

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y
AMBIENTAL



**“IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS ÓPTIMAS PARA
INSTALAR UN RELLENO SANITARIO UTILIZANDO
SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, DISTRITO
LAS PIRIAS - PROVINCIA DE JAÉN”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
FORESTAL Y AMBIENTAL**

Autor: Bach. Fredi Loyaga Rivera

Asesor: Dr. Santos Clemente Herrera Díaz

JAÉN – PERÚ, SETIEMBRE, 2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Ley de Creación N° 29304

Universidad Licenciada con Resolución del Consejo Directivo N° 002-2019-SUNEDU/CD

FORMATO 03: ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 23 de Setiembre del año 2019, siendo las 19:00 horas, se reunieron los integrantes del Jurado:

Presidente: DR. SEGUNDO EDILBERTO VERGARA MEDRANO
Secretario: DR. SEGUNDO SANCHEZ TELLO
Vocal: MG. LINDER RUBIO CUEVA

Para evaluar la Sustentación del **INFORME FINAL TESIS** Titulado: **IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS ÓPTIMAS PARA INSTALAR UN RELLENO SANITARIO UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, DISTRITO LAS PIRIAS - PROVINCIA DE JAÉN**; presentado por la Bachiller **Fredi Loyaga Rivera** de la Carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental de la Universidad Nacional de Jaén.

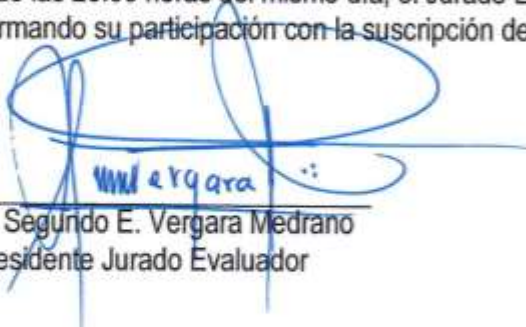
Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:


(x) Aprobar () Desaprobar (x) Unanimidad () Mayoría


Con la siguiente mención:

Excelente	18, 19, 20	()
Muy bueno	16, 17	(16)
Bueno	14, 15	()
Regular	13	()
Desaprobado	12 ó menos	()

Siendo las 20:00 horas del mismo día, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.


Dr. Segundo E. Vergara Medrano
Presidente Jurado Evaluador



Dr. Segundo Sánchez Tello
Secretario Jurado Evaluador


Mg. Linder Rubio Cueva
Vocal Jurado Evaluador

**“IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS ÓPTIMAS PARA INSTALAR
UN RELLENO SANITARIO UTILIZANDO SISTEMAS DE
INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, DISTRITO LAS PIRIAS -
PROVINCIA DE JAÉN”**



Bach. Fredi Loyaga Rivera
TESISTA



Dr. Santos C. Herrera Díaz
ASESOR

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO
FORESTAL Y AMBIENTAL**



Dr. Segundo E. Vergara Medrano
PRESIDENTE



Dr. Segundo Sánchez Tello
SECRETARIO



Mg. Linder Rubio Cueva
VOCAL

ÍNDICE

INDICE DE TABLAS	4
INDICE DE MAPAS	5
INDICE DE FIGURAS	6
RESUMEN	
ABSTRACT	
I. INTRODUCCIÓN	10
II. OBJETIVOS	13
2.1. Objetivo General	13
2.2. Objetivos específicos	13
III. MATERIALES Y MÉTODOS	14
3.1. Materiales	14
3.1.1. Equipos	14
3.1.2. Material cartográfico	14
3.1.3. Programas	14
3.2. Metodología	15
3.2.1. Ubicación del área de estudio	15
3.2.2. Fase inicial de gabinete	17
3.2.3. Fase final de gabinete	27
IV. RESULTADOS	29
4.1. Criterios evaluados para la identificación de áreas óptimas	29
4.1.1. Pendiente	29
4.1.2. Vías de acceso	30
4.1.3. Hidrología	30
4.1.4. Centros poblados	31
4.1.5. Fallas geológicas	31
4.1.6. Sitios arqueológicos	32
4.1.7. Infraestructura	32
4.1.8. Capacidad de uso mayor	32
4.2. Identificación de áreas óptimas para la instalación de un relleno sanitario en el Distrito de Las Pirias.	33
4.2.1 Fase de campo	35
V. DISCUSIÓN	37
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	39
6.1. Conclusiones	39
6.2. Recomendaciones	40

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
AGRADECIMIENTO	43
DEDICATORIA	44
ANEXOS	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Programas utilizados.	14
Tabla 2. Ponderación de los criterios, categorías y valores a evaluar.	18
Tabla 3. Áreas identificadas.	33

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa N° 1. Ubicación del área de estudio	16
Mapa N° 2. Áreas identificadas	34

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Ráster de pendientes	56
Figura N° 2. Reclasificación de las pendientes	56
Figura N° 3. Ráster de las vías de acceso	57
Figura N° 4. Reclasificación de las vías de acceso	57
Figura N° 5. Ráster de hidrología	58
Figura N° 6. Reclasificación de hidrología	58
Figura N° 7. Ráster de los centros poblados	59
Figura N° 8. Reclasificación de los centros poblados	59
Figura N° 9. Ráster de fallas geológicas	60
Figura N° 10. Reclasificación de fallas geológicas	60
Figura N° 11. Ráster de sitios arqueológicos	61
Figura N° 12. Reclasificación de sitios arqueológicos	61
Figura N° 13. Ráster de infraestructuras	62
Figura N° 14. Reclasificación de infraestructuras	62
Figura N° 15. Ráster de capacidad de uso mayor	63
Figura N° 16. Valorización de capacidad de uso mayor	63
Figura N° 17. Multiplicación de los ráster con la herramienta Raster Calculator	64
Figura N° 18. Representación de las áreas óptimas	64

ANEXOS

Anexo 1. Mapa temático de pendiente	46
Anexo 2. Mapa temático de vías de acceso	47
Anexo 3. Mapa temático de hidrología	48
Anexo 4. Mapa temático centro poblados	49
Anexo 5. Mapa temático de fallas geológicas	50
Anexo 6. Mapa temático de sitios arqueológicos	51
Anexo 7. Mapa temático de infraestructura	52
Anexo 8. Mapa temático de infraestructura	53
Anexo 9. Ubicación geográfica de las áreas identificadas	54
Anexo 10. Área de estudio visto desde Google Earth	54
Anexo 11. Figuras que muestran el procedimiento del trabajo en gabinete para la Evaluación Multicriterio	55
Anexo 12. Fotografías de verificación “in situ” o de campo	65
Anexo 13. Carta emitida por la municipalidad distrital de Las Pirias, acreditando la presente investigación	69

RESUMEN

La presente investigación denominada “Identificación de áreas óptimas para instalar un relleno sanitario utilizando Sistemas de Información Geográfica, distrito Las Pirias - Provincia de Jaén”, tiene como objetivo identificar áreas óptimas para la instalación de un relleno sanitario, la cual se desarrolló utilizando sistemas de información geográfica mediante la evaluación multicriterio, para ello, se integró los criterios establecidos en la guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre del relleno sanitario manual del Ministerio del Ambiente, de cuales se evaluaron ocho criterios de selección de sitio, a los que se les asignó valores de “0” para áreas no aptas, “1” para áreas óptimas y “2” para áreas aceptables, obteniendo como resultado 2 áreas óptimas y 13 aceptables con una superficie mayor a 2 hectáreas donde se puede construir un relleno sanitario.

Palabras claves: Sistemas de información geográfica (SIG), áreas potenciales, relleno sanitario, evaluación multicriterio.

ABSTRACT

The present investigation called "Identification of optimal areas to install a landfill using Geographic Information Systems, district Las Pírias - Province of Jaén", aims to identify optimal areas for the installation of a landfill, which was developed using information systems geographic through the multicriteria evaluation, for this, the criteria established in the guide of design, construction, operation, maintenance and closure of the manual dump of the Ministry of the Environment were integrated, of which eight criteria of site selection were evaluated, to the assigned values of "0" for unfit areas, "1" for optimal areas and "2" for acceptable areas, resulting in 2 acceptable optimum areas 13 with an area greater than 2 hectares where a landfill can be built.

Keywords: Geographic information systems (GIS), potential areas, landfill, multicriteria evaluation.

I. INTRODUCCIÓN

Espejo (2017), realizó un estudio para localizar una área óptima (técnica y ambientalmente adecuada) para un relleno sanitario empleando un sistema de información geográfica - SIG, integrado a los criterios de selección de sitio como pendiente, geología, distancia a carreteras, hidrología, bosques, distancia a la población urbana – rural, distancia a un aeropuerto y el volumen de almacenamiento, estos criterios se evaluaron mediante la evaluación multicriterio y los pesos para cada criterio fueron de 0 para lugares no óptimos y 1 para lugares óptimos, empleando los SIG se obtuvieron cuatro zonas óptimas dentro del área de estudio, cada uno de ellas con sus áreas correspondientes: Área 01 = 60.43 Has., Área 02 = 6.91 Has., Área 03 = 3.1 Has., y Área 04 = 15.1 Has.

Romero (2017), identificó mediante herramientas SIG, áreas potenciales para poder construir una planta de tratamiento y disposición final de residuos sólidos en el distrito de San Ignacio. Para ello se definieron nueve criterios de evaluación técnica, los cuales se establecieron espacialmente mediante la aplicación de un SIG; y empleando la evaluación multicriterio, consistió en superponer cada uno de los criterios y asignando los valores de “0” (áreas no óptimas de color rojo) y “1” (áreas óptimas de color azul); obteniendo como resultado un mapa con aquellas áreas que cumplen con todos los criterios y mayores a 5 hectáreas, siendo un total de 17 áreas potenciales donde se puede construir una planta de tratamiento y disposición final de residuos sólidos en el distrito de San Ignacio – Provincia de San Ignacio, Departamento de Cajamarca.

Erazo (2016), realizó una investigación orientada hacia la identificación de sitios potenciales para la implementación de un relleno sanitario en el municipio de Pupiales-Nariño, donde se utilizó como principal herramienta tecnológica el software ArcGis versión 10.2, a fin de obtener una capa espacial (polígono) que facilite la toma de decisiones en el marco del ordenamiento ambiental del territorio, que mejore la prestación del servicio y contribuya a un ambiente sano para la comunidad.

Flores (2013), realizó un estudio para la identificación de sitios potenciales para la disposición final de residuos sólidos en los municipios Atlacomulco, Ixtlahuaca y Jocotitlán, estado de México el cual concluye que la EMC permite observar la importancia que han adquirido los Sistemas de Información Geográfica más allá de su capacidad para almacenar y representar especialmente datos, así mismo los resultados obtenidos se acercaron a la realidad de algunos sitios que ya se encuentran establecidos, también se está consciente de la importancia de utilizar otros criterios y ponderar de mejor manera en base una variable específica, pero esto dependerá en gran medida del enfoque del estudio.

El manejo de los Residuos Sólidos, es un problema que día a día crece al ritmo del incremento demográfico, especialmente relacionado con la disposición final. Este problema adopta características particulares en localidades, debido a la falta de recursos, la falta de la tecnología apropiada que permita disponer los residuos sin que ello signifique incurrir en costos mayores de inversión y operación, ausencia de conocimiento acerca de las alternativas para enfrentar el problema de la disposición final inadecuada de los residuos sólidos y falta de información sobre las consecuencias negativas de los botaderos donde se disponen los residuos sin las mínimas medidas sanitarias y de seguridad, generando la proliferación de vectores infecciosos, prácticas insalubres de segregación y alimentación de animales con dichos residuos. El manejo integral de residuos sólidos, debe ser desde la generación hasta su disposición final, sanitaria y ambientalmente adecuada, para prevenir los riesgos de salud de la población y el deterioro de la calidad ambiental.

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

Este tipo de trabajo nos va a permitir evaluar e identificar sitios para la ubicación del área óptima de un relleno sanitario mediante la integración de información espacial con criterios establecidos en la “Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre del relleno sanitario manual, con consideraciones técnico, legales y sociales para cumplir con los criterios mínimos”, publicada por el Ministerio del Ambiente.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Identificar áreas óptimas para la instalación de un relleno sanitario utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG) en el distrito de Las Pirias - Provincia de Jaén.

2.2. Objetivos específicos

- Aplicar los criterios establecidos en la guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre del relleno sanitario manual del MINAM, para selección de áreas óptimas donde se pueda construir un relleno sanitario.
- Establecer los criterios técnicos para la localización de áreas óptimas empleando la evaluación multicriterio para un relleno sanitario, mediante la aplicación de SIG.
- Elaborar el mapa temático de áreas óptimas y aceptables para la instalación de un relleno sanitario en el distrito de Las Pirias.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales

3.1.1. Equipos

- Computadora LENOVO™ ideapad 520 Core i7, memoria RAM 8.00 GB.
- GPS navegador GARMIN 64s, pantalla de 2,6 pulgadas, receptor GPS y GLONASS de alta sensibilidad con antena Quadrifilar Helix.
- Cámara fotográfica SONY, zoom de 20x y un sensor Exmor® R CMOS.

3.1.2. Material cartográfico

- Base de datos de la Zonificación Ecológica Económica del gobierno regional de Cajamarca.

3.1.3. Programas

Tabla 1. Programas utilizados.

SOFTWARE	DESCRIPCIÓN
QGIS 3.0	QGIS es un Sistema de Información Geográfica (SIG) de Código Abierto licenciado bajo GNU - General Public License. Soporta numerosos formatos y funcionalidades de datos vector, ráster y bases de datos, puede visualizar, gestionar, editar y analizar datos, y diseñar mapas imprimibles.
Google Earth Pro 7.1	El programa fue creado bajo el nombre de EarthViewer 3D por la compañía Keyhole Inc. En la actualidad nos permite realizar descargas de imágenes satelitales en versiones gratuitas.
Apache OpenOffice 4.1.6	Es una suite ofimática libre, de código abierto, que incluye procesador de textos, hoja de cálculo, presentaciones, herramientas para el dibujo vectorial y base de datos.

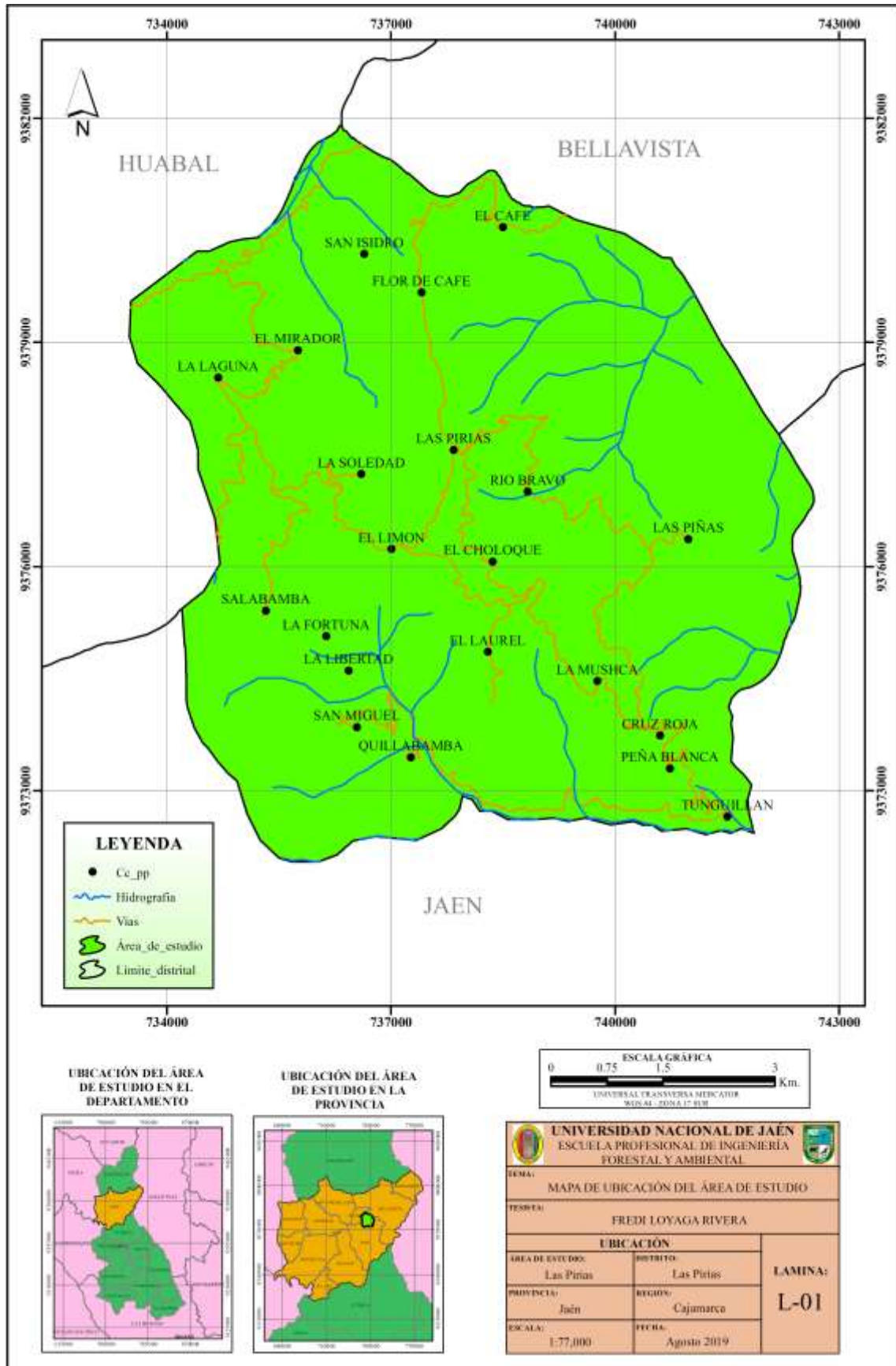
Fuente: Elaboración propia del investigador, 2019.

3.2. Metodología

La metodología que se utilizó para identificar áreas óptimas para la instalación de un relleno sanitario en el distrito de Las Pirias, fue la aplicación de Sistemas de Información Geográfica, utilizando la evaluación multicriterio como instrumento de apoyo en la toma de decisiones, analizando los criterios establecidos en la “Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual” del Ministerio del Ambiente (MINAM), el cual tiene por objetivo la orientación respecto a los procedimientos previos, el diseño, la construcción y la operación del relleno sanitario manual como actividad complementaria del servicio público.

3.2.1. Ubicación del área de estudio

El distrito de Las Pirias se encuentra ubicado en la provincia de Jaén, departamento de Cajamarca. Con una extensión de 6325.52 hectáreas. Se encuentra ubicada en las coordenadas UTM 738310 este y 9377102 norte. Limita, por el este con el distrito de Bellavista, por el oeste con el distrito de Jaén, por el norte con el distrito de Huabal, por el sur con el distrito de Jaén (Mapa N° 1).



Mapa N° 1. Ubicación del área de estudio
Fuente: Elaboración propia del investigador, 2019.

Para dar cumplimiento a los objetivos planteados en la presente investigación fue necesario realizar las actividades que se enmarcan en las fases que se describen a continuación:

3.2.2. Fase inicial de gabinete

Consistió en la recopilación, revisión de información sobre el tema de estudio, recurriendo a tesis, artículos, libros, base de datos e instituciones como:

- Municipalidad Distrital de Las Pirias.
- Ministerio del Ambiente a través de su página web oficial.

También se revisó y seleccionó la información de los criterios establecidos en la “Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual” del MINAM, teniendo en cuenta los criterios que permitieron la identificación de áreas óptimas para la instalación de un relleno sanitario.

a) Procesamiento de la base de datos

Para el procesamiento de la base de datos (shapefile) cada uno de los criterios seleccionados fueron recortados de acuerdo al límite del área de estudio y transformados a formato ráster mediante la herramienta “Euclidean Distance”, para poder realizar la evaluación multicriterio, que nos permitió identificar las áreas óptimas para la instalación de un relleno sanitario.

b) Criterios y factores óptimos para la identificación de un relleno sanitario:

Para la evaluación multicriterio e identificación de áreas óptimas para la instalación de un relleno sanitario en el distrito de Las Pirias, se tuvo en cuenta los siguientes criterios desde el punto de vista técnica profesional y social guiándonos en la guía establecida por el Ministerio del Ambiente, con la finalidad de facilitar a las municipalidades y empresas prestadoras de

servicios de residuos sólidos (EPS-RS) una herramienta ágil a través de los sistemas de información geográfica para la selección de áreas de estudio.

Tabla 2. Ponderación de los criterios, categorías y valores a evaluar.

CRITERIO	CATEGORÍA	ESCALA	VALOR
Pendiente	No apta	<4° y >40°	0
	Óptima	4° - 20°	1
	Aceptable	20° - 40°	2
Vías de acceso	No apta	<200 m	0
	Óptima	200 - 1200 m	1
	Aceptable	>1200 m	2
Hidrología	No apta	<500 m	0
	Óptima	>1000 m	1
	Aceptable	500 - 1000 m	2
Centros Poblados	No apta	<1000 m	0
	Óptima	1000 - 1500 m	1
	Aceptable	>1500 m	2
Fallas Geológicas	No apta	<500 m	0
	Óptima	>1000 m	1
	Aceptable	500 - 1000 m	2
Sitios Arqueológicos	No apta	<1000 m	0
	Óptima	>2000 m	1
	Aceptable	1000-2000 m	2
Infraestructura	No apta	<1000 m	0
	Óptima	1000 - 1500 m	1
	Aceptable	>1500 m	2
Capacidad de uso mayor	No apta	Xse/F	0
	Óptima	C2se-F2se/F	1
	Aceptable	C2se-Xse/F	2

Fuente: Elaboración basado en el MINAM.

El análisis se realizó mediante el método de Sumatoria Lineal Ponderada, que es la más empleada en modelos desarrollados en SIG y se asignó escalas y valores establecidos en la tabla N° 2.

c) **Elaboración de mapas temáticos de cada criterio y factor óptimo:**

- **Pendiente:**

Se partió del modelo digital de elevación con una resolución espacial de (pixel) de 30 * 30, luego, se abrió el DEM en el ArcMap, seguidamente, se recurrió a la caja de herramientas Arc Toolbox que es la caja principal, se seleccionó la herramienta “Spatial Analyst Tools”, en la opción “Surface” y luego la opción “Slope” la cual nos permitió crear el ráster de pendiente con valores en grados que se crean por defecto (Anexo 11 , Fotografía N° 1).

Una vez obtenido el ráster de pendiente se le asignó los nuevos valores y escalas (distancias), debido a que los valores obtenidos se crean por defecto, para ello se utilizó la caja de herramienta ArcToolbox y seleccionó la opción “Spatial Analyst Tools”, procediendo de la siguiente manera:

- En opción “Reclass”, se seleccionó la herramienta “Reclassify” con la finalidad de agregar los nuevos valores a la escala.
- Seguidamente se agregó el ráster de pendiente y seleccionó la opción “Classify” activándose una ventana en la cual se añadió el valor de cada escala nueva y se lo reclasificó asignándole 3 valores, de acuerdo a las escalas detalladas en la tabla N° 2.
- Se consideró el valor “0”, a aquellas áreas “No aptas” ($< 4^\circ$ y $> 40^\circ$), las cuales no son consideradas para la instalación del relleno sanitario.
- Se consideró el valor “1”, a aquellas áreas “Óptimas” (entre $4 - 20^\circ$) las cuales son áreas potenciales para la instalación de un relleno sanitario.

- Se consideró el valor “2”, a aquellas áreas “Aceptables” (entre 20 - 40°), que de igual manera si cumplen con las condiciones para la instalación del relleno sanitario (Anexo 11, Fotografía N° 2).

- **Vía de acceso:**

Para la elaboración del mapa de vías se procedió de la siguiente manera:

Se abrió la caja de herramientas ArcToolbox y seleccionó la herramienta “Spatial Analyst Tools”, luego se utilizó la opción “Distance” y “Euclidean Distance” la cual nos permitió identificar las distancias desde cualquier celda hacia las vías o carreteras (Anexo 11, Fotografía N° 3).

Una vez obtenido el ráster de distancias hacia las vías de acceso, se le asignó los nuevos valores y escalas (distancias), debido a que los valores obtenidos se crean por defecto, para ello se utilizó la caja de herramienta ArcToolbox y seleccionó la opción “Spatial Analyst Tools”, procediendo de la siguiente manera:

- En opción “Reclass”, se seleccionó la herramienta “Reclassify” con la finalidad de agregar los nuevos valores a la escala.
- Seguidamente se agregó el ráster de vías de acceso y seleccionó la opción “Classify” activándose una ventana en la cual se añadió el valor de cada escala nueva y se lo reclasificó asignándole 3 valores, de acuerdo a las escalas detalladas en la tabla N° 2.
- Se consideró el valor “0”, a aquellas áreas “No aptas” (menores a 200m) las cuales no son consideradas para la instalación del relleno sanitario.
- Se consideró el valor “1”, a aquellas áreas “Óptimas” (entre 200 – 1200m) las cuales son áreas potenciales para la instalación de un relleno sanitario.

- Se consideró el valor “2”, a aquellas áreas “Aceptables” (mayores a 1200m) que de igual manera si cumplen con las condiciones para la instalación del relleno sanitario (Anexo 11, Fotografía N° 4).

- **Hidrología:**

Para la elaboración del mapa de ríos se procedió de la siguiente manera:

Se abrió la caja de herramientas ArcToolbox y seleccionó la herramienta “Spatial Analyst Tools”, luego se utilizó la opción “Distance” y “Euclidean Distance” la cual nos permitió identificar las distancias desde cualquier celda hacia los ríos (Anexo 11, Fotografía N° 5).

Una vez obtenido el ráster de distancias hacia los ríos, se le asignó los nuevos valores y escalas (distancias), debido a que los valores obtenidos se crean por defecto, para ello se utilizó la caja de herramienta ArcToolbox y seleccionó la opción “Spatial Analyst Tools”, procediendo de la siguiente manera:

- En opción “Reclass”, se seleccionó la herramienta “Reclassify” con la finalidad de agregar los nuevos valores a la escala.
- Seguidamente se agregó el ráster de ríos y seleccionó la opción “Classify” activándose una ventana en la cual se añadió el valor de cada escala nueva y se lo reclasificó asignándole 3 valores, de acuerdo a las escalas detalladas en la tabla N° 2.
- Se consideró el valor “0”, a aquellas áreas “No aptas” (menores a 500m) las cuales no son consideradas para la instalación del relleno sanitario.
- Se consideró el valor “1”, a aquellas áreas “Óptimas” (mayores a 1000m) las cuales son áreas potenciales para la instalación de un relleno sanitario.

- Se consideró el valor “2”, a aquellas áreas “Aceptables” (entre 500-1000m) que de igual manera si cumplen con las condiciones para la instalación del relleno sanitario (Anexo 11, Fotografía N° 6).

- **Centros poblados:**

Para la elaboración del mapa de centros poblados se procedió de la siguiente manera:

Se abrió la caja de herramientas ArcToolbox y seleccionó la herramienta “Spatial Analyst Tools”, luego se utilizó la opción “Distance” y “Euclidean Distance” la cual nos permitió identificar las distancias desde cualquier celda hacia los centros poblados (Anexo 11, Fotografía N°7).

Una vez obtenido el ráster de distancias hacia a los centros poblados, se le asignó los nuevos valores y escalas (distancias), debido a que los valores obtenidos se crean por defecto, para ello se utilizó la caja de herramientas ArcToolbox y seleccionó la opción “Spatial Analyst Tools”, procediendo de la siguiente manera:

- En opción “Reclass”, se seleccionó la herramienta “Reclassify” con la finalidad de agregar los nuevos valores a la escala.
- Seguidamente se agregó el ráster de centros poblados y seleccionó la opción “Classify” activándose una ventana en la cual se añadió el valor de cada escala nueva y se lo reclasificó asignándole 3 valores, de acuerdo a las escalas detalladas en la tabla N° 2.
- Se consideró el valor “0”, a aquellas áreas “No aptas” (menores a 1000m) las cuales no son consideradas para la instalación del relleno sanitario.
- Se consideró el valor “1”, a aquellas áreas “Óptimas” (entre 1000 - 1500m) las cuales son áreas potenciales para la instalación de un relleno sanitario.

- Se consideró el valor “2”, a aquellas áreas “Aceptables” (mayor a 1500m) que de igual manera si cumplen con las condiciones para la instalación del relleno sanitario (Anexo 11, Fotografía N° 8).

- **Fallas geológicas:**

Para la elaboración del mapa de fallas geológicas se procedió de la siguiente manera:

Se abrió la caja de herramientas ArcToolbox y seleccionó la herramienta “Spatial Analyst Tools”, luego se utilizó la opción “Distance” y “Euclidean Distance” la cual nos permitió identificar las distancias desde cualquier celda hacia las fallas geológicas (Anexo 11, Fotografía N° 9).

Una vez obtenido el ráster de distancias hacia las fallas geológicas, se le asignó los nuevos valores y escalas (distancias), debido a que los valores obtenidos se crean por defecto, para ello se utilizó la caja de herramientas ArcToolbox y seleccionó la opción “Spatial Analyst Tools”, procediendo de la siguiente manera:

- En opción “Reclass”, se seleccionó la herramienta “Reclassify” con la finalidad de agregar los nuevos valores a la escala.
- Seguidamente se agregó el ráster de fallas geológicas y seleccionó la opción “Classify” activándose una ventana en la cual se añadió el valor de cada escala nueva y se lo reclasificó asignándole 3 valores, de acuerdo a las escalas detalladas en la tabla N° 2.
- Se consideró el valor “0”, a aquellas áreas “No aptas” (menores a 500m) las cuales no son consideradas para la instalación del relleno sanitario.
- Se consideró el valor “1”, a aquellas áreas “Óptimas” (mayores a 1000m las cuales son áreas potenciales para la instalación de un relleno sanitario).

- Se consideró el valor “2”, a aquellas áreas “Aceptables” (entre 500-1000m) que de igual manera si cumplen con las condiciones para la instalación del relleno sanitario (Anexo 11, Fotografía N° 10).

- **Sitios arqueológicos:**

Para la elaboración del mapa de sitios arqueológicos se procedió de la siguiente manera:

Se abrió la caja de herramientas ArcToolbox y seleccionó la herramienta “Spatial Analyst Tools”, luego se utilizó la opción “Distance” y “Euclidean Distance” la cual nos permitió identificar las distancias desde cualquier celda hacia los sitios arqueológicos (Anexo 11, Fotografía N° 11).

Una vez obtenido el ráster de distancias hacia los sitios arqueológicos, se le asignó los nuevos valores y escalas (distancias), debido a que los valores obtenidos se crean por defecto, para ello se utilizó la caja de herramientas ArcToolbox y seleccionó la opción “Spatial Analyst Tools”, procediendo de la siguiente manera:

- En opción “Reclass”, se seleccionó la herramienta “Reclassify” con la finalidad de agregar los nuevos valores a la escala.
- Seguidamente se agregó el ráster de sitios arqueológicos y seleccionó la opción “Classify” activándose una ventana en la cual se añadió el valor de cada escala nueva y se lo reclasificó asignándole 3 valores, de acuerdo a las escalas detalladas en la tabla N° 2.
- Se consideró el valor “0”, a aquellas áreas “No aptas” (menores a 1000m) las cuales no son consideradas para la instalación del relleno sanitario.

- Se consideró el valor “1”, a aquellas áreas “Óptimas” (mayores a 2000m las cuales son áreas potenciales para la instalación de un relleno sanitario.
- Se consideró el valor “2”, a aquellas áreas “Aceptables” (entre 1000-2000m) que de igual manera si cumplen con las condiciones para la instalación del relleno sanitario (Anexo 11, Fotografía N° 12).

- **Infraestructuras:**

Para la elaboración del mapa de Infraestructuras se procedió de la siguiente manera:

Se abrió la caja de herramientas ArcToolbox y seleccionó la herramienta “Spatial Analyst Tools”, luego se utilizó la opción “Distance” y “Euclidean Distance” la cual nos permitió identificar las distancias desde cualquier celda hacia las infraestructuras existentes (Anexo 11, Fotografía N° 13).

Una vez obtenido el ráster de distancias hacia las infraestructuras, se le asignó los nuevos valores y escalas (distancias), debido a que los valores obtenidos se crean por defecto, para ello se utilizó la caja de herramienta ArcToolbox y seleccionó la opción “Spatial Analyst Tools”, procediendo de la siguiente manera:

- En opción “Reclass”, se seleccionó la herramienta “Reclassify” con la finalidad de agregar los nuevos valores a la escala.
- Seguidamente se agregó el ráster de infraestructuras y seleccionó la opción “Classify” activándose una ventana en la cual se añadió el valor de cada escala nueva y se lo reclasificó asignándole 3 valores, de acuerdo a las escalas detalladas en la tabla N° 2.

- Se consideró el valor “0”, a aquellas áreas “No aptas” (menores a 1000m) las cuales no son consideradas para la instalación del relleno sanitario.
- Se consideró el valor “1”, a aquellas áreas “Óptimas” (1000-1500m) las cuales son áreas potenciales para la instalación de un relleno sanitario.
- Se consideró el valor “2”, a aquellas áreas “Aceptables” (mayores 1500m) que de igual manera si cumplen con las condiciones para la instalación del relleno sanitario (Anexo 11, Fotografía N° 14).

- **Capacidad de uso mayor:**

Para la elaboración del mapa de capacidad de uso mayor se procedió de la siguiente manera:

Se abrió la caja de herramientas ArcToolbox, en la opción “Conversion tools” y “To raster”, luego se utilizó la opción “Polygon to raster” con la finalidad de convertir el shapefile a ráster el cual nos permitió clasificarlos (Anexo 11, Fotografía N° 15).

Una vez obtenido el ráster de capacidad de uso mayor se le asignó valores, para ello se utilizó la caja de herramienta ArcToolbox en la opción “Spatial Analyst Tools”, procediendo de la siguiente manera:

- En opción “Reclass”, se seleccionó la herramienta “Reclassify” con la finalidad de agregarle valores.
- Se consideró el valor “0”, a aquellas áreas “No aptas” (Xse/F), las cuales no son consideradas para la instalación de un relleno sanitario, por ser tierras de protección con limitaciones de suelo y erosión.
- Se consideró el valor “1”, a aquellas áreas “Óptimas” (C2se-F2se/F), para la instalación de un relleno sanitario, por ser tierras

aptas para cultivo permanente, calidad agrologica media, con limitaciones de suelo y erosión - tierras aptas para producción forestal, calidad agrologica media, con limitaciones de suelo y erosión.

- Se considerará el valor “2”, a aquellas áreas “Aceptables” (C2se-Xse/F), que de igual manera si cumplen con las condiciones para la instalación del relleno sanitario, por ser tierras aptas para cultivo permanente, calidad agrologica media, con limitaciones de suelo y erosión - tierras de protección con limitaciones de suelo y erosión (Anexo 11, Fotografía N° 16).

3.2.3. Fase final de gabinete

d) Elaboración del mapa final de áreas óptimas

Después de haber reclasificado los criterios para la identificación de áreas óptimas e la instalación de un relleno sanitario en el distrito de Las Pirias, se procedió a realizar lo siguiente:

- En ArcToolBox, se seleccionó la herramienta “Spatial Analyst Tools”, en la opción “Map algebra” y “Raster calculator”, desplegándose una ventana de expresiones algebraicas, el cual nos permitió multiplicar todos los criterios definidos (Anexo 11, Fotografía N° 17).

Luego, se convirtió el ráster a formato shapefile utilizando la herramienta ArcToolbox y “Conversion Tools” desde ráster a polígono en la opción “Raster to polygon”. Una vez realizado esto se procedió de la siguiente manera:

- Posteriormente, con los polígonos resultantes se utilizó la herramienta “Smooth polygon”, con el objeto de generar áreas con bordes suavizados.

- Luego en su tabla de atributos se añadió un nuevo campo con nombre “área_ha”, donde se calculó el área en hectáreas de todos los polígonos, permitiéndonos seleccionar aquellas áreas que tuvieron una superficie mayor a 2 ha. Por lo tanto, los polígonos que no tuvieron esta área fueron eliminados.
- Finalmente se elaboró el mapa de áreas óptimas para la instalación de un relleno sanitario en el distrito de Las Pirias (Anexo 11, Fotografía N° 18).

IV. RESULTADOS

4.1. Criterios evaluados para la identificación de áreas óptimas

En el presente trabajo de investigación, realizado en el distrito de Las Pirias, se identificó áreas óptimas para la instalación de un relleno sanitario, utilizando 8 criterios que se encuentran establecidos en la guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual del Ministerio del Ambiente. Para lo cual, se consideró las siguientes categorías:

- Categoría **no apta** con valor de “0” las cuales no se consideraron para la instalación del relleno sanitario por ser áreas vulnerables a riesgos e impactos que pueda generar el relleno sanitario.
- Categoría **óptima** con valor de “1” para las áreas que se encontraron dentro de los rangos óptimos establecidos para cada criterio, protegiendo la salud pública y el ambiente.
- Categoría **aceptable** con valor “2” para las áreas que se encontraron dentro de los rangos mínimos o máximos dependiendo del criterio evaluado.

4.1.1. Pendiente

En el Anexo 1 se muestra el mapa temático de pendientes con los respectivos niveles que se establecieron para cada categoría y valor óptimo para la instalación del relleno sanitario. Las áreas de color rojo fueron consideradas como “No aptas” con pendientes menores de 4° y mayores a 40°, estas áreas no se seleccionaron a fin de evitar posibles procesos de inestabilidad, deslizamientos de material que son difíciles y costosos de reducir una vez iniciadas la construcción y a la vez, evitar que se originen encharcamientos en el entorno del área del relleno sanitario. Es por ello, que las áreas de color verde fueron consideradas “Óptimas” con pendientes entre 4°- 20° y las áreas de color amarillo fueron consideradas “Aceptables” con pendientes entre 20°- 40°.

4.1.2. Vías de acceso

En el Anexo 2 se muestra el mapa temático de vías de acceso con las respectivas distancias que se establecieron para cada categoría y valor óptimo para la instalación del relleno sanitario. Las áreas de color rojo fueron consideradas como “No aptas” debido a que presentan una distancia menor a 200 metros, no se escogieron estas áreas a fin de reducir los costos de transporte desde y hacia el relleno sanitario, por lo tanto, la instalación del relleno sanitario deberá estar próxima a una carretera, pero evitando una excesiva proximidad a fin de evitar su intervisibilidad, emisión de olores fétidos producto de la descomposición de los residuos sólidos. Es por ello que las áreas de color verde fueron consideradas “Óptimas” con distancias entre 200-1200 metros de las vías y las áreas de color amarillo fueron consideradas “Aceptables” con distancias mayores a 1200 metros.

4.1.3. Hidrología

En el Anexo 3 se muestra el mapa temático de hidrología con las respectivas distancias que se establecieron para cada categoría y valor óptimo para la instalación del relleno sanitario. Las áreas de color rojo fueron consideradas como “No aptas” con distancias menores a 500 metros de un curso de agua, no se escogieron estas áreas con el objetivo de evitar alguna contaminación directa o indirecta a los cauces fluviales debido a el escurrimiento, infiltración de algún tipo de fluidos provenientes de los residuos. Es por ello, que las áreas de color verde fueron consideradas “Óptimas” con distancias mayores a los 1000 metros y las áreas de color amarillo fueron consideradas “Aceptables” con distancias entre 500 -1000 metros. Así mismo, es muy importante que el sitio seleccionado esté lo más lejos posible de corrientes superficiales y cuerpos receptores de agua para evitar posibles contaminaciones por escurrimiento, filtración, lixiviación, etc. provenientes del relleno sanitario

4.1.4. Centros poblados

En el Anexo 4 se muestra el mapa temático de centros poblados con las respectivas distancias que se establecieron para cada categoría y valor óptimo para la instalación del relleno sanitario. Las áreas de color rojo fueron consideradas como “No aptas” con distancias menores a los 1000 metros, no se escogieron estas áreas debido a que este tipo de instalaciones genera un cierto rechazo social por efecto de la generación de malos olores, riesgos a la salud y producción de vectores infecciosos provenientes del relleno sanitario, así como los posibles riesgos que se puedan generar. Es por ello que las áreas de color verde fueron consideradas “Óptimas” con distancias entre 1000 – 1500 metros y las áreas de color amarillo fueron consideradas “Aceptables” con distancias mayores a 1500 metros.

4.1.5. Fallas geológicas

En el Anexo 5 se muestra el mapa temático de fallas geológicas con las respectivas distancias que se establecieron para cada categoría y valor óptimo para la instalación del relleno sanitario. Las áreas de color rojo fueron consideradas como “No aptas” con distancias menores a 500 metros respecto de las fallas geológicas. No se escogieron estas áreas debido a que estas zonas son terrenos vulnerables a desastres naturales como agrietamientos, desprendimientos, desplazamientos u otros movimientos de masas que pongan en riesgo la seguridad del personal y/o la operación del relleno. Es por ello que las áreas de color verde fueron consideradas “Óptimas” con distancias mayores a 1000 metros y las áreas de color amarillo fueron consideradas “Aceptables” con distancias entre 500 – 1000 metros.

4.1.6. Sitios arqueológicos

En el Anexo 6 se muestra el mapa temático de sitios arqueológicos con las respectivas distancias que se establecieron para cada categoría y valor óptimo para la instalación del relleno sanitario. Las áreas de color rojo fueron consideradas como “No aptas” con distancias menores a 1000 metros, no se escogieron estas áreas con la finalidad de preservar los sitios arqueológicos y culturales. Por lo tanto, estas áreas pertenecientes a una zona arqueológica deben ser restringidas para la ubicación de un relleno sanitario. Es por ello que las áreas de color verde fueron consideradas “Optimas” con distancias mayores a 2000 metros y las áreas de color amarillo fueron consideradas “Aceptables” con distancias entre 1000 – 2000 metros. Así mismo se pudo identificar como único sitio arqueológico a la Huaca la rueda.

4.1.7. Infraestructura

En el Anexo 7 se muestra el mapa temático de infraestructura con las respectivas distancias que se establecieron para cada categoría y valor óptimo para la instalación del relleno sanitario. Las áreas de color rojo fueron consideradas como “No aptas” con distancias menores 1000 metros, no se escogieron estas áreas debido a que son zonas muy cercanas y pueden causar contaminación de fuentes de aguas de consumo, dañar la flora, fauna, zonas agrícolas y a otros elementos del paisaje natural. Es por ello que las áreas de color verde fueron consideradas “Optimas” con distancias entre 1000 – 1500 metros y las áreas de color amarillo fueron consideradas “Aceptables” con distancias mayores 1500 metros.

4.1.8. Capacidad de uso mayor

En el Anexo 8 se muestra el mapa temático de capacidad de uso mayor establecido por la Zonificación Ecológica y Económica de Cajamarca en la cual, se le asignó para cada categoría valores, que nos permitieron identificar áreas para la instalación del relleno sanitario. Las áreas de color rojo fueron consideradas como “No aptas” con categoría (Xse/F), no se escogieron estas áreas por ser tierras de protección con limitaciones de suelo y erosión. Es por

ello que las áreas de color verde fueron consideradas “Óptimas” con categoría (C2se-F2se/F) por ser tierras aptas para cultivo permanente, calidad agrologica media, con limitaciones de suelo y erosión - tierras aptas para producción forestal, calidad agrologica media, con limitaciones de suelo y erosión, y las áreas de color amarillo fueron consideradas “Aceptables” con categoría (C2se-Xse/F) por ser tierras aptas para cultivo permanente, calidad agrologica media, con limitaciones de suelo y erosión - tierras de protección con limitaciones de suelo y erosión.

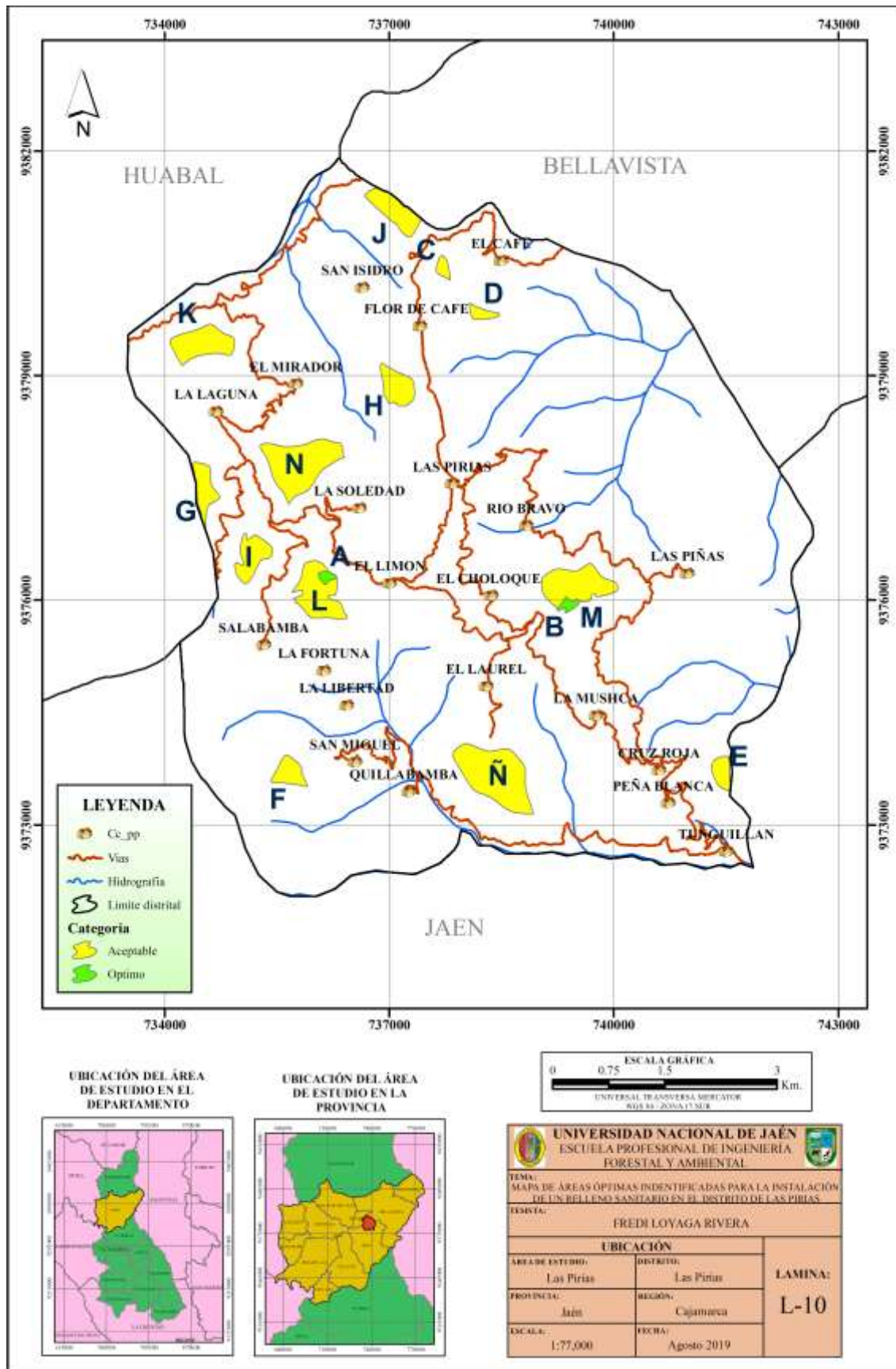
4.2. Identificación de áreas óptimas para la instalación de un relleno sanitario en el Distrito de Las Pirias.

Como resultado de la investigación se identificaron 2 áreas definidas como óptimas y 13 áreas aceptables para la instalación de un relleno sanitario en el distrito de Las Pirias, cada una de ellas mayores a 2 hectáreas y que cumplen con todos los criterios evaluados.

Tabla 3. Áreas identificadas.

ÁREAS IDENTIFICADAS		
Polígono	Categoría	Área (ha)
A	Óptimo	2.63
B	Óptimo	3.17
C	Aceptable	3.86
D	Aceptable	4.67
E	Aceptable	8.69
F	Aceptable	11.87
G	Aceptable	14.64
H	Aceptable	17.37
I	Aceptable	18.28
J	Aceptable	20.96
K	Aceptable	27.74
L	Aceptable	32.46
M	Aceptable	35.89
N	Aceptable	51.20
Ñ	Aceptable	59.82

Fuente: Elaboración propia del investigador, 2019.



Mapa N° 2. Áreas identificadas

Fuente: Elaboración propia del investigador, 2019

4.2.1 Fase de campo

Se realizó visitas a campo con la finalidad de contrastar y visualizar las áreas óptimas que se identificaron utilizando los Sistema de Información Geográfica (SIG) mediante el método de evaluación multicriterio teniendo en cuenta los criterios que se han evaluado.

Las áreas identificadas son superficies ocupadas principalmente por coberturas como bosques secundarios: iguaguana (*Cordia iguaguana*), guayacán (*Handroanthus chrysanthus*), catahua (*Hura crepitans*), morero (*Maclura tintoria*), topa (*Ochroma pyramidale*), especies exóticas como: pino (*Pinus sp*), eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y laurel (*Cordia alliodora*); herbazales: *Stipa sp.*; pastos: sorgo (*Pennisetum purpureum*) y cultivos como: Café (*Coffea arabica*), plátano (*Musa paradisiaca*) más espacios naturales.

De acuerdo a la tabla N° 3 y el mapa N° 2. Las áreas identificadas como óptimas son:

a. Área “A”

Se encuentra ubicada en las coordenadas UTM 736165 Este y 9376312 Norte al sur- oeste del distrito de Las Pirias a una distancia de 3.14 kilómetros, tiene un área de 3.17 hectáreas y una fácil accesibilidad, a su vez se encuentra a una distancia de 1100 metros de la fuente de agua más cercana. El suelo y la capacidad de uso mayor de la tierra comprenden al grupo C2se-F2se/F las cuales son tierras aptas para cultivo permanente, calidad agrologica media, con limitaciones de suelo y erosión - tierras aptas para producción forestal, calidad agrologica media, con limitaciones de suelo y erosión. El uso actual del suelo son cultivos permanentes como: Café (*Coffea arabica*) y plátano (*Musa paradisiaca*).

b. Área “B”

Se encuentra ubicada en las coordenadas UTM 739391 Este y 9375938 Norte al sur- este del distrito de Las Pirias a una distancia de 5.20 kilómetros, tiene un área de 2.63 hectáreas y tiene una fácil accesibilidad a través de una trocha carrozable, a su vez se encuentra a una distancia de 1200 metros de la fuente de agua más cercana. El suelo y la capacidad de uso mayor de la tierra comprenden a la Subclase C2se-F2se/F las cuales son tierras aptas para cultivo permanente, calidad agrologica media, con limitaciones de suelo y erosión - tierras aptas para producción forestal. El uso actual del suelo son cultivos de café (*Coffea arabica*) y herbazales (*Stipa sp*).

V. DISCUSIÓN

- En estudio realizado por Espejo (2017), se identificaron cuatro zonas óptimas dentro del área de estudio para un relleno sanitario empleando un sistema de información geográfica - SIG, integrado a los criterios de selección de sitio como pendiente, geología, distancia a carreteras, hidrología, bosques, distancia a la población urbana – rural, distancia a un aeropuerto y el volumen de almacenamiento, estos criterios se evaluaron mediante la evaluación multicriterio. Del mismo modo en este trabajo de investigación se evaluaron ocho criterios (Tabla 2) sin embargo, podemos notar que la cantidad de áreas identificadas difiere mucho, esto debido a que tienen una reclasificación de distancias diferentes para cada criterio y el área total de estudio es mucho más amplia. Aun así, la aplicación de estos criterios y herramientas a resultado útil para lograr identificar áreas óptimas en el distrito de las Pirias.
- Así mismo Romero (2017), identificó un total de 17 áreas potenciales que cumplen con todos los criterios y mayores a 5 hectáreas para construir una planta de tratamiento y disposición final de residuos sólidos en el distrito de San Ignacio. Para ello se definieron nueve criterios de evaluación técnica, los cuales se establecieron espacialmente mediante la aplicación de un SIG; y empleando la evaluación multicriterio. A comparación de los criterios utilizados para determinar las áreas óptimas en el presente trabajo (Tabla 2) que son prácticamente los mismos se pudieron identificar 2 áreas definidas como óptimas y 13 áreas aceptables, cada una de ellas mayores a 2 hectáreas, para ello también se empleó la evaluación multicriterio asignándose categorías y valores “0” (No aptas de color rojo), “1” (Óptimas de color verde) y “2” (Aceptables de color amarillo), (Mapa N° 2).

- Mihelcic y Zimmerman (2012) indicaron que las instalaciones de rellenos sanitarios necesitan estar ubicados en donde los riesgos al ambiente y a la sociedad sean bajos, por lo que aun en el caso de un mal diseño, construcción u operación, el riesgo resultante sea minimizado. Por ello, los criterios empleados en la presente investigación tienen como finalidad proteger la salud pública y el ambiente puesto que, si no se tomarían en cuenta estos criterios o estudios realizados, la instalación de un relleno sanitario en lugares no apropiados afectaría el bienestar de la población y la calidad ambiental del distrito.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- Se identificaron 2 áreas óptimas y 13 áreas aceptables para la instalación de un relleno sanitario utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG) en el Distrito de Las Pirias – Provincia de Jaén.
- Se aplicaron los criterios establecidos en la guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre del relleno sanitario manual del MINAM, para selección de las áreas óptimas donde se pueda construir un relleno sanitario.
- Se estableció para cada uno de los criterios técnicos categorías y valores empleando la evaluación multicriterio, “0” para áreas no aptas, las cuales no son consideradas para la instalación del relleno sanitario, “1” para áreas óptimas, las cuales son áreas potenciales para la instalación de un relleno sanitario y “2” para áreas aceptables que de igual manera si cumplen con las condiciones para la instalación del relleno sanitario.
- Se elaboró el mapa de las áreas óptimas y aceptables para la instalación de un relleno sanitario en el Distrito de Las Pirias.

6.2. Recomendaciones

- Ante la problemática existente de localizar sitios potenciales para la disposición final de los residuos sólidos se recomienda a los gobiernos locales, que una vez identificadas aquellas áreas potenciales se requieran evaluar los sitios a detalle y realizar un mejor diagnóstico territorial para tomar mejores decisiones técnicas que contribuya a un ambiente saludable para la población.
- En el marco de la implementación de un relleno sanitario, se debe realizar estudios y pruebas de campo de las áreas seleccionadas, con el fin de constatar si esta área cumple definitivamente con los requerimientos establecidos para la construcción de dicha obra. Dentro de estos estudios mínimos se considera: 1). Un estudio topográfico, con el fin de conocer la morfología del terreno. 2). Un estudio de suelos, con el fin de determinar las características de los materiales que conformaran la cimentación y las capas de cubierta que posee el terreno, las pruebas que se requieren son las de permeabilidad. 3) Estudios de impacto ambiental para predecir los posibles impactos (efectos positivos o negativos) que podría generar la implementación, operación, cierre y post cierre del proyecto de relleno sanitario a través de un plan de manejo ambiental: las medidas para la eliminación, reducción y/o control de los impactos negativos a la salud y el ambiente.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Becerra, C., Castro M. y Rodríguez, A. (2015). Identificación de áreas potenciales para la disposición final de residuos sólidos del municipio de Popayán.
- Castañeda, F., Montoya, P. y Mejía, Z. (2010). Metodología para la localización de rellenos sanitarios mediante sistemas de información geográfica. Colombia.
- Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM. (2017). Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Diario Oficial el Peruano. Lima, Perú.
- Erazo, N. (2016). Identificación de Sitios Potenciales para la Construcción de un Relleno Sanitario a Partir de un SIG en el Municipio de Pupiales – Nariño. Universidad De Manizales, Facultad de Ciencias e Ingeniería. Colombia.
- Espejo, A. (2017). Localización óptima de un relleno sanitario empleando sistemas de información geográfica en el distrito de Chachapoyas, región Amazonas. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza. Perú.
- Fernández, I. (2009). Las coordenadas geográficas y las proyecciones cartográficas UTM.
- Flores, J. (2016). Identificación de sitios potenciales para la disposición final de residuos sólidos en los municipios Atlacomulco, Ixtlahuaca y Jocotitlán, estado de México. Universidad Autónoma del estado de México.
- Gómez Delgado, M. y Barredo Cano, J. I. (2005). Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio en la Ordenación del Territorio. Madrid.
- MINAM. (2011). Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual. Lima, Perú.

Olaya, Víctor. (2011). Sistemas de Información Geográfica.

Romero, W. (2017). Identificación de las áreas óptimas para la planta de tratamiento y disposición final de residuos sólidos del distrito de San Ignacio, utilizando sistemas de información geográfica – SIG. Universidad Nacional de Cajamarca. Perú.

Saralegi, B. P. (2015). Optimización de la Gestión de los Residuos Sólidos Urbanos en la Mancomunidad de San Markos mediante herramientas multicriterio.

Sosa, A. R., y Torres Romero, Crisóforo. (2010). Localización de un sitio para construir un centro de aprovechamiento de residuos sólidos urbanos a través de tres métodos.

Vicente, J. (2008). Consulta, edición y análisis espacial con ArcGis 9.2. Tomo II: Ejercicios. Recuperado de <http://www.gabrielortiz.com>.

ZEE. (2010). Ordenamiento Territorial De La Región Cajamarca. Mapa de Capacidad de Uso Mayor. Cajamarca, Perú.

AGRADECIMIENTO

A mis profesores a quienes les debo gran parte de mis conocimientos, gracias a su paciencia y enseñanza. Un eterno agradecimiento a esta prestigiosa universidad la cual abrió sus puertas a jóvenes como yo, preparándonos para un futuro competitivo y formándonos como personas de bien.

Quiero agradecer especialmente al Ing. Mario De La Cruz Meléndrez por su asesoría siempre dispuesta, por su esfuerzo, dedicación y confianza, quien, con sus conocimiento y experiencia, han logrado en mí que pueda terminar mi proyecto de tesis.

A mis padres y hermanos por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida. Sobre todo, por ser mi gran motivación que me conlleva a superarme cada día más.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

DEDICATORIA

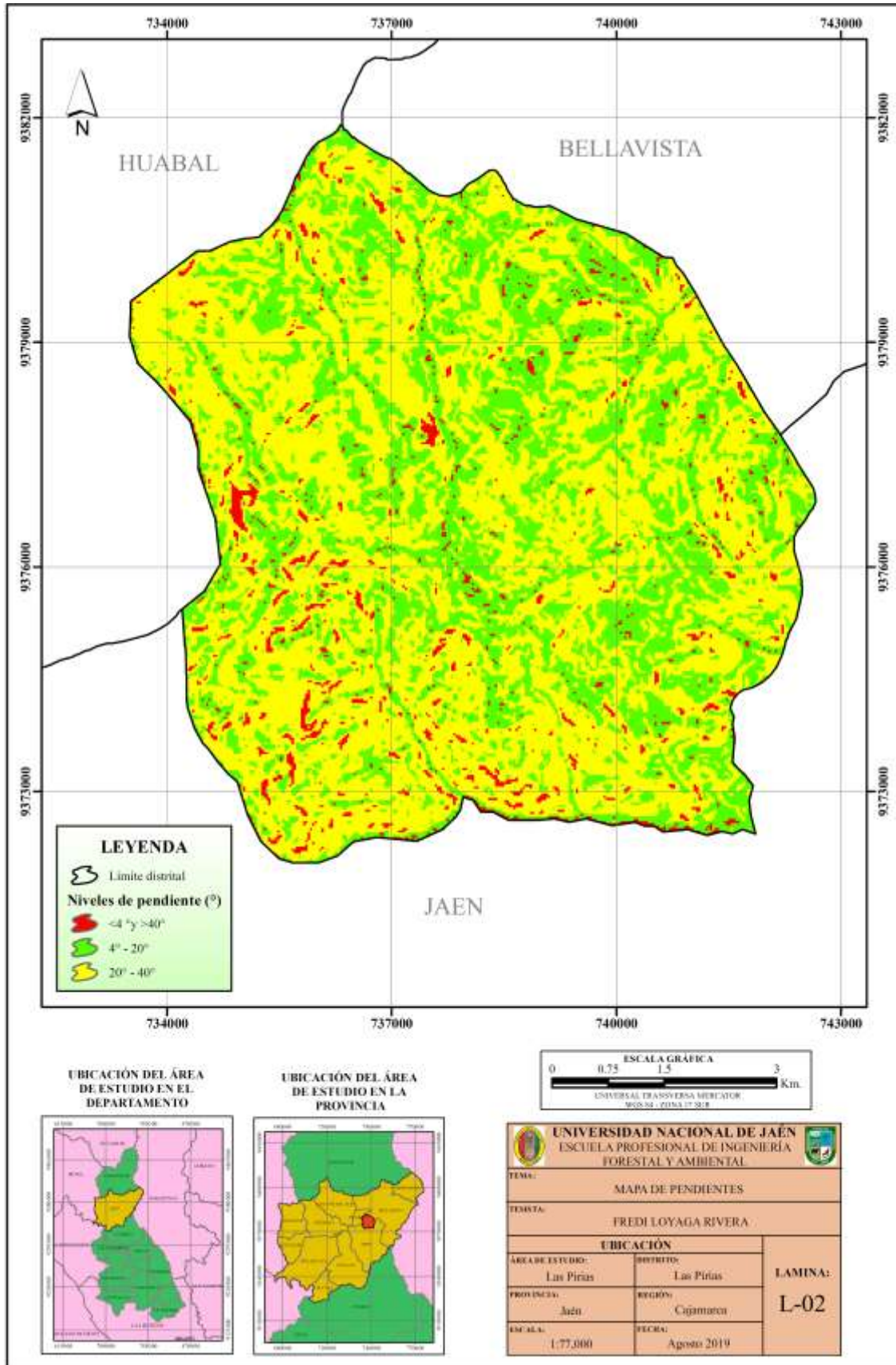
Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mis padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles y por su sacrificio para ayudarme a cumplir mis metas. A mis hermanos por ser un pilar muy importante en mi vida y a toda mi familia la cual amo con todo mi corazón.

A mi novio por regalarme su valioso tiempo, su amor, su cariño, su paciencia y comprensión, realmente lo admiro muchísimo y siempre será mi ejemplo de vida a seguir.

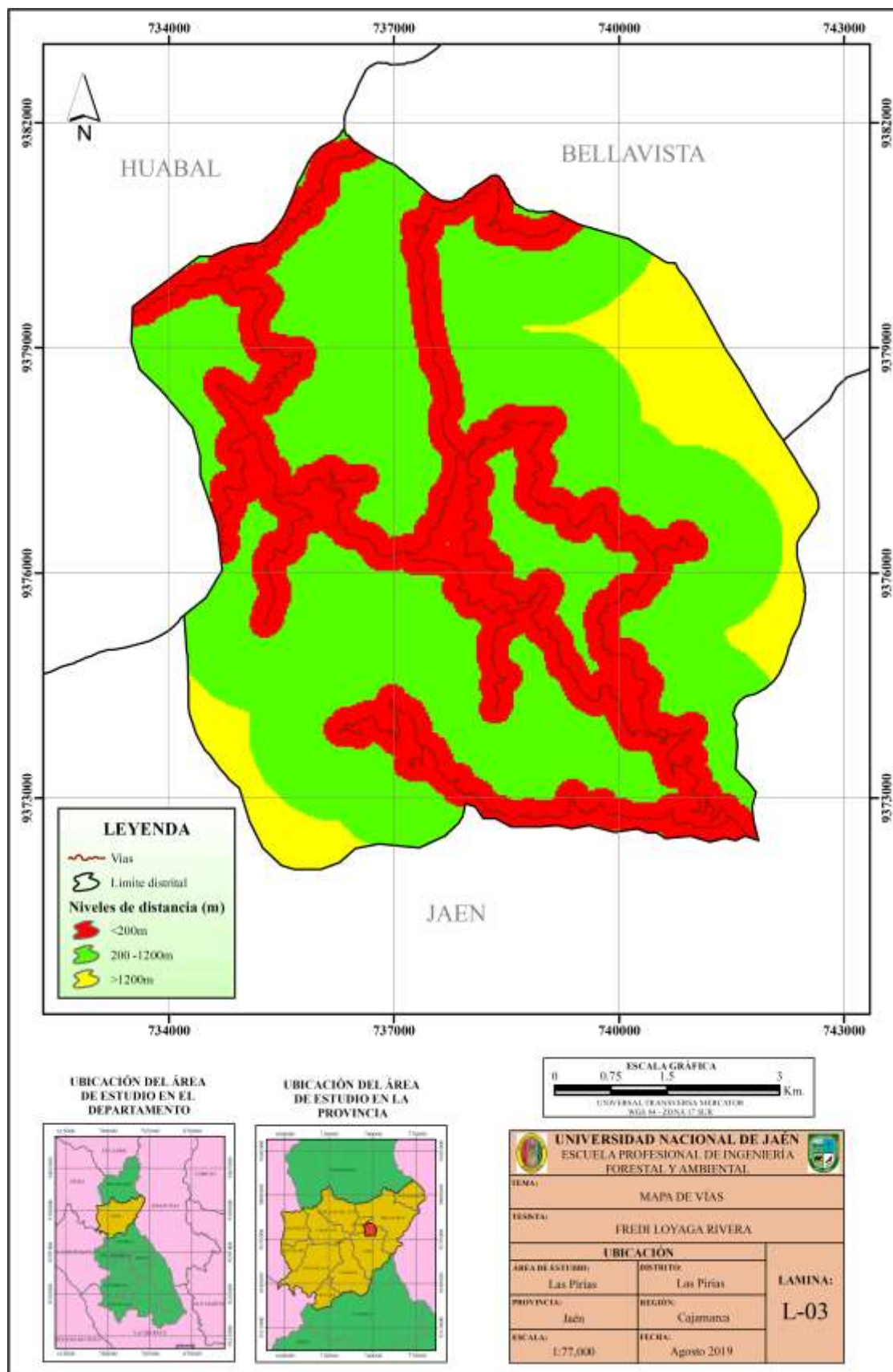
Fredi Loyaga Rivera

ANEXOS

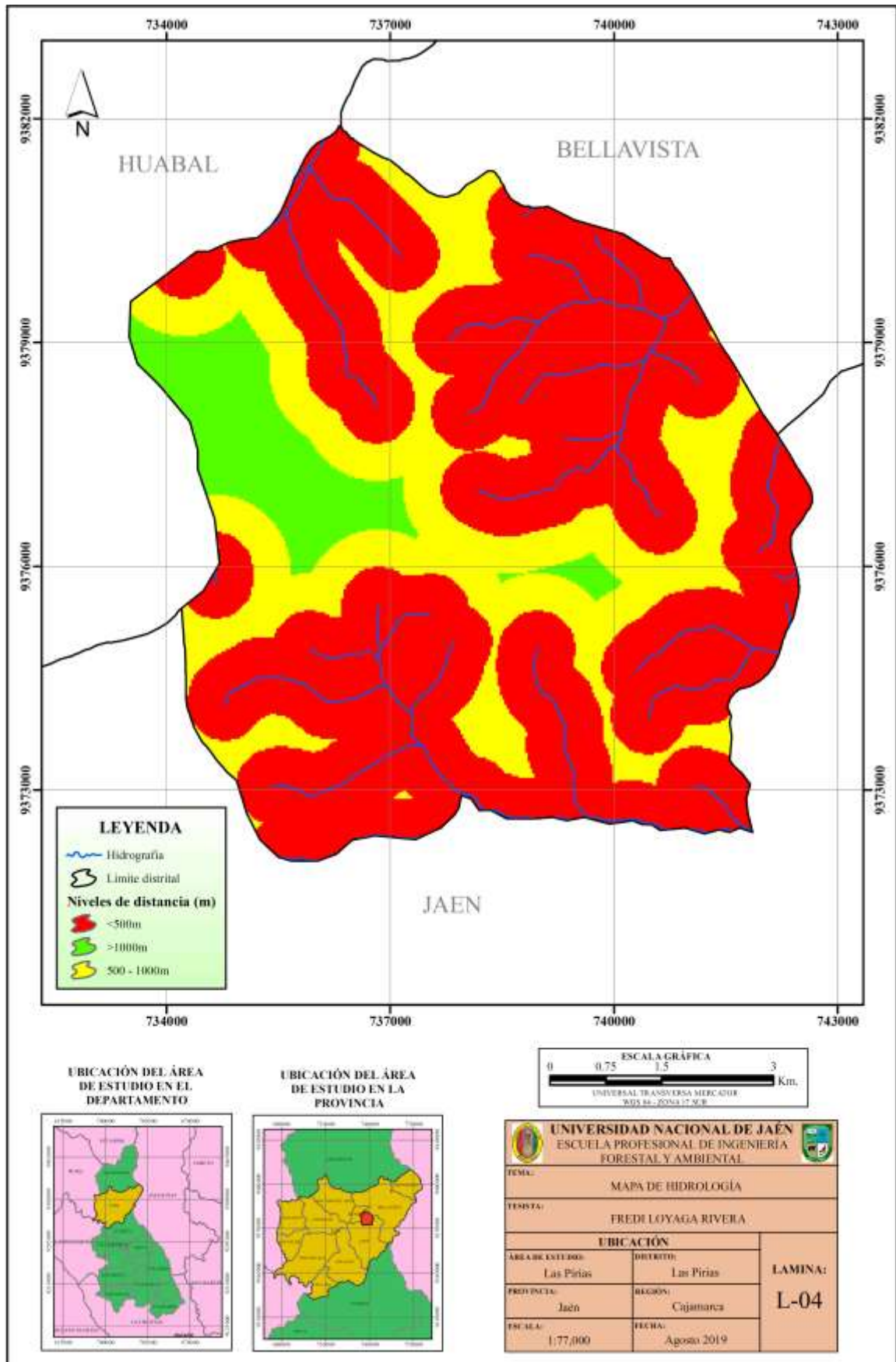
Anexo 1. Mapa temático de pendiente



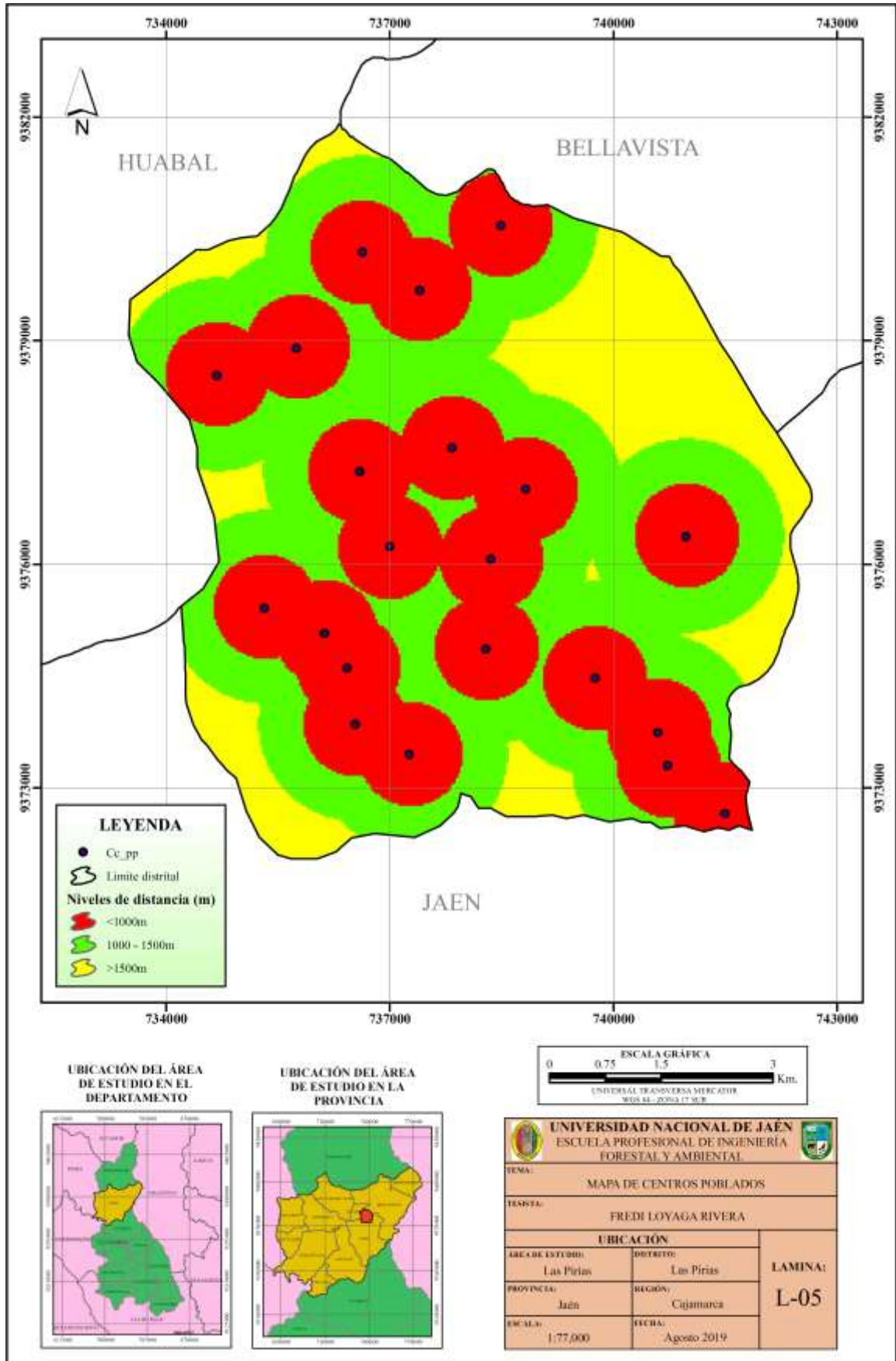
Anexo 2. Mapa temático de vías de acceso



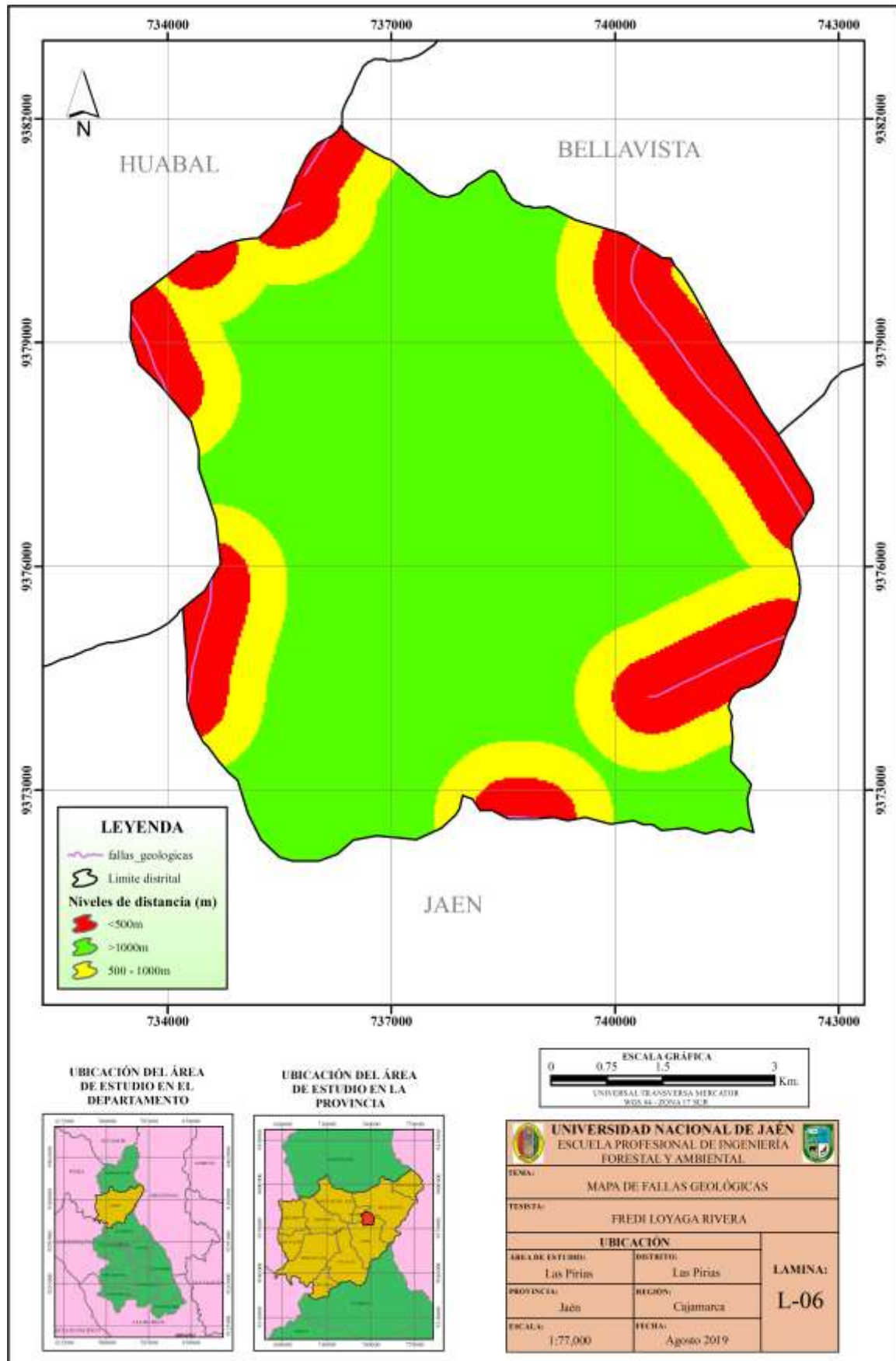
Anexo 3. Mapa temático de hidrología



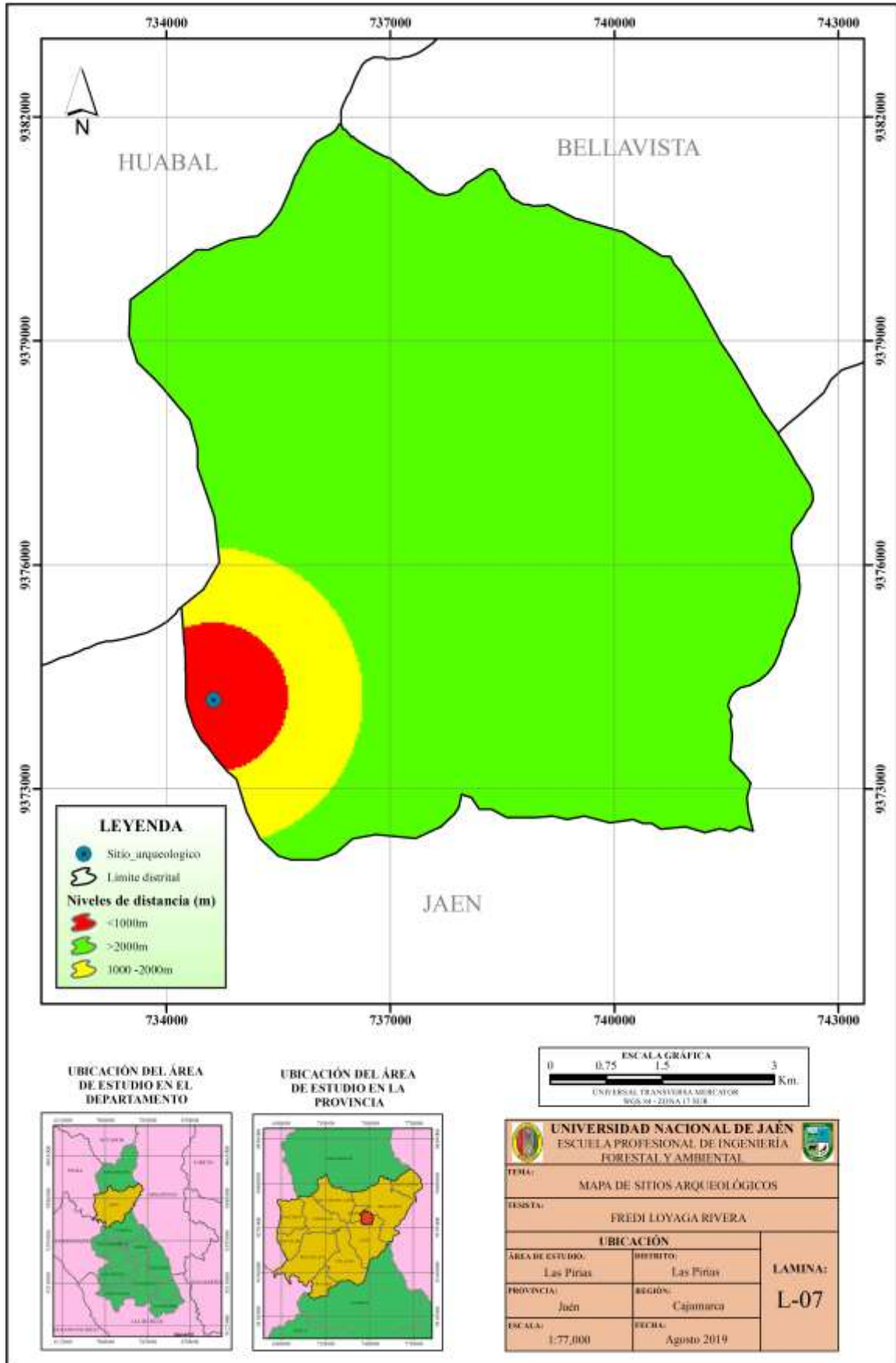
Anexo 4. Mapa temático centro poblados



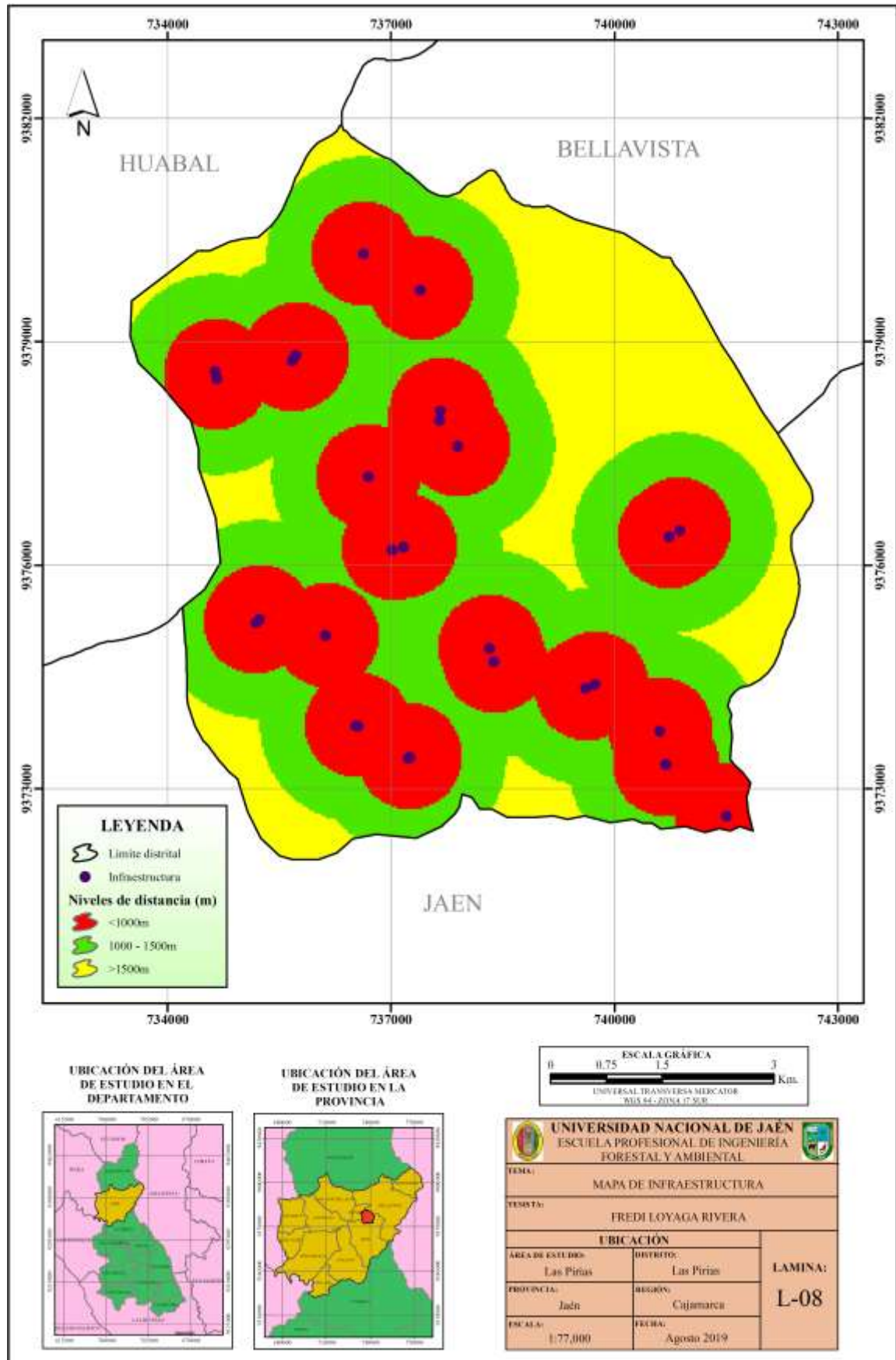
Anexo 5. Mapa temático de fallas geológicas



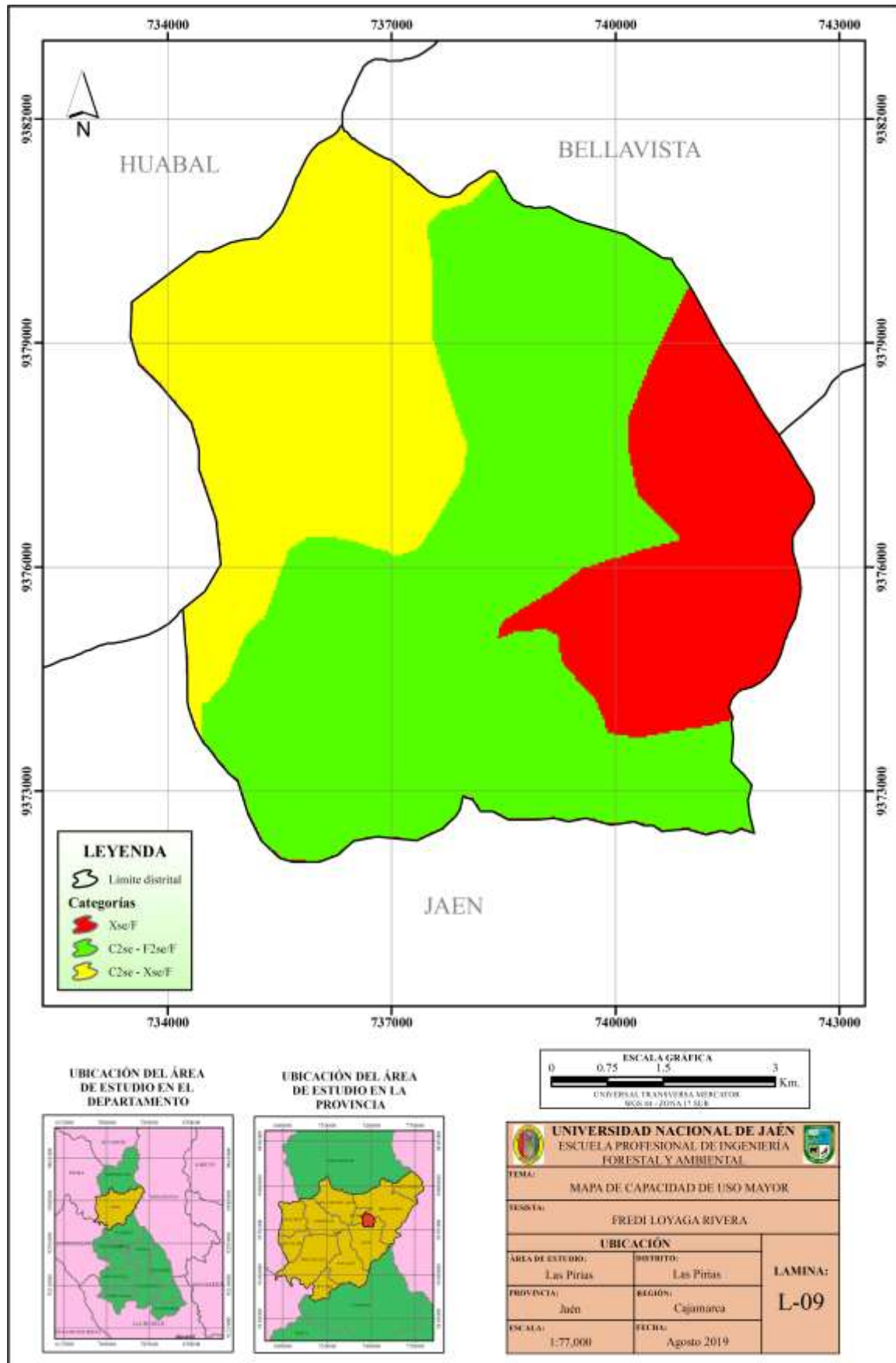
Anexo 6. Mapa temático de sitios arqueológicos



Anexo 7. Mapa temático de infraestructura



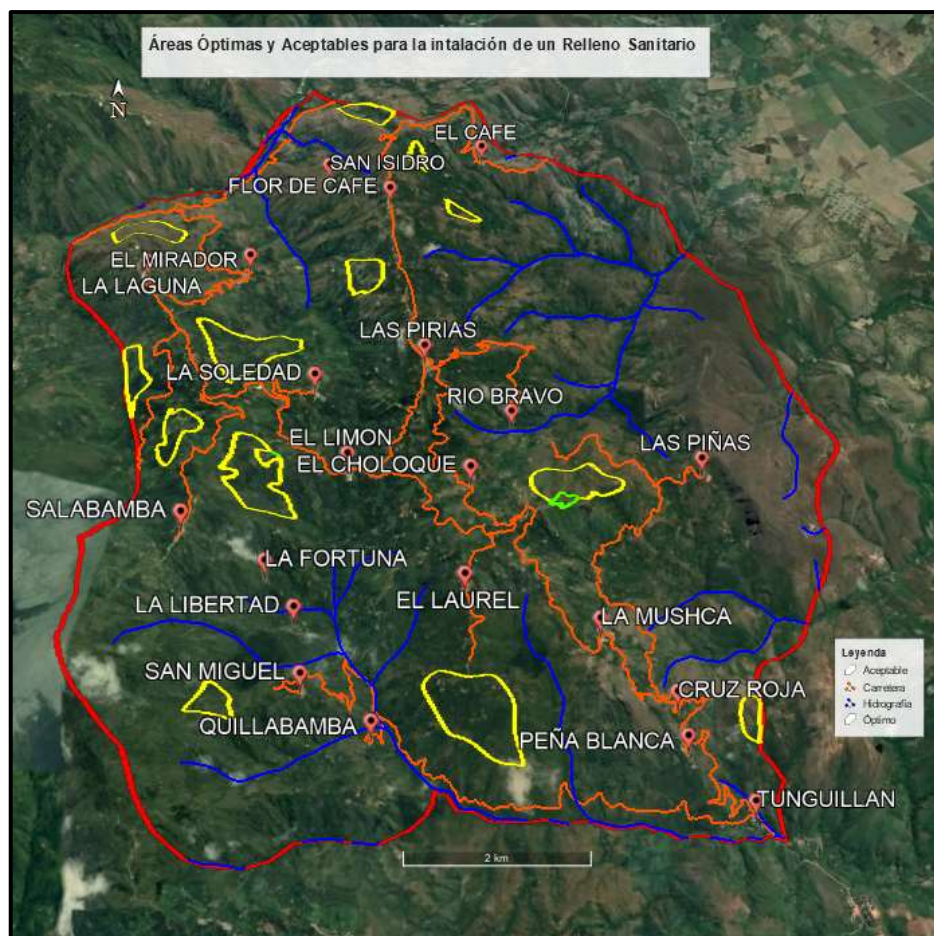
Anexo 8. Mapa temático de infraestructura



Anexo 9. Ubicación geográfica de las áreas identificadas

Area	Este	Norte
A	736165	9376312
B	739391	9375938
C	737720	9380439
D	738233	9379830
E	741442	9373704
F	735663	9373698
G	734531	9377493
H	737107	9378851
I	735166	9376584
J	737072	9381200
K	734499	9379427
L	736050	9376089
M	739492	9376201
N	735812	9377817
Ñ	738418	9373653

Anexo 10. Área de estudio visto desde Google Earth



**Anexo 11. Figuras que muestran el procedimiento del trabajo en gabinete para la
Evaluación Multicriterio**

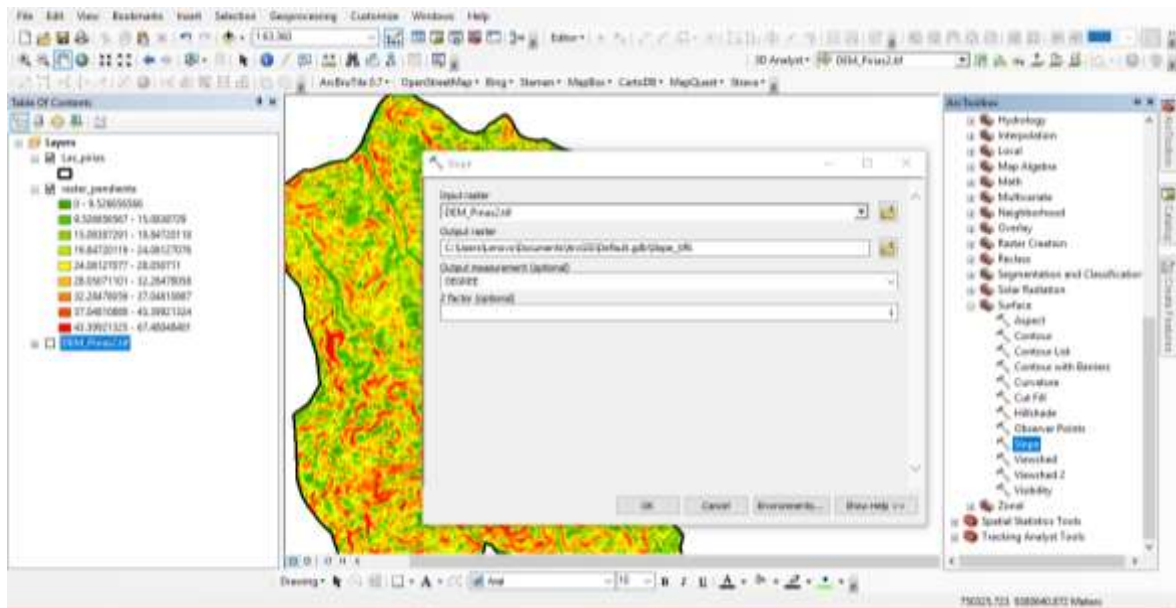


Figura N° 1. Ráster de pendientes

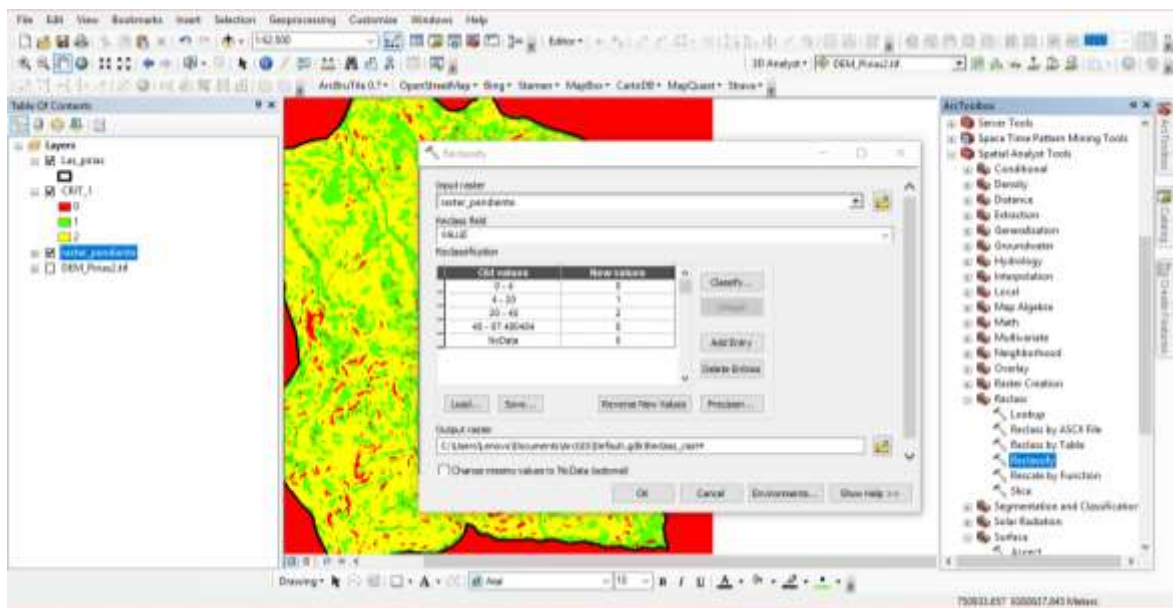


Figura N° 2. Reclasificación de las pendientes

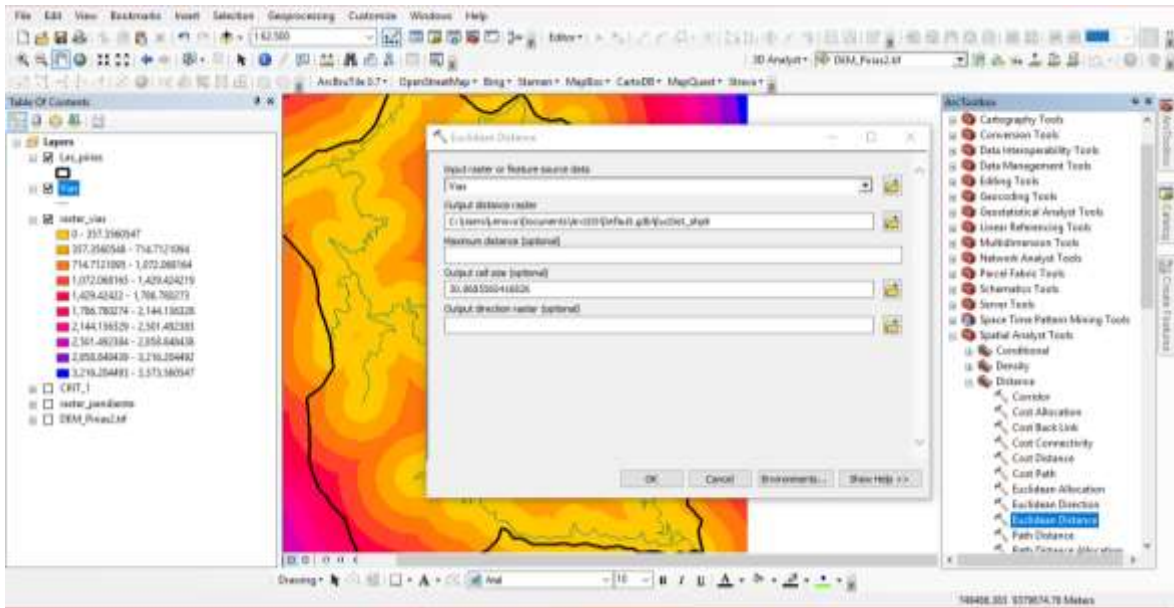


Figura N° 3. Ráster de las vías de acceso

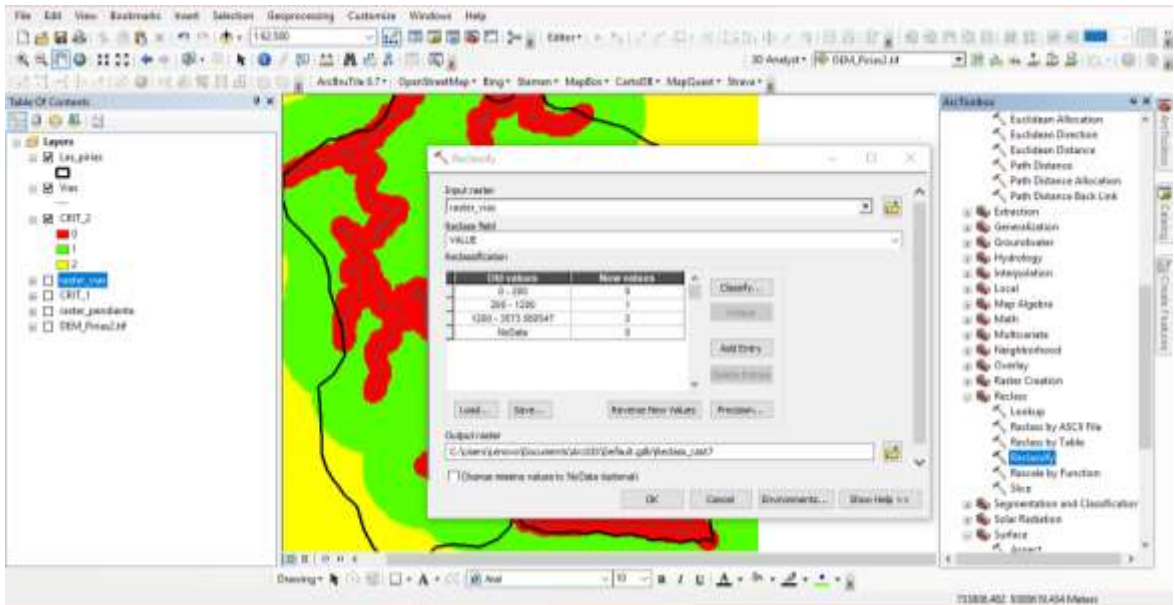


Figura N° 4. Reclasificación de las vías de acceso

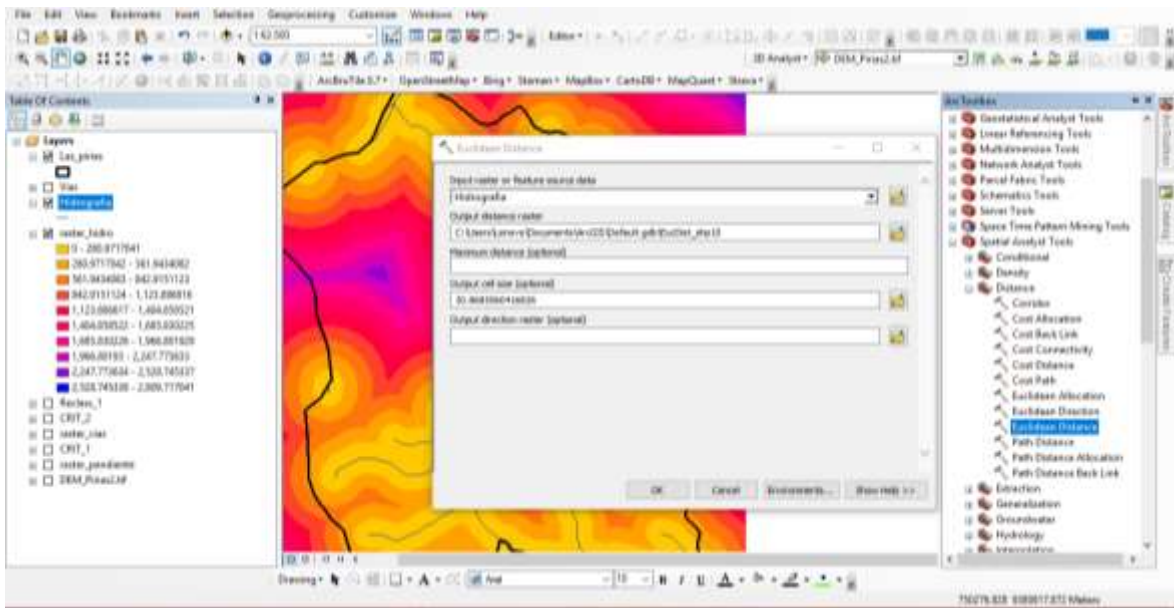


Figura N° 5. Ráster de hidrología

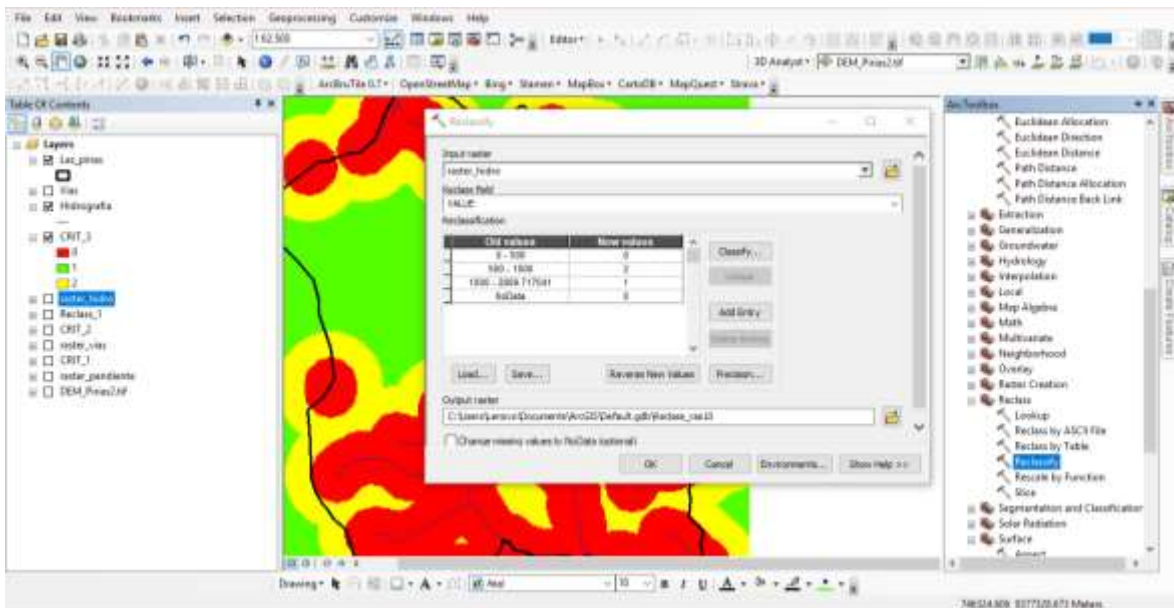


Figura N° 6. Reclasificación de hidrología

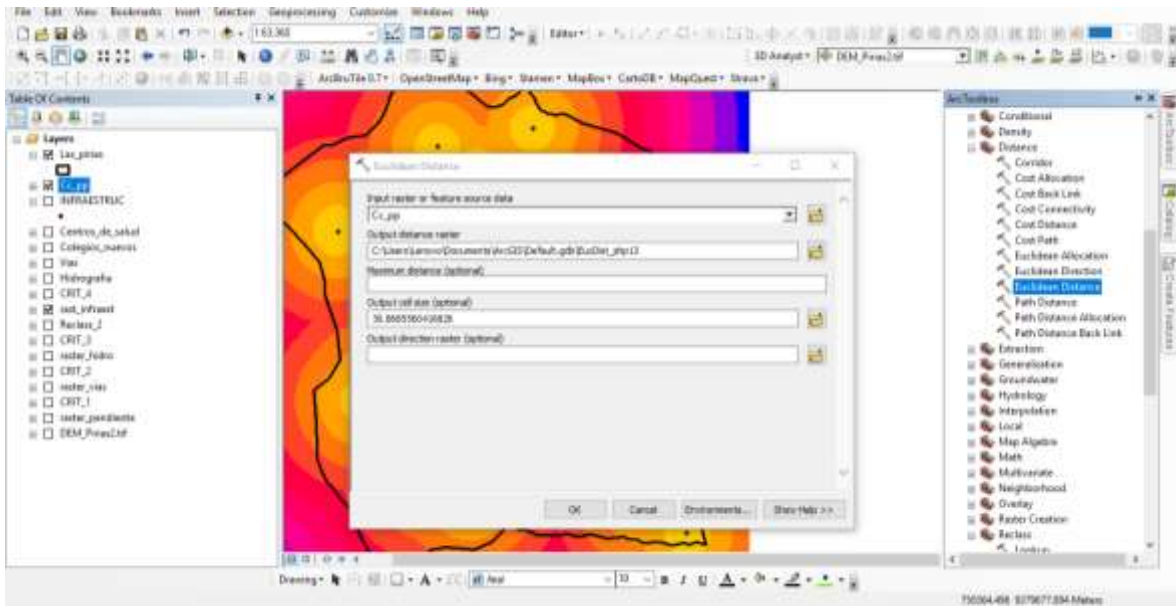


Figura N° 7. Ráster de los centros poblados

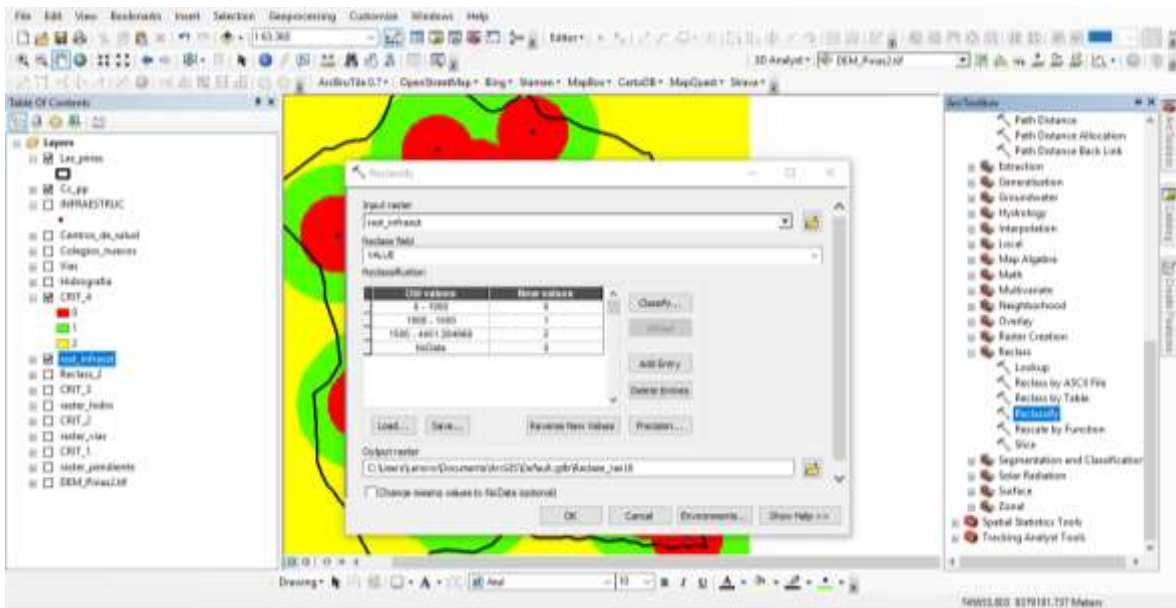


Figura N° 8. Reclasificación de los centros poblados

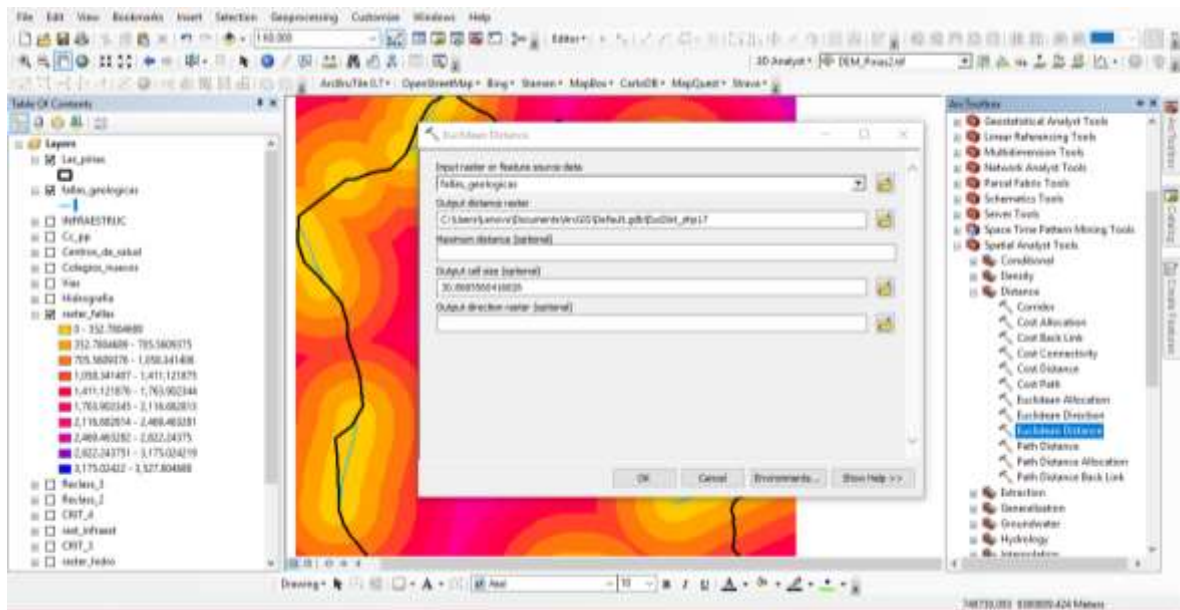


Figura N° 9. Ráster de fallas geológicas

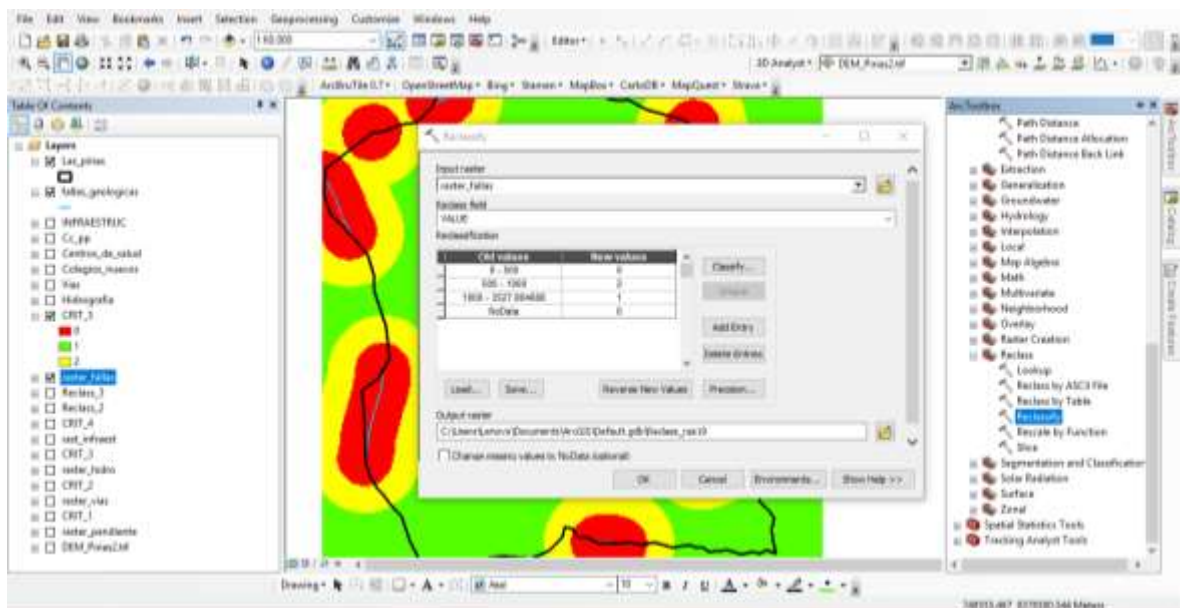


Figura N° 10. Reclasificación de fallas geológicas

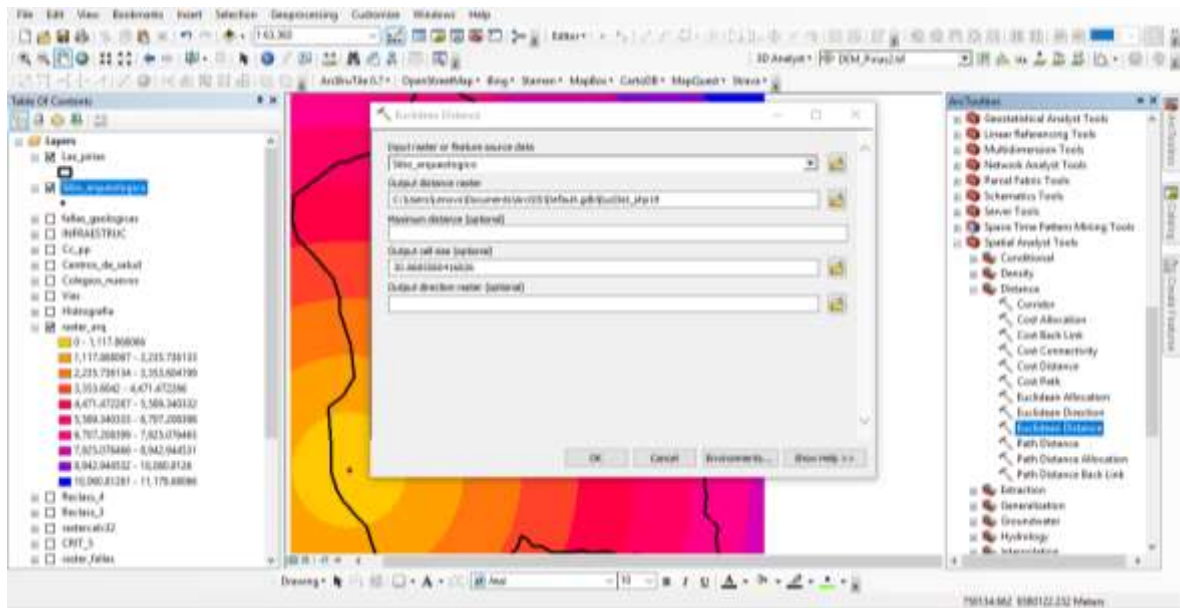


Figura N° 11. Ráster de sitios arqueológicos

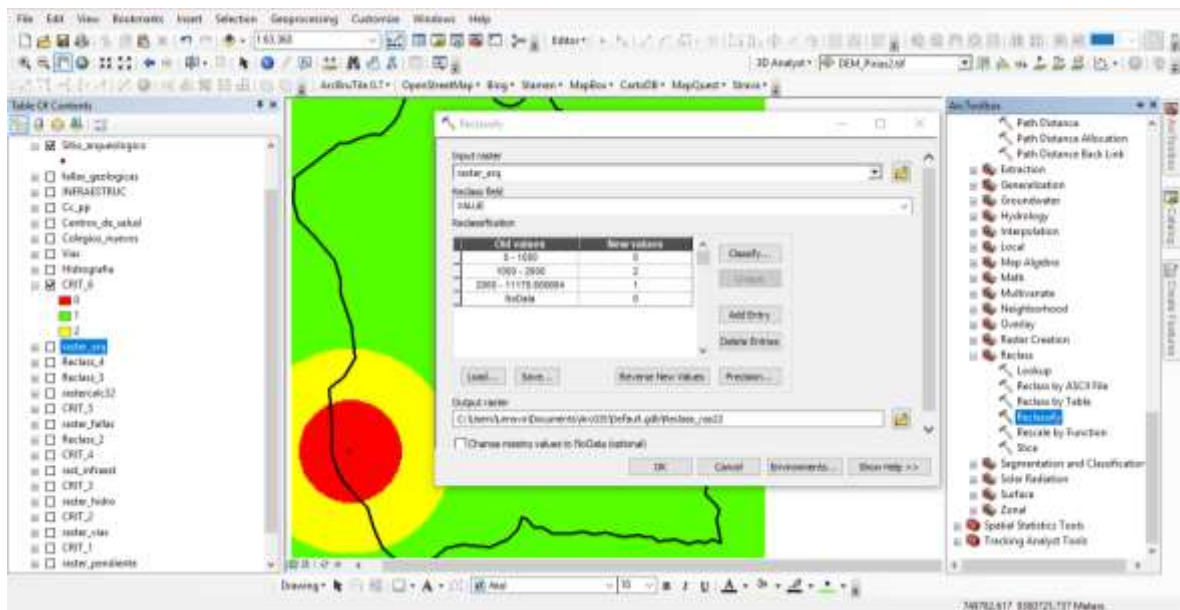


Figura N° 12. Reclasificación de sitios arqueológicos

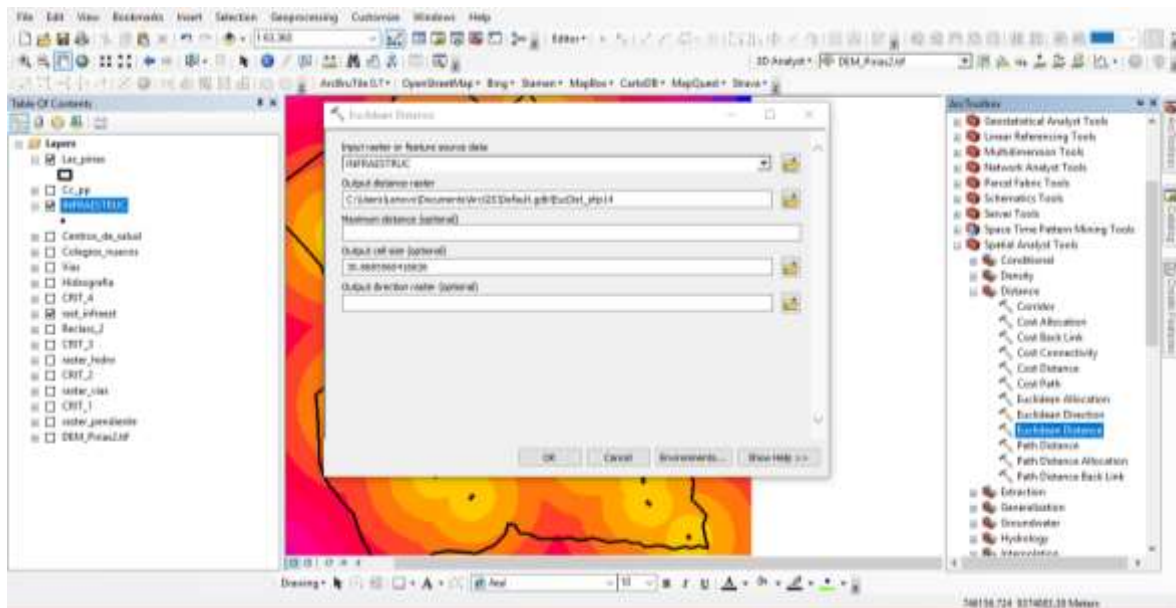


Figura N° 13. Ráster de infraestructuras

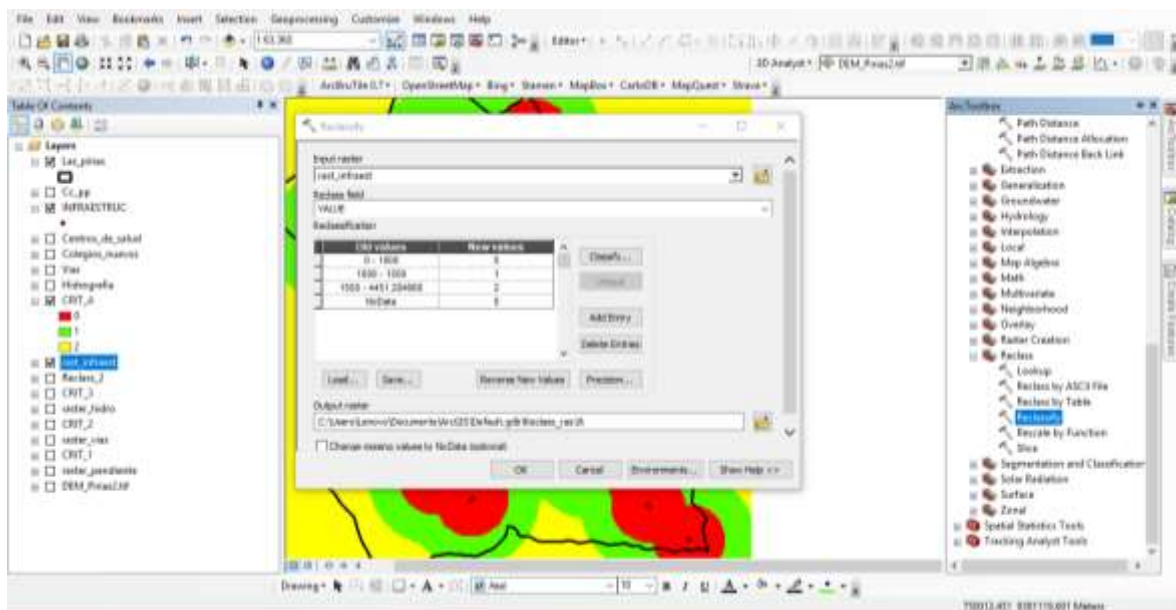


Figura N° 14. Reclasificación de infraestructuras

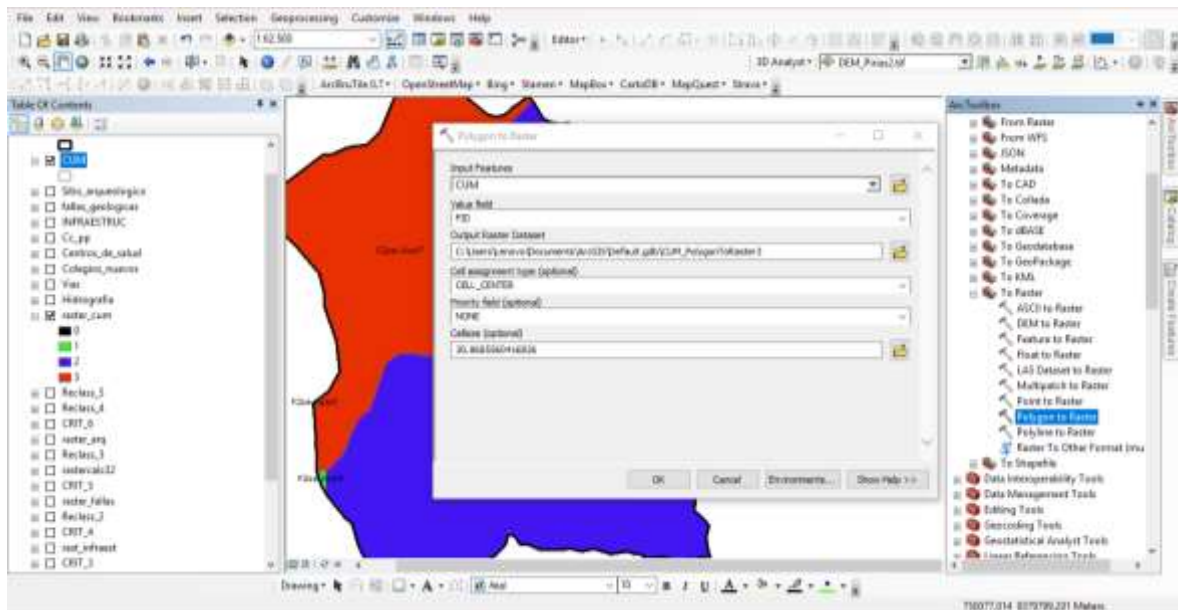


Figura N° 15. Ráster de capacidad de uso mayor

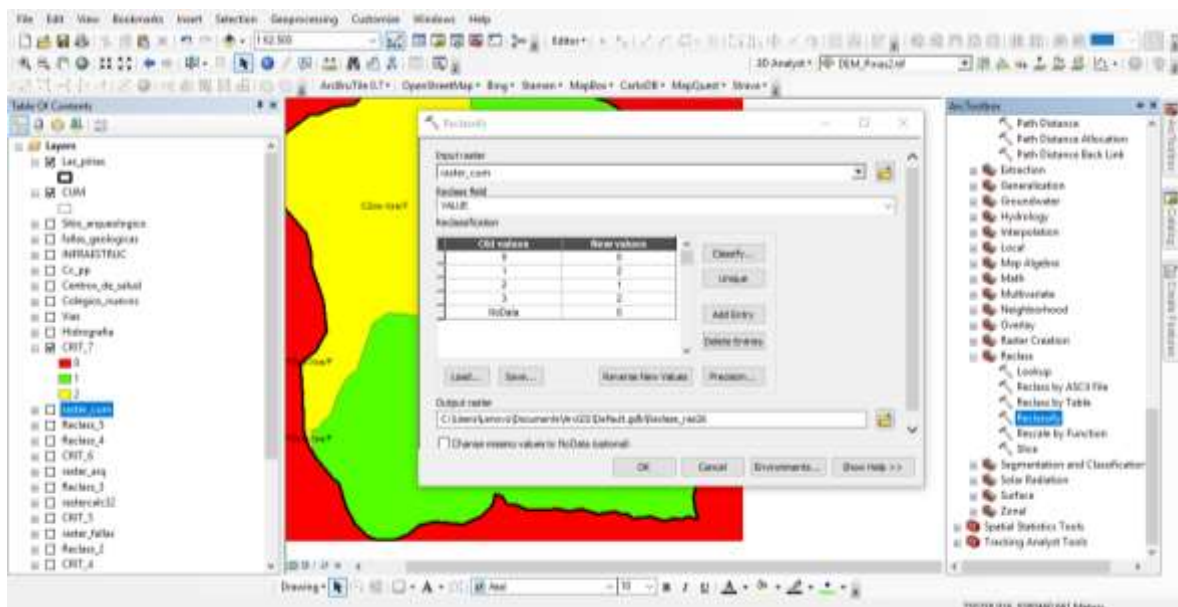


Figura N° 16. Valorización de capacidad de uso mayor

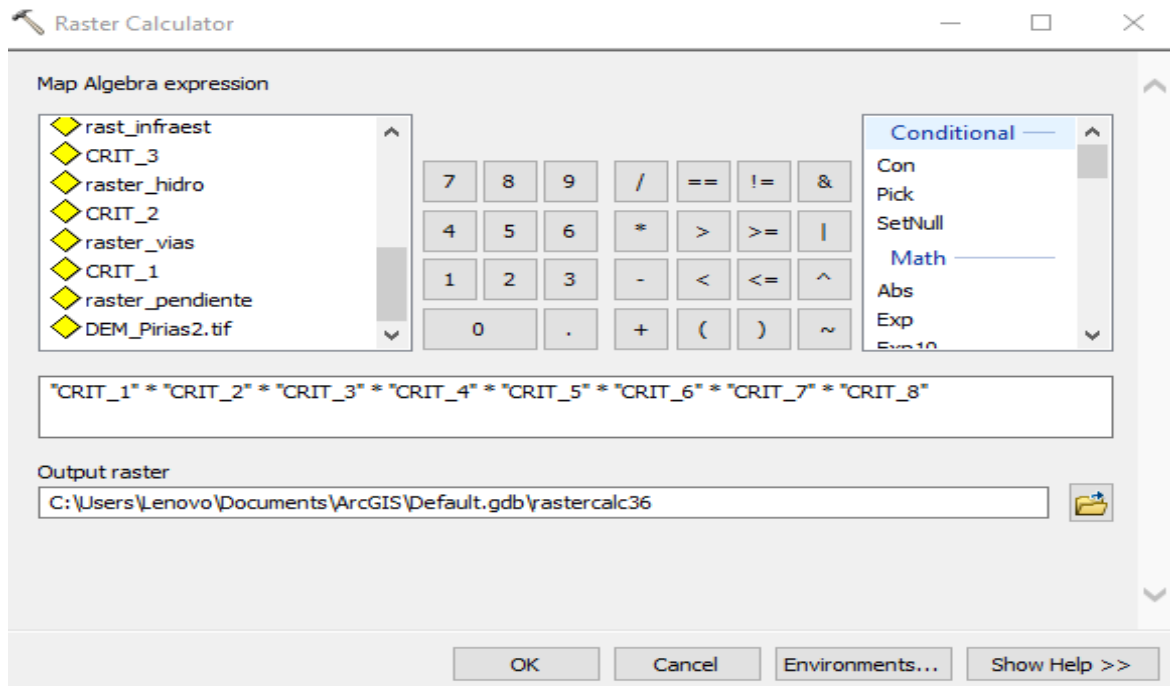


Figura N° 17. Multiplicación de los ráster con la herramienta Raster Calculator

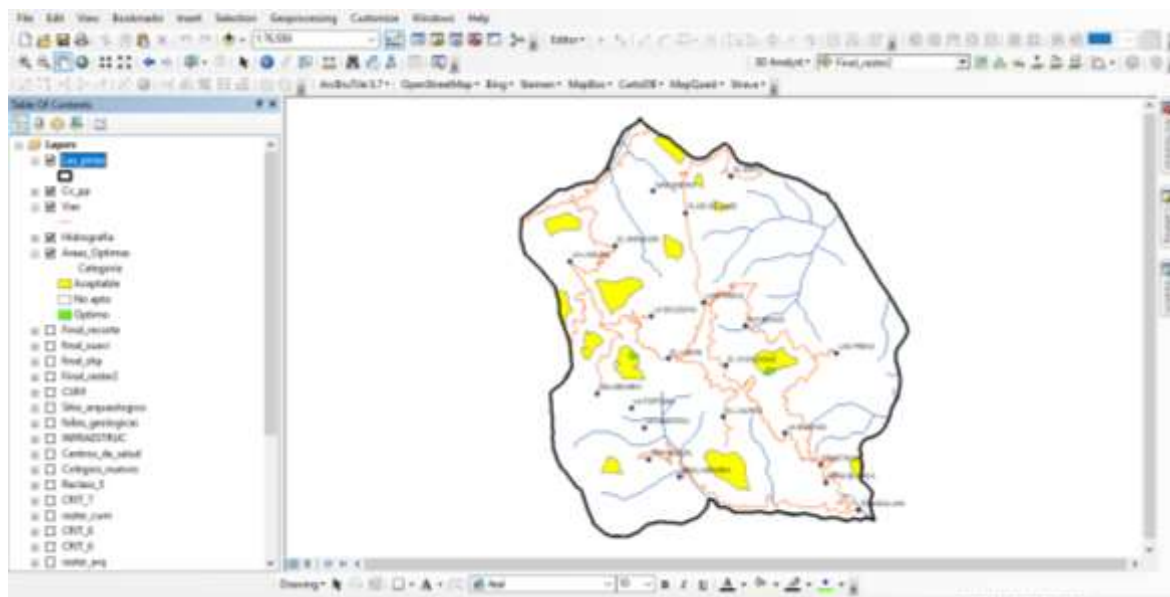


Figura N° 18. Representación de las áreas óptimas

Anexo 12. Fotografías de verificación “in situ” o de campo



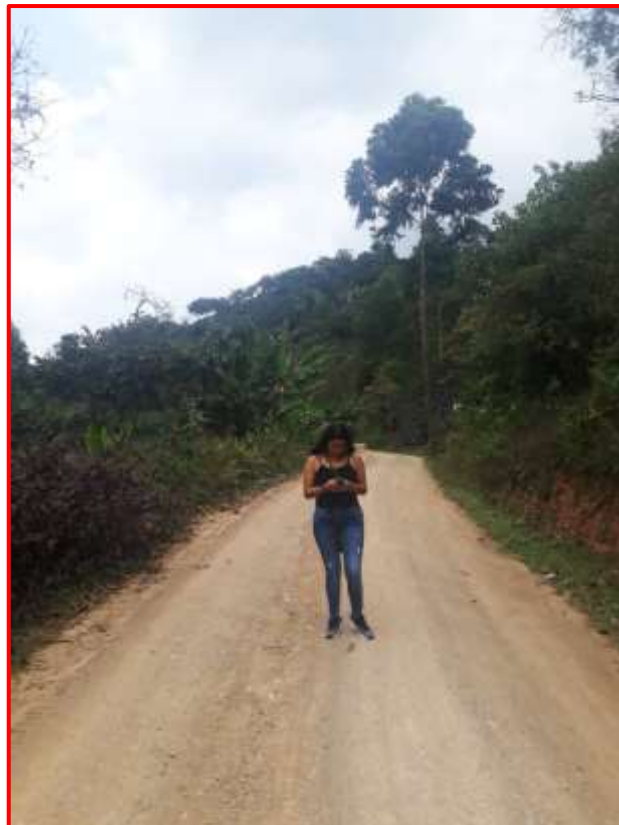
Fotografía N° 01. Pastizales, distrito las Pirias



Fotografía N° 02. Cultivos agrícolas, Las Pirias



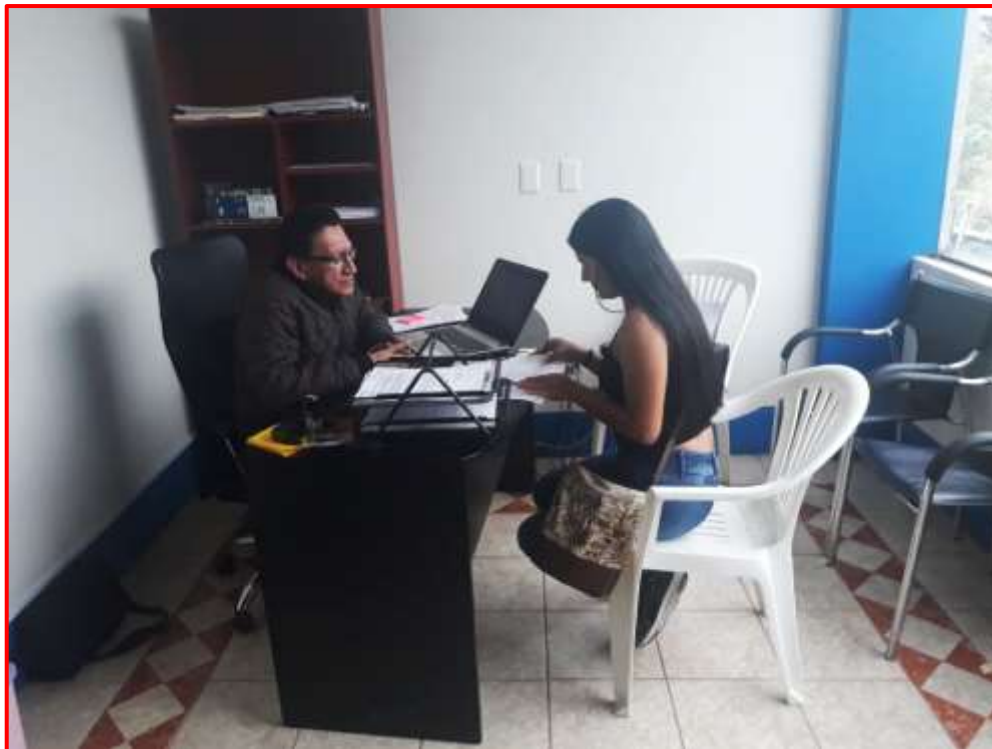
Fotografía N° 03. Cultivos de café, Las Pirias



Fotografía N° 04. Realizando tracking de las vías de acceso



Fotografía N° 05. Visita a la Municipalidad distrital de Las Piras



Fotografía N° 06. Reunión con el gerente de la Municipalidad distrital de Las Piras con la finalidad de contar con la acreditación institucional para la ejecución del proyecto y la retribución con el informe.

Anexo 13. Carta emitida por la municipalidad distrital de Las PIRIAS, acreditando la presente investigación

