

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

TEMA TRABAJO DE TITULACIÓN:

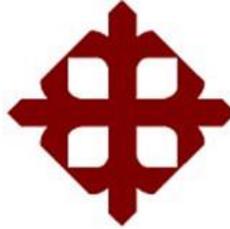
**Análisis multicriterio para la localización óptima de un centro
logístico regional utilizando Sistemas de Información
Geográfica (SIG)**

AUTOR

Amancha Vera Edison Patricio

**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 Agrónomo, Edison Patricio Amancha Vera** como requerimiento parcial para la obtención del Grado Académico de Magíster en Sistemas de Información Geográfica, Topografía Automatizada y Fotogrametría Digital.

REVISOR

Ing. Neptalí Armando Echeverría Llumipanta, Mgs.

DIRECTOR DEL PROGRAMA

Ing. Neptalí Armando Echeverría Llumipanta, Mgs.

Guayaquil, a los 25 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, **Edison Patricio Amancha Vera**

DECLARO QUE:

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

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

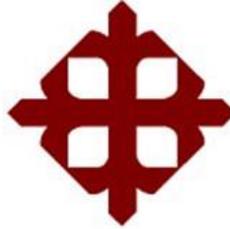
Guayaquil, a los 25 del mes de julio del año 2025

EL AUTOR

**EDISON
PATRICIO
AMANCHA VERA**

Firmado digitalmente
por EDISON PATRICIO
AMANCHA VERA
Fecha: 2025.08.12
15:05:06 -05'00'

Edison Patricio Amancha Vera



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

AUTORIZACIÓN

Yo, **Edison Patricio Amancha Vera**

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

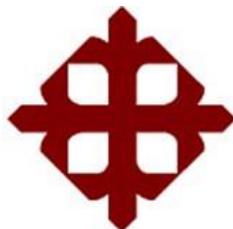
Guayaquil, a los 25 del mes de julio del año 2025

EL AUTOR

EDISON
PATRICIO
AMANCHA VERA

Firmado digitalmente
por EDISON PATRICIO
AMANCHA VERA
Fecha: 2025.08.12
15:05:33 -05'00'

Edison Patricio Amancha Vera



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

REPORTE COMPILATIO

 INFORME DE ANÁLISIS magister		
<p>AMANCHA VERA EDISON PATRICIO</p>	  <p>< 1% Similitudes 0% similitudes entre comillas 0% entre las fuentes mencionadas</p> <p>0% Idiomas no reconocidos (ignorado)</p> <p>3% Textos potencialmente generados por IA</p>	
<p>Nombre del documento: AMANCHA VERA EDISON PATRICIO.pdf ID del documento: 26ded0a6edbed58becf87d8f8ca713514ac864c7 Tamaño del documento original: 3,69 MB</p>	<p>Depositante: Neptali Armando Echeverria Llumipanta Fecha de depósito: 24/7/2025 Tipo de carga: Interface fecha de fin de análisis: 24/7/2025</p>	<p>Número de palabras: 6932 Número de caracteres: 49.003</p>

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios, por brindarme la salud, la sabiduría y la perseverancia necesarias para culminar esta etapa académica.

A mis padres y familia, por su apoyo incondicional, confianza y palabras de ánimo en los momentos más desafiantes. Este logro también es suyo.

A la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil y a todos los profesores del programa de Maestría en Sistemas de Información Geográfica, Topografía Automatizada y Fotogrametría Digital, por su excelente enseñanza académica y guía constante durante todo el proceso de estudio.

A mis colegas y amigos de AGP Geoespatial Company, por su respaldo y por compartir su conocimiento o simplemente brindar una palabra de aliento. Su experiencia y disposición para colaborar en momentos de incertidumbre, contribuyeron dentro de mi proceso académico y profesional.

Edison Patricio Amancha Vera

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, con todo mi esfuerzo y gratitud, a mis padres Jorge y Susana, quienes con su ejemplo, sacrificio y amor incondicional han sido el pilar fundamental en cada etapa de mi vida. Gracias por enseñarme el valor de la constancia, la humildad y la responsabilidad.

A mi familia, por su paciencia, comprensión y apoyo inquebrantable durante este proceso. Sus palabras de ánimo y aliento fueron esenciales para alcanzar esta meta.

A quienes han creído en mí incluso en los momentos más difíciles, y a todos los que de una u otra manera formaron parte de este camino académico.

Este logro es también suyo.

Edison Patricio Amancha Vera

CONTENIDO

1.	INTRODUCCION Y PROBLEMÁTICA	1
2.	OBJETIVOS.	1
2.1	Objetivos Generales.	1
2.2	Objetivos específicos.	2
3	METODOLOGÍA.....	2
3.1	Búsqueda y selección de información temática.....	4
3.2	Consideraciones, sobre la temporalidad de los datos.	7
3.3	Reclasificación de Variables.....	9
3.3.1	Vías	11
3.3.2	Susceptibilidad a Inundaciones	12
3.3.3	Ríos	12
3.3.4	Zonas de Inundación	13
3.3.5	Uso y Cobertura del suelo	13
3.3.6	Zonas Protegidas.....	14
3.1.1	Puertos y Aeropuertos.	14
3.1.2	Centros de Acopio.....	15
3.1.3	Zona Urbana.	16
3.2	Conversión de las variables	17
3.3	Cálculo de pesos ponderados de las variables.	20
3.3.1	Cálculo de Saaty para las variables, a nivel de Criterio	21
3.3.2	Cálculo de Saaty para las variables, a nivel de Subcriterio.....	22
3.4	Análisis Multicriterio	24
4.	RESULTADOS DEL ANALISIS ESPACIAL Y MULTICRITERIO	27

4.1	Cálculo de la parcela optima	29
5.	UBICACIÓN RECOMENDADA Y JUSTIFICACIÓN TECNICA	37
6.	CONCLUSIONES	38
7.	RECOMENDACIONES.....	39
8.	BIBLIOGRAFIA	40
9.	ANEXOS.	41
9.1	Mapa General de Ubicación	41
9.2	Mapa de Análisis de Accesibilidad	42
9.3	Mapa Riesgos Ambientales	43
9.4	Mapa de Idoneidad (Análisis Multicriterio)	44
9.5	Tabla de Cálculos de Aproximación	45
9.6	Script utilizado para la obtención de imágenes satelitales Sentinel 2A periodo 2022-2025 mediante Google Earth Engine	47
9.7	Script utilizado para la generación de Zonas de inundación de la provincia del Guayas mediante Google Earth Engine	49

1. INTRODUCCION Y PROBLEMÁTICA

Una adecuada localización de las infraestructuras logísticas tiene un impacto directo en la optimización de costos de operación, reducir tiempos de distribución, la disminución de daños ambientales y la mejora de la eficiencia del sistema operativo en conjunto, son aspectos importantes para una adecuada planificación estratégica que promueve al desarrollo sostenible entre las regiones.

Sin embargo, los centros logísticos existentes enfrentan actualmente limitaciones significativas, como el congestionamiento vial, riesgos de inundación, impactos ambientales y altos costos operativos. Esta situación evidencia la necesidad de identificar ubicaciones más adecuadas mediante análisis multicriterio apoyados en herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), que permitan fundamentar decisiones estratégicas con base técnica.

En este contexto la Provincia del Guayas por ser una de las más importantes dentro de la cadena productiva del país, busca identificar de forma técnica y objetiva el lugar más adecuado para la instalación de un centro logístico regional.

Esta situación evidencia la necesidad de implementar un estudio que defina la ubicación óptima de un nuevo centro logístico, el cuál este basado en criterios técnicos que involucren variables de tipo territorial, riesgos y ambientales. El análisis de estas variables proporciona una base sólida para la toma de decisiones en torno a su ubicación.

Con todo lo mencionado anteriormente este proyecto investigativo, busca realizar un análisis multicriterio utilizando, Sistemas de Información Geográfica, Información cartográfica de fuentes oficiales, Imágenes Satelitales y además, aplicar el conocimiento impartido por los profesores de las diferentes materias a lo largo del proceso educativo, con el objetivo de determinar la ubicación ideal para un nuevo centro logístico. Por medio de la integración de variables como accesibilidad, uso de suelo, pendientes, riesgos infraestructura existente, mediante la aplicación de metodologías como el Proceso Analítico Jerárquico (AHP), se busca generar una propuesta técnica que pueda ser reproducible, debidamente sustentada, que pueda contribuir a una mejor planificación del territorio y el fortalecimiento de la actividad comercial entre las regiones del país.

2. OBJETIVOS.

2.1 Objetivos Generales.

- Aplicar técnicas de análisis espacial mediante QGIS.
- Integrar datos topográficos automatizados y fotogramétricos digitales para el análisis.

- Realizar una evaluación multicriterio para definir la ubicación óptima.
- Generar mapas técnicos que representen la solución propuesta.

2.2 Objetivos específicos.

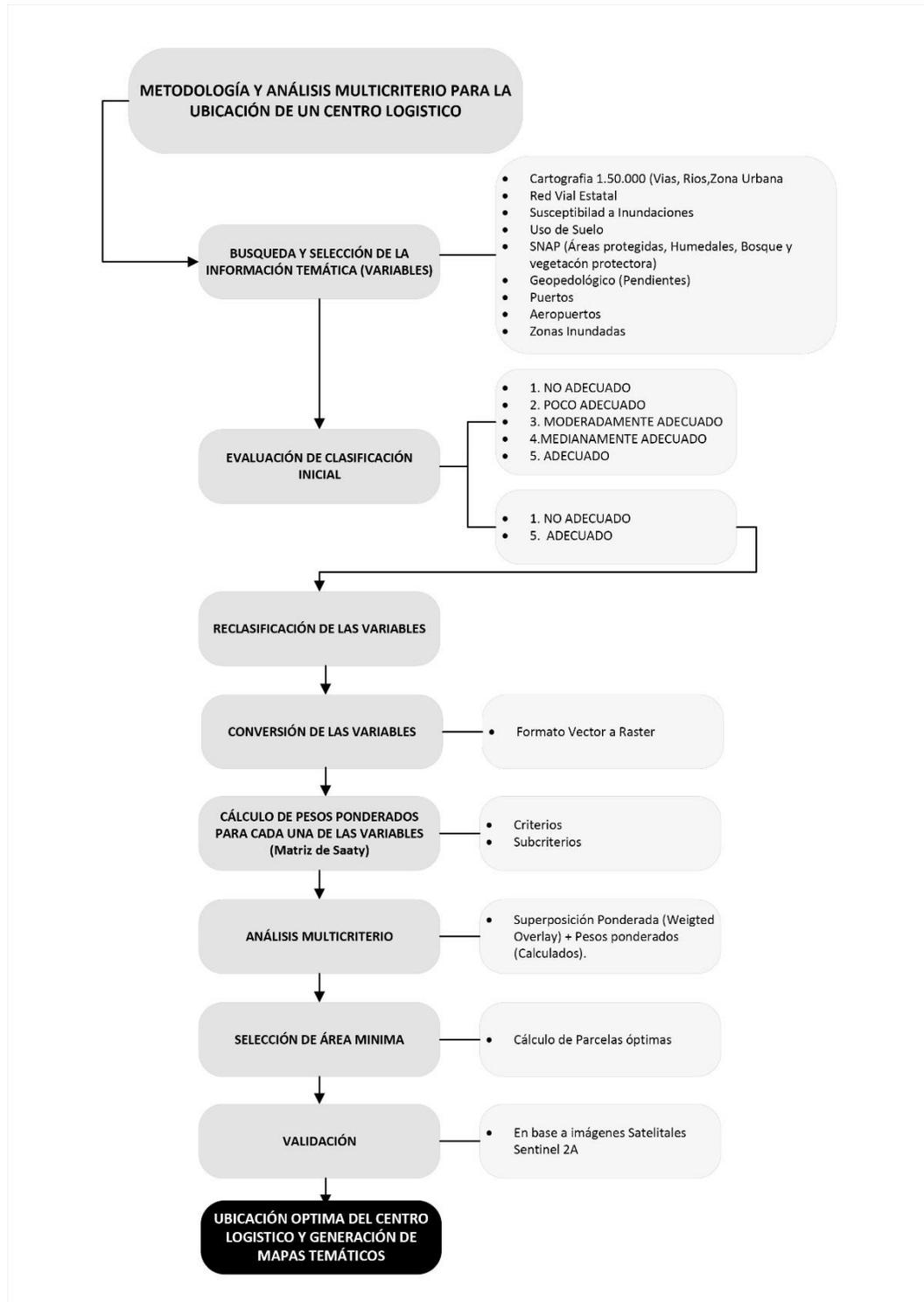
- Identificar y recopilar información temática relevante, relacionada con criterios como uso de suelo, riesgos naturales, topografía e infraestructura que sean necesarios para la evaluación de zonas potenciales para la implantación de un centro logístico regional.
- Clasificar y homogenizar cada una de las variables seleccionadas, con el propósito de facilitar su integración en un análisis multicriterio utilizando herramientas SIG.
- Aplicar la metodología de análisis jerárquico de Saaty (AHP) y calcular los pesos relativos de cada variable a través de matrices de comparación por pares.
- Implementar un análisis multicriterio utilizando el Software QGis, aplicando técnicas de Overlay ponderado, obteniendo un área de aptitud territorial, que represente un área óptima para el establecimiento del centro logístico.
- Descargar Imágenes satelitales del sensor Sentinel 2-A, a través de la plataforma Google Earth Engine, utilizando scripts de filtrado por cobertura de nubes y clasificación supervisada, para de esta manera garantizar la actualidad del territorio.
- Aplicar metodologías que permitan identificar y seleccionar los polígonos que reúnan las condiciones óptimas para el establecimiento del centro logístico.
- Validar los resultados obtenidos en base a imágenes satelitales gratuitas que puedan dar una mejor idea del territorio.

3 METODOLOGÍA

La metodología que a continuación se presenta tiene como objetivo principal Identificar la ubicación adecuada de un centro logístico, este análisis se lo realizó con la ayuda de varias herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), análisis multicriterio y procesamiento de imágenes satelitales.

A continuación, se describe de manera más detallada las fases de este proceso:

Ilustración 1. Metodología propuesta para ubicación de Centro Logístico.



Elaboración: Autor.

3.1 Búsqueda y selección de información temática.

El primer paso para iniciar nuestra investigación, consiste en la búsqueda de información Geoespacial de fuentes oficiales como el, Instituto Geográfico Militar (IGM), Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), Ministerio del Ambiente (MAE) y Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) Las variables consideradas para este estudio representan las condiciones del territorio y los factores que inciden directamente en la búsqueda de nuestro objetivo.

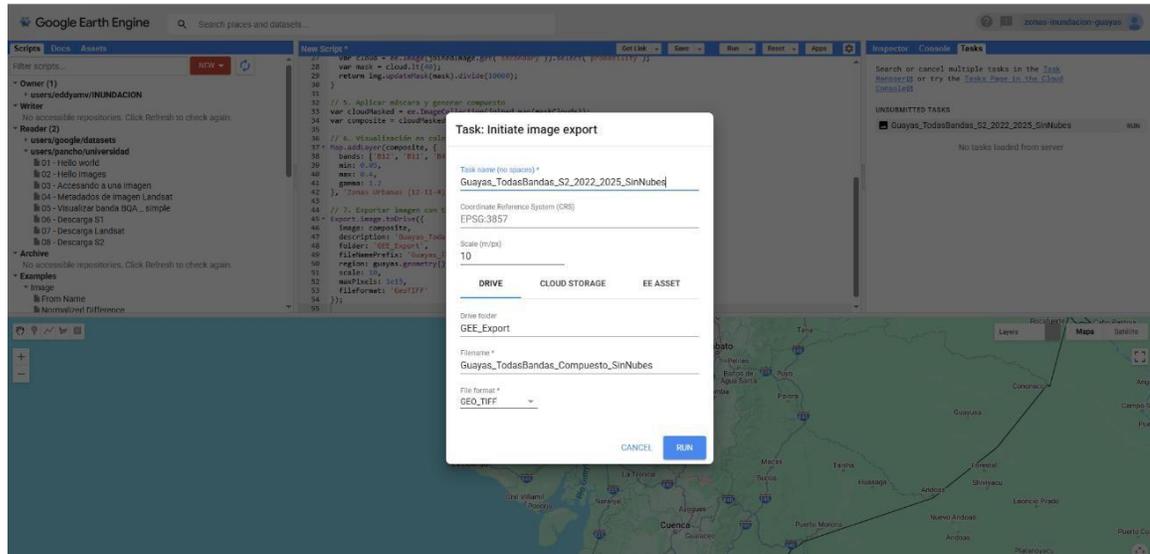
Las variables consideradas para este estudio son principalmente de tipo vectorial, incluyendo capas temáticas como Vías, uso de suelo, pendientes etc.

Cuadro 1. Variables consideradas dentro del análisis multicriterio para el establecimiento de un centro logístico regional.

NOMBRE DE LA CAPA	AÑO DE PUBLICACIÓN	ESCALA	INSTITUCIÓN
Mapa de susceptibilidad a inundaciones	2024	1:25.000	Ministerio de Agricultura
Red Vial Estatal	2019	1:50.000	Ministerio de Transporte y Obras Públicas
Mapa Geopedológico (Pendientes)	2013	1:25.000	Instituto Geográfico Militar
Uso y Cobertura de suelo	2013	1:100.000	Ministerio de Agricultura y Ganadería
Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP)	Febrero 2025	1:25.000	Ministerio del Ambiente
Bosques y Vegetación protectora	Abril 2025	1:25.000	Ministerio del Ambiente
Humedal Ramsar	2017	1:25.000	Ministerio del Ambiente
Establecimientos Educativos	2014	1:50.000	Ministerio de Educación
Establecimientos de Salud	2018	1:50.000	Ministerio de Salud Pública
Centros de acopio de Ganado	2016	1:50.000	Ministerio de Agricultura y Ganadería
Industrias Lácteas	2012	1:50.000	Ministerio de Agricultura y Ganadería
Ingenios Azucareros	2013	1:50.000	Ministerio de Agricultura y Ganadería
Pilladoras	2018	1:50.000	Ministerio de Agricultura y Ganadería
Cartografía Base IGM	2018	1:50.000	Instituto Geográfico Militar

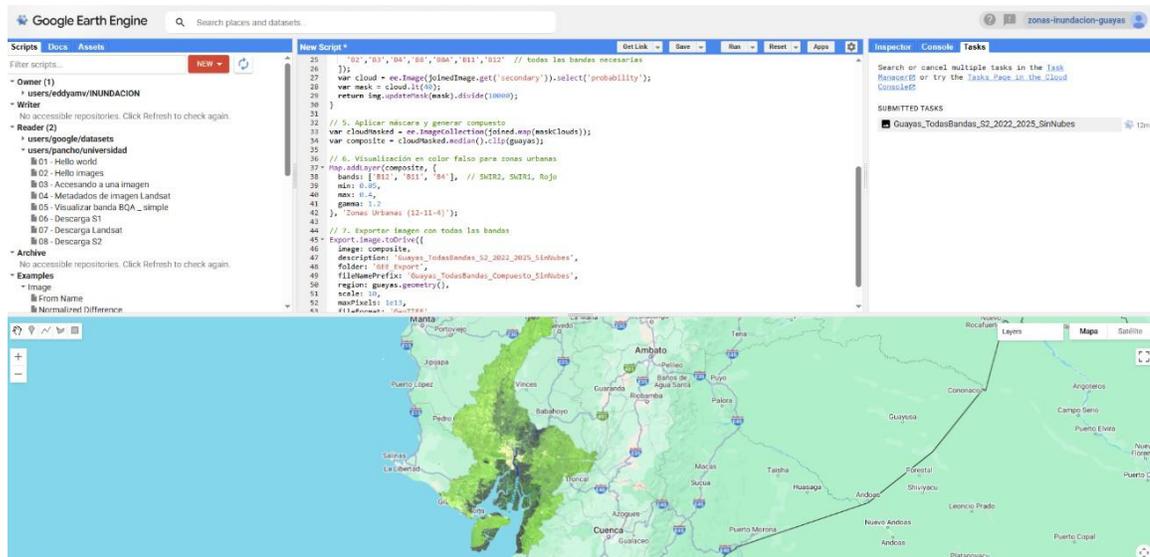
Teniendo en cuenta que gran parte la información disponible esta desactualizada a la fecha de este estudio, se buscó incorporar a nuestra investigación, opciones que nos permitan validar los resultados obtenidos, para ello se consideró la búsqueda de imágenes satelitales gratuitas haciendo uso de la plataforma Google Earth Engine (GEE) mediante la utilización de scripts considerando periodos óptimos y con una cobertura de nubes baja (ver Script, Anexo 9.6).

Ilustración 2. Configuración de parámetros de búsqueda en la plataforma Google Earth Engine.



El periodo de búsqueda de estas imágenes comprende el periodo 2022-2025, una ventaja de utilizar estas herramientas es la optimización de tiempo de procesamiento, enmascaramiento de nubes y composición de color. Ya que el código (Script) desarrollado, considerara todos estos parámetros.

Ilustración 3. Búsqueda DE IAMGENES Sentinel 2 en la plataforma Google Earth Engine

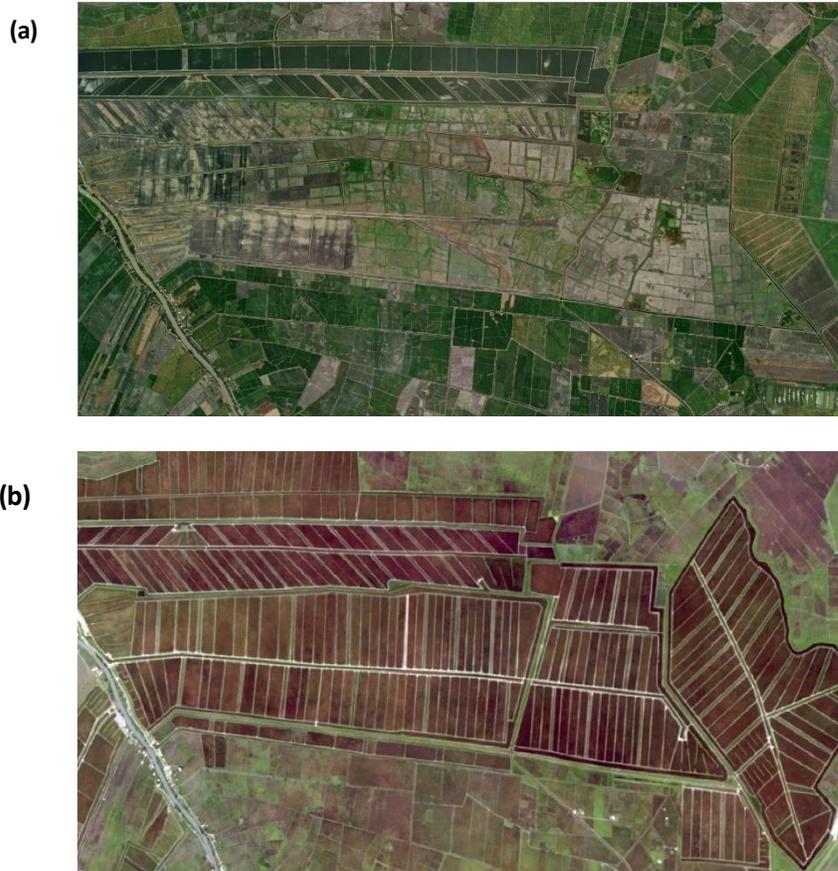


Al final de este proceso obtendremos imágenes de mejor calidad que nos permitirán validar la ubicación de nuestro centro logístico. Puesto que las imágenes satelitales gratuitas como Bing,

Google y ESRI, disponibles dentro del programa QGis pueden estar desactualizadas o por la ubicación geográfica del Ecuador pueden estar cubiertas de nubes.

Tal como se muestra en la Ilustración 4, en la que la Imagen satelital cortesía de Google (Figura a.) esta desactualizada con respecto a la Imagen satelital Sentinel 2-A (Figura b.)

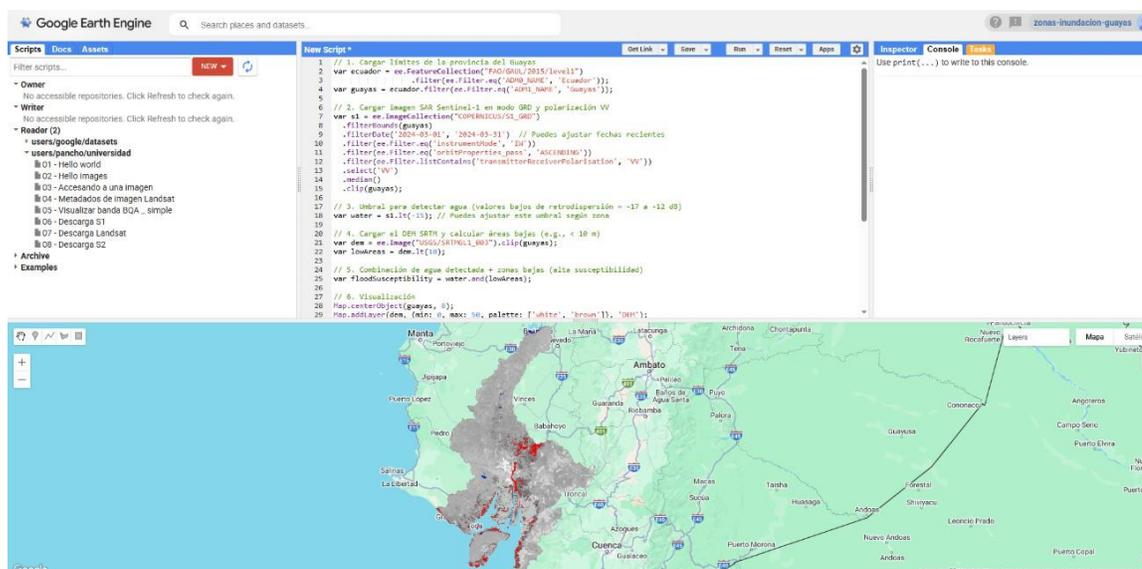
Ilustración 4. Imagen satelital de Google Vs Imagen Sentinel 2-A



Otro factor muy importante, tomado en cuenta en esta investigación, hace referencia a la delimitación de zonas propensas a inundaciones en la provincia del Guayas, teniendo en cuenta que el invierno afecta considerablemente provocando gran cantidad de inundaciones, es de mucha importancia contar con información lo más actualizada para incluirla en nuestro análisis espacial.

Para ello generamos un nuevo script el cual mediante el análisis con imágenes Radar logra identificar cuerpos de agua, asociados a un modelo de elevación en donde identifique las zonas bajas, susceptibles a inundaciones. El año considerado para este análisis fue 2024 (ver Script, Anexo 9.7).

Ilustración 5. Búsqueda de zonas de inundación en la plataforma Google Earth Engine



Al final el resultado de esta búsqueda es un ráster referente a cuerpos de agua y zonas de inundación, que posteriormente será reclasificado y formará parte de los criterios considerados para nuestro análisis.

3.2 Consideraciones, sobre la temporalidad de los datos.

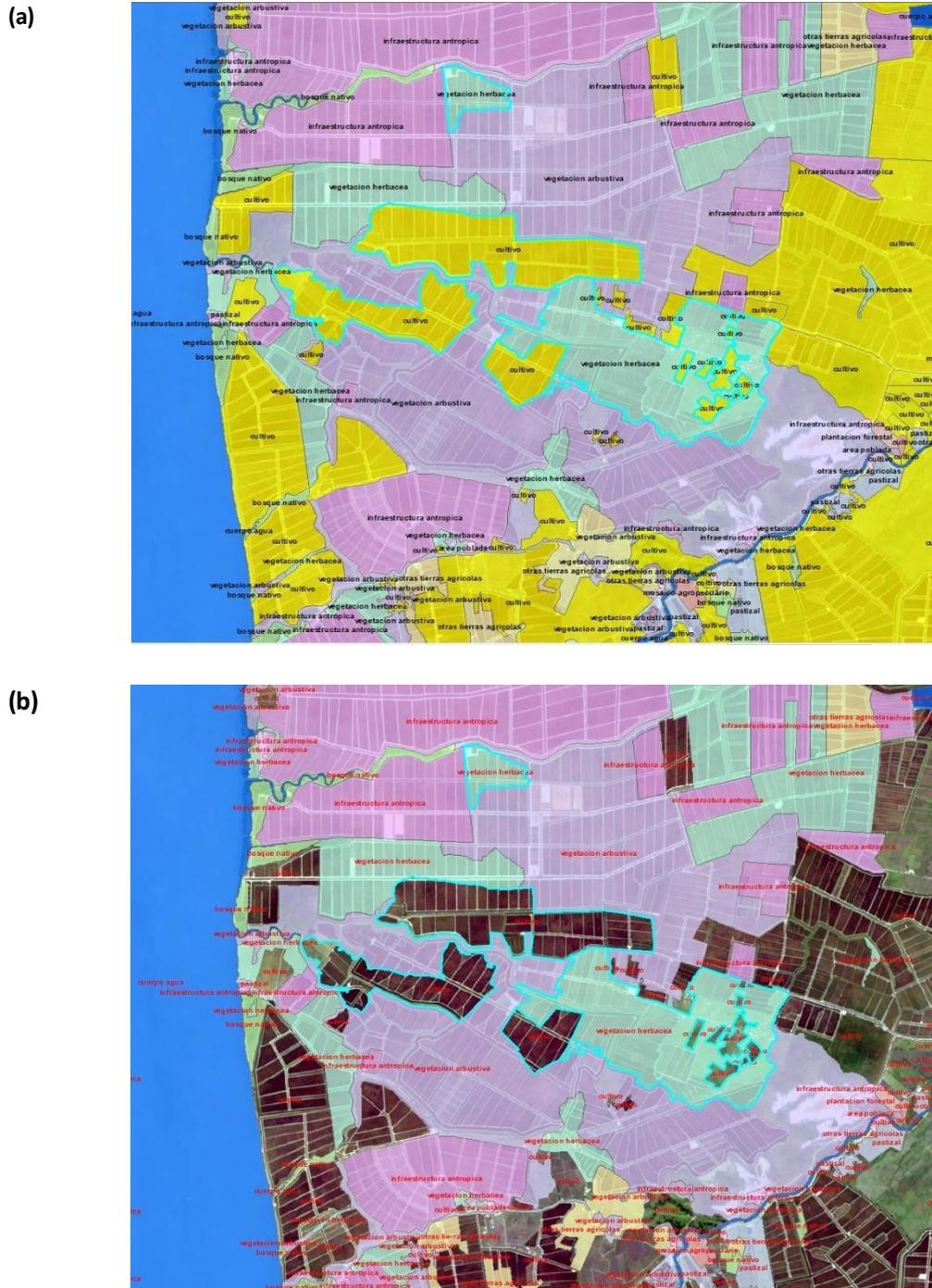
Durante el proceso del Análisis Multicriterio para la búsqueda de áreas óptimas para el establecimiento del centro logístico, se emplearon diferentes capas de información provenientes de fuentes oficiales como se lo puede apreciar en el Cuadro 1. Sin embargo, se observó diferencias temporales en las fuentes de información utilizadas, ya que no todas las Instituciones actualizan la información al mismo tiempo.

En particular, ciertas capas como Uso de Suelo, Áreas Protegidas y Red Vial corresponden a diferentes periodos de tiempo (2013 – 2025). Esta discrepancia en el tiempo se debe en gran medida a las capacidades administrativas, diferentes fechas de actualización cartográfica, incluso a cambios en las diferentes normativas de las instituciones. Esto se evidencia en el país en estudios donde las instituciones deben de abastecerse de datos de distintos años, debido a restricciones logísticas y presupuestarias que impiden la actualización de la información.

Bajo estas consideraciones y para asegurar que nuestro análisis espacial sea coherente, se llevó a cabo medidas técnicas adicionales para respaldar nuestro proceso. En una primera parte se realizó una validación cruzada para la capa Uso de Suelo en la que se empleó las imágenes satelitales (Sentinel 2A) anteriormente descargadas y de esta manera hacer una validación de la

data. Y la segunda la generación de zonas de inundación mediante el uso de imágenes Radar, como ya se mencionó anteriormente.

Ilustración 6. Comparación visual que evidencia la desactualización de la información, Uso de Suelo en base a Imágenes Sentinel 2A actuales.



Como se puede visualizar en la Ilustración 6, en la que se muestra la clasificación de la capa Uso de Suelo en la que se observa clasificaciones de: Cultivo, Vegetación Herbácea y Vegetación Arbustiva (Figura a.), en la que actualmente el uso corresponde a piscinas de camaroneras (Figura b.), evidenciando así la desactualización de la información y permitiendo de esta manera tomar a tiempo alternativas de clasificación de estas variables, que no comprometan los resultados de nuestro análisis.

Por otro lado, la decisión de combinar datos de distintos años se justifica en que ciertas capas empleadas, en particular aquellas de tipo estructural como Áreas Protegidas y Pendientes experimentan cambios poco significativos a corto y mediano plazo. Lo que permite su inclusión sin perjudicar la calidad del análisis. En el caso de las capas más dinámicas, como Infraestructura o zonas urbanas se optó por utilizar información reciente y confirmada.

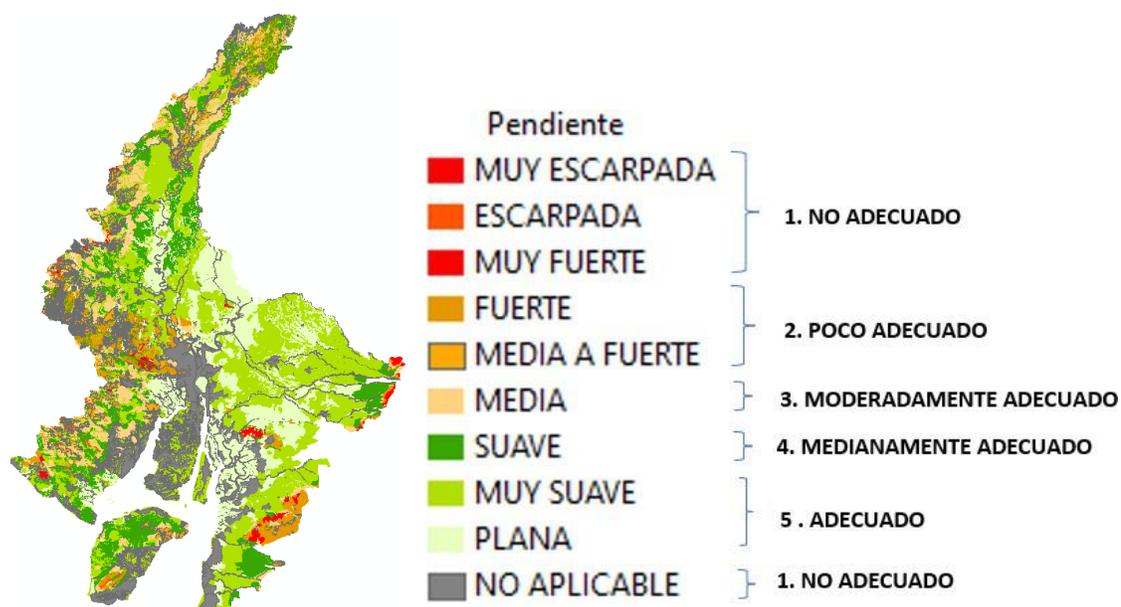
De esta manera, se pone en manifiesto que los datos presentan variabilidad temporal, sin embargo, se afirma que dicha variabilidad, no influye significativamente en los resultados obtenidos, debido a las decisiones de validación y ajuste tomadas durante el desarrollo de esta investigación.

3.3 Reclasificación de Variables.

Previo a la aplicación del análisis multicriterio aplicando el método AHP (Analytic Hierarchy Process) de Saaty, y teniendo en cuenta las consideraciones mencionadas en el literal 3.2 de este documento, se identificó que varias capas temáticas como pendiente, uso de suelo y susceptibilidad a inundaciones dentro de su clasificación original presentaban 5 o más clasificaciones. Por lo que inicialmente, para la realización del análisis multicriterio se realizó una primera reclasificación en base a cinco niveles (1. No Adecuado, 2. Poco Adecuado, 3. Moderadamente Adecuado, 4. Medianamente Adecuado, 5. Adecuado). Sin embargo, luego de varios procesos de clasificación y análisis de resultados preliminares, nos dimos cuenta que esta categorización tan elaborada no aportaba significativamente a una mejor discriminación espacial, ni a una toma de decisiones más clara, teniendo en cuenta el objetivo de nuestro análisis.

En la Ilustración 7 se observa la clasificación original para la capa Pendientes y su posterior reclasificación, agrupando el tipo de pendiente en cinco rangos los cuales se mencionaron anteriormente.

Ilustración 7. Clasificación original de la capa Pendientes y su posterior reclasificación en cinco clases.



Por otro lado, y luego de haberse realizado pruebas preliminares la clasificación en cinco niveles generó incertidumbre en la interpretación de los resultados y dificultades para encontrar ubicaciones potencialmente ideales para la instalación del centro logístico, ya que se notó disparidades en los rangos intermedios de clasificación.

Por lo tanto, se decidió hacer una segunda reclasificación, considerando dos niveles de clasificación 1 (NO ADECUADO) y 5 (ADECUADO). El reclasificar en solo dos niveles busca mejorar la eficiencia del modelo, enfocado a la toma de decisiones en donde el área a ser seleccionada sea analizada entre “Cumple” o “No Cumple” con los requerimientos establecidos y analizados previamente.

Aunque existen estudios que utilizan clasificaciones más detalladas, varios autores han demostrado que las clasificaciones binarias pueden ser igualmente eficientes cuando se busca distinguir áreas que cumplan con los requisitos indispensables para la toma de decisiones. Este tipo de clasificación proporciona un mayor grado de interpretación y reduce la ambigüedad en los resultados analizados (Malczewski, 1999).

Ilustración 8. Segunda reclasificación en dos rangos para la capa Pendientes.



Posteriormente y bajo las anteriores consideraciones se realizó la reclasificación de cada una de las variables consideradas dentro de nuestro estudio.

3.3.1 Vías

Para esta variable se estableció una clasificación por distancias (Buffer), esto para poder evaluar el nivel de accesibilidad, considerando que la proximidad a las vías de transporte influye directamente dentro los costos logísticos.

Si bien en el País no existe una normativa que establezca áreas buffer para realizar un análisis multicriterio el Estudio de Desarrollo Territorial para zonas de Actividad Logística (ZAL) elaborado por SENPLADES y el MIPRO¹ establece que una distancia de hasta 3000 metros desde una vía primaria constituye una distancia adecuada de accesibilidad para zonas industriales o de almacenamiento, mientras que distancias mayores generan mayores gastos logísticos y de conectividad. Estas referencias justifican la clasificación empleada para esta variable, cuya clasificación se presenta a continuación.

¹ Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES) & Ministerio de Industrias y Productividad (MIPRO). (2016). *Estudio de Desarrollo Territorial para Zonas de Actividad Logística en el Ecuador*. Quito, Ecuador

Cuadro 2. Niveles de clasificación para la variable vías consideradas para el análisis Multicriterio en la provincia de Guayas.

CLASIFICACIÓN	DISTANCIA BUFER (m)	NIVEL
5	< 3000	ADECUADO
1	> 3000	NO ADECUADO

Elaboración: Autor.

3.3.2 Susceptibilidad a Inundaciones

Esta variable fue incorporada a nuestro estudio con el fin de identificar zonas con mayor o menos vulnerabilidad a esta clase de eventos. La clasificación definida por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), establece cinco rangos, a los cuales adaptamos los niveles que estamos considerando para nuestro estudio, mismos que se presentan a continuación:

Cuadro 3. Niveles de clasificación para la variable Susceptibilidad a Inundaciones consideradas para el análisis Multicriterio en la provincia de Guayas.

CLASIFICACIÓN	NIVEL SEGÚN (MAG)	NIVEL
5	Sin Susceptibilidad, Baja susceptibilidad, Media susceptibilidad	ADECUADO
1	Alta susceptibilidad	NO ADECUADO

Elaboración: Autor.

3.3.3 Ríos

Esta variable dentro de nuestro estudio es relevante debido a la incidencia que tiene el abastecimiento de agua para nuestro centro logístico. Para esta variable se estableció dos rangos de distancia estableciendo una clasificación inversa a las clasificaciones anteriores, para este caso mientras más cerca se encuentre al río tendrá mayores restricciones.

Para establecer la clasificación se consideró las disposiciones emitidas por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), donde establece que debe de existir una franja de protección ecológica en las riberas de cuerpos de agua naturales, misma que puede variar entre los 30 y 50 metros, la cual es ampliable de acuerdo a criterios técnicos². A continuación, se presenta la clasificación para esta variable:

² Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (2019). *Código Orgánico del Ambiente (COA)*. Quito, Ecuador.

Cuadro 4. Niveles de clasificación para la variable Ríos consideradas para el análisis Multicriterio en la provincia de Guayas.

CLASIFICACIÓN	DISTANCIA BUFER (m)	NIVEL
5	> 1000	ADECUADO
1	< 1000	NO ADECUADO

Elaboración: Autor.

3.3.4 Zonas de Inundación.

La integración de datos Radar, para la obtención de esta capa refuerza el componente preventivo dentro de nuestro análisis, asegurando que la ubicación final considerada evite estas zonas de anegamiento.

Cuadro 5. Niveles de clasificación para Zonas de inundación consideradas para el análisis Multicriterio en la provincia de Guayas.

CLASIFICACIÓN	DISTANCIA BUFER (m)	NIVEL
5	> 100	ADECUADO
1	< 100	NO ADECUADO

Elaboración: Autor.

3.3.5 Uso y Cobertura del suelo.

Esta variable fue considerada para identificar las zonas más aptas para el establecimiento de nuestro centro logístico. La clasificación original por parte del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) contempla 13 clases, sin embargo para propósito de este estudio fueron agrupadas en cinco niveles en base a criterios de funcionalidad territorial, así como también la compatibilidad con usos logísticos y una transformación potencial del entorno.

Cuadro 6. Niveles de clasificación para la variable Uso y Cobertura del suelo consideradas para el análisis Multicriterio en la provincia de Guayas.

CLASIFICACIÓN	CLASES SEGÚN (MAG)	NIVEL
5	Infraestructura antrópica, Erial, pastizales	ADECUADO

CLASIFICACIÓN	CLASES SEGÚN (MAG)	NIVEL
1	Vegetación herbácea, vegetación arbustiva, Mosaico agropecuario, cultivos, Otras tierras agrícolas, Plantación forestal, Bosque nativo, área urbana, Cuerpos de agua, cobertura nubosa	NO ADECUADO

Elaboración: Autor.

La reclasificación se sugiere sobre la base de las implicaciones metodológicas recomendadas para los estudios de aptitud territorial, las cuales tienen en cuenta el peso que recibe el uso de suelo en conformidad con el grado de interferencia, la disponibilidad de superficie y el nivel de conservación según lo establece la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (2011).

3.3.6 Zonas Protegidas.

Esta variable fue incluida con el propósito de garantizar el respeto por las zonas de conservación ecológica. Para ello se agrupó las variables que se consideró más relevantes para nuestro estudio como el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), Humedales y Bosques y Vegetación Protectora (BVP). Actualmente diversos estudios de impacto ambiental y ordenanzas locales han implementado distancias entre 100 y 1000 metros como zona de amortiguamiento, sin embargo, se consideró una distancia de 300 metros, que se considera un valor prudente y frecuentemente utilizado en prácticas de planificación territorial en varias provincias del país, lo cual es recomendado por las directrices metodológicas establecidas por la Secretaría Técnica Planifica Ecuador (2020).

Cuadro 7. Niveles de clasificación para la variable Zonas Protegidas, consideradas para el análisis Multicriterio en la provincia de Guayas.

CLASIFICACIÓN	DISTANCIA BUFER (m)	NIVEL
5	> 300	ADECUADO
1	< 300	NO ADECUADO

Elaboración: Autor.

3.1.1 Puertos y Aeropuertos.

Esta variable busca evaluar la accesibilidad logística y la conectividad del territorio con nuestro centro logístico, pues lo que buscamos es reducir tiempos de transporte, costos y facilidad de acceso a mercados nacionales e internacionales.

Estudios desarrollados por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) y el Instituto Nacional de Preinversión (INP)³ definen radios de influencia de hasta 50 Kilómetros. Como un límite adecuado para operaciones eficientes. De igual manera el Plan Nacional de Logística Multimodal establece una distancia menos a 20 kilómetros respecto a un puerto o aeropuerto representa una ventaja significativa para el desarrollo productivo⁴

Cuadro 8. Niveles de clasificación para la variable Puertos y Aeropuertos, consideradas para el análisis Multicriterio en la provincia de Guayas.

CLASIFICACIÓN	DISTANCIA BUFER (km)	NIVEL
5	≤ 20	ADECUADO
1	> 20	NO ADECUADO

Elaboración: Autor

3.1.2 Centros de Acopio.

Esta variable fue incorporada como un indicador clave de conectividad agro productiva. Pues se integró al análisis la parte agrícola, pecuaria y agroindustrial las cuales dependen de la proximidad a centros de faenamiento, recolección, procesamiento y distribución, considerándose como una variable ideal para la ubicación de nuestro centro logístico.

Cuadro 9. Niveles de clasificación para la variable Centros de Acopio, consideradas para el análisis Multicriterio en la provincia de Guayas.

CLASIFICACIÓN	DISTANCIA BUFER (km)	NIVEL
5	≤ 10	ADECUADO
1	> 40	NO ADECUADO

Elaboración: Autor

Instituciones como El Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y el Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca (MPCEIP) reconocen que una cobertura menor a los 20

³ Instituto Nacional de Preinversión. (2017). *Lineamientos para el desarrollo de plataformas logísticas en Ecuador*. Quito, Ecuador.

⁴ Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2020). *Plan Nacional de Logística de Transporte Multimodal*. Quito, Ecuador

kilómetros es fundamental para el desarrollo sostenible y garantiza la inclusión de pequeños y medianos productores⁵

3.1.3 Zona Urbana.

Esta variable fue considerada con el fin de evaluar la proximidad del centro logístico respecto a centros urbanos o asentamientos, se analizó que las zonas más cercanas a estas áreas tienen mayor grado de incompatibilidad para usos logísticos e industriales, debido al impacto ambiental y a la parte social, pues se considera el acceso a la mano de obra, mercados locales evitando comprometer la calidad de vida de las comunidades aledañas.

Cuadro 10. Niveles de clasificación para la variable Zona Urbana, consideradas para el análisis Multicriterio en la provincia de Guayas.

CLASIFICACIÓN	DISTANCIA BUFER (m)	NIVEL
5	> 1000	ADECUADO
1	< 1000	NO ADECUADO

Elaboración: Autor

3.1.4 Pendientes

Esta variable fue considerada en términos de accesibilidad, factibilidad constructiva y también el riesgo que puede existir. La capa de pendientes se deriva a partir del estudio Geomorfológico el cual proporcione datos detallados sobre la forma del relieve.

Originalmente la capa presentaba diez rangos de clasificación, sin embargo, para propósito de nuestro análisis fue reclasificada en 2 niveles

Cuadro 11. Niveles de clasificación para la variable Pendientes, consideradas para el análisis Multicriterio en la provincia de Guayas.

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	NIVEL
5	Plana, Muy Suave	ADECUADO
4	Suave, Media, Media a Fuerte, Muy Fuerte, Fuerte, Escarpada, Muy Escarpada, No Aplica	NO ADECUADO

Elaboración: Autor

⁵ Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2019). *Plan Nacional Agropecuario 2020–2030*. Quito, Ecuador.

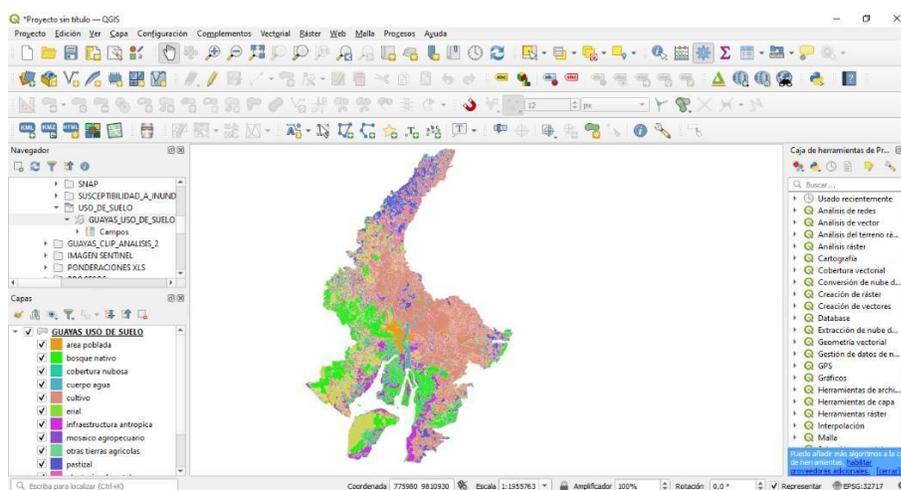
3.2 Conversión de las variables.

En nuestro estudio aplicaremos un Análisis Multicriterio el cual está orientado a determinar la ubicación óptima de un centro logístico regional en la provincia del Guayas, mediante la combinación de técnicas cuantitativas y Software GIS, que nos permitirá ponderar y luego superponer las variables consideradas para este estudio.

A partir de la clasificación que se le dio a cada una de las variables, se procede a construir un modelo integrado que nos permita identificar las zonas óptimas para el establecimiento del centro logístico.

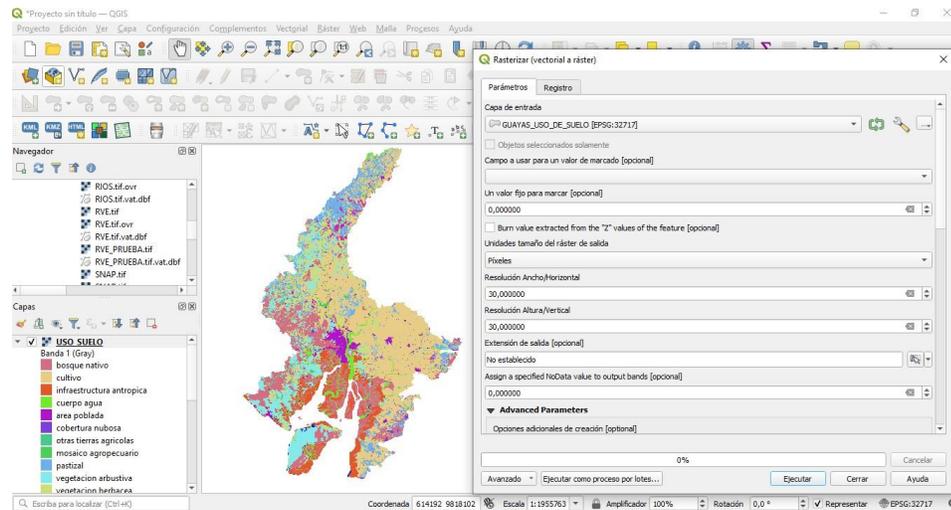
Para iniciar nuestro análisis, se procedió a convertir todas nuestras capas de formato vectorial a ráster. Esta transformación es muy importante, ya que garantizaremos el uso de herramientas de análisis ráster.

Ilustración 9. Capa de Uso de Suelo con su clasificación original por tipo de Cobertura.



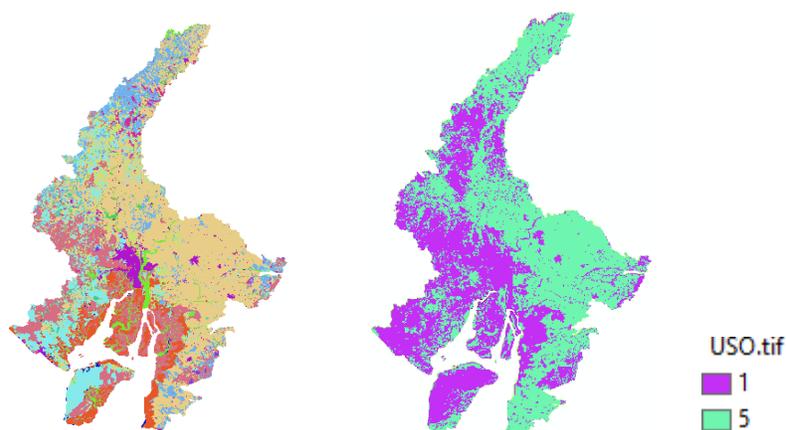
Ya cargada la capa en formato vectorial, se procedió a la conversión utilizando la herramienta “Rasterizar (vector a ráster)” del software QGIS. Para ello accedemos a las herramientas ubicadas en la barra de herramientas, seleccionamos el campo que contiene la información adecuada, configuramos la resolución espacial que para nuestro caso será de 30 centímetros de pixel. Debemos tener en cuenta el sistema de coordenadas y finalmente la extensión del ráster de salida.

Ilustración 10. Parámetros para transformar una capa tipo vector a ráster en software QGIS. En nuestro caso la capa visualizada corresponde a Uso de Suelo.



El siguiente paso consiste en realizar una “Reclasificación de los datos ráster”, con el objetivo de estandarizar los valores de cada una de nuestras capas consideradas para este estudio. Esta operación nos permite definir nuevos valores a los rangos originales de nuestras capas, para ello hacemos uso de la herramienta “Reclasificar por Capa” de acuerdo al tipo de variable, se establecieron las reglas que agrupan a los valores originales en nuestra escala de aptitud y que fueron descritos en la sección “3.2 Clasificación de Variables”.

Ilustración 11. Uso de Suelo **Izq.** Capa vectorial con clasificación original **Der.** Capa ráster reclasificada



Otro ejemplo del procesamiento de nuestras capas corresponde a las capas vectoriales que son tipo punto las cuales requieren otro tratamiento, antes de su conversión a formato ráster. Debido a que los puntos no poseen cobertura espacial directa, se procedió a generar áreas buffer de acuerdo a los rangos establecidos anteriormente.

Ilustración 12. Uso de Suelo (Izq.) Capa con clasificación original (Der.) Capa de uso reclasificada.

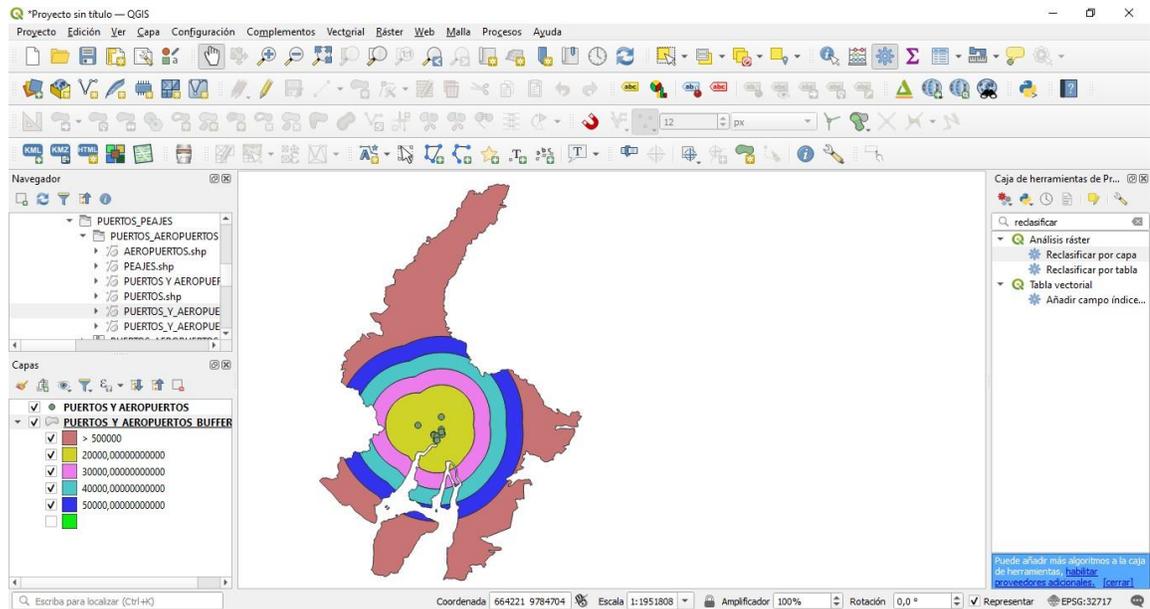
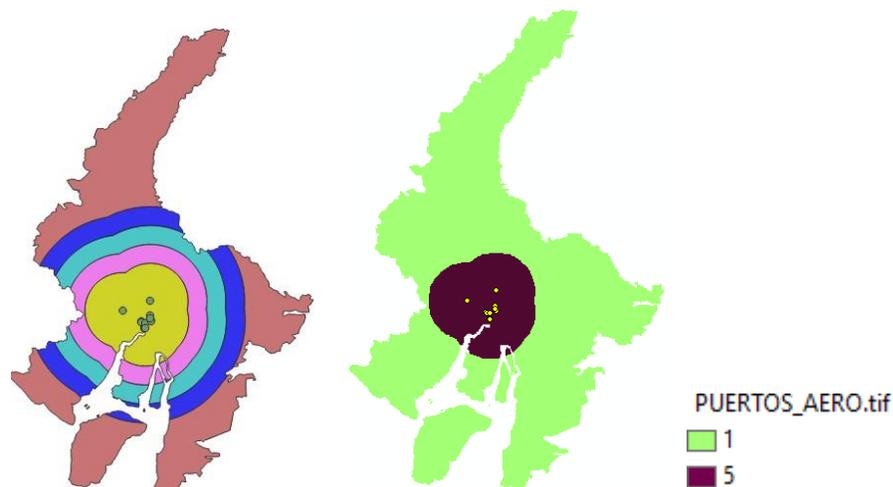


Ilustración 13. Puertos y Aeropuertos (Izq.) Capa vectorial con área buffer (Der.) Capa ráster reclasificada

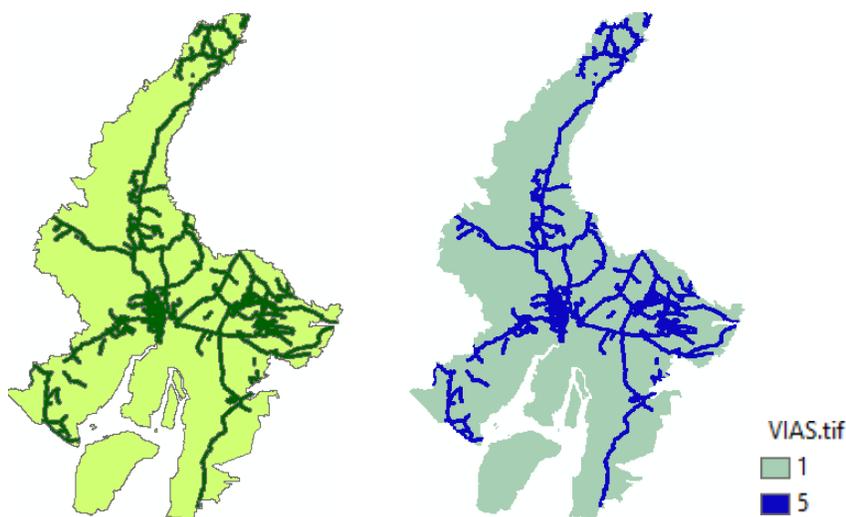


Estas áreas buffer representan zonas de proximidad en torno a cada punto, siendo para algunos casos favorable. Las capas a las que se realizó este proceso son: Centros de acopio, Puertos y Aeropuertos. Posteriormente, estas capas fueron reclasificadas de acuerdo al punto de origen y convertidas a formato ráster, garantizando así su compatibilidad con las demás variables involucradas en nuestro estudio.

Finalmente, para las capas de tipo línea, como vías se aplicó el proceso previo de generación de áreas buffer, esto se debe a que las entidades tipo línea y tipo punto, no tienen un área explícita.

Una vez generadas las zonas de influencia, se procedió a su reclasificación y posterior rasterización.

Ilustración 14. Vías (Izq.) Capa vectorial con área buffer (Der.) Capa ráster reclasificada



3.3 Cálculo de pesos ponderados de las variables.

Para la ponderación de las variables consideradas en nuestro análisis se utilizó la metodología AHP (Analytic Hierarchy Process) desarrollada por Thomas L. Saaty. La cual permite realizar comparaciones de varios criterios mediante una matriz de comparación pareada entre los elementos que tengan el mismo nivel jerárquico, asignando valores numéricos según una escala de importancia relativa que generalmente va de 1 a 9

Ya con todas las variables rasterizadas, para nuestro análisis las agrupamos en cinco componentes principales: Accesibilidad, Riesgos Naturales, Uso de Suelo, Infraestructura y Topografía. Esto con el propósito de organizar de manera jerárquica y coherente las distintas capas temáticas

El agrupamiento de nuestras variables facilita el proceso de comparación pareada, ya que nos permite trabajar a un nivel de criterio mucho más grande para posterior hacer un análisis a nivel de subcriterio

Ilustración 15. Agrupamiento de capas temáticas para un mejor análisis de comparación pareada.



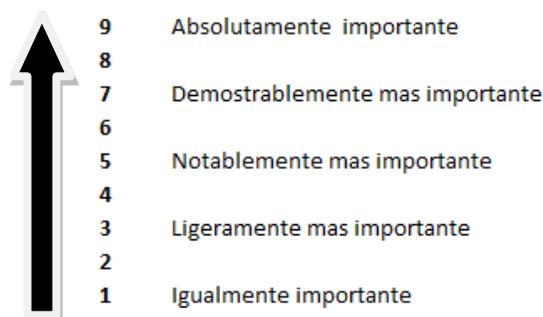
Elaboración: Autor.

3.3.1 Cálculo de Saaty para las variables, a nivel de Criterio.

La matriz de Saaty es una herramienta fundamental dentro de la metodología AHP (Analytic Hierarchy Process), la cual fue diseñada para argumentar de mejor manera las decisiones dentro de análisis multicriterio. Esta matriz permite comparar un conjunto de criterios de forma pareada asignando valores de preferencia de acuerdo a la importancia que se le vaya dando a cada una de nuestras variables.

La escala de importancia relativa de Saaty se encuentra en un rango de 9 a 1 tal como lo muestra la siguiente ilustración.

Ilustración 16. Valores y ponderaciones consideradas para la Importancia Relativa de Saaty.



Fuente: Adaptado de Saaty (2008).

La matriz de Saaty se utiliza ampliamente en áreas como la gestión de proyectos, planificación estratégica, selección de proveedores, evaluación de riesgos y análisis ambiental, facilitando decisiones complejas al transformar valoraciones cualitativas en resultados cuantificables y verificables mediante la evaluación de la consistencia de los juicios emitidos⁶.

⁶ Saaty, T. L. (2008). *Decision making with the analytic hierarchy process*. International Journal of Services Sciences, 1(1), 83–98. <https://doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590>

Al final las ponderaciones obtenidas mediante la aplicación de este proceso permitirá integrarlas a nuestro análisis espacial, garantizando de esta manera que las decisiones reflejen la realidad del contexto que estamos evaluando, ya que al asignar pesos a cada factor estamos priorizando cada uno de nuestras variables de forma objetiva.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para nuestras variables:

Tabla 17. Matriz de comparaciones pareadas y ponderaciones según el método de Saaty para nuestras variables a nivel de Criterio

MATRIZ DE COMPARACIONES PAREADAS						IMPORTANCIA RELATIVA DE SAATY	
	ACCESIBILIDAD	RIESGOS	USO DE SUELO	INFRAESTRUCTURA	TOPOGRAFIA		
ACCESIBILIDAD	1,00	1,13	1,80	1,50	2,25	ACCESIBILIDAD	9
RIESGOS	0,89	1,00	1,60	1,33	2,00	RIESGOS	8
USO DE SUELO	0,56	0,63	1,00	0,83	1,25	USO DE SUELO	5
INFRAESTRUCTURA	0,67	0,75	1,20	1,00	1,50	INFRAESTRUCTURA	6
TOPOGRAFIA	0,44	0,50	0,80	0,67	1,00	TOPOGRAFIA	4
pi	3,556	4,000	6,400	5,333	8,000		

	Ci	wi	λ_i
ACCESIBILIDAD	1,47	0,28	28,13
RIESGOS	1,31	0,25	25,00
USO DE SUELO	0,82	0,16	15,63
INFRAESTRUCTURA	0,98	0,19	18,75
TOPOGRAFIA	0,65	0,13	12,49
	5,22	1,00	100,00

3.3.2 Cálculo de Saaty para las variables, a nivel de Subcriterio.

A continuación, se presenta los cálculos obtenidos para cada uno de los Criterios establecidos:

Tabla 2. Matriz de comparaciones pareadas y ponderaciones según el método de Saaty para el Criterio – Riesgos Naturales

MATRIZ DE COMPARACIONES PAREADAS				IMPORTANCIA RELATIVA DE SAATY	
	SUSC. INUNDACIONES	AREAS INUNDADAS	RIOS		
SUSC. INUNDACIONES	1,00	1,80	1,29	SUSC. INUNDACIONES	9
AREAS INUNDADAS	0,56	1,00	0,71	AREAS INUNDADAS	5
RIOS	0,78	1,40	1,00	RIOS	7
SUMA	2,33	4,20	3,00		

	SUSC. INUNDACIONES	AREAS INUNDADAS	RIOS	PROMEDIO	PESO *0.25
SUSC. INUNDACIONES	0,43	0,43	0,43	0,43	0,11
AREAS INUNDADAS	0,24	0,24	0,24	0,24	0,06
RIOS	0,33	0,33	0,33	0,33	0,08

Tabla 3. Matriz de comparaciones pareadas y ponderaciones según el método de Saaty para el Criterio – Uso de Suelo

MATRIZ DE COMPARACIONES PONDERADAS			IMPORTANCIA RELATIVA DE SAATY	
	USO DE SUELO	AREAS PROTEGIDAS		
USO DE SUELO	1,00	1,29	USO DE SUELO	9
AREAS PROTEGIDAS	0,78	1,00	AREAS PROTEGIDAS	7
SUMA	1,78	2,29		

	USO DE SUELO	AREAS PROTEGIDAS	PROMEDIO	PESO *0.16
USO DE SUELO	0,56	0,56	0,56	0,09
AREAS PROTEGIDAS	0,44	0,44	0,44	0,07

Tabla 4. Matriz de comparaciones pareadas y ponderaciones según el método de Saaty para el Criterio – Infraestructura

MATRIZ DE COMPARACIONES PONDERADAS				IMPORTANCIA RELATIVA DE SAATY	
	PUERTOS - AEROPUERTOS	CENTROS DE ACOPIO	AREA POBLADA		
PUERTOS - AEROPUERTOS	1,00	1,80	2,25	PUERTOS	9
CENTROS DE ACOPIO	0,56	1,00	1,25	CENTROS DE ACOPIO	5
AREA POBLADA	0,44	0,80	1,00	AREA POBLADA	4
SUMA	2,00	3,60	4,50		

	PUERTOS - AEROPUERTOS	CENTROS DE ACOPIO	AREA POBLADA	PROMEDIO	PESO *0.19
PUERTOS - AEROPUERTOS	0,50	0,50	0,50	0,50	0,10
CENTROS DE ACOPIO	0,28	0,28	0,28	0,28	0,05
AREA POBLADA	0,22	0,22	0,22	0,22	0,04

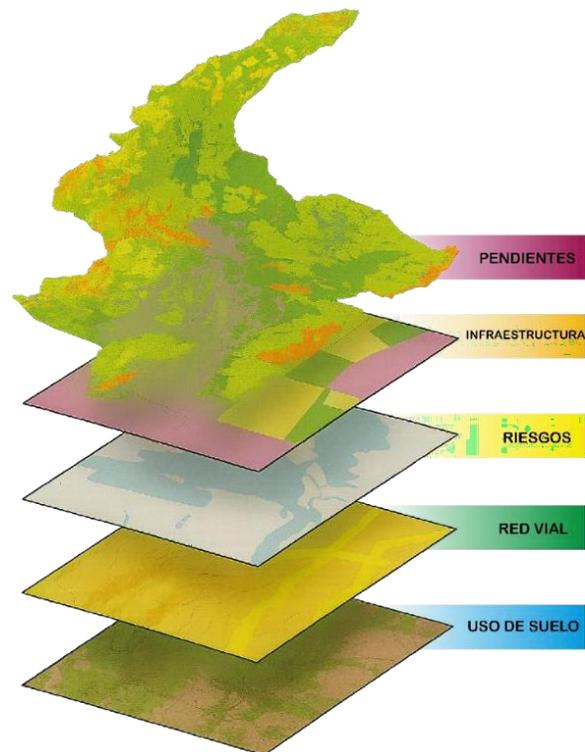
Tabla 5. Cuadro resumen de los pesos obtenidos para las variables en estudio mediante el método de Saaty

	VARIABLES	VALOR PONDERADO	
ACCESIBILIDAD	Vías	0,28	0,28
RIESGOS	Susceptibilidad a inundaciones	0,25	0,11
	Ríos		0,06
	Zonas inundadas		0,08
USO DE SUELO	Uso de suelo	0,16	0,09
	Áreas Protegidas		0,07
INFRAESTRUCTURA	Puertos y aeropuertos	0,19	0,1
	Centros de acopio		0,05
	Área Poblada		0,04
PENDIENTES	Pendientes	0,12	0,12

3.4 Análisis Multicriterio.

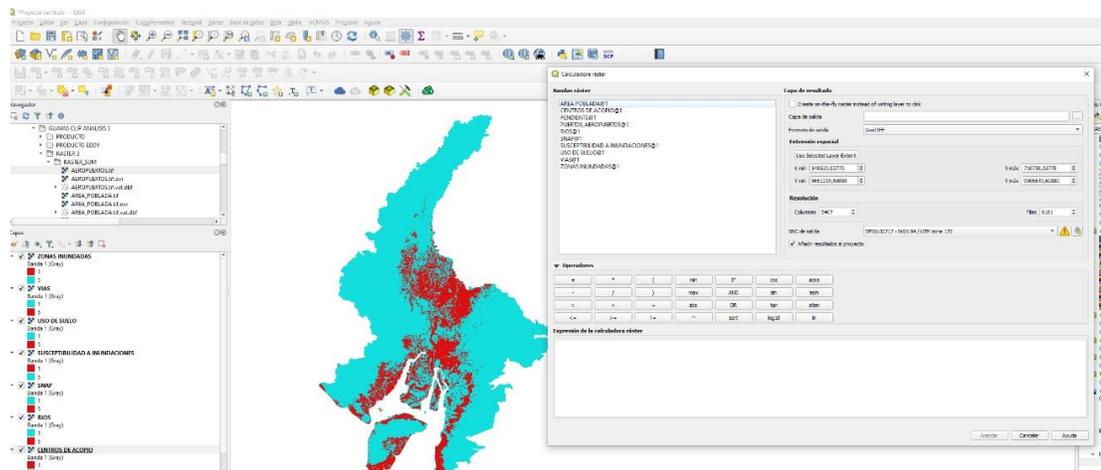
El Análisis Multicriterio es una metodología que permite evaluar simultáneamente varios factores (Criterios) mismos que puedes ser de tipo cualitativo o cuantitativo. Para fines de nuestro estudio este análisis nos permitirá integrar diversas capas de información, para de esta manera generar lugares óptimos para el establecimiento de nuestro centro logístico.

Ilustración 18. Ejemplificación grafica de Análisis Multicriterio.



Una vez reclasificadas nuestras capas y transformadas a formato ráster, procederemos a realizar el análisis por medio de la Calculadora Ráster (Weighted Overlay), en QGIS, la cual nos permitirá combinar las variables según su ponderación y generar un resultado espacial ideal.

Ilustración 19. Calculadora ráster en software QGIS



Una vez abierta la calculadora ráster el siguiente paso fue integrar cada una de nuestras variables reclasificadas; es decir, generar la expresión para realizar el cálculo. Cada una de nuestras variables multiplicadas por el valor ponderado calculado anteriormente.

Ilustración 20. Ventana de calculadora ráster con la expresión para cálculo de zonas óptimas.

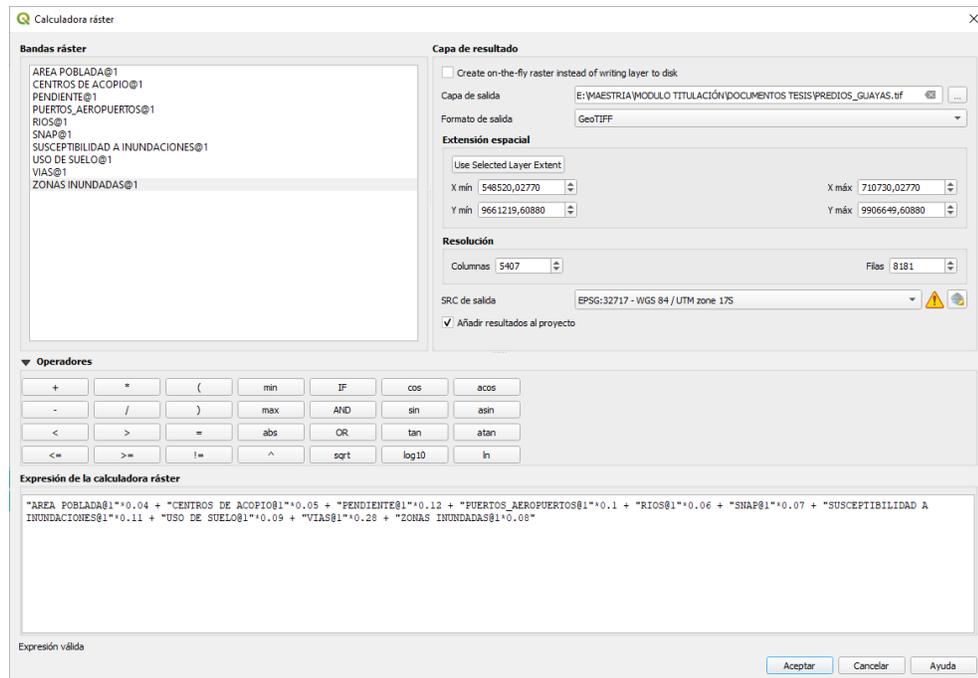
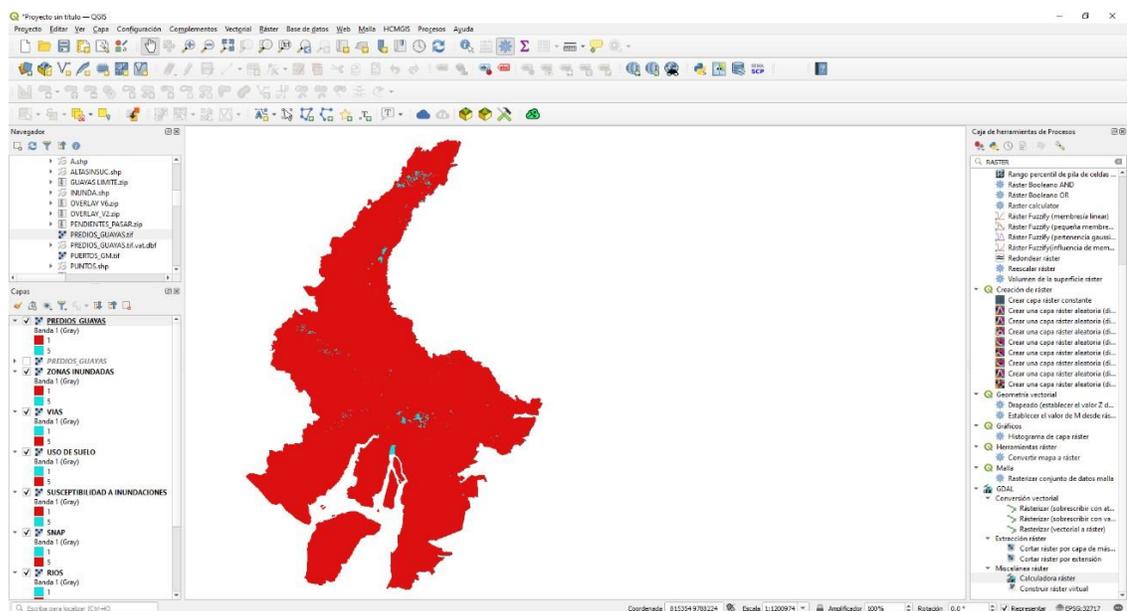


Ilustración 21. Resultado obtenido después de generar el proceso en software QGIS



4. RESULTADOS DEL ANALISIS ESPACIAL Y MULTICRITERIO

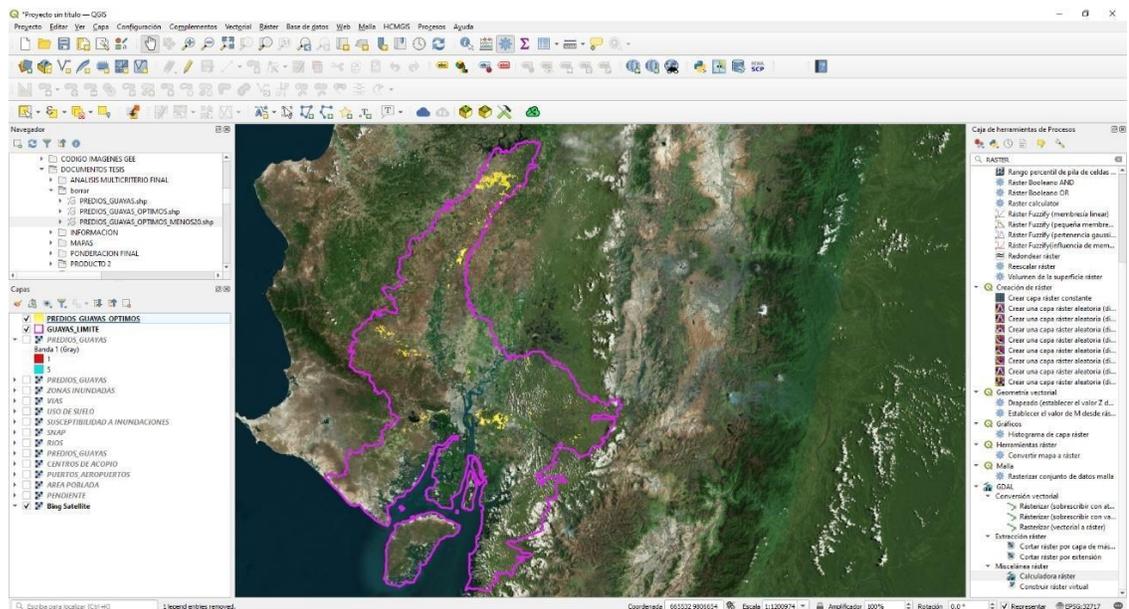
Como resultado del proceso anterior obtenemos como producto una capa ráster, la cual se encuentra clasificada en dos rangos: En color rojo las zonas “No Adecuadas” y en color celeste las zonas que reunieron las condiciones “Adecuadas” para el establecimiento de nuestro centro logístico.

Ilustración 22. Producto obtenido para establecimiento de centro logístico en la provincia del Guayas



El siguiente paso fue transformar esta capa de formato Ráster a Vector, realizar una selección por atributos en la que seleccionaremos todos los polígonos que tengan el valor 5 (Óptimo)

Ilustración 23. Visualización de polígonos con nivel 5 (Óptimo)

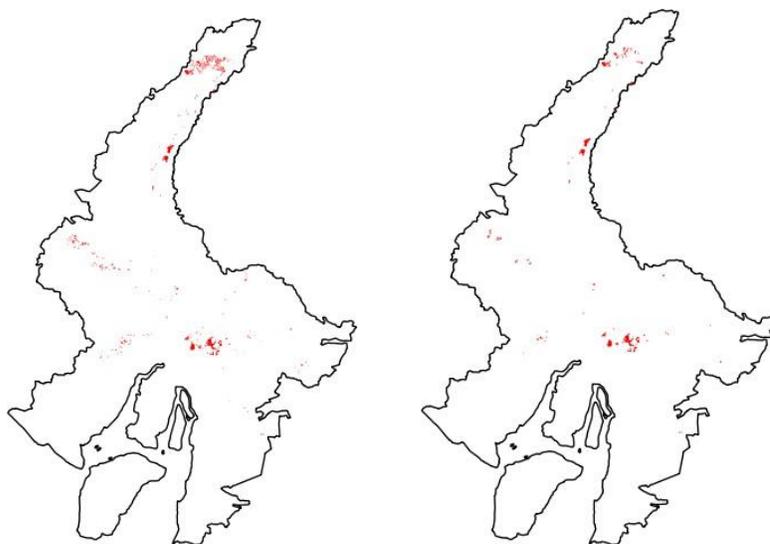


Para asegurarnos que los predios seleccionados sean idóneos para el establecimiento de nuestro centro logístico, calculamos la superficie en hectáreas. A continuación, aplicamos un segundo filtro, seleccionando únicamente los polígonos con una superficie mayor o igual a 20 hectáreas.

Esta decisión se fundamenta en patrones de planificación identificados en el País, en donde las Zonas Especiales de Desarrollo Económico (ZEDE) y plataformas logísticas regionales ocupan en promedio extensiones de 127 a 200 hectáreas, como es el caso de la ZEDE de Posorja (127 ha.) y la ZEDE del Litoral (200 ha.)⁷. De este modo un predio con una superficie mayor a 20 hectáreas, reúne las condiciones espaciales mínimas para el funcionamiento sostenible y operativo.

Por lo tanto, realizar este filtro nos permitirá priorizar únicamente aquellos polígonos con suficiencia territorial alineados a criterios técnicos, normativos y de eficiencia logística dentro del Ecuador⁸

Ilustración 24. Izq. Polígonos óptimos sin realizar filtro, Der. Polígonos con filtro mayor igual a 20 ha.



Es importante mencionar que el resultado inicial referente a los polígonos con nivel 5 (Óptimos), antes de realizar este filtro fue de 2264 polígonos, reduciéndose finalmente a 78 polígonos.

⁷ Según información publicada sobre las Zonas Especiales de Desarrollo Económico (ZEDE) del Ecuador, la ZEDE de Posorja ocupa una superficie aproximada de 127 ha, mientras que la ZEDE del Litoral tiene una extensión de 200 ha.

⁸ Ministerio de Industrias y Productividad del Ecuador. (2020). *Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones (COPCI)*.

4.1 Cálculo de la parcela optima.

Teniendo como insumo nuestro archivo con 78 posibles sitios, vamos a discriminar aún más en búsqueda de nuestro Polígono optimo. Para ello realizaremos el cálculo de la parcela optima.

Para ello necesitamos como datos importantes valor referente a:

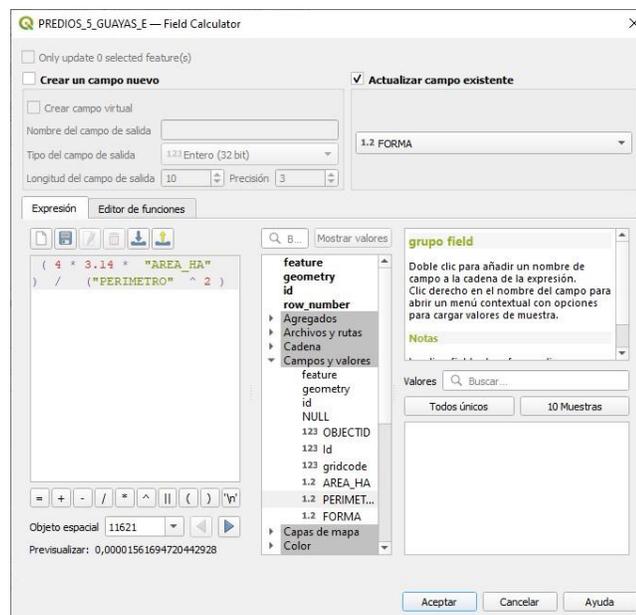
- Superficie de los polígonos (ha.)
- Perímetro: (m2)
- Cálculo de la Forma: la cual hace referencia a la relación de circularidad (Rc), el cual es conocido como radio de circularidad, la cual es igual a la raíz cuadrada del área del elemento, sobre el área de la circunferencia, por el perímetro del mismo elemento (Rodríguez Minaya 2018).

$$Rc = \sqrt{\frac{\text{Área del elemento}}{\text{Área de la circunferencia} * \text{perímetro del elemento}}}$$

$$\text{Área de la circunferencia} = \pi * R^2$$

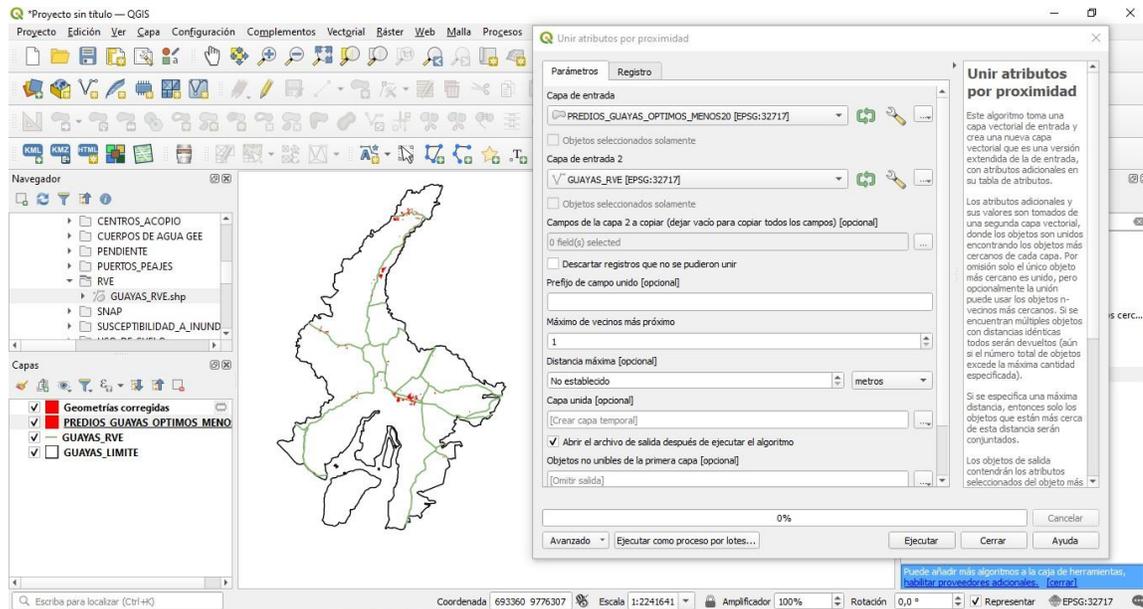
$$\text{Perimetro} = 2\pi R$$

Ilustración 25. Cálculo de la Forma en el Software QGis.



- Cálculo de la Distancia (Near): Para el cálculo de la distancia nos valemos de la herramienta “Unir atributos por proximidad”, para ello nos valemos de nuestro archivo de polígonos filtrados “Óptimos” y de la capa de Vías. Con estos dos insumos podemos obtener nuestro dato de distancias

Ilustración 26. Cálculo de la Distancia en el Software QGis.



Finalmente tenemos nuestra capa con la información necesaria para realizar el análisis de la parcela óptima.

Ilustración 27. Cálculo de la Distancia en el Software QGis.

PREDIOS_5_GUAYAS—Objetos Totales: 78, Filtrados: 78, Seleccionados: 0

OBJECTID	Id	gridcode	AREA_HA	PERIMETRO	FORMA	NEAR_DIST
13	5232	5232	5	41,42922666590	6333,90540804000	0,12977007624
14	5245	5245	5	25,89523832040	7190,85310254000	0,062931771638
15	5414	5414	5	22,72331739800	3982,76680867000	0,18001672481
16	5467	5467	5	532,08644922600	33341,69831050...	0,06014750866
17	6417	6417	5	93,35005832350	8917,38979345000	0,14751968341
18	6622	6622	5	21,85106584800	2702,90262659000	0,37585705344
19	7355	7355	5	27,14906373370	3514,07995303000	0,27627555485
20	7561	7561	5	62,42284596290	5829,45281781000	0,23083351321
21	9229	9229	5	576,80632114500	21106,17882190...	0,16271277953
22	9386	9386	5	511,08034783600	22036,82435620...	0,13225193683

Mostrar todos los objetos espaciales

El siguiente paso es exportar la información de la Tabla de atributos a formato *xls para poder realizar nuestro análisis.

Ilustración 28. Información calculada en formato *xls.

FID	AREA_HA	PERIMETRO	FORMA	NEAR_DIST
0	40,03127865	7608,45685	0,08689948	1608,529049
1	34,66811445	9008,121292	0,053687434	1525,68242
2	37,82731164	10009,84766	0,047441829	873,0049499
3	31,58967125	8208,722778	0,058912141	548,7759519
4	39,29171308	10009,13498	0,049285453	837,9953382
5	20,12493964	2639,253891	0,363063947	797,8765092
6	180,6404762	13196,30859	0,130352998	786,1862511
7	35,75447004	8742,054000	0,050404474	0

Para iniciar el cálculo vamos a obtener el valor máximo de las celdas Área, Forma y Distancia, es importante tener en cuenta que el campo Perímetro lo utilizamos para el cálculo de la forma, sin embargo, para este análisis lo vamos a descartar.

Ilustración 29. Obtención de valores máximos para calculo de parcela óptima

FID	AREA_HA	FORMA	NEAR_DIST
0	40,03127865	0,08689948	1608,529049
1	34,66811445	0,053687434	1525,68242
2	37,82731164	0,047441829	873,0049499
3	31,58967125	0,058912141	548,7759519
4	39,29171308	0,049285453	837,9953382
5	20,12493964	0,363063947	797,8765092
6	180,6404762	0,130352998	786,1862511

FID	AREA_HA	FORMA	NEAR_DIST
75	348,0062211	0,171074194	0
76	500,0097992	0,176487997	0
77	23,2015256	0,184435725	0
Valor MAXIMO	576,8063211	0,804902733	2678,178601

A continuación, cada uno de los valores máximos obtenidos de las tres celdas (Área, Forma y Distancia) debe ser normalizado individualmente dividiendo dicho valor máximo para el valor correspondiente en su celda original.

Ilustración 30. Valores calculados normalizados.

FID	AREA_H	FORMA	NEAR_DI
0	0,06940159	0,10796271	0,60060559
1	0,06010356	0,06670052	0,56967165
2	0,06558061	0,05894107	0,32596965

Para terminar de normalizar todas las celdas tenemos que dar un tratamiento especial a la celda “Distancia” teniendo en cuenta que este indicador se comporta de forma inversa a la preferencia; es decir, a menor distancia mayor es la conveniencia, se aplicó una transformación de inversión posterior a su normalización. Esto se realizó restando el valor normalizado a 1, de tal manera de unificar el sentido de preferencia para todos los criterios (1 – el valor normalizado de “Distancia”), para posteriormente obtener el promedio de cada polígono, este valor promedio corresponderá a los datos de nuestra “Primera Aproximación”.

Ilustración 31. Valores calculados normalizados,

FID	AREA_HA	FORMA	NEAR_DIST	PROMEDIO 1
0	0,069401595	0,10796271	0,399394406	0,192252904
1	0,060103562	0,06670052	0,430328351	0,188981858
2	0,065580612	0,05894107	0,674030347	0,225947411
3	0,054766514	0,07319163	0,795093594	0,286933961
4	0,068119422	0,06123156	0,687102519	0,28991754
5	0,03489029	0,45106562	0,702082412	0,33408197
6	0,313173538	0,16194876	0,706447415	0,394934671
7	0,061981255	0,07353866	1	0,386181605

Para la segunda y tercera aproximación, vamos a obtener los pesos ponderados para cada una de las variables Área, Forma y Distancia, valiéndonos del cálculo mediante la matriz de Saaty.

Tabla 6. Cálculo de pesos ponderados para las variables Área, Forma y Distancia

MATRIZ DE COMPARACIONES PAREADAS			
	AREA	FORMA	DISTANCIA
AREA	1,00	0,60	0,43
FORMA	1,66	1,00	0,71
DIDTSNCIA	2,33	1,40	1,00

IMPORTANCIA RELATIVA DE SAATY	
ÁREA	3
FORMA	5
DISTANCIA	7

pi	1,000	3,000	2,140
----	-------	-------	-------

	Ci	wi	λi
AREA	0,64	0,20	20
FORMA	1,06	0,33	33
DIDTSNCIA	1,48	0,47	47
	3,18	1,00	100,00

Los valores obtenidos son los siguientes: Área: 0,20, Forma: 0,33 Y Distancia: 0,47, estos valores los multiplicamos por cada celda respectivamente, luego obtendremos el promedio, este valor obtenido, corresponderá a nuestra “Segunda aproximación”.

Ilustración 32. Valores calculados normalizados para Segunda Aproximación.

FID	AREA_HA	FORMA	NEAR_DIST	PROMEDIO 2
	0,2	0.33	0.47	
0	<u>0,01388032</u>	0,03562749	0,18771537	0,079074392
1	0,01202071	0,02201099	0,20225432	0,078762008
2	0,01311612	0,01945062	0,31679426	0,116453668
3	0,0109533	0,02415317	0,37369399	0,136266821
4	0,01362388	0,02020622	0,32293818	0,118922764
5	0,00697806	0,14885163	0,32997873	0,161936139
6	0,06263471	0,05344307	0,33203029	0,149369355
7	0,01239625	0,02426756	0,47	0,168887936

Para obtener la “Tercera Aproximación”. Realizamos el mismo procedimiento, esta vez multiplicamos por los valores que se muestran en la Ilustración 32.

Ilustración 33. Valores calculados normalizados para Tercera Aproximación.

FID	AREA_HA	FORMA	NEAR_DIST	PROMEDIO 3
	0,2	0.3	0.5	
0	<u>0,01388032</u>	0,03238862	0,199697203	0,081988715
1	0,01202071	0,02000999	0,215164175	0,082398292
2	0,01311612	0,01768238	0,337015173	0,122604558
3	0,0109533	0,02195743	0,397546797	0,143485843
4	0,01362388	0,01836929	0,343551259	0,125181479
5	0,00697806	0,13531966	0,351041206	0,164446308
6	0,06263471	0,04858461	0,353223708	0,154814342
7	0,01239625	0,02206142	0,5	0,178152556

A continuación, agrupamos en una tabla resumen los valores resultantes de las tres aproximaciones, a partir de las mismas calculamos el promedio final y determinamos el valor máximo respectivo. (La tabla final con el cálculo de los 77 polígonos obtenidos se presentan en la sección de anexos).

Ilustración 34. Valores calculados normalizados para Tercera Aproximación.

FID	1ra Aproximación	2da. Aproximación	3ra. Aproximación	PROMEDIO
<u>0</u>	<u>0,192252693</u>	<u>0,079074392</u>	<u>0,081988715</u>	0,117771933
1	<u>0,185710625</u>	0,078762008	0,082398292	0,115623642
2	0,266184074	0,116453668	0,122604558	0,1684141
3	0,307683845	0,136266821	0,143485843	0,19581217
4	0,272150974	0,118922764	0,125181479	0,172085072
5	0,396012745	0,161936139	0,164446308	0,240798397

FID	1ra Aproximación	2da. Aproximación	3ra. Aproximación	PROMEDIO
6	0,393856553	0,149369355	0,154814342	0,232680084
7	0,378506436	0,168887936	0,178152556	0,241848976

El valor promedio Máximo obtenido tras todo el proceso es: **0,39782564**. Este valor debe ser localizado entre los promedios obtenidos y el ID que corresponda a dicho valor, identificara el polígono optimo, dentro de los 77 valores analizados.

Como se puede apreciar en la Ilustración 34, el valor calculado corresponde al polígono con el ID 73

Ilustración 35. Identificación del predio optimo.

FID	1ra Aproximación	2da. Aproximación	3ra. Aproximación	PROMEDIO
73	0,708207797	0,238416264	0,246852871	0,397825644
74	0,51262261	0,210435513	0,216302207	0,31312011
75	0,605290927	0,220268247	0,228142849	0,351234008
76	0,695375085	0,238576551	0,24638389	0,393445175
77	0,423121591	0,184553747	0,19226234	0,266645893
				0,397825644

Posteriormente visualizaremos el polígono indicado en base a imágenes satelitales gratuitas como lo muestra la Ilustración 35, la cual se muestra sobre imágenes satelitales gratuitas cortesía de Google, mientras que la Ilustración 36 tiene de tapiz a la imagen satelital Sentinel 2-A, que fue descargada con el propósito de tener imágenes lo más actual posible.

Ilustración 36. Predio seleccionado sobre imágenes satelital Base Map.cortesía de Google.



Ilustración 37. Predio seleccionado sobre imágenes satelital Sentinel 2A descargada



Visualmente se puede apreciar que el predio indicado se encuentra dentro de una zona con alta presencia de camaroneras, por lo que debemos descartar este predio, ya que se hace incompatible con los objetivos de nuestra investigación.

En consecuencia, se procederá con una nueva revisión entre los 77 promedios disponibles, considerando como alternativa el polígono cuyo valor sea el más cercano al resultado obtenido en el cálculo original.

Realizado este análisis tenemos tres posibles polígonos considerados como óptimos. De entre los cuales se realizará un nuevo análisis visual para finalmente definir el polígono que se encuentre en la zona ideal para el establecimiento de nuestro centro logístico.

Ilustración 38. ID de predios seleccionado para análisis visual final.

ID	1ra Aproximación	2da. Aproximación	3ra. Aproximación	PROMEDIO
29	0,640621516	0,247694281	0,246165019	0,378160272
50	0,594750036	0,233692678	0,237946302	0,355463005
51	0,45789067	0,19143368	0,198131542	0,282485297
52	0,579452314	0,22829335	0,228960219	0,345568628
53	0,399952126	0,148919807	0,152830083	0,233900672
54	0,568322817	0,221005531	0,227003769	0,338777372

Ilustración 39. Visualización del predio ID 29 sobre Imagen satelital cortesía de Google



Ilustración 40. Visualización del predio ID 50 y 52 sobre Imagen satelital Sentinel 2-A.



5. UBICACIÓN RECOMENDADA Y JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

Finalmente, la ubicación recomendada hace referencia al polígono con el ID 50, el cual se ubica en el Cantón San Jacinto de Yaguachi, con una superficie de 122,27 hectáreas.

Ilustración 41. Visualización del predio ID 50 y 52 sobre Imagen satelital Sentinel 2-A.



Esta ubicación presenta ventajas estratégicas y territoriales. En primer lugar, su cercanía a la vía principal (Vía Durán -Tambo) le otorga un acceso directo a corredores logísticos importantes que conectan a Guayaquil, el Aeropuerto y el puerto marítimo, esta conectividad permite una reducción significativa en tiempo de transporte y distribución de mercancías, lo cual es fundamental para tener operaciones logísticas eficientes.

En segundo lugar, el predio se ubica en una zona agrícola poco fragmentada, con baja susceptibilidad a inundaciones, validado con nuestra capa de zonas inundables obtenida a través del proceso en Google Earth Engine, lo que garantiza las condiciones adecuadas para el establecimiento de nuestro centro logístico, ya que además no tiene restricciones de tipo topográfico tampoco ambientales.

Además, el Cantón Yaguachi posee un acceso potencial a la Zona Especial de Desarrollo Económico del Litoral (ZEDE) y a la zona industrial de Durán, reforzando así su integración con cadenas productivas regionales. Su localización directa entre Guayaquil, Milagro y El Triunfo hace que tenga ventaja como punto de redistribución de mercancías hacia la Sierra y el resto de la Costa ecuatoriana

Finalmente, el predio cumple con una superficie mayor a 20 hectáreas y próximo a sectores de servicios e infraestructura energética, haciéndolo mucho más viable y económicamente atractivo para invertir en el centro logístico regional.

En contraste, el predio con el ID 29 ubicado en el cantón Isidro Ayora presenta limitada accesibilidad vial, con una red secundaria menos desarrollada, lo que incrementaría los tiempos y costos de traslado para el transporte de carga pesada. Mientras tanto, el predio con el Id 52 al encontrarse en el mismo sector (San Jacinto de Yaguachi) que el predio elegido como óptimo, presenta una pequeña desventaja en cuanto a superficie y condición geográfica, ya que por la parte posterior existe un pequeño cuerpo de agua.

6. CONCLUSIONES

- El uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG), combinado con el análisis multicriterio (AHP) permitió desarrollar un modelo técnico robusto para la identificación del sitio óptimo para un centro logístico regional en la provincia del Guayas. Esta metodología puede ser replicada en otros estudios similares.
- El predio ubicado en el cantón San Jacinto de Yaguachi, que abarca una superficie de 122,27 ha, fue seleccionado como óptimo por su fácil acceso por carretera y su reducida vulnerabilidad ante inundaciones, además de encontrarse cerca de servicios logísticos importantes. Su ubicación estratégica lo convierte en un punto de distribución perfecto hacia y desde Guayaquil, Milagro y El Triunfo.
- El uso de imágenes Sentinel 2-A mediante Google Earth Engine permitió validar visualmente los resultados y superar limitaciones de otras fuentes (como Google o Bing), garantizando así una validación con imágenes satelitales lo más actuales posibles.
- La incorporación de Imágenes Radar (RSAR) al modelo topográfico y la utilización de herramientas como Google Earth Engine, facilitó la identificación más exacta de zonas propensas a inundaciones, permitiendo de esta manera una alerta de prevención a los resultados obtenidos en nuestro estudio.
- Las pruebas iniciales realizadas utilizando cinco rangos de clasificación mostraron que, aunque una clasificación más amplia puede ser beneficiosa; para propósitos logísticos y en donde se busca ser muy específicos en cuanto a ciertas características, es mucho más práctico y conveniente una clasificación binaria.
- La simplificación de la clasificación en dos rangos (Adecuado y No Adecuado) resultó ser muy útil para la toma de decisiones, especialmente en situaciones que requieren una

identificación clara y precisa de áreas que cumplan con los criterios técnicos ideales para el establecimiento del centro logístico

- Se incorporaron variables relevantes como vías, uso de suelo, pendientes, riesgos naturales, infraestructura existente y zonas protegidas. Estas fueron clasificadas y reclasificadas en función de su compatibilidad con el uso logístico, logrando un modelo de evaluación bien fundamentado.
- La aplicación de buffer como una opción para especializar ciertas variables de tipo punto y líneas como puertos, aeropuertos, centros de acopio y red vial, fue esencial para garantizar la integración equitativa de estos criterios.
- La selección final del polígono se basó también en el cálculo de forma (índice de circularidad) y distancia a la vía principal, aplicando métodos objetivos para jerarquizar predios mediante normalización y ponderación.

7. RECOMENDACIONES

- Se sugiere mantener actualizadas de manera periódica las bases geoespaciales oficiales que involucran el uso del suelo y las amenazas naturales para asegurar decisiones precisas y al día debido a los notables desajustes temporales detectados en varias capas empleadas.
- Fue esencial utilizar imágenes SAR para encontrar la renovación de zonas propensas a inundaciones. Se sugiere desarrollar aún más esta estrategia, principalmente en áreas de riesgo de la Costa Ecuatoriana.
- Las entidades públicas como el MTOP, MAG, MAATE y gobiernos autónomos descentralizados (GAD) deberían adoptar este tipo de metodología para futuras decisiones territoriales, especialmente en zonas productivas.
- Se recomienda considerar aspectos sociales y económicos en futuras investigaciones de este tipo que involucren la disponibilidad de mano de obra, personal calificado y cercanía a otras zonas comerciales, involucrando de esta manera la parte social.
- A partir de esta metodología, puede plantearse la creación de un sistema nacional u observatorio que registre, clasifique y actualice las condiciones del suelo para fines logísticos, alineado al desarrollo de las Zonas Especiales de Desarrollo Económico (ZEDE)

8. BIBLIOGRAFIA

Instituto Nacional de Preinversión. (2017). *Lineamientos para el desarrollo de plataformas logísticas en Ecuador*. Quito: INP.

Malczewski, J. (1999). *GIS and multicriteria decision analysis*. John Wiley & Sons.

Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2020). *Plan Nacional de Logística de Transporte Multimodal*. Quito: MTOP.

Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca. (2021). *Estrategia Nacional de Logística Agropecuaria*. Quito: MPCEIP

Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (2019). Código Orgánico del Ambiente (COA). Quito: MAATE.

Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca. (2020). *Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones (COPCI)*. Registro Oficial Suplemento N.º 351. Recuperado de <https://www.produccion.gob.ec/codigo-organico-de-la-produccion-comercio-e-inversiones/>

Rodríguez Minaya, Y. E. (2018). *Determinación de las relaciones entre los parámetros geomorfológicos de las subcuencas de la cuenca Marañón mediante SIG* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo]. Repositorio institucional.

Saaty, T. L. (2008). *Decision making with the analytic hierarchy process*. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83–98. <https://doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590>

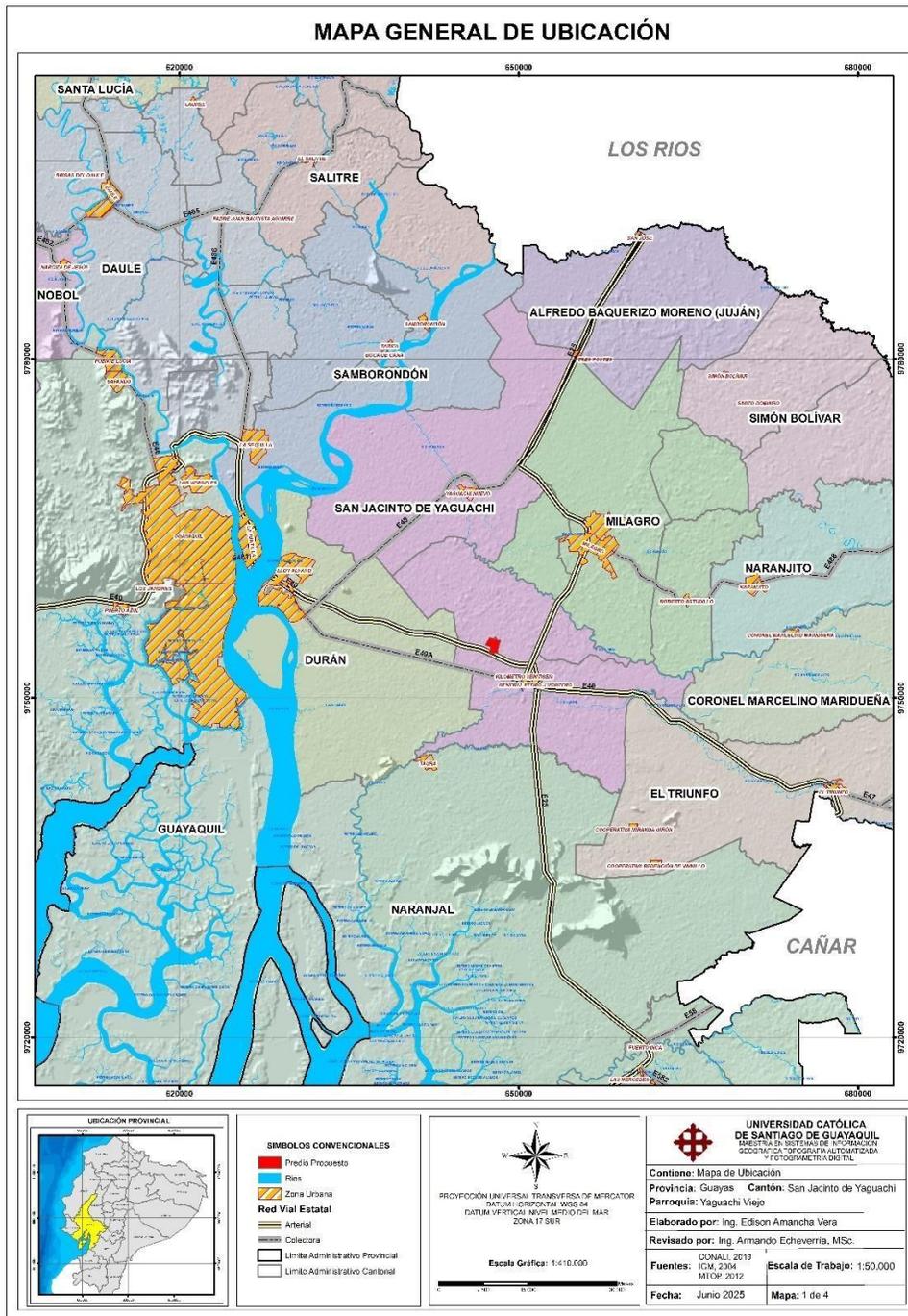
Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo & Ministerio de Industrias y Productividad. (2016). *Estudio de Desarrollo Territorial para Zonas de Actividad Logística en el Ecuador*. Quito: SENPLADES y MIPRO.

Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2011). *Guía metodológica para la elaboración de planes de desarrollo y ordenamiento territorial*. Quito, Ecuador.

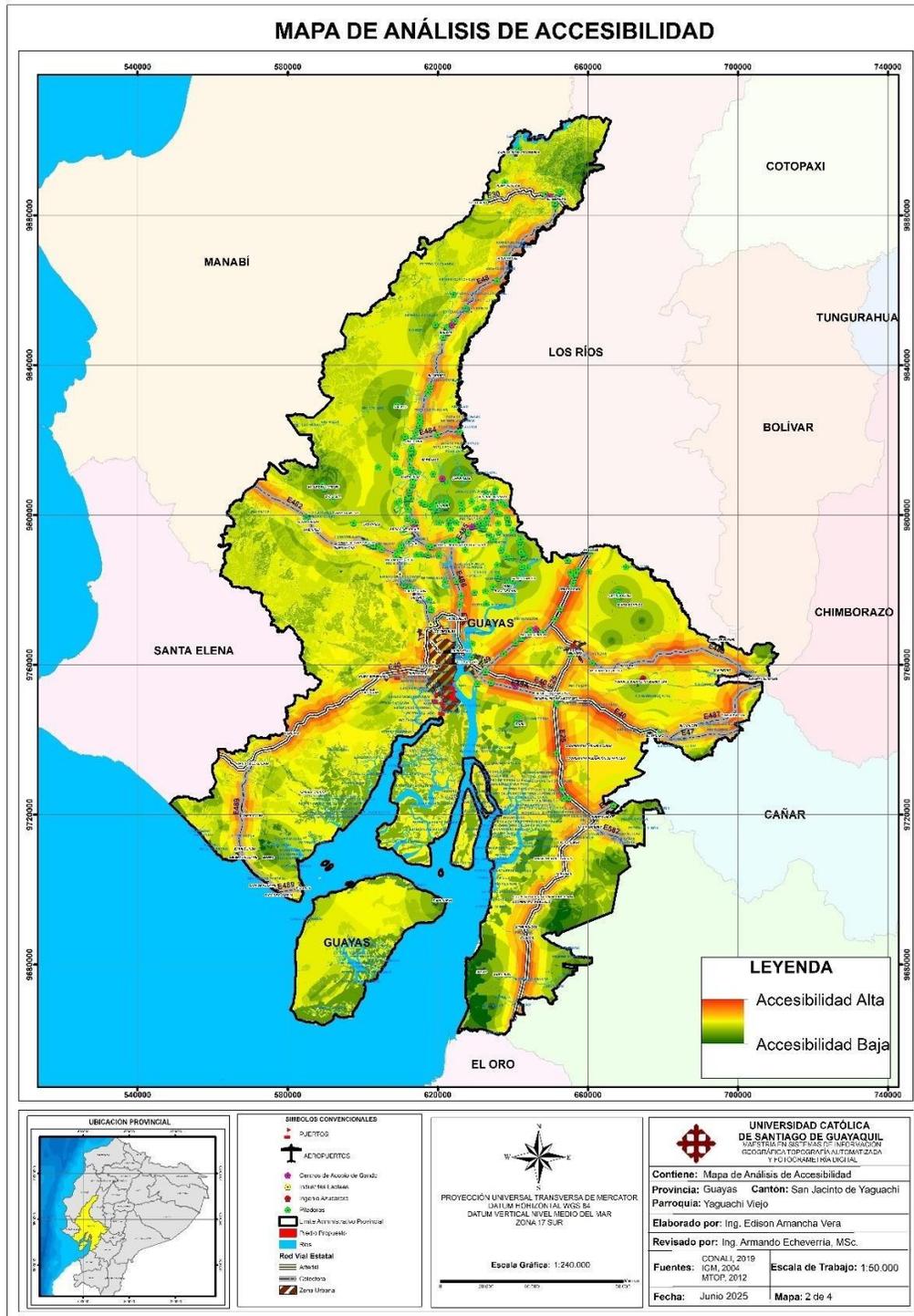
Secretaría Técnica Planifica Ecuador. (2020). *Guía para la Incorporación del Componente Ambiental en los Planes de Ordenamiento Territorial*. Quito: Planifica Ecuador.

9. ANEXOS.

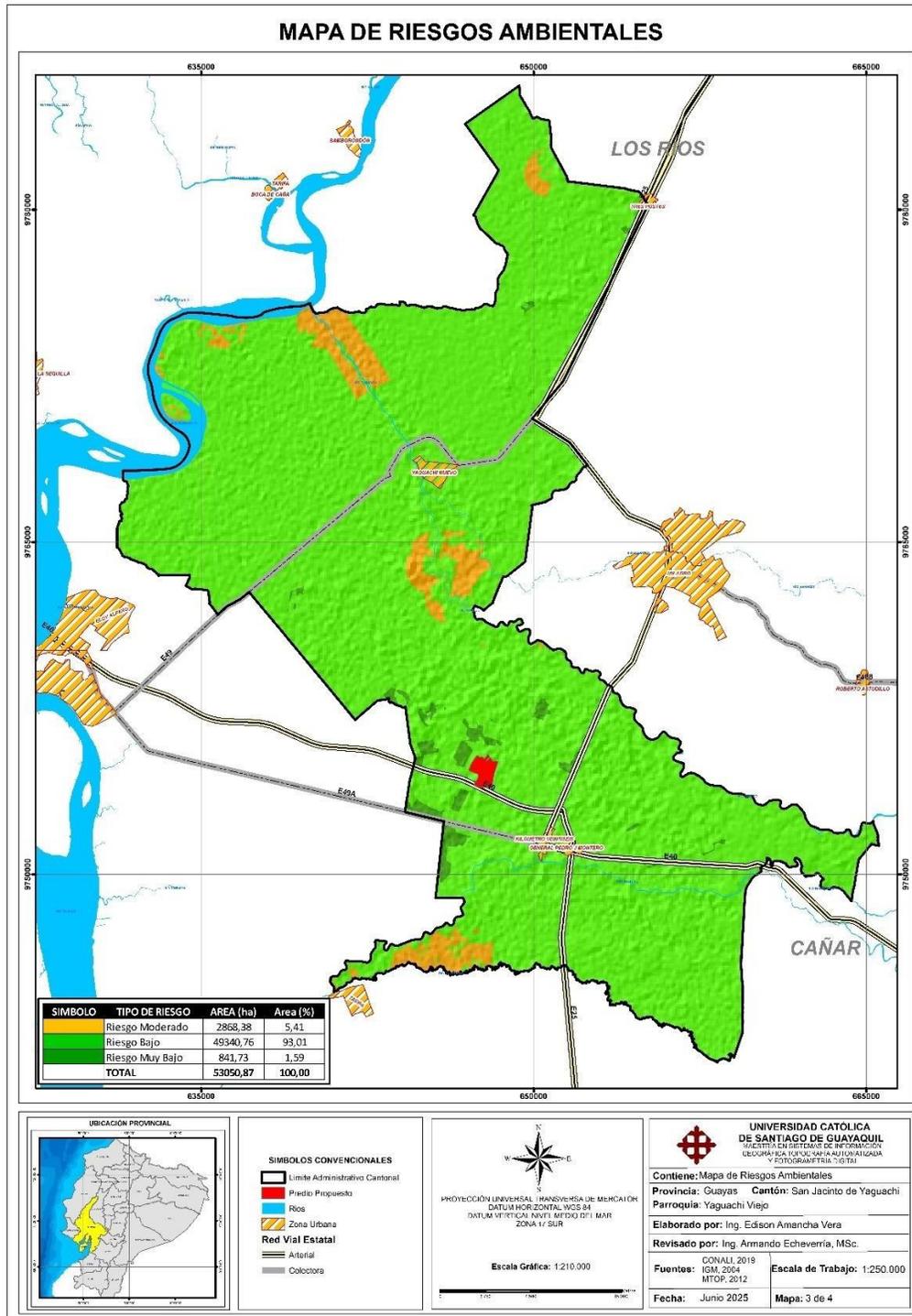
9.1 Mapa General de Ubicación.



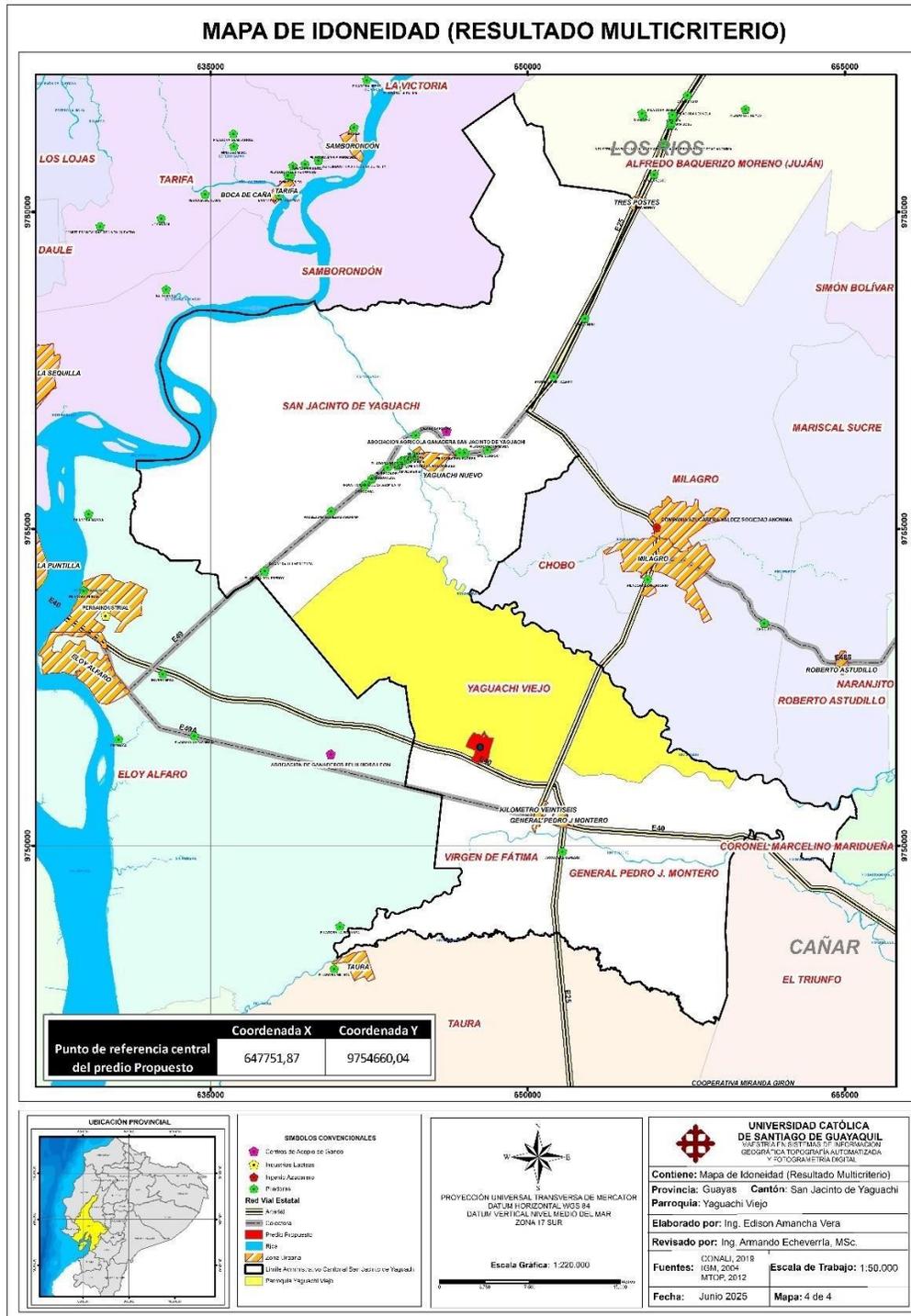
9.2 Mapa de Análisis de Accesibilidad



9.3 Mapa Riesgos Ambientales



9.4 Mapa de Idoneidad (Análisis Multicriterio)



9.5 Tabla de Cálculos de Aproximación.

ID	PRIMERA APROXIMACIÓN	SEGUNDA APROXIMACIÓN	TERCERA APROXIMACIÓN	PROMEDIO
0	0,192	0,079	0,082	0,118
1	0,186	0,079	0,082	0,116
2	0,266	0,116	0,123	0,168
3	0,308	0,136	0,143	0,196
4	0,272	0,119	0,125	0,172
5	0,396	0,162	0,164	0,241
6	0,394	0,149	0,155	0,233
7	0,379	0,169	0,178	0,242
8	0,378	0,168	0,178	0,241
9	0,294	0,132	0,139	0,188
10	0,168	0,067	0,070	0,102
11	0,192	0,078	0,081	0,117
12	0,341	0,146	0,152	0,213
13	0,187	0,080	0,084	0,117
14	0,181	0,071	0,072	0,108
15	0,611	0,201	0,208	0,340
16	0,321	0,128	0,132	0,194
17	0,168	0,054	0,049	0,090
18	0,450	0,191	0,197	0,279
19	0,209	0,075	0,075	0,120
20	0,631	0,197	0,202	0,343
21	0,583	0,187	0,192	0,321
22	0,281	0,111	0,113	0,168
23	0,212	0,078	0,078	0,123
24	0,522	0,213	0,219	0,318
25	0,191	0,072	0,073	0,112
26	0,360	0,145	0,149	0,218
27	0,357	0,138	0,137	0,211
28	0,417	0,169	0,175	0,253
29	0,641	0,248	0,246	0,378
30	0,478	0,201	0,207	0,296
31	0,502	0,208	0,214	0,308
32	0,384	0,158	0,164	0,235
33	0,202	0,074	0,076	0,117
34	0,310	0,125	0,127	0,187

ID	PRIMERA APROXIMACIÓN	SEGUNDA APROXIMACIÓN	TERCERA APROXIMACIÓN	PROMEDIO
35	0,337	0,133	0,137	0,202
36	0,527	0,211	0,212	0,317
37	0,191	0,066	0,063	0,106
38	0,437	0,165	0,163	0,255
39	0,436	0,170	0,170	0,259
40	0,357	0,132	0,130	0,206
41	0,385	0,139	0,133	0,219
42	0,352	0,125	0,120	0,199
43	0,174	0,070	0,071	0,105
44	0,202	0,078	0,079	0,120
45	0,424	0,172	0,174	0,257
46	0,468	0,199	0,205	0,291
47	0,468	0,195	0,202	0,288
48	0,411	0,163	0,169	0,248
49	0,254	0,098	0,098	0,150
50	0,595	0,234	0,238	0,355
51	0,458	0,191	0,198	0,282
52	0,579	0,228	0,229	0,346
53	0,400	0,149	0,153	0,234
54	0,568	0,221	0,227	0,339
55	0,373	0,167	0,176	0,239
56	0,326	0,115	0,111	0,184
57	0,357	0,142	0,144	0,214
58	0,411	0,168	0,171	0,250
59	0,373	0,167	0,177	0,239
60	0,461	0,183	0,193	0,279
61	0,417	0,183	0,190	0,263
62	0,438	0,187	0,195	0,273
63	0,498	0,208	0,214	0,307
64	0,427	0,183	0,191	0,267
65	0,440	0,190	0,197	0,276
66	0,443	0,187	0,195	0,275
67	0,522	0,216	0,221	0,320
68	0,595	0,231	0,236	0,354
69	0,429	0,184	0,192	0,268
70	0,545	0,223	0,228	0,332
71	0,473	0,193	0,201	0,289
72	0,577	0,234	0,237	0,349

ID	PRIMERA APROXIMACIÓN	SEGUNDA APROXIMACIÓN	TERCERA APROXIMACIÓN	PROMEDIO
73	0,708	0,238	0,247	0,398
74	0,513	0,210	0,216	0,313
75	0,605	0,220	0,228	0,351
76	0,695	0,239	0,246	0,393
77	0,423	0,185	0,192	0,267
VALOR MAXIMO				0,398

9.6 Script utilizado para la obtención de imágenes satelitales Sentinel 2A periodo 2022-2025 mediante Google Earth Engine

```
// 1. Provincia de Guayas
var guayas = ee.FeatureCollection("FAO/GAUL/2015/level1")

10

.filter(ee.Filter.eq('ADM1_NAME', 'Guayas'));

Map.centerObject(guayas, 8);

// 2. Colecciones necesarias

var s2sr = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2_SR')

.filterBounds(guayas)

.filterDate('2022-01-01', '2025-12-31');

var cloudProb = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2_CLOUD_PROBABILITY')

.filterBounds(guayas)

.filterDate('2022-01-01', '2025-12-31');

// 3. Join por 'system:index'

var join = ee.Join.inner();

var joined = join.apply(s2sr, cloudProb, ee.Filter.equals({

leftField: 'system:index',

rightField: 'system:index'

}));

// 4. Enmascarar nubes con probabilidad < 40%

function maskClouds(joinedImage) {

var img = ee.Image(joinedImage.get('primary')).select([

'B2', 'B3', 'B4', 'B8', 'B8A', 'B11', 'B12' // todas las bandas necesarias

]);
```

```
var cloud = ee.Image(joinedImage.get('secondary')).select('probability');  
  
var mask = cloud.lt(40);  
  
return img.updateMask(mask).divide(10000);  
  
}  
  
11  
  
// 5. Aplicar máscara y generar compuesto  
  
var cloudMasked = ee.ImageCollection(joined.map(maskClouds));  
  
var composite = cloudMasked.median().clip(guayas);  
  
// 6. Visualización en color falso para zonas urbanas  
  
Map.addLayer(composite, {  
  
bands: ['B12', 'B11', 'B4'], // SWIR2, SWIR1, Rojo  
  
min: 0.05,  
  
max: 0.4,  
  
gamma: 1.2  
  
}, 'Zonas Urbanas (12-11-4)');  
  
// 7. Exportar imagen con todas las bandas  
  
Export.image.toDrive({  
  
image: composite,  
  
description: 'Guayas_TodasBandas_S2_2022_2025_SinNubes',  
  
folder: 'GEE_Export',  
  
fileNamePrefix: 'Guayas_TodasBandas_Compuesto_SinNubes',  
  
region: guayas.geometry(),  
  
scale: 10,  
  
maxPixels: 1e13,  
  
fileFormat: 'GeoTIFF'  
  
});
```

9.7 Script utilizado para la generación de Zonas de inundación de la provincia del Guayas mediante Google Earth Engine

```
// 1. Cargar límites de la provincia del Guayas
var ecuador = ee.FeatureCollection("FAO/GAUL/2015/level1")
.filter(ee.Filter.eq('ADM0_NAME', 'Ecuador'));

var guayas = ecuador.filter(ee.Filter.eq('ADM1_NAME', 'Guayas'));

// 2. Cargar imagen SAR Sentinel-1 en modo GRD y polarización VV
var s1 = ee.ImageCollection("COPERNICUS/S1_GRD")

.filterBounds(guayas)

.filterDate('2024-03-01', '2024-03-31') // Puedes ajustar fechas recientes

.filter(ee.Filter.eq('instrumentMode', 'IW'))

.filter(ee.Filter.eq('orbitProperties_pass', 'ASCENDING'))

.filter(ee.Filter.listContains('transmitterReceiverPolarisation', 'VV'))

14

.select('VV')

.median()

.clip(guayas);

// 3. Umbral para detectar agua (valores bajos de retrodispersión ~ -17 a -12 dB)
var water = s1.lt(-15); // Puedes ajustar este umbral según zona

// 4. Cargar el DEM SRTM y calcular áreas bajas (e.g., < 10 m)
var dem = ee.Image("USGS/SRTMGL1_003").clip(guayas);

var lowAreas = dem.lt(10);

// 5. Combinación de agua detectada + zonas bajas (alta susceptibilidad)
var floodSusceptibility = water.and(lowAreas);

// 6. Visualización
Map.centerObject(guayas, 8);

Map.addLayer(dem, {min: 0, max: 50, palette: ['white', 'brown']}, 'DEM');

Map.addLayer(s1, {min: -25, max: 0}, 'Sentinel-1 VV');

Map.addLayer(water.updateMask(water), {palette: ['blue']}, 'Zonas con agua (SAR)');

Map.addLayer(floodSusceptibility.updateMask(floodSusceptibility),
{palette: ['red']}, 'Alta susceptibilidad a inundación');
```

15

```
// 7. Exportar si deseas
```

```
Export.image.toDrive({  
  image: floodSusceptibility,  
  description: 'Flood_Susceptibility_Guayas',  
  folder: 'GEE_exports',  
  fileNamePrefix: 'flood_guayas',  
  region: guayas.geometry(),  
  scale: 30,  
  maxPixels: 1e13  
});
```



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, Edison Patricio Amancha Vera con C.C: 1716150956 autor del trabajo de titulación: **Análisis multicriterio para la localización óptima de un centro logístico regional utilizando sistemas de información geográfica (SIG)**, previo a la obtención del grado de **MAGISTER EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA TOPOGRAFÍA AUTOMATIZADA Y FOTOGRAMETRÍA DIGITAL** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

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

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

Guayaquil, 25 de julio del 2025

EDISON
PATRICIO
AMANCHA
VERA

Firmado
digitalmente por
EDISON PATRICIO
AMANCHA VERA
Fecha: 2025.08.12
15:06:11 -05'00'

Edison Patricio Amancha Vera

1716150956



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE GRADUACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Análisis multicriterio para la localización óptima de un centro logístico regional utilizando sistemas de información geográfica (SIG)		
AUTOR(ES) (apellidos/nombres):	Edison Patricio Amancha Vera		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES) (apellidos/nombres):	Neptalí Armando Echeverría Llumipanta		
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:	25 de julio del 2025	No. DE PÁGINAS:	50
ÁREAS TEMÁTICAS:	Desarrollo sostenible, centro logístico, topografía		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Planificación de territorio, actividad comercial		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):			
<p>Una adecuada localización de las infraestructuras logísticas tiene un impacto directo en la optimización de costos de operación, reducir tiempos de distribución, la disminución de daños ambientales y la mejora de la eficiencia del sistema operativo en conjunto, son aspectos importantes para una adecuada planificación estratégica que promueve al desarrollo sostenible entre las regiones. Esta situación evidencia la necesidad de implementar un estudio que defina la ubicación óptima de un nuevo centro logístico, el cuál este basado en criterios técnicos que involucren variables de tipo territorial, riesgos y ambientales. El análisis de estas variables proporciona una base sólida para la toma de decisiones en torno a su ubicación. Con todo lo mencionado anteriormente este proyecto investigativo, busca realizar un análisis multicriterio utilizando, Sistemas de Información Geográfica, Información cartográfica de fuentes oficiales, Imágenes Satelitales y además, aplicar el conocimiento impartido por los profesores de las diferentes materias a lo largo del proceso educativo, con el objetivo de determinar la ubicación ideal para un nuevo centro logístico. Por medio de la integración de variables como accesibilidad, uso de suelo, pendientes, riesgos infraestructura existente, mediante la aplicación de metodologías como el Proceso Analítico Jerárquico (AHP), se busca generar una propuesta técnica que pueda ser reproducible, debidamente sustentada, que pueda contribuir a una mejor planificación del territorio y el fortalecimiento de la actividad comercial entre las regiones del país.</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTORES:	Teléfono: +5930995777031	E-mail: eddyamv@hotmail.es	
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):			