

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

TEMA TRABAJO DE TITULACIÓN:

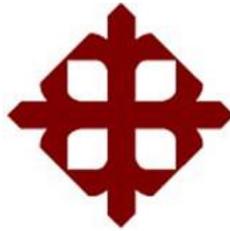
Análisis multicriterio para la localización óptima de un centro logístico en la provincia del Guayas

AUTORA:

Cepeda De la Cruz, Magaly Elizabeth

**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 la **INGENIERA CIVIL, CEPEDA DE LA CRUZ, MAGALY ELIZABETH**, como requerimiento parcial para la obtención del Grado Académico de **MAESTRÍA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA TOPOGRAFÍA AUTOMATIZADA Y FOTOGRAMETRÍA DIGITAL**.

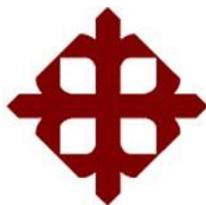
REVISOR(A)

Neptalí Armando, Echeverría Llumipanta

DIRECTOR DEL PROGRAMA

Neptalí Armando, Echeverría Llumipanta

Guayaquil, a los 26 días 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, **Magaly Elizabeth Cepeda De la Cruz**

DECLARO QUE:

El trabajo **ANÁLISIS MULTICRITERIO PARA LA LOCALIZACIÓN ÓPTIMA DE UN CENTRO LOGÍSTICO EN LA PROVINCIA DEL GUAYAS** 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 días del mes de julio del año 2025

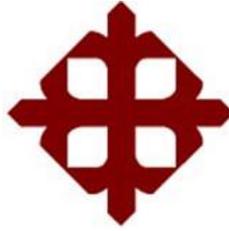
EL AUTOR



Firmado electrónicamente por:
**MAGALY ELIZABETH
CEPEDA DE LA CRUZ**

Validar únicamente con Firmadoc

Magaly Elizabeth Cepeda De la Cruz



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

AUTORIZACIÓN

Yo, **Magaly Elizabeth Cepeda De la Cruz**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la **publicación** en la biblioteca de la institución del **Trabajo de titulación Magíster en Sistemas de Información Geográfica, Topografía Automatizada y Fotogrametría Digital** titulado: **ANÁLISIS MULTICRITERIO PARA LA LOCALIZACIÓN ÓPTIMA DE UN CENTRO LOGÍSTICO EN LA PROVINCIA DEL GUAYAS**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

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

AUTORA



Magaly Elizabeth Cepeda De la Cruz



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

REPORTE COMPILATIO



**CEPEDA DE LA CRUZ MAGALY
ELIZABETH**

4%
Textos
sospechosos

< 1% Similitudes
< 1% similitudes entre comillas
0% entre las fuentes
mencionadas
4% Idiomas no reconocidos
(ignorado)
3% Textos potencialmente
generados por la IA

Nombre del documento: CEPEDA DE LA CRUZ MAGALY ELIZABETH.pdf
ID del documento: 74a23c60a4a6b433126acdb885c8f90752b8b774
Tamaño del documento original: 1,89 MB

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

Número de palabras: 6044
Número de caracteres: 41.606

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios por ser mi luz y mi guía para continuar con mis estudios.

Agradezco a mi madre por ser mi fiel compañera, por su esfuerzo y dedicación, por ser mi ejemplo de fuerza y valentía, por cada uno de los valores que han hecho de mí una mejor persona.

Agradezco a mi familia por confiar en mí y apoyarme en cada momento, sin ustedes este logro no sería posible.

Mi sincero agradecimiento a la UCSG y a todos los profesores que formaron parte de este camino, quienes compartieron su conocimiento a diario para cumplir con esta meta.

MAGALY CEPEDA

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía constante, mi refugio en los momentos difíciles y la fuente de fortaleza que me ha sostenido a lo largo de este camino.

A mi madre Margoth, cuyo amor incondicional, ejemplo de perseverancia y palabras de aliento han sido mi mayor inspiración para nunca rendirme.

A mi familia, por ser mi soporte, mi motivación y mi hogar en cada paso de esta etapa. Su confianza en mí me ha impulsado a alcanzar esta meta con fe y determinación.

Con todo mi corazón, les dedico este logro.

MAGALY CEPEDA

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE ANEXOS	XII
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	3
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.2 Objetivos	3
1.2.1 Objetivo general	3
1.2.2 Objetivos específicos	4
CAPÍTULO II	5
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1 Estado del arte	5
2.2 Marco Referencial.....	8
2.2.1 Análisis Multicriterio (AMC)	8
2.2.2 Sistemas de información geográfica.....	8
2.2.3 OpenStreetMap (OSM).....	9
2.2.4 Geo portales.....	9
2.2.5 Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS).....	9
2.2.6 Sentinel Hub	9
2.2.7 QGIS.....	10
2.2.8 Analytic Hierarchy Process (AHP)	10
2.2.9 Superposición ponderada (APO - Weighted Overlay)	12
2.2.10 QuickOSM.....	13
2.2.11 Validación topológica	13
2.2.12 Proximidad (Distance ráster)	13
2.2.13 Análisis topográfico	14
CAPÍTULO III	15

3.	MARCO METODOLÓGICO	15
3.1	Área de estudio	15
3.2	Tipo de investigación.....	15
3.3	Metodología aplicada.....	16
3.4	Preparación del proyecto SIG	18
3.5	Recolección de datos geográficos	18
3.6	Preprocesamiento y armonización	19
3.7	Análisis de accesibilidad.....	19
3.8	Análisis de riesgos naturales.....	21
3.9	Análisis topográfico	22
3.10	Modelo multicriterio	23
3.11	Selección del sitio óptimo.....	24
	CAPÍTULO IV	26
4.	RESULTADOS	26
4.1	RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESPACIAL Y MULTICRITERIO.....	26
4.2	JUSTIFICACIÓN TÉCNICA DEL SITIO PROPUESTO	26
	CAPÍTULO V.....	28
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	28
	CONCLUSIONES	28
	RECOMENDACIONES	29
6.	BIBLIOGRAFIA	30
7.	ANEXOS	33

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	7
Tabla 2	25

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.....	13
Ilustración 2.....	17
Ilustración 3.....	19
Ilustración 4.....	20
Ilustración 5.....	21
Ilustración 6.....	21
Ilustración 7.....	22
Ilustración 8.....	22
Ilustración 9.....	23
Ilustración 10.....	24
Ilustración 11.....	24
Ilustración 12.....	25
Ilustración 13.....	26
Ilustración 14.....	27

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 - Preparación del proyecto SIG	34
ANEXO 2- Recolección de datos geográficos	36
ANEXO 3 - Preprocesamiento y armonización	37
ANEXO 4- Análisis de accesibilidad.....	38
ANEXO 5 - Análisis de riesgos naturales.....	40
ANEXO 6 - Análisis topográfico.....	42
ANEXO 7 - Modelo multicriterio.....	44
ANEXO 8 - Selección del sitio óptimo.....	45

INTRODUCCIÓN

Los avances en el sector logístico se están acelerando con el desarrollo de la industria y el comercio. Por ello, es necesario contar con una estrategia globalmente competitiva y que responda a las necesidades de la industria y el comercio. Los centros logísticos, que surgieron por primera vez en Estados Unidos durante la revolución industrial y se fundaron en Europa en la década de 1960, constituyen una parte importante de esta estrategia (Koldemir 2020). Reunir las actividades logísticas en un único centro si dicho centro se funda en conjunto con tipos de transporte combinado e intermodal ofrece innumerables beneficios, como la reducción de costes, la congestión del tráfico y la contaminación ambiental, entre otros. En la literatura científica, no existen nombres ni definiciones comunes para el concepto de "centro logístico". Diversos términos hacen referencia a un centro logístico, como centro de distribución, aldea de carga, puerto seco, puerto interior, centro de carga, nodo logístico, puerta de enlace, almacén central, terminal de carga/transporte, nodo de transporte, plataforma logística, depósito logístico, parque de distribución (Beckers et al. 2023).

La selección de un emplazamiento logístico es un punto crítico en el proceso de inicio, expansión o cambio de ubicación de sistemas logísticos de todo tipo. Uno de los principales objetivos de la selección de un emplazamiento es encontrar el lugar más adecuado con las condiciones deseadas, definidas por los criterios de selección (Rikalović, Cosic, Lazarevic 2014). La toma de decisiones se basa en numerosos datos sobre el problema. Se estima que el 80% de los datos utilizados por gerentes y tomadores de decisiones son de naturaleza geográfica (espacial). Los problemas de decisión que involucran datos geográficos se denominan problemas de decisión geográficos o espaciales (Karna, Shrestha, Koirala 2023). La toma de decisiones y la resolución de problemas se basan en las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) y el intercambio de ideas e información, necesarios para abordar un problema de decisión específico. Los problemas de decisión espacial a menudo requieren la evaluación de un gran número de alternativas con base en múltiples criterios. Las decisiones espaciales son de naturaleza multicriterio (Chakhar, Mousseau 2008).

Uno de los principales problemas en la selección de emplazamientos es la gran cantidad de tiempo que requiere la toma de decisiones, debido a la gran cantidad de datos necesarios para un análisis de calidad. Para agilizar el proceso de toma de decisiones, es necesario desarrollar un modelo optimizado y adaptado para la selección de emplazamientos logísticos. En este estudio, se investigó el número definido de posibles ubicaciones logísticas (alternativas) en la región de interés, obtenidas en la fase de selección. Se realizó un análisis espacial con datos cuantificables

considerando criterios técnicos como accesibilidad vial, riesgos naturales, condiciones topográficas y compatibilidad del uso del suelo. El resultado final busca servir de insumo para procesos de planificación y desarrollo sostenible en el territorio provincial utilizando el análisis multicriterio (AMC) en un entorno con Sistemas de Información Geográfica (SIG).

El objetivo de nuestra investigación fue determinar si los métodos AMC pueden utilizarse eficientemente en un entorno SIG como herramienta de apoyo a la toma de decisiones para la selección de emplazamientos logísticos según el modelo propuesto, la localización estratégica de centros logísticos desempeña un papel fundamental en la eficiencia de los sistemas de transporte y distribución. En un contexto donde las ciudades y regiones experimentan un crecimiento acelerado, se vuelve imperativo identificar zonas adecuadas que permitan optimizar el flujo de bienes, reducir los costos logísticos y minimizar los impactos ambientales asociados.

La provincia del Guayas, caracterizada por su alta densidad poblacional, intensa actividad económica y comercial y su diversidad geográfica, la planificación territorial cobra especial relevancia, frente a este escenario, la aplicación de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y modelos de análisis multicriterio se presenta como una solución eficaz para integrar variables complejas en la toma de decisiones.

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del problema

Los centros logísticos surgieron por primera vez en Estados Unidos durante la revolución industrial y se fundaron en Europa en la década de 1960, estos constituyen una parte importante del crecimiento de la economía a nivel mundial (Koldemir 2020). El crecimiento de la complejidad de las cadenas de suministros en las últimas décadas ha generado la necesidad de optimizar la ubicación estratégica de los centros logísticos de distribución, los avances en el sector logístico se están acelerando con el desarrollo de la industria y el comercio. Por ello, es necesario contar con una estrategia globalmente competitiva y que responda a las necesidades de la industria y el comercio (Campos 2015).

En el Ecuador, específicamente a la provincia del Guayas se le considera como un punto estratégico para actividades de logística nacional e internacional gracias a su ubicación geográfica, vías de comunicación, aeropuerto y su cercanía con el puerto marítimo de guayaquil, sin embargo enfrenta una serie de desafíos derivados del crecimiento urbano desordenado, la concentración de actividades económicas en zonas congestionadas y la falta de planificación para nuevas infraestructuras estratégicas sumada la ausencia de centros logísticos planificados limita la eficiencia en el transporte de mercancías, incrementa los tiempos de distribución y eleva los costos operativos. A esto se suman factores de riesgo como las zonas susceptibles a inundaciones, pendientes inadecuadas y el uso del suelo no compatible, que dificultan la selección intuitiva de terrenos aptos para proyectos logísticos.

Por ello, se requiere una metodología técnica que permita analizar espacialmente múltiples variables, ponderar su importancia relativa y determinar áreas viables y sostenibles para su implementación considerando variables como: accesibilidad vial, cercanía a centros de producción y consumo, impacto ambiental, entre otros.

1.2 Objetivos

1.2.1 *Objetivo general*

Determinar la localización óptima para un centro logístico regional en la provincia del Guayas mediante análisis multicriterio con Sistemas de Información Geográfica (SIG).

1.2.2 *Objetivos específicos*

- Aplicar técnicas de análisis espacial en QGIS para evaluar factores de idoneidad territorial.
- Integrar información geográfica de accesibilidad, riesgos y topografía mediante ponderación multicriterio.
- Generar un mapa final de idoneidad y delimitar el sitio óptimo de localización.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Estado del arte

La revisión bibliográfica se inició con la búsqueda de los términos "centro logístico", "centro de carga" y "estación logística" en títulos, resúmenes y palabras clave en las bases de datos ResearchGate, ScienceDirect y Google Scholar. Entre estos estudios, se seleccionaron específicamente estudios de ubicación de instalaciones para centros logísticos. Mediante el examen de las secciones bibliográficas y las referencias de los estudios encontrados, se elaboró una investigación bibliográfica. Para mayor detalle podemos revisar en la Tabla 1.

Tabla 1

Estado del Arte

AUTOR(ES)	TÍTULO	AÑO	METODOLOGÍA	OBJETIVO	CONCLUSIÓN
Helen Zewdie Kine, Zenebe Shiferaw, Girma Gebresenbet, Lorent Tavasszy, David Ljungberg	GIS based multi-criteria decision-making approach for dry port location analysis: The case of Ethiopia.	2025	Investigación aplicada con enfoque cuantitativo, utilizando el método SMART combinado con un análisis SIG para determinar las ubicaciones óptimas de puertos secos mediante criterios múltiple. (Kine et al., 2025)	Identificar las ubicaciones más adecuadas para la instalación de puertos secos en Etiopía, considerando factores geográficos, económicos, ambientales, sociales e infraestructurales. (Kine et al., 2025)	El estudio determinó que los factores más importantes para la localización de puertos secos son la distancia a carreteras y ferrocarriles. Se concluye que muchas zonas altamente adecuadas no han sido aprovechadas. (Kine et al., 2025)
Jesús Manuel Estacio	Sistemas de Información	2021	Investigación aplicada, enfoque	Localizar las áreas más adecuadas	Los SIG y el análisis espacial multicriterio son

Vidal, Oscar Rafael Tinoco Gómez, Jenny Díaz Tafur, Rosa Karol Moore Torres	Geográfica y Localización de un Relleno Sanitario en Cerro de Pasco		análisis espacial multicriterio y el Proceso Analítico Jerárquico, utilizando datos geoespaciales procesados en ArcGIS. (Vidal et al., 2021)	para la disposición final de residuos sólidos en Cerro de Pasco, considerando factores físicos, ambientales, socioeconómicos y legales. (Vidal et al., 2021)	herramientas eficaces para identificar zonas óptimas para rellenos sanitarios. Se identificaron seis áreas potenciales bajo criterios normativos. (Vidal et al., 2021)
Daniel Jato-Espino & Amaya Lobo García de Cortázar	Herramienta de análisis espacial multicriterio para optimizar la ubicación de vertederos	2017	Análisis multicriterio utilizando AHP y TOPSIS, combinado con herramientas SIG; aplicación de restricciones legales (Sánchez Gil, Jato Espino, Lobo García de Cortázar 2017).	Diseñar y aplicar una herramienta SIG con técnicas multicriterio para seleccionar la ubicación óptima de vertederos de residuos municipales en base a criterios económicos, ambientales y sociales (Sánchez Gil, Jato	Se determinó que la propuesta Z4 es la mejor alternativa de ubicación. Los criterios económicos y sociales influyen más en la decisión (Sánchez Gil, Jato Espino, Lobo García de Cortázar 2017)

					Espino, Lobo García de Cortázar 2017).	
Harold Ruiz, Sunarso, Ibrahim-Bathis, S.A. Murti, Budiarto	S. GIS-AHP Multi Criteria Decision Analysis for the optimal location of solar energy plants at Indonesia	2020	Investigación aplicada con enfoque cuantitativo. Se empleó el método AHP combinado con análisis multicriterio en entorno SIG para identificar ubicaciones óptimas de plantas solares (Ruiz et al. 2020).	Desarrollar una herramienta para seleccionar ubicaciones óptimas para plantas solares en Indonesia, considerando zonas protegidas, recursos solares, y cercanía a infraestructura clave (Ruiz et al. 2020).	El análisis reveló que, aunque el sitio tiene alto potencial solar, solo el 34% del área es apta tras excluir zonas protegidas, y solo entre el 0.03% y el 0.07% del territorio resulta ser “óptimo” para instalación solar a gran escala (Ruiz et al. 2020)	
Cristian Javier Silva Osvaldo Daniel Cardozo	Evaluación multicriterio y Sistemas de Información Geográfica aplicados a la definición de espacios potenciales	2015	Evaluación Multicriterio integrada a Sistemas de Información Geográfica. Se usaron criterios ambientales, sociales, de accesibilidad y restricciones (Da	Identificar espacios potenciales para el uso del suelo residencial en la ciudad de Resistencia mediante la aplicación de técnicas	La aplicación permitió identificar zonas del oeste y noroeste con alta aptitud para asentamientos residenciales. Las variables ambientales y de localización (como distancia	

para uso del suelo residencial en Resistencia (Argentina)	Silva, Cardozo 2016).	multicriterio y SIG (Da Silva, Cardozo 2016)	a defensas y cuerpos de agua (Da Silva, Cardozo 2016)
---	-----------------------	--	---

Nota: Elaboración propia con base en diversos autores

2.2 Marco Referencial

2.2.1 Análisis Multicriterio (AMC)

Los análisis multicriterio (AMC) son herramientas analíticas empleadas para juzgar la mejor alternativa de un conjunto de posibilidades y fáciles de adaptar a diferentes requisitos. La evaluación de los métodos AMC compara diferentes criterios según sus propiedades y características para seleccionar la mejor alternativa para la ubicación de un elemento de estudio en función de variables como la (distancia a áreas urbanas, distancia a centros de producción, usos del suelo, distancia a puertos, aeropuertos o terminales de transporte, pendiente, velocidad del viento, densidad del aire, etc.) (Sánchez-Lozano et al. 2013).

2.2.2 Sistemas de información geográfica

Los Sistemas de Información Geográfica están diseñados para almacenar, recuperar, manipular, analizar y representar gráficamente datos geográficos (Church 2002). Con la utilización de los SIG, se pueden realizar consultas interactivas para facilitar la lectura de información, el análisis espacial y la edición del usuario (Giamalaki, Tsoutsos 2019). Como resultado de todas estas operaciones, se obtienen los mapas. Los SIG manejan sus símbolos de acuerdo con un tema específico y consideran reglas cartográficas que permiten una fácil lectura. En general, los mapas son una herramienta para la toma de decisiones dentro de los estudios de planificación territorial, la gestión económica, el monitoreo y el cuidado ambiental, así como una herramienta para seleccionar sitios adecuados para una actividad específica (Lewis et al. 2014).

La representación de los SIG se basa en dos modelos de datos, un modelo ráster y un modelo vector (Guaita-Pradas et al. 2019). Los rásteres (imágenes) se representan mediante una cuadrícula de rectángulos llamados píxeles, que comparten el mismo tamaño (resolución), información específica y una ubicación geográfica. Por otro lado, los vectores se representan mediante figuras geométrica (puntos, líneas y polígonos) que se utiliza para definir límites asociados a un sistema de referencia o una ubicación específica en el espacio (Lewis et al. 2014).

2.2.3 *OpenStreetMap (OSM)*

El proyecto OpenStreetMap (OSM) se fundó en 2004 por el entonces estudiante de maestría Steve Coast, quien tuvo la idea como parte de su proyecto de investigación y se consolidó como el ejemplo más famoso de Información Geográfica Voluntaria (IGV) en Internet. OSM es solo uno de los numerosos proyectos de IAV bien establecidos y conocidos, ocupa una posición dominante en el panorama de la IAV. El concepto de colaboración abierta, colaboración y coproducción o creación de conocimiento a través de la web cobró impulso. La idea de Coast fue recopilar datos geográficos sobre zonas de donde se tiene conocimiento con la cual se puede combinar y se empezó a construir una base de datos espacial de una región posibilitando realizar cartografía global a través de la colaboración abierta (Arsanjani et al. 2015).

2.2.4 *Geo portales*

La Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) para la creación de Geo Portales se introdujo en 2002 como una iniciativa del portal integración geoespacial del Open Geospatial Consortium (OGC). Tras esta iniciativa, OGC trabajó en una arquitectura de portal geoespacial para aprovechar los componentes SIG y los servicios web espaciales de OGC, incluyendo un conjunto de clientes, servicios de datos, servicios de catálogo y servicios de representación. La Arquitectura de Referencia del Portal Geoespacial fue desarrollada por los miembros del Consorcio Geoespacial Abierto para ayudar a la comunidad tecnológica geoespacial global a implementar soluciones de portales geoespaciales basadas en estándares que sean compatibles con las Infraestructuras de Datos Espaciales de cada país. La arquitectura de referencia proporciona la guía para el desarrollo rápido y la adquisición informada de portales y aplicaciones que los exploren, compatibles con los datos y servicios geoespaciales de su organización y de otras organizaciones de su comunidad y de todo el mundo (Oyeyode et al. 2025).

2.2.5 *Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS)*

El Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS) es la principal fuente de datos de elevación disponibles públicamente en Estados Unidos. Uno de sus principales programas, el Programa de Hidrografía 3D (3DHP), incluye la Hidrografía Derivada de Elevación (EDH), un conjunto de datos detallados de características hídricas derivado de datos de elevación como los Modelos Digitales de Elevación (MDE) (Ray, Barker 2024).

2.2.6 *Sentinel Hub*

La plataforma satelital Sentinel forman parte de una serie de satélites de Monitoreo de la tierra al para el Medio Ambiente y la Seguridad (GMES), el objetivo es proveer datos de Observación de la Tierra para servicios ambientales y de seguridad. Otro de los objetivos de Sentinel es facilitar

datos de alta resolución de la superficie terrestre y también mejorar las observaciones Landsat y SPOT (Satélite para la Observación de la Tierra) para que el usuario final pueda utilizar datos de alta disponibilidad. El sistema cuenta con un instrumento multispectral con 13 bandas espectrales y utiliza dos satélites en lados opuestos de la órbita con una frecuencia de revisita de cinco días en el ecuador. Estas características combinadas, junto con un amplio campo de visión, producen diariamente alrededor de 1,6 TBytes de datos de observación de la Tierra sin procesar (Filip, Cune, Pop 2024).

2.2.7 QGIS

Quantum GIS, o QGIS, es un paquete de software SIG gratuito y de código abierto creado por el equipo de desarrollo de QGIS en 2002. QGIS es un proyecto impulsado por voluntarios que acepta contribuciones de los usuarios en forma de código, desarrollo de herramientas, informes y correcciones de errores, documentación y apoyo. La naturaleza voluntaria y de código abierto de QGIS promueve un alto grado de control de calidad. El software de código abierto se beneficia de las contribuciones de expertos y usuarios de todo el mundo y de la capacidad de todos los usuarios para acceder y verificar el código, los algoritmos de procedimiento, etc. Por el contrario, el código y los algoritmos de procedimiento de algunos paquetes de software propietarios/comerciales son diseñados por un grupo limitado de desarrolladores y, a menudo, no están disponibles para los usuarios, lo que convierte los procedimientos en una especie de "caja negra" (Flenniken, Stuglik, Iannone 2020).

2.2.8 Analytic Hierarchy Process (AHP)

El Proceso Analytic Hierarchy Process (AHP) o Proceso Analítico Jerárquico (PAJ) fue desarrollado por T. Saaty (1977, 1980, 1988, 1995) y es uno de los enfoques de AMC más conocidos y utilizados. Permite a los usuarios evaluar intuitivamente el peso relativo de múltiples criterios o múltiples opciones frente a criterios dados. Si no se dispone de calificaciones cuantitativas, los responsables políticos o los evaluadores pueden reconocer si un criterio es más importante que otro. Por lo tanto, las comparaciones por pares resultan atractivas para los usuarios. Saaty estableció un método consistente para convertir dichas comparaciones por pares (X es más importante que Y) en un conjunto de números que representan la prioridad relativa de cada criterio (Khazaii 2016).

Ilustración 1

El procedimiento para llevar a cabo Analytic Hierarchy Process (AHP)



Nota: Elaboración propia con base en información desarrollada por T. Saaty (1977, 1980, 1988, 1995) y es uno de los enfoques de AMC más conocidos y utilizados.

A continuación, se procede a detallar cada uno de los pasos de la Ilustración 1.

1. Estructuración de un problema de decisión y selección de criterios

El primer paso consiste en descomponer un problema de decisión en sus partes constituyentes. En su forma más simple, esta estructura comprende un objetivo o enfoque en el nivel superior, criterios (y subcriterios) en los niveles intermedios, y el nivel inferior contiene las opciones.

La organización jerárquica de todos los componentes proporciona una visión global de las relaciones complejas y ayuda al responsable de la toma de decisiones a evaluar si los elementos de cada nivel tienen la misma magnitud para poder compararlos con precisión. Un elemento de un nivel determinado no tiene por qué funcionar como criterio para todos los elementos del nivel inferior. Cada nivel puede representar un enfoque diferente del problema, por lo que la jerarquía no necesita ser completa (Saaty 1990). Al construir jerarquías, es fundamental considerar el entorno que rodea el problema e identificar los problemas o atributos que contribuyen a la solución, así como a todos los participantes asociados con el problema.

2. Priorización de los criterios mediante comparación por pares (ponderación)

Para cada par de criterios, el responsable de la toma de decisiones debe responder a una pregunta como "¿Qué importancia tiene el criterio A en relación con el criterio B?". La prioridad relativa de los criterios se evalúa asignando un peso entre 1 (igual importancia) y 9 (extrema importancia)

al criterio más importante, mientras que el recíproco de este valor se asigna al otro criterio del par. Las ponderaciones se normalizan y promedian para obtener un peso promedio para cada criterio (Saaty 1990).

3. Comparación por pares de opciones en cada criterio (puntuación)

Para cada par dentro de cada criterio, la mejor opción recibe una puntuación, nuevamente, en una escala de 1 (igualmente buena) a 9 (absolutamente mejor), mientras que a la otra opción del par se le asigna una calificación igual al recíproco de este valor. Cada puntuación registra el grado de cumplimiento de la opción "x" con el criterio "Y". Posteriormente, las calificaciones se normalizan y promedian.

Las comparaciones de elementos en pares requieren que sean homogéneos o cercanos respecto al atributo común; de lo contrario, se pueden introducir errores significativos en el proceso de medición (Saaty 1990).

4. Obtención de una puntuación relativa general para cada opción

En un paso final, las puntuaciones de las opciones se combinan con las ponderaciones de los criterios para obtener una puntuación general para cada opción. El grado en que las opciones cumplen los criterios se pondera según su importancia relativa. Esto se realiza mediante una simple suma ponderada. Finalmente, tras evaluar el impacto de todos los elementos y calcular las prioridades para la jerarquía en su conjunto, en ocasiones, y con precaución, los elementos menos importantes pueden descartarse debido a su impacto relativamente pequeño en el objetivo general. Las prioridades pueden entonces recalcularse, modificando o no las evaluaciones (Saaty 1990).

2.2.9 Superposición ponderada (APO - Weighted Overlay)

Para realizar un mapa mediante la superposición de varias capas ráster se utiliza una técnica llamada de superposición ponderada (APO), esta técnica consiste en asignar un peso a cada capa ráster según su importancia de estudio (Saaty 1990). El APO es uno de los métodos derivados del enfoque de Toma de Decisiones Multicriterio (MCDM). El concepto de APO para la cartografía ha sido desarrollado y perfeccionado por diversos investigadores a lo largo del tiempo. Este método sentó las bases del APO al proporcionar un enfoque sistemático para asignar ponderaciones a diferentes factores. El Análisis de Superposición Ponderada es un método ampliamente utilizado en los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para combinar múltiples conjuntos de datos espaciales con el fin de evaluar y cartografiar diferentes escenarios, como la vulnerabilidad a las inundaciones, la idoneidad del suelo y el riesgo ambiental. Este enfoque es particularmente eficaz en situaciones donde múltiples factores contribuyen a un resultado

determinado y ayuda a determinar la importancia relativa (o ponderación) de cada factor (Kamuju.Narasayya 2024).

2.2.10 QuickOSM

QuickOSM es un módulo adicional o extensión que proporciona acceso a datos de OSM mediante un servicio web que permite consultar y filtrar datos de OpenStreetMap (API de Overpass), fue desarrollado por Étienne Trimaille (nombre de usuario de Github: Gustry), QuickOSM proporciona una interfaz gráfica de usuario para crear consultas a la API de Overpass. Además, incluye una herramienta para cargar archivos OSM o Formato Binario de Protocolo (PBF). Los archivos PBF, al igual que los archivos OSM, almacenan datos espaciales y su formato se creó para ofrecer extensibilidad y flexibilidad futuras. La herramienta QuickOSM ofrece varias opciones para agregar datos a QGIS, es una herramienta rápida y sencilla para buscar diferentes conjuntos de datos, lo que permite filtrarlos según la extensión de los datos cargados en QGIS o consultarlos según la información de ubicación (Ehrig-Page 2020).

2.2.11 Validación topológica

La topología examina características como la vecindad y la información de fusiones fuera del sistema de coordenadas de los objetos geométricos. El objetivo del conocimiento topológico en SIG es ampliar las oportunidades de análisis espacial. Para representar la información espacial, así como las relaciones espaciales (vecindad, coincidencia, direcciones, enlaces) de las entidades en las estructuras de datos topológicos en el ordenador, se utilizan los elementos de nodo correspondientes a los puntos, los elementos de arista (arco) correspondientes a las líneas y los elementos de cara correspondientes a los polígonos. La topología es la relación geométrica entre aristas, nodos y las caras que estos crean. Según otra definición, la topología es un método mediante el cual se pueden definir relaciones lógicas como vecindad, coincidencia, inclusión, intersección y compartición, además de relaciones métricas como la coordenada geoméricamente identificable, la longitud y el área. Para poder evaluar una base de datos topológica, además de las propiedades geométricas, se deben determinar y almacenar las siguientes relaciones:

a) Aristas que conforman los límites de cada polígono (tabla de topología de polígonos); b) Relaciones de vecindad entre los polígonos (tabla de topología de aristas); c) Conexiones en los puntos de intersección (tabla de topología de nodos); y d) Puntos de inicio y fin de las aristas (Mara, Mara, Mara 2010).

2.2.12 Proximidad (Distance ráster)

La distancia medida como tal es útil para evaluar la conectividad estructural, sin embargo, más recientemente, se ha vuelto cada vez más común reconocer la heterogeneidad en las respuestas

conductuales de un organismo a los diversos elementos del paisaje y modificar la distancia euclidiana en función de la movilidad del organismo a través de cada elemento del paisaje. La distancia resultante se denomina aquí distancia, pero en otros contextos puede denominarse distancia geográfica efectiva, distancia ecológica o distancia funcional. Un enfoque para medir la distancia efectiva emplea tecnologías geoespaciales como los Sistemas de Información Geográfica (SIG). En particular, un SIG basado en ráster puede utilizarse para discretizar un paisaje temáticamente en un conjunto de capas de un solo atributo, cada una correspondiente a una variable del paisaje, y espacialmente en una cuadrícula de celdas (normalmente cuadradas de igual tamaño), cada una representando una ubicación en la superficie terrestre (Murekatete, Shirabe 2021).

2.2.13 Análisis topográfico

La topografía se ha utilizado ampliamente y la información topográfica proviene de múltiples fuentes. Antes de la década de 1990, la principal fuente eran los mapas geográficos. Mediante técnicas geomorfométricas, las métricas topográficas, como la pendiente y las curvaturas, se generaban manualmente y se aplicaban para investigar la variabilidad espacial de las propiedades del suelo y generar mapas de suelos. Con el desarrollo de las tecnologías informáticas y geofísicas, cada vez más científicos utilizan modelos digitales de elevación (MDE) derivados de la fotogrametría para calcular métricas topográficas. Se desarrollaron diversas métricas topográficas gracias al perfeccionamiento de la teoría matemática y la comprensión física de las características de la superficie topográfica (Li et al. 2020).

CAPÍTULO III

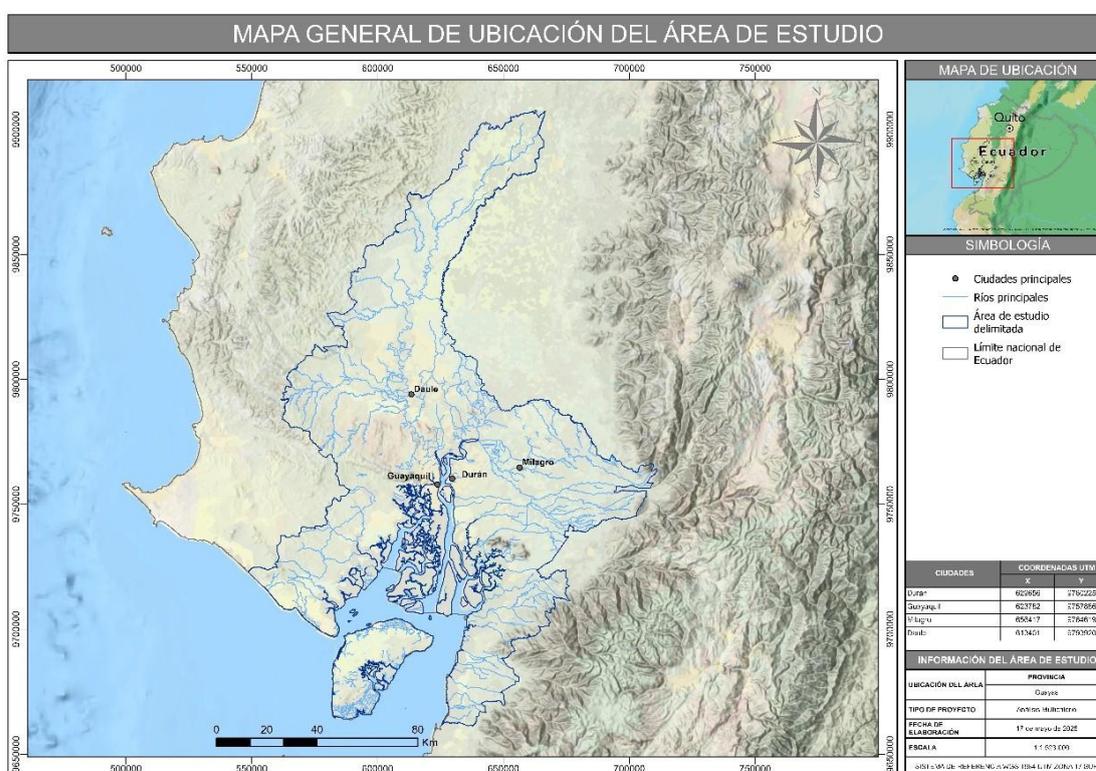
3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Área de estudio

Como podemos ver en la Ilustración 2, este trabajo de investigación se realizó en la provincia del Guayas siendo esta la más poblada y la capital industrial y comercial del Ecuador, su importancia económica radica gracias a su ubicación sobre el río Guayas, que en el pasado se consideraba la principal ruta comercial fluvial del país, representando una importante zona estratégica en el crecimiento económico y logístico del país.

Ilustración 2

Mapa General de Ubicación del área de estudio



Nota: Elaboración propia con base en información de la plataforma web OpenStreetMap (OSM)

3.2 Tipo de investigación

Esta investigación es de tipo aplicada, porque requiere la resolución de un problema específico como encontrar una zona apta para la construcción o instalación de un centro logístico en el Ecuador provincia del Guayas. También posee un enfoque cuantitativo ya que su metodología se fundamenta en un análisis de variables que pueden ser medibles y ponderadas como la accesibilidad, la topografía, el uso del suelo y las zonas de riesgos utilizando herramientas SIG y AMC.

Así mismo, se trata de una investigación de carácter descriptiva explicativa por el nivel de profundidad. Podemos decir que es descriptiva por su análisis, caracterización y representación geoespacial de distintos factores que intervienen o inciden directamente en la elección de la zona optima; es explicativa porque determina como ciertas variables de estudio intervienen en el modelo idóneo justificando la elección de las áreas óptimas para la implantación de un centro logístico.

En conclusión, este diseño metodológico está diseñado pensando en un enfoque de Sistemas de Información Geográfica (SIG) con análisis multicriterio (AMC), permitiendo la relación de varias capas geográficas, así mismo, determina pesos relativos y ponderados a variables seleccionadas para generar una cartografía de idoneidad que se utilizara como elemento en la toma de decisiones en la planificación logística territorial.

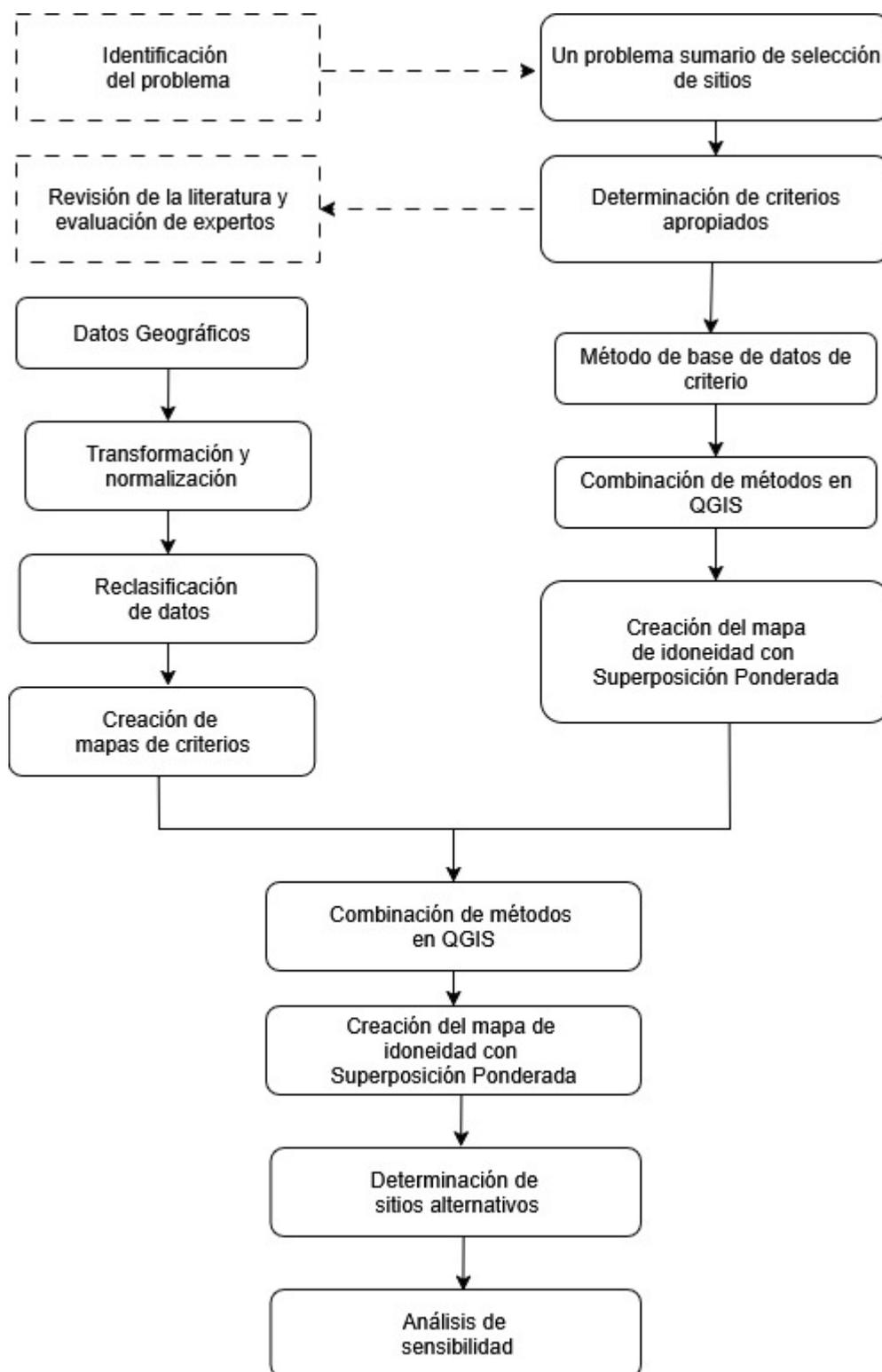
3.3 Metodología aplicada

La metodología aplicada para realizar este análisis multicriterio (AMC) de esta investigación se basó fundamentalmente en una serie de pasos o procesos ordenados jerárquicamente en donde se utilizaron diferentes herramientas de SIG como lo podemos observar en la Ilustración 3. En primera instancia se identificó el problema, se realizó una revisión de la literatura, se recopiló datos e información geoespacial de diferentes fuentes oficiales como OpenStreetMap (OSM) (red vial, centros urbanos, infraestructura), Geo pórtales del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y Ministerios de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) (uso del suelo, riesgos), USGS Earth Explorer (Modelo Digital de Elevación), Sentinel Hub o imágenes base XYZ, añadiendo también diferentes capas como de uso de suelo, la red vial, las pendientes, los riesgos naturales y la cobertura urbana.

Seguidamente se determinó los criterios de evaluación utilizados los mismos de fueron adecuados en una escala común de aptitud (1-5) con la utilización del software QGIS 3.x y herramientas de análisis para datos ráster. El método Analytic Hierarchy Process (AHP) fue fundamental para realizar la fase de ponderación con lo cual se crearon pesos relativos entre criterios dando lugar a la construcción de una matriz de comparación pareada validada mediante el índice de consistencia (IC). Con la ponderación de las capas se realizó la superposición ponderada (Weighted Overlay) generando un modelo de idoneidad territorial integrando las variables con cierto enfoque espacial y cuantitativo. Como último paso, se realizó una clasificación según los rangos de aptitud identificado zonas o emplazamientos que tienen un alto potencial para la ubicación de un centro logístico contribuyendo de esta manera a una toma de decisiones informada territorialmente hablando, tecnicada y replicable a otros lugares geográficos.

Ilustración 3

Diagrama de Flujo de la metodología aplicada para realizar el análisis multicriterio (AMC)



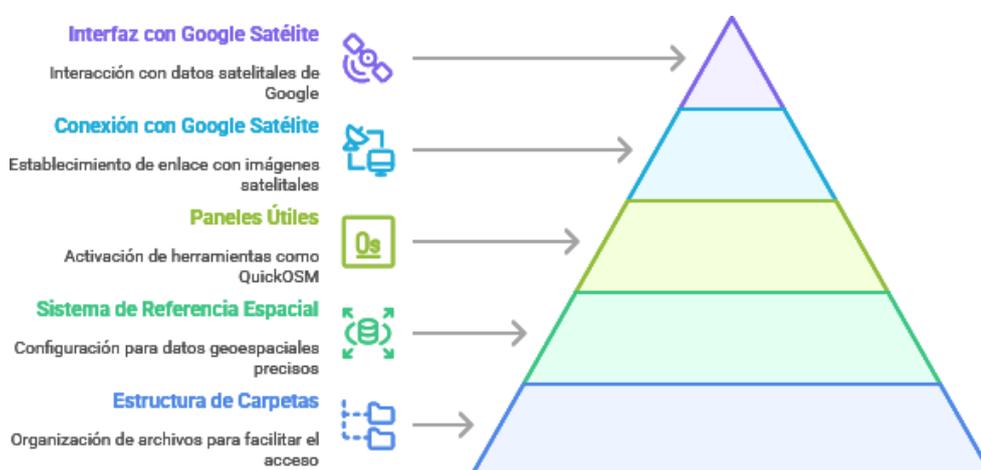
Nota: Elaboración propia con base en revisión de literatura, se recopiló datos e información geoespacial de diferentes fuentes oficiales

3.4 Preparación del proyecto SIG

Se creó una estructura organizada de carpetas para almacenar los insumos, procesamientos, resultados y productos cartográficos. Se definió el sistema de referencia espacial como EPSG:32717 (WGS 84 / UTM Zona 17S) por ser adecuado para análisis territoriales en Ecuador. En QGIS se configuró el proyecto, se activaron paneles útiles (navegador, capas, herramientas de análisis) y se conectaron servicios base como QuickOSM y Google Satélite (vía XYZ Tiles) para referencias visuales como se describen en el ANEXO 1 - Preparación del proyecto SIG y en bajo un esquema didáctico en la *Ilustración 4*.

Ilustración 4

Jerarquía de configuración de Herramientas



Nota: Elaboración propia

3.5 Recolección de datos geográficos

Se recopilieron datos espaciales de diversas fuentes confiables como: OpenStreetMap (red vial, centros urbanos, infraestructura), Geoportales del MAG y MIDUVI (uso del suelo, riesgos), USGS Earth Explorer (Modelo Digital de Elevación) y Sentinel Hub o imágenes base XYZ. Todos los datos se descargaron en formato SHP o GeoTIFF, y se almacenaron en sus respectivas subcarpetas. Los centros urbanos se descargaron como puntos (place = city/town) y la red vial como líneas (highway = primary, secondary), tal como se observa en el ANEXO 2- Recolección de datos geográficos e Ilustración 5.

Ilustración 5

Descarga de datos en QuickOSM



Nota: La ilustración representa el proceso para la obtención de datos espaciales de diversas fuentes confiables

3.6 Preprocesamiento y armonización

Se proyectaron todas las capas al sistema EPSG:32717 y se recortaron al límite de la provincia del Guayas usando una capa base de provincias de Ecuador (GADM o SNI). Se realizó validación topológica, alineación de píxeles entre ráster, y se unificaron las resoluciones a 100 metros. Esto aseguró la compatibilidad entre capas en los análisis posteriores. La Ilustración 6 facilita la comprensión del proceso, así como el ANEXO 3 - Preprocesamiento y armonización.

Ilustración 6

Proceso de Recorte de Capas Geográficas



Nota: La ilustración muestra el proceso de recorte de capas geográficas

3.7 Análisis de accesibilidad

Se calcularon distancias a la red vial y a los centros urbanos mediante herramientas de “Proximidad (Distance ráster)”. Luego, se reclasificaron las distancias en rangos de accesibilidad (alta, media, baja), asignando puntuaciones de 1 a 5, de acuerdo a la norma técnica del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) las distancias menores a 1km con la red vial primaria son consideradas de alta accesibilidad para actividades de transporte logístico en áreas rurales (BID,

2017). Ambas capas fueron combinadas mediante fórmula ponderada (ej. 60% red vial y 40% centros urbanos) para generar un ráster final de accesibilidad, como se muestra en el ANEXO 4- Análisis de accesibilidad, Ilustración 7 e Ilustración 8.

Ilustración 7

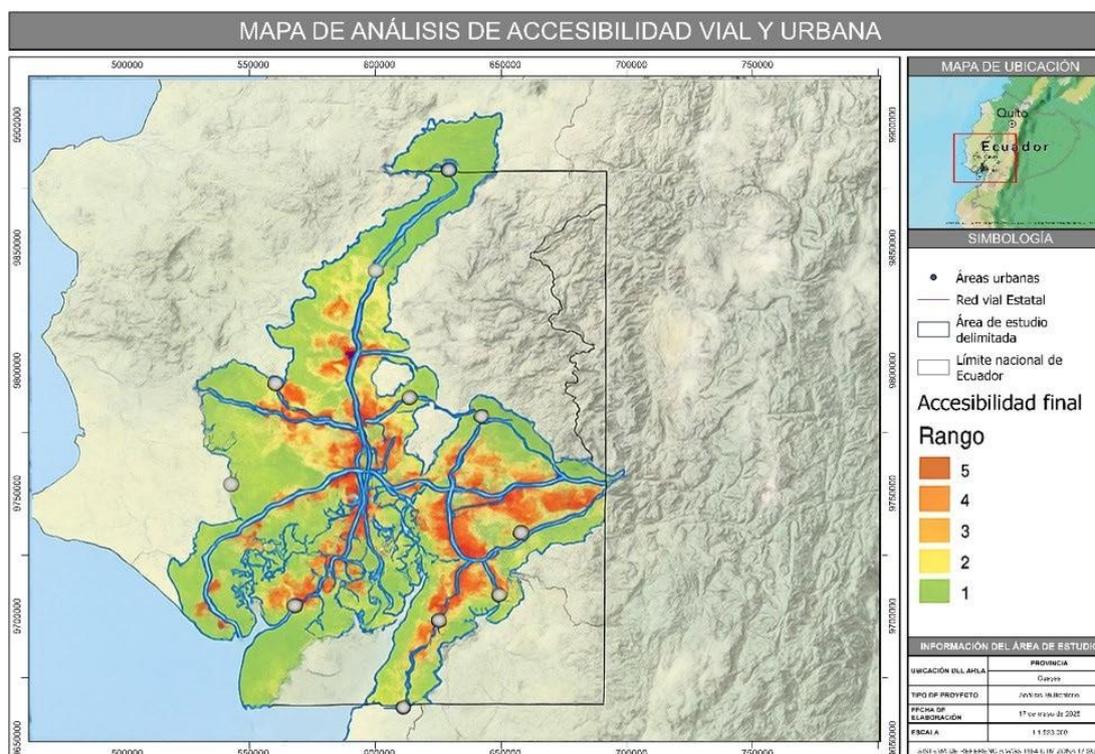
Análisis de accesibilidad



Nota: Ilustración del análisis de accesibilidad para generar un ráster

Ilustración 8

Mapa de análisis de accesibilidad vial y urbana



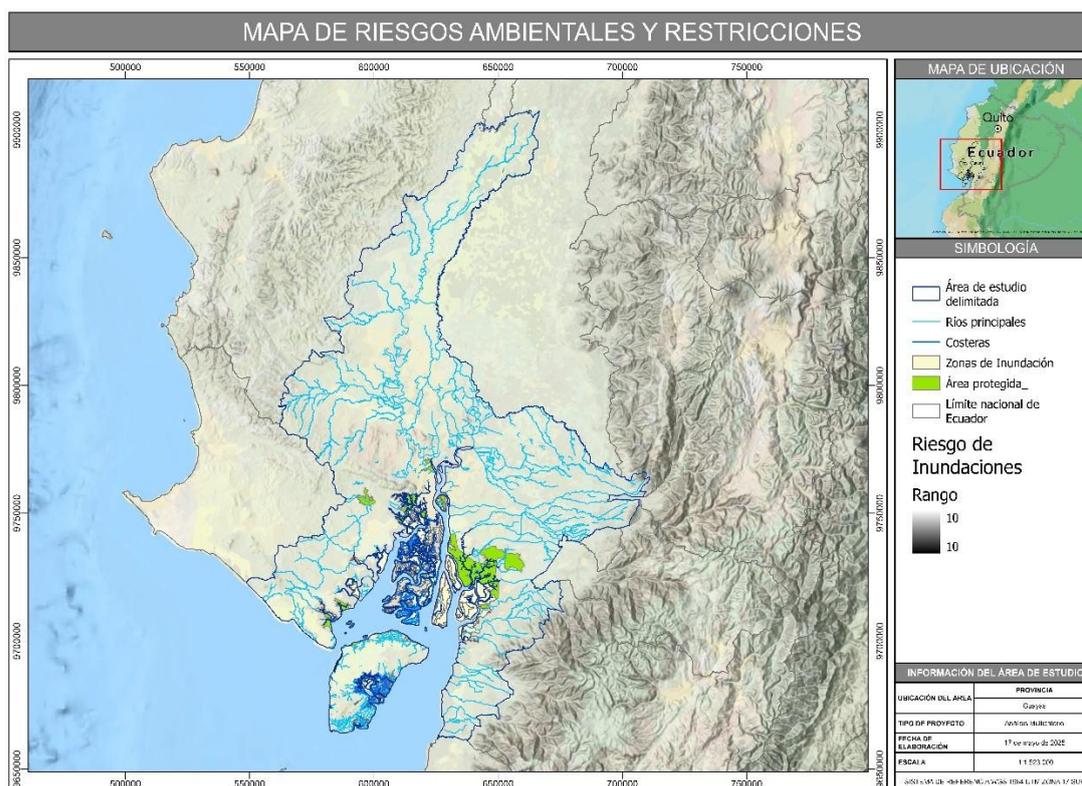
Nota: El Mapa indica el ráster final de accesibilidad

3.8 Análisis de riesgos naturales

Según las condiciones del suelo en zonas de protección hídrica mencionadas en el artículo 64 del reglamento de aplicación a la LORHUyA “La zona de protección hídrica tendrá una extensión de 100 metros de anchura medidos horizontalmente a partir del cauce o de la máxima extensión ordinaria de la lámina de agua en los embalses superficiales, pudiéndose variar por razones topográficas, hidrográficas u otras que determine la Autoridad Única del Agua en coordinación con la Autoridad Ambiental Nacional”, como se muestra en el ANEXO 5 - Análisis de riesgos naturales, se generaron buffers alrededor de ríos (100 m) y zonas protegidas para definir áreas de restricción. Estas capas fueron convertidas a ráster (valor 1 = riesgo) y combinadas con la reclasificación de pendiente para producir un ráster de riesgo total. Las zonas más peligrosas recibieron puntuaciones bajas (valor 1) y las más seguras puntuaciones altas (valor 5, invertido), dando lugar al mapa que se evidencia en la Ilustración 9.

Ilustración 9

Mapa de Riesgos Ambientales y restricciones



Nota: La ilustración indica el mapa de riesgos ambientales y restricciones dentro del área de estudio.

3.9 Análisis topográfico

Desde el MDE se generó el mapa de pendientes (en grados). Se clasificaron tres rangos: 0-5% como muy apto (5), 5-12% como medianamente apto (3) y >12% como no apto (1). Este ráster representa la aptitud física del terreno. Opcionalmente, se combinó con altitud clasificada para obtener un mapa integrado de aptitud topográfica, para mayor detalle, véase el ANEXO 6 - Análisis topográfico.

Así mismo, se presenta un gráfico de la jerarquía de análisis topográfico y la clasificación de pendientes, mismo que se puede visualizar en la Ilustración 10 e Ilustración 11, respectivamente

Ilustración 10

Jerarquía de análisis topográfico

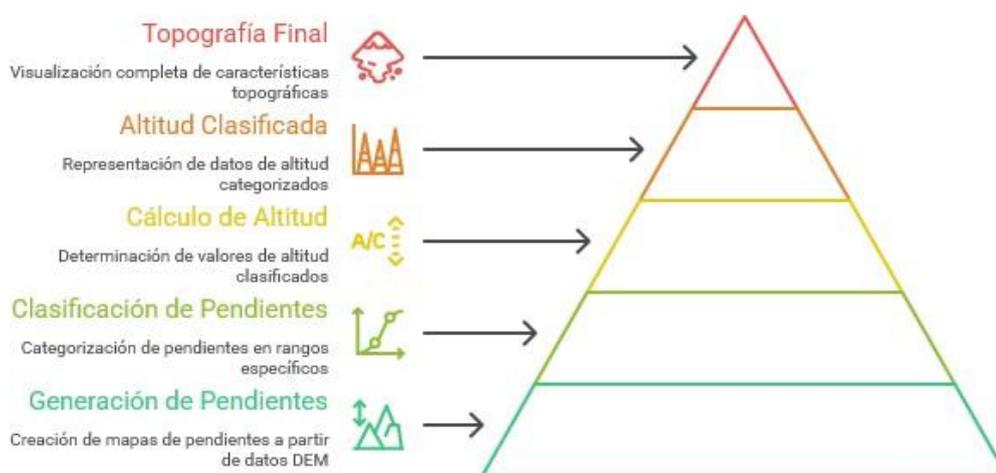
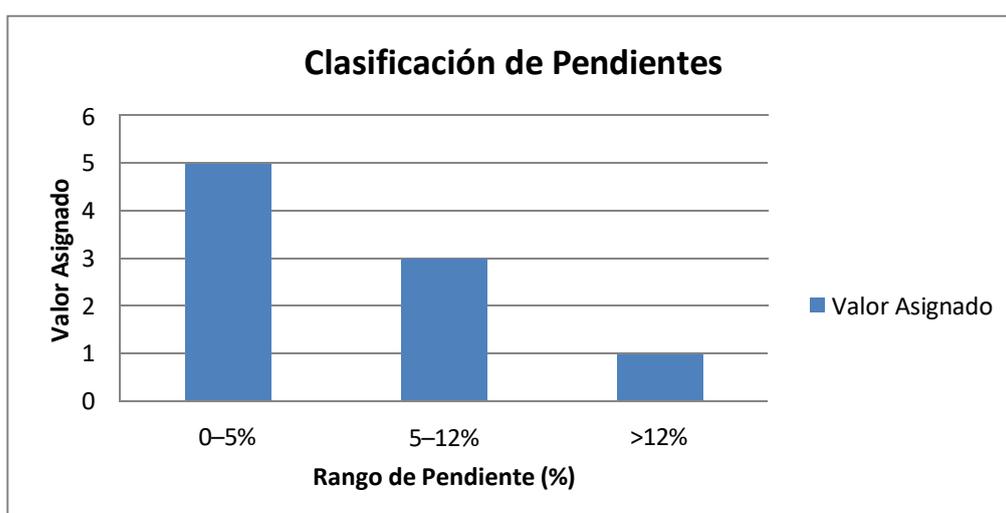


Ilustración 11

Clasificación de pendientes



3.10 Modelo multicriterio

Según se observa en la Tabla 2 de ponderación de las variables, define pesos a cada criterio en función de la importancia en su localización logística, en este sentido, se normalizaron todos los ráster clasificados entre 1 y 5 y se usó la calculadora ráster para integrar accesibilidad (35%), riesgos (25%), topografía (20%) y uso del suelo (20%). Se aplicó la fórmula: ("accesibilidad" * 0.35) + ((6 - "riesgos") * 0.25) + ("topografía" * 0.20) + ("uso_suelo" * 0.20). Por lo tanto, el resultado fue un ráster continuo de idoneidad con valores entre 1 y 5, tal como se indica en el ANEXO 7 - Modelo multicriterio.

Tabla 2

Tabla de ponderaciones de las variables

Criterio	Peso %	Justificación técnica
Accesibilidad	35%	Los centros urbanos y la accesibilidad a las vías principales impactan directamente en la conectividad operativa, en los tiempos de entrega y en los costos logísticos.
Riesgos naturales	25%	La operación logística se puede ver afectada por inundaciones, áreas protegidas, pendientes elevadas y otros factores de riesgos naturales.
Topografía	20%	Las construcciones se facilitan en emplazamientos con pendientes suaves, así como el acceso, según estándares técnicos de construcción pendientes menores al 5% son adecuadas para la implementación de proyectos logísticos.
Uso del suelo	20%	Para evitar conflictos legales y asegurar la sostenibilidad del proyecto, es importante verificar la compatibilidad del uso del suelo que permitan este tipo de actividades logísticas.

Nota: Elaboración propia

Así mismo, se presenta un gráfico que evidencia una tendencia sobre el proceso para evaluar la idoneidad de un área usando criterios múltiples, ver Ilustración 12.

Ilustración 12

Evaluación de Idoneidad de criterios múltiples



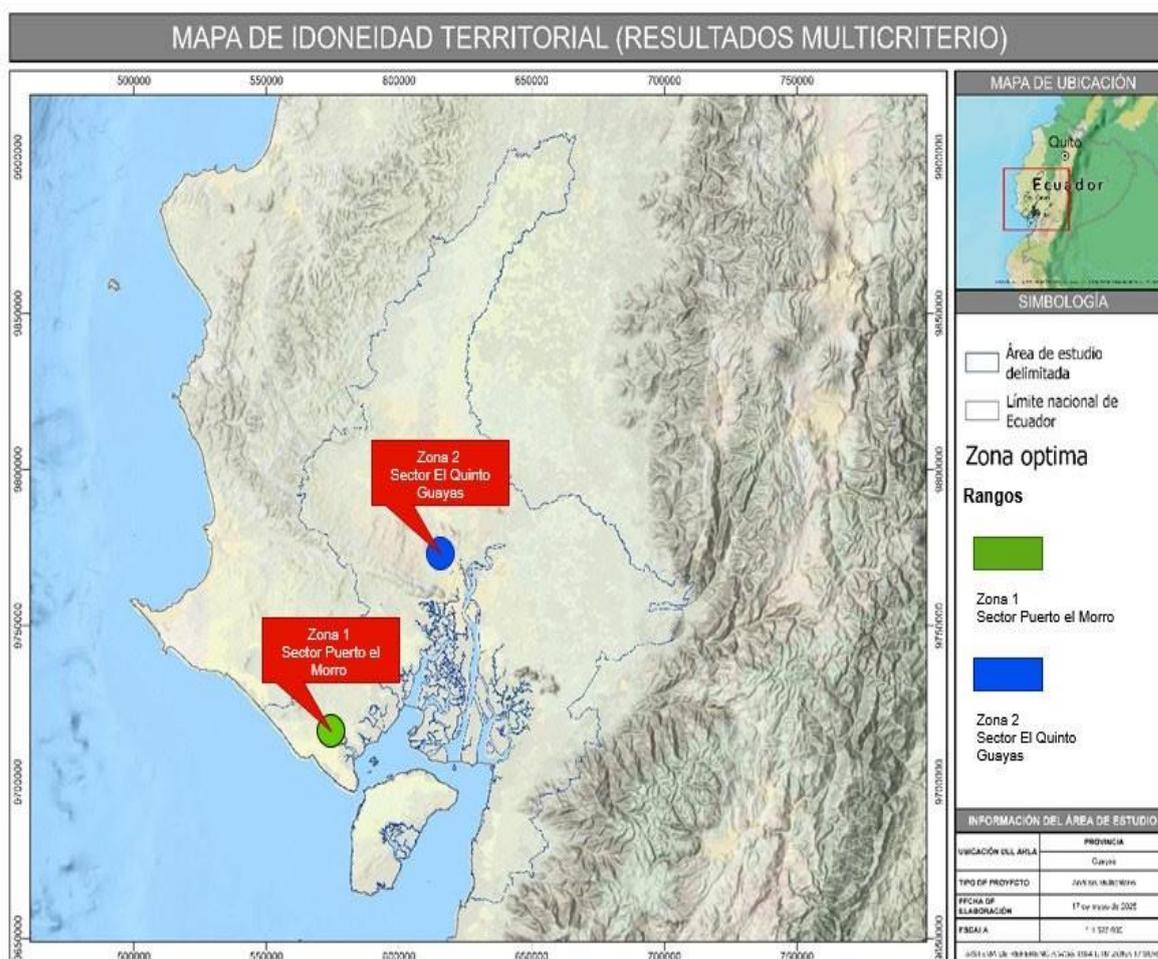
Nota: La ilustración indica el proceso para evaluar la idoneidad de un área usando criterios múltiples

3.11 Selección del sitio óptimo

La cartografía completa del área de selección del sitio óptimo se presenta en la Ilustración 13, misma que se reclasificó el ráster final y se obtuvieron zonas con puntuación 5. Estas zonas fueron convertidas a polígono, filtradas por área mínima (>1 ha) y evaluadas con respecto a accesos y restricciones. La zona óptima se seleccionó según mejor localización estratégica y aptitud técnica. Los resultados del proceso se detallan en el ANEXO 8 - Selección del sitio óptimo

Ilustración 13

Mapa de Idoneidad Territorial (Resultados Multicriterio)

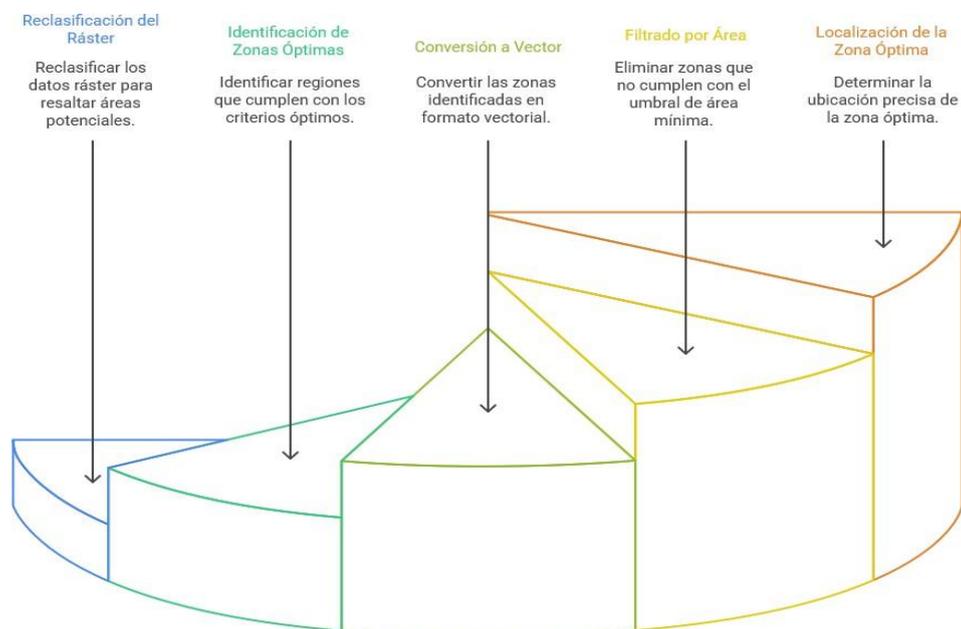


Nota: La representación gráfica indica el Mapa de Idoneidad Territorial (Resultados Multicriterio), dentro del área de estudio.

Con base en lo expuesto se realiza una representación gráfica de la localización estratégica y aptitud técnica de la zona óptima, según se observa en la Ilustración 14.

Ilustración 14

Identificación de la Zona óptima



Nota: El gráfico representa la localización estratégica y aptitud técnica de la zona óptima

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

4.1 RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESPACIAL Y MULTICRITERIO

Los resultados obtenidos reflejan la aplicación rigurosa de criterios geográficos para identificar las zonas óptimas para el establecimiento de un centro logístico en la provincia del Guayas. A continuación, se resumen los hallazgos principales por componente:

Accesibilidad: Las áreas más accesibles se concentraron en las cercanías de la red vial primaria (autopistas y carreteras principales) y en torno a los centros urbanos como Guayaquil, Daule y Milagro.

Riesgos: Las zonas cercanas a ríos, humedales y áreas protegidas fueron clasificadas como no aptas debido al alto riesgo de inundación o restricciones ambientales. Se evitó proponer el centro en zonas con pendientes mayores al 15% o áreas con amenazas naturales.

Topografía: Las pendientes suaves (<5%) dominaron en la llanura costera central, permitiendo una clasificación favorable para la instalación de infraestructura logística.

Uso del suelo: Se favorecieron zonas agrícolas extensivas, áreas vacantes o de uso industrial, y se excluyeron zonas residenciales, humedales o de conservación.

El resultado integrado fue un ráster de idoneidad en escala de 1 a 5. Las zonas clasificadas con valor 5 representan áreas con accesibilidad alta, bajo riesgo, terreno favorable y uso compatible.

4.2 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA DEL SITIO PROPUESTO

Los sitios seleccionados como óptimos para el establecimiento del centro logístico regional, según el análisis multicriterio desarrollado, son los siguientes:

- Un área de aproximadamente 4 hectáreas ubicada al noreste del Puerto del Morro, caracterizada por su accesibilidad a vías secundarias, baja pendiente, ausencia de riesgos naturales, y uso del suelo compatible con actividades logísticas.
- Un área adicional de aproximadamente 3 hectáreas localizada en el sector de El Quinto, en la zona oeste de la provincia del Guayas. Este sitio también cumple con los criterios

de idoneidad definidos: accesibilidad aceptable, terreno plano y condiciones seguras en términos de riesgos naturales.

Ambas zonas fueron clasificadas con el nivel máximo de idoneidad (valor 5) en el resultado del modelo espacial multicriterio, lo que respalda su selección. Se encuentran fuera de áreas protegidas, con pendientes menores al 5%, y no presentan conflictos con el uso actual del suelo.

La selección de estos sitios se fundamenta en el análisis técnico riguroso, utilizando herramientas SIG, datos oficiales y evaluación integrada de criterios ambientales, geográficos y logísticos. Estas ubicaciones ofrecen condiciones propicias para operaciones logísticas sostenibles y eficientes.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Es evidente que en el proceso de toma de decisiones intervienen numerosos factores, lo que dificulta la elección de las herramientas adecuadas para concentrar datos, información y conocimiento. Las nuevas tendencias en tecnologías de la información sitúan a los sistemas de información geográfica (SIG) en el centro de la investigación sobre emplazamientos logísticos. La ubicación de una instalación importante implica satisfacer diversos objetivos y criterios contrapuestos. Para llevar a cabo tareas como la selección de un emplazamiento logístico se elaboró varios mapas, cada uno con una temática diferente.
- La selección de emplazamientos logísticos es un problema espacial. Los problemas de decisión espacial suelen implicar un amplio conjunto de alternativas viables. En este trabajo, el problema de un gran número de posibles emplazamientos (alternativas) se resolvió en la fase de preselección, de modo que se eligieron únicamente emplazamientos que cumplieran los criterios básicos para la selección de emplazamientos logísticos (accesibilidad, riesgos naturales, topografía y uso del suelo). De esta forma, redujimos el tiempo necesario para la toma de decisiones y aumentamos la eficiencia y la calidad del proceso al optimizar el número de emplazamientos potenciales.
- Se espera que los conocimientos prácticos derivados de los resultados de este estudio ayuden a los responsables de la toma de decisiones en el sector logístico a tomar decisiones eficaces a corto, mediano y largo plazo. Además, estos conocimientos ayudarán al sector público a desarrollar políticas adecuadas y orientarán a todos los actores de la ciudad preocupados por las externalidades del sector logístico y su impacto en la calidad de vida de la ciudad, en su búsqueda de soluciones. Además, tras la ejecución final del AMC y la conversión de las zonas más aptas a polígonos vectoriales, se identificaron dos áreas destacadas por su extensión y condiciones favorables:
 - Área de 4 hectáreas ubicada al noreste del Puerto del Morro.
 - Área de 3 hectáreas localizada en la zona de El Quinto, Guayas Oeste.Ambas zonas superaron los filtros de riesgo, accesibilidad y aptitud topográfica, siendo consideradas técnicamente viables para el establecimiento del centro logístico.

RECOMENDACIONES

- Para que el proyecto sea viable desde un punto de vista jurídico y administrativo es de vital importancia mantener contacto con entidades públicas ya sean municipales o cantonales, para así integrar en futuros análisis multicriterio variables como normativa, uso del suelo o planes de ordenamiento territorial.

- Actualizar los modelos geoespaciales en un periodo de 1 a dos años, ya que factores como la expansión urbana y condiciones ambientales presentan cambios constantemente. Para esto, se pueden utilizar fuentes de datos gratuitas, como las imágenes satelitales de Sentinel-2, la cartografía colaborativa de OpenStreetMap (OSM) y la información oficial que se encuentra en plataformas del IGAC, MIDUVI o del GAD provincial correspondiente.

- De las áreas obtenidas, se deberá escoger cual es más viable dependiendo condiciones topográficas, accesibilidad vial, disponibilidad de servicios básicos e infraestructura complementaria, de este modo es posible reducir costos en logística. Además, se recomienda elaborar estudios técnicos complementarios como análisis de suelo, impacto ambiental y cercanía a obras públicas.

6. BIBLIOGRAFIA

- Arsanjani, Jamal Jokar et al., 2015. An Introduction to OpenStreetMap in Geographic Information Science: Experiences, Research, and Applications. . pp. 1–15. DOI 10.1007/978-3-319-14280-7_1.
- Beckers, Joris et al., 2023. Exploring Logistics-as-a-Service to integrate the consumer into urban freight. Research in Transportation Economics. p. DOI 10.1016/j.retrec.2023.101354.
- Campos, Francy Forero, 2015. La infraestructura logística como herramienta competitiva en Colombia. [online]. p. Retrieved from : <https://consensus.app/papers/la-infraestructura-log%C3%ADstica-como-herramienta-campos/d694c13c31d95662bfc5e18ca5314d62/>
- Chakhar, S and MOUSSEAU, V, 2008. Spatial multicriteria decision making. [online]. p. Retrieved from : <https://consensus.app/papers/spatial-multicriteria-decision-making-mousseau-chakhar/fc5fa5633f76594cb62b02915b6c943b/>
- Church, R, 2002. Geographical information systems and location science. *Comput. Oper. Res.* Vol. 29, pp. 541–562. DOI 10.1016/S0305-0548(99)00104-5.
- Da Silva, Cristian Javier and CARDOZO, Osvaldo Daniel, 2016. Evaluación multicriterio y Sistemas de Información Geográfica aplicados a la definición de espacios potenciales para uso del suelo residencial en Resistencia (Argentina). *GeoFocus. International Review of Geographical Information Science and Technology* [online]. Vol. 0, no. 16, pp. 23–40. Retrieved from: <https://geofocus.org/index.php/geofocus/article/view/445>
- Ehrig-Page, J, 2020. Evaluating Methods for Downloading OpenStreetMap Data. *Journal of the Brazilian Computer Society.* pp. 42–49. DOI 10.14714/cp95.1633.
- Filip, Ion-Dorinel, CUNE, Cristian and POP, Florin, 2024. Cloud-based solution for urbanization monitoring using satellite images. *Future Gener. Comput. Syst.* Vol. 164, p. 107579. DOI 10.1016/j.future.2024.107579.
- Flenniken, J, Stuglik, Steven and IANNONE, B, 2020. Quantum GIS (QGIS): An introduction to a free alternative to more costly GIS platforms. *EDIS.* p. DOI 10.32473/edis-fr428-2020.
- Giamalaki, Marina and TSOUTSOS, Theocharis, 2019. Sustainable siting of solar power installations in Mediterranean using a GIS/AHP approach. *Renewable Energy.* Vol. 141, pp. 64–75. DOI <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.03.100>.
- Guaita-Pradas, Inmaculada et al., 2019. Analyzing territory for the sustainable development of solar photovoltaic power using GIS databases. *Environmental Monitoring and*

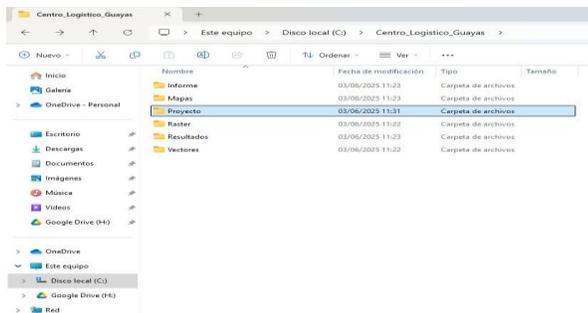
- Assessment. Vol. 191, no. 12, p. 764. DOI 10.1007/s10661-019-7871-8.
- Kamuju.Narasayya, 2024. A Study on Flood Hazard Zonation Mapping Based on GIS-driven Approach using Remote Sensing Data and Weighted Overlay Analysis (Woa) Model. International Journal For Multidisciplinary Research. p. DOI 10.36948/ijfmr.2024.v06i05.27842.
- Karna, Bikash Kumar, SHRESTHA, S and KOIRALA, H, 2023. GIS based Approach for Suitability Analysis of Residential Land Use. Geographical Journal of Nepal. p. DOI 10.3126/gjn.v16i01.53483.
- Khazaii, Javad, 2016. Analytical Hierarchy Process (AHP). . pp. 73–85. DOI 10.1007/978-3-319-33328-1_9.
- Koldemir, B, 2020. A Digital Transformation in International Transport and Logistics.. pp. 425–453. DOI 10.4018/978-1-7998-1397-2.ch023.
- Lewis, Sarah M et al., 2014. A fuzzy logic-based spatial suitability model for drought-tolerant switchgrass in the United States. Computers and Electronics in Agriculture. Vol. 103, pp. 39–47. DOI <https://doi.org/10.1016/j.compag.2014.02.006>.
- LI, Xia et al., 2020. Use of Topographic Models for Mapping Soil Properties and Processes. Soil Systems. p. DOI 10.3390/soilsystems4020032.
- Mara, Süleyman Sirri, MARA, H and MARA, Erdem Emin, 2010. Topological error correction of GIS vector data. [online].p. Retrieved from : <https://consensus.app/papers/topological-error-correction-of-gis-vector-data-mara-mara/dd54b116128e55b8872748d735645278/>
- Murekatete, R and Shirabe, T, 2021. On the effects of spatial resolution on effective distance measurement in digital landscapes. Ecological Processes. Vol. 10, pp. 1–19. DOI 10.1186/s13717-021-00296-3.
- Oyeyode, Ajiboye et al., 2025. Design and Implementation of A Scalable and Efficient Geo-Portal System for Geospatial Data Management. Journal of Applied Science and Technology Trends. p. DOI 10.38094/jastt61215.
- Ray, Tracy and BARKER, Brad, 2024. Elevation-Derived Hydrography: The USGS’s rich new hydrological features dataset. Journal of Soil and Water Conservation. Vol. 79, pp. 53–55. DOI 10.2489/jswc.2024.0314a.
- Rikalović, Aleksandar, COSIC, I and LAZAREVIC, Djordje, 2014. GIS Based Multi-Criteria Analysis for Industrial Site Selection. Procedia Engineering. Vol. 69, pp. 1054–1063. DOI 10.1016/J.PROENG.2014.03.090.
- Ruiz, H et al., 2020. GIS-AHP Multi Criteria Decision Analysis for the optimal location of solar energy plants at Indonesia. Energy Reports. p. DOI 10.1016/j.egyr.2020.11.198.

- Saaty, T, 1990. An exposition of the AHP in reply to the paper “remarks on the analytic hierarchy process.” *Management Science*. Vol. 36, pp. 259–268. DOI 10.1287/MNSC.36.3.259.
- Sánchez Gil, Susana, JATO ESPINO, Daniel and LOBO GARCÍA DE CORTÁZAR, Amaya, 2017. Herramienta de análisis espacial multicriterio para optimizar la ubicación de vertederos. VII Simposio Iberoamericano en Ingeniería de Residuos : Hacia una economía circular, Santander, Universidad de Cantabria, 2017 [online]. Retrieved from : <http://hdl.handle.net/10902/12359> [accessed 19 July 2025].
- Sánchez-Lozano, Juan M et al., 2013. Geographical Information Systems (GIS) and Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods for the evaluation of solar farms locations: Case study in south-eastern Spain. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 24, pp. 544–556. DOI <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.03.019>.

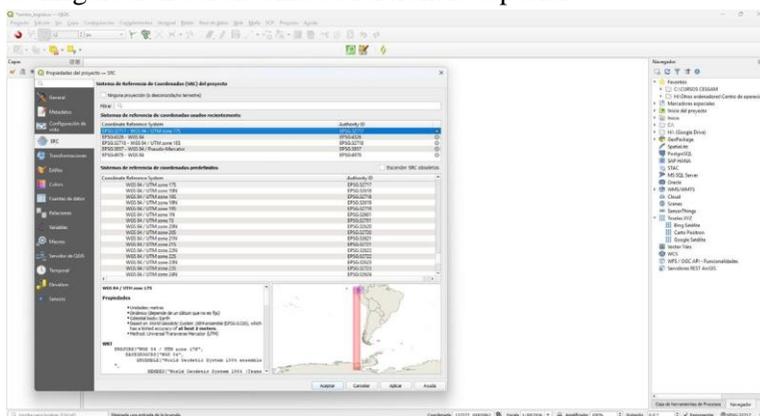
7. ANEXOS

ANEXO 1 - Preparación del proyecto SIG

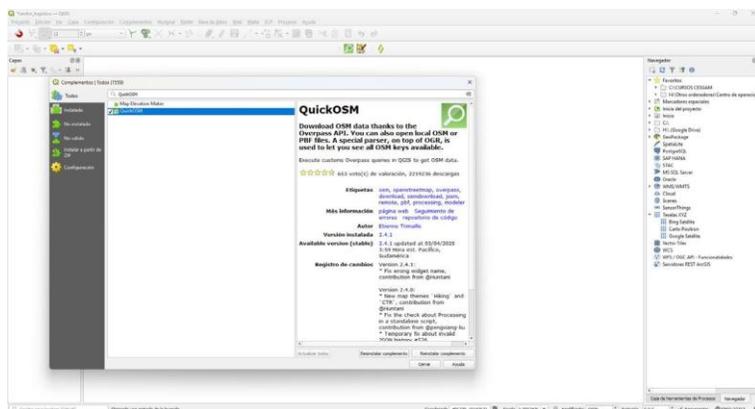
1. Estructura organizada de carpetas



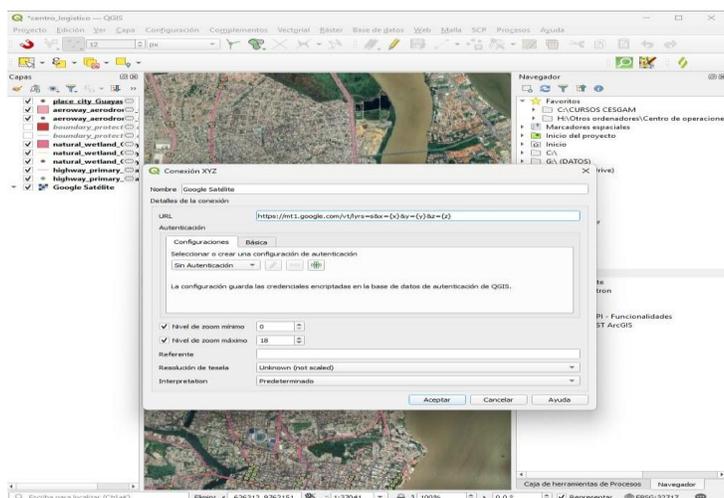
2. Configuración del sistema de referencia espacial



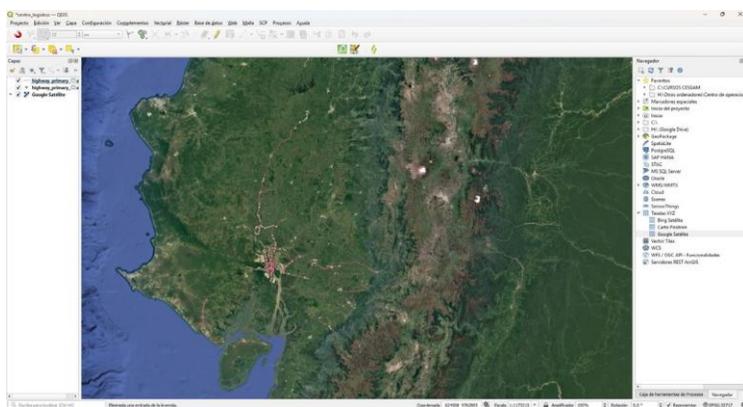
3. Activación de paneles útiles como QuickOSM



4. Conexión con Google Satélite.

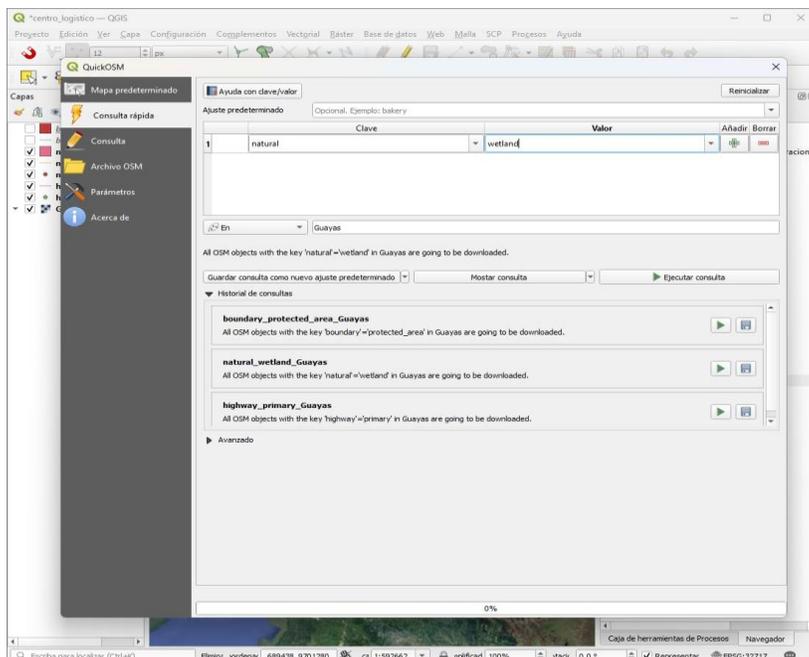


5. Interfaz con Google Satélite

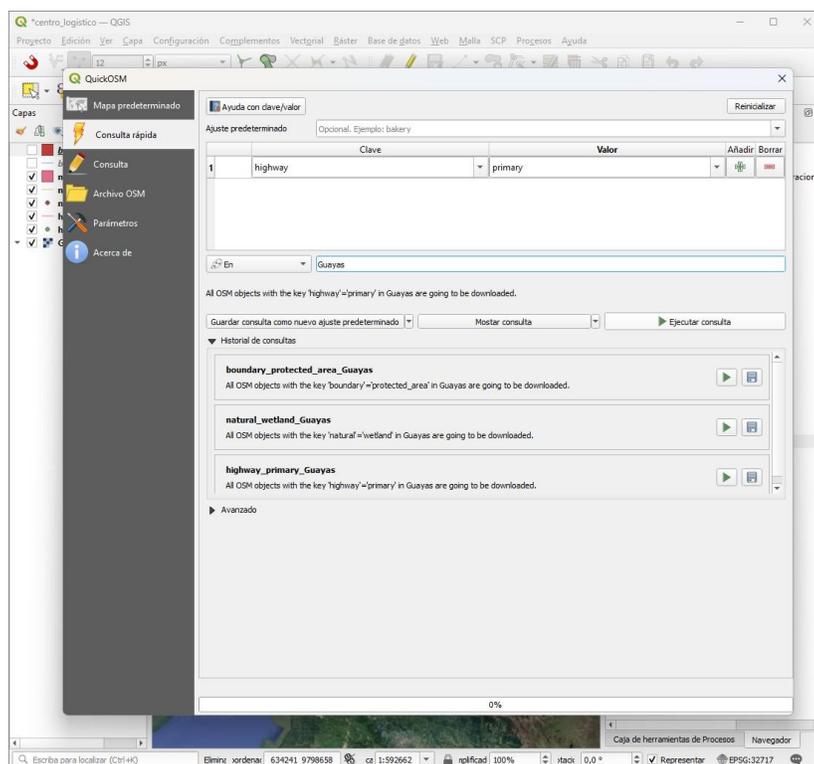


ANEXO 2- Recolección de datos geográficos

1. Descarga de Áreas Protegidas en QuickOSM

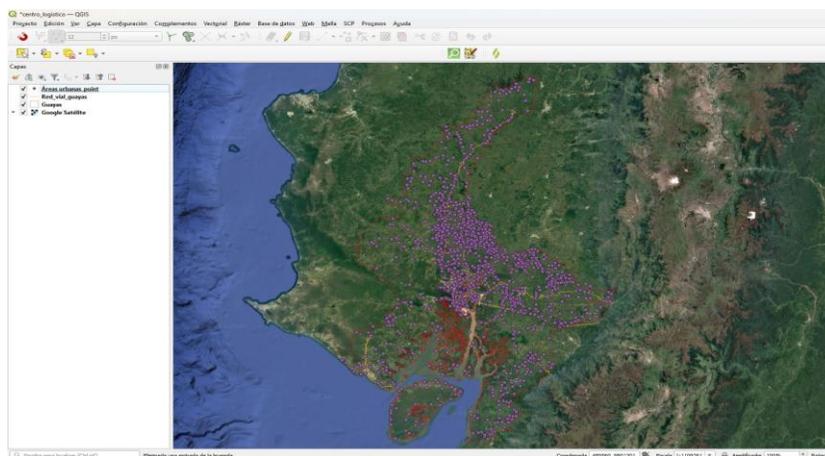


2. Descarga de Vías principales en QuickOSM

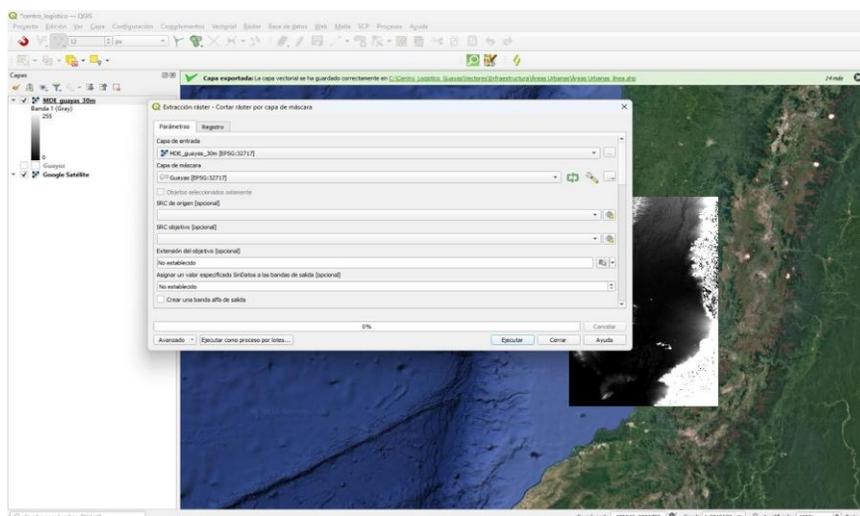


ANEXO 3 - Preprocesamiento y armonización

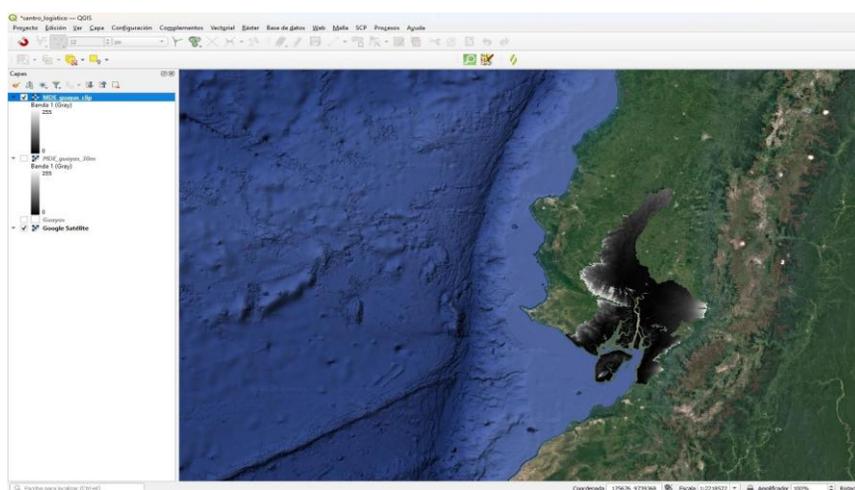
1. Recorte de la capa Vías Principales con el área del Guayas.



2. Recorte de la capa DEM con el área del Guayas.

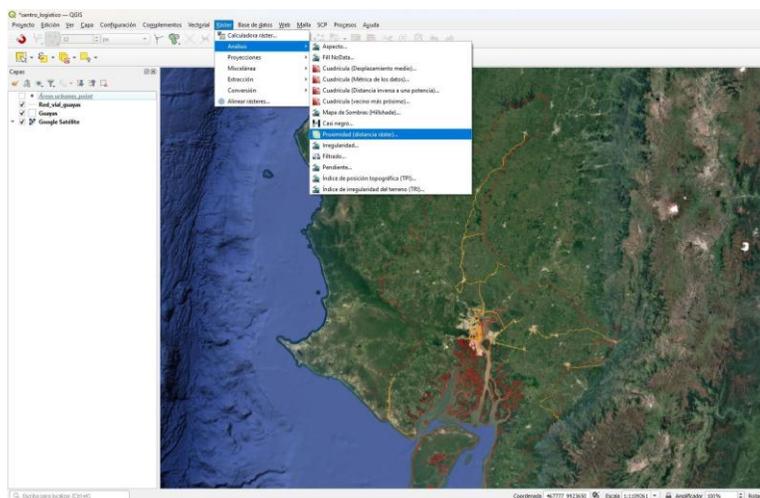


3. Recorte de la capa DEM con el área del Guayas.

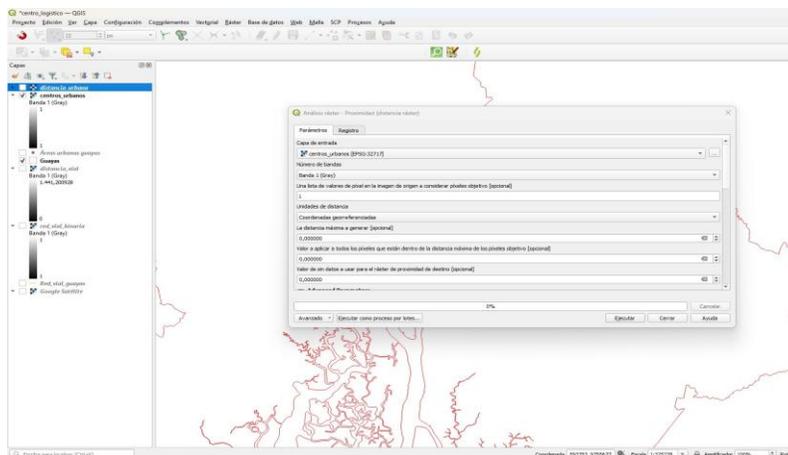


ANEXO 4- Análisis de accesibilidad

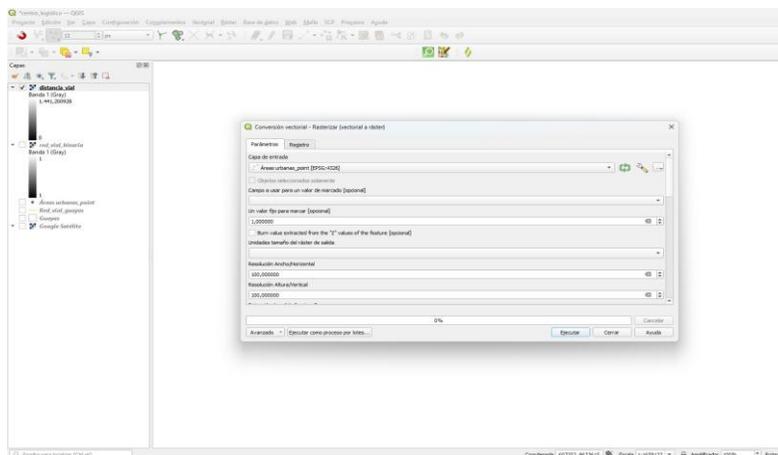
1. Proximidad (Distance ráster).



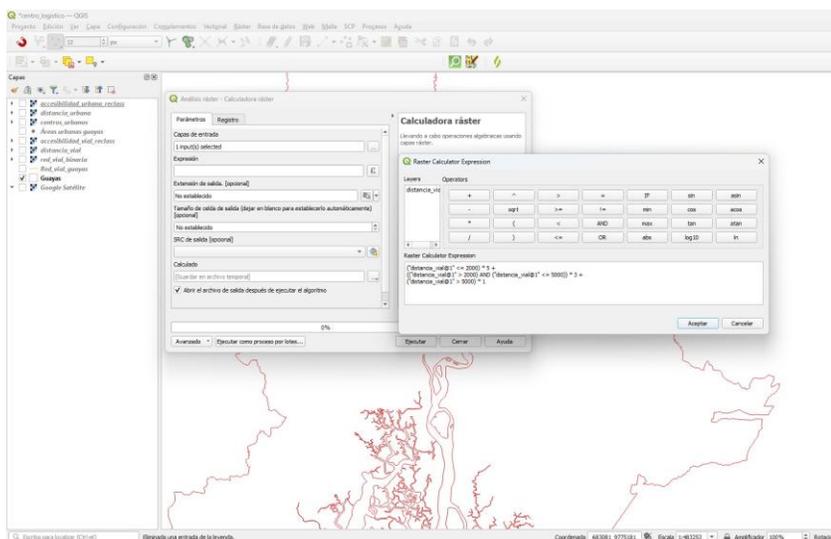
2. Proximidad (Distance ráster).



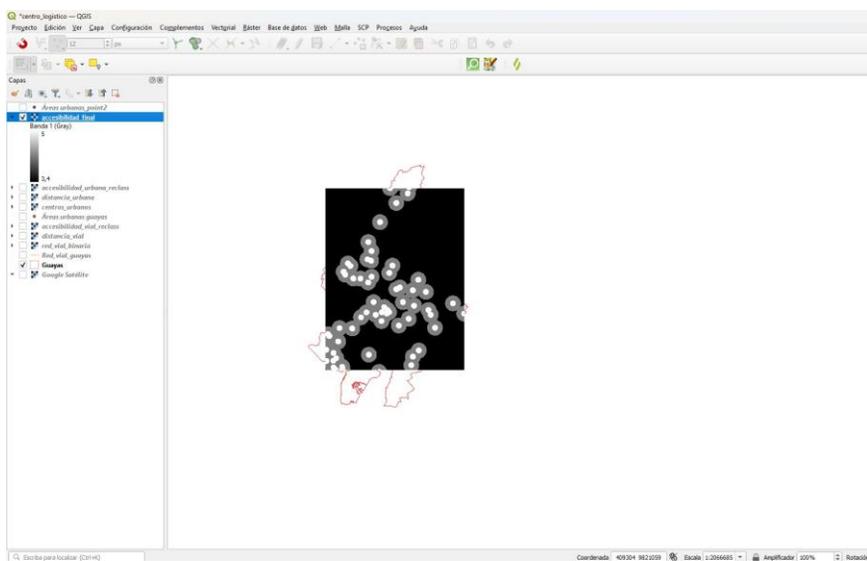
3. Reclasificación de las distancias.



4. Calculadora ráster para rango de accesibilidad.

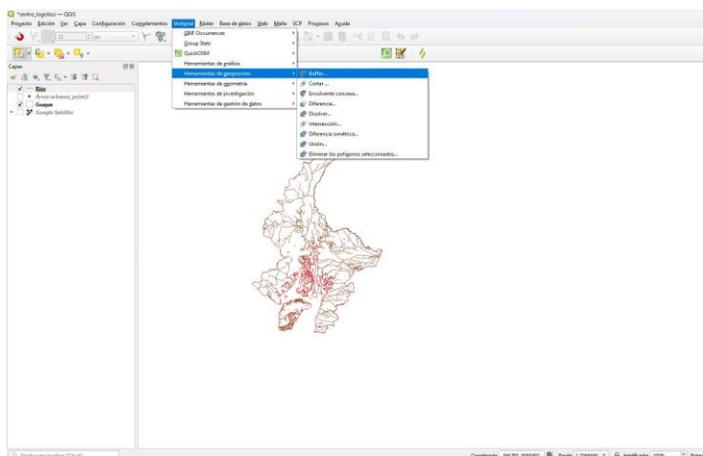


5. Rangos de accesibilidad.

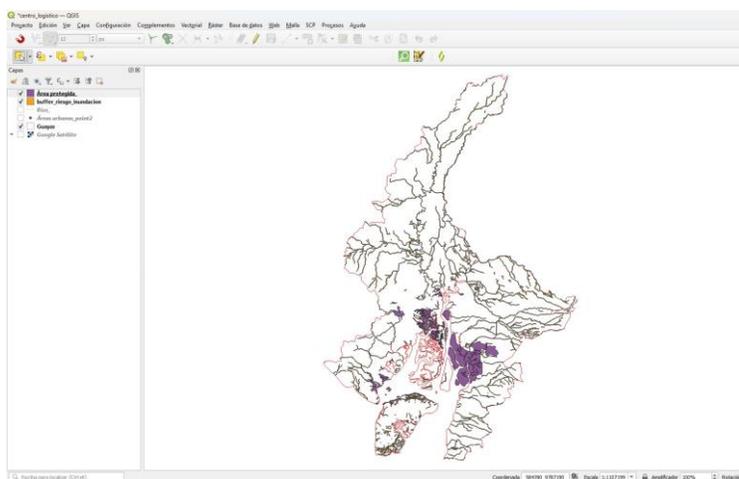


ANEXO 5 - Análisis de riesgos naturales

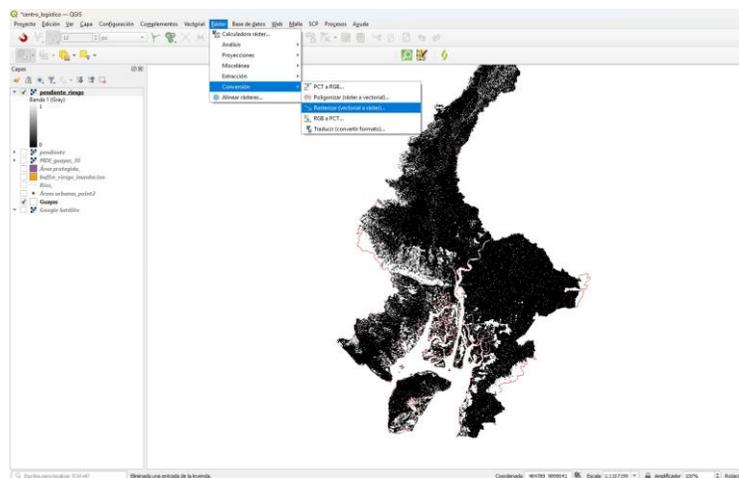
1. Herramienta de Buffer.



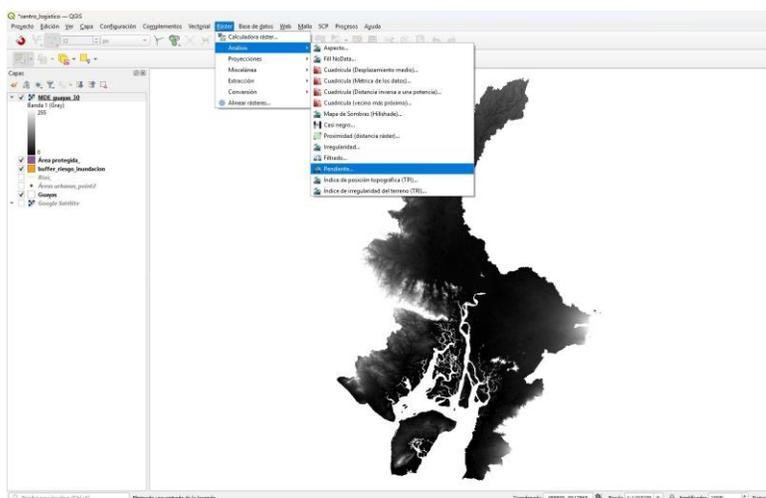
2. Buffer de ríos del Guayas.



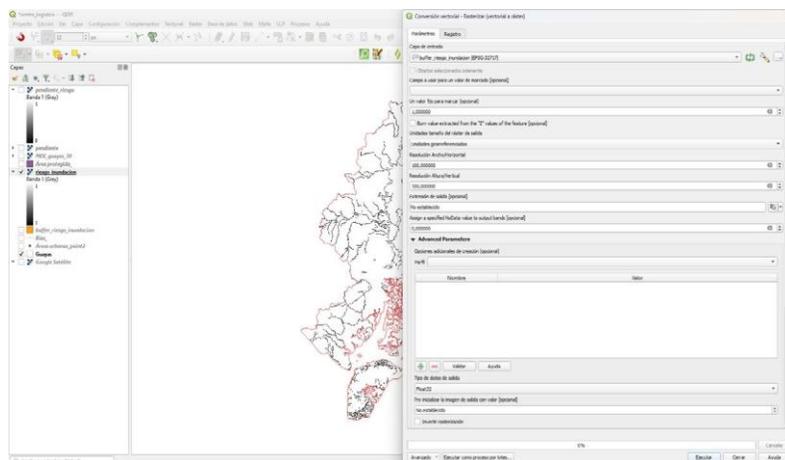
3. Conversión de capas vectoriales a ráster.



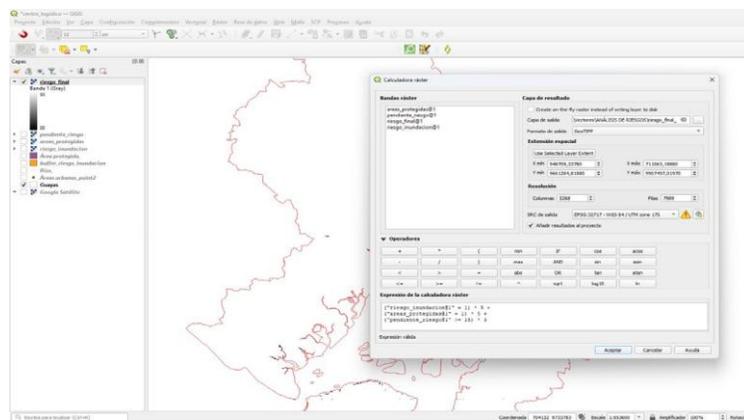
4. Conversión de capas vectoriales a ráster con combinación de la pendiente.



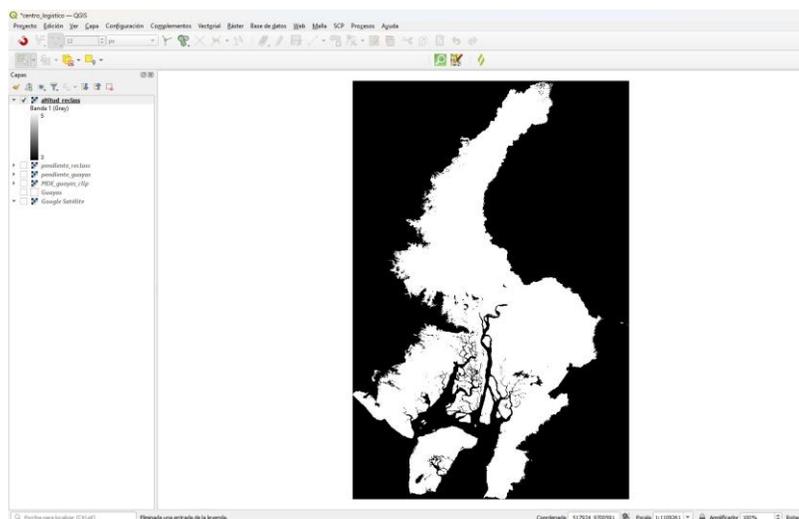
5. Conversión de capas Buffer Ríos a ráster con combinación de la pendiente.



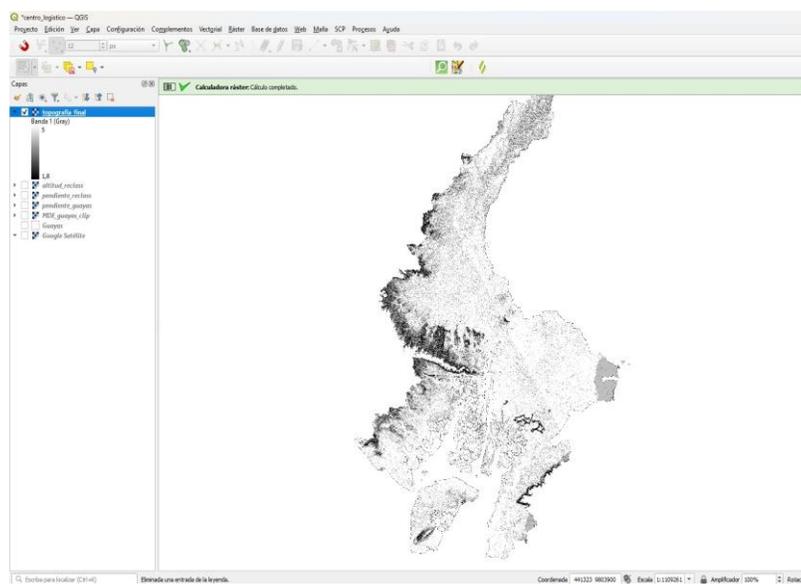
6. Cálculo del riesgo final.



4. Altitud clasificada.

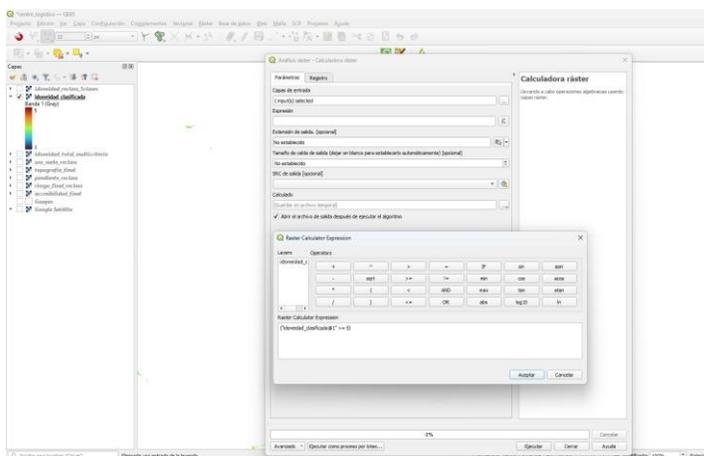


5. Topografía final.

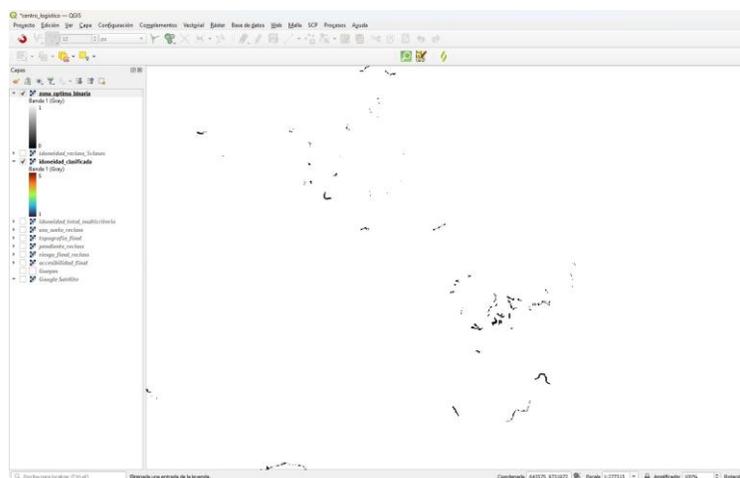


ANEXO 8 - Selección del sitio óptimo

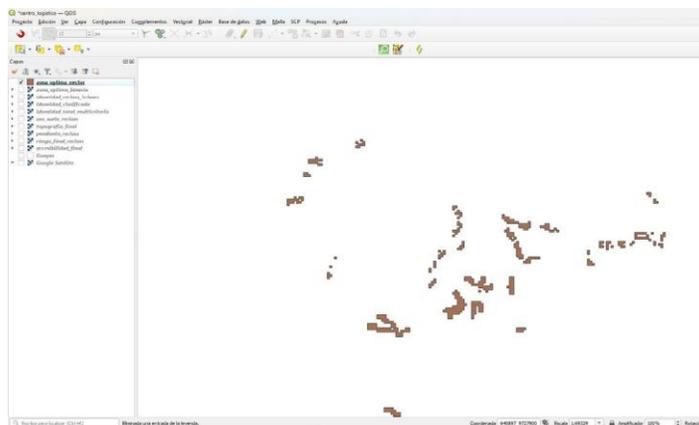
1. Reclasificación del ráster final.



2. Zonas óptimas.



3. Zonas óptimas en vector.





DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, Magaly Elizabeth Cepeda De la Cruz, con C.C: 0605177914 autora del trabajo de titulación: *Análisis multicriterio para la localización óptima de un centro logístico en la provincia del Guayas* 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. _____

Nombre: Magaly Eliabeth Cepeda De la Cruz

C.C: 0605177914



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 en la provincia del Guayas		
AUTOR(ES) (apellidos/nombres):	Cepeda De la Cruz Magaly Elizabeth		
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 de julio del 2025	No. DE PÁGINAS:	45
ÁREAS TEMÁTICAS:	Geología, exploración geográfica		
PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:	Sistema logístico, datos geográficos		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):	<p>Los avances en el sector logístico se están acelerando con el desarrollo de la industria y el comercio. Por ello, es necesario contar con una estrategia globalmente competitiva y que responda a las necesidades de la industria y el comercio. Los centros logísticos, que surgieron por primera vez en Estados Unidos durante la revolución industrial y se fundaron en Europa en la década de 1960, constituyen una parte importante de esta estrategia (Koldemir 2020). Reunir las actividades logísticas en un único centro si dicho centro se funda en conjunto con tipos de transporte combinado e intermodal ofrece innumerables beneficios, como la reducción de costes, la congestión del tráfico y la contaminación ambiental, entre otros. En la literatura científica, no existen nombres ni definiciones comunes para el concepto de "centro logístico". Diversos términos hacen referencia a un centro logístico, como centro de distribución, aldea de carga, puerto seco, puerto interior, centro de carga, nodo logístico, puerta de enlace, almacén central, terminal de carga/transporte, nodo de transporte, plataforma logística, depósito logístico, parque de distribución (Beckers et al. 2023).</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593 984408229	E-mail: magaly.cepeda@cu.ucsg.edu.ec / magalycepedasmj@gmail.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):			