 - Location 1372 | 1 | 1372 | 12 | 6.580767 |
| 13 | Polyline | Location 1 - Location 1371 | 1 | 1371 | 13 | 6.592949 |
| 14 | Polyline | Location 1 - Location 1393 | 1 | 1393 | 14 | 6.597604 |
| 15 | Polyline | Location 1 - Location 1397 | 1 | 1397 | 15 | 6.622833 |
| 16 | Polyline | Location 1 - Location 1389 | 1 | 1389 | 16 | 6.646906 |
| 17 | Polyline | Location 1 - Location 1369 | 1 | 1369 | 17 | 6.654784 |
| 18 | Polyline | Location 1 - Location 1378 | 1 | 1378 | 18 | 6.687325 |
| 19 | Polyline | Location 1 - Location 1391 | 1 | 1391 | 19 | 6.71613 |
| 20 | Polyline | Location 1 - Location 1367 | 1 | 1367 | 20 | 6.723444 |
| 21 | Polyline | Location 1 - Location 1366 | 1 | 1366 | 21 | 6.726436 |

Una vez obtenida la tabla con los minutos de cada parcela a los puntos de la red vial, se realiza un promedio donde nos da como resultado el promedio total de los minutos que tiene cada parcela (ver tabla 7).

Tabla 7

Tabla del análisis de accesibilidad

| PARCELA | MINUTOS |
|----------|----------|
| 1 | 63.08141 |
| 2 | 61.23661 |
| 3 | 63.06799 |
| 4 | 63.00698 |
| 5 | 66.64697 |
| 6 | 72.32470 |
| 7 | 62.75828 |

Análisis de la Cuenca Visual

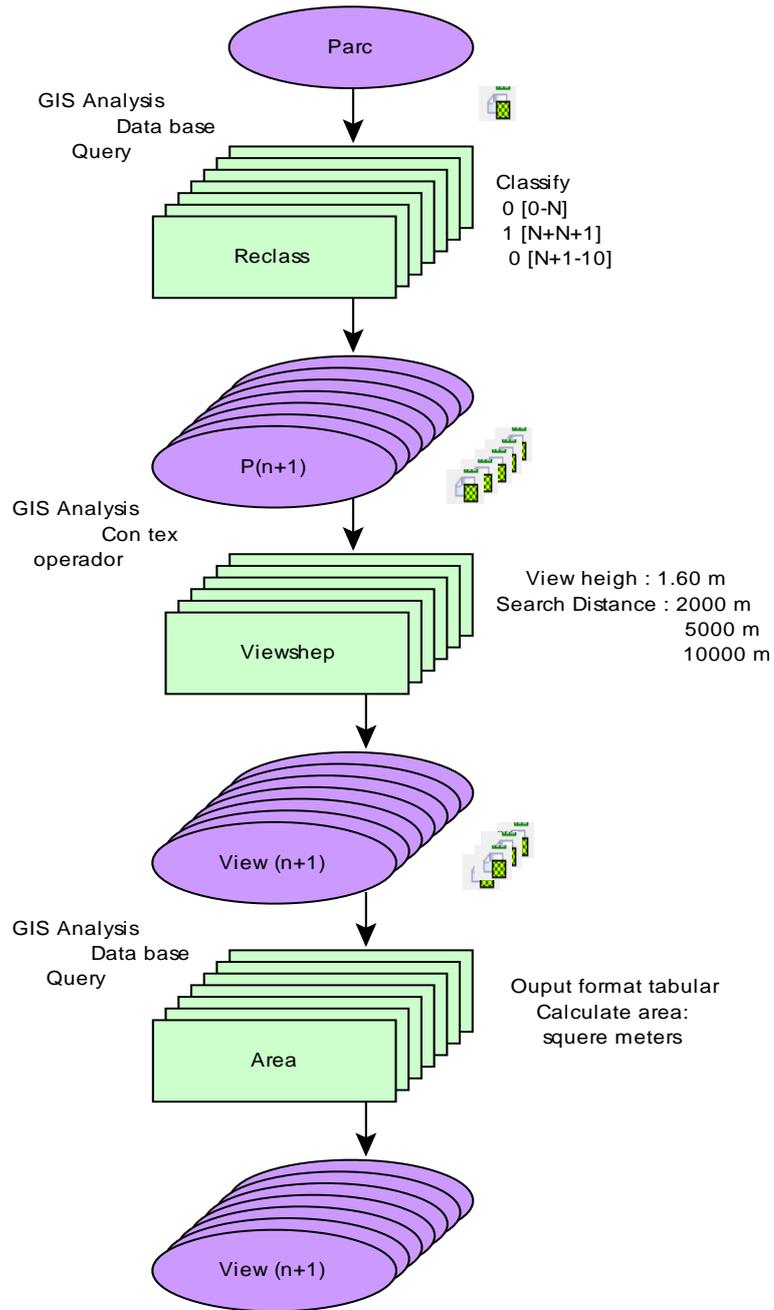
La cuenca visual se refiere al análisis del paisaje y su afectación, ayudando a encontrar áreas visibles desde cualquier punto de la parcela a una distancia determinada.

Identifica todas las celdas visibles desde una o más celdas de punto de vista situadas sobre una superficie, y puede calcular la proporción de las celdas de punto de vista desde las cuales es visible una celda de vista (ESRI, 2019)

El cálculo de la cuenca visual se realizó para radios de 2, 5 y 10 kilómetros para cada parcela, comenzando con una reclasificación, posteriormente se hizo uso de la herramienta viewshed determinado así el área de cada cuenca visual (ver figura 42).

Figura 42

Mapa cartográfico del cálculo de la cuenca visual



| | |
|----------|---------|
| PARCELA1 | 343719 |
| PARCELA2 | 827235 |
| PARCELA3 | 377397 |
| PARCELA4 | 2057130 |
| PARCELA5 | 3037329 |
| PARCELA6 | 2572632 |
| PARCELA7 | 1903806 |

Tabla 8*Cuadro con valores de la cuenca visual con radio de 2km*

| <i>2KM</i> | |
|------------|---------|
| PARCELA 1 | 343719 |
| PARCELA 2 | 827235 |
| PARCELA 3 | 377397 |
| PARCELA 4 | 2057130 |
| PARCELA 5 | 3037329 |
| PARCELA 6 | 2572632 |
| PARCELA 7 | 1903806 |

Tabla 9*Cuadro con valores de la cuenca visual con radio de 5km*

| <i>5KM</i> | |
|------------|----------|
| PARCELA 1 | 8367435 |
| PARCELA 2 | 4732317 |
| PARCELA 3 | 9674568 |
| PARCELA 4 | 11416113 |
| PARCELA 5 | 7624503 |
| PARCELA 6 | 5516919 |
| PARCELA 7 | 7464933 |

Tabla 10*Cuadro con valores de la cuenca visual con radio de 10km*

| <i>10KM</i> | |
|-------------|----------|
| PARCELA 1 | 36449514 |
| PARCELA 2 | 33470523 |
| PARCELA 3 | 23380947 |
| PARCELA 4 | 23883543 |
| PARCELA 5 | 23841423 |
| PARCELA 6 | 11336571 |
| PARCELA 7 | 12770955 |

Forma

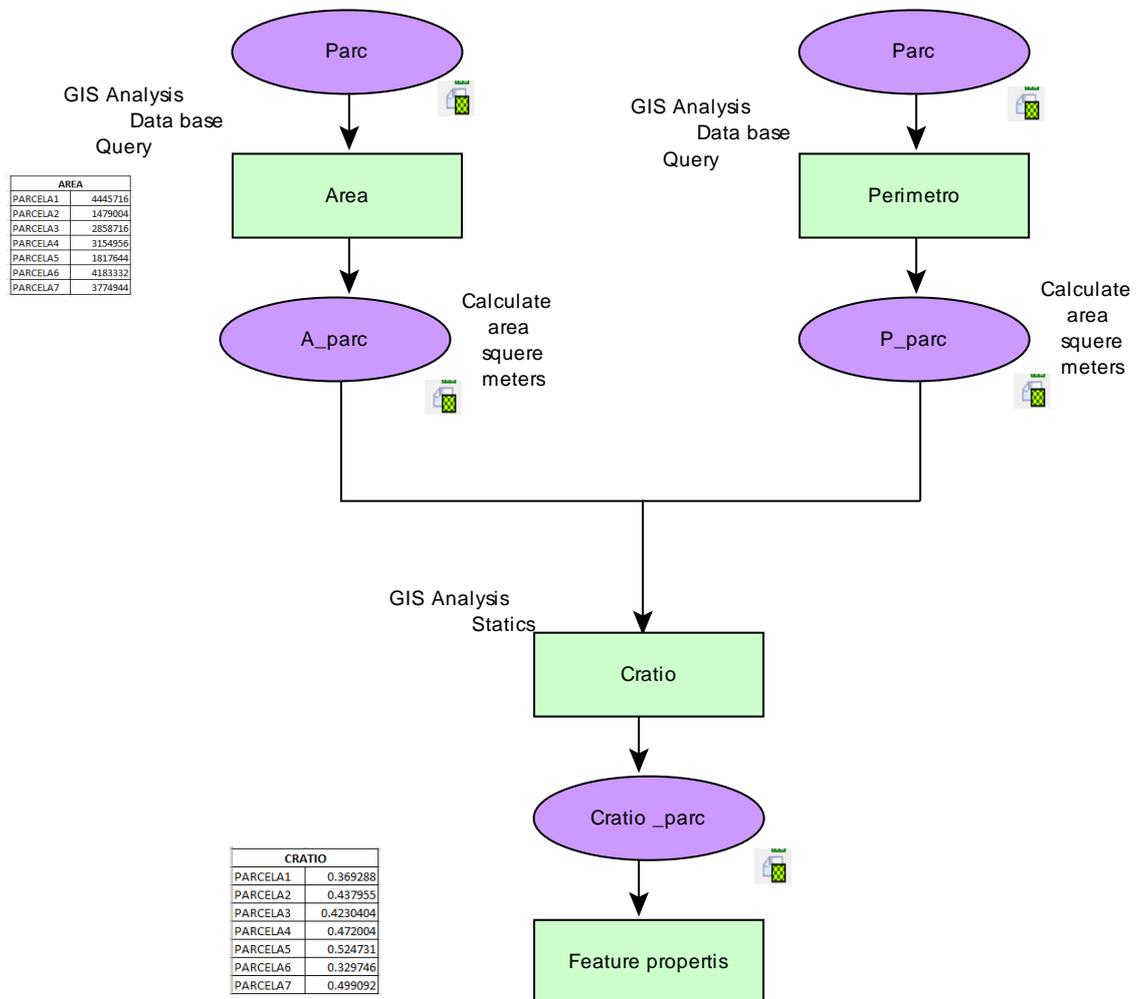
La forma de cada parcela tiene como finalidad alcanzar una geometría adecuada que sea lo más cuadrada posible para su implementación. En el software Idrisi se aplicó el cálculo para encontrar la forma de la parcela (ver figura 43), utilizando la fórmula:

Fórmula para calcular el Cratio:

$$Cratio = \sqrt{\frac{\text{Área de la parcela}}{\text{Área de la circunferencia (mismo perímetro de la parcela)}}$$

Figura 43

Mapa cartográfico para cálculo del cratio



Uso de suelo

El uso de suelo es el ultimo indicador a considerar, con la finalidad de determinar el uso de suelo presente en cada una de las siete parcelas analizadas. Se realizó una intersección con el shape de uso de suelo y las parcelas (ver tabla 11).

Figura 44

Mapa cartográfico para cálculo del uso de suelo en cada parcela

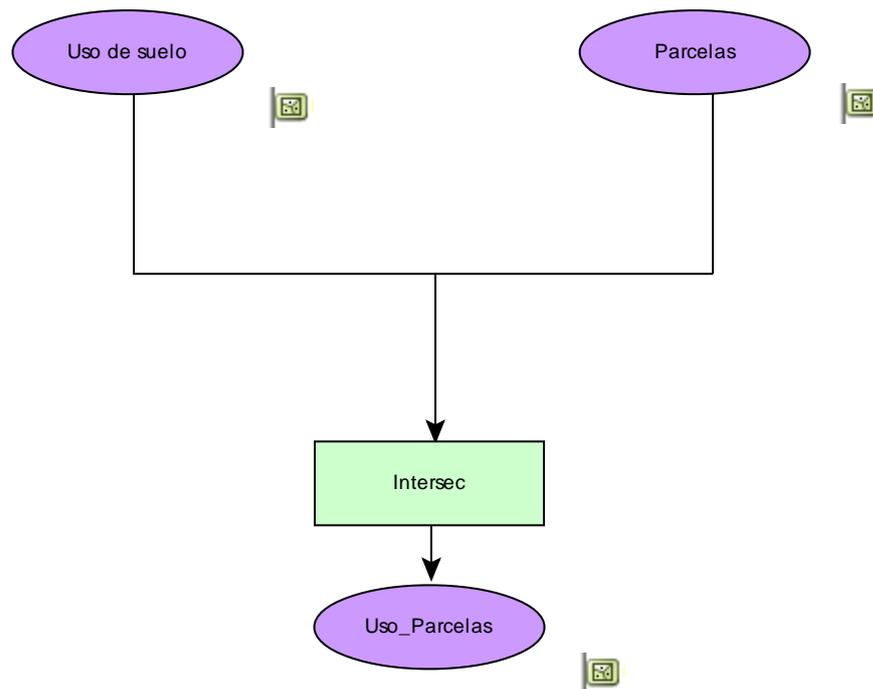


Tabla 11

Tabla de las parcelas con sus respectivo uso de suelo

| PARCELA | USO_SUELO |
|---------|-------------------------|
| 1 | Cultivos de Ciclo Corto |
| | Pasto Cultivado |
| 2 | Cultivos de Ciclo Corto |
| | Pasto Cultivado |
| 3 | Cultivos de Ciclo Corto |
| | Pasto Cultivado |
| 4 | Cultivos de Ciclo Corto |
| | Pasto Cultivado |
| 5 | Cultivos de Ciclo Corto |
| 6 | Cultivos de Ciclo Corto |
| 7 | Cultivos de Ciclo Corto |

Se encontró el valor del uso de suelo para cada parcela que será tomado encuesta dentro de la matriz resumen construida y se consideró la opinión de 5 expertos (ver tabla 12), donde cuatro de ellos son docentes de la Universidad y de la Carrera , su opinión fue considerada ya que poseen el criterio profesional requerido en el estudio, como por ejemplo, el Doctor Rodolfo Salazar es ingeniero Geografo, especialista en gestión del territorio y administración de tierras. La Ingeniera Ginella Jácomen su profesión como Geografa y del Medio Ambiente, especialista en Gestión territorial, planificación urbana y regional conocedora del tema. El doctor Oswaldo Padilla ingeniero Geografo tiene conocimiento amplio del tema relacionado, el Doctor Fabian Rodríguez es conocedor de toda la parte economica y su criterio es de mucha ayuda ya que desde su prespectiva social se puede obtener resultados interesantes y el ingeniero Raul Pavón es especialista ambiental y su criterio es importante para el desarrollo del proyecto.

Una vez obtenido el criterio de cada profesional se realiza los siguientes cálculos, del área total obtenida de cada parcela, se obtiene el porcentaje del area, se multiplica por el peso que los expertos asignaron y se obtine la resta y su promedio (ver tabla13)

Tabla 12

Valor de los expertos a este indicador

| | calificación de los expertos | | | | | promedio |
|----------------------------|------------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
| | Experto 1 | Experto 2 | Experto 3 | Experto 4 | Experto5 | |
| cultivo ciclo corto | 70 | 75 | 70 | 70 | 70 | 71 |
| pasto cultivado | 30 | 25 | 30 | 30 | 30 | 29 |

Tabla 13*Cálculo del promedio*

| PARCELA | USO_SUELO | AREA TOTAL | AREA PARCELA | % | suma % | * | resta | promedio |
|---------|-------------------------|------------|--------------|--------|--------|----------|----------|----------|
| 1 | Cultivos de Ciclo Corto | 4430060 | 194695.150 | 4.395 | 100 | 312.035 | 3084.429 | 30.844 |
| | Pasto Cultivado | | 4235126.999 | 95.600 | | 2772.393 | | |
| 2 | Cultivos de Ciclo Corto | 1488090 | 956312.894 | 64.264 | 100 | 4562.776 | 7335.169 | 73.352 |
| | Pasto Cultivado | | 531103.088 | 35.690 | | 1035.017 | | |
| 3 | Cultivos de Ciclo Corto | 2856890 | 1973918.597 | 69.093 | 100 | 4905.622 | 5801.914 | 58.019 |
| | Pasto Cultivado | | 882967.899 | 30.907 | | 896.292 | | |
| 4 | Cultivos de Ciclo Corto | 3163480 | 2519026.541 | 79.628 | 100 | 5653.612 | 6244.388 | 62.444 |
| | Pasto Cultivado | | 644451.292 | 20.372 | | 590.776 | | |
| 5 | Cultivos de Ciclo Corto | 1819380 | 1819384.726 | 100 | 100 | 7100.018 | 7100.018 | 71.000 |
| 6 | Cultivos de Ciclo Corto | 4179430 | 4179429.252 | 100 | 100 | 7099.999 | 7099.999 | 71.000 |
| 7 | Cultivos de Ciclo Corto | 3770360 | 3770359.940 | 100 | 100 | 7100.000 | 7100.000 | 71.000 |

Análisis de los indicadores que intervienen para encontrar la parcela óptima para la relocalización.

Una vez encontrados los valores de cada uno de los indicadores precedemos a realizar una tabla resumen tomando cuenta: área, forma, accesibilidad, cuenca visual, riesgo y el promedio ponderado. Posteriormente se realiza una normalización de la siguiente manera: tomamos el máximo valor de cada columna y lo dividimos para cada uno.

Tabla 14*Tabla resumen con valores normalizados*

| P | Área | Forma | Riesgo | | Accesibilidad minutos | Cuenca visual | | | Uso de suelo |
|---|----------|---------|---------|---------|--------------------------|---------------|----------|----------|-----------------|
| | | | MAX | MEAN | | 2km | 5km | 10km | |
| 1 | 1 | 0.70377 | 0.91724 | 0.98959 | 0.87220 | 0.113164 | 0.732949 | 1 | 0.308 |
| 2 | 0.332680 | 0.83463 | 0.85006 | 0.88805 | 0.84669 | 0.272356 | 0.414529 | 0.918270 | 0.734 |
| 3 | 0.643027 | 0.80620 | 0.93017 | 0.96718 | 0.87201 | 0.124252 | 0.847448 | 0.641461 | 0.580 |
| 4 | 0.709662 | 0.89952 | 0.92329 | 0.92414 | 0.87117 | 0.677282 | 1 | 0.655249 | 0.624 |
| 5 | 0.408852 | 1.00000 | 0.88801 | 1.00000 | 0.92150 | 1 | 0.667872 | 0.654094 | 0.710 |
| 6 | 0.940980 | 0.62841 | 1.00000 | 0.91719 | 1.00000 | 0.847004 | 0.483257 | 0.311021 | 0.710 |
| 7 | 0.849119 | 0.95114 | 0.97805 | 0.97107 | 0.86773 | 0.626802 | 0.653894 | 0.350373 | 0.710 |

Asignamos si el indicador es inverso o directo, tener en cuenta que los indicadores mientras mayores sean en algunos casos son más adecuados para instalación de la instalación en otro caso contrario si son más altos son menos favorables por ejemplo la accesibilidad es directa mientras más alta es mejor, cuenca visual es directa al igual que el área y la forma para estos indicadores no se aplica el inverso, el riesgo y el promedio ponderado son indirecto en este caso si se aplica el cálculo inverso.

Tabla 15*Cálculo inverso de cada criterio*

| PARCELAS | AREA | FORMA | RIESGO | | ACCESIBILIDAD minutos | CUENCA VISUAL | | | USO DE SUELO |
|----------|------|-------|--------|------|--------------------------|---------------|------|------|-----------------|
| | | | MAX | MEAN | | 2km | 5km | 10km | |
| | | | D | D | | I | I | D | |
| 1 | 1.00 | 0.70 | 0.08 | 0.01 | 0.87 | 0.11 | 0.73 | 1.00 | 0.69 |
| 2 | 0.33 | 0.83 | 0.15 | 0.11 | 0.85 | 0.27 | 0.41 | 0.92 | 0.27 |
| 3 | 0.64 | 0.81 | 0.07 | 0.03 | 0.87 | 0.12 | 0.85 | 0.64 | 0.42 |
| 4 | 0.71 | 0.90 | 0.08 | 0.08 | 0.87 | 0.68 | 1.00 | 0.66 | 0.38 |
| 5 | 0.41 | 1.00 | 0.11 | 0.00 | 0.92 | 1.00 | 0.67 | 0.65 | 0.29 |
| 6 | 0.94 | 0.63 | 0.00 | 0.08 | 1.00 | 0.85 | 0.48 | 0.31 | 0.29 |
| 7 | 0.85 | 0.95 | 0.02 | 0.03 | 0.87 | 0.63 | 0.65 | 0.35 | 0.29 |

Una vez hecho el cálculo inverso de la matriz resumen se realizó el cálculo del promedio total de cada una de las parcelas en base a cada una de las variables, y se obtuvo una primera aproximación, ver tabla 16.

Primera Aproximación**Tabla 16***Cálculo de la primera aproximación*

| P | Área | Forma | Riesgo | | Accesibilidad minutos | Cuenca visual | | | Uso de suelo | Promedio ponderado | Ranking |
|----------|------|-------|--------|------|--------------------------|---------------|------|------|-----------------|-----------------------|---------|
| | | | MAX | MEAN | | 2km | 5km | 10km | | | |
| 1 | 1.00 | 0.70 | 0.08 | 0.01 | 0.87 | 0.11 | 0.73 | 1.00 | 0.69 | 0.5785 | 2.00 |
| 2 | 0.33 | 0.83 | 0.15 | 0.11 | 0.85 | 0.27 | 0.41 | 0.92 | 0.27 | 0.4608 | 7.00 |
| 3 | 0.64 | 0.81 | 0.07 | 0.03 | 0.87 | 0.12 | 0.85 | 0.64 | 0.42 | 0.4952 | 6.00 |
| 4 | 0.71 | 0.90 | 0.08 | 0.08 | 0.87 | 0.68 | 1.00 | 0.66 | 0.38 | 0.5934 | 1.00 |
| 5 | 0.41 | 1.00 | 0.11 | 0.00 | 0.92 | 1.00 | 0.67 | 0.65 | 0.29 | 0.5616 | 3.00 |
| 6 | 0.94 | 0.63 | 0.00 | 0.08 | 1.00 | 0.85 | 0.48 | 0.31 | 0.29 | 0.5093 | 5.00 |
| 7 | 0.85 | 0.95 | 0.02 | 0.03 | 0.87 | 0.63 | 0.65 | 0.35 | 0.29 | 0.5155 | 4.00 |

Analisis multicriterio

En el proyecto de investigación se aplicó el metodo de Saaty modificado propuesto por el PhD. Oswaldo Padilla para la ponderación de las variables.

Detrerminación de pesos mediante Saaty Modificado

Para la obtención de pesos se hace un análisis previo a las variables de estudio dependiendo su importancia, formando así matrices perfectas y llegando así a un coeficiente de consistencia perfecto (0). En este proyecto se dio valores de 1 a 9, siendo 9 la mayor y 1 la menor a los criterios. Se aplica una encuesta a cada uno de los expertos, se realizó las matrices de análisis multicriterio y de esa manera se obtuvo los pesos de cada variable los cuales se muestran en la Tabla 17.

Tabla 17

Valoración de Saaty modificado según expertos

| Experto | Área | Forma | Riesgo | | Accesibilidad | Cuenca visual | | | Uso de suelo |
|------------------|------|-------|--------|------|---------------|---------------|-----|-----|--------------|
| | | | MAX | MEAN | | Minutos | 2km | 5km | |
| Experto 1 | 7 | 7 | 8 | 9 | 9 | 3 | 2 | 1 | 6 |
| Experto 2 | 4 | 1 | 9 | 9 | 5 | 3 | 2 | 1 | 7 |
| Experto 3 | 8 | 1 | 9 | 9 | 6 | 4 | 2 | 1 | 6 |
| Experto 4 | 7 | 6 | 9 | 9 | 8 | 3 | 2 | 1 | 7 |
| Experto 5 | 1 | 7 | 6 | 7 | 8 | 4 | 3 | 2 | 6 |

Una vez construida la matriz, se procede a obtener un promedio de los pesos asignados por cada experto para cada variable, para luego utilizarlos en la construcción de nuestra matriz Saaty, como se muestra en la tabla 18.

Tabla 18*Promedio de los pesos*

| VARIABLE | PROMEDIO |
|-------------------------------|----------|
| AREA | 5 |
| FORMA | 4 |
| RIESGO MAX | 8 |
| RIESGO MEAN | 9 |
| ACCESIBILIDAD | 7 |
| CUENCA VISUAL 2KM | 3 |
| CUENCA VISUAL5KM | 2 |
| CUENCA VISUAL 10KM | 1 |
| USO DE SUELO | 6 |

Se elaboró la matriz Saaty utilizando los pesos mostrados en la tabla 19.

Tabla 19*Aplicación de los pesos en relación con cada una de las variables*

| | AREA | FORMA | RIESGO (MAX) | RIESGO (MEAN) | ACCESIBILIDAD | CUENCA VISUAL 2KM | CUENCA VISUAL 5KM | CUENCA VISUAL 10KM | USO DE SUELO |
|-----------------------|--------------|--------------|-----------------|------------------|---------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------|
| AREA | 1.000 | 1.250 | 0.625 | 0.556 | 0.714 | 1.667 | 2.500 | 5.000 | 0.833 |
| FORMA | 0.800 | 1.000 | 0.500 | 0.444 | 0.571 | 1.333 | 2.000 | 4.000 | 0.667 |
| RIESGO (MAX) | 1.600 | 2.000 | 1.000 | 0.889 | 1.143 | 2.667 | 4.000 | 8.000 | 1.333 |
| RIESGO (MEAN) | 1.800 | 2.250 | 1.125 | 1.000 | 1.286 | 3.000 | 4.500 | 9.000 | 1.500 |
| ACCESIBILIDAD | 1.400 | 1.750 | 0.875 | 0.778 | 1.000 | 2.333 | 3.500 | 7.000 | 1.167 |
| CUENCA VISUAL 2KM | 0.600 | 0.750 | 0.375 | 0.333 | 0.429 | 1.000 | 1.500 | 7.000 | 0.500 |
| CUENCA VISUAL 5KM | 0.400 | 0.500 | 0.250 | 0.222 | 0.286 | 0.667 | 1.000 | 2.000 | 0.333 |
| CUENCA VISUAL 10KM | 0.200 | 0.250 | 0.125 | 0.111 | 0.143 | 0.333 | 0.500 | 1.000 | 0.167 |
| PROMEDIO PONDERADO | 1.200 | 1.500 | 0.750 | 0.667 | 0.857 | 2.000 | 3.000 | 6.000 | 1.000 |
| pi | 9.000 | 11.250 | 5.625 | 5.000 | 6.429 | 15.000 | 22.500 | 49.000 | 7.500 |

| Ci | Wi | li | |
|---------------|---------|--------------|--------------|
| 1.206 | 0.11038 | 0.993 | |
| 0.965 | 0.08831 | 0.993 | |
| 1.929 | 0.17662 | 0.993 | |
| 2.170 | 0.19869 | 0.993 | |
| 1.688 | 0.15454 | 0.993 | |
| 0.795 | 0.07277 | 1.092 | |
| 0.482 | 0.04415 | 0.993 | |
| 0.241 | 0.02208 | 1.082 | |
| 1.447 | 0.13246 | 0.993 | |
| 10.922 | 1.000 | 9.128 | I max |

En la valoración de Saaty modificado con la escala de 1 a 9 puntos, se determinó que se encontraba dentro de los parámetros de rigurosidad y nivel de confiabilidad adecuado. El RCI excede el valor de 1 debido a que se tomó 9 variables, sin embargo, el valor de 1.54 se encuentra dentro de la confiabilidad, el coeficiente de consistencia es 0.01, por lo tanto, cumple con la condición de ser menor al 5%.

$$CI = 0.01$$

$$RCI = 1.54$$

$$CR = 0.01$$

Se realizó una segunda aproximación multiplicando los pesos que se muestran en la tabla 20 con cada uno de los valores pertenecientes a cada variable mostrados en la tabla 15, finalmente se obtuvo el promedio de cada fila pertenecientes a cada una de las parcelas, determinando así, que parcela es la más adecuada para la relocalización de la población, los resultados se muestran en la tabla 21.

Tabla 20*Pesos de cada variable*

| VARIABLE | PESOS |
|---------------------------|---------|
| Área | 0.11038 |
| Forma | 0.08830 |
| Riesgo (max) | 0.17661 |
| Riesgo (mean) | 0.19869 |
| Accesibilidad | 0.15453 |
| Cuenca visual 2km | 0.07276 |
| Cuenca visual 5km | 0.04415 |
| Cuenca visual 10km | 0.02207 |
| Uso de suelo | 0.13246 |

Segunda aproximación**Tabla 21***Cálculo de la segunda aproximación*

| P | Área | Forma | Riesgo | | Accesibilidad minutos | Cuenca visual | | | Promedio ponderado | Promedio | Ranking |
|----------|------|-------|--------|------|--------------------------|------------------|------|------|-----------------------|----------|---------|
| | | | MAX | MEAN | | 2km | 5km | 10km | | | |
| 1 | 0.11 | 0.06 | 0.01 | 0.00 | 0.13 | 0.01 | 0.03 | 0.02 | 0.09 | 0.0531 | 2.00 |
| 2 | 0.04 | 0.07 | 0.03 | 0.02 | 0.13 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 0.0426 | 7.00 |
| 3 | 0.07 | 0.07 | 0.01 | 0.01 | 0.13 | 0.01 | 0.04 | 0.01 | 0.06 | 0.0458 | 6.00 |
| 4 | 0.08 | 0.08 | 0.01 | 0.02 | 0.13 | 0.05 | 0.04 | 0.01 | 0.05 | 0.0532 | 1.00 |
| 5 | 0.05 | 0.09 | 0.02 | 0.00 | 0.14 | 0.07 | 0.03 | 0.01 | 0.04 | 0.0501 | 4.00 |
| 6 | 0.10 | 0.06 | 0.00 | 0.02 | 0.15 | 0.06 | 0.02 | 0.01 | 0.04 | 0.0510 | 3.00 |
| 7 | 0.09 | 0.08 | 0.00 | 0.01 | 0.13 | 0.05 | 0.03 | 0.01 | 0.04 | 0.0491 | 5.00 |

Encuestas aplicadas a la población

Las encuestas aplicadas a la población son de mucha importancia en el proyecto ya que con ellas se terminó la disponibilidad de las personas a rehubicarse

en un nuevo sitio más seguro, que cuente con características básicas para su convivencia.

La metodología aplicada consistió en determinar el número de la muestra, en este caso se se tomo en consideracion la tabla de tamaño de muestras propuesta por la Universidad Nacional Federico Villarreal en Perú donde se tomó encuesta un tamaño de muestra de 500 personas que son las afectadas por el delizamiento en Alausí el 26 de marzo del 2023, dando como resultado en tamaño de la muestra de 83 al 10% de error y una confiabilidad del 95% (ver figura 45)

Figura 45

Tabla del tamaño de muestra

| | | UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL | | | | | | República del Perú |
|---|---------------|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------------|
| | | ESCUELA UNIVERSITARIA DE POST GRADO | | | | | | |
| | | Tamaños de Muestras | | | | | | |
| Considerando márgenes de error y confiabilidad. Tamaños de muestras para las poblaciones finitas para márgenes de error desde + -10%, + -1%, en la hipótesis de P=50% y con una confiabilidad del 95% (óptima). | % de error | Más menos | Más menos | Más menos | Más menos | Más menos | Más menos | |
| | Población | 1% | 2% | 3% | 4% | 5% | 10% | |
| | Np | N1 | N2 | N3 | N4 | N5 | N10 | |
| | 500 | - | - | - | - | 222 | 83 | |
| | 1000 | - | - | - | 385 | 286 | 91 | |
| | 1500 | - | - | 638 | 441 | 316 | 94 | |
| | 2000 | - | - | 714 | 476 | 333 | 95 | |
| | 2500 | - | 1,250 | 769 | 500 | 345 | 96 | |
| | 3000 | - | 1,364 | 811 | 520 | 353 | 97 | |
| | 3500 | - | 1,458 | 843 | 530 | 359 | 98 | |
| | 4000 | - | 1,538 | 870 | 541 | 364 | 98 | |
| | 4500 | - | 1,607 | 891 | 546 | 367 | 98 | |
| | 5000 | - | 1,667 | 909 | 556 | 370 | 98 | |
| | 6000 | - | 1,765 | 938 | 565 | 375 | 99 | |
| | 7000 | - | 1,842 | 959 | 574 | 378 | 99 | |
| | 8000 | - | 1,905 | 976 | 580 | 381 | 99 | |
| | 9000 | - | 1,957 | 989 | 584 | 383 | 99 | |
| | 10000 | 5,000 | 2,000 | 1,000 | 588 | 385 | 99 | |
| | 15000 | 6,000 | 2,143 | 1,034 | 600 | 390 | 100 | |
| | 20000 | 6,667 | 2,222 | 1,053 | 606 | 392 | 100 | |
| | 25000 | 7,143 | 2,273 | 1,064 | 610 | 394 | 100 | |
| | 50000 | 8,333 | 2,381 | 1,087 | 617 | 397 | 100 | |
| | 100000 | 9,091 | 2,439 | 1,099 | 621 | 398 | 100 | |
| | más de 100000 | 10,000 | 2,500 | 1,111 | 625 | 400 | 100 | |

Figura 46

Encuesta a la población



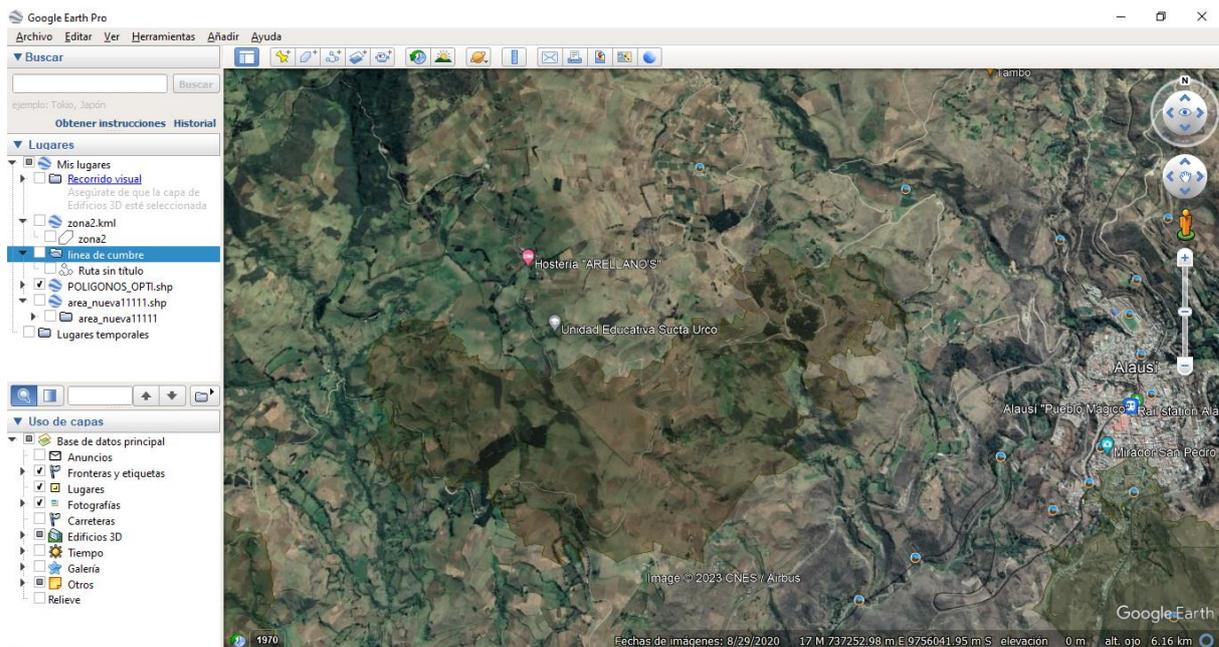
Verificación de campo

La verificación de campo es de suma importancia para en la ejecución del proyecto, esta se realizó posterior a obtener los resultados.

Con ayuda del Google Earth Pro se analizó las vías de acceso hacia las parcelas adecuadas ya que son de gran relevancia para saber que tan factible es el acceso (ver figura 47).

Figura 47

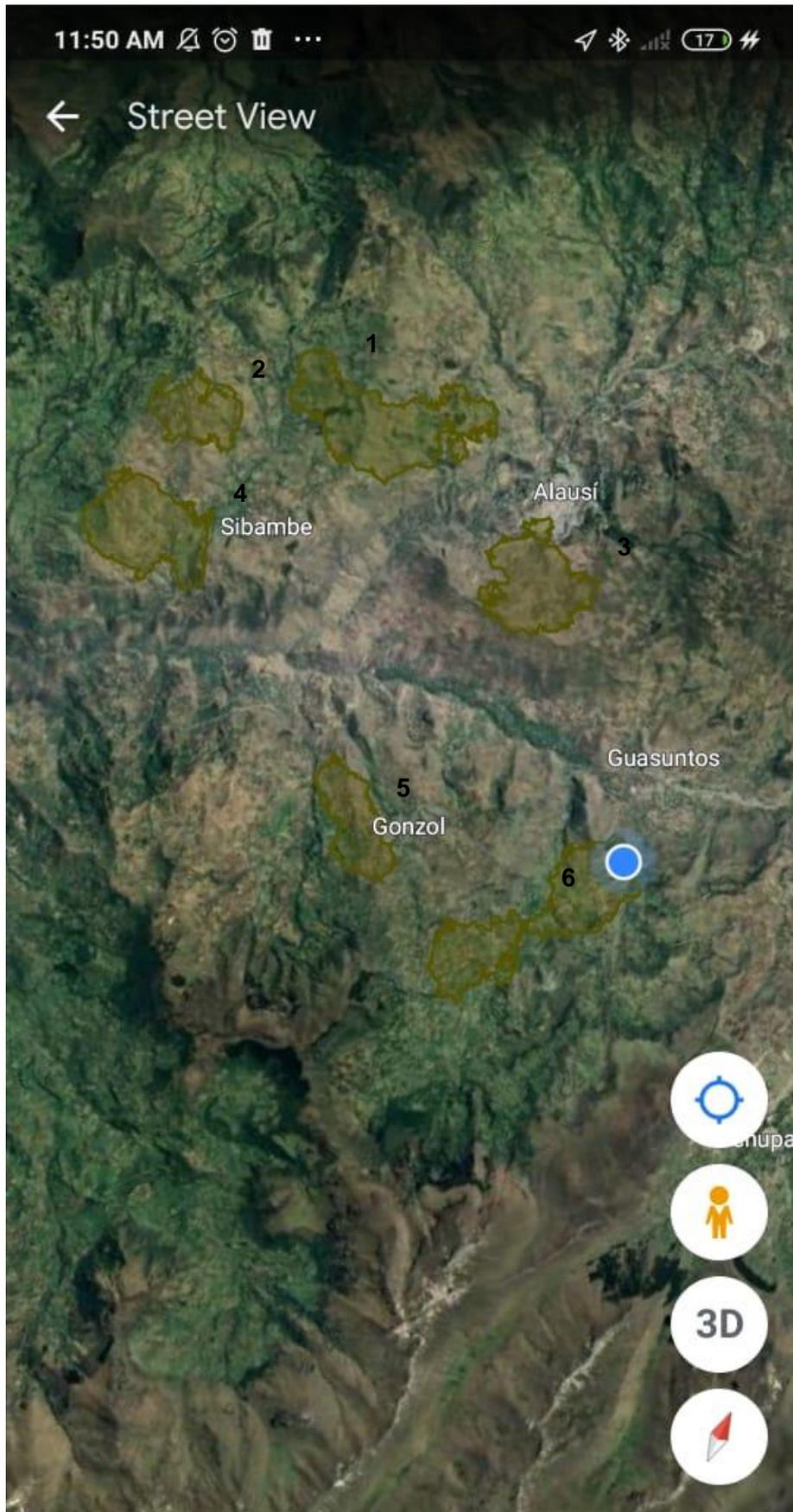
Vías de acceso



Se cargó los poligonos de las parcelas en el aplicativo movil google erth para poder dirigirnos con mayor facilidad y evitar perderse (ver figura 48).

Figura 48

Aplicativo movil



Visita de campo a cada una de las parcelas (ver figuras 50 y 51), una vez cumplido los dos primeros pasos, para la localización de los linderos de las parcelas con mayor precision se realizó un replanteo RTK (ALC) con un GPS de doble frecuencia (ver figura 49).

Figura 49

Replanteo de linderos



Figura 50

Parcela Adecuada



Figura 51

Parcela adecuada



Toma de fotografías en cada una de las parcelas y vuelos aereos con dron para fotografías y videos (ver figura 52).

Figura 52

Vuelo de dron



Capítulo IV Análisis y Discusión de Resultados

En el presente capítulo se habla sobre los resultados obtenidos como: las parcelas adecuadas para la relocalización y el análisis de las mismas para así determinar la parcela más adecuada, posterior a ello se señala la importancia de la validación de campo, la aplicación de encuestas para establecer la disponibilidad de las personas a una posible relocalización y finalmente se describe cada parcela con fotografías que evidencia el estado de cada una de ellas.

Posibles parcelas adecuadas

De los cálculos realizados en el apartado “obtención de posibles sitios adecuados” descrito en el capítulo III, se obtuvo como resultado 7 posibles parcelas de relocalización (ver figura 52), donde, cada una de ellas posee características únicas.

Parcela 1 se encuentra ubicada en la parte superior del área de estudio, dentro de la parroquia Sibambe, cerca de la unidad educativa Sucta Urco, dentro de la parcela se encuentra ubicada parte de las quebradas Chinipata, Ayurco, El derrumbo y Chanchaguan, además muy cerca de la parcela pasa el río Mallaguan. La mayor parte presenta pendientes del 10 al 25%, un uso de suelo correspondiente a cultivos de ciclo corto y pasto cultivado, además en su gran mayoría son suelos con una taxonomía de Mollisols y entisols caracterizados por ser suelos jóvenes, francos, con presencia de vegetación, son oscuros y ricos en bases, convirtiéndolos así en aptos para la finalidad del proyecto son suelos que se caracterizan por presentar cultivos como: trigo, fréjol seco, maíz suave seco, papas, cebada, chochos, fréjol tierno y maíz duro. Como la parcela se encuentra ubicada dentro del cantón Alausí, la actividad agrícola en el cantón es básicamente de comercialización de los excedentes, por esta razón no es intensiva en el uso de mano de obra, siendo los miembros de la misma familia los que se encargan de todas las actividades relacionadas con la producción agrícola (ver figura 53).

Parcela 2 se encuentra ubicada en la parte superior del área de estudio, dentro de la parroquia Sibambe- Tucunag, dentro de la parcela se encuentra ubicada parte de

la quebrada Machángara y se encuentra cerca del río Mallaguán, la mayor parte presenta pendientes del 10 al 25%, un uso de suelo correspondiente a cultivos de ciclo corto y pasto cultivado, aproximadamente un 70% son suelos con una taxonomía de Mollisols y entisols caracterizados por ser suelos jóvenes, francos, con presencia de vegetación, son oscuros y ricos en bases, convirtiéndolos así en aptos para la finalidad del proyecto, son suelos que se caracterizan por presentar cultivos como: trigo, fréjol seco, maíz suave seco, papas, cebada, chochos, fréjol tierno y maíz duro. Como la parcela se encuentra ubicada dentro del cantón Alausí, la actividad agrícola en el cantón es básicamente la comercialización de los excedentes, por esta razón no es intensiva en el uso de mano de obra, siendo los miembros de la misma familia los que se encargan de todas las actividades relacionadas con la producción agrícola (ver figura 53).

Parcela 3 se encuentra ubicada en el centro del área de estudio muy cerca de Alausí, y del río Chanchán, en su gran mayoría presentan pendientes del 10 al 25%, un uso de suelo correspondiente a cultivos de ciclo corto y pasto cultivado, el 100% de la parcela presenta suelos con una taxonomía de Mollisols y entisols caracterizados por ser suelos jóvenes, francos, con presencia de vegetación, son oscuros y ricos en bases, convirtiéndolos así en aptos para la finalidad del proyecto son suelos que se caracterizan por presentar cultivos como: trigo, fréjol seco, maíz suave seco, papas, cebada, chochos, fréjol tierno y maíz duro. Como la parcela se encuentra ubicada dentro del cantón Alausí, la actividad agrícola en el cantón es básicamente de comercialización de los excedentes, por esta razón no es intensiva en el uso de mano de obra, siendo los miembros de la misma familia los que se encargan de todas las actividades relacionadas con la producción agrícola (ver figura 53).

Parcela 4 se encuentra ubicada en el centro del área de estudio, en de la parroquia Sibambe y su pequeño pueblo, dentro de la parcela se encuentra ubicada la quebrada Bayanac y el río Mallaguan, tiene un 56% del área con pendientes a 10 -25°, un uso de suelo correspondiente a cultivos de ciclo corto y pasto cultivado, toda el

área de la parcela corresponde a suelos con una taxonomía de Mollisols y entisols caracterizados por ser suelos jóvenes, francos, con presencia de vegetación, son oscuros y ricos en bases, convirtiéndolos así en aptos para la finalidad del proyecto, son suelos que se caracterizan por presentar cultivos como: trigo, fréjol seco, maíz suave seco, papas, cebada, chochos, fréjol tierno y maíz duro. Como la parcela se encuentra ubicada dentro del cantón Alausí, la actividad agrícola en el cantón es básicamente de comercialización de los excedentes, por esta razón no es intensiva en el uso de mano de obra, siendo los miembros de la misma familia los que se encargan de todas las actividades relacionadas con la producción agrícola (ver figura 53).

Parcela 5 se encuentra ubicada casi en la parte inferior del área de estudio, dentro de la parroquia Gonzol y su poblado, la parcela se encuentra ubicada cerca Yaute Huaycu y Sisaran, tiene un 57% del área correspondientes a pendientes con un grado de inclinación de 10 al 25%, un uso de suelo correspondiente únicamente a cultivos de ciclo corto, aproximadamente un 90% son suelos con una taxonomía de Mollisols y entisols caracterizados por ser suelos jóvenes, francos, con presencia de vegetación, son oscuros y ricos en bases, convirtiéndolos así en aptos para la finalidad del proyecto, la parcela al estar ubicada dentro del cantón Chunchi presenta suelos con el 49% de tipo franco arenoso, seguido por un 14% son suelos arcillosos y en minoría con un 11% son suelos franco arcillo-limosos, esto los convierte en suelos con pocas limitaciones para las actividades agropecuarias ya que contienen un pH medianamente ácido y con baja fertilidad.

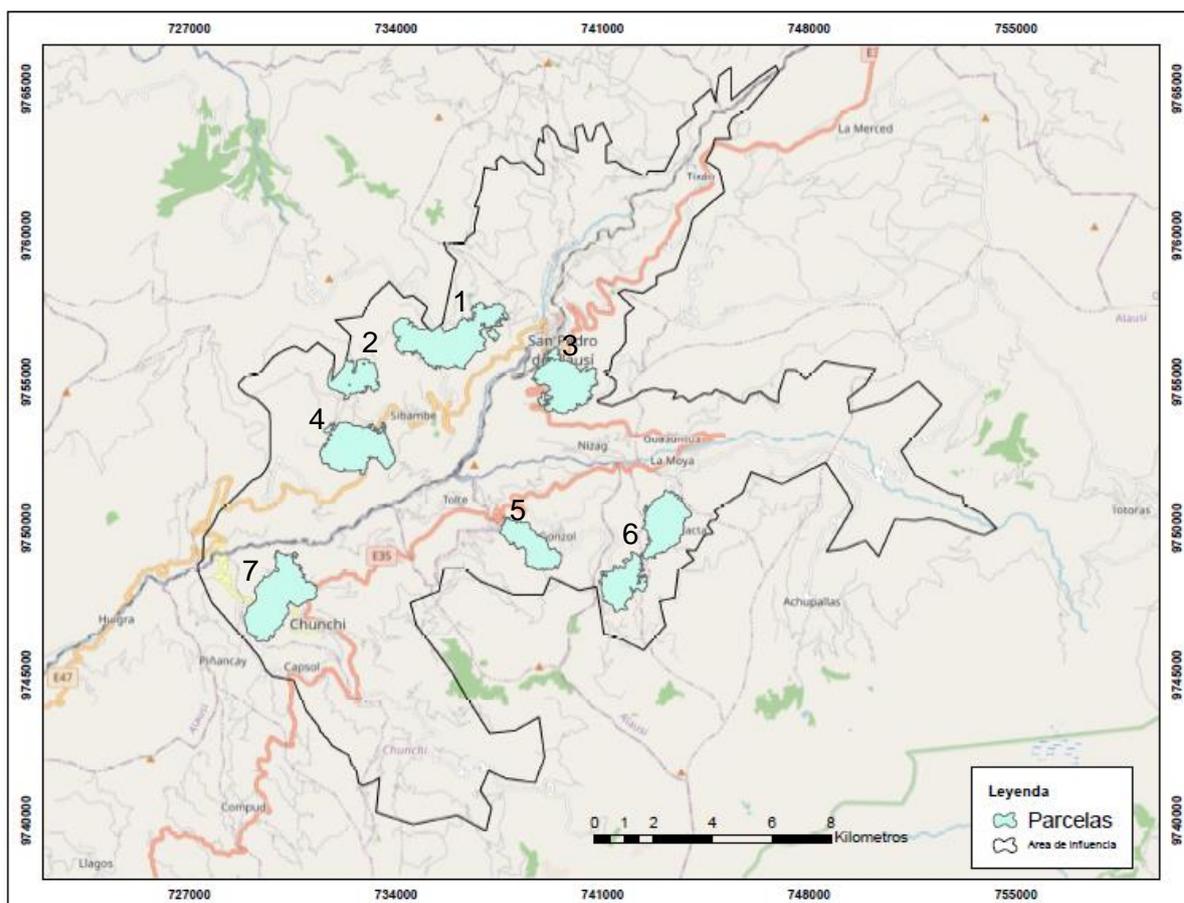
Parcela 6 se encuentra ubicada en la parte sur del área de estudio, dentro de las parroquias Sevilla y Pumallacta, dentro de la parcela se encuentra ubicada parte de las quebradas Darshi, Torre Huaycu y Cruz Huaycu, además muy cerca de la parcela pasa el río Sevilla. Tiene un 58% del área correspondientes a pendientes con un grado de inclinación de 10 al 25%, un uso de suelo correspondiente únicamente a cultivos de ciclo corto, aproximadamente un 70% son suelos con una taxonomía de Mollisols y entisols caracterizados por ser suelos jóvenes, francos, con presencia de

vegetación, son oscuros y ricos en bases, convirtiéndolos así en aptos para la finalidad del proyecto, son suelos que se caracterizan por presentar cultivos como: trigo, fréjol seco, maíz suave seco, papas, cebada, chochos, fréjol tierno y maíz duro. Como la parcela se encuentra ubicada dentro del cantón Alausí, la actividad agrícola en el cantón es básicamente de comercialización de los excedentes, por esta razón no es intensiva en el uso de mano de obra, siendo los miembros de la misma familia los que se encargan de todas las actividades relacionadas con la producción agrícola. (ver figura 53).

Parcela 7 se encuentra ubicada en la parte sur del área de estudio, dentro de la parroquia Capzol y cerca del río Picay. Tiene un 51% del área correspondiente a pendientes con un grado de inclinación de 10 al 25%, un uso de suelo correspondiente únicamente a cultivos de ciclo corto, son suelos con una taxonomía de Mollisols y entisols caracterizados por ser suelos jóvenes, francos, con presencia de vegetación, son oscuros y ricos en bases, convirtiéndolos así en aptos para la finalidad del proyecto, la parcela al estar ubicada dentro del cantón Chunchi presenta suelos con el 49% de tipo franco arenoso, seguido por un 14% son suelos arcillosos y en minoría con un 11% son suelos franco arcillo-limosos, esto los convierte en suelos con pocas limitaciones para las actividades agropecuarias ya que contienen un pH medianamente ácido y con baja fertilidad (ver figura 53).

Figura 53

7 posibles parcelas



Análisis de indicadores

Riesgo

En el análisis aplicado en el capítulo III apartado análisis de riesgo, se obtuvo como resultado, el riesgo presente en cada parcela, donde la media indica los valores de probabilidad que van de 0 a 100% mientras esos valores sean altos significa que tienen mayor riesgo. Las parcelas más adecuadas según este análisis son la 2 y 6, con un valor de riesgo de 0.58% y 0.59%, esto representa que el riesgo es menor a comparación de las demás parcelas. Por otro lado, la parcela menos adecuada con un valor mayor a comparación de las demás es la parcela 5 con 0.65 (ver tabla 22)

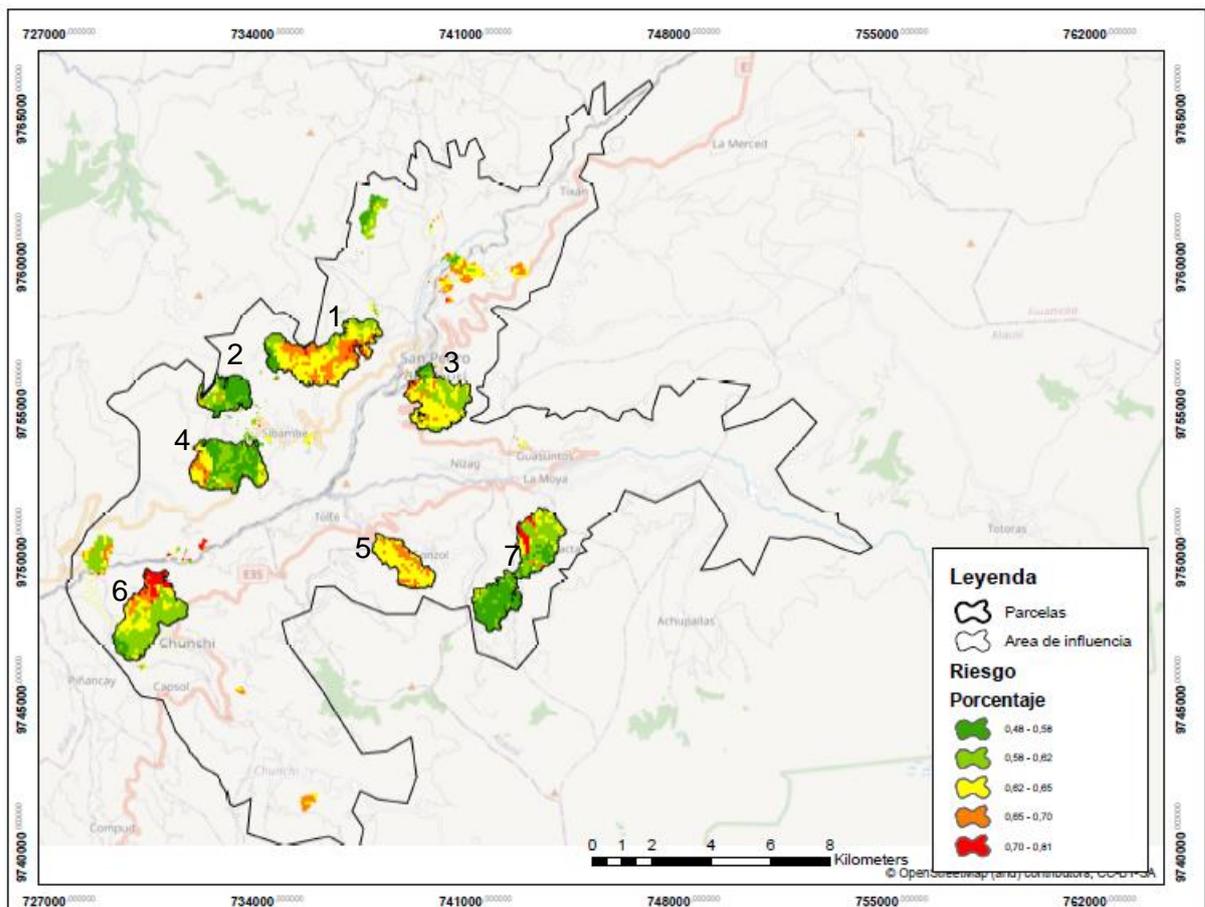
Tabla 22

Análisis de riesgo

| PARCELA | MEAN |
|-----------|-------|
| Parcela 1 | 0.646 |
| Parcela 2 | 0.580 |
| Parcela 3 | 0.631 |
| Parcela 4 | 0.603 |
| Parcela 5 | 0.653 |
| Parcela 6 | 0.599 |
| Parcela 7 | 0.634 |

Figura 54

Riesgo



Accesibilidad

Los resultados obtenidos en este análisis muestran el tiempo en minutos que existe para movilizarse, donde la parcela que tenga el menor tiempo es la más accesible y la más adecuada, dando como resultado que la parcela 2 tiene el menor tiempo de todas con 61.23 minutos convirtiéndola en la más adecuada, mientras que la parcela 6 muestra el mayor tiempo de todas con 72.32 minutos, catalogándola así, como la parcela menos adecuada según el análisis aplicado (ver tabla 23).

Tabla 23

Análisis de accesibilidad

| PARCELA | MINUTOS |
|---------|---------|
| 1 | 63.08 |
| 2 | 61.23 |
| 3 | 63.06 |
| 4 | 63.00 |
| 5 | 66.64 |
| 6 | 72.32 |
| 7 | 62.75 |

Análisis de la cuenca visual

En el análisis de la cuenca visual los resultados obtenidos se van a interpretar de la siguiente manera, mientras mayor sea la cuenca visual más adecuada será la parcela ya que en asentamientos humanos el paisaje es importante. Como resultado se obtuvo que para una cuenca visual con radio de 2km la parcela más adecuada es la 5 con un valor de 1, y la menos adecuada es la parcela 1 con un valor de 0.11, para la cuenca visual con radio de 5km la parcela más adecuada es la 4 mientras que la parcela 6 es considerada como la menos adecuada, y finalmente para un radio de 10km se obtuvo como resultado más adecuado la parcela 1 mientras que la parcela menos adecuada es la parcela 6 (ver tabla 23).

Tabla 24*Cuenca visual*

| PARCELAS | CUENCA VISUAL | | |
|----------|---------------|------|------|
| | 2km | 5km | 10km |
| 1 | 0.11 | 0.73 | 1.00 |
| 2 | 0.27 | 0.41 | 0.92 |
| 3 | 0.12 | 0.85 | 0.64 |
| 4 | 0.68 | 1.00 | 0.66 |
| 5 | 1.00 | 0.67 | 0.65 |
| 6 | 0.85 | 0.48 | 0.31 |
| 7 | 0.63 | 0.65 | 0.35 |

Forma

La forma es un análisis que hace referencia a la regularidad de la parcela, después de los cálculos correspondientes aplicados, se determinó que la parcela más adecuada es la parcela 5 ya que tiene un valor de 0.52, mientras que la parcela menos adecuada con un valor menor en forma es la parcela 6 esto indica que la parcela no es muy regular.

Tabla 25*Forma*

| FORMA | |
|-----------------|-----------|
| PARCELA1 | 0.369288 |
| PARCELA2 | 0.437955 |
| PARCELA3 | 0.4230404 |
| PARCELA4 | 0.472004 |
| PARCELA5 | 0.524731 |
| PARCELA6 | 0.329746 |
| PARCELA7 | 0.499092 |

Análisis multicriterio

Después del análisis aplicado correspondiente a la metodología Saaty se determinó la parcela más adecuada, dado como resultado los pesos correspondientes a cada variable (ver tabla 26).

Tabla 26

Resultado del análisis multicriterio

| VARIABLE | PESOS |
|---------------------------|-------|
| Área | 0.110 |
| Forma | 0.088 |
| Riesgo (max) | 0.176 |
| Riesgo (mean) | 0.198 |
| Accesibilidad | 0.154 |
| Cuenca visual 2km | 0.072 |
| Cuenca visual 5km | 0.044 |
| Cuenca visual 10km | 0.022 |
| Uso de suelo | 0.132 |

Después de todos los valores analizados y realizar las tablas de calificación se obtuvo que el promedio ponderado de la primera aproximación siendo el ranking (ver tabla 27) lo que muestra que la parcela más adecuada es la parcela 4 (ver figura 55).

Tabla 27

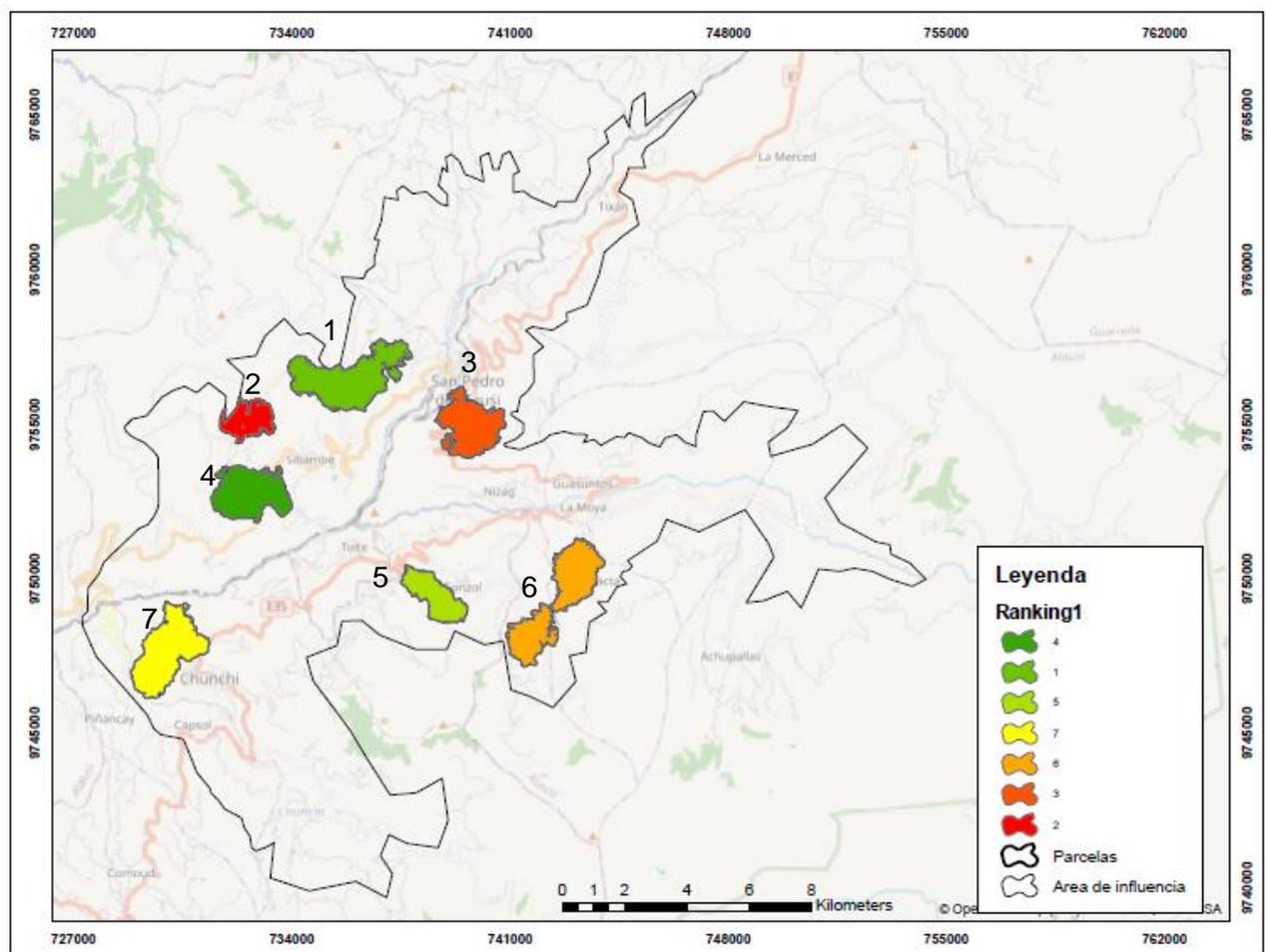
Primera aproximación

| PARCELAS | PROMEDIO | Ranking |
|----------|----------|---------|
| 1 | 0.5785 | 2.00 |

| | | |
|---|--------|------|
| 2 | 0.4608 | 7.00 |
| 3 | 0.4952 | 6.00 |
| 4 | 0.5934 | 1.00 |
| 5 | 0.5616 | 3.00 |
| 6 | 0.5093 | 5.00 |
| 7 | 0.5155 | 4.00 |

Figura 55

Ranking



Se realizó una segunda aproximación con el promedio de cada factor y se determinó que la parcela adecuada nuevamente sería la N°4 (ver figura 54) ya que

después del análisis fue la más adecuada cumpliendo todos las, restricciones, criterios y factores. (Ver tabla 28).

Tabla 28

Segunda aproximación

| Parcela | Promedio | Segunda aproximación |
|---------|----------|----------------------|
| 1 | 0.0531 | 2 |
| 2 | 0.0426 | 7 |
| 3 | 0.0458 | 6 |
| 4 | 0.0532 | 1 |
| 5 | 0.0501 | 4 |
| 6 | 0.0510 | 3 |
| 7 | 0.0491 | 5 |

Después de los cálculos y análisis correspondientes se determinó finalmente las parcelas más adecuadas y a su vez las consideras como menos adecuadas, siendo la mejor parcela obtenida la número 4, la segunda mejor parcela es la número 1, la tercera mejor es la parcela 5, la cuarta mejor es la parcela 7, la quinta es la parcela 6, la sexta es la parcela 3 y la séptima es la parcela 2 (ver figura 56).

Figura 56

Segunda aproximación

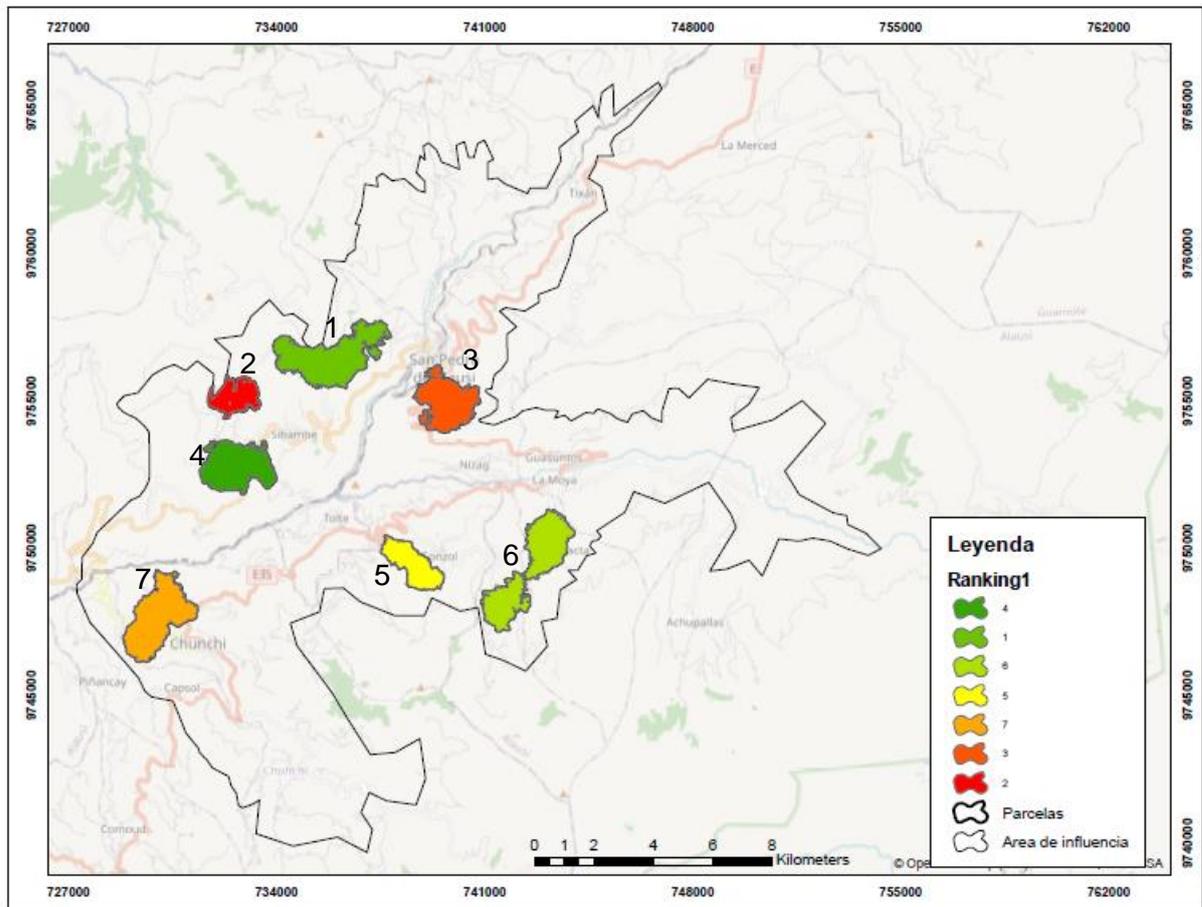


Figura 57

Primera parcela adecuada

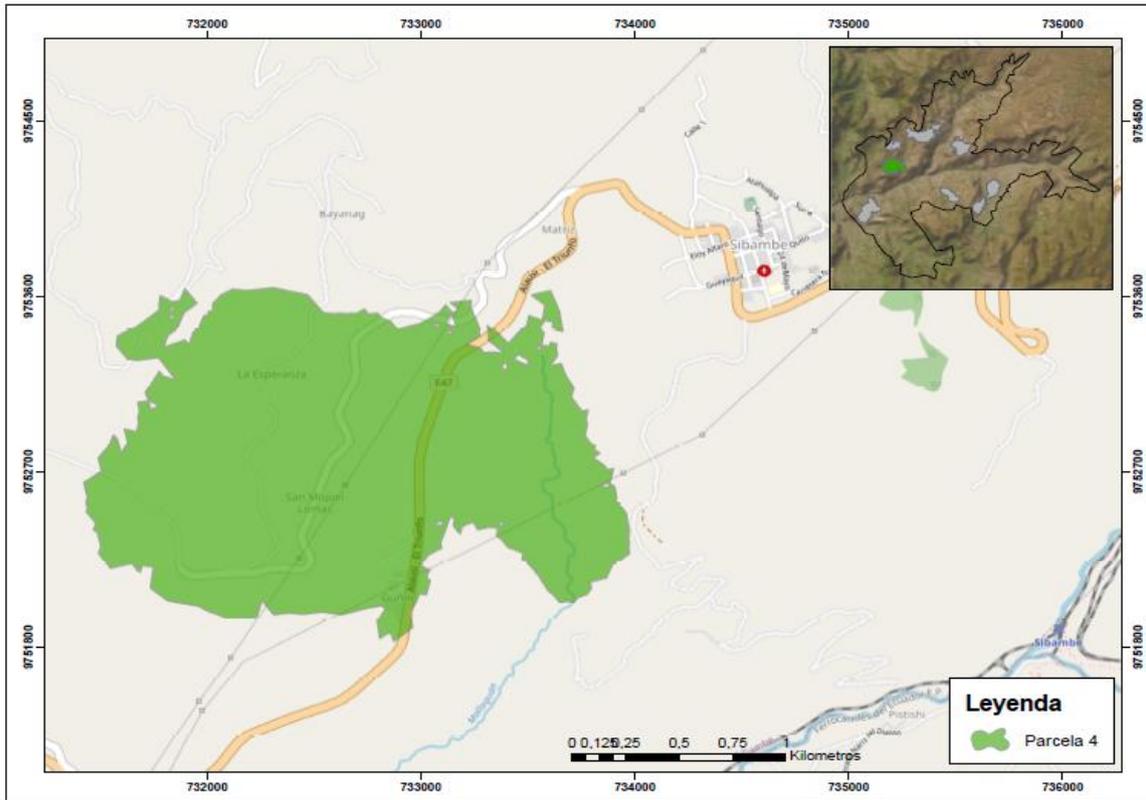


Figura 58

Segunda parcela adecuada

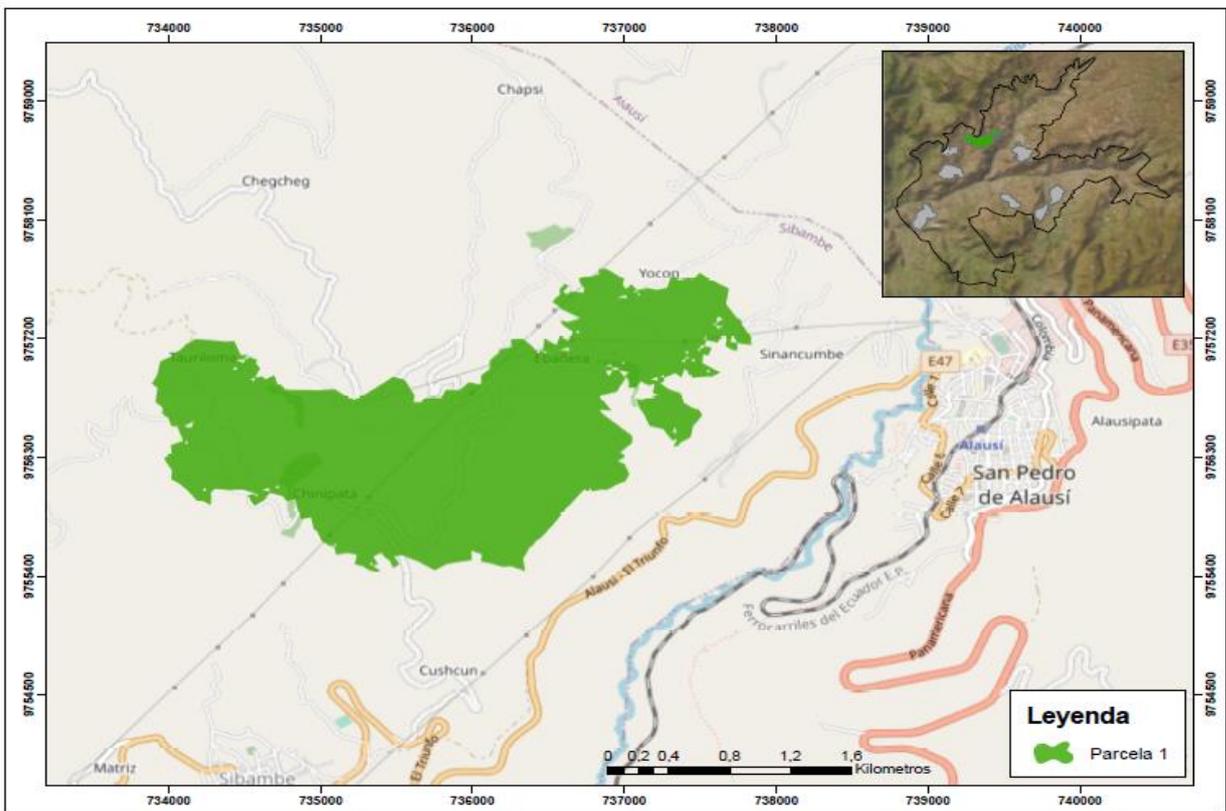
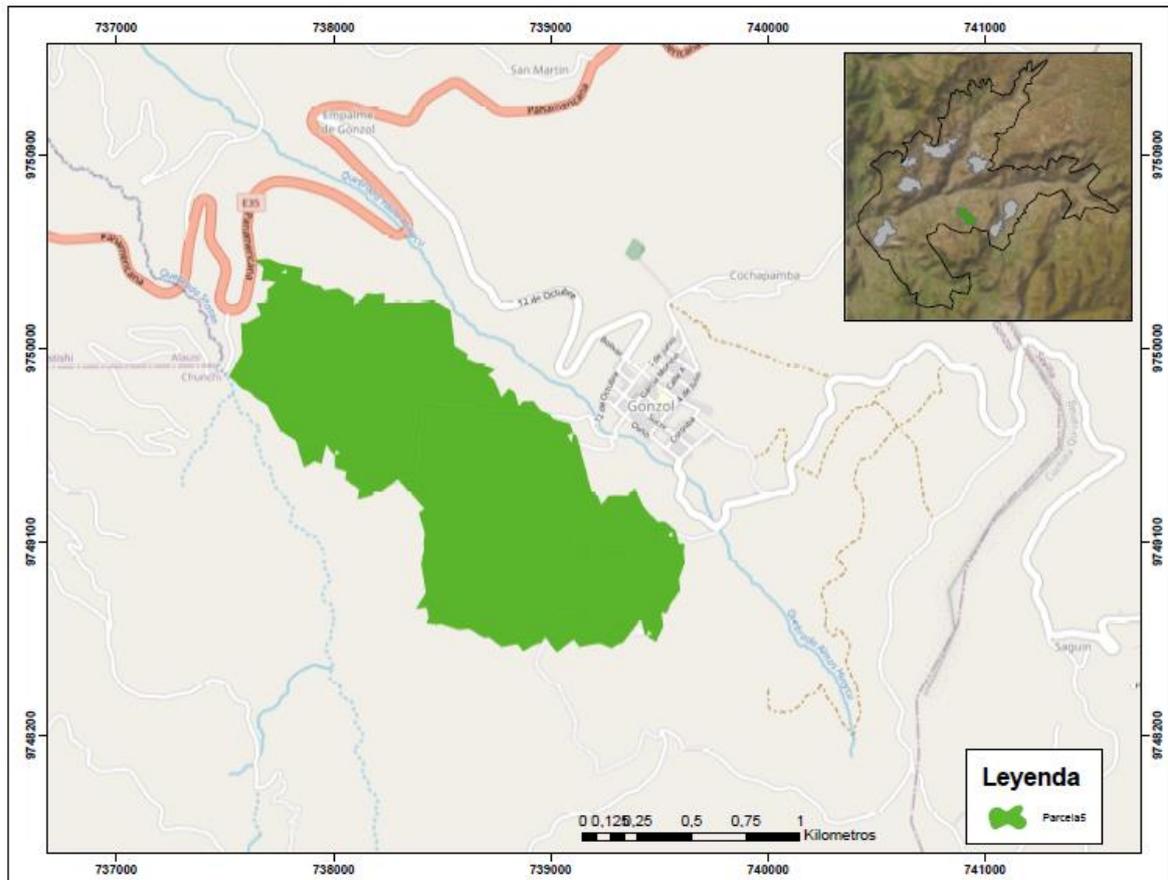


Figura 59*Tercera parcela adecuada***Figura 60***Cuarta parcela adecuada*

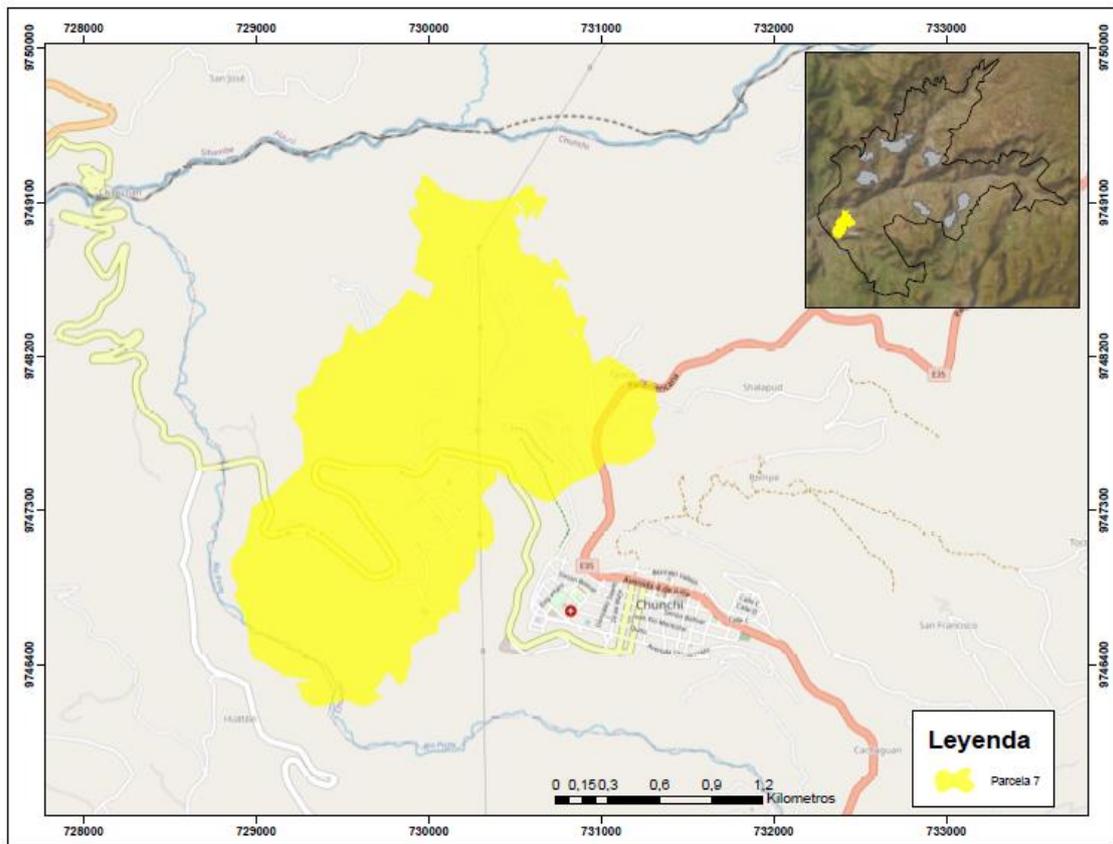


Figura 61

Quinta parcela adecuada

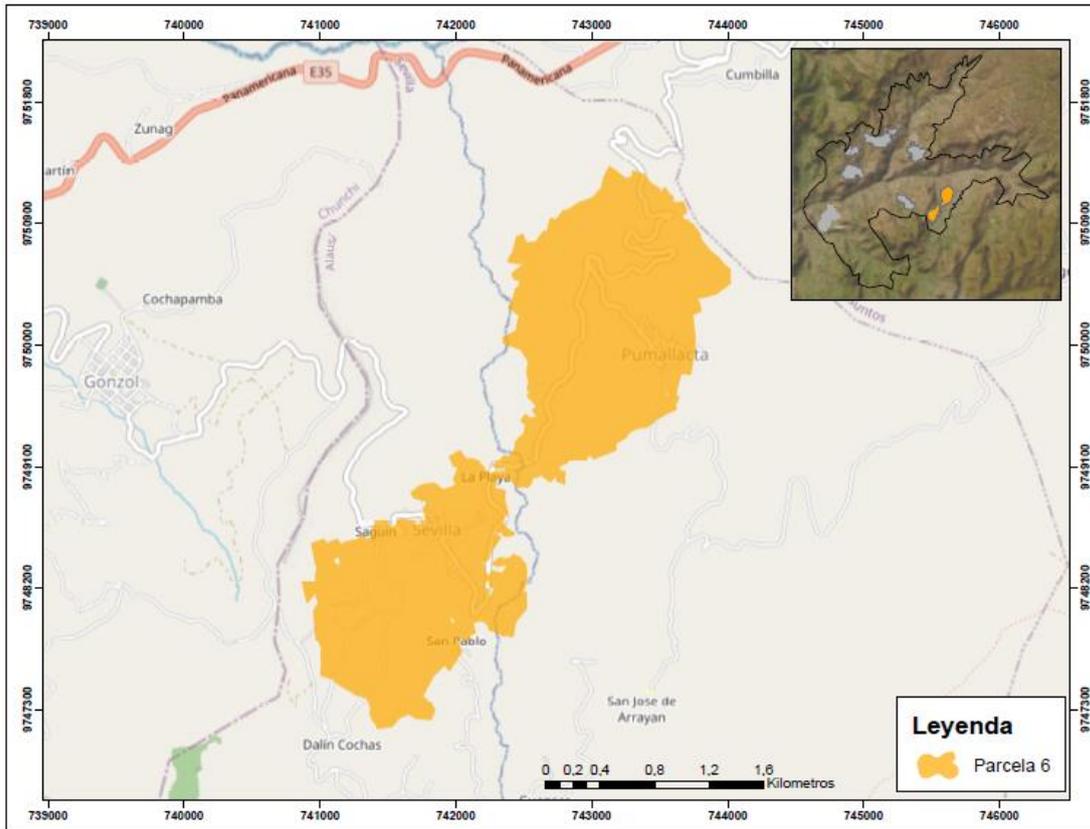


Figura 62

Sexta parcela adecuada

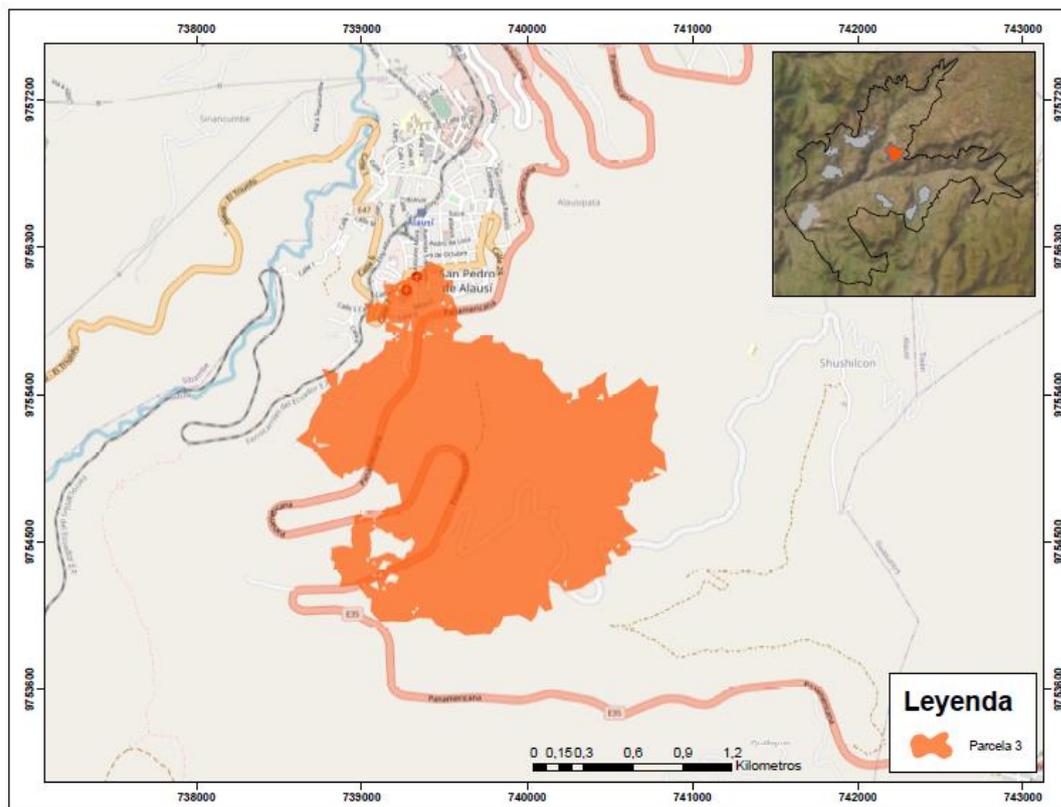
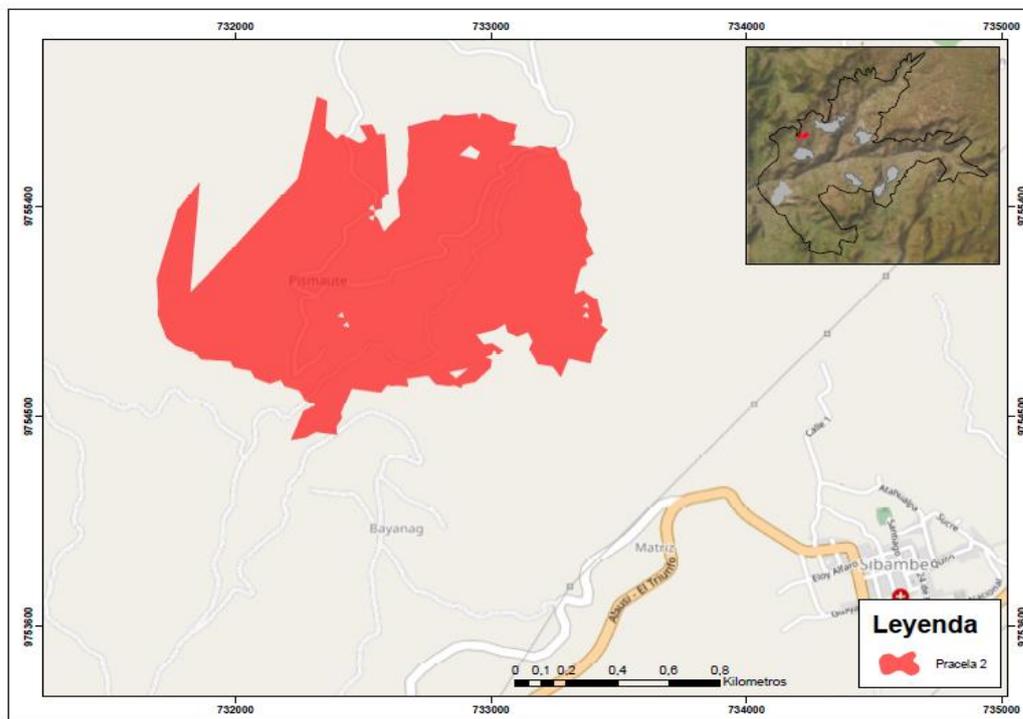


Figura 63*Séptima parcela adecuada***Encuestas**

La encuesta aplicada a la población ayudó a determinar: si las personas estuvieron presentes en el deslizamiento ocasionado en Chunchi y Alausí, la afectación tanto física y económica, si alguna entidad del estado les ha brindado la ayuda correspondiente y que tan dispuestos están ante una posible relocalización.

Personas que presenciaron los deslizamientos**Figura 64***Porcentaje de personas que presenciaron los deslizamientos.*



En la figura se muestra el resultado de la encuesta aplicada a la población donde se obtuvo como resultado que el 70% de la población encuestada estuvo presente en los deslizamientos, mientras que un 30% ya que no se encontraban en sus viviendas o estaban viajando.

Personas afectadas

Figura 65

Porcentaje de personas afectadas



Se obtuvo como resultado que un 53% de la población se ha visto afectada por los deslizamientos ocasionados dentro del área de estudio, este resultado es elevado

porque todas las personas encuestadas aseguran a verse visto afectadas en todo ámbito no solo físico sino social, económico y psicológico, mientras que un 47% aseguran que no esto, debido a que no se vieron afectadas físicamente y consideran que es la única afectación que puede causar un deslizamiento.

Recepción de ayuda

Figura 66

Porcentaje de personas que han recibido ayuda



En la figura se muestra que el 75% de las personas no han recibido ayuda y un 25% aseguran que si lo han hecho.

Disponibilidad a relocalizarse

Figura 67

Porcentaje de personas ante una relocalización



Los resultados obtenidos mediante la encuesta aplicada a la población para determinar si están de acuerdo o muestran interés ante una posible relocalización son favorables ya que el 72% afirman que si están dispuestos debido al miedo presente a un futuro deslizamiento, aseguran que necesitan un lugar adecuado en donde puedan vivir y realizar sus actividades cotidianas, 28% de la población encuestada no está dispuesta a reubicarse, esto se debe a que muchas de ellas no tienen un lugar a donde dirigirse, otras no se vieron afectadas, debido a que una quebrada se ubica justo antes de sus viviendas y eso salvaguardo las mismas, piensan que así pueden vivir y estar seguros, por otro lado algunas personas se mostraron negativas a la relocalización porque temen comenzar desde cero y temen perder lo poco que aún les queda.

Visita de campo

En la visita de campo se obtuvo como resultado fotografías y videos de cada parcela como evidencia que sustente que las parcelas determinadas como adecuadas si lo son.

Figura 68

Parcela 1



Figura 69

Parcela 4



Figura 70*Parcela 5*

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

Mediante la visita de campo se logró determinar la situación actual de la población, especialmente en Alausí ya que el 26 de marzo se suscitó el deslizamiento de gran magnitud, donde la población se vio afectada tanto física como económicamente, mediante la visita se pudo evidenciar que la principal vía (E 35) de acceso a la ciudad está totalmente cerrada debido a que parte de ella se vio afectada por el deslizamiento, con ello la población se vio incomunicada por cierto tiempo, se habilitó parcialmente una vía auxiliar que parte desde Tototrillas hasta Alausí, al ser una vía de tercer orden y por la temporada de lluvias resulta inaccesible para cierto tipo de vehículos, se observó que entidades gubernamentales se encontraban realizando trabajos para que esta vía pueda ser utilizada como medio de comunicación hacia el poblado de Guamote, en la parte socioeconómica el 90% de los propietarios de predios cercanos al lugar del deslizamiento abandonaron sus propiedades para precautelar su seguridad, específicamente en el barrio Aypan Chico.

Para el presente estudio se determinó las siguientes restricciones: pendiente, hidrología, tipo de suelo uso y vegetación del suelo, además se hizo el análisis de indicadores como: riesgo, accesibilidad, cuenca visual, área, forma, uso y vegetación del suelo los cuales ayudaron para la construcción de la matriz de evaluación multicriterio.

Con el uso de herramientas geoespaciales se modeló cada una de las restricciones e indicadores planteados, con el fin de obtener las áreas más adecuadas para relocalización dentro del área de estudio, concluyendo al finalizar el modelamiento que existen siete posibles parcelas para la relocalización de la población.

A cada una de las siete parcelas se aplicó el modelo de ponderación lineal con cada indicador y posterior evaluación multicriterio, concluyendo que la parcela más

adecuada es la denominada número 4 que cumple con la mejor valoración al aplicar la metodología planteada.

El método de ponderación de variables aplicado en esta investigación es el denominado Saaty Modificado, el cual cumple con los criterios técnicos y metodológicos para realizar el análisis pareado de variables según las necesidades del estudio, garantizando una alta confiabilidad al momento de obtener los resultados.

Mediante la aplicación de encuestas a la población detallada en el estudio, se concluye que el 72% de la población encuestada está dispuesta a una posible reubicación, mientras que el 28% de la población restante se opone al abandono de sus propiedades.

Recomendaciones

Una vez determinada la parcela más adecuada (parcela 4) se plantea que se realicen estudios integrales de ingeniería dentro de las mismas para complementar la investigación planteada en este documento.

En la parcela más adecuada existe una diversidad de pendientes, se recomienda al momento de la relocalización y futura edificabilidad se realicen estudios complementarios de topografía, geotecnia y mecánica de suelos para la cimentación de las edificaciones.

Se recomienda la socialización del proyecto de relocalización a la población ya que al existir un porcentaje que se opone es necesario que conozcan y sepan que pueden ubicarse en un lugar donde su seguridad esté garantizada.

Se recomienda usar las metodologías propuestas en este proyecto para la relocalización de la población que este expuesta a deslizamientos en otras zonas del Ecuador, debido que el país presenta un alto índice de susceptibilidad a este fenómeno y los resultados obtenidos de la metodología son fiables.

Bibliografía

(2017). Obtenido de Tsunami: grandes olas:

<https://emergenciaydesastres.mineduc.cl/wp-content/uploads/2021/04/Tsunami-Grandes-Olas-Gui%CC%81a-Docente.pdf>

ACNUR, ONU, & OIM. (2017). Relocalizaciones Planificadas para proteger a las personas de los desastres y el cambio ambiental. Obtenido de

<https://www.refworld.org.es/pdfid/5d7fd16da.pdf>

Arancibia, S., Contreras, E., Mella, S., Torres, P., & Villablanca, I. (2003). Evaluacion Multicriterio . Obtenido de

<http://www.dii.uchile.cl/~ceges/publicaciones/ceges48.pdf>

ArcGIS. (2021). Calculadora raster. Obtenido de

<https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/tools/spatial-analyst-toolbox/raster-calculator.htm>

BBC. (2010). Lluvias inundan zonas costeras . Obtenido de

https://www.bbc.com/mundo/america_latina/2010/02/100219_0503_ecuador_lluvias_a0

Bermeo, S., Andrango, L., & Cruz, M. (2022). Catástrofes en Ecuador: ¿desastre natural o secuelas del crecimiento urbano? Obtenido de

https://repositorio.uce.edu.ec/archivos/aralvear/OA-CITYS/Noticias/PDFs/10_CATASTROFES_ECUADOR.pdf

CEPAL, & CELADE. (1996). NOTAS DE POBLACION. Obtenido de

https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/12792/np81129162_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y

COOTAD. (2010). CODIGO ORGANICO DE ORGANIZACION TERRITORIAL.

Obtenido de <https://www.cpccs.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/cootad.pdf>

Correa. (2011). Reasentamiento preventivo de poblaciones en riesgo de desastre.

Obtenido de

<https://www.gfdr.org/sites/default/files/documents/Preventive%20Resettlement%20%28Spanish%29.pdf>

D'ércole, R., & Trujillo, M. (2003). Manenazas, vulnerabilidad, capacidades y riesgos en el Ecuador. Obtenido de https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers11-03/010032419.pdf

Demoraes, & D'ércole, R. (2001). CARTOGRAFÍA DE LAS AMENAZAS DE ORIGEN NATURAL POR CANTON EN EL ECUADOR. Obtenido de https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers16-03/010065702.pdf

Echemendia , B. (2011). Definiciones acerca del riesgo y sus implicaciones. Revista Cubana de Higiene y Epidemiología, 12. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/2232/223221363013.pdf>

Ecuador, C. d. (2008). Constitucion de la republica del Ecuador. Obtenido de <https://www.cosedo.gob.ec/wp-content/uploads/2019/08/CONSTITUCION-DE-LA-REPUBLICA-DEL-ECUADOR.pdf>

Enriques. (2008). Guia tecnica, amanza por deslizamientos . Obtenido de <file:///C:/Users/HP/Downloads/Guia%20tecnica%20La%20amenaza%20por%20deslizamiento%20en%20el%20ambito%20municipal%20parte%202.pdf>

Escoloma, M., Jimenez, M., & Comins, J. (2017). Modelo cartográfico del cambio espacial de suelo por subcuencasen Texcoco, Estado de México: 1977-2000. INIFAP, 10.

Espinoza, V., & Perez, X. (2018). Qué son los sismos, donde ocurren, donde se miden. Ciencia, 8.

ESRI. (2014). ARCGIS. Obtenido de <https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm>

ESRI. (2019). Analisis de accesibilidad . Obtenido de <https://www.esri.com/en-us/accessibility/overview>

- ESRI. (2019). Cuenca visual. Obtenido de <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/using-viewshed-and-observer-points-for-visibility.htm>
- ESRI. (2021). Accesibilidad. Obtenido de <https://www.esri.com/en-us/accessibility/overview>
- ESRI. (2021). Analisis de accesibilidad . Obtenido de <https://www.esri.com/en-us/accessibility/overview>
- ESRI. (2021). ANALISIS DE REDES. Obtenido de <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/extensions/network-analyst/types-of-network-analyses.htm>
- ESRI. (2021). conversion de raster a poligono. Obtenido de <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/tool-reference/conversion/raster-to-polygon.htm>
- ESRI. (2021). Diccionario SIG de Esri. Obtenido de <https://support.esri.com/es-es/gis-dictionary/normalization>
- ESRI. (2021). Forma. Obtenido de <https://enterprise.arcgis.com/es/portal/latest/use/perform-analysis.htm>
- ESRI. (2022). SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA. Obtenido de <https://www.sigsa.info/es-mx/what-is-gis/overview>
- FLACSO. (2011). Gestion de riesgos y prevencion de desastres. Obtenido de <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/49584.pdf>
- FOCUS. (2007). Tecnologías de Información Geográfica ecnologías de Información Geográfica para el amnejo de recursos naturales. Obtenido de https://boris.unibe.ch/71064/3/focus07_3_s.pdf
- Gentili , J., & Gil, V. (2011). APLICACIÓN DE TECNOLOGIAS DE INFORMACION GEOGRAFICAS (TIG) AL ANÁLISIS HIDROGEOMORFOLÓGICO. Obtenido de <http://observatorigeograficoamericalatina.org.mx/egal12/Nuevastecnologias/Sig/14.pdf>

- GIS. (2017). Obtenido de <http://www.gisandbeers.com/mapas-combinados-pendiente-orientacion-laderas/#:~:text=Slope%20es%20la%20herramienta%20destinada,y%20Spatial%20Analyst%20de%20ArcGIS.>
- Gomez Delgado, M., & Barredo Cano, J. (2006). Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/721/72103407.pdf>
- IG-EPN. (2022). Instituto Geofisico Escuela Politecnica Nacional Glosario. Obtenido de <https://www.igepn.edu.ec/glosario?letter=v>
- INEC. (2012). Censo de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales . Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/gad-municipales/>
- INEN. (2015). Guías de normas mínimas de urbanización .
- Lavell, A. (2001). La gestión del Riesgo. Obtenido de <http://cidbimena.desastres.hn/pdf/spa/doc15036/doc15036-contenido.pdf>
- MAATE. (2021). Plan Nacional de sequías. Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/05/plan-nacional-de-sequia.pdf>
- MAG. (2017). Taxonomía del suelo. Obtenido de <https://www.agricultura.gob.ec/>
- MAG. (2022). MODELO DIGITAL DEL TERRENO CHUNCHI Y ALAUSI . Obtenido de <https://www.agricultura.gob.ec/>
- Manzano, Gomez, & Pineda. (2019). METODO DE EVALUACION MULTICRITERIO. Obtenido de <file:///C:/Users/HP/Downloads/Cap9MCGH2019.pdf>
- MappingGis. (2020). Obtenido de [https://mappinggis.com/2014/10/herramientas-de-geoprocesamiento-en-gis/#:~:text=%2D%20Buffer%20\(Zona%20de%20influencia\),-Se%20trata%20de&text=Tambi%C3%A9n%20es%20conocida%20como%20Zona,un%20%C3%A1rea%20de%20influencia%20determinada.](https://mappinggis.com/2014/10/herramientas-de-geoprocesamiento-en-gis/#:~:text=%2D%20Buffer%20(Zona%20de%20influencia),-Se%20trata%20de&text=Tambi%C3%A9n%20es%20conocida%20como%20Zona,un%20%C3%A1rea%20de%20influencia%20determinada.)

- Marinero Peral, A. (2015). Código urbanismo de Galicia.
- Mendez. (2018). Introducción a la geodesia . Obtenido de https://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/10143/mod_resource/content/4/unidad_didactica_1.pdf
- Mendoza, Solano, Palencia, & Gracia. (2019). Aplicación del proceso de jerarquía analítica (AHP) para la toma de decisión con juicios de expertos. Scielo.
- Navarro. (2012). SUSCEPTIBILIDAD Y AMENAZA DE MOVIMIENTOS DE LADERA MEDIANTE S.I.G. EN EL MUNICIPIO DE BERLÍN, EL SALVADOR. Obtenido de https://eprints.ucm.es/id/eprint/19876/1/TFM_JNV_FINALCUT.pdf
- Noboa, A. (01 de Febrero de 2022). Ecuador enfrenta los desastres naturales sin una ley de gestión de riesgos. Obtenido de <https://www.primicias.ec/noticias/politica/ecuador-desastres-naturales-sin-ley-gestion-riesgos/>
- OEA. (1991). Desastres, Planificación y Desarrollo: Manejo de Amenazas Naturales para Reducir los Daños. Obtenido de <https://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea57s/oea57s.pdf>
- OMS. (2009). índice verde urbano. <https://www.who.int/es>.
- ONU. (2015). OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities/>
- Organización Meteorológica Mundial. (2020). Peligros naturales y reducción de riesgos de desastres. Obtenido de <https://public.wmo.int/es/peligrosnaturales-y-reduccion-de-riesgos-de-desastre>
- Perez, D. (2017). Introducción a los sensores remotos . Obtenido de http://aviris.gl.fcen.uba.ar/Curso_SR/Guia_Curso_sr_2007.pdf
- Planificación, S. N. (2021). Plan de Oportunidades 2021-2025. Obtenido de file:///C:/Users/HP/Documents/ESPE/8/ORDENAMIENTO_TERRITORIAL/LEER/Plan-de-Creacion-de-Oportunidades-2021-2025-Aprobado_compressed.pdf

- PRIMICIAS. (2022). DESASTRE EN CHUNCHI EMBALSE SE PESPLOMO DE MANERA NATURAL . Obtenido de <https://www.primicias.ec/noticias/lo-ultimo/embalse-chunchi-desfogo/>
- Ramirez. (2004). El método de jerarquías analíticas de Saaty en la ponderación de variables. Aplicación al nivel de mortalidad y morbilidad en la provincia del chaco . Obtenido de <https://hum.unne.edu.ar/investigacion/geografia/labtig/publicaciones/public16.pdf>
- Robas, C., Nieto, A., & Schnabel, S. (2016). MORFOLOGÍAS FLUVIO-GLACIARES DEL CRÁTER GALE Y SUS ANÁLOGOS TERRESTRES, COMO EVIDENCIAS DEL CLIMA FRÍO Y HÚMEDO DEL MARTE PRIMITIVO. ResearchGate , 16.
- Robotier, J. (2016). El riesgo y su gestion en ell Ecuador. Obtenido de https://www.preventionweb.net/files/58288_lextnrobotier143165pubcom.pdf
- Rojas, O., & Martinez Reyes, C. (2011). Riesgos naturales: evolución y modelos conceptuales. Obtenido de <http://bibliotecadigital.uns.edu.ar/pdf/reuge/v20n1/v20n1a05.pdf>
- SGM. (2022). Sismos. Obtenido de <https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Riesgos-geologicos/Causas-caracteristicas-e-impactos.html>
- SGR. (12 de Febrero de 2021). Informe de situacion, Deslizamiento en Chunchi. Obtenido de <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/2021/02/Informe-de-Situacion-No-3-Chunchi-14022021-2.pdf>
- SGR. (2023). Deslizamiento en Alausi . Obtenido de <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/informes-de-situacion-deslizamiento-alausi-chimborazo/>
- Sigtierras. (2020). Uso y vetacion del suelo. Obtenido de <http://www.sigtierras.gob.ec/>

- SNGRE. (2022). Gestion de riesgos. Obtenido de <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/deslaves/>
- SNGRE. (219). Planes especificos de gestión de riesgos. Obtenido de <https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/07/plan-nacional-riesgos-web.pdf>
- Suarez. (2020). Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Obtenido de <https://desastres.medicina.usac.edu.gt/documentos/docgt/pdf/spa/doc0101/doc0101.pdf>
- Trujillo, A., & Osorio, D. (2013). EXPERIENCIA TOPOLÓGICA EN GRADOS CUARTO, QUINTO Y SEXTO DE LA EDUCACION BASICA. Obtenido de http://www.grupoalquerque.es/ferias/2016/archivos/pdf/1_experiencia_topologica.pdf
- USAID. (31 de Mayo de 1993). Manual Sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Regional Integrado. Obtenido de <https://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea65s/ch10.htm#b.%20uso%20de%20sistemas%20de%20informaci%C3%B3n%20geogr%C3%A1fica%20en%20las%20evaluaciones%20d>
- USGS. (2008). Manual de derrumbes: Una guía para entender todosobre los derrumbes. Obtenido de <https://studylib.net/doc/25496392/manual-de-derrumbes>
- Zafirir, R. (2015). Estimacion de la probabilidad de ocurrencia de deslizamientos medinate el metodo Fuzzen en la zona urbana de la administracion Zonal norte Eugenio Espejo del distrito Metropolitano de Quito. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/10874/T-ESPE-049053.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Zeas Dominguez, R. (1999). El deslizamiento de la Josefina una tragedia ancional. Obtenido de

<https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/30019/2/Deslizamiento%20Josefina.pdf>