

**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 (AMC) mediante SIG para la Identificación de la Ubicación Óptima de un Centro Logístico Regional en el Cantón Daule”

**AUTOR:**

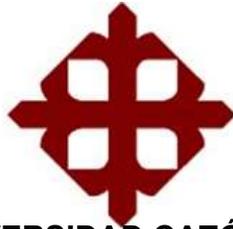
Rojas Román Luis David

**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 en Manejo y Conservación del Medio Ambiente, Luis David Rojas Román**, como requerimiento parcial para la obtención del Grado Académico de **Magíster en Sistemas de Información Geográfica, Topografía Automatizada y Fotogrametría Digital**.

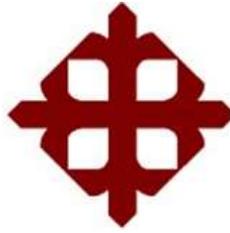
**REVISOR**

\_\_\_\_\_  
**Ing. Armando Echeverría, Mgs.**

**DIRECTOR DEL PROGRAMA**

\_\_\_\_\_  
**Ing. Armando Echeverría, Mgs.**

**Guayaquil, a los 27 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, **Luis David Rojas Román**

**DECLARO QUE:**

El trabajo **“Análisis Multicriterio (AMC) mediante SIG para la Identificación de la Ubicación Óptima de un Centro Logístico Regional en el Cantón Daule”** 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 27 días del mes de julio del año 2025**

**EL AUTOR**

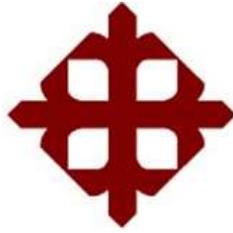


Firmado electrónicamente por:  
**LUIS DAVID ROJAS  
ROMAN**

Validar Únicamente con FirmaEC

---

**Luis David Rojas Román**



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

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **Luis David Rojas Román**

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 (AMC) mediante SIG para la Identificación de la Ubicación Óptima de un Centro Logístico Regional en el Cantón Daule” cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, a los 27 días del mes de julio del año 2025**

**EL AUTOR:**

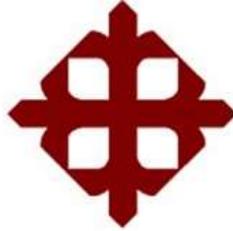


Firmado electrónicamente por:  
**LUIS DAVID ROJAS  
ROMAN**

Validar únicamente con FirmaEC

---

**Luis David Rojas Román**



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

## REPORTE COMPILATIO

 COMPILATIO MAGISTER+  
UCSG EC - Universidad Católica de Santiago de Guayaquil

  Caja de herramientas   

 ROJAS ROMAN LUIS #58536 

 Resumen  Puntos de interés  Fuentes de similitudes

---

**Textos sospechosos:**  0%

**Similitudes** 0%

Pasajes con similitudes a fuentes encontradas en diferentes colecciones. *Incluido en el porcentaje*

0 fuentes principales detectadas

 Ver las fuentes

**Detección de IA** 3%

Textos estilísticamente próximos a un texto generado por una IA. Este índice es un indicador y no una prueba. Comprueba con el autor si domina los conocimientos mencionados en el documento. *Excluidos del porcentaje*

 Ver pasajes

**Idiomas no reconocidos** 2%

Pasajes en los que parte del vocabulario utilizado no forma parte del diccionario de la lengua. Puede tratarse de un intento del autor de modificar el texto para evitar ser detectado. *Excluidos del porcentaje*

 Ver pasajes

## **AGRADECIMIENTO**

Este trabajo representa no solo una etapa académica culminada, sino también un proceso de crecimiento personal lleno de retos, dedicación y aprendizaje. A nivel personal, quiero reconocer el esfuerzo, disciplina y constancia que he depositado en cada jornada de análisis, modelado y toma de decisiones. Este proyecto no habría sido posible sin la firme voluntad de superación que me impulsó a dar siempre un paso más allá.

Y, de manera especial, expreso mi eterno agradecimiento a mi esposa Katherine, quien fue mi apoyo emocional incondicional en los momentos de cansancio, ansiedad o duda. Su paciencia, aliento diario y confianza en mí fueron el pilar silencioso pero vital que sostuvo cada uno de mis logros. Este triunfo es también suyo.

Luis David Rojas

## DEDICATORIA

A la memoria de mi madre, quien con su ejemplo de fortaleza, amor y entrega me enseñó a persistir, a valorar el conocimiento y a nunca rendirme ante los desafíos.

Aunque su presencia física ya no me acompaña, su voz, sus enseñanzas y su amor incondicional estuvieron conmigo en cada etapa de este proyecto. Este logro es, en esencia, una forma de honrar todo lo que ella sembró en mí.

Gracias por seguir guiándome desde lo eterno.

Luis David Rojas

## ÍNDICE

1. Introducción .....	1
2. Problemática .....	2
3. Objetivo general .....	3
3.1. Objetivos específicos .....	3
4. Metodología .....	4
4.1. Área de estudio y características territoriales .....	4
4.2. Enfoque y tipo de investigación .....	5
4.3. Diseño metodológico .....	5
4.3.1. <i>Variables de estudio</i> .....	5
Fuentes cartográficas y satelitales: .....	6
Procesos SIG aplicados: .....	6
Procesamiento NDVI: .....	7
4.4. Mapa de ubicación general .....	7
Objetivo metodológico .....	7
Procesamiento técnico en QGIS .....	7
4.5. Mapa de flujos de transporte .....	8
Justificación del análisis logístico .....	8
Procesamiento técnico en QGIS .....	9
4.6. Mapa de accesibilidad vial .....	10
Fuentes geoespaciales utilizadas .....	10
Clasificación de infraestructura vial .....	11
Procesamiento técnico en QGIS .....	11
Categorización de accesibilidad .....	12
4.7. Mapa de cobertura forestal (NDVI) en el cantón Daule .....	13

	IX
Importancia ambiental y logística .....	13
Fuentes utilizadas.....	13
Procesamiento técnico del NDVI Etapas en Google Earth Engine (GEE).....	14
Clasificación de cobertura vegetal .....	14
Procesamiento en QGIS.....	15
4.8. Mapa de riesgo de inundación en el cantón Daule.....	15
Etapas de aplicación: .....	16
Aplicación en QGIS: .....	16
<i>4.8.1. Clasificación final de riesgo .....</i>	<i>17</i>
Proceso técnico en QGIS .....	17
4.9. Mapa de idoneidad .....	18
Metodología aplicada .....	18
<i>4.9.1. Análisis multicriterio con método AHP (Saaty).....</i>	<i>19</i>
Procesamiento técnico en QGIS .....	19
Ecuación final de evaluación ponderada en QGIS .....	20
Capas utilizadas en el análisis .....	21
4.10. Criterio interpretativo preliminar de los polígonos óptimos .....	21
Procedimiento técnico .....	22
<i>4.10.1. Resultados metodológicos interpretativos.....</i>	<i>22</i>
Validación metodológica.....	22
Entre estas variables se incluyen:.....	23
5. Resultados.....	23
5.1. Mapa de flujos logísticos .....	23
Recomendaciones: .....	23
5.2. Mapa de accesibilidad vial.....	25
Recomendaciones: .....	25
5.3. Mapa de cobertura vegetal (NDVI) .....	28
Vinculación con uso del suelo .....	28
Recomendaciones: .....	28

	X
5.4. Mapa de riesgos (susceptibilidad a inundaciones) .....	30
Recomendaciones técnicas:.....	31
5.5. Mapa de idoneidad territorial (análisis multicriterio - AMC).....	32
Relación con otros factores: .....	32
6.6.1. <i>Polígonos óptimos para el centro logístico</i> .....	34
6.6.2. <i>Área recomendada para implantación</i> .....	35
6.6.3. <i>Criterios de selección</i> .....	35
Resumen de atributos técnicos del área seleccionada (FID 3) .....	36
6. Conclusiones .....	37
7. Recomendaciones .....	38
Selección del sitio y adecuación inicial del terreno .....	38
Conectividad logística.....	39
Gestión ambiental y control de riesgos territoriales .....	39
Desarrollo sostenible .....	39
8. Bibliografía .....	40
10. Anexos técnicos .....	42
<b>DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN .....</b>	<b>51</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de ubicación del cantón Daule de la provincia del Guayas.....	4
Figura 2 - Flujo diario de transporte logístico.....	24
Figura 3 - Mapa de flujo hacia las provincias estratégicas de Ecuador.....	25
Figura 4 - Clasificación de accesibilidad vial en el cantón Daule .....	26
Figura 5 - Mapa vial de Ecuador .....	27
Figura 6 - Mapa de accesibilidad vial del cantón Daule.....	28
Figura 7 - Distribución de la cobertura vegetal del cantón Daule .....	29
Figura 8 - Mapa del índice de vegetación (NDVI) del cantón Daule.....	30
Figura 9 - Distribución del factor de riesgo por inundaciones del cantón Daule .....	31
Figura 10 - Mapa de riesgos por inundaciones del cantón Daule .....	32
Figura 11 - Comparación de lugares óptimos para la construcción de un centro logístico en Daule .....	33
Figura 12 - Zonas óptimas para la construcción de un centro logístico en el cantón Daule .....	34

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Diseño metodológico.....	5
Tabla 2 - Variables de estudio.....	6
Tabla 3 - Procesamiento técnico en QGIS para el mapa de ubicación del cantón Daule .....	7
Tabla 4 - Procesamiento técnico para el flujo de transporte nacional desde Daule.....	9
Tabla 5 - Fuentes geoespaciales .....	10
Tabla 6 - Clasificación de infraestructura vial .....	11
Tabla 7 - Procesamiento para el análisis de accesibilidad territorial .....	11
Tabla 8 - Categorización de accesibilidad .....	12
Tabla 9 - Fuentes geoespaciales de la cobertura forestal .....	13
Tabla 10 - Clasificación de la cobertura vegetal .....	14
Tabla 11 - Procesamiento para la representación de la cobertura vegetal .....	15
Tabla 12 - Peso relativo de los factores condicionantes.....	16
Tabla 13 - Niveles de peligro (acumulado) .....	17
Tabla 14 - Niveles de susceptibilidad (factorial).....	17
Tabla 15 - Proceso para el análisis de riesgo.....	18
Tabla 16 - Criterios para el AMC con el método AHP .....	19
Tabla 17 - Proceso para la definición de las zonas optimas .....	19
Tabla 18 - Capas para el análisis.....	21
Tabla 19 - Polígonos óptimos para el centro logístico .....	34
Tabla 20 - Área seleccionada (FID 3).....	37

## **“Análisis Multicriterio (AMC) mediante SIG para la Identificación de la Ubicación Óptima de un Centro Logístico Regional en el Cantón Daule”**

### **1. Introducción**

La planificación territorial en Ecuador se enfrenta a varios desafíos que han cobrado mayor importancia en los últimos años, debido al crecimiento urbano acelerado y una economía en expansión. Estos cambios han incrementado la presión sobre los sistemas de transporte pesado y logística, generando consecuencias visibles como el aumento del tráfico, mayores costos operativos y una huella ambiental cada vez más preocupante. A escala nacional, la infraestructura logística no es eficaz en cuanto a las exigencias del mercado, limitando así la competitividad de sectores estratégicos y dificultando una distribución equitativa de productos.

Según el Banco Central del Ecuador (2024), el comercio exterior ha tenido un crecimiento económico del 5 % anual durante la última década, impulsado principalmente por el auge de la agroindustria y la manufactura. Sin embargo, la red vial nacional no ha evolucionado al mismo ritmo, y esto se ha traducido en un incremento del 15 % en los costos logísticos. En consecuencia, sectores estratégicos se ven afectados en su capacidad para competir, y la distribución de los productos continúa siendo un desafío (MTOP, 2025).

Algunos casos recientes muestran las consecuencias de una escasa planificación:

- Sector agroindustrial: Empresas exportadoras de banano reportan pérdidas anuales cercanas a los \$10 millones de dólares debido a retrasos logísticos (Hora, 2023).
- Manufactura: Empresas han trasladado parte de su producción a provincias con menor saturación vial, aumentando costos y tiempos de entrega (Cámara de Comercio de Guayaquil, 2024).
- Exportaciones: La congestión vial, específicamente hacia puertos y aeropuertos en Guayaquil ha elevado los tiempos de distribución hasta en un 25 %, dificultando la salida eficiente de productos hacia mercado internacional (Cámara de Comercio de Guayaquil, 2024).

Ante este enfoque, se evidencia al cantón Daule como un punto estratégico para la distribución de diferentes tipos de productos a nivel nacional, este ha experimentado un crecimiento industrial del 40 % en los últimos quince años, fortaleciendo su red vial y conectividad con sectores productivos clave. Su cercanía a los principales puertos y aeropuertos, así como a los centros de producción, sumada al acceso fluvial a través del río Daule, lo ha convertido en un escenario propicio para el establecimiento de fábricas y centros de distribución.

A diferencia de un análisis a nivel provincial, enfocarnos en un estudio centrado en Daule nos permite realizar una evaluación detallada y contextualizada de su potencial logístico.

Su infraestructura, enfoque productivo y ubicación, a primera instancia nos ofrece condiciones favorables para la implementación de un centro logístico que impulse el desarrollo sostenible y optimice la distribución de mercancías.

Por ello, este estudio busca determinar la ubicación óptima para la instalación de un centro logístico en el cantón Daule, utilizando un enfoque de análisis geoespacial y evaluación multicriterio con Sistemas de Información Geográfica (SIG), específicamente mediante el software QGIS. Se analizarán factores críticos como accesibilidad vial, infraestructura existente, impacto ambiental y viabilidad económica, con el fin de proponer una ubicación estratégica que optimice la distribución de mercancías, reduzca costos operativos y minimice riesgos ambientales. La implementación de este centro logístico contribuirá al desarrollo sostenible del cantón, mejorando su conectividad y consolidándolo como un eje fundamental en la red logística de Guayas.

## **2. Problemática**

La provincia de Guayas es reconocida en el país como un eje logístico y comercial clave. Sin embargo, su infraestructura y planificación territorial no han logrado seguir el ritmo del crecimiento económico. En los últimos cinco años, el aumento acelerado de la actividad productiva ha provocado un incremento del 20 % en la congestión vehicular, lo que ha generado retrasos en la distribución de mercancías, mayores costos operativos y afectaciones tanto a la movilidad como al entorno ambiental (INEC, 2023).

Una de las grandes carencias en la provincia es la falta de planificación territorial y la ausencia de centros logísticos locales y regionales. Como resultado, los espacios de abastecimiento y distribución se han desarrollado sin orden, lo que ha disminuido la eficiencia del transporte y sobrecargado las rutas utilizadas por el transporte pesado (Library, 2025). Actualmente, cerca del 70 % del transporte comercial en Guayas pasa por Guayaquil, lo que genera colapsos en los accesos más transitados, especialmente en las horas pico (Cámara de Comercio de Guayaquil, 2024).

Realizar un análisis logístico a nivel provincial puede arrojar resultados poco precisos debido a la diversidad territorial y económica que presenta Guayas. Por eso, enfocar el estudio en el cantón Daule resulta más eficiente y representativo, dado su rol como núcleo industrial y agro-productivo en la región.

Daule ha tenido un crecimiento significativo en las últimas décadas. De acuerdo con la Asociación de Industrias del Ecuador, el número de fábricas en la zona ha

aumentado un 35 % en quince años, consolidándolo como un punto estratégico para la producción y distribución regional (Martillo J. & Pilaloe D., 2022).

Su cercanía con Guayaquil, el mantenimiento continuo de su red vial y su conexión con mercados nacionales e internacionales lo convierten en un candidato natural para albergar un centro logístico regional. No obstante, también enfrenta desafíos que deben considerarse al tomar decisiones estratégicas:

- **Congestión vehicular** en sus principales accesos, afectando los tiempos y costos de distribución. Un en sus principales accesos, lo que eleva los tiempos y costos de distribución. Según el Instituto Nacional de Tránsito, el tiempo de desplazamiento en Daule ha aumentado un 30 % en la última década (INEC, 2023).
- **Riesgos ambientales** como la vulnerabilidad frente a inundaciones por su cercanía al río Daule. Entre 2015 y 2023 se registraron cinco eventos severos (SNGR, 2024).
- **Desorden en el uso del suelo**, dificultando la integración de infraestructura logística sin afectar zonas agrícolas o urbanas. La deficiente planificación urbana ha favorecido un crecimiento disperso y desorganizado (Plan de Ordenamiento Territorial de Daule, 2021).
- **Altos costos operativos** derivados de la dispersión de centros de distribución, lo que genera ineficiencias en la cadena logística. El costo de transporte en la zona ha aumentado un 12% en los últimos cinco años, según el Ministerio de Producción (Clúster Logístico del Ecuador, 2023).

### 3. Objetivo general

Determinar la ubicación óptima para la instalación de un centro logístico en el cantón Daule, provincia de Guayas, Ecuador, mediante un análisis geoespacial y evaluación multicriterio con Sistemas de Información Geográfica (SIG), a fin de optimizar la eficiencia operativa, reducir costos logísticos y minimizar impactos ambientales en el desarrollo territorial.

#### 3.1. Objetivos específicos

- Reunir y organizar información geoespacial clave —como red vial, uso del suelo, zonas de riesgo, infraestructura actual, modelos de elevación e imágenes satelitales— dentro de un entorno SIG en QGIS, para lograr una visión integral del territorio.
- Emplear herramientas avanzadas de análisis espacial en QGIS, como los estudios de proximidad y superposición de capas, con el fin de identificar las zonas con mayor potencial para albergar el centro logístico.

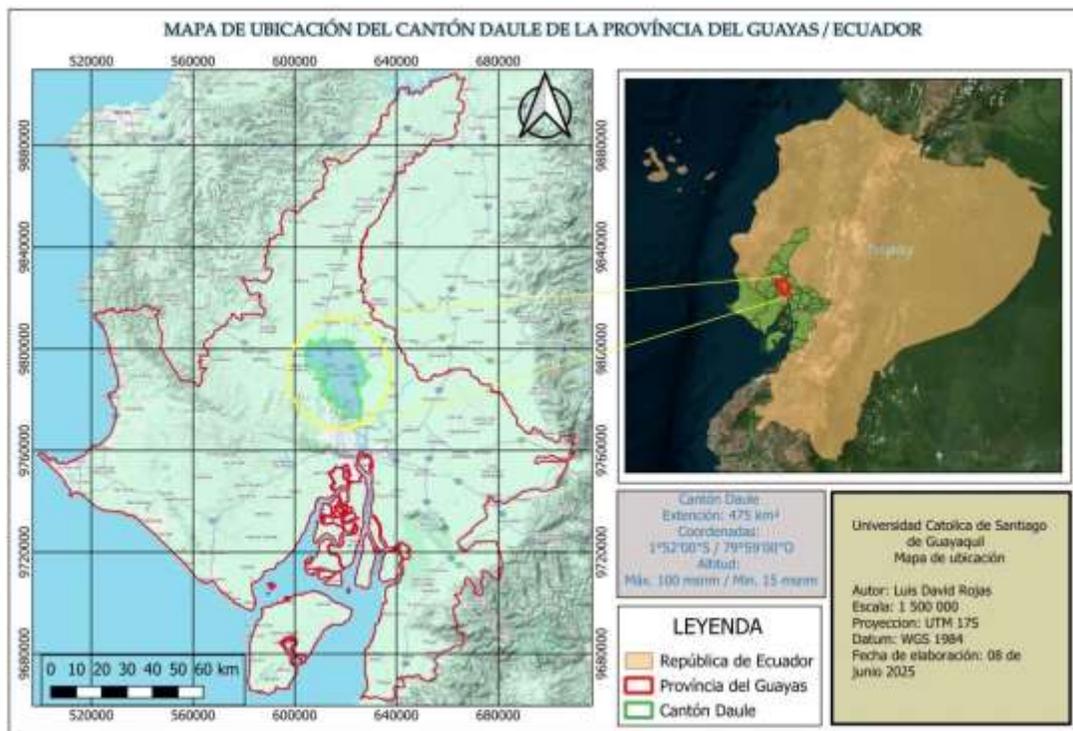
- Desarrollar un modelo de análisis multicriterio, utilizando la metodología de ponderación de variables (accesibilidad, impacto ambiental, costos operativos, resiliencia ante riesgos naturales), para identificar la opción óptima de localización en Daule.
- Elaborar mapas técnicos que reflejen los resultados obtenidos en el análisis multicriterio.

#### 4. Metodología

##### 4.1. Área de estudio y características territoriales

El estudio se desarrolla en el cantón Daule, perteneciente a la provincia de Guayas, Ecuador. Con una superficie aproximada de 462,07 km<sup>2</sup> y una población cercana a 240.000 habitantes, Daule ocupa una posición estratégica dentro del eje logístico nacional. Su localización en una llanura aluvial a orillas del río Daule, a una altitud promedio de 15 metros sobre el nivel del mar, lo convierte en una zona altamente productiva pero vulnerable a inundaciones. El clima cálido, de tipo tropical de sabana (22–40 °C), y su inclusión dentro de la conurbación Guayaquil–Durán–Milagro– Salitre– Daule, con más de 3,2 millones de habitantes, refuerzan su potencial como nodo logístico.

**Figura 1 - Mapa de ubicación del cantón Daule de la provincia del Guayas**



## 4.2. Enfoque y tipo de investigación

Este estudio es de tipo documental, cuantitativo y aplicado, con un enfoque geoespacial apoyado en Sistemas de Información Geográfica (SIG) para la identificación de zonas óptimas destinadas a la instalación de un centro logístico regional. Esta investigación se respalda en la evaluación multicriterio dentro del software QGIS, utilizando variables espaciales relacionadas con logística, accesibilidad, uso del suelo, riesgos ambientales y sostenibilidad.

## 4.3. Diseño metodológico

El enfoque de este estudio es de tipo descriptivo y explicativo ya que permite identificar las zonas más aptas para la construcción de un centro logístico en el cantón Daule. Este proceso se llevó a cabo en cinco fases y en cada una de ellas se aplicó herramientas de análisis espacial a través del software QGIS:

**Tabla 1 - Diseño metodológico**

Fase	Descripción
<b>1. Recolección de datos</b>	Recopilación de información geoespacial mediante fuentes oficiales: shapefiles, modelos digitales de elevación (DEM), imágenes satelitales.
<b>2. Procesamiento en QGIS</b>	Depuración y georreferenciación de capas, reclasificación, análisis de proximidad y modelado de pendientes.
<b>3. Análisis multicriterio</b>	Asignación de pesos a factores clave según criterios logísticos, ambientales y económicos. Se aplican técnicas de superposición ponderada.
<b>4. Generación de cartografía técnica</b>	Elaboración de mapas de idoneidad, accesibilidad, riesgos y NDVI con simbolización diferenciada para interpretación visual.
<b>5. Validación espacial</b>	Comparación de resultados con condiciones reales y restricciones territoriales (ordenamiento urbano, zonas agrícolas).

### 4.3.1. Variables de estudio

Para determinar la ubicación óptima de un centro logístico regional, se definieron variables clave que permiten evaluar el territorio bajo un enfoque de análisis multicriterio. Estas variables han sido clasificadas en dos categorías: independientes, que actúan como condicionantes del entorno físico, económico y ambiental; y una variable dependiente, que representa el resultado esperado del modelo de priorización

espacial. La siguiente tabla presenta esta clasificación y detalla las variables consideradas:

**Tabla 2 - Variables de estudio**

Tipo	Variables consideradas
<b>Independientes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Accesibilidad a vías primarias y secundarias</li> <li>- Infraestructura técnica disponible</li> <li>- Uso del suelo (urbano, rural, industrial)</li> <li>- Riesgos naturales (inundaciones, pendientes)</li> <li>- Impacto ambiental y cobertura vegetal (NDVI)</li> <li>- Costos de adquisición y operación logística</li> </ul>
<b>Dependiente</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ubicación óptima del centro logístico en función del modelo multicriterio aplicado</li> </ul>

#### **4.3.2. Fuentes y herramientas utilizadas**

##### **Fuentes cartográficas y satelitales:**

- Instituto Geográfico Militar (IGM)
- Ministerio de Agricultura (MAG)
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MOP)
- Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC)
- Google Earth Engine (Sentinel-2)
- Bing Maps y Google Satélite integrados en QGIS

##### **Procesos SIG aplicados:**

- Sistema de coordenadas: WGS 84 UTM zona 17S
- Depuración de geometrías y atributos
- Reclasificación de uso de suelo
- Cálculo de distancia euclidiana a infraestructuras clave
- Análisis de pendientes mediante Raster terrain analysis
- Superposición ponderada de criterios en Raster Calculator

### Procesamiento NDVI:

- Imágenes Sentinel-2 procesadas en GEE con filtros temporales y máscara de nubes
- Script en JavaScript para cálculo de NDVI
- Exportación del ráster para integración en QGIS y análisis ecológico

#### 4.4. Mapa de ubicación general

El mapa de ubicación general permite visualizar el área de estudio dentro del contexto provincial y nacional. Este mapa aparte de señalar la ubicación o localización, establece los límites territoriales del proyecto y ayuda a entender cómo se posiciona el cantón Daule frente al resto de cantones de la provincia del Guayas.

#### Objetivo metodológico

- Identificar la ubicación geográfica del cantón Daule.
- Integrarlo en su contexto político-administrativo y logístico.
- Establecer visualmente su vinculación con nodos estratégicos como Guayaquil, puertos, aeropuertos y la red vial primaria.

### Procesamiento técnico en QGIS

Tabla 3 - Procesamiento técnico en QGIS para el mapa de ubicación del cantón Daule

Etapa	Herramienta/Función en QGIS	Descripción
1. Importación de datos base	Add Vector Layer	Carga de shapefiles administrativos: provincia del Guayas, cantones y parroquias.
2. Verificación geométrica	Check Validity + Fix Geometries	Identificación y corrección de errores topológicos en polígonos.
3. Reproyección	Reproject Layer	Uniformización de las capas al sistema WGS 84 / UTM Zona 17S.
4. Depuración de atributos	Open Attribute Table + Field Calculator	Eliminación de campos innecesarios y renombrado de etiquetas clave.

<b>5. Contexto satelital</b>	XYZ Tiles > Google Satellite / OpenStreetMap	Inserción de imágenes satelitales como fondo de mapa para mejorar visualización.
<b>6. Simbolización</b>	Symbology + Categorized	Aplicación de colores diferenciados por límite provincial y cantonal.
<b>7. Etiquetado dinámico</b>	Labels > Rule-based	Inclusión de nombres de cantones estratégicos (Daule, Guayaquil, Durán, etc.).
<b>8. Diseño de mapa final</b>	Layout Manager + elementos: Legend, Scale Bar, North Arrow	Generación de layout con título profesional, escala, fuente y orientación.

#### 4.5. Mapa de flujos de transporte

Este mapa refleja las rutas logísticas que conectan a la provincia del Guayas con cada una de las provincias con mayor movimiento de productos del país, el análisis dentro de este apartado permite visualizar la distribución del tráfico de automotores de carga pesada desde Daule hacia las diferentes regiones de Ecuador.

Gracias a su cercanía con Guayaquil —el puerto más importante del Ecuador— Daule concentra un volumen considerable de movimiento diario de mercancías. Según información de la Agencia Nacional de Tránsito, se estima que en Ecuador entre 9.000 y 10.000 vehículos de carga circulan diariamente por la red vial nacional en rutas de distribución interprovincial. Para efectos de este estudio, se ha planteado un escenario que contempla entre 15 y 50 salidas diarias de camiones por provincia, en función de su relación económica con la región Costa y las rutas comerciales predominantes.

#### Justificación del análisis logístico

- Pichincha concentra una alta demanda logística debido a su condición de centro político y comercial: estimado de 50 vehículos/día desde Daule.
- Azuay, Sucumbíos y Pastaza presentan conexiones industriales y agroforestales con Daule, justificando flujos entre 25–30 vehículos/día desde Daule.
- Provincias como Loja, Esmeraldas, Zamora Chinchipe y Carchi muestran menor tráfico, pero forman parte de rutas de redistribución regional, estimándose flujos de 15–20 vehículos/día desde Daule.

Estos valores responden a patrones de comercio interno, distancias logísticas y densidad de infraestructura vial.

### Procesamiento técnico en QGIS

Con el objetivo de representar gráficamente la dinámica del transporte de carga desde el cantón Daule hacia las principales provincias receptoras del país, se implementó un flujo técnico de trabajo en QGIS. Este procedimiento integró datos geoespaciales con criterios logísticos para construir una capa de flujos que simula trayectos reales, clasifica el tipo de vía utilizada y cuantifica los volúmenes aproximados de transporte. A continuación, se detallan las etapas aplicadas, junto con las herramientas utilizadas en cada una y una breve descripción de su funcionalidad:

**Tabla 4 - Procesamiento técnico para el flujo de transporte nacional desde Daule**

Etapa	Herramienta / Función en QGIS	Descripción
<b>1. Integración de capas base</b>	Add Vector Layer	Shapefiles del cantón Daule, red vial nacional y provincias receptoras.
<b>2. Creación de capa de flujos</b>	New Shapefile Layer (Line)	Estructura lineal para conectar el centro logístico con provincias clave.
<b>3. Sistema de referencia</b>	Project Properties	Asignación del sistema WGS 84 / UTM zona 17S.
<b>4. Edición de geometrías</b>	Snapping + Create Features	Dibujo de líneas desde el punto de origen (centro logístico) hacia cada destino.
<b>5. Atributos de tráfico</b>	Attribute Table + Add Field	Campo tipo <i>double</i> "Flujo_Vehículos" con número de camiones por día.
<b>6. Simulación de rutas</b>	Manual	Curvatura de trayectos siguiendo rutas naturales interprovinciales.
<b>7. Clasificación de vías</b>	Categorized Symbology	azul (pavimentada), naranja (no pavimentada), marrón (herradura).
<b>8. Representación de flujo</b>	Graduated Symbology	Grosor de línea proporcional al volumen de camiones.

<b>9. Composición del mapa</b>	Layout Manager	Escala 1:4,500,000, barra de escala, rosa de orientación, leyenda personalizada.
<b>10. Exportación final</b>	Export as Image / PDF	Formatos de salida compatibles para inserción en documento académico.

#### 4.6. Mapa de accesibilidad vial

El cantón Daule es categorizado como una zona con dinámicas urbanas, rurales y agrícolas en constante crecimiento, en base a ello, este análisis nos permite reconocer las áreas con mejor conectividad hacia la red vial nacional.

Según datos del Ministerio de Transporte del Ecuador, más del 70 % del transporte pesado en el país se moviliza por vías de primer orden, por tal motivo a este criterio se lo considera de suma importancia para la toma de decisiones logísticas dentro de Ecuador.

#### Fuentes geospaciales utilizadas

Para la elaboración de los distintos análisis espaciales y representaciones cartográficas del cantón Daule, se recurrió a un conjunto de fuentes geospaciales que integran información vectorial y raster. Estas capas fueron seleccionadas por su relevancia temática y precisión técnica, permitiendo construir insumos fiables para los procesos de modelado, evaluación y toma de decisiones logísticas. La tabla a continuación resume las principales capas utilizadas, su tipo de dato y una breve descripción de su función en el estudio:

**Tabla 5 - Fuentes geospaciales**

Capa	Tipo	Descripción
<b>Polígono del cantón Daule</b>	Vectorial	Límite administrativo oficial del área de estudio.
<b>Centros poblados</b>	Vectorial	Localización de asentamientos urbanos y rurales.
<b>Polígonos logísticos viables</b>	Vectorial	Seis zonas seleccionadas (> 20 ha) mediante análisis multicriterio.
<b>Red vial</b>	Vectorial	Carreteras primarias, secundarias y vías locales.
<b>Curvas de nivel</b>	Vectorial	Modelado del relieve para estimación visual de

		pendientes.
<b>Modelo digital de elevación</b>	Raster (DEM)	Representación altimétrica de la topografía de Daule.
<b>Mapa de pendiente</b>	Raster derivado	Grado de inclinación del terreno, calculado a partir del DEM.

### Clasificación de infraestructura vial

Como parte del análisis de conectividad territorial y planificación logística, se estableció una tipología de la infraestructura vial en función de su jerarquía, estado y cobertura. Esta clasificación permite distinguir entre los distintos niveles de vías que conectan el centro logístico con el entorno regional y nacional, facilitando la interpretación de mapas temáticos y simulaciones de flujo vehicular. En la tabla siguiente se especifican los tipos de vía, el código de color adoptado para su representación cartográfica y una breve descripción funcional:

**Tabla 6 - Clasificación de infraestructura vial**

Tipo de vía	Color	Descripción
<b>Vía principal</b>	Azul	Carreteras pavimentadas de alta capacidad y conectividad nacional.
<b>Vía secundaria</b>	Naranja	Rutas complementarias con menor flujo y cobertura intermedia.
<b>Vía local</b>	Rosa	Vías de menor jerarquía, muchas veces sin pavimentar o rurales.

### Procesamiento técnico en QGIS

**Tabla 7 - Procesamiento para el análisis de accesibilidad territorial**

Etapa	Herramienta en QGIS	Descripción
<b>1. Cargar capas</b>	Add Vector/Raster Layer	Importar datos georreferenciados bajo el sistema de referencia WGS 84 / UTM Zona 17S.
<b>2. Clasificación vial</b>	Categorized Symbology	Asignación de colores diferenciados según jerarquía de vías.

<b>3. Análisis topográfico</b>	DEM > Raster Terrain Analysis > Slope	Generación de capa de pendiente para incorporar restricciones de terreno.
<b>4. Evaluación de accesibilidad</b>	Proximity > Distance Raster + Raster Calculator	Cálculo de cercanía a vías principales y combinación con zonas de relieve.
<b>5. Modelado multicriterio</b>	Raster Reclassification + Weighted Overlay	Integración de criterios: distancia a vías + pendiente del terreno.
<b>6. Clasificación final</b>	Layer Styling > Graduated	Categorías de accesibilidad desde "alta" hasta "difícil acceso".
<b>7. Diseño cartográfico</b>	Layout Manager + elementos visuales	Título profesional, leyenda temática, barra de escala, norte, fuente.

### Categorización de accesibilidad

Se determinó cinco niveles de accesibilidad territorial que permitió jerarquizar el territorio en función a la pendiente y a la cercanía de las vías principales y secundarias, facilitando la interpretación del análisis.

La siguiente tabla detalla cada categoría, el color asignado en la representación cartográfica y una breve descripción del nivel de accesibilidad.

**Tabla 8 - Categorización de accesibilidad**

<b>Categoría</b>	<b>Color</b>	<b>Descripción</b>
<b>Alta accesibilidad</b>	Amarillo	Cercanía directa a vías principales con pendiente baja: ideal para ubicación logística.
<b>Media accesibilidad</b>	Verde claro	Cercanía a vías secundarias o tramos en buen estado: condiciones moderadamente favorables.
<b>Baja accesibilidad</b>	Verde oscuro	Dependencia de vías locales con infraestructura limitada.
<b>Muy baja accesibilidad</b>	Gris claro	Lejanía de toda red vial primaria o presencia de obstáculos topográficos moderados.
<b>Difícil acceso</b>	Gris	Pendientes >15°, zonas sin pavimentación, o acceso

	oscuro	restringido por barreras naturales.
--	--------	-------------------------------------

#### 4.7. Mapa de cobertura forestal (NDVI) en el cantón Daule

El índice de vegetación o cobertura vegetal (NDVI) es una herramienta esencial en estudios de sostenibilidad del territorio, ya que permite identificar mediante colores y basándose en una imagen satelital, áreas con alta densidad vegetal, zonas agrícolas productivas y sectores urbanos con escasa cobertura ecológica. En el contexto de Daule, este análisis nos ayuda a seleccionar áreas logísticamente viables que a la vez evitar impactos sobre ecosistemas vulnerables.

#### Importancia ambiental y logística

Daule es un territorio en expansión constante, pero también alberga espacios naturales con funciones ambientales vitales, como capturar carbono, conectar corredores ecológicos y regular el microclima local. El uso del NDVI o índice de vegetación en este estudio permite excluir del análisis, aquellas zonas de valor ecológico elevado o con alta vulnerabilidad ambiental, garantizando así que la propuesta logística contemple criterios de sostenibilidad desde el inicio del estudio.

#### Fuentes utilizadas

Se utilizó información en formato vectorial y ráster para representar las condiciones físicas y ecológicas del área de estudio.

**Tabla 9 - Fuentes geospaciales de la cobertura forestal**

Capa	Tipo	Descripción
<b>Polígono de Daule</b>	Vectorial	Límite administrativo del cantón.
<b>Ríos de Daule</b>	Vectorial	Cuerpos de agua relevantes para condiciones de humedad y vegetación ribereña.
<b>Centros poblados</b>	Vectorial	Localización de asentamientos urbanos.
<b>Provincia de Guayas</b>	Vectorial	Ubicación contextual regional.
<b>Imagen satelital Sentinel-2</b>	Raster (GEE)	Banda multiespectral procesada para análisis espectral de vegetación.

## Procesamiento técnico del NDVI

### Etapas en Google Earth Engine (GEE)

- Carga de colección Sentinel-2 filtrada por nubosidad (<10%) y fechas recientes.
- Aplicación de máscara de nubes y sombras atmosféricas.
- Cálculo del NDVI: 
$$NDVI = \frac{(B8 - B4)}{(B8 + B4)}$$
 (donde B8 = Infrarrojo cercano y B4 = Rojo visible)
- Agrupación no supervisada mediante K-Means para segmentación de tipos de cobertura.
- Exportación del NDVI clasificado a formato GeoTIFF para su posterior uso en QGIS.

### Clasificación de cobertura vegetal

Se realizó una clasificación temática que distingue las principales coberturas vegetales de Daule, esta categorización permitió interpretar con mayor facilidad las condiciones ecológicas del cantón. Esta información nos permitió identificar zonas con mayor valor ambiental y así descartar áreas que no serían viables para el desarrollo logístico por su fragilidad ecológica.

**Tabla 10 - Clasificación de la cobertura vegetal**

Clase NDVI	Color	Descripción
<b>Infraestructura urbana</b>	Rojo	Áreas construidas con baja o nula vegetación.
<b>Zonas agrícolas</b>	Verde claro	Cultivos con cobertura vegetal moderada.
<b>Áreas áridas o suelos secos</b>	Turquesa	Suelos expuestos con escasa productividad vegetal.
<b>Pastos y vegetación discontinua</b>	Violeta	Cobertura herbácea intermitente o pastizales.
<b>Cobertura forestal / arbustiva densa</b>	Azul	Ecosistemas con elevada densidad de vegetación natural.

## Procesamiento en QGIS

Para visualizar la cobertura vegetal del cantón Daule a través del índice NDVI, se desarrolló una serie de procedimientos en QGIS que permitieron convertir los datos espectrales en información cartográfica clara y útil para la toma de decisiones. El análisis en el trabajo incluyó desde la carga del ráster procesado hasta su reclasificación según los rangos ecológicos.

**Tabla 11 - Procesamiento para la representación de la cobertura vegetal**

<b>Etapa</b>	<b>Herramienta / Función en QGIS</b>	<b>Descripción</b>
<b>1. Carga de ráster NDVI</b>	Add Raster Layer	Importación del NDVI procesado desde Google Earth Engine.
<b>2. Reclasificación temática</b>	Raster Calculator + Reclassify by Table	Categorización de rangos NDVI en cinco clases ecológicas.
<b>3. Simbolización</b>	Symbology > Unique Values	Aplicación de paleta de colores estándar según tipo de cobertura.
<b>4. Enmascarado territorial</b>	Clip Raster by Mask Layer	Limitación del análisis a los límites administrativos de Daule.
<b>5. Diseño cartográfico</b>	Layout Manager + elementos visuales	Mapa final con leyenda, escala, orientación y fuente. Escala: 1:200,000.

### 4.8. Mapa de riesgo de inundación en el cantón Daule

El propósito de este análisis es determinar las zonas de mayor peligrosidad ante inundaciones en el cantón Daule, mediante un modelo geoespacial multicriterio que integre cinco factores condicionantes: pendiente, geomorfología, tipo de suelo, geología y precipitación acumulada. Este modelo tiene como fin orientar la toma de decisiones territoriales, reducir la exposición logística a eventos hidrometeorológicos extremos y fortalecer la planificación resiliente en la zona de estudio. Para ello se aplicó el método de proceso de jerarquía analítica (AHP), desarrollado por Thomas Saaty, la cual permite establecer pesos relativos entre diferentes criterios según su influencia.

### Etapas de aplicación:

- Jerarquización de criterios: Se definieron cinco factores (pendiente, geomorfología, suelo, geología y precipitación) como determinantes del riesgo.
- Construcción de matrices de comparación de pares: Para cada factor, se clasificaron sus subcategorías (por ejemplo, tipos de pendiente o formaciones geológicas) y se valoraron entre sí en una escala de 1 a 9 de Saaty.
- Cálculo de vectores de priorización: Cada matriz fue normalizada para obtener el peso relativo (%) de cada categoría.
- Comprobación de consistencia: Con valores inferiores a 0.10, se calculo el Índice de Consistencia (IC) y la Relación de Consistencia (RC).

### Aplicación en QGIS:

- Se asignaron ponderaciones a cada categoría de los factores usando nuevos campos en la tabla de atributos (por ejemplo, peso suelo, peso geomorfología, etc.).
- Estas capas se rasterizaron y reclasificaron según los vectores de priorización obtenidos.
- Finalmente, se integraron en un solo modelo rasterizado de riesgo mediante superposición ponderada en la herramienta **Raster Calculator**.

**Tabla 12 - Peso relativo de los factores condicionantes**

Factor	Peso AHP aplicado	Influencia (%)
Pendiente	0.693	32.8
Geomorfología	0.357	16.9
Suelo	0.188	8.9
Geología	0.095	4.5
Precipitación	0.416	19.7

*Nota:* Los pesos fueron normalizados e incorporados directamente al modelo raster en QGIS.

#### 4.8.1. Clasificación final de riesgo

A partir del modelo multicriterio implementado, se generó un raster combinado que permite categorizar el territorio del cantón Daule en función de dos dimensiones complementarias:

a) el nivel acumulado de peligrosidad: como la pendiente del terreno, la cercanía a cuerpos de agua y la cobertura vegetal, lo que permite identificar zonas con alta concentración de riesgo.

b) la susceptibilidad específica ante factores individuales: analiza la influencia de cada factor, destacando áreas especialmente sensibles a elementos ambientales.

**Tabla 13 - Niveles de peligro (acumulado)**

Clasificación	Rango de Ponderación (P)
Peligro muy alto	0.345 – 0.574
Peligro alto	0.230 – 0.344
Peligro medio	0.166 – 0.229
Peligro bajo	0.132 – 0.165

**Tabla 14 - Niveles de susceptibilidad (factorial)**

Clasificación	Rango de Ponderación (P)
Susceptibilidad muy alta	0.327 – 0.582
Susceptibilidad alta	0.199 – 0.326
Susceptibilidad media	0.129 – 0.198
Susceptibilidad baja	0.091 – 0.128

#### Proceso técnico en QGIS

Para consolidar el análisis de riesgo en el cantón Daule, se desarrolló un flujo de trabajo en QGIS que permitió integrar de forma estructurada los distintos factores

ponderados mediante técnicas de superposición espacial. Este proceso abarcó desde la carga y estandarización de los datos ráster hasta la aplicación del modelo de superposición ponderada, seguido por la reclasificación temática y la elaboración de salidas cartográficas profesionales. En la siguiente tabla se describen las fases implementadas, con las herramientas utilizadas y su función dentro del proceso analítico:

**Tabla 15 - Proceso para el análisis de riesgo**

Fase	Descripción	Herramienta
<b>Carga de capas</b>	Incorporación de rasters de cada factor previamente ponderado.	Add Raster Layer
<b>Reproyección</b>	Uniformar sistema de coordenadas WGS 84 / UTM zona 17S.	Project Properties
<b>Superposición ponderada</b>	Aplicación de la fórmula raster:	
<b>(Pendiente * 0.693) + (Geomorfología * 0.357) + (Suelo * 0.188) + (Geología * 0.095) + (Precipitación * 0.416)</b>	Raster Calculator	
<b>Clasificación del riesgo</b>	Categorización del raster final en cuatro niveles.	Symbology > Graduated
<b>Diseño del mapa</b>	Layout profesional con leyenda, escala y norte.	Layout Manager

#### 4.9. Mapa de idoneidad

Este mapa, a través de una evaluación de varios criterios físicos, ambientales y de infraestructura nos permite identificar las zonas más adecuadas donde podría ubicarse un centro logístico regional dentro del cantón Daule.

#### Metodología aplicada

Se utilizó un Enfoque Booleano y lógica binaria (aptitud territorial). El modelo booleano clasifica áreas como:

- **1 (Aptas):** cumplen con las condiciones mínimas requeridas.

- **0 (No aptas):** no cumplen con los umbrales establecidos.

Este modelo fue fundamental para filtrar zonas con restricciones geomorfológicas, ambientales o legales, facilitando una toma de decisión clara y argumentada.

#### 4.9.1. Análisis multicriterio con método AHP (Saaty)

Se aplicó el método de Análisis Jerárquico de Proceso (AHP) para asignar los pesos a los factores que influyen en la localización logística, este proceso facilitó la toma de decisiones a través de matrices de comparación por pares, donde se valoró la relevancia entre seis criterios fundamentales: hidrología, pendiente, vías de acceso, centros poblados, geología y cobertura vegetal. Como resultado del proceso, se obtuvo pesos normalizados para cada factor, validados mediante el cálculo del índice de consistencia (CR = 0.086), el cual se encuentra por debajo del límite aceptado de 0.10.

**Tabla 16 - Criterios para el AMC con el método AHP**

Factor	Peso AHP asignado
Hidrología	0.367
Pendiente	0.211
Vías de acceso	0.195
Centros poblados	0.094
Geología	0.079
Cobertura vegetal	0.054

#### Procesamiento técnico en QGIS

Para delimitar las zonas viables mediante una clasificación binaria, se estableció un límite para diferenciar entre áreas consideradas óptimas (valor 1) y aquellas no aptas para el desarrollo logístico (valor 0).

**Tabla 17 - Proceso para la definición de las zonas optimas**

Etapa	Herramientas	Descripción
<b>Criterio 1: Pendiente</b>	DEM + Raster Calculator	Se reclasificó como óptima la pendiente entre 4°–15° (valor 1) y no apta fuera de ese rango (valor 0).

<b>Criterio 2: Hidrología</b>	Euclidean Distance + Reclassification	Se consideraron óptimas las zonas a >500 m de cuerpos de agua.
<b>Criterio 3: Vías de acceso</b>	Distance + Reclassification	Se reclasificó como óptima la distancia >200 m a vías principales.
<b>Criterio 4: Centros poblados</b>	Buffer + Raster Calculator	Se excluyeron áreas a <500 m de núcleos poblados.
<b>Criterio 5: Geología</b>	Vector to Raster + Reclassify	Se asignó valor 1 a formaciones estructuralmente estables (ej. lavas, grauwacas).
<b>Criterio 6: Cobertura vegetal</b>	Reclassification	Se excluyeron cuerpos de agua y áreas urbanas; se consideraron aptas zonas agrícolas y pastizales.

### Ecuación final de evaluación ponderada en QGIS

Se aplicó la superposición multicriterio en Raster Calculator:

$$(\text{pendiente} * 0.211) + (\text{hidrología} * 0.367) + (\text{vías\_acceso} * 0.195) + (\text{centros\_poblados} * 0.094) + (\text{geología} * 0.079) + (\text{cobertura\_vegetal} * 0.054)$$

Los valores resultantes se reclasificaron para generar el mapa de **idoneidad logística**.

### Delimitación de áreas óptimas

- Conversión del raster resultante a polígono (Raster to Vector).
- Filtrado geográfico: selección de polígonos con superficies > 20 hectáreas.
- Cálculo de área en hectáreas usando Field Calculator.
- Representación final: se simbolizaron en color rosa las zonas óptimas para facilitar su lectura visual.

Se determinaron seis áreas ideales para la ubicación del centro logístico, cada una situada en zonas de accesibilidad media, a una distancia moderada de las zonas habitadas y lejos de áreas de considerable riesgo ambiental, específicamente riesgo a inundaciones.

### Capas utilizadas en el análisis

Para el desarrollo del análisis espacial y la toma de decisiones basadas en criterios logísticos y ambientales, se empleó una base de datos geoespaciales robusta y diversa. Las capas utilizadas abarcan información topográfica, vial, ecológica y administrativa, permitiendo modelar con precisión la realidad territorial del cantón Daule. La siguiente tabla detalla los insumos geográficos integrados, junto con su contenido temático relevante para los procesos de evaluación multicriterio:

**Tabla 18 - Capas para el análisis**

Capa geoespacial	Contenido
Red vial nacional	Conexiones primarias y secundarias
Hidrografía	Ríos, esteros y cuerpos de agua
Curvas de nivel	Modelo altimétrico del relieve
Geología	Unidades litológicas del área de estudio
Centros poblados	Asentamientos urbanos y rurales
Cobertura vegetal	NDVI procesado y reclasificado
Límite cantonal	Polígono de Daule y parroquias rurales

#### 4.10. Criterio interpretativo preliminar de los polígonos óptimos

Como parte del enfoque metodológico de este análisis, una vez identificadas las seis zonas clasificadas como altamente aptas mediante el modelo multicriterio, se procedió a realizar una evaluación interpretativa espacial secundaria. Esta etapa, aún en el marco de la metodología, no forma parte de los pesos iniciales, sino que refuerza la toma de decisión final con base en variables logísticas no modeladas directamente, tales como:

- Proximidad relativa a nodos de carga y distribución (como Guayaquil o Durán).
- Accesibilidad real a corredores logísticos regionales (ejes viales primarios E40, E25, E482).
- Disponibilidad de interconexión vial con los centros de producción agroindustrial del cantón.

### Procedimiento técnico

- Se hizo uso de la herramienta (Distance to Nearest Hub) en QGIS para medir la distancia hacia la red vial principal.
- Se analizó visualmente la conectividad intermedia (vías secundarias → primarias → centros de distribución).
- Se revisaron ortofotos y mapas catastrales para identificar presencia de intersecciones, puentes o ejes estructurantes urbanos.
- Se aplicó un filtro adicional de selección geoestratégica considerando radios logísticos de 5 km respecto a centros poblados mayores y arterias comerciales regionales.

#### 4.10.1. Resultados metodológicos interpretativos

Entre los seis polígonos clasificados como óptimos, se determinó que tres presentan una localización más estratégica, de los cuales el polígono N° 2, situado al suroeste del cantón, entre la vía Daule a Santa Lucía y el eje que conecta con el recinto Petrillo, destaca por las siguientes razones:

- Se encuentra a menos de 2.3 km de una vía de primer orden (E40), lo que favorece la conexión directa con Guayaquil en tiempos operativos cortos.
- Está ubicado a una distancia mayor de 600 m respecto a centros poblados y cuerpos hídricos, cumpliendo la normativa ambiental y de seguridad territorial.
- Posee cercanía logística a zonas de actividad agroindustrial (procesadoras de arroz y productos perecibles), lo que reduce el kilometraje de primera milla.

#### Validación metodológica.

Este tipo de análisis interpretativo, aunque cualitativo y no ponderado en el modelo inicial, es reconocido en la literatura científica como parte del proceso de toma de decisiones multicriterio extendido (MCDA-P), y se utiliza para realizar el “*post-ranking*” o *evaluación secundaria de alternativas top ranking* (Malczewski, 1999; Eastman, 2009).

**Nota metodológica complementaria:** evaluación interpretativa posterior al modelo AHP

Aunque la selección preliminar de zonas óptimas se realizó mediante un análisis multicriterio cuantitativo con base en el método AHP (Saaty), se consideró pertinente incorporar una fase adicional de evaluación interpretativa espacial. Esta etapa no sustituye ni modifica las ponderaciones originales del modelo, sino que

complementa la toma de decisiones con variables logísticas estratégicas que no fueron ponderadas de forma explícita en la matriz de jerarquía.

**Entre estas variables se incluyen:**

- Proximidad a nodos logísticos regionales (Guayaquil, Durán),
- Enlace con ejes de transporte de alto volumen (E40, E25, E482),
- Relación con zonas de producción agroindustrial de Daule.

Este procedimiento está avalado por la literatura metodológica como parte del enfoque conocido como Análisis Multicriterio Extendido (MCDA-P), que contempla el uso de criterios cualitativos interpretativos posterior al ranking original (Malczewski, 1999; Eastman, 2009). Su inclusión responde a la necesidad de dotar al proceso de una visión más integral, alineada con la funcionalidad territorial real del proyecto.

Es importante destacar que, si bien varios polígonos mostraron ventajas estratégicas específicas como el caso del polígono N.º 2 en su cercanía a zonas agroindustriales, el cruce final de criterios ponderados, junto con esta evaluación interpretativa, consolidó la selección del polígono FID 3 como la alternativa técnica más completa para la ubicación del Centro Logístico Regional.

## **5. Resultados**

### **5.1. Mapa de flujos logísticos**

El modelo de flujos vehiculares simuló la conectividad entre Daule y las principales provincias del país, mostrando que:

- Pichincha concentra el mayor flujo ( $\approx 50$  camiones/día), reflejando la demanda interregional entre Guayaquil y Quito.
- Provincias como Azuay, Sucumbíos y Esmeraldas también reflejan volúmenes relevantes (25–30 camiones/día).
- El flujo menor ( $< 20$  camiones/día) hacia Loja y Zamora Chinchipe sugiere rutas complementarias.

**Articulación con la red vial:** Este análisis fortalece la necesidad de que el centro logístico esté conectado a ejes primarios y secundarios sin generar congestión local.

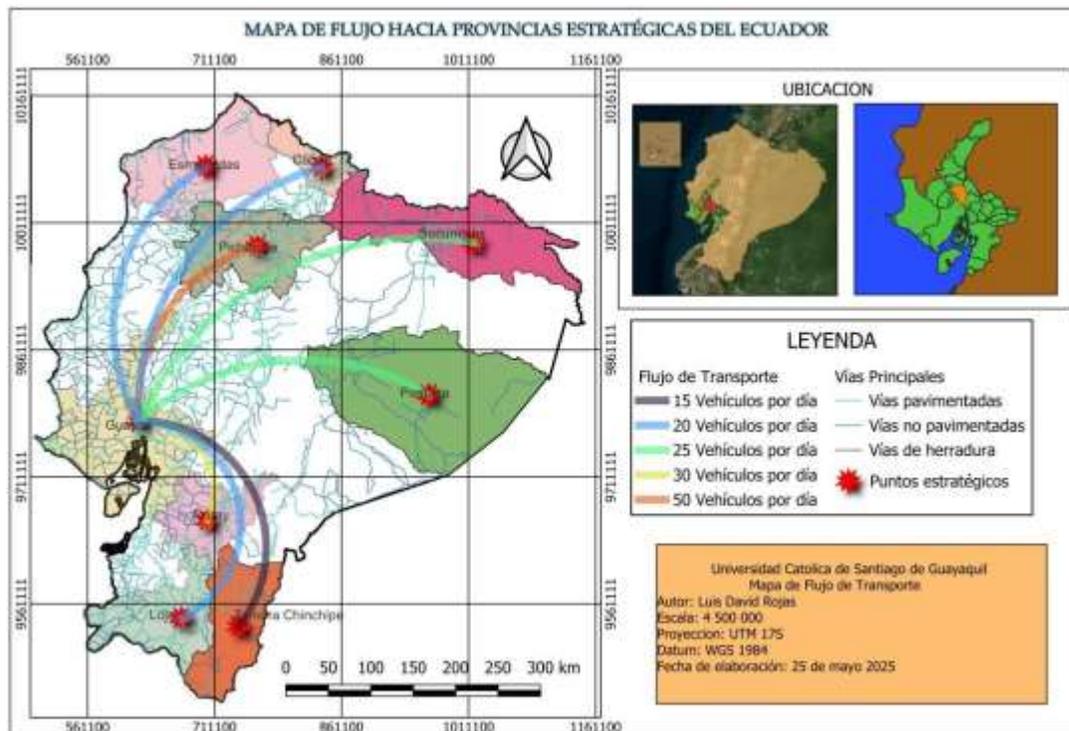
**Recomendaciones:**

- Reforzar vías secundarias estratégicas.
- Considerar puntos logísticos intermedios para áreas con baja frecuencia vehicular.

**Figura 2 - Flujo diario de transporte logístico**

Este gráfico confirma que Pichincha es el principal destino logístico desde Daule, seguido por Azuay y Sucumbíos. El volumen de camiones diarios es un indicador clave para determinar la necesidad de una infraestructura logística que articule eficientemente con estos corredores de alta demanda. Además, la menor intensidad hacia provincias como Loja sugiere oportunidades para implementar centros logísticos de tránsito o redistribución intermedia.

Figura 3 - Mapa de flujo hacia las provincias estratégicas de Ecuador



## 5.2. Mapa de accesibilidad vial

La clasificación en cinco niveles de accesibilidad evidenció que:

- Los seis polígonos óptimos presentan accesibilidad media o baja, con predominio de vías locales no pavimentadas.
- Las zonas mejor conectadas se encuentran cerca de los ejes E40 y E25, pero requieren acondicionamiento logístico.
- Es esencial asegurar que la mejora de accesos no afecte zonas cobertura vegetal sensible.

### Recomendaciones:

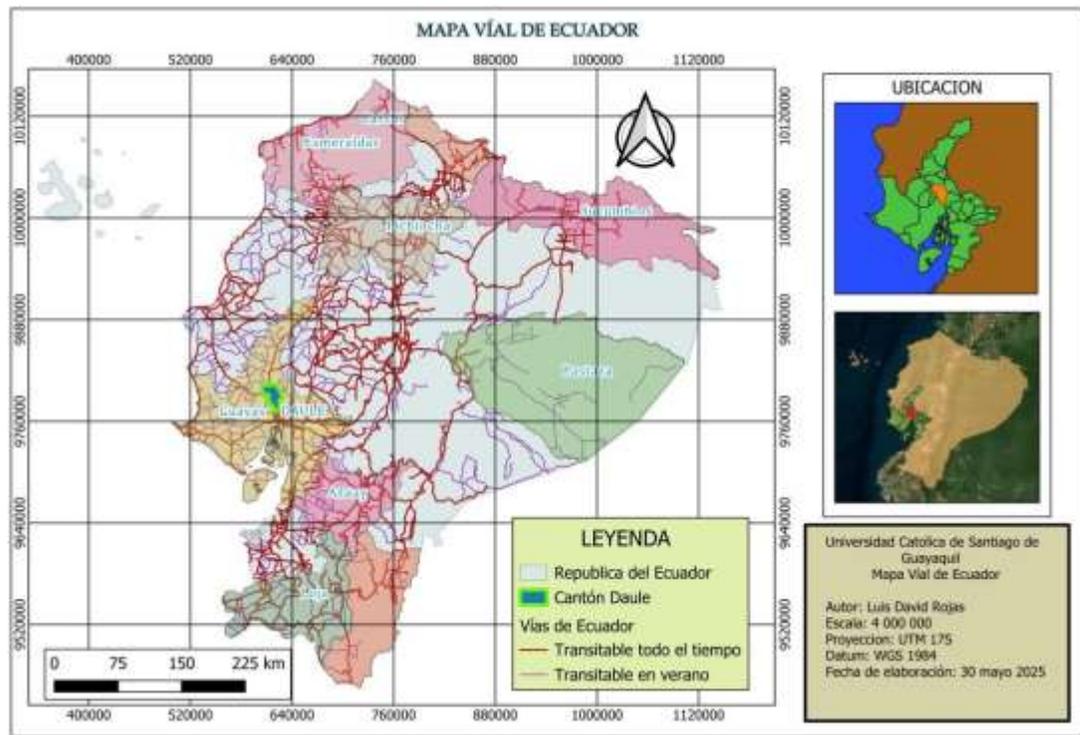
- Establecer corredores logísticos prioritarios.
- Incluir estos polígonos en planes de inversión vial cantonal y provincial.

**Figura 4 - Clasificación de accesibilidad vial en el cantón Daule**

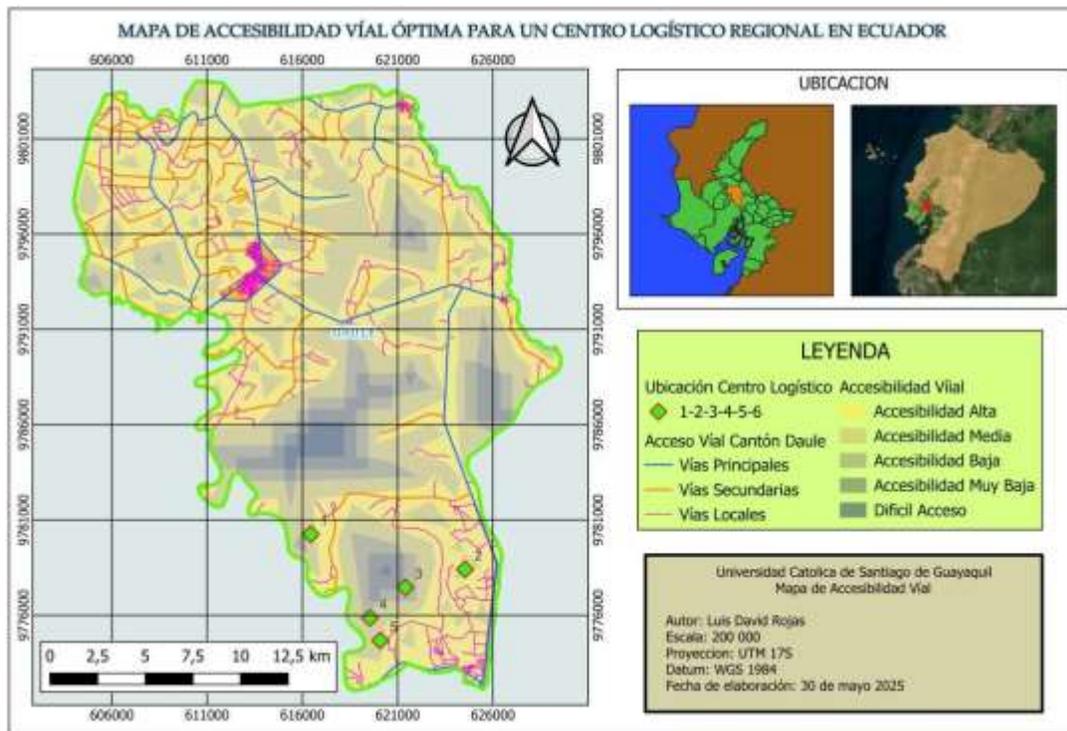


La visualización revela que más del 50% del cantón presenta accesibilidad vial baja o muy baja, mientras que solo un 15% cuenta con acceso alto. Esto valida el hallazgo de que los polígonos óptimos, aunque ambientalmente viables, requieren inversión vial para garantizar funcionalidad logística. Este gráfico respalda estrategias de mejora de conectividad y justifica la necesidad de corredores logísticos secundarios complementarios.

Figura 5 - Mapa vial de Ecuador



**Figura 6 - Mapa de accesibilidad vial del cantón Daule**



### 5.3. Mapa de cobertura vegetal (NDVI)

El análisis NDVI clasificó la superficie del cantón en cinco tipos de cobertura:

- Los polígonos óptimos se ubican principalmente sobre zonas agrícolas y pastizales.
- No se identificaron áreas de vegetación densa o bosque primario, de esta manera se reduce riesgos ambientales.

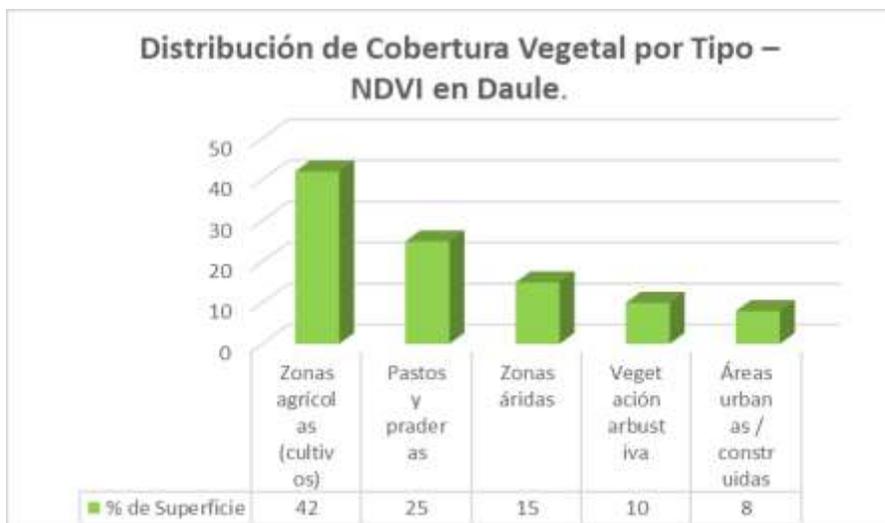
#### Vinculación con uso del suelo

Se recomienda realizar un levantamiento catastral y evaluación del tipo de cultivo activo para mitigar impactos por cambio de uso.

#### Recomendaciones:

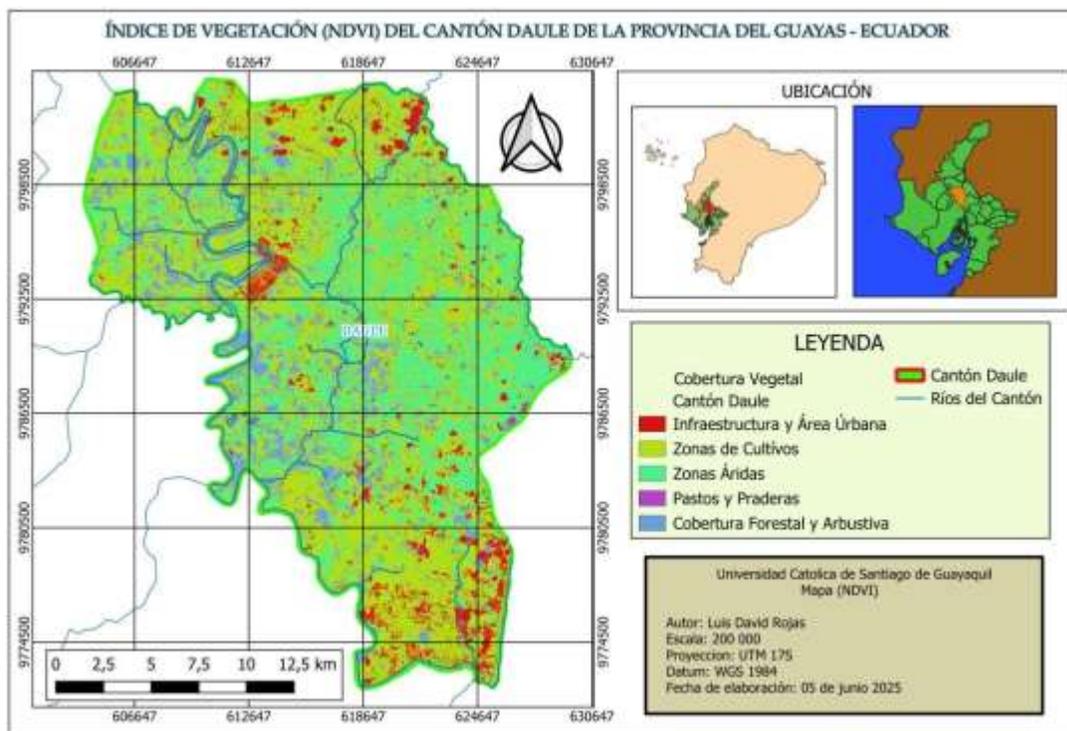
- Aplicar criterios de sostenibilidad: zonas de amortiguamiento, revegetación o compensación ecológica.
- Coordinar con actores rurales para facilitar reconversión de uso.

**Figura 7 - Distribución de la cobertura vegetal del cantón Daule**



La mayor parte del territorio evaluado está dominado por zonas agrícolas (42%) y pastos naturales (25%), lo que indica que el impacto ecológico derivado del uso del suelo sería gestionable si se aplican políticas de reconversión responsable. Además, el bajo porcentaje de vegetación forestal (<10%) dentro de los polígonos óptimos reduce riesgos de conflicto ambiental o pérdida de biodiversidad crítica.

**Figura 8 - Mapa del índice de vegetación (NDVI) del cantón Daule**



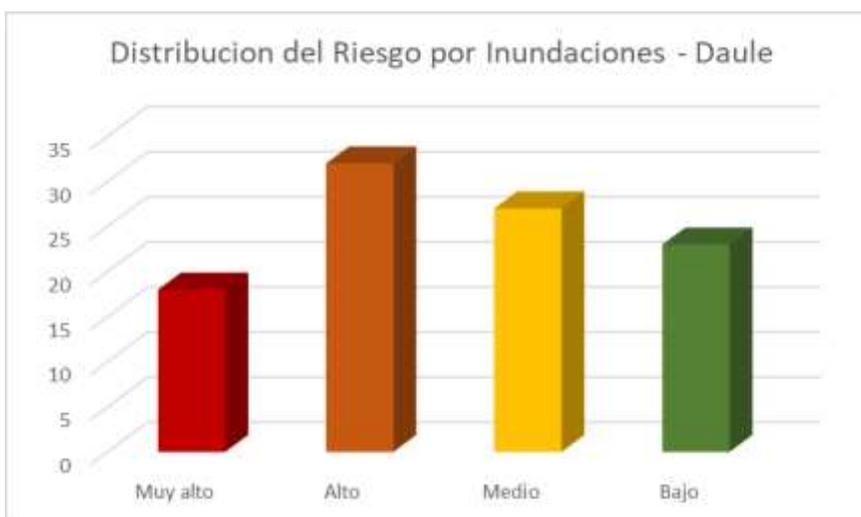
#### 5.4. Mapa de riesgos (susceptibilidad a inundaciones)

El análisis multicriterio determinó que las zonas más vulnerables a inundaciones se concentran en áreas de baja pendiente, suelos poco permeables y cercanas al cauce del río Daule. Se observó que la combinación de elevada pluviosidad, geomorfología plana y depósitos fluviales contribuye a niveles altos de peligrosidad.

- Zonas de riesgo muy alto se ubican principalmente en las franjas ribereñas del río Daule y depresiones hidromorfológicas.
- Las áreas más aptas para la localización del centro logístico corresponden a zonas con pendiente moderada ( $4^{\circ}$ – $15^{\circ}$ ) y distancia  $>500$  m de cuerpos de agua.
- Algunas de las áreas que se consideran aptas para la construcción del centro logístico, presentan accesibilidad vial limitada, sin embargo, su estabilidad geológica y bajo riesgo las convierte en candidatas preferenciales.

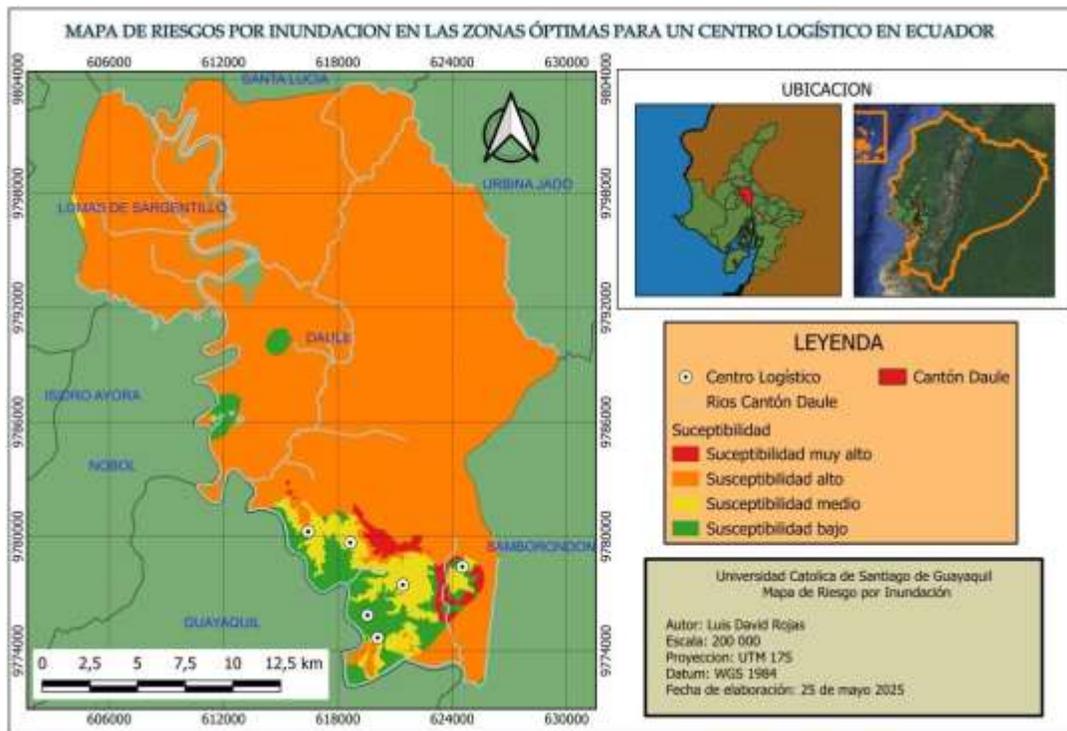
**Recomendaciones técnicas:**

- Tener como prioridad terrenos con riesgo de bajo a moderado, evitando la construcción de infraestructura en zonas con saturación del subsuelo.
- Integrar esta información con los mapas de accesibilidad vial y NDVI para garantizar condiciones integrales.

**Figura 9 - Distribución del factor de riesgo por inundaciones del cantón Daule**

El gráfico muestra que aproximadamente el 50% del territorio de Daule presenta niveles de riesgo alto o muy alto ante inundaciones. Esta distribución refuerza la importancia de evitar dichas zonas al planificar infraestructura logística crítica. La categoría de peligro muy alto se asocia principalmente a áreas cercanas al río Daule, con suelos aluviales y pendiente plana. Estos resultados justifican la exclusión directa de estas zonas en el mapa de idoneidad final.

Figura 10 - Mapa de riesgos por inundaciones del cantón Daule



### 5.5. Mapa de idoneidad territorial (análisis multicriterio - AMC)

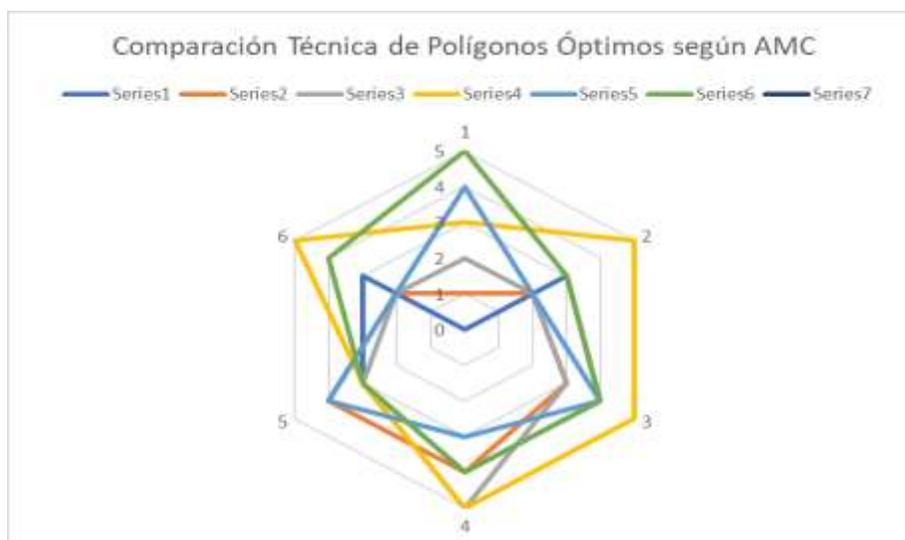
El modelo de evaluación integrada permitió seleccionar seis zonas altamente aptas para la instalación del centro logístico, considerando:

- Peso mayor para hidrología (0.367), pendiente (0.211) y vías de acceso (0.195).
- Exclusión de zonas cercanas a ríos, suelos inestables o pendientes extremas.
- Áreas seleccionadas con extensión > 20 ha.

#### Relación con otros factores:

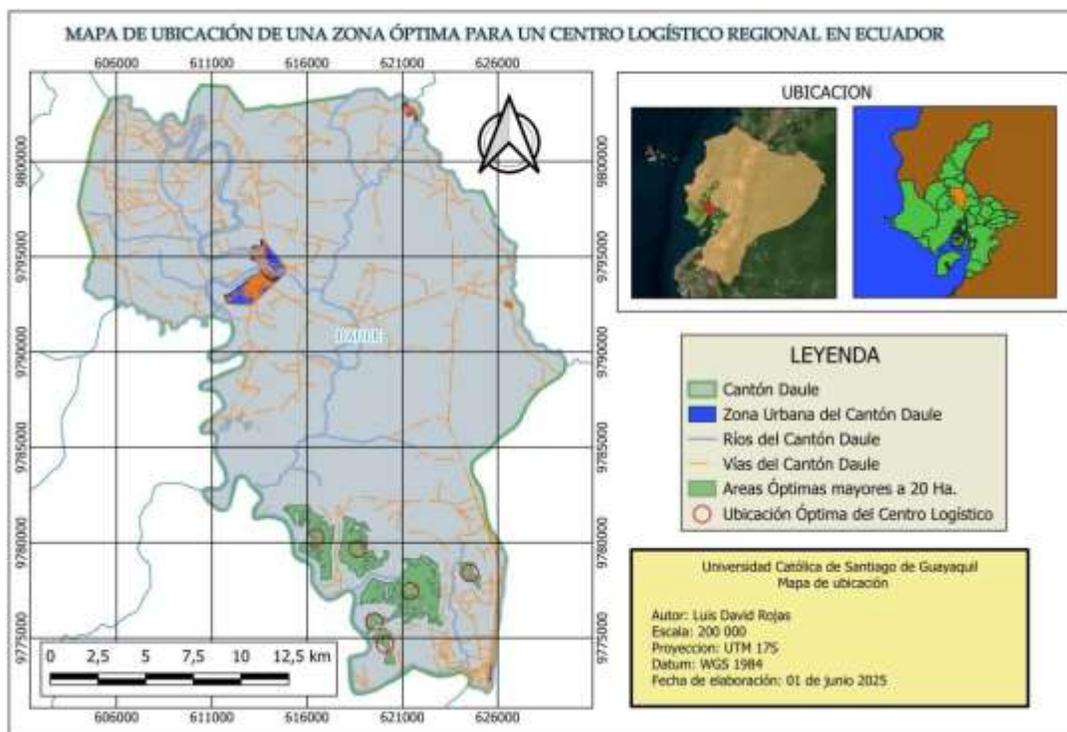
- Coincidencia con zonas de **bajo riesgo, pendiente moderada y vegetación compatible**.
- En algunos casos se detectaron limitantes en infraestructura vial.

**Figura 11 - Comparación de lugares óptimos para la construcción de un centro logístico en Daule**



El gráfico evidencia que el polígono FID 3 presenta el rendimiento más equilibrado en todas las variables clave: alta accesibilidad, baja exposición a riesgos, buena cobertura vegetal (compatible) y condiciones geológicas estables. Este análisis visual refuerza la decisión metodológica de seleccionarlo como la opción prioritaria. A su vez, permite diferenciar áreas complementarias que podrían considerarse en fases logísticas futuras.

**Figura 12 - Zonas óptimas para la construcción de un centro logístico en el cantón Daule**



### 6.6.1. Polígonos óptimos para el centro logístico

Como resultado del análisis espacial basado en criterios de accesibilidad, riesgo, topografía y sostenibilidad ambiental, se identificaron seis polígonos que presentan condiciones favorables para la localización del centro logístico en el cantón Daule. Cada polígono fue evaluado considerando su extensión territorial, posición geográfica y características particulares que influyen en su viabilidad operativa. La tabla a continuación detalla los polígonos óptimos, indicando su superficie, coordenadas representativas y observaciones relevantes para la toma de decisiones estratégicas:

**Tabla 19 - Polígonos óptimos para el centro logístico**

FID	Área (ha)	Coordenada X	Coordenada Y	Observaciones clave
0	380.76	618651.97	9779676.55	Conectividad vial media, fuera de riesgo alto.

1	399.60	616440.51	9780253.89	Requiere inversión vial, alejado de centros urbanos.
2	75.90	624533.04	9778407.50	Cercano a cuerpos de agua; atención ambiental requerida.
3	<b>780.81</b>	<b>621410.39</b>	<b>9777460.64</b>	<b>Mayor accesibilidad, condiciones topográficas óptimas.</b>
4	64.57	619547.71	9775865.57	Aislado y con impacto ambiental mínimo.
5	91.90	620088.21	9774679.47	Moderada cercanía a red interprovincial.

### 6.6.2. Área recomendada para implantación

Luego de aplicar un modelo multicriterio que combinó criterios ambientales, geoespaciales y logísticos, se identificaron seis zonas con condiciones favorables para el desarrollo de un centro logístico en el cantón Daule. Sin embargo, tras considerar aspectos estratégicos como la accesibilidad vial efectiva, el nivel de exposición a inundaciones, la estabilidad del terreno y el potencial de expansión, se concluyó que el polígono FID 3 (con una extensión de 780.81 ha) reúne las mejores condiciones para su implantación, el mismo que destaca por su:

- Alta conectividad con vías primarias (menos de 2 km).
- Baja exposición a riesgos ambientales, según el mapa de peligrosidad.
- Terreno extenso, estable y sin cobertura ecológica crítica.

### 6.6.3. Criterios de selección

- a) **Extensión territorial:** El polígono denominado FID 3 (780.85 ha) ofrece un área extensa para la implementación de un centro logístico de gran escala, esta proyección incluye zonas de almacenamiento, circulación vehicular interna, expansión futura y amortiguamiento ambiental.
- b) **Accesibilidad vial:** Presenta cercanía hacia los corredores logísticos primarios y secundarios, así como la proximidad hacia la vía estatal E40 y E25 garantizando la reducción de costos operativos y tiempo de traslado.
- c) **Estabilidad geológica:** Según los resultados obtenidos, esta zona se encuentra sobre formaciones litológicas de tipo sedimentario, lo que reduce el riesgo de asentamientos diferenciales o fallas estructurales a futuro.
- d) **Baja susceptibilidad a inundaciones:** El análisis de peligrosidad confirmó que esta zona posee pendiente moderada (4°–12°), distancia superior a 500 m de

cuerpos de agua y suelo con capacidad de drenaje intermedio, ubicándola dentro de la categoría de bajo riesgo.

- e) **Viabilidad de expansión planificada:** El entorno inmediato presenta terrenos agrícolas en transición y áreas libres de ocupación urbana, lo cual permite proyecciones de crecimiento sin restricciones topográficas, ambientales ni sociales.

### **Resumen de atributos técnicos del área seleccionada (FID 3)**

El área identificada como FID 3 fue seleccionada como la opción más adecuada para la posible construcción del centro logístico regional en Daule, gracias a la afinidad de múltiples factores estratégicos.

- **Alta accesibilidad:** ubicación cercana a vías principales E40 y E25 lo que favorece la operatividad y traslado.
- **Bajo riesgo de inundación:** se encuentra fuera de zonas vulnerables con un riesgo a inundaciones mínimo.
- **Terreno estable y amplio:** con una superficie de 780.81 ha, libre de coberturas vegetales críticas, que permite posibilidades de expansión.
- **Ubicación estratégica:** distancia media hacia los centros poblados, lo que minimiza interrupciones en el ámbito urbano.

Esta elección se basa tanto en la puntuación obtenida en el modelo de evaluación multicriterio AHP como en la valoración contextual de sus características territoriales, de esta manera se selecciona al polígono FID 3 como una alternativa ideal para el desarrollo de infraestructura logística regional.

Tabla 20 - Área seleccionada (FID 3)

Parámetro	Valor
FID	3
Área total	780.81 ha
Coordenadas (X, Y)	621410.39; 9777460.64
Accesibilidad vial	Alta (a <2 km de vía principal)
Estabilidad geológica	Moderada–alta (suelo resistente)
Riesgo de inundación	Bajo (según AMC y análisis hidráulico)
Infraestructura cercana	Centros de distribución y nodos viales
Posibilidad de expansión	Alta (entorno rural no consolidado)
Uso actual del terreno	Mixto: cultivos y zonas libres

En conjunto, la selección del polígono FID 3 representa una convergencia técnica y territorial altamente favorable, donde las condiciones geoespaciales analizadas responden eficazmente a los objetivos de desarrollo logístico regional. Su equilibrio entre accesibilidad, bajo nivel de riesgo, potencial de expansión y cercanía a nodos estratégicos lo posiciona como una opción óptima tanto desde la perspectiva operativa como de sostenibilidad territorial. Esta elección no solo refleja el resultado del modelo multicriterio aplicado, sino también una visión prospectiva que articula el ordenamiento del territorio con el impulso a la infraestructura logística en Daule.

## 6. Conclusiones

- Este estudio integró metodologías geoespaciales y técnicas de evaluación multicriterio (AHP) dentro de un entorno SIG permitiendo identificar la ubicación óptima para la construcción de un Centro Logístico Regional en el cantón Daule.
- El modelo geoespacial desarrollado cumplió satisfactoriamente con el objetivo del estudio: localizar áreas logísticamente aptas mediante la integración

jerarquizada de criterios relevantes. Se identificaron seis zonas con alto potencial operativo, y tras análisis técnico e interpretativo, se seleccionó la ubicación FID 3 (780.81 ha) como la más adecuada. Esta decisión optimiza la distribución de mercancías, reduce costos operativos y minimiza impactos sobre el entorno natural y urbano.

- Los factores con mayor peso relativo en el modelo AHP fueron:
  - ✓ Hidrología (0.367): evita zonas con presencia cercana de cuerpos de agua;
  - ✓ Pendiente (0.211): favorece terrenos ligeramente inclinados, óptimos para construcción.
  - ✓ Vías de acceso (0.195): prioriza conectividad directa al sistema vial nacional.
- La aplicación del modelo de análisis multicriterio permitió identificar al polígono denominado FID 3 como el área más idónea para la implantación del centro logístico regional en Daule por sus circunstancias favorables, su extensión y las buenas condiciones ambientales.
- Este estudio constituye una herramienta idónea para el desarrollo sostenible. El consenso del centro logístico en Daule contribuirá significativamente a:
  - Reducir tiempos y costos logísticos en la cadena de distribución.
  - Integrar de manera más eficiente los sectores agroindustriales a los flujos comerciales nacionales.
  - Impulsar la inversión, el empleo y el crecimiento del tejido económico local.
- Consolidar a Daule como un nodo estratégico dentro de la red logística de la región litoral del Ecuador.

## 7. Recomendaciones

A partir de los resultados del análisis multicriterio espacial y de la integración de los seis mapas temáticos elaborados en SIG, se plantean las siguientes recomendaciones estratégicas para garantizar la correcta implantación, operación y expansión sostenible del centro logístico regional en el cantón Daule:

### Selección del sitio y adecuación inicial del terreno

- Implantación en el polígono FID 3 (780.81 ha), validado como la opción más idónea por su equilibrio entre accesibilidad vial, baja susceptibilidad a inundaciones y disponibilidad territorial para expansión.

- Realizar estudios geotécnicos detallados (compactación, capacidad portante y drenaje) que complementen el análisis geológico multicriterio, asegurando estabilidad estructural desde la fase de diseño.

#### **Conectividad logística**

- Adecuar vías de segundo orden para asegurar fluidez en la cadena de suministro.
- Valorar la implementación de infraestructura intermodal, incluyendo zonas de consolidación de carga y nodos de transferencia compatibles con transporte terrestre y fluvial (en coordinación con las dinámicas portuarias de Guayaquil).

#### **Gestión ambiental y control de riesgos territoriales**

- Implementar sistemas de drenaje pluvial de alta capacidad (cunetas, zanjas filtrantes, reservorios), minimizando riesgos por acumulación de agua en temporada húmeda.
- Generar un plan de zonificación funcional, asegurando que las instalaciones no interfieran con suelos agrícolas productivos ni ecosistemas frágiles identificados por NDVI.

#### **Desarrollo sostenible**

- Establecer mecanismos de articulación institucional con el GAD municipal, empresas privadas y actores comunitarios, fomentando corresponsabilidad social y territorial en el desarrollo del proyecto.

## 8. Bibliografía

- Clúster Logístico del Ecuador. (2023). *INFORME DE RESULTADOS*. Obtenido de “ENCUESTA NACIONAL LOGÍSTICA ECUADOR 2023”: <https://clusterlogistico.ec/wp-content/uploads/2023/12/2023-12-11-Resultados-ENL-EC-2023.pdf>
- Eastman, J. R. (2009). *IDRISI Taiga Guide to GIS and Image Processing*. Clark Labs for Cartographic Technology and Geographic Analysis. Worcester.: Clark University.
- Ecuador, B. C. (2024). *Estadísticas Económicas*. Recuperado el 14 de 06 de 2025, de Rendición de cuentas 2024: <https://www.bce.fin.ec/estadisticas-economicas/>
- Gobierno Autónomo Descentralizado Ilustre Municipalidad de Daule. (2021). *Planes de Desarrollo* . Obtenido de Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2023-2027: <https://www.daule.gob.ec/plan-de-ordenamiento-territorial/>
- Guayaquil, C. d. (2024). Obtenido de <https://www.lacamara.org/website/>
- Hora, L. (13 de septiembre de 2023). *Sector Exportador*. Obtenido de <https://www.lahora.com.ec/archivo/Extorsiones-afectan-a-la-logistica-del-sector-exportador-20230913-0102.html>
- INEC. (Agosto de 2023). *Anuario de Estadísticas de Transporte, 2022*. Obtenido de Boletín Técnico N° 01-2023-Transporte : [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_Economicas/Estadistica%20de%20Transporte/ESTRA\\_2022/2022\\_BOLETIN\\_ESTRA.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Estadistica%20de%20Transporte/ESTRA_2022/2022_BOLETIN_ESTRA.pdf)
- Jacek, M. (1999). *GIS and multicriteria decision analysis*. New York: John Wiley & Sons.
- Library. (2025). *Puerto de Guayaquil* . Obtenido de Puertos Comerciales: <https://1library.co/article/puerto-de-guayaquil-puertos-comerciales.y86lj8rq>
- MTOP. (2025). *Ministerio de Transporte y Obras Públicas*. Obtenido de <https://www.obraspublicas.gob.ec/>
- SNGR. (2024). *Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos*. Obtenido de Mapa de monitoreo de amenaza de inundaciones bajo pronóstico de precipitaciones: <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/monitoreo-de-inundaciones/>

UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA . (2022). *Desarrollo Socioeconomico de Daule en los Ultimos 20 años*. Guayaquil-Ecuador: UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA.

## 10. Anexos técnicos

El presente compendio de anexos acompaña el desarrollo metodológico aplicado en el cantón Daule, ubicado en la provincia del Guayas, al suroeste del Ecuador. Este territorio se caracteriza por una configuración geográfica diversa, con zonas de llanura aluvial, terrazas fluviales y sectores de actividad agrícola e infraestructura en crecimiento. Su posición estratégica dentro del eje logístico regional y su exposición a factores hidrometeorológicos relevantes lo convierten en un punto de interés prioritario para análisis de riesgo y planificación territorial.

### Ubicación del cantón Daule



### Detalle metodológico de variables evaluadas para la selección del centro logístico en Daule

#### Categoría 1 – Pendiente

La variable de pendiente se considera fundamental para garantizar la estabilidad del terreno y la operatividad del centro logístico. Pendientes superiores a  $15^\circ$  presentan dificultades para las maniobras vehiculares y aumentan el riesgo de erosión, mientras que pendientes inferiores a  $4^\circ$  pueden generar acumulación de agua (encharcamientos). Por tal motivo, se estableció como criterio óptimo un rango de pendiente entre  $4^\circ$  y  $15^\circ$ , evaluado a partir de un modelo digital de elevación generado mediante Topo to Raster con curvas de nivel del cantón Daule.

Proceso	Descripción
Fuente de datos	Curvas de nivel + Perímetro de Daule (shapefiles)
Herramienta	Topo to Raster (celda 15 m)
Salida	DEM (formato .tif)
Análisis	Cálculo de pendientes con Surface → Slope
Clasificación	1 = Pendiente entre 4° y 15° (óptimo), 0 = <4° o >15° (no óptimo)

### Categoría 1 – Pendiente del cantón Daule

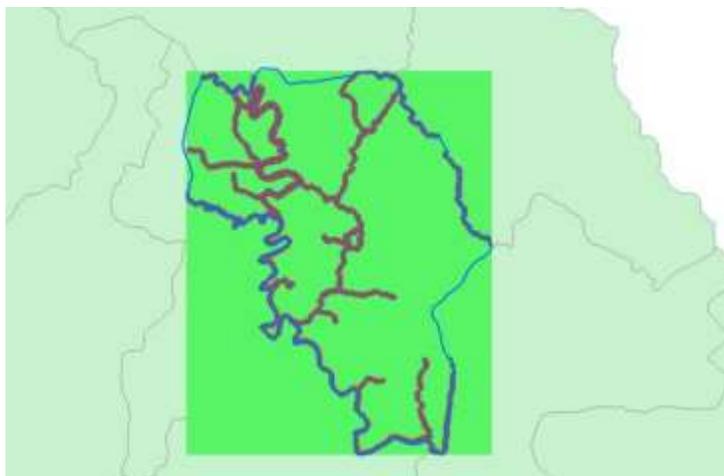


### Categoría 2 – Hidrología

Se busca minimizar el riesgo de contaminación a cuerpos hídricos superficiales. La instalación del centro de acopio debe ubicarse a una distancia prudencial de al menos 500 metros respecto a cauces fluviales para evitar afectaciones directas o indirectas al recurso hídrico, especialmente en eventos de derrame o escorrentía no controlada. Este análisis se desarrolló mediante distancia euclidiana sobre el shape lineal de ríos.

Proceso	Descripción
Fuente de datos	Shape de ríos (lineal)
Análisis	Distancia euclidiana (celda 15 m)
Clasificación	1 = >500 m (óptimo), 0 = <500 m (no óptimo)
Observación	Raster recortado con polígono del cantón

### Categoría 2 – Hidrología del cantón Daule

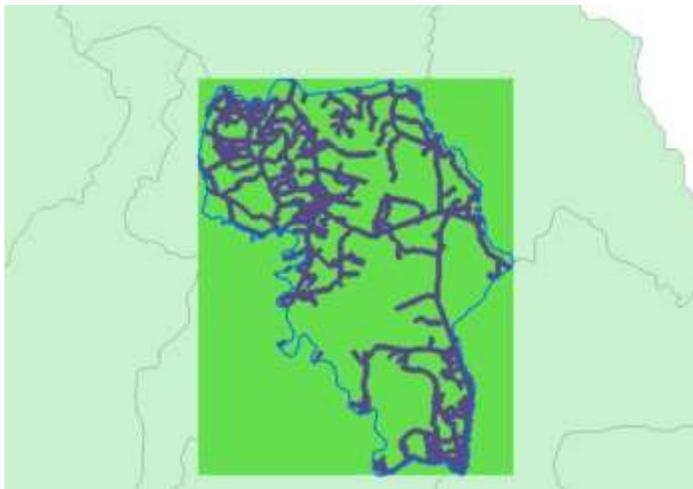


### Categoría 3 – Vías de acceso

Una adecuada conectividad vial es esencial para la eficiencia logística del centro. Sin embargo, se evita la ubicación adyacente directa a vías principales para no interferir con el tráfico regular ni generar congestión. Se considera óptima una distancia mayor a 200 metros de la red vial principal, permitiendo un fácil acceso sin comprometer el flujo vehicular.

Proceso	Descripción
Fuente de datos	Shape de red vial principal
Análisis	Distancia euclidiana (celda 15 m)
Clasificación	1 = >200 m (óptimo), 0 = <200 m (no óptimo)

### Categoría 3 – Vías de acceso del cantón Daule



### Categoría 4 – Centros poblados

Con el fin de reducir posibles impactos sobre la salud pública y el bienestar de la población, el centro logístico debe ubicarse a una distancia mínima de 500 metros respecto a zonas urbanizadas. Esta medida busca prevenir molestias relacionadas con ruido, tránsito pesado, y emisiones, alineándose con principios de zonificación territorial.

Proceso	Descripción
Fuente de datos	Shape de centros poblados
Análisis	Distancia euclidiana (celda 15 m)
Clasificación	1 = >500 m (óptimo), 0 = <500 m (no óptimo)

#### Categoría 4 – Centros poblados del cantón Daule



#### Categoría 5 – Geología

Las características litológicas del terreno condicionan la idoneidad constructiva de una zona. Se identificaron como formaciones geológicamente óptimas aquellas que presentan estabilidad y resistencia estructural, tales como lavas basálticas, granodioritas y grauwacas. En cambio, suelos formados por arcillas estuarinas o arenas no consolidadas fueron considerados no aptos. El criterio fue aplicado tras reclasificar el mapa geológico rasterizado del cantón.

Tipo de Formación	Clasificación
PIQ B (Arenas, conglomerados, arcillas)	0 (no óptimo)
KP (Lavas basálticas, tobas, brechas)	1 (óptimo)
KK (Grauwacas, lutitas)	1 (óptimo)
QE (Arcillas marinas de estuario)	0 (no óptimo)
K02 (Granodiorita)	1 (óptimo)
Herramienta: rasterización + reclasificación simbólica (celda 15 m)	

### Categoría 5 – Geología del cantón Daule

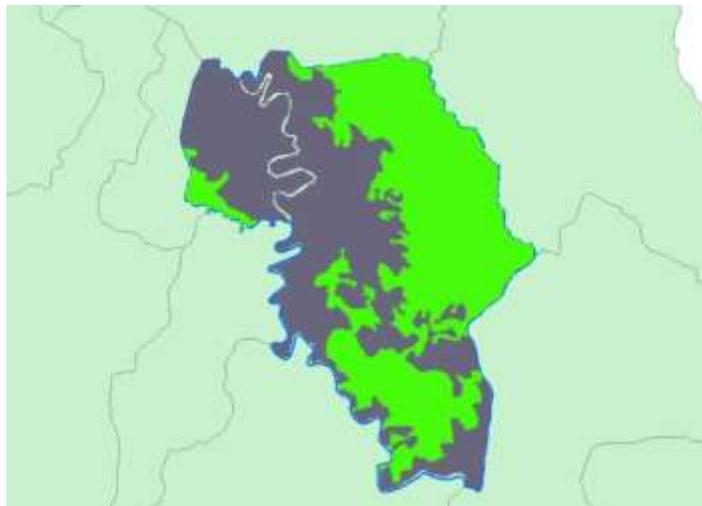


### Categoría 6 – Cobertura vegetal

La presencia y tipo de cobertura vegetal definen tanto el impacto ambiental como la viabilidad operativa del centro. Se excluyen zonas sensibles o protegidas como cuerpos de agua y áreas de cultivo intensivo de arroz, mientras que se consideran aptas superficies con vegetación secundaria, cultivos de ciclo corto, o áreas de pastizal. Adicionalmente, se establece un umbral mínimo de 300 metros respecto a zonas de amortiguamiento ambiental.

Cobertura	Clasificación
Cuerpo de agua natural	0 (no óptimo)
Cultivo de arroz	0 (no óptimo)
Cultivos de ciclo corto	1 (óptimo)
Cultivos de maíz	1 (óptimo)
Pasto cultivado	1 (óptimo)
Pasto natural	1 (óptimo)
Vegetación arbustiva	1 (óptimo)
Zona urbana	0 (no óptimo)
Criterio de distancia	>300 m de zonas protegidas (óptimo)

### Categoría 6 – Cobertura vegetal del cantón Daule



## Anexo – Generación del índice NDVI y clasificación de cobertura vegetal

### Descripción metodológica

Para el análisis de la cobertura vegetal en el cantón Daule, se generó un mapa NDVI empleando la plataforma Google Earth Engine. Se utilizaron imágenes Sentinel-2 del año 2024, aplicando filtros temporales y de nubosidad para garantizar calidad espectral. La región de estudio fue delimitada con el shapefile del cantón Daule, junto a capas adicionales de ríos, centros poblados y la provincia del Guayas.

El NDVI se calculó y posteriormente se aplicó una **clasificación no supervisada** mediante el algoritmo **KMeans**, estableciendo cinco clases temáticas:

Clase	Descripción	Color
1	Infraestructura y área urbana	Rojo
2	Pastizales	Violeta
3	Cobertura forestal y arbustiva	Azul
4	Zonas de cultivo	Verde claro
5	Áreas áridas o sin vegetación	Turquesa

*Nota:* La representación final se elaboró a una escala de 1:200,000.

### Código implementado en Google Earth Engine

Bloque de Código	Descripción
<b>Cargar shapefile</b>	<code>var daule = ee.FeatureCollection(...)</code> Carga el límite del cantón Daule desde tu espacio en GEE.
<b>Visualización inicial</b>	<code>Map.addLayer()</code> y <code>Map.centerObject()</code> muestran y centran el shapefile en el visor.
<b>Máscara de nubes</b>	<code>function maskS2clouds(image) { ... }</code> Elimina píxeles con nubes y cirros de imágenes Sentinel-2.
<b>Filtro de imágenes</b>	<code>ee.ImageCollection(...)</code> Filtra imágenes del año 2024, con <20% de nubes, dentro del área de Daule.
<b>Cálculo de NDVI</b>	<code>var ndvi = image.normalizedDifference(['B8', 'B4'])</code> Genera el índice de vegetación desde la imagen limpia.
<b>Visualización NDVI</b>	<code>Map.addLayer(ndvi, visNDVI, 'NDVI Daule')</code> Aplica paleta de colores para interpretación rápida.
<b>Muestreo y entrenamiento</b>	<code>image.sample()</code> selecciona puntos aleatorios para entrenar el modelo de clasificación.
<b>Clasificación no supervisada (KMeans)</b>	<code>ee.Clusterer.wekaKMeans(5)</code> Agrupa las coberturas vegetales en cinco clases temáticas.
<b>Visualización de clústeres</b>	<code>Map.addLayer(result, visCluster, 'Clusters Daule')</code> Muestra los resultados codificados por color.

El mapa generado indica la distribución de la cobertura vegetal en el cantón Daule, permitiendo identificar coberturas como:

- **Alta cobertura vegetativa** (NDVI > 0.4), asociada a zonas boscosas, pastizales y cultivos saludables.
- **Cobertura baja o sin vegetación** (NDVI < 0.2), correspondiente a áreas urbanas, zonas áridas o degradadas.
- **Diversidad de usos del suelo**, clasificados en cinco clústeres: infraestructura urbana, cultivos, vegetación arbustiva, pastizales y superficies desnudas.

Este análisis es clave para evaluar la resiliencia ecológica del territorio, la planificación y la posible construcción del centro logístico en el Cantón.

### Anexo – Resultados del análisis espacial: puntos óptimos para el centro logístico

FID	Shape	Id	Gridcode	Área (ha)	POINT_X	POINT_Y	Observaciones
0	Point	89	1	380,77	618651,969	9779676,55	Punto viable
1	Point	93	1	399,61	616440,514	9780253,89	Punto viable
2	Point	102	1	75,91	624533,048	9778407,50	Punto viable (menor extensión)
<b>3</b>	<b>Point</b>	<b>145</b>	<b>1</b>	<b>780,81</b>	<b>621410,396</b>	<b>9777460,65</b>	<b>Punto seleccionado</b> 
4	Point	147	1	64,58	619547,719	9775865,57	Punto viable
5	Point	166	1	91,90	620088,211	9774679,47	Punto viable

De los seis puntos generados a partir del cruce de variables en el análisis de localización, el **punto con FID 3** fue seleccionado como el más idóneo debido a su **mayor área disponible (780 ha)** y ubicación estratégica con respecto a pendiente, vías de acceso y restricciones ambientales. Esta decisión se sustenta en la evaluación multicriterio y responde a las necesidades operativas de un centro logístico regional.



Presidencia  
de la República  
del Ecuador



Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes



## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, Luis David Rojas Román, con C.C: # 1105876682 autor(a) del trabajo de titulación: *“Análisis Multicriterio (AMC) mediante SIG para la Identificación de la Ubicación Óptima de un Centro Logístico Regional en el Cantón Daule”* 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, 27 de julio de 2025



f. \_\_\_\_\_

Nombre: Luis David Rojas Román

C.C: 1105876682



## REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

### FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE GRADUACIÓN

<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>	Análisis Multicriterio (AMC) mediante SIG para la Identificación de la Ubicación Óptima de un Centro Logístico Regional en el Cantón Daule		
<b>AUTOR(ES)</b> (apellidos/nombres):	Luis David Rojas Román		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b> (apellidos/nombres):	Ing. Armando Echeverría, Mgs.		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>UNIDAD/FACULTAD:</b>	Sistema de Posgrado		
<b>MAESTRÍA/ESPECIALIDAD:</b>	Maestría en Sistemas de Información Geográfica, Topografía Automatizada y Fotogrametría Digital		
<b>GRADO OBTENIDO:</b>	Maestría en Sistemas de Información Geográfica, Topografía Automatizada y Fotogrametría Digital		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	27 de julio del 2025	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	50 paginas
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Guayaquil / Daule		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	Ordenamiento territorial, Evaluación espacial, Logística Regional, Desarrollo sostenible		
<b>RESUMEN/ABSTRACT</b> (150-250 palabras):	<p>El estudio aplica un Análisis Multicriterio (AMC) apoyado en Sistemas de Información Geográfica (SIG) para determinar la ubicación óptima de un centro logístico regional en el cantón Daule, Ecuador. El objetivo principal es identificar áreas estratégicas que optimicen la distribución y el transporte de mercancías, contribuyendo al desarrollo económico local y regional. Se seleccionaron y jerarquizaron diversos criterios espaciales relevantes, tales como la cercanía a vías principales, centros poblados, uso de suelo, topografía, zonas industriales y restricciones ambientales. A través de herramientas SIG y técnicas como la superposición de capas, análisis de proximidad y asignación de pesos mediante el método de análisis jerárquico (AHP), se generó un modelo espacial que permitió identificar las zonas más aptas para la instalación del centro logístico. Los resultados del análisis evidenciaron varias zonas con alto potencial logístico, priorizando aquellas que combinan accesibilidad, infraestructura existente y mínima afectación ambiental. Este enfoque integrador y geoespacial proporciona una herramienta técnica de apoyo para la planificación territorial y la toma de decisiones, permitiendo orientar inversiones públicas y privadas en el cantón Daule.</p>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> +593-989535007	<b>E-mail:</b> <a href="mailto:luis.rojas04@cu.ucsg.edu.ec">luis.rojas04@cu.ucsg.edu.ec</a> / <a href="mailto:luchodrr1993@gmail.com">luchodrr1993@gmail.com</a>	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:</b>	<b>Nombre:</b> Neptalí Armando Echeverría Llumipanta		
	<b>Teléfono:</b> +593-4-3804600		
	<b>E-mail:</b> <a href="mailto:neptali.echeverria@cu.ucsg.edu.ec">neptali.echeverria@cu.ucsg.edu.ec</a>		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO</b> (en base a datos):			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL</b> (tesis en la web):			