

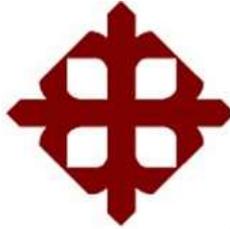
**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
SUBSISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
TOPOGRAFÍA AUTOMATIZADA Y FOTOGRAMETRÍA DIGITAL**

**TEMA TRABAJO DE TITULACIÓN:
Análisis multicriterio para la localización óptima de un centro
logístico regional utilizando Sistemas de Información
Geográfica (SIG)**

**AUTOR(A):
Pantoja Andrade, Milvio Antonio**

**Previo a la obtención del Grado Académico:
Magíster en Sistemas de Información Geográfica, Topografía
Automatizada y Fotogrametría Digital**

**Guayaquil, Ecuador
2025**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
SUBSISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA TOPOGRAFÍA
AUTOMATIZADA Y FOTOGRAMETRÍA DIGITAL**

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Ingeniero, Milvio Antonio, Pantoja Andrade, como requerimiento parcial para la obtención del Grado Académico de Magíster en Sistemas de Información Geográfica, Topografía Automatizada y Fotogrametría Digital.

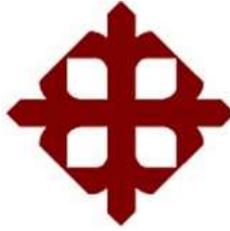
REVISOR

Ing. Armando Echeverría, Mgs.

DIRECTOR DEL PROGRAMA

Ing. Armando Echeverría, Mgs.

Guayaquil, a los 26 del mes de julio del año 2025



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
SUBSISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA TOPOGRAFÍA
AUTOMATIZADA Y FOTOGRAMETRÍA DIGITAL**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Milvio Antonio Pantoja Andrade**

DECLARO QUE:

El trabajo de Análisis multicriterio para la localización óptima de un centro logístico regional utilizando sistemas de información geográfica (SIG) previa a la obtención del **Grado Académico de Magíster en Sistemas de Información Geográfica, Topografía Automatizada y Fotogrametría Digital**, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de investigación del Grado Académico en mención.

Guayaquil, a los 26 del mes de julio del año 2025

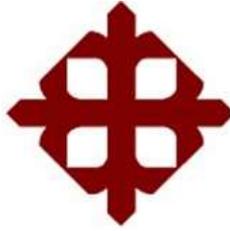
EL AUTOR



Firmado electrónicamente por:
**MILVIO ANTONIO
PANTOJA ANDRADE**

Validar únicamente con FirmaBC

Milvio Antonio, Pantoja Andrade



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
SUBSISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA TOPOGRAFÍA
AUTOMATIZADA Y FOTOGRAMETRÍA DIGITAL**

AUTORIZACIÓN

Yo, **Milvio Antonio Pantoja Andrade**

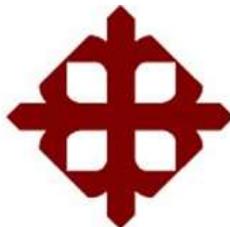
Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la **publicación** en la biblioteca de la institución del **Trabajo de titulación en Magíster en Sistemas de Información Geográfica, Topografía Automatizada y Fotogrametría Digital** titulado: Análisis multicriterio para la localización óptima de un centro logístico regional utilizando sistemas de información geográfica (SIG), cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 26 del mes de julio del año 2025

EL(LOS) AUTOR(ES):



Milvio Antonio, Pantoja Andrade



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
SUBSISTEMA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA TOPOGRAFÍA
AUTOMATIZADA Y FOTOGRAMETRÍA DIGITAL

REPORTE COMPILATIO



INFORME DE ANÁLISIS
magister

PANTOJA ANDRADE MILVIO
ANTONIO

9%
Textos
sospechosos

0% Similitudes
0% similitudes entre comillas
0% entre las fuentes mencionadas
3% Idiomas no reconocidos (ignorado)
9% Textos potencialmente generados
por IA

Nombre del documento: PANTOJA ANDRADE MILVIO ANTONIO.pdf
ID del documento: 72197fa27290705c50908026495d240f92d8aa1a
Tamaño del documento original: 485,25 kB

Depositante: Neptalí Armando Echeverría Lumipanta
Fecha de depósito: 24/7/2025
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 24/7/2025

Número de palabras: 4359
Número de caracteres: 29.268

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecer a Dios por que él es quien nos concede la vida, la salud, la sabiduría y la fortaleza necesaria para poder culminar con esta etapa académica. Sin su guía, este logro no habría sido posible.

A mi esposa, por su amor incondicional, comprensión y constante apoyo durante todo este proceso. Gracias por su paciencia en los momentos difíciles, por tus palabras de aliento y por ser mi compañera incondicional en mi vida.

A mis padres, quienes con su ejemplo, sacrificio y enseñanzas me inculcaron los valores del esfuerzo, la perseverancia y la responsabilidad. Su apoyo ha sido fundamental en cada etapa de mi vida.

A mis familiares, por su cariño, comprensión y palabras de motivación en todo momento.

A mis docentes y compañeros de la Maestría, quienes con sus conocimientos, experiencias y aportes enriquecieron mis conocimientos.

Finalmente, a todos quienes, de manera directa o indirecta, contribuyeron con su apoyo, consejos y colaboración en la realización de este informe. A cada uno de ustedes, mi sincero y profundo agradecimiento.

MILVIO ANTONIO PANTOJA ANDRADE

DEDICATORIA

A una persona muy importante en mi vida, mi amada esposa Moraima Atiencia, quien fue la que me respaldo para continuar con mis estudios académicos. Por su amor, comprensión, paciencia, por ser mi compañera de vida, brindándome siempre su apoyo incondicional.

A mis padres, por su esfuerzo, enseñanzas y valores inculcados, que han sido el cimiento de mi formación personal.

A todos mis familiares y amigos, quienes, con sus palabras de aliento, me impulsaron a seguir adelante.

MILVIO ANTONIO PANTOJA ANDRADE

Introducción y problemática

Los centros logísticos constituyen un componente fundamental en el flujo de las cadenas de valor. La empresa privada depende en gran medida de canales de distribución eficientes para satisfacer la demanda del mercado. Por ello, su localización debe responder a un entorno estratégico caracterizado por la flexibilidad operativa, la rentabilidad, la capacidad de reciclaje y el fortalecimiento del valor a lo largo de toda la cadena (Oramas-Santos et al., 2023).

En el contexto actual, se requieren iniciativas que promuevan el desarrollo integral de las ciudades, sin descuidar el cuidado de las zonas de amortiguamiento ambiental, la regeneración de espacios verdes, la reducción de emisiones atmosféricas y la mitigación del efecto isla de calor en áreas urbanas. Un ejemplo de estas iniciativas es liderado por el Departamento Interdisciplinario de Espacio y Población de la Universidad de Cuenca, el cual ha evaluado espacialmente el acceso a servicios sociales, económicos, de seguridad e inclusividad de las zonas verdes, en relación con los planes de ordenanza municipales (Naranjo et al., 2024).

La localización de centros logísticos exige condiciones similares: acceso vial adecuado, proximidad a áreas urbanizadas, movilidad para equipos y personal especializado, disponibilidad de servicios básicos, conectividad estratégica con puertos internacionales y, además, el cuidado de la biodiversidad local y la prevención ante eventos meteorológicos extremos, como inundaciones y remociones en masa.

Los últimos años las vías principales tienen grandes problemas. Los principales se agrupan al tráfico, daños por deslizamientos, baches o en análisis recientes el acceso limitado a ofertas de empleo a ciudadanos que residen en las periferias de las ciudades y que no poseen acceso directo a vías de primer orden (Quezada Larriva et al., 2023).

La infraestructura amanzanada constituye un componente imprescindible en la planificación de centros logísticos. La instalación de este tipo de infraestructuras requiere una conectividad eficaz con servicios básicos y condiciones adecuadas para la movilización del personal, asegurando así un flujo logístico resiliente y sostenible (Sergio et al., 2023).

Sin embargo, la implementación de centros logísticos regionales debe atravesar exigencias relacionadas con certificaciones ambientales, las cuales exponen tanto problemáticas económicas como ambientales. Estas infraestructuras suelen generar una alta huella de carbono, derivada del cambio de uso del suelo, la nivelación de terrenos, la deforestación, la apertura de vías de acceso y la construcción de instalaciones como bodegas y patios de maniobra (Cedeño, 2023).

En regiones como Loja, el cambio de uso de suelo ha tenido un alto costo ambiental. La transformación de áreas con coberturas vegetales endémicas ha provocado procesos de erosión del suelo, reduciendo la capacidad de retención hídrica y aumentando la incidencia de remociones en masa (Vivanco, 2024).

En la provincia del Guayas, la topografía predominantemente plana representa una condición crítica frente a los efectos del clima. Las inundaciones recurrentes, ampliamente documentadas en medios nacionales, afectan año tras año a diversas zonas, especialmente las urbanas. Estos eventos extremos generan el colapso de infraestructuras, el bloqueo de vías, la interrupción del comercio y un notable deterioro en las condiciones sanitarias.

El cambio climático ha intensificado estos fenómenos en el Ecuador. Así mismo, se registran eventos incendiarios constantes en la serranía ecuatoriana (UTPL, 2022). En contraste, la región Costa ha experimentado, en 2025, una temporada de lluvias atípicamente intensa, con precipitaciones que superan los promedios históricos. Hasta abril, gran parte del

Guayas ha sufrido inundaciones generalizadas, como resultado de una combinación de efectos meteorológicos extremos que intensifican la vulnerabilidad existente (El Comercio, 2025).

Todas estas problemáticas actúan como condicionantes clave en la selección de la ubicación óptima para centros logísticos regionales. En este contexto, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se consolidan como herramientas altamente eficaces para apoyar decisiones complejas relacionadas con el desarrollo urbano sostenible, el fortalecimiento del sector industrial y la mejora en la calidad de vida de la población (Quezada Larriva et al., 2023).

En este marco, Thomas L. Saaty propuso la metodología conocida como Proceso Analítico Jerárquico (AHP, por sus siglas en inglés), cuyo objetivo principal es estructurar problemas complejos de decisión mediante niveles jerárquicos de criterios y alternativas. Esta técnica permite comparaciones por pares entre los factores involucrados y otorga pesos relativos a cada criterio con base en su importancia. AHP es ampliamente utilizada en escenarios donde se deben priorizar criterios bajo condiciones de incertidumbre o restricciones específicas (Saaty, 2008).

La integración del AHP con los SIG ha demostrado ser particularmente valiosa. Esta combinación permite analizar información espacial —como datos de teledetección, infraestructura vial o parámetros geotécnicos— junto con criterios de decisión ponderados, lo que resulta en la identificación precisa de áreas geográficas idóneas o excluyentes. Esta sinergia ha sido aplicada exitosamente para apoyar la planificación territorial resiliente y la protección de infraestructuras frente a eventos naturales extremos (Wahba et al., 2025).

Además, el uso conjunto de AHP y SIG ha permitido mapear indicadores de sostenibilidad social a escala nacional, facilitando la toma de decisiones en áreas críticas como la planificación sanitaria y análisis de ubicación de centros hospitalarios (Wątróbski et al., 2023).

Objetivos

- Aplicar técnicas de análisis espacial mediante QGIS.
- Integrar datos topográficos automatizados digitales para el análisis.
- Realizar una evaluación multicriterio mediante una matriz lógica.
- Elegir un sitio para definir la ubicación óptima de un centro logístico regional.

Metodología

Delimitación del Estudio

Este estudio se centrará en la provincia del Guayas, cuya ubicación estratégica y la presencia de un puerto internacional la convierten en una candidata clave para el desarrollo de un Centro Logístico Regional.

Recopilación de información

Para llevar a cabo el análisis, se recopiló información pública procedente de diversas entidades gubernamentales, con un enfoque en los desafíos específicos del territorio: conectividad vial, disponibilidad de infraestructura, riesgos ambientales y altos costos operativos. Estos datos fueron clasificados por temática, permitiendo su adecuada incorporación en el análisis espacial posterior.

Insumos

Tabla 1 Insumos Shapefile para realizar el análisis del caso práctico

Insumo	Escala	Fuente	Tipo de archivo
Delimitación cantonal del Guayas	1:100000	Instituto Geográfico Militar (2014)	Poligonal (.shp)
Acceso Vial	1:50000	Ministerio de Transporte y Obras Públicas (2023).	Lineal (.shp)
Infraestructura y viviendas	1:25000	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, (2022).	Poligonal (.shp)
Cobertura de suelo y uso de la tierra	1:25000	Ministerio de Agricultura y Ganadería (2024)	Poligonal (.shp)

La información vectorial se obtuvo a una escala de 1:100.000, a partir de fuentes oficiales como el Ministerio de Transporte, el Ministerio de Agricultura y el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). Las capas recopiladas incluyen datos geospaciales en forma de puntos, líneas y polígonos, útiles para representar infraestructuras amanzanadas, unidades de producción y límites administrativos.

Tabla 2 Insumos topográficos de tipo GeoTIFF para realizar el análisis del caso práctico

Insumo	Resolución	Fuente	Tipo de archivo
Topografía	12,5 x 12,5 metros	Japan Aerospace Exploration Agency, (2025)	Ráster (.tiff)

Pendiente	12,5 x 12,5 metros	Geoprocesamiento por medio del ráster topográfico	Ráster (.tiff)
-----------	-----------------------	---	----------------

Inundaciones	12,5 x 12,5 metros	Geoprocesamiento por medio del ráster topográfico	Ráster (.tiff)
--------------	-----------------------	---	----------------

Mediante GEE se puede obtener con codificación simple imágenes satelitales emblemáticas; en este caso la imagen satelital ALOS PALSAR fue utilizado como un modelo digital de elevación (DEM) el cual posee una resolución espacial de 12,5 metros y proyección geográfica WGS 84, reconocida por su precisión y compatibilidad con sistemas de información geográfica. El archivo, de acceso público, fue descargado en un formato optimizado para análisis espacial, con un tamaño aproximado de 70 KB (ver Anexo I para detalles de codificación).

Preprocesamiento

El estudio se desarrolló en la provincia del Guayas, que abarca una superficie aproximada de 16.244 km². Los insumos fueron preparados en el software de código abierto Qgis with Grass (QGIS Development Team, 2025), aplicando herramientas específicas para la preparación de datos:

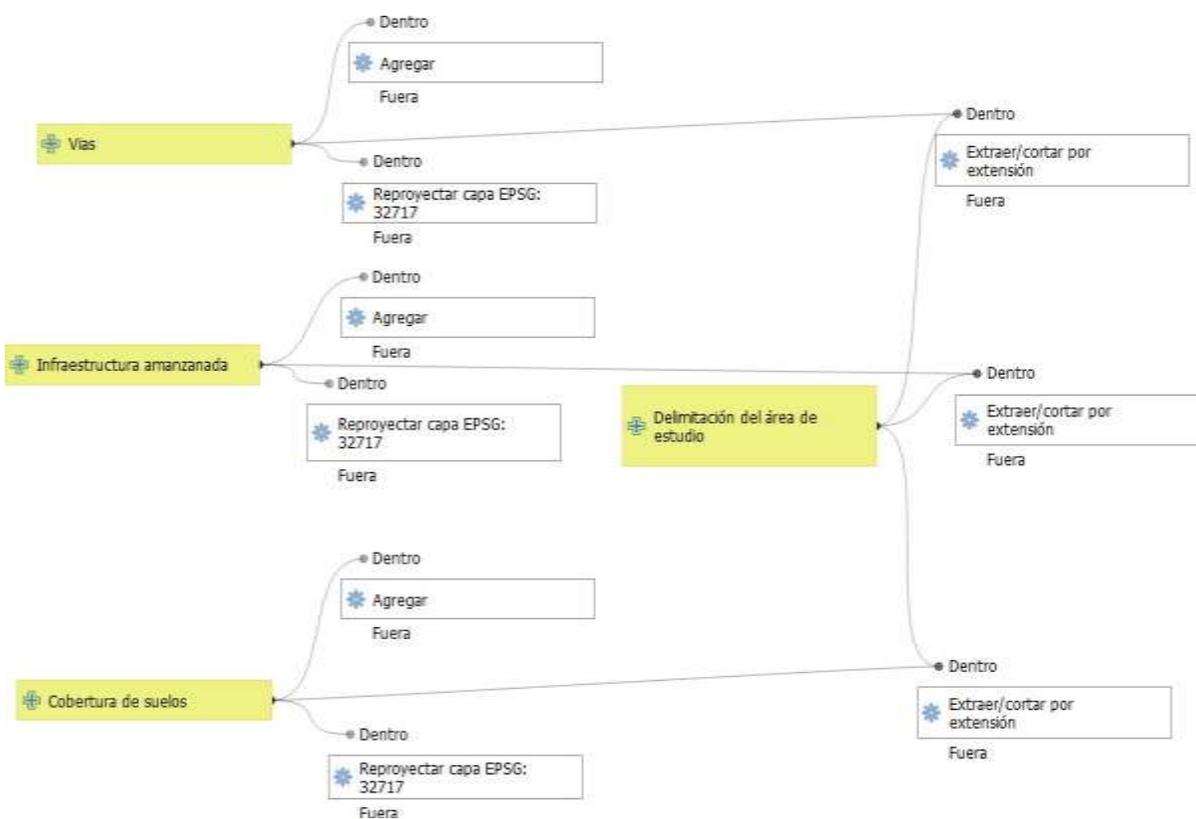


Figura 1 Preprocesamiento de los archivos Shapefile

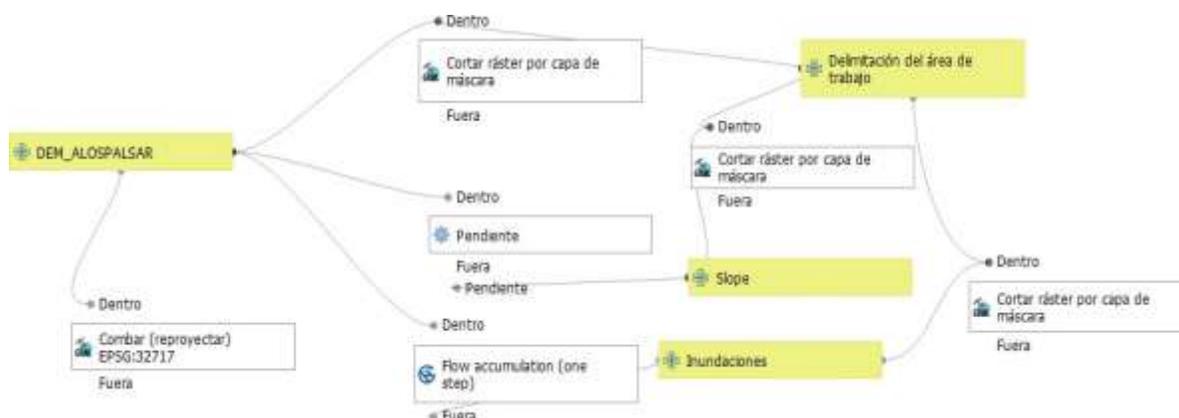


Figura 2 Preprocesamiento de los archivos GeoTIFF.

Como se muestra en las Figuras 3 y 4, todas las capas fueron recortadas a los límites de la provincia del Guayas y reproyectadas al sistema de coordenadas EPSG:32717, estándar en el país para trabajos geoespaciales.

La altimetría fue un insumo imprescindible para el análisis, ya que mediante el complemento Flow accumulation logra identificar zonas vulnerables. En este caso, se generó un ráster con valores que van desde 0 (alta susceptibilidad) hasta 8,06 (baja susceptibilidad). Posteriormente, se aplicó álgebra de mapas para reclasificar el ráster, destacando únicamente las áreas con menor riesgo de inundación, lo que facilitó la identificación preliminar de posibles zonas aptas para un Centro Logístico Regional.

Análisis espacial

Los mapas de idoneidad se elaboraron utilizando una metodología basada en capas ráster previamente reclasificadas en lenguaje binario. Mediante el uso de álgebra de mapas, se

integraron capas de accesibilidad vial y urbana, aplicando criterios espaciales establecidos en modelos logísticos desarrollados en España:

Tabla 3

Estrategia logística de España (Ministerio de Fomento Español, 2013)

Criterio	Extensión en Kilómetros
Vialidad	2
Infraestructura amanzanada	3

En dichos modelos, se considera adecuada una proximidad de hasta 2.000 metros a las vías principales y hasta 3.000 metros a centros urbanos y logísticos, con la condición de no exceder los 500 km de distancia a un puerto internacional (Ministerio de Fomento Español, 2013).

Ecuador no establece distancias específicas para el desarrollo de zonas amanzanadas, red vial, etc. Por lo que se fundamentó algunos parámetros de elección en base a los criterios de crecimiento español para la elección de un centro logístico regional (Ministerio de Fomento Español, 2013).

A partir de estos lineamientos, se establecieron umbrales binarios para las variables de vialidad e infraestructura, lo que facilitó una toma de decisiones fundamentada en el análisis espacial (Castro-González et al., 2021). Antes de su conversión al formato binario, las capas de vialidad fueron filtradas para incluir únicamente vías principales. Por su parte, las coberturas territoriales fueron evaluadas para excluir zonas de recarga hídrica, vegetación nativa y áreas de conservación ecológica. Las categorías consideradas aptas incluyeron suelos agrícolas,

frutales, suelos desnudos y otras coberturas asociadas a usos antropogénicos previos.

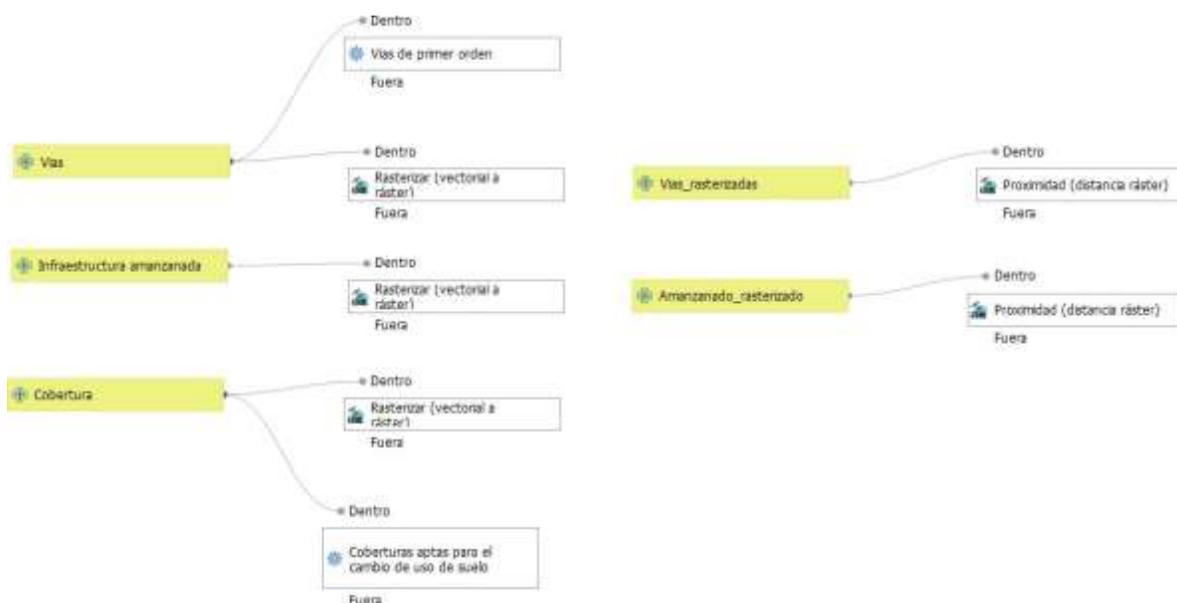


Figura 3 Herramientas para el geo proceso de capas Shapefile

La transformación a formato binario se realizó asignando un valor de 1 a las zonas que se encontraban a 2 km o menos de las vías principales, y un valor de 0 a aquellas que excedían esa distancia. Para la accesibilidad a infraestructura urbana, se asignó valor 1 a las áreas dentro de un radio de 3 km, y 0 a las que lo superaban. La capa de cobertura del suelo también fue binarizada mediante la herramienta "Rasterizar", utilizando un campo binario generado previamente con base en los filtros aplicados.

Tabla 4

Expresiones utilizadas en la calculadora ráster

Extensión	Expresión Binaria	Capa
Proximidad ráster de 2 km	("dist_vial" <= 2000) * 1	Vías
Proximidad ráster de 3 km	("dist_manzanas" <= 3000) * 1	Infraestructura

Eliminar áreas no aptas del análisis provee mayor rapidez de transformación de los insumos ShapeFile y minimiza errores metodológicos posteriores causados por sobrecarga.

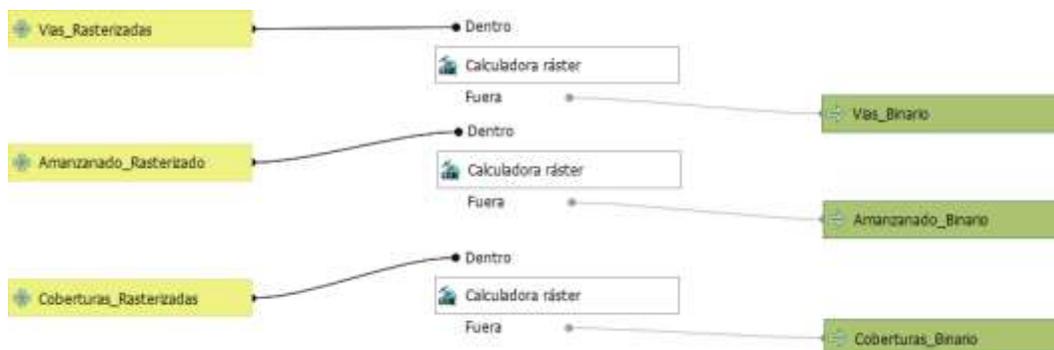


Figura 4 Transformación de insumos GeoTIFF para obtener rústeres en lenguaje binario.

El insumo de altitud procedente de la Colección ALOS PALSAR utiliza resoluciones de 12,5 metros y umbrales geológicos para prevenir riesgos ambientales las cuales agrupan altitudes iguales o menores a 35 msnm. La pendiente la cual es resultado del geo proceso los cuales mediante umbrales geológicos determina pendientes iguales o menores al 5 %.

Tabla 5

Umbrales recomendados para determinar zonas idóneas

Insumo	Umbral	Metodología	Autor
DEM	Altitudes iguales o menores a 35 msnm	Prevención de inundaciones o riesgos naturales relacionadas a altas precipitaciones	GEOINFOTECH (2025)
Pendiente	Pendientes menores o iguales a 5%	Normativas enfocadas en la reducción de costos	GEOINFOTECH (2025)

		logísticos y la prevención de daños a infraestructura	
Inundaciones	Mayor o igual a 0,61	Valores acumulados que no son susceptibles a efectos de inundaciones	Qgis Development Team (2025)

Para la generación de los umbrales de análisis, se utilizó el algoritmo Calculadora Ráster de GDAL, aplicando expresiones específicas a cada capa ráster para su reclasificación en formato binario.

En el caso del insumo de topografía, se asignó un valor de 1 a las áreas con altitudes iguales o inferiores a 35 metros sobre el nivel del mar (msnm). Para el ráster de pendiente, se clasificaron como aptas (valor 1) las zonas con pendientes menores o iguales al 5 %. En cuanto al insumo de inundaciones, se asignó valor 1 únicamente a las áreas con valores iguales o superiores a 0,6.

Aquellas celdas que no cumplían con los criterios definidos en las expresiones del algoritmo fueron clasificadas automáticamente con valor 0 (ver Tabla 4). La capa GeoTIFF de altitud tiene valores negativos que pasaron por normalización. Estos valores negativos pueden provocar problemas al procesarlos junto con las otras capas.

Tabla 6

Lenguaje binario utilizado para homogeneizar los insumos GeoTIFF

GeoTIFF	Expresión en la calculadora	Lenguaje Binario
	Ráster	

DEM	"DEM" <= 5	1 (apto) y 0 (no apto)
Slope	"Slope" <= 35	1 (apto) y 0 (no apto)
Inundaciones	"Inundaciones" >= 0,61 AND "Inundaciones" <= 1	1 (apto) y 0 (no apto)

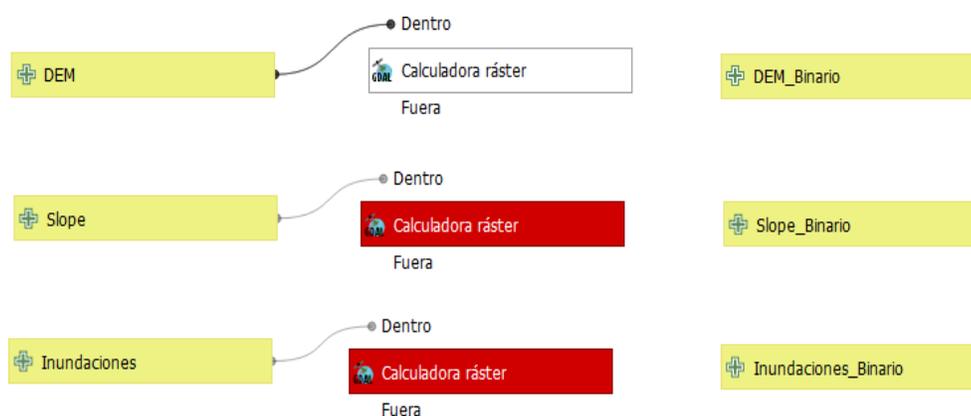


Figura 5 Algoritmo utilizado para generar lenguaje binario en los insumos GeoTIFF (Qgis Development Team, 2025)

Finalmente, todos los insumos, tanto en formato Shapefile como GeoTIFF, fueron normalizados y estandarizados en cuanto a proyección, resolución y extensión espacial, y posteriormente exportados a una carpeta específica para su organización y uso en las siguientes etapas del análisis.

Proceso Analítico Jerárquico (AHP)

En la metodología de toma de decisiones por jerarquías propuesta por Saaty (2008), se establece un sistema estructurado para asignar niveles de importancia a variables, incluidas

aquellas de exclusión. Este enfoque jerárquico permite descomponer un objetivo general en subcriterios más específicos, facilitando comparaciones por pares entre variables y asignando pesos relativos a cada una de ellas, en función de su influencia sobre el problema a resolver

Dado que estas comparaciones son de carácter subjetivo, el método exige verificar la coherencia lógica de las decisiones a través del cálculo del Índice de Consistencia (CI). Este indicador permite medir el grado de consistencia en las valoraciones, debiendo mantenerse por debajo o igual al umbral del 10 % para que la matriz se considere aceptable (Saaty, 2008).

Para el presente análisis se generó dos matrices de comparaciones jerárquicas de acuerdo con la siguiente escala de importancia:

- 1: Igualmente importante.
- 3: Moderadamente importante
- 5: Fuerte importancia
- 7: Muy fuerte importancia
- 9: Importancia Extrema

En ambas matrices, la variable vialidad obtuvo el mayor peso relativo debido a su papel determinante en la localización de centros logísticos, tal como lo señala el Ministerio de Fomento Español (2013).

Para validar la coherencia de los juicios aplicados, se procedió al cálculo del Índice de Consistencia, cuya fórmula y resultados se detallan a continuación.

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

En donde:

- CI: Índice de Consistencia
- λ_{\max} : Autovalor máximo de la matriz
- n: Número de criterios

Tabla 7

Matriz de comparación jerárquica

	DEM	Slope	Manzanas	Vías	Cobertura	Inundación
DEM	1	3	5	7	3	1
Slope	0,33	1,00	3,00	5,00	0,33	0,33
Vías	0,20	0,33	1,00	3,00	0,20	0,20
Manzanas	0,14	0,20	0,33	1,00	0,14	0,14
Cobertura	0,33	3,00	5,00	7,00	1,00	0,33
Inundación	0,14	0,20	0,33	1,00	0,14	0,14

La resolución de esta matriz de comparación cumplió el índice de consistencia a un valor de CI = 0,10.

Tabla 8

Matriz de comparaciones jerárquicas con mayor peso en vías

	DEM	Slope	Vías	Manzanas	Cobertura	Inundación
DEM	1,00	1,00	0,20	0,33	0,33	0,33
Slope	1,00	1,00	0,20	0,33	0,33	0,33

Vías	5,00	5,00	1,00	3,00	3,00	3,00
Manzanas	3,00	3,00	0,33	1,00	1,00	1,00
Cobertura	3,00	3,00	0,33	1,00	1,00	1,00
Inundación	3,00	3,00	0,33	1,00	1,00	1,00

La resolución de la matriz arrojó un intervalo de consistencia cercano a 0,12. Se evaluaron otras configuraciones en las cuales se priorizaban los riesgos ambientales; sin embargo, la consistencia de dichas matrices superó el 70 % y no logró reducirse por debajo del 50 %.

Debido a este análisis de consistencia, la Tabla 7 fue procesada y codificada adecuadamente utilizando RStudio (ver Anexo 1).

En este análisis, los pesos asignados a cada variable de estudio fueron calculados mediante el software R.

Al combinar los criterios de vialidad, infraestructura, cobertura idónea, pendiente, altitud e inundaciones es posible generar un mapa de idoneidad que refleje las zonas más adecuadas para la ubicación del centro logístico, utilizando valores típicos que representan la aptitud relativa de cada área:

Tabla 9

Rangos típicos encontrados en el análisis de multicriterio (Lovelace et al., 2019).

Rangos típicos	Categorías
0 – 0.20	No apto

0.21 – 0.40	Pocamente apto
0,41 – 0.60	Moderadamente apto
0.61 – 0.80	Relativamente apto
0.81 - 1	Apto

Ponderación de Variables relevantes

El análisis multicriterio permite asignar valores específicos a cada variable relevante generando un punto idóneo y que en mayor medida cumpla con todas las características previamente listadas.

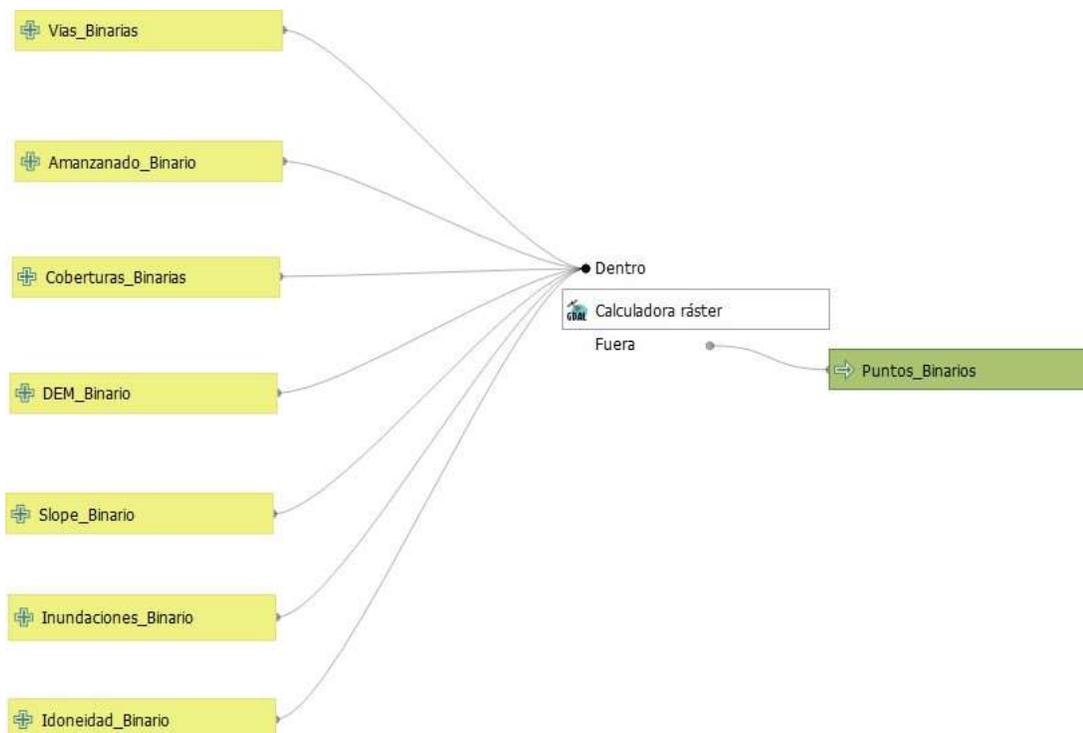


Figura 6 Proceso de multiplicación de criterios para obtener puntos específicos

Calculadora ráster es un algoritmo que permite multiplicar capas binarias para identificar zonas idóneas mediante álgebra de mapas y n criterios simultáneamente. La metodología AHP y la metodología de Marinoni genera un valor binario de 1 cuando el criterio se cumple.

Este enfoque se basa en la integración multicriterio propuesta por Carter (1991) y ha sido ampliamente utilizado por diversos autores, como Marinoni (2004), para la selección de sitios idóneos destinados a la eliminación segura de residuos contaminantes.

A continuación, se presenta la expresión empleada para calcular la puntuación (Marinoni, 2004), mientras que la Figura 8 ilustra el procedimiento implementado en QGIS para la obtención de estos puntos:

$$r_{ix,iy} = \sum_{i=1}^n W_i V_i; ix, iy$$

$$ix = 1 \dots nx; iy = 1 \dots ny$$

En donde:

- $r_{ix,iy}$ es el valor resultante en la celda (ix, iy).
- W_i es el peso del i-ésimo criterio ($i = 1$ yn; número de criterios considerados).
- v_i ; ix ; iy valor clasificado del i-ésimo criterio de la celda (ix, iy).
- nx ; ny son el número de celdas ráster en las direcciones x (nx) e y (ny).

Tabla 10

Metodología aplicada por álgebra de mapas

Expresión mediante álgebra de mapas	Valor obtenido
“Vias Binarias” * “Amanzanado Binario” * “Coberturas Binarias” * “DEM Binario” * “Slope Binario” * “Inundaciones Binario” * Idoneidad Binario”	1

Debido a la gran cantidad de información procesada, se optó por convertir los valores obtenidos mediante el algoritmo a formato vectorial de tipo polígonos. Esta transformación facilitó la comparación de valores y, mediante la herramienta Point Sampling Tool, se generaron puntos específicos que resultan fundamentales para la identificación del lugar idóneo para el

Centro Logístico Regional.

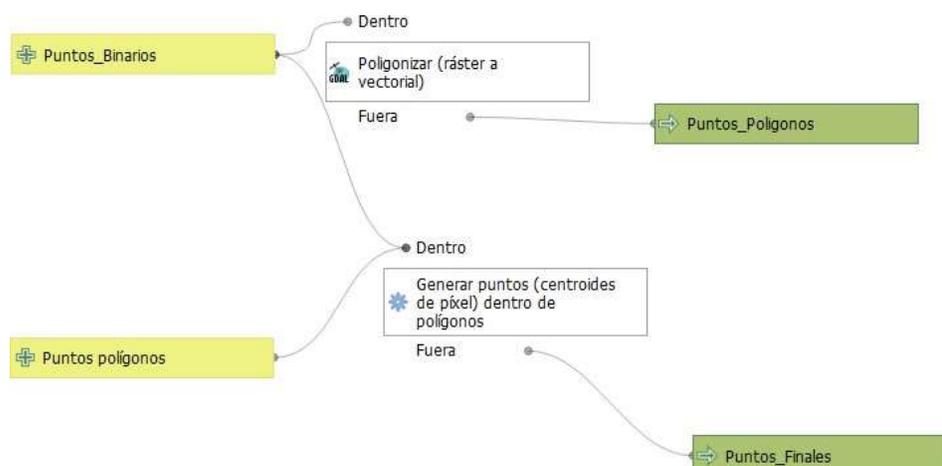


Figura 7 Herramientas utilizadas para extraer puntos que cumplan criterios de idoneidad

La herramienta complementaria Point Sampling Tool permite extraer valores que cumplen los criterios de análisis, lo que a su vez facilita la generación de ubicaciones precisas y rápidas. Al integrar estos puntos con la metodología de Carter (1991) se calcularon sitios en función de la ponderación asignada a cada categoría evaluada.

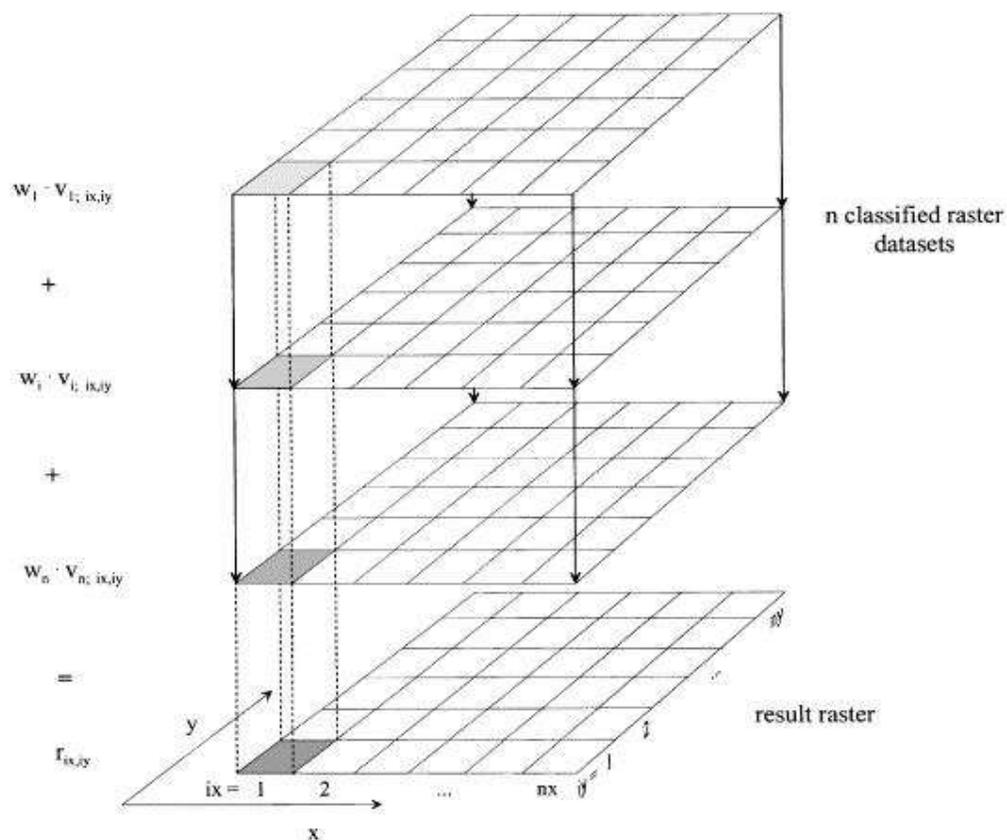


Figura 8 Unión de criterios SIG y AHP (Marinoni, 2004).

Resultados

Como producto se obtuvo un mapa de ubicación general, mediante los insumos de la división política administrativa reportada por el censo nacional en 2022 (Anexo II).

Integración de datos topográficos automatizados para el análisis:

Se generó un mapa temático detallando la vialidad de primer orden obtenido de Instituto Geográfico Militar (IGM), la infraestructura recopiló la información de áreas amanzanadas verificadas en el censo nacional efectuado en 2022 por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos del Ecuador (Anexo III).

Este mapa temático detalla algunos cuerpos de agua, red vial de primer orden e infraestructura. Estos insumos son necesarios para determinar una matriz lógica de acuerdo con la metodología de Saaty. La metodología permite determinar mediante categorías prioritarias alineado a el criterio profesional del investigador para resolver matemáticamente la mejor decisión sobre un tema específico.

Adicional a esto se incluyó un mapa temático que caracteriza las zonas susceptibles a inundaciones encontradas en resoluciones finas. Aunque el país posee información sobre zonas susceptibles a riesgos ambientales, no posee detalle en resoluciones de 10 x 10 o más finas para analizar correctamente un sitio.

Al utilizar las herramientas de programación SAGA en Qgis se puede generar un ráster de susceptibilidad de acuerdo a la altitud y pendiente de una colección de imágenes satelitales. Al utilizar la colección ALOS PALSAR con resoluciones 12,5 x 12,5 metros y su pendiente en porcentaje generó 4 clases de susceptibilidad en rangos específicos en base a lenguaje de programación (Qgis Development Team, 2025); este lenguaje determina valores susceptibles para inundaciones cuando no se posee detalles en zonas que se inundan frecuentemente por épocas invernales (Anexo IV).

Evaluación multicriterio mediante una matriz lógica

La matriz lógica de la tabla 5 fue utilizada para determinar pesos estadísticos a cada variable, su elección está basado en un Índice de Consistencia propuesto por Saaty (2008). Esto permite obtener una matriz lógica, en este caso de estudio, la red vial de primer orden es prioritaria, seguida del abastecimiento de personal de trabajo, su movilización o acceso a servicios básicos, riesgo a inundaciones, coberturas de suelo que sean económicamente y responsable en el aspecto ambiental, transformando áreas potenciales en centros logísticos provinciales.

Los insumos de inundaciones y altitud en esta matriz son igualmente importantes por el riesgo de inundaciones latentes por temporal invernal. La cobertura junto a la pendiente son moderadamente importantes debido a que los suelos se erosionan de acuerdo a su uso y tipo de cobertura vegetal.

Fuertemente importante es adjudicado a la red vial primaria, ya que para la ubicación de centros logísticos regionales en España es prioritario la utilización de caminos amplios y adecuados cerca de un puerto marítimo (distancia máxima de 500 km). Por último debido a la matriz lógica y sin valores intermedios asigna el valor de muy fuerte importancia a la infraestructura urbana. Ninguna categoría obtuvo la máxima importancia en esta matriz, ya que el índice de consistencia no debe superar el 10 % para su correcta resolución.

Los pesos estadísticos del análisis multicriterio fueron asignados al resolver la matriz de la tabla 5:

- Variable Altitud: ~0.265
- Variable Vías de primer orden: ~0.220
- Variable Infraestructura amanzanada: ~0.125
- Variable Pendiente: ~0.070

- Variable Inundaciones: ~0.255
- Variable Cobertura o uso de la tierra: ~0.065

Estos pesos suman el valor de 1 y cumple con el CI igual o menor a 0,10. El cual como producto generó el mapa temático de análisis de idoneidad (Anexo V). En donde se aprecia valores aptos y no aptos. Estos valores aptos están basados en la metodología de Lovelace et al., (2019) en donde los valores negativos y hasta 0,20 no son aptos para ser elegidos de acuerdo con los criterios de proximidad a vías primarias, cercanía a infraestructura urbana y zonas que no sean inundables. Existen valores intermedios que pueden ser tomados como valores de incertidumbre ya que están en zonas en los límites de una infraestructura o acceso a red vial.

Elección de un sitio para definir la ubicación óptima:

Saaty define su metodología como un proceso subjetivo, dependiente del criterio profesional de quien la aplica. En el caso de la provincia del Guayas, variables como la topografía, el riesgo de inundaciones y el acceso vial recibieron diferentes ponderaciones. Estos “pesos” generan valores cuantitativos utilizados para determinar las ubicaciones más adecuadas; sin embargo, en este estudio ningún sitio cumplió con las siete categorías consideradas simultáneamente. El riesgo de inundaciones fue un factor determinante, limitando la selección de sitios que cumplieran con todos los criterios.

No obstante, a través de un análisis cualitativo, se identificó un único lugar que cumple con seis de las siete características establecidas para la ubicación del Centro Logístico Regional, situado en las coordenadas 618723 S, 9836718 O (EPGS 32717). En la ciudad de Balzar se registraron los puntajes máximos en la ponderación utilizada, identificándose así el punto más idóneo para el proyecto.

Tabla 11

Puntuación de los 3 primeros lugares realizados por medio de ponderación

Sitio	Puntuación
Balzar	1,68
Balzar	0,88
Balzar	0,88

Descripción de sitio

Balzar es una ciudad situada a aproximadamente 110 km de Guayaquil, caracterizada principalmente por la producción de arroz, maíz y ganadería. Se encuentra próxima al margen este del río Daule, abarcando una extensión aproximada de 2,500 km². Limita al norte con el cantón El Empalme, al sur con Colimes, al este con la provincia de Los Ríos y al oeste con la provincia de Manabí.

Balzar fue conocida como la capital ecuatoriana del maíz duro. El ecosistema predominante corresponde a una llanura aluvial, con una geología que incluye estructuras rocosas como Balzar, Borbón, Pichilingue y Onzole. Los suelos predominantes son bancos de arcillas y arena. La temperatura media anual ronda los 26 °C y la precipitación oscila entre 1,500 y 3,000 mm, condiciones que hacen a Balzar altamente apta para la producción agrícola (Salvador y Sorthegui, 2020).

Económicamente, Balzar ha sido históricamente reconocida como la capital nacional del maíz duro, aunque en los últimos años otros cantones han ganado protagonismo en esta producción (Salvador y Sorthegui, 2020).

El transporte público es el principal medio de movilidad dentro de la ciudad, destacando la cooperativa de buses “Rutas Balzareñas”, que conecta Balzar con Guayaquil en viajes de aproximadamente una hora y media (Salvador y Sorthegui, 2020).

Una de sus fortalezas es el constante asfaltado y mantenimiento vial. El Banco de Desarrollo ecuatoriano generó una inversión de 623,167 USD para la adquisición de maquinaria vial para evitar problemáticas a sus ciudadanos (Banco de Desarrollo del Ecuador, 2025).

No obstante, en años recientes se han registrado frecuentes accidentes de transporte pesado, atribuidos principalmente a conductas inadecuadas y falta de educación vial, pese a que la señalización vial es adecuada tanto dentro como fuera de la ciudad (Orvela y Pincay, 2024).

Los servicios básicos y la cobertura de comunicación fuera del centro urbano representan un desafío logístico importante, con limitada conectividad y acceso reducido a agua potable. Frente a esto, la municipalidad, bajo la gestión de Galo Meza, ha mostrado un compromiso activo con la mejora del acceso a recursos básicos. En 2024, el Banco de Desarrollo del Ecuador benefició a más de 40 mil familias dotándoles de infraestructura para agua potable disminuyendo las enfermedades por agua contaminada (Banco de Desarrollo del Ecuador, 2024).

Seleccionar a Balzar como un punto logístico regional contribuirá al crecimiento sostenible de la ciudad, aprovechando sus fortalezas en producción agrícola y su posición estratégica como canal de distribución para otras provincias productoras que requieren acceso directo a puertos internacionales.

Verificación con imagen satelital

Características

PlanetScope

Sentinel – 2

Resolución espacial	3 metros	10 metros
Resolución espectral	Bandas Red, Green, Blue, NIR	13 bandas disponibles
Resolución temporal	Diaria	Cada 5 días
Cobertura	Sumamente estrecha	Gran cobertura poco detalle
Recomendación de uso	Monitoreo local	Análisis temporal enfocados a cambios en las coberturas

Bajo estos criterios, se utilizó una imagen satelital del 25 de mayo de 2025 para evaluar las características del sitio seleccionado:

Tabla 12

Características del sitio

Criterio	Balzar
Acceso Vial	Punto de acceso directo a la vía Daule
Infraestructura	Área rural de Balzar (Cerrito del Balzar)
Cobertura vegetal o uso de suelo	Suelo Agrícola (Arrocera)
Topografía	17 m. s. n. m.
Pendiente predominante	15 a 17 %
Riesgo ambiental de inundaciones	Muy alto (Cerca del río Daule)

El área presenta acceso vial estable, con circulación constante y un ancho de carretera de aproximadamente 8 metros. Además, cuenta con un puente cuyo carril mide 3.65 metros de ancho, con una resistencia máxima para soportar el paso de dos camiones de doble eje, cada uno con dimensiones aproximadas de 15 metros de largo por 1.8 metros de ancho (Gobierno Provincial del Guayas, 2023).

El principal inconveniente del sitio es su proximidad al río Daule. Con la imagen satelital PALSAR se puede inspeccionar y corroborar depreciaciones de hasta 5 o 6 metros de la orilla al sitio seleccionado.

Finalmente, el área destinada al asentamiento fue verificada con una imagen satelital del 25 de mayo de 2025, confirmando que el terreno es predominantemente agrícola, especializado en cultivos arroceros. La extensión aproximada es de 28 hectáreas y la temperatura promedio anual es de 25 °C (Anexo VI).

La elección de una ubicación logística debe estar sujeto a criterios coherentes a la realidad. Si bien resulta poco realista situar un centro logístico demasiado cercano a un río debido a los riesgos asociados, es necesario incorporar valores intermedios (2, 4, 6, 8) que integren información socioeconómica específica, como el acceso a la educación, servicios básicos, cobertura de comunicación radial, entre otros.

Balzar, dada su significativa capacidad de crecimiento en el sector agrícola, se posiciona como el punto óptimo que responde al objetivo general del estudio: determinar la ubicación más adecuada para minimizar los daños por daños ambientales a la infraestructura, disminuir costos y tiempos al movilizar personal y maximizar la distribución de productos.

Además, considerando la creciente inseguridad que afecta especialmente a las zonas costeras del país, es imprescindible incluir criterios de seguridad en el proceso de selección.

Esto garantizará una decisión más integral y eficiente para la optimización de los costos operativos y la operatividad del centro logístico.

Limitantes

El estudio presenta limitaciones importantes que deben ser abordadas para profundizar en la identificación precisa de sitios específicos para centros logísticos. En primer lugar, las categorías de cobertura del suelo manejan resoluciones amplias que agrupan diversas áreas como bosques, zonas de transición, áreas de amortiguamiento, manglares y otras, lo cual puede introducir errores significativos al momento de seleccionar el lugar óptimo.

Actualmente, se trabaja con una base topográfica con resoluciones de 12,5 m x 12,5 m, lo que corresponde a un área de 156,25 m² por píxel, limitando la precisión técnica necesaria para decisiones puntuales.

Otra limitación se refiere al uso de pendientes derivadas de entradas GeoTIFF, que pueden no ser suficientes por sí solas para una evaluación precisa de la idoneidad del terreno.

La resolución de la colección ALOS PALSAR genera errores cuando se la compara con imágenes satelitales. Al ser un insumo base para el resto de los análisis, estos errores pueden propagarse y afectar la exactitud al cruzar la información con capas en formato Shapefile

Conclusiones

El análisis multicriterio (AHP), recomendado por Saaty (2008), es una herramienta sumamente útil para categorizar y jerarquizar los criterios asociados a una problemática específica. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) juegan un papel fundamental al integrar metodologías especializadas, tal como lo sugiere Marinoni (2004).

Sumado a matrices lógicas se puede decidir de forma lógica o reducir opciones de acuerdo con metodologías específicas para resolver una problemática en especial.

Estos modelos lógicos pueden ser fácilmente replicables cuando se usan códigos públicos o de directorios de libre acceso, garantizando su replicabilidad con otros trabajos similares.

Recomendaciones

La metodología de ponderación puede complicar y ralentizar los procesos de análisis estadísticos, ya que, aunque existen diversas herramientas para realizar análisis multicriterio, los insumos disponibles aún son limitados por lo que diversificar los criterios de elección con índices de vegetación o construcción pueden clasificar bien el estado tanto de vías como el tipo de cobertura de suelo actual y contrastarlo con las bases de datos que suelen estar un poco desactualizadas.

Al integrar índices de vegetación, el análisis multicriterio se aproxima con mayor precisión a resultados acertados, evitando áreas con fuentes de agua y facilitando la comparación de zonas con coberturas impermeables relacionadas con infraestructura, además de evaluar las condiciones del estado vial.

Bibliografía

- Banco de Desarrollo del Ecuador. (13 de Diciembre de 2024). *La obra para dotar de agua de calidad a Balzar avanza con supervisión del BDE*. Banco de Desarrollo del Ecuador bde: <https://bde.fin.ec/la-obra-para-dotar-de-agua-de-calidad-a-balzar-avanza-con-supervision-del-bde-b-p/#:~:text=Gracias%20a%20este%20financiamiento%2C%20el,el%20casco%20urbano%20del%20cantón.>
- Banco de Desarrollo del Ecuador. (16 de Mayo de 2025). *Cantón Balzar obtiene nuevo financiamiento para fortalecer la infraestructura vial*. Banco de Desarrollo del Ecuador bde: <https://bde.fin.ec/canton-balzar-obtiene-nuevo-financiamiento-para-fortalecer-la-infraestructura-vial/>
- Carter, S. (1991). Integrating Multi-Criteria Evaluation with Geographical Information Systems. *International Journal of Geographic Information System*, 5(3), 321-339. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1080/02693799108927858>
- Castro-González, S., Bande, B., & Vila-Vázquez, G. (2021). How Can Companies Decrease Salesperson Turnover Intention? The Corporate Social Responsibility Intervention. *Sustainability*, 13(2), 750. <https://doi.org/doi:10.3390/su13020750>
- Cedeño, I. (27 de Junio de 2023). *El costo ambiental de la logística*. GTA Ambiental: <https://gtaambiental.com/costo-ambiental-de-la-logistica/>
- EL COMERCIO. (31 de Marzo de 2025). *Inundaciones afectan a varias zonas de Guayas tras intensas lluvias*. El Comercio: <https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador/inundaciones-afectan-zonas-guayas-intensas-lluvias/>

GEOINFOTECH. (25 de Marzo de 2025). *Flood Risk analysis in ArcGis Pro*. GeoInfo Tech:

<https://geoinfotech.ng/gis-rs-training/flood-risk-analysis-in-arcgis-pro/>

Gobierno Provincial del Guayas. (2023). *Reforzamiento estructural emergente del puente de Balzar sobre el Río Daule en el Cantón Balzar de la Provincia del Guayas*. Prefectura del Guayas.

INEC. (12 de Diciembre de 2022). *Geografía Estadística*. Censo Ecuador:

https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Geografia_Estadistica/Micrositio_geoportal/index.html#cartograf-histor

Japan Aerospace Exploration Agency. (2025). *ALOS PALSAR Radiometric Terrain Correction (RTC) Digital Elevation Model (DEM)*. Earth Observation Research Center:

<https://www.earthdata.nasa.gov/data/projects/alos-palsar-rtc-project>

Lovelace, R., Nowosad, J., & Muenchow, J. (2019). *Geocomputation with R (1st ed.)*. Chapman and Hall/CRC. <https://doi.org/https://doi.org/10.1201/9780203730058>

Marinoni, O. (2004). Implementation of the analytical hierarchy process with VBA in ArcGIS.

Computers & Geosciences, 30(6), 637-646.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cageo.2004.03.010>

Ministerio de Fomento Español. (2013). *Estrategia Logística de España*. Gobierno de España.

Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (20 de Julio de 2023). *Red Vial Estatal ecuatoriana*

en kilómetros. Datos Abiertos: <https://datosabiertos.gob.ec/dataset/red-vial-estatal-ecuatoriana-en-kilometros>

Naranjo, G., Andrade, J., Guerrero, M., & Suárez, A. (2024). *EPA-EC: Inventario - Distribución - Evaluación del espacio público abierto en Ecuador. Quito - Cuenca - Ibarra*. PUCE.

- Oramas-Santos, O., Canós-Darós, L., Babiloni, E., & Ortiz Torres, M. (2023). De cadena de suministros a cadena de valor: devenir y pertinencia de los conceptos. *Economía y Desarrollo*, 167.
- Orvela, O., & Pincay, M. (2024). *Análisis de la accidentalidad de tránsito en el cantón Balzar*. Instituto Superior Tecnológico Rey David.
- Qgis Development Team. (8 de Junio de 2025). *Hydrological analysis*. QGIS Training Manual: https://docs.qgis.org/3.40/en/docs/training_manual/processing/hydro.html
- Qgis Development Team. (2025). *QGIS Geographic Information System (Versión 3.x)*. Open Source Geospatial Foundation: <https://qgis.org/>
- Quezada Larriva, A., Orellana, D., Guerrero, M. L., García, J. A., Cárdenas, G., & Osorio Guerrero, P. (2023). Impact of Quito's first metro line on the accessibility to urban opportunities. *Journal of Transport Geography*, 108, 103548. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2023.103548>
- R Core Team. (2020). *R: A language and environment for statistical*. R Foundation for Statistical Computing: <https://www.R-project.org/>
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83-98. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590>
- Salvador, C., & Sorthequi, R. (2020). Clusters alrededor de la producción y comercialización del maíz: Fuente de desarrollo local para el Cantón Balzar. En *Clúster y Encadenamientos Productivos en la Costa Ecuatoriana* (págs. 218-273). Universidad Tecnológica ECOTEC.

Sergio, L., Vázquez, L., & Rosalba, M. (2023). Identificación de riesgos en las cadenas de suministro de la industria automotriz: una revisión de literatura. *Entreciencias: diálogos en la sociedad del conocimiento*, 11(25).

<https://doi.org/https://doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2023.25.85807>

UTLP. (5 de Diciembre de 2022). *Incendios forestales y la urgencia de su prevención como enfoque de gestión en Ecuador*. vinculacion.utpl.edu.ec:

<https://vinculacion.utpl.edu.ec/revistaimpactomas/acciones-con-impacto/incendios-forestales-y-la-urgencia-de-su-prevencion-como-enfoque-de-gestion-en-ecuador/>

Vivanco, Y. (2024). *Valoración de impactos ambientales a escala espacio-temporal generados por el cambio de uso de suelo en el cantón Puyango, Loja*. Universidad Nacional de Loja.

Wahba, D., Omran, A., Adly, A., Gad, A., Arman, H., & El-Bagoury, H. (2025). Optimizing Site Selection for Construction: Integrating GIS Modeling, Geophysical, Geotechnical, and Geomorphological Data Using the Analytic Hierarchy Process. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 14(1), 3. <https://doi.org/doi:10.3390/ijgi14010003>

Wątróbski, J., Bączkiewicz, A., & Rudawska, I. (2023). A Strong Sustainability Paradigm Based Analytical Hierarchy Process (SSP-AHP) Method to Evaluate Sustainable Healthcare Systems. *Institute of Management, University of Szczecin*, 1(1). arXiv:2306.00718v1

Anexo I

Codificación Google Earth Engine

RASTER ALOS RESOLUCIÓN 12.5 X 12.5 PIXEL

```
var alos_collection = ee.ImageCollection("JAXA/ALOS/AW3D30/V3_2")
```

```
.filterBounds(AOI)
```

```
.select("DSM"); // Banda correcta: DSM
```

```
var alos_dem = alos_collection.mosaic().clip(AOI);
```

```
Map.centerObject(AOI, 13);
```

```
Map.addLayer(aalos_dem, {min: 0, max: 100, palette: ['blue', 'green', 'brown']}, "ALOS  
DEM 12.5 m");
```

```
Export.image.toDrive({
```

```
  image: aalos_dem,
```

```
  description: "ALOS_DEM_12m_Guayas",
```

```
  folder: "GEE",
```

```
  scale: 12.5,
```

```
  region: AOI,
```

```
  maxPixels: 1e9,
```

```
  fileFormat: "GeoTIFF"
```

```
});
```

```
METADATOS
```

```
print("Metadatos DEM recortado:", alos_dem.getInfo());
```

Codificación R v4.4

```
library(Matrix)
```

```
ahp_matrix <- matrix(c(
```

```
  1, 3, 5, 7, 5, 4,
```

```
  1/3, 1, 3, 5, 3, 2,
```

```
  1/5, 1/3, 1, 3, 3, 2,
```

```
  1/7, 1/5, 1/3, 1, 1/2, 1/3,
```

```
  1/5, 1/3, 1/3, 2, 1, 1/2,
```

```
  1/4, 1/2, 1/2, 3, 2, 1
```

```
), nrow = 6, byrow = TRUE)
```

```
eig <- eigen(ahp_matrix)
```

```
weights <- Re(eig$vector[,1]) / sum(Re(eig$vector[,1]))
```

```
weights <- round(weights, 4)
```

```
names(weights) <- colnames(ahp_matrix)
```

```
weights
```

```
colnames(ahp_matrix) <- rownames(ahp_matrix) <- c("Vialidad", "Manzanas",  
"Pendiente", "Inundacion", "Cobertura", "DEM")
```

```
lambda_max <- Re(eig$values[1])
```

```
n <- nrow(ahp_matrix)
```

```
CI <- (lambda_max - n) / (n - 1)
```

```
RI <- 1.24
```

```
CR <- CI / RI
```

```
library(raster)
```

```
vialidad <- raster("ruta")
```

```
manzanas <- raster("ruta")
```

```
pendiente <- raster("ruta")
```

```
inundacion <- raster("ruta")
```

```
cobertura <- raster("ruta")
```

```
dem <- raster("ruta")
```

```
print(paste("Consistency Ratio (CR):", round(CR, 4)))
```

```
rasters <- list(vialidad, manzanas, pendiente, inundacion, cobertura, dem)
```

```
rasters <- lapply(rasters, function(r) resample(r, vialidad, method = "ngb"))
```

```
rasters_weighted <- mapply(function(r, w) r * w, rasters, weights, SIMPLIFY = FALSE)
```

```
idoneidad <- Reduce("+", rasters_weighted)
```

```
writeRaster(idoneidad, "mapa_idoneidad.tif", overwrite = TRUE)
```

```
plot(idoneidad,
```

```
  main = "Mapa de Idoneidad (Análisis AHP)",
```

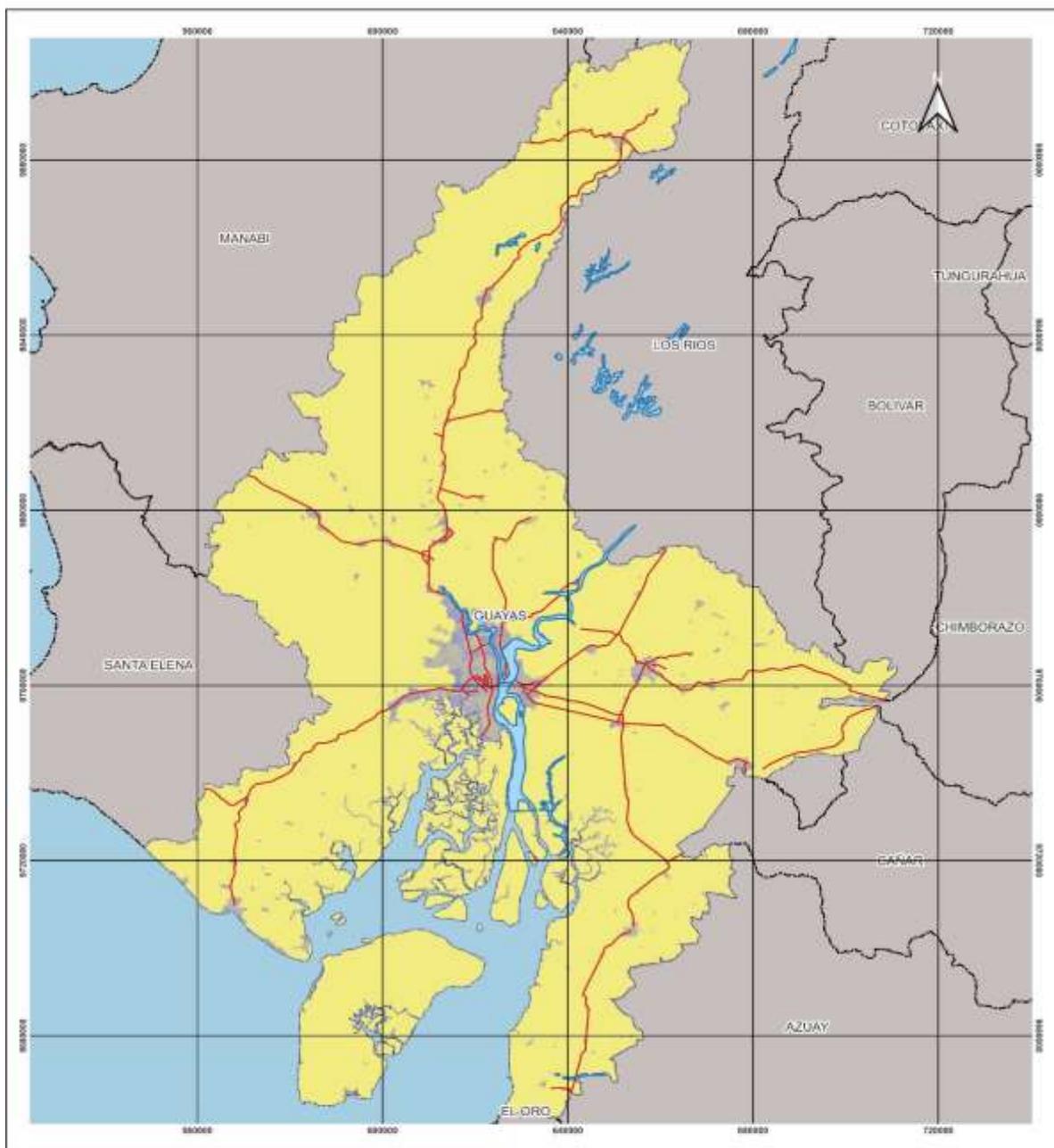
```
  col = terrain.colors(100),
```

```
  legend = TRUE)
```


Anexo III

ANÁLISIS DE ACCESIBILIDAD

ECUADOR ESCALA: 1:200000

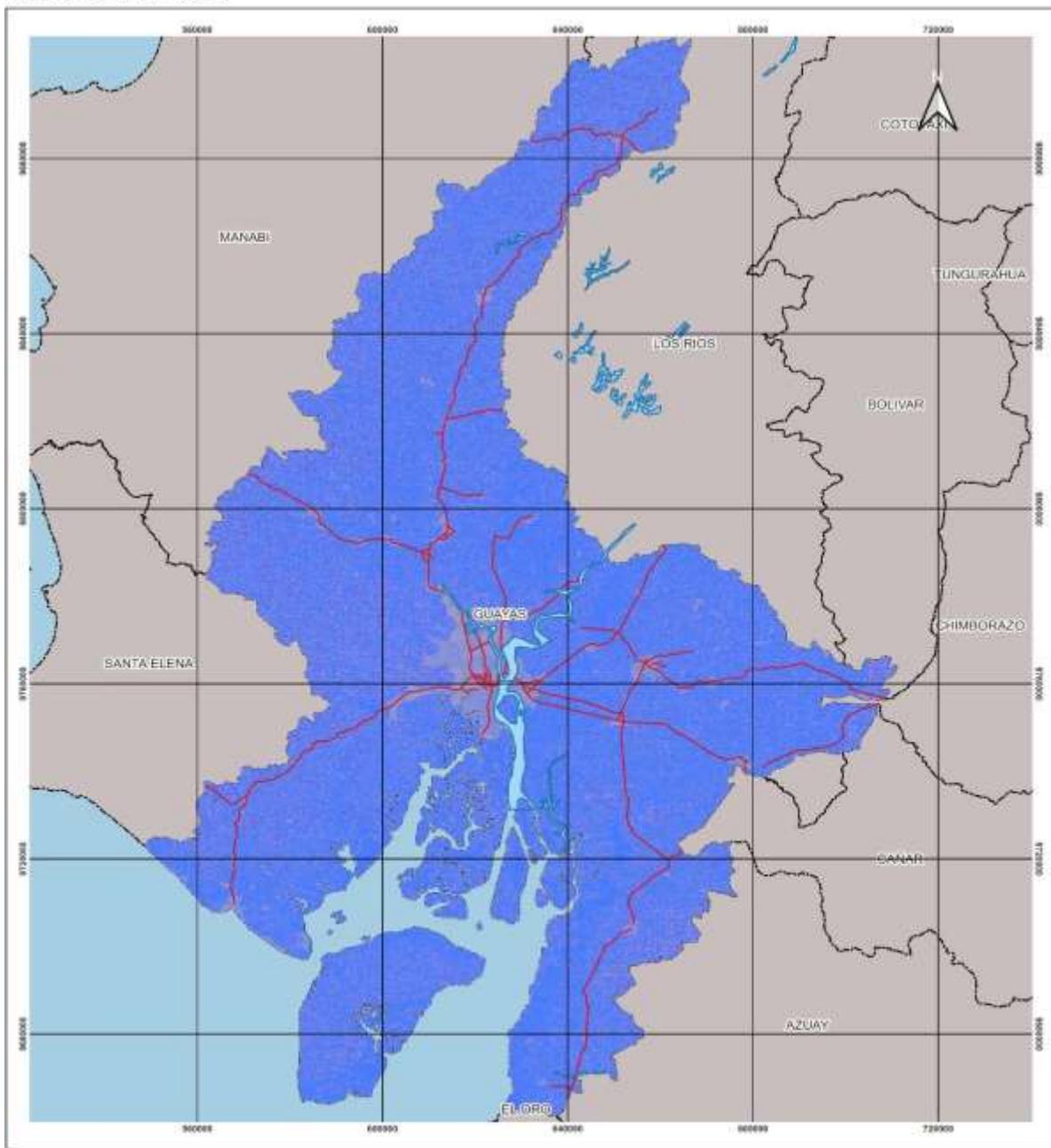


<p>SÍMBOLOS CONVENCIONALES</p> <p> Límite del cantón: 0.5 mm Límite de parroquia: 0.2 mm Límite de parroquia: 0.1 mm Límite de parroquia: 0.05 mm Límite de parroquia: 0.02 mm </p>	<p>UBICACIÓN CON RESPECTO AL CANTÓN</p>	<p>ESCALA GRÁFICA 1:20000</p> <p> REPRESENTACIÓN: BARRAS DE REPRESENTACIÓN: 17.5 km MARGEN DE REPRESENTACIÓN: 0.5 mm RESOLUCIÓN: 0.05 mm </p>	<p>LA UBICACIÓN DEL CENTRO LOGÍSTICO EN LA ZONA DE ESTUDIO FUE DETERMINADA PRINCIPALMENTE POR EL ANÁLISIS A VÍAS DE MANEJO DEBEN LAS FORMAS EXISTENTES DE LOS ECOSISTEMAS, LA INFRAESTRUCTURA (RED DE PUENTES, INTERSECCIONES, LAS CERCANAS A SERVICIOS BÁSICOS COMO AGUA POTABLE, LÍNEA ELÉCTRICA, ETC). EL COMPORTE DE VÍAS E INFRAESTRUCTURA PERMITE DETERMINAR ÁREAS DE SERVICIO, PERMITE DETERMINAR ÁREAS DE SERVICIO PARA UBICAR UN CENTRO LOGÍSTICO REGIONAL.</p>	<p>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL MAESTRÍA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, FOTOGRAFÍA AEREA Y FOTOGRAFÍA DIGITAL</p> <p>CASO PRÁCTICO ANÁLISIS DEL TERRITORIO PARA LA LOCALIZACIÓN ÓPTIMA DE UN CENTRO LOGÍSTICO REGIONAL, UTILIZANDO MÉTODOS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)</p> <p>ANÁLISIS DE UBICACIÓN</p> <p> TÍTULO: ANÁLISIS DE UBICACIÓN ÓPTIMA DE UN CENTRO LOGÍSTICO REGIONAL AUTOR: MARCO ANTONIO PATIJA-MERINO ESCALA DE TRABAJO: 1:100000 </p>
--	--	--	--	--

Anexo IV

ANÁLISIS DE RIESGOS AMBIENTALES

ECUADOR ESCALA: 1:200000

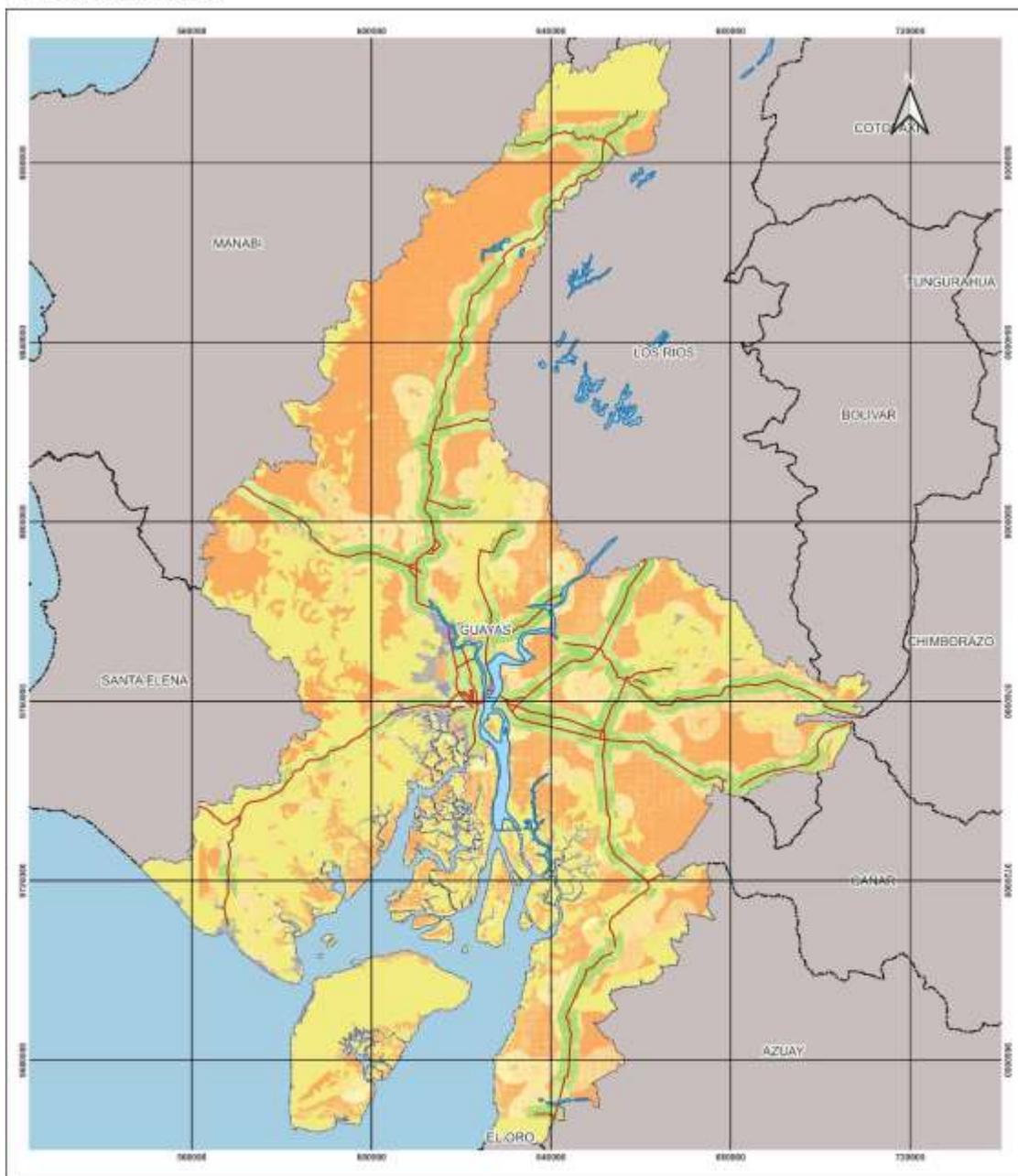


<p>SÍMBOLOS CONVENCIONALES</p> <p> URBANO CUERPO ACUOSO CARRETERA FERROVIARIA RÍO CUNTO BOSQUE ZONA AGRÍCOLA PASTORIL HUMEDALES ZONA PROTEGIDA </p>	<p>UBICACIÓN CON RESPECTO AL CANTÓN</p> <p> 82°0' 80°0' 78°0' 76°0' </p>	<p>ESCALA GRÁFICA 1:20000</p> <p> PROYECCIÓN UTM ZONA 18E DATUM: WGS 84 UNIDAD: METRO RESOLUCIÓN: 30000 x 30000 (30M) </p>	<p>LEYENDA</p> <p> ZONA DE ALTO RIESGO ZONA DE MEDIO RIESGO ZONA DE BAJO RIESGO ZONA SIN RIESGO </p> <p> ESTUDIO DE LAS VENTAJAS DE BASE EN QUE SE PUEDE ESTABLECER RIESGO DE FUNDACIONES PARA PUEBLOS CON RESOLUCIONES PARA SER LEVANTADO ALABO EN EL COMPLEJO PLAN ACUMULADO CONTRA RIESGO DE HUNDIMIENTO EN BASE A LA ALTURA Y LA PENDIENTE DEL TERRENO GENERADA CON RESOLUCIONES DE ESTE TIPO DE LOS RELEVOS CUADRADOS RELEVADOS EN EL RELEVAMIENTO DE FUNDACIONES EN ZONAS RURALES. </p>	<p>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL INSTITUTO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, TOPOGRAFÍA AUTOMATIZADA Y FOTOGRAMETRÍA DIGITAL.</p> <p>CARRERA PRÁCTICA: ANÁLISIS MULTICRITERIO PARA LA LOCALIZACIÓN ÓPTIMA DE UN CENTRO URBANO PROVINCIAL, UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG).</p> <p>TÍTULO: ANÁLISIS DE RIESGOS AMBIENTALES ÁREA: GUAYAS</p> <p> AUTOR: DR. ANTONIO PASTORAL ANDRÉS CO-AUTORA: MSc. ANTONIO PASTORAL ANDRÉS FECHA: 2018-2019 </p>
---	---	--	---	---

Anexo V

ANÁLISIS DE IDONEIDAD

ECUADOR ESCALA: 1:200000

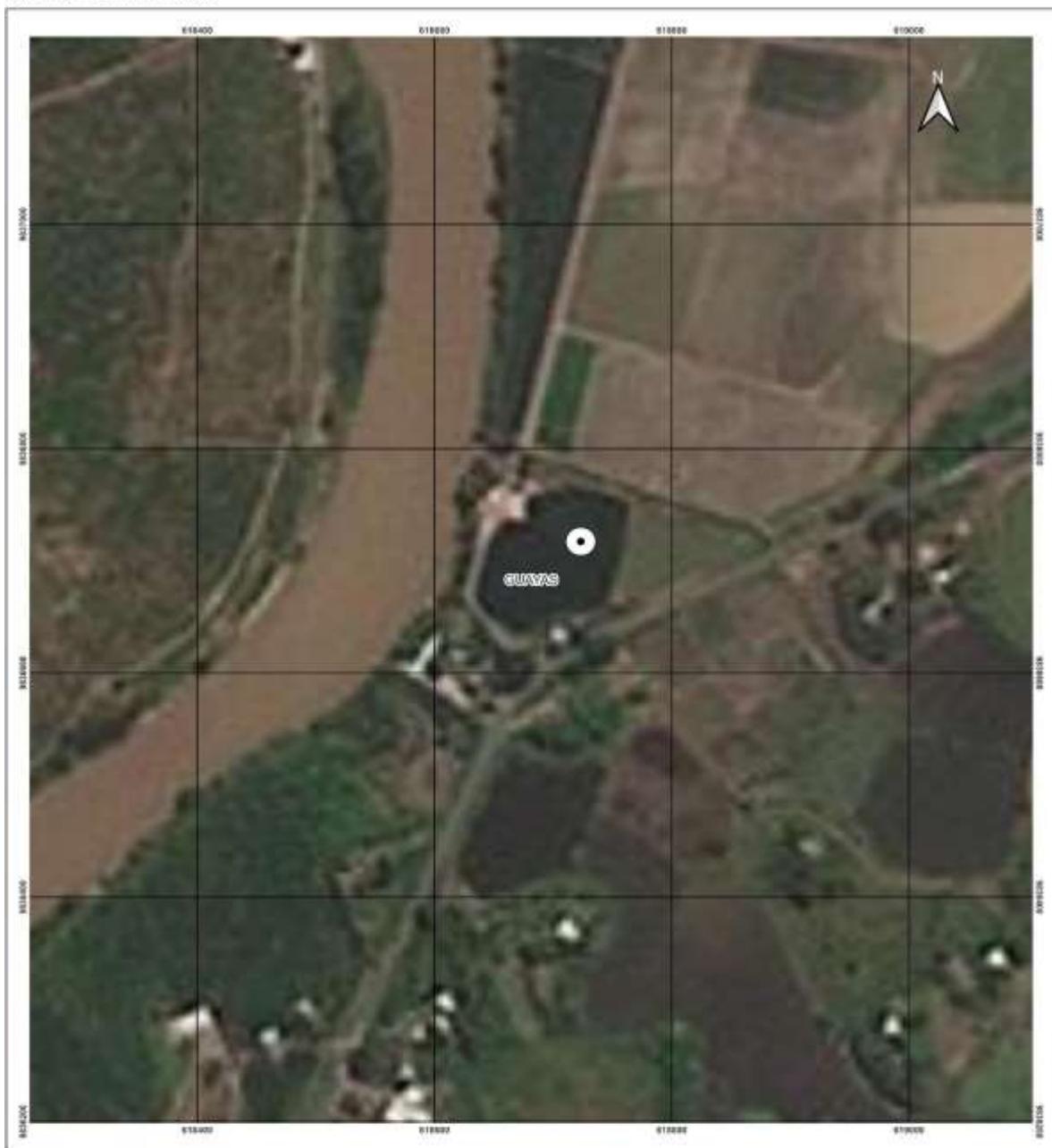


<p>SÍMBOLOS CONVENCIONALES</p> <p>LINEAS DE BARRIO: BARRIO CENTRAL, BARRIO NOROCCIDENTAL, BARRIO SURESTE, BARRIO SUROCCIDENTAL</p> <p>COMUNIDAD: BARRIO NOROCCIDENTAL, BARRIO SURESTE, BARRIO SUROCCIDENTAL</p> <p>INSTRUMENTOS DE PLANIFICACIÓN: PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL, PLAN DE MANEJO DEL PATRIMONIO CULTURAL</p> <p>OTROS: BARRIO NOROCCIDENTAL, BARRIO SURESTE, BARRIO SUROCCIDENTAL</p>	<p>UBICACIÓN CON RESPECTO AL CANTÓN</p> <p>82°0' 83°0' 84°0' 85°0'</p>	<p>PROYECTO: PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL</p> <p>INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL</p> <p>FECHA DE ELABORACIÓN: 2014</p> <p>ESCALA: 1:200000</p> <p>PROYECTOR: [Nombre]</p>	<p>LEGENDA</p> <p>ALTA: 0.8 - 1.0</p> <p>INTERMEDIA: 0.6 - 0.8</p> <p>BAJA: 0.4 - 0.6</p> <p>0.2 - 0.4</p> <p>0.0 - 0.2</p> <p>0.0 - 0.1</p>	<p>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL</p> <p>INSTITUTO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, TOPOGRAFÍA, ALTIMETRÍA Y FOTOGRAFÍA AEREA</p> <p>CARD PRÁCTICO</p> <p>ANÁLISIS REALIZADO PARA LA LOCALIZACIÓN ÓPTIMA DE UN CENTRO COMERCIAL PERIFÉRICO, UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.</p> <p>ANÁLISIS DE IDONEIDAD</p> <table border="1"> <tr> <td>FECHA:</td> <td>JULIO 2014</td> </tr> <tr> <td>PROYECTO:</td> <td>PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL</td> </tr> <tr> <td>INSTITUCIÓN:</td> <td>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL</td> </tr> <tr> <td>PROYECTOR:</td> <td>[Nombre]</td> </tr> </table>	FECHA:	JULIO 2014	PROYECTO:	PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL	INSTITUCIÓN:	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL	PROYECTOR:	[Nombre]
FECHA:	JULIO 2014											
PROYECTO:	PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL											
INSTITUCIÓN:	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL											
PROYECTOR:	[Nombre]											

Anexo VI

UBICACIÓN ÓPTIMA DE CENTRO LOGÍSTICO

ECUADOR ESCALA: 1:10000



<p>SÍMBOLOS CONVENCIONALES</p> <p> CARRETERA FERROVIARIO CANAL RÍO LAGO BOSQUE URBANO AGROPECUARIO CUERPO DE AGUA ZONA PROTEGIDA INDUSTRIAL AEROPUERTO PUERTO </p>	<p>UBICACIÓN CON RESPECTO AL GANTÓN</p> <p>Colombia Perú</p> <p>82°O 80°O 78°O 76°O</p>	<p>ESCALA GRÁFICA 1:10000</p> <p>PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERKATOR (UTM) 17 S BZ</p> <p>UNIDAD DE MEDICIÓN: METROS (1:10000)</p> <p>UNIDAD SCRS: METROS (1:10000)</p>	<p>LEYENDA</p> <p> CARRETERA FERROVIARIO CANAL RÍO LAGO BOSQUE URBANO AGROPECUARIO CUERPO DE AGUA ZONA PROTEGIDA INDUSTRIAL AEROPUERTO PUERTO </p> <p>CENTRO LOGÍSTICO REGIONAL DETERMINADO DE ACUERDO A LA INGENIERÍA DE ALUMNOS QUANTITATIVOS EN BASE A LAS CATEGORÍAS UNIVERSITARIAS COMO RESULTADO DE LA VISUALIZACIÓN PORQUE REALIZA UN ANÁLISIS CUALITATIVO DE LOS SITIOS RESPECTO LA UBICACIÓN DE UN NUEVO CENTRO LOGÍSTICO.</p>	<p>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL</p> <p>MAESTRÍA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)</p> <p>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL</p> <p>MAESTRÍA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)</p> <p>UBICACIÓN ÓPTIMA DE UN CENTRO LOGÍSTICO REGIONAL</p> <p> AUTOR: MARIO ANTONIO PANTOJA ANDRÉS FECHA: 2023 ESCALA: 1:10000 FECHA DE TRABAJO: 2023 </p>
--	--	--	--	---



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT

Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, Milvio Antonio Pantoja, con C.C: # 2100410303 autor(a) del trabajo de titulación: *Análisis multicriterio para la localización óptima de un centro logístico regional utilizando sistemas de información geográfica (SIG)* previo a la obtención del grado de **MAGISTER EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA TOPOGRAFÍA AUTOMATIZADA Y FOTOGRAMETRÍA DIGITAL** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de graduación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 26 de julio de 2025

f. _____



Firmado electrónicamente por:
**MILVIO ANTONIO
PANTOJA ANDRADE**

Validar únicamente con FirmaEC

Nombre: Milvio Antonio Pantoja Andrade

C.C: 2100410303



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE GRADUACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Análisis multicriterio para la localización óptima de un centro logístico regional utilizando sistemas de información geográfica (SIG).		
AUTOR(ES) (apellidos/nombres):	Pantoja Andrade Milvio Antonio		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES) (apellidos/nombres):	Echeverría Llumipanta Neptalí Armando		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
UNIDAD/FACULTAD:	Sistema de Posgrado		
MAESTRÍA/ESPECIALIDAD:	Maestría en Sistemas de Información Geográfica, Topografía Automatizada y Fotogrametría Digital		
GRADO OBTENIDO:	Maestría en Sistemas de Información Geográfica, Topografía Automatizada y Fotogrametría Digital		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	26/07/2025	No. DE PÁGINAS:	30 páginas.
ÁREAS TEMÁTICAS:	<p>Recopilación y preparación de capas geográficas (red vial, uso del suelo, riesgos naturales, infraestructura existente, topografía digital, fotografías aéreas e imágenes satelitales).</p> <p>Realización de análisis espacial y de proximidad utilizando QGIS.</p> <p>Implementación del análisis multicriterio mediante ponderación de variables relevantes (distancias, riesgos, accesibilidad, impacto ambiental).</p> <p>Elaboración de mapas técnicos finales.</p>		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Evaluación territorial, Planificación logística, Impacto ambiental, Topografía digital, Desarrollo económico sostenible		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):	<p>Este estudio tiene como objetivo identificar la ubicación óptima para un centro logístico regional mediante la aplicación de un análisis multicriterio apoyado en Sistemas de Información Geográfica (SIG). La metodología combina criterios geoespaciales, técnicos, económicos y ambientales, permitiendo una evaluación integral del territorio. A través de la superposición de capas de información y la asignación de pesos a los factores relevantes como accesibilidad vial, proximidad a centros urbanos, zonas industriales, puertos y restricciones territoriales se genera un modelo espacial que determina las áreas con mayor aptitud para el desarrollo logístico. Los resultados contribuyen a una planificación estratégica más eficiente, orientada a optimizar la conectividad regional, reducir costos de transporte y fomentar el desarrollo económico sostenible.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: 0997359155	E-mail: milvio.pantoja@cu.ucsg.edu.ec / milviop@hotmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: Neptalí Armando Echeverría Llumipanta		
	Teléfono: +593-4-3804600		
	E-mail: neptali.echeverria@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
No. DE REGISTRO (en base a datos):			
No. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			