

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

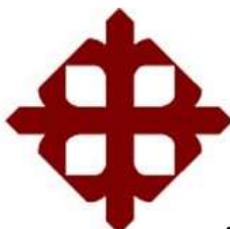
**TEMA TRABAJO DE TITULACIÓN:  
Análisis multicriterio para la localización óptima de un centro  
logístico regional utilizando Sistemas de Información  
Geográfica (SIG)**

**AUTOR:**

**Reyes Yunga, Diego Filiberto**

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

**Guayaquil, Ecuador  
2025**



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

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por la **Magister, Diego Filiberto Reyes Yunga**, como requerimiento parcial para la obtención del Grado Académico de Magíster en Sistemas de Información Geográfica, Topografía Automatizada y Fotogrametría Digital.

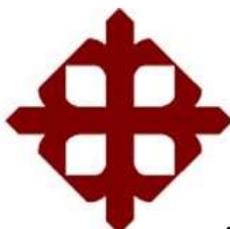
**REVISOR**

\_\_\_\_\_  
**Neptalí Armando, Echeverría Llumipanta**

**DIRECTOR DEL PROGRAMA**

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

**Guayaquil, a los 27 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, **Diego Filiberto Reyes Yunga**

**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 27 del mes de julio del año 2025**

**EL AUTOR**

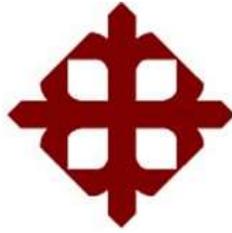


firmado electrónicamente por:  
**DIEGO FILIBERTO  
REYES YUNGA**

validar únicamente con FirmaDC

---

**Diego Filiberto Reyes Yunga**



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

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **Diego Filiberto Reyes Yunga**

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.

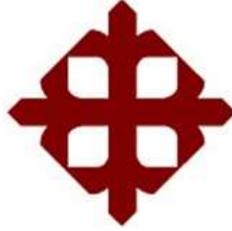
**Guayaquil, a los 27 del mes de julio del año 2025**

**EL AUTOR:**



---

**Diego Filiberto Reyes yunga**



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

REYES YUNGA DIEGO

**< 1%**  
Textos sospechosos

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

Nombre del documento: REYES YUNGA DIEGO.pdf ID del documento: 3a5489bc963f2c4b406e2aa3102ede51c57bc3 Tamaño del documento original: 1,48 MB	Depositante: Neptalí Armando Echeverría Llumipanta Fecha de depósito: 8/8/2025 Tipo de carga: interfece fecha de fin de análisis: 8/8/2025	Número de palabras: 8641 Número de caracteres: 57.138
---	---	--

## **AGRADECIMIENTO**

*Gratitud total e infinita, a mi madre María Narcisa Yunga Chamba, a mi padre Filiberto Reyes y mi hermano Javier Alexander Reyes Yunga por el constante apoyo, motivación de superación, fuerza y fortaleza.  
Y a todos aquellos que han compartido la luz de su conocimiento conmigo.*

**DIEGO FILIBERTO REYES YUNGA**

## DEDICATORIA

*A mí, por el esfuerzo constante y la implacable decisión de alcanzar mis objetivos, metas y éxitos; por desafiarme cada día y mantenerme firme al enfrentar distintos escenarios; por mantenerme leal a mis principios y continuar avanzando siempre; y por reconocer que el mundo de las ideas es infinito y dinámico, pues lo que conocemos es apenas un haz de luz de una estrella, y lo que ignoramos es el brillo del universo.*

**Diego Filiberto Reyes Yunga**

## INTRODUCCION

Acorde al informe del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) (2021), América Latina presenta bajos niveles técnicos y limitaciones en los procesos técnicos de análisis aplicados al campo logístico, como precedente en el 2018 la región obtuvo una puntuación promedio de 2,66 sobre 5 en indicadores clave de desempeño logístico.

El Informe de Resultados de la Encuesta Nacional de Logística Ecuador de 2023 (Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversión y Pesca, 2023) señala que: las empresas ecuatorianas destinan en promedio el 17,9 % de sus ventas totales a gastos logísticos; en el sector agrícola, las pequeñas empresas invierten hasta un 40 %, mientras que las medianas asignan un 15,3 %; en el sector comercial, las grandes empresas destinan un 6,7 %, las medianas un 15,2 % y las pequeñas un 23,1 %; y que el principal rubro dentro de los costos logísticos corresponde al transporte, el cual representa aproximadamente el 40 % del total. Estas diferencias evidencian brechas en la gestión de la logística entre sectores y tamaños de empresas.

A nivel regional y por tamaño empresarial, las provincias de Guayas y Pichincha se destacan por su mayor competitividad logística (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2019). En Guayas se concentra una infraestructura logística significativa, que incluye el Puerto de Aguas Profundas de Guayaquil, operado por DP World (27 ha), Contecon Guayaquil S.A. (162 ha), Andipuerto Guayaquil S.A. (6.38 ha) y la Terminal Aeroportuaria José Joaquín de Olmedo (170 ha), entre otras instalaciones relevantes (Autoridad Portuaria de Guayaquil, 2019; Prefectura de Guayas, 2022).

El desempeño logístico en Ecuador evidencia que el tiempo promedio del ciclo logístico es de 10 horas con 54 minutos, distribuido en 3 horas y 18 minutos de espera para la disponibilidad del vehículo; 1 hora y 18 minutos de

espera para el inicio del cargue; 2 horas y 48 minutos para el proceso de cargue; 1 hora y 12 minutos de espera para el descargue; y 2 horas y 18 minutos para el proceso de descargue; además, el 21,4 % de los vehículos supera los 15.000 km mensuales en trayectos internos (Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversión y Pesca, 2023).

La logística comprende los procesos destinados a gestionar inventarios, almacenar y transportar insumos y productos a lo largo de la cadena de suministro, su función principal es superar las barreras geográficas mediante la conexión eficiente entre los nodos de producción y los mercados de consumo, asegurando así que la oferta y la demanda se articulen de manera oportuna y en el lugar adecuado (BID, 2021).

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) constituyen una herramienta clave y fundamental para abordar y resolver preguntas simples o complejas sean estas teóricas o prácticas, dado que se fundamentan en la ciencia geográfica, la que permite estudiar, analizar y descomponer el territorio, el ambiente o los fenómenos geoespaciales con el fin de integrarlos y sintetizarlos en un modelo cartográfico, de modo que su articulación represente una imagen coherente, estructurada y analíticamente útil del objeto de estudio (Baxendale, 2015).

En el campo de la logística, los SIG buscan mejorar la planificación y ejecutar operaciones con mayor agilidad y precisión, mediante el análisis de distribución espacial, la optimización de rutas, la geolocalización y otros procesos operativos territoriales, con el propósito de reducir costos, aumentar la sostenibilidad y mejorar la eficiencia en toda la red de distribución (ESRI, 2025).

El análisis espacial es un proceso que estudia el comportamiento espacial de un fenómeno u objeto de estudio; para ello, analiza la distribución de los datos geolocalizados, los manipula, los modela, los relaciona con otros

datos e identifica patrones espaciales, con el objetivo de extraer información para una toma de decisiones informada (Kogut, 2025).

La evaluación multicriterio (EMC) es una herramienta utilizada para apoyar los procesos de toma de decisiones, ya que permite integrar múltiples criterios definidos por diversos actores dentro de un mismo marco de análisis, con el objetivo de ofrecer una perspectiva integrada del problema (Rodríguez, 2013). La combinación de la EMC con los SIG permite la ejecución simultánea de análisis espaciales y temáticos, mediante el procesamiento de conjuntos de datos geográficos vinculados lógicamente con sus atributos y geo-procesos, lo que permite abordar de manera efectiva problemas espaciales complejos en diversos campos (Narváez, 2021).

## **CONTEXTO**

La provincia del Guayas cuenta con una superficie de 15.899 km<sup>2</sup> y está conformada por 25 cantones, limita con nueve provincias y el océano Pacífico, lo que le otorga una ubicación geográfica estratégica para conectar las regiones Sierra y Costa, además de constituirse como un nodo clave para las conexiones marítimas y aéreas internacionales (Prefectura de Guayas, 2022). Según el Censo Nacional de Población y Vivienda de 2022, su población asciende a 4.391.923 habitantes, con una densidad de 276 habitantes por km<sup>2</sup>, los cantones con mayor concentración poblacional son Guayaquil (62,53 %), Durán (6,92 %) y Daule (5,02 %) (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], 2022).

La provincia de Guayas es uno de los principales centros de desarrollo industrial y comercial del país, lo que la convierte en un nodo estratégico para la articulación logística regional y nacional (Prefectura de Guayas, 2022).

Guayas concentra el 24 % del Producto Interno Bruto (PIB) nacional, con una estructura económica liderada por los sectores de servicios (56 %), industria manufacturera (36 %) y agricultura (9 %) (Prefectura de Guayas, 2022). En el 2017, albergaba el 41 % del total de empresas del país, con 32.866 unidades productivas, siendo Guayaquil y sus cantones conurbados los principales polos desarrollo industrial (Prefectura de Guayas, 2022).

La producción manufacturera en la provincia de Guayas asciende a 5.600 millones de dólares, lo que representa el 21 % de su economía. Le siguen el comercio (12,3 %) y el transporte (6,6 %) (Prefectura de Guayas, 2022). Entre las principales cadenas productivas agroindustriales se destacan el arroz, maíz, banano, cacao, azúcar y café (Prefectura de Guayas, 2022).

La característica topográfica en función de la pendiente que describe a la provincia de Guayas es tipo plana, dada a la predominante cobertura de pendientes menores al 5 %, no obstante, la provincia también presenta áreas con pendientes pronunciadas, dada a la variabilidad natural altitudinal, que va desde los 0 hasta los 1.720 m s. n. m. (Instituto Geográfico Militar [IGM], 2013). El clima que presenta oscila entre seco y subhúmedo estas características favorecen la operatividad logística la mayor parte del año sin mayor interrupción (Prefectura de Guayas, 2022).

La provincia de Guayas es susceptible a inundaciones en temporada de lluvias intensas debido al: desbordamiento de los causes de los ríos en áreas con predominancia de topografía plana; y al anegamiento del suelo que está relacionado con la textura predominante del suelo de tipo arcillo-limosos y arcillo-arenosos (Prefectura de Guayas, 2022).

El territorio de la provincia cuenta con una red hídrica extensa, en la que destacan los ríos Daule y Babahoyo, los que conforman el río Guayas, que desemboca en el océano Pacífico; estas condiciones fluviales favorecen la

navegación hacia zonas insulares como la isla Puná o con salida al mar (Prefectura de Guayas, 2022).

La provincia de Guayas está expuesta a múltiples amenazas naturales, en términos de sismicidad, se ubica en una zona de alta peligrosidad (zona III de la zonificación sísmica); asimismo, presenta un riesgo elevado de inundaciones debido a su topografía predominantemente plana, a la densa red hidrográfica y precipitaciones extremas; en cuanto a los deslizamientos, este asociado a las características litológicas, topografía y precipitaciones intensivas (Prefectura de Guayas, 2022).

Desde el punto de vista ambiental, la provincia de Guayas alberga 17 áreas de conservación, entre ellas tres humedales RAMSAR, 15 áreas de bosque y vegetación protectora, y siete unidades del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (Prefectura de Guayas, 2022). Esta diversidad ecológica demanda una planificación territorial sostenible y atención a problemáticas ambientales como la deforestación, que entre 2016 y 2018 alcanzó un promedio anual de 4.189 ha, así como la contaminación de cuerpos hídricos por aguas residuales y metales pesados (Prefectura de Guayas, 2022).

En cuanto a infraestructura, la provincia de Guayas cuenta con una red vial extensa de 7.343 km, de los cuales 924 km corresponden a vías de primer orden. El 66 % del sistema vial se encuentra en estado regular, esta red vial permite la articulación entre cantones y con provincias vecinas, facilitando el flujo de bienes agrícolas, industriales y comerciales (Prefectura de Guayas, 2022).

En cuanto a los nodos de conexión, las terminales terrestres de Guayaquil y Pascuales movilizaron más de 24 millones de pasajeros en 2019; en el ámbito aéreo, el Aeropuerto Internacional José Joaquín de Olmedo atendió cerca de 4 millones de pasajeros en ese mismo año; por su parte, el

sistema portuario de Guayaquil, principal del país, manejó cerca del 70 % del comercio exterior, con más de 39.000 toneladas métricas de carga en 2018 (Prefectura de Guayas, 2022).

En este contexto, la provincia de Guayas requiere determinar la ubicación óptima para establecer un nuevo centro logístico regional que permita optimizar los costos operativos, reducir los tiempos de distribución asociado al desplazamiento y reduzca los riesgos ambientales. Para ello, el gobierno provincial demanda un análisis técnico que sustente la toma de decisiones estratégicas.

## **PROBLEMÁTICA**

Actualmente, los centros logísticos existentes enfrentan dificultades relacionadas con la saturación vial, riesgos de inundación, problemas ambientales y elevados costos operativos. Se requiere identificar una ubicación óptima mediante un análisis multicriterio empleando herramientas SIG.

## **OBJETIVO GENERAL**

Determinar la ubicación óptima de un centro logístico regional en la provincia de Guayas mediante un análisis multicriterio empleando herramientas SIG que optimice coste operativo asociado a la accesibilidad y reduzca los riesgos ambientales.

## **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Recopilar datos espaciales y temáticos relevantes para el análisis espacial en la localización del centro logístico regional, a partir de geoportales oficiales y fuentes institucionales.

- Normalizar y estructurar los datos geoespaciales recopilados, homogenizando sus características cartográficas para que permitan su compatibilidad en el análisis espacial.
- Realizar un análisis espacial multicriterio para determinar los criterios clave en la localización del centro logístico regional.
- Integrar los criterios definidos en la evaluación multicriterio dentro de un entorno SIG, aplicando operaciones de geoprocésamiento, análisis de proximidad y modelado topográfico para disponer de modelos cartográficos temáticos.
- Elaborar cartografía temática que permita localizar el área o áreas idónea para la ubicación del centro logístico regional utilizando una plataforma SIG.

## **METODOLOGÍA**

La metodología para la localización del centro logístico regional se basa en un enfoque integral que combina el análisis espacial con la evaluación multicriterio. Inicialmente, se recopilarán datos espaciales y temáticos relevantes provenientes de geoportales oficiales y fuentes institucionales, lo que garantiza la calidad y fiabilidad de la información. Posteriormente, dichos datos geoespaciales serán normalizados y estructurados, homogenizando sus características cartográficas para asegurar su compatibilidad en el análisis espacial. Con la base de datos preparada, se procede a definir los criterios clave para la localización del centro logístico regional mediante técnicas de evaluación multicriterio, como el análisis jerárquico (AHP) y la ponderación lineal. Los criterios definidos se integrarán en un entorno de SIG, donde se ejecutarán operaciones de geoprocésamiento, análisis de proximidad y modelado topográfico, orientadas a identificar las áreas más idóneas para la

ubicación del centro logístico, las cuales serán finalmente representadas cartográficamente para facilitar su localización.

## ÁREA DE ESTUDIO

En base al contexto, el área de estudio se localiza en la provincia de Guayas, situada en una posición estratégica dentro de la región Litoral del Ecuador. Esta provincia se caracteriza por su infraestructura consolidada, su desarrollo industrial y comercial, su producción agropecuaria y sus conexiones logísticas tanto a nivel nacional como internacional (ver Figura 1).

### Figura 1.

*Mapa de ubicación de la provincia de Guayas.*



Elaboracion: Autor

Nota. La Figura 1, con mejor resolución, se encuentra disponible en el Anexo 1.

## RECOPIACIÓN DE LOS DATOS ESPACIALES TEMÁTICAS

El nivel de detalle y alcance de un análisis espacial está condicionado a la cantidad, la calidad y disponibilidad en la adquisición de datos geográficos e información temática; en ese contexto es necesario tener claro la información geográfica con la que se cuenta, para lo cual en la Tabla 1 se detalla las fuentes de información, la escala cartográfica y el año de los productos georreferenciados utilizados en el presente estudio.

**Tabla 1**

### *Insumos ocupados*

Nombre del Insumo	Escala	Año	Fuente
Aeropuerto	1:50.000	2013	IGM
Area de inundación	1:50.000	2013	IGM
Ciénega	1:50.000	2013	IGM
Curvas de nivel	1:50.000	2013	IGM
Lago laguna	1:50.000	2013	IGM
Puntos acotados	1:50.000	2013	IGM
Red vial	1:50.000	2013	IGM
Red hidrográfica	1:50.000	2013	IGM
Zona edificada	1:50.000	2013	IGM
Áreas de conservación comunitarias o individuales	1:100000	2021	MAATE
Bosques y Vegetación Protectores	1:150.000	2025	MAATE
Ecosistemas del Ecuador Continental	1:100.000	2012	MAATE
Humedales Ramsar	1:50.000	2017	MAATE
Reservas de Biósfera	1:100.000	2018	MAATE
Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP)	1:50.000	2025	MAATE
Capacidad de Uso de las Tierras	1:25.000	2021	MAG
Censo porcícola	1:50.000	2010	MAG
Centros de acopio de ganado	1:50.000	2016	MAG
Centros de acopio de leche	1:50.000	2016	MAG
Centros de alimentos balanceados	1:50.000	2012	MAG
Centros de faenamiento	1:50.000	2012	MAG
Circuitos Alternativos de Comercialización (CIALCO)	1:50.000	2019	MAG
Cobertura y uso de la tierra y sistemas productivos agropecuarios	1:25.000	2009–2015	MAG
Extractoras de aceite	1:50.000	2012	MAG
Industrias lácteas	1:50.000	2012	MAG
Ingenios azucareros	1:50.000	2012	MAG
Mapa de Susceptibilidad a Inundaciones	1:25.000	2024	MAG
Mercados mayoristas monitoreados	1:50.000	2018	MAG
Pilladoras	1:50.000	2018	MAG
Registro avícola	1:50.000	2015	MAG
Zonas homogéneas de accesibilidad	1:25.000	2015	MAG
Límite provincial	1:50.000	2023	CONALI
Punto de ubicación de Puertos marítimos en Guayaquil	≈1:100.000	2025	Google Map
Susceptibilidad a Deslizamientos	1:50.000	2011	SNGRE
Susceptibilidad a incendios forestales	1:50.000	2015	SNGRE

Elaboración: Autor

En este sentido, se priorizaron fuentes oficiales que ofrecen información geográfica de libre acceso, actualizada y de mejor precisión cartográfica. Las temáticas generales abordadas incluyen: cartografía base proporcionada por IGM, información ambiental del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), datos de cobertura y uso del suelo, susceptibilidad a inundaciones y zonas homogéneas de accesibilidad proporcionados por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), así como los límites provinciales, provistos por la Secretaría Técnica del Comité Nacional de Límites Internos (CONALI).

## **PREPARACIÓN Y NORMALIZACIÓN DE LOS DATOS ESPACIALES TEMÁTICAS**

Se procede con una inspección a los parámetros cartográficos de los insumos geográficos recolectados, con el propósito de asegurar y verificar que la información geoespacial esté alineada al sistema geodésico de referencia oficial del país, SIRGAS–Ecuador, conforme a la resolución IGM-2016-005 (IGM, 2016), y que utilice el sistema de proyección cartográfica Universal Transversa de Mercator (UTM), zona 17S (IGM, 2023). En caso de que algún insumo no cumpla con estas especificaciones, se procede a reproyectar o transformar al sistema de referencia oficial para garantizar la compatibilidad y la usabilidad de los insumos en el proceso de análisis espacial.

Seguidamente, se definió a la provincia de Guayas como dominio espacial, por lo tanto, los insumos son recortadas conforme al límite de la provincia, de manera que se excluye la información fuera del área de interés. Sin embargo, se establece como excepción las capas de curvas de nivel y puntos acotados, capas que requieren una mayor completitud de los datos para modelar la topografía y evitar distorsiones asociadas al efecto de borde.

Seguido, se realiza una exploración visual de la componente gráfica de los datos con el objetivo de identificar posibles inconsistencias que puedan afectar el proceso de análisis espacial y, en consecuencia, deban ser descartadas. Paralelamente, se lleva a cabo una inspección de los atributos asociados a los insumos, con el fin de identificar información complementaria que pueda contribuir al cumplimiento del objetivo del presente estudio.

A continuación, se define la escala de trabajo considerando tres factores principales: la disponibilidad de insumos cartográficos (con escalas que oscilan entre 1:25.000 y 1:150.000), el propósito del estudio (localizar un sitio a nivel regional) y la extensión del área de análisis (provincia del Guayas). En función de estos criterios, se establece una escala operativa de 1:100.000, la cual se asocia a un área mínima cartografiable de aproximadamente 16 ha (Salinas Chávez & Ramón Puebla, 2013).

Aunque se dispone de una capa a escala 1: 150.000, esta no representa una limitante al estudio, ya que dicha capa solo provee información específica sobre un área puntual de la provincia; esta información es mejorada al usar información temática complementaria a una mejor escala de detalle, de esta forma no se afecta el estudio, ni se compromete el análisis espacial.

Para los procesos de rasterización de elementos vectoriales, se considera la relación entre la escala de trabajo y la resolución del ráster, determinada por el concepto de Localización de Máxima Precisión o Error Medio Admisible, el cual varía entre 0,25 mm y un máximo de 0,1 mm sobre el módulo de la escala (Hengl, 2006). En este estudio, se adopta el valor más estricto de 0,1 mm, que al ser multiplicado por el denominador de la escala (1:100.000), arroja un tamaño de píxel de 10 metros, valor que se emplea como resolución espacial para la rasterización.

## **ANÁLISIS MULTICRITERIO FUNDAMENTO TÉCNICO**

Para la construcción de los criterios del modelo se analizan los factores y limitantes que influyen en su desarrollo. En este proceso se emplean diversas técnicas de evaluación espacial. Una de ellas es la superposición booleana, que consiste en codificar las capas temáticas con valores binarios: 1 para las áreas de interés y 0 para las que no lo son, utilizando relaciones lógicas. Estas capas se combinan mediante operaciones de unión e intersección para delimitar zonas compatibles o excluyentes (Ramírez, 2007).

Otra técnica utilizada es la combinación lineal ponderada, en la que los factores se representan de forma continua lo que es equivalente a un atributo territorio expresado de forma continua en un dato geográfico, al que se asignan valores que reflejan distintos grados de idoneidad; para hacer compatibles estos valores entre capas o coberturas, es necesario estandarizarlos a una escala común, generalmente entre 0 (áreas no aptas) y 1 (áreas aptas), lo que permite su combinación en un modelo de análisis espacial integrado (MasterGIS, 2022).

El método de Análisis Jerárquico de Proceso (AHP) es otra técnica, que consiste en realizar comparaciones por pares entre los criterios en una matriz pareada, con el fin de establecer la importancia relativa de cada uno respecto al objetivo del análisis; estas comparaciones se basan en una escala de 1/9 (nada importante) a 9 (extremadamente importante). El resultado se expresa en un vector de prioridades cuyos valores suman uno, permitiendo la integración de los criterios en una combinación lineal ponderada (Saaty, 1987; Hernández-Zaragoza et al., 2019).

Cabe destacar que el análisis jerárquico ponderado se fundamenta en juicios de comparación entre criterios, razón por la cual es necesario evaluar la consistencia de dichos juicios; esta evaluación se realiza mediante la Razón de Consistencia (RC), que se obtiene al dividir el Índice de Consistencia (IC) entre

el Índice de Aleatoriedad (IA); en consecuencia, se considera una relación consistente si  $RC \leq 0,10$ ; en caso contrario, se deben revisar y ajustar los juicios asignados o fortalecerse con evidencia científica, criterios técnicos o en el conocimiento experto (Toskano Hurtado, 2005; Trinidad,2019).

### ***Criterio ambiental***

El criterio ambiental prevé el posible impacto que podría generar la instalación del centro logístico regional sobre el componente biofísico del territorio, considerando su potencial para desencadenar riesgos ambientales. Este criterio permite proteger áreas naturales sensibles o protegidas cuya alteración pueda comprometer la sostenibilidad ecológica del entorno y la prestación de servicios ambientales. Para ello, se han definido juicios de análisis específicos basados en normativa legal ecuatoriana, los cuales se presentan en la Tabla 2. Estos juicios se incorporan mediante una superposición booleana, técnica que permite establecer zonas de exclusión o restricción codificando las áreas de interés con valores de 1 (áreas sin restricción ambiental) y 0 (áreas con restricción ambiental).

**Tabla 2.**

#### ***Juicios de análisis que componen el criterio ambiental***

<b>Capa</b>	<b>Subcriterio</b>	<b>Justificación técnica</b>
1. SNAP. 2. Humedales Ramsar. 3. Bosques y Vegetación Protectora. 4. Reservas de Biósfera. 5. Áreas de conservación comunitarias o individuales. 6. Cuerpos hídricos	Todo lo que este fuera de las áreas valor de 1 Todo lo que este dentro de las áreas valor de 0 (Excluyente no se puede construir)	1. Áreas de conservación y de protección ambiental avalada por la ley ambiental (Asamblea Nacional del Ecuador, 2004). 2. “Ecuador alberga 19 humedales Ramsar reconocidos a nivel internacional por su importancia ecológica, social y climática” (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza [UICN],2025). 3. Patrimonio forestal nacional declarado en el Código Orgánico del Ambiente (Asamblea Nacional del Ecuador, 2017) 4. Lugares que la UNESCO distingue dentro del Programa “Hombre y Biósfera” destinados a la protección (UNESCO,2013). 5. Áreas destinadas a la conservación Áreas de conservación y de protección ambiental avalada por la legislación ambiental (Asamblea Nacional del Ecuador, 2004). 6. Protección de cuerpos hídricos acorde a la Ley orgánica de recursos hídricos usos y aprovechamiento del agua (Asamblea Nacional del Ecuador,2014).
Cuerpos hídricos • Río dobles • Lago laguna • Ciénega	0 - 200 m      0 > 200 m      1	Protección de cuerpos hídricos acorde a la Ley orgánica de recursos hídricos usos y aprovechamiento del agua (Asamblea Nacional del Ecuador,2014), principio básico para descarga de efluentes (Presidencia de la República del Ecuador, 2003a). Normas generales

		para la disposición de desechos sólidos no peligrosos (Presidencia de la República del Ecuador, 2003b) (Criterio conservador).
Ecosistemas del Ecuador Continental.	Todo lo que este fuera de las áreas valor de 1 Todo lo que este dentro de las áreas valor de 0	Patrimonio forestal nacional declarado en el Código Orgánico del Ambiente (Asamblea Nacional del Ecuador, 2017). Áreas de conservación y de protección ambiental avalada por la ley ambiental (Asamblea Nacional del Ecuador, 2004).

Elaboracion: Autor

### ***Criterio exposición de multiamenazas en función a la susceptibilidad***

En conformidad con el propósito del estudio, este criterio busca minimizar los costos derivados de la pérdida o daño de infraestructura e interrupción del servicio ocasionados por su exposición a amenazas naturales. Por lo que, se consideran los niveles de susceptibilidad territorial frente a eventos como inundaciones, deslizamientos e incendios forestales, los cuales representan riesgos relevantes para la ubicación del centro logístico regional.

La evaluación de este criterio se desarrolla mediante un AHP, los juicios de valoración utilizados en este análisis se detallan en la Tabla 3, y su integración se realiza dentro del entorno SIG, generando una nueva capa que representa el grado de exposición multiamenaza en función de la susceptibilidad del territorio.

**Tabla 3.**

*Juicios de análisis que componen el criterio exposición de multiamenazas*

Capa	Subcriterio	Justificación técnica
<b>A. Susceptibilidad a Inundaciones</b>	1. Sin susceptibilidad	1
	2. No aplicable	1
	3. Susceptibilidad baja	0,66
	4. Susceptibilidad media	0,33
	5. Susceptibilidad alta	0
<b>B. Área de inundación</b>	Todo lo que este fuera de las áreas valor de 1	Las ponderaciones de los subcriterios están asignadas a partir de una ponderación jerárquica simple en función a la descripción de las categorías obtenidas MAG (2023). 1. No producen daños, afectaciones y/o pérdida alguna 2. Zonas pobladas, cuerpos de agua, eriales sin cobertura vegetal e infraestructura antrópica 3. Áreas propensas a inundarse por desbordamientos de los ríos 4. Propenso a inundaciones tanto pluviales por anegamiento como fluviales por desbordamiento de los ríos 5. Inundación pluvial de cualquier frecuencia produce anegamientos, inundaciones cíclicas Acorde al IGM (2013) es un área periódicamente cubierta por agua, excluyendo el agua por marea

	Todo lo que este dentro de las áreas valor de 0 (Excluyente no se puede construir)	
<b>C. Susceptibilidad a Deslizamientos</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sin susceptibilidad 1</li> <li>2. Susceptibilidad baja 0,66</li> <li>3. Susceptibilidad media 0,33</li> <li>4. Susceptibilidad alta 0</li> <li>5. Susceptibilidad muy alta 0</li> </ol>	<p>Las ponderaciones de los subcriterios están asignadas a partir de una ponderación jerárquica simple en función a la descripción de las categorías obtenidas SGRE (2019a).</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Comprende áreas estables y sin probabilidades para que ocurran movimientos en masa</li> <li>2. Zona relativamente estable, con pocos indicios de movimientos en masa, con pendientes muy suave a suave y con condiciones geológicamente estable</li> <li>3. Zonas con estabilidad moderada, pendientes de terreno media a media a fuerte, procesos erosivos de baja intensidad</li> <li>4. Zonas inestables, donde han ocurrido grandes y frecuentes movimientos en masa en el pasado, con pendientes media a fuerte hasta fuerte, presenta rocas meteorizadas, fracturadas, en donde existe escasa cobertura vegetal, suelos poco cohesivos</li> <li>5. Zonas muy inestables, con movimientos en masa activos y donde han ocurrido grandes y frecuentes movimientos en masa de todo tipo, presenta rocas muy meteorizadas, muy fracturadas, no existe cobertura vegetal, con pendientes muy fuertes a escarpada</li> </ol>
<b>D. Susceptibilidad a Incendios Forestales</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Susceptibilidad muy baja 1</li> <li>2. Susceptibilidad baja 0,8</li> <li>3. Susceptibilidad media 0,5</li> <li>4. Susceptibilidad alta 0</li> <li>5. Susceptibilidad muy alta 0</li> </ol>	<p>Las ponderaciones de los subcriterios están asignadas a partir de una ponderación jerárquica simple en función a la descripción de las categorías obtenidas SGRE (2019b).</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. "Escasa o nula probabilidad de ocurrencia de incendios forestales" SGRE (2019b).</li> <li>2. "Incendios forestales pueden ocurrir bajo comportamiento natural anómalo muy puntual" SGRE (2019b).</li> <li>3. "Ocurrencia de incendios forestales responde a la ciclicidad normal de convergencia de variables naturales asociadas" SGRE (2019b).</li> <li>4. "Todas las condiciones estáticas necesarias para la ocurrencia de incendios forestales" SGRE (2019b).</li> <li>5. "Todas las condiciones estáticas suficientes para la ocurrencia de incendios forestales. procesos de ignición latentes" SGRE (2019b).</li> </ol>

Elaboracion: Autor

**Tabla 4.**

*Análisis multicriterio jerárquico exposición a multiamenazas*

	A	C	D	CRITERIOS	PESOS
<b>A</b>	1,00	0,50	3,00	A. Susceptibilidad a Inundaciones	0,74
<b>C</b>	2,00	1,00	3,00	C. Susceptibilidad a Deslizamientos	0,21
<b>D</b>	0,33	0,33	1,00	D. Susceptibilidad a Incendios Forestales	0,06
				<b>SUMATORIA</b>	1,00

Elaboracion: Autor

### ***Criterio aptitud constructiva***

En alineación con el propósito del estudio, se busca evitar conflictos en el uso del suelo e identificar las áreas con mayor aptitud para la instalación del centro logístico regional. Para ello, se han establecido una serie de juicios de valoración, detallados en la Tabla 5, los cuales han sido evaluados mediante una ponderación jerárquica simple y AHP, considerando los factores como la compatibilidad del uso del suelo, la disponibilidad territorial y las restricciones normativas o físicas para la instalación del centro logístico regional.

**Tabla 5.**

*Juicios de análisis que componen el criterio aptitud constructiva*

Capa	Subcriterio	Justificación técnica
<b>A. Pendiente</b> • Curvas de nivel • Puntos acotados	1. 0 – 2 % Plana 1 2. >2-5% Muy suave 0,8 3. >5-12% Suave 0,6 4. >12-25% Media 0,4 5. >25 % Media a abrupta 0	Las ponderaciones de los subcriterios están asignadas a partir de una ponderación jerárquica simple en función a la clasificación de IGM (2022). 1. Favorable para la construcción 2. Ligero incremento en costo de adecuación del área 3. Incremento en costo de adecuación del área 4. Incrementa mayor en los costos en la construcción. 5. Incremento de la logística, disminuye la accesibilidad y requiere un estudio geotécnico de acuerdo con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) parte 2 (NEC, 2023)
<b>B. Capacidad de uso de las tierras</b>	Aprovechamiento agricultura, y otros usos arables 1. Clase I Sin Limitaciones 0 2. Clase II Limitación ligera 0,8 3. Clase III Limitación moderada 1 4. Clase IV Limitaciones fuerte. 0,6  Poco riesgo de erosión 5. Clase V Limitaciones fuertes a muy fuertes 0,4  Aprovechamiento forestal y conservación 6. Clase VI Limitaciones fuerte 0 7. Clase VII Limitación muy fuerte 0 8. Clase VIII Limitación severas 0	Las ponderaciones de los subcriterios están asignadas a partir de una ponderación jerárquica simple en función a la clasificación de MAG (2020) y alienado a la Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión del Suelo (LOOTUGS) (Asamblea Nacional del Ecuador ,2018), donde se promueve el uso sostenible del suelo; y por la ley ambiental en la protección y conservación de áreas naturales (Asamblea Nacional del Ecuador, 2004). 1. Tierras con las más favorables condiciones para la agricultura, por lo que se procura su cuidado 2. Suelos que son aprovechados para la agricultura y ganadería, por lo que espacios de pastoreos puede adecuarse con un ligero grado de alteración a la instalación 3. Zonas donde el aprovechamiento agrícola es menor y no entra en conflicto al adecuarse a una instalación 4. Zonas no adecuadas para cultivo, susceptible a la erosión y mayor riesgo a inundación 5. Zonas de aprovechamiento forestal, la accesibilidad es baja 6. Aptitud para a la conservación 7. Aptitud para a la conservación 8. Aptitud para a la conservación
<b>C. Cobertura y uso de la tierra</b>	1. Antrópico 1 2. Avícola 0,8 3. Pecuario 0,7	Las ponderaciones de los subcriterios están asignadas a partir de una ponderación jerárquica simple, primando el criterio de protección de las áreas naturales, como el

	<p>4. Agropecuario mixto 0,6</p> <p>5. Protección o producción 0,5</p> <p>6. Conservación y producción 0,4</p> <p>7. Tierras improductivas 0</p> <p>8. Conservación y protección 0</p> <p>9. Agrícola 0</p> <p>10. Acuícola 0</p> <p>11. Agua 0</p>	<p>uso agrícola y reduciendo el riesgo de erosión, para ello se respalda acorde a la Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión del Suelo (LOOTUGS) (Asamblea Nacional del Ecuador ,2018), donde se promueve el uso sostenible del suelo; y por la ley ambiental en la protección y conservación de áreas naturales (Asamblea Nacional del Ecuador, 2004).</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Usos de suelo facilita la instalación de infraestructura</li> <li>2. Se puede cambiar el propósito de la instalación</li> <li>3. El cambio de uso del suelo implica un leve grado de alteración</li> <li>4. El cambio de uso de suelo implica algún grado de alteración</li> <li>5. Son zonas de aprovechamiento forestal</li> <li>6. Son zonas de vegetación herbácea húmeda o seca con un grado de alteración muy alto</li> <li>7. Son zonas improductivas con características física negativas para la construcción de instalaciones, estas zonas son bancos de arenas, afloramientos rocosos, playa y entre otros</li> <li>8. Zonas dedicadas a la protección y conservación definidos por la ley</li> <li>9. Zonas con un uso específico dedicado a la agricultura, basado en la Ley orgánica de tierras rurales y territorios ancestrales Asamblea Nacional del Ecuador (2016).</li> <li>10. Áreas inundadas para aprovechamiento y producción</li> <li>11. Cuerpos de agua</li> </ol> <p>Nota: Cabe mencionar que existe zonas que no contaban con una clasificación de uso, dada a la nubosidad, por ende, para asignar una categoría de uso se usó el servicio de imágenes satelitales de Google Earth satelital para identificar a que categoría corresponde y con ello asignar el valor de la ponderación correspondiente.</p>
<b>C'. Cobertura y uso de la tierra</b>	<p>Todo lo que este fuera de uso acuícola o agua valor de 1</p> <p>Todo lo que este dentro de las áreas de uso acuícola o agua valor de 0 (Excluyente no se puede construir sobre estas superficies)</p>	<p>Alienado a la Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión del Suelo (LOOTUGS) (Asamblea Nacional del Ecuador ,2018), donde se promueve el uso sostenible del suelo en función a los planes de uso del suelo. Además, en la NEC Geotecnia y Cimentaciones se menciona sobre el diseño estructural de la cimentación donde se toma en cuenta la variable del nivel freático, como un aspecto importante de estudio (NEC, 2023b) y con más interés en suelo donde los niveles freáticos son evidentes.</p>

Elaboracion: Autor

En la integración de los elementos que conforman el criterio de aptitud constructiva, se aplicó un AHP, cuyo resultado se muestra en la Tabla 6, la que describe los grados de importancia que tiene cada criterio para construir el modelo de aptitud constructiva. Además, el proceso de evaluación AHP arrojó una RC de 0,041, valor que se encuentra dentro del umbral aceptable, lo que indica que los juicios establecidos son consistentes.

**Tabla 6.***Análisis multicriterio jerárquico aptitud constructiva*

	A	B	C	CRITERIOS	PESOS
A	1,00	0,50	3,00	A. Pendiente	0,33
B	2,00	1,00	3,00	B. Capacidad de uso de las tierras	0,53
C	0,33	0,33	1,00	C. Cobertura y uso de la tierra	0,14
				<b>SUMATORIA</b>	<b>1,00</b>

Elaboracion: Autor

***Criterio accesibilidad***

En coherencia con el propósito del estudio, el criterio de accesibilidad se analiza desde la perspectiva de la proximidad a elementos clave que favorecen la conectividad, como los ejes viales de primer orden y los nodos de comercio, industria, agropecuarios y conexión. Para estructurar este análisis, se establecieron una serie de juicios de valoración que se detallan en la Tabla 7, los cuales fueron evaluados mediante un AHP, permitiendo establecer la importancia relativa de cada componente dentro del criterio.

**Tabla 7.***Juicios de análisis que componen el criterio accesibilidad*

Capa	Subcriterio	Justificación técnica
A. Zonas homogéneas de accesibilidad	1. Accesibilidad Elevada 1	Las ponderaciones de los subcriterios están asignadas a partir de una ponderación jerárquica simple, basado en la clasificación de homogénea de accesibilidad realizada por MAG (2015). Mismo analiza la accesibilidad a: extractoras de aceite, acopio de cacao, acopio de frutas, almacenes, industria láctea, apiladoras, avícolas, acopio de maíz, vías de primer orden y centro poblado. En conjunto son analizados y se determinado por la moda de la categoría de accesibilidad a dichos nodos de articulación destinados el comercio, distribución y almacenamiento. 1. La accesibilidad es alta hacia los nodos de articulación, ya que esta próxima 2. La accesibilidad es moderada hacia los nodos de articulación. 3. La accesibilidad es reducida, ya que los nodos de articulación están lejanos 4. La accesibilidad es baja ya que aquí se concentra el trafico 5. Son cuerpos de agua destinados a la conservación y protección
	2. Accesibilidad Moderada 0,75	
	3. Accesibilidad Reducida 0,50	
	4. Accesibilidad para zona urbana 0,25	
	5. Masa de agua 0	
B. Vías	1. <=2 km 1	Las ponderaciones de los subcriterios están asignadas a partir de una ponderación jerárquica simple, basado eficiencia operativa logística, propuesto por Yerovi Calle (2012) para analizar la proximidad a vías de primer y segundo orden.
• Vías de primer orden	2. > 2 km – 4 km 0,80	
	3. > 4 km – 5 km 0,50	
	4. > 5 km 0	

		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Alta accesibilidad</li> <li>2. Media accesibilidad</li> <li>3. Baja accesibilidad</li> <li>4. No deseable</li> </ol>
<b>C. Puertos</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aeropuerto</li> <li>• Marítimo</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. &lt;=15 km            1</li> <li>2. &gt; 15 km – 30 km   0,80</li> <li>3. &gt; 30 km – 60 km   0,50</li> <li>4. &gt; 60 km            0</li> </ol>	Las ponderaciones de los subcriterios están asignadas a partir de aumentar la conexión a los centros de importación y exportación, propuesto por Yerovi Calle (2012) para analizar la proximidad a vías de primer y segundo orden. <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Alta accesibilidad</li> <li>2. Media accesibilidad</li> <li>3. Baja accesibilidad</li> <li>4. No deseable</li> </ol>
<b>D. Zona edificada</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. &gt; 10 km            1</li> <li>2. &lt;= 10 km           0</li> </ol>	Las ponderaciones de los subcriterios están asignadas a partir del juicio de crecimiento de las zonas residenciales a partir de un polo de desarrollo, propuesto por Yerovi Calle (2012) para analizar la proximidad a vías de primer y segundo orden. <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Preferible</li> <li>2. No deseable</li> </ol>
<b>D'. Zona edificada</b>	Todo lo que este fuera de las áreas valor de 1 Todo lo que este dentro de las áreas valor de 0 (Excluyente no se puede construir)	Es considerado un factor excluyente por su uso de suelo y por alta concentración vehicular, lo que implica un factor excluyente Yerovi Calle (2012).

Elaboracion: Autor

En la integración de los elementos que conforman el criterio de accesibilidad, se aplicó un AHP, cuyo resultado se muestra en la Tabla 8, la que describe los grados de importancia que tiene cada criterio para construir el modelo de accesibilidad. Además, el proceso de la evaluación AHP arrojó una RC de 0,040, valor que se encuentra dentro del umbral aceptable, lo que indica que los juicios establecidos son consistentes.

**Tabla 8.**

*Análisis multicriterio jerárquico accesibilidad*

	A	B	C	D	CRITERIOS	PESOS
<b>A</b>	1,00	3,00	7,00	5,00	A. Zonas homogéneas de accesibilidad	0,56
<b>B</b>	0,33	1,00	5,00	3,00	B. Vías	0,26
<b>C</b>	0,14	0,20	1,00	0,33	C. Puertos	0,06
<b>D</b>	0,20	0,33	3,00	1,00	D. Zona edificada	0,12
					<b>SUMATORIA</b>	<b>1,00</b>

Elaboracion: Autor

## **INTEGRACIÓN DE SUBCRITERIOS Y CRITERIOS MEDIANTE EL ENTORNO SIG**

En este proceso, se integran los subcriterios previamente definidos que forman parte de cada criterio, mediante el uso de herramientas de análisis espacial disponibles en el entorno SIG, y que se describen a continuación en este acápite.

### ***Integración de los subcriterios ambiental mediante el entorno SIG***

El criterio ambiental se analiza mediante una superposición booleana, en zonas asignadas con valor "0" representan áreas de restricción para la construcción, mientras que las de valor "1" indican áreas aptas.

Entre los subcriterios considerados, se construye inicialmente la capa de cuerpos hídricos mediante la unión espacial de las capas de ríos dobles, lagos, lagunas y ciénagas. A la capa resultante se le aplica un buffer de 200 metros, el cual define el área de restricción asociada a estos cuerpos de agua.

Posteriormente, se realiza la unión de todas las capas que representan restricciones ambientales, incluyendo la generada por el buffer, con el fin de obtener un vector final que delimite las zonas restringidas, codificadas con el valor "0". A esta capa se le aplica una operación de diferencia espacial respecto al límite del área de estudio, generando así una nueva capa que representa las áreas potencialmente aptas codificadas con valor "1".

Finalmente, ambas capas de restricción y aptitud son fusionadas en un solo vector, el cual es posteriormente rasterizado con base en el atributo booleano descrito. El resultado es una capa ráster que representa el criterio ambiental dentro del modelo para la localización del centro logístico regional.

### ***Integración de los subcriterios de exposición de multiamenazas en función a la susceptibilidad (EAS)***

Este criterio parte del AHP, lo cual implica que cada subcriterio debe ser representado en formato ráster con base en su atributo correspondiente.

Para la capa de susceptibilidad a inundaciones (A), que se encuentra en formato vectorial, se crea un nuevo campo para almacenar los valores de definidos en el subcriterio mediante una selección por atributos donde se asignan las ponderaciones correspondientes. Posteriormente, la capa se rasteriza utilizando el campo recién creado, generando así el ráster de susceptibilidad a inundaciones.

En el caso de la capa de zonas de inundación (B), también vectorial, se define un nuevo atributo con valor booleano "0", que representa áreas de restricción. Luego, se realiza una operación de diferencia espacial respecto al área de estudio, generando una nueva capa que representa las áreas restantes, a las cuales se asigna el valor "1". Ambas capas se unen y se rasterizan con base en el atributo booleano, obteniendo así una representación a áreas de inundación.

Para las capas de susceptibilidad a deslizamientos (C) y a incendios forestales (D), que ya se encuentran en formato ráster, se realiza una reclasificación según los rangos de ponderación definidos en sus respectivos subcriterios.

A continuación, todas las capas ráster generadas son integradas mediante una combinación lineal ponderada, siguiendo los pesos obtenidos del AHP, con el objetivo de construir la capa compuesta que representa el criterio de exposición a multiamenazas en función de la susceptibilidad, ver Ecuación 1.

Ecuación 1

$$EAS = B \times (0,74A + 0,21C + 0,06D)$$

### ***Integración de los subcriterios de aptitud constructiva (AP)***

Este criterio parte del AHP, lo cual implica que cada subcriterio debe ser representado en formato ráster con base en su atributo correspondiente.

A partir de las capas vectoriales de curvas de nivel y puntos acotados, se construye la capa de pendiente. Con ello, se genera un Modelo Digital de Elevación (MDE) mediante interpolación con red de triangulación irregular (TIN), que integra la información altimétrica de ambas fuentes. A partir del MDE se calcula la pendiente expresada en porcentaje, y esta capa resultante es posteriormente reclasificada conforme al subcriterio de aptitud definido, generando la capa ráster correspondiente (A).

Seguido las capas de Capacidad de Uso de la Tierra (B) y Cobertura y Uso de la Tierra (C) de tipo vectorial se les agrega un nuevo atributo para que almacene el valor establecido en la ponderación de los subcriterios segundo su correspondiente rango establecido. Con dicho campo se procede a construir las capas ráster que contendrán dicho valor de ponderación.

A partir del atributo "uso" de la capa de cobertura y uso de la tierra, se selecciona la categoría correspondiente a áreas acuícolas y cuerpos de agua. Esta selección da lugar a la creación de una nueva capa vectorial a la cual se asigna un valor booleano de "0" (zona de restricción). Posteriormente, se realiza una diferencia espacial con respecto al área de estudio, generando una capa complementaria con valor "1". Ambas capas se unen y se rasterizan en función del valor booleano, generando así una capa binaria de restricción de construcción (C').

Finalmente, todos los subcriterios (A, B, C y C') se integran mediante una combinación lineal ponderada, conforme a los pesos obtenidos a través del AHP, generando así la capa síntesis del criterio de aptitud constructiva. Ver Ecuación 2.

Ecuación 2

$$AP = C'(0,33 A + 0,53 B + 0,14 C)$$

### ***Integración de los subcriterios de accesibilidad (AC)***

Este criterio parte del AHP, lo cual implica que cada subcriterio debe ser representado en formato ráster con base en su atributo correspondiente.

Con la capa de Zonas Homogéneas de Accesibilidad (A) de tipo vectorial, se procede agregar un nuevo atributo para almacenar los valores de ponderación definidos en el subcriterio. Para ello, se aplica una selección por atributos basado en las categorías que están asociadas al peso del subcriterio para incorporar dicho valor. Una vez completado este atributo, se procede con la rasterizar la presente capa.

En el caso de la capa de vías (B), también en formato vectorial, se realiza una selección por atributos para extraer una capa de vías de tipo "ruta primaria". Posteriormente, se generan zonas de influencia según las distancias definidas en los subcriterios, y se incorpora un campo que almacene los valores de ponderación para cada buffer. Las zonas generadas se unen en una capa, tras lo cual se calcula la diferencia con el área total de estudio para identificar las zonas no cubiertas por los buffers. Ambas capas se unen y a partir del atributo creado se rasteriza.

Para las capas de aeropuertos y puertos (C), ambas vectoriales, se realiza una unión espacial en una sola capa. Sobre esta, se generan buffers con base en las distancias definidas por los subcriterios, asignando valores de ponderación según corresponda. Dado que los buffers pueden exceder el límite del área de estudio, se realiza un recorte espacial a partir del límite. Luego se calcula la diferencia con el área de estudio para incluir las zonas que no están cubiertas por los buffers y asignar el valor de ponderación que corresponde, y posteriormente se unen ambas capas en una sola capa, para luego rasterizar utilizando el campo que contiene los valores del subcriterio.

A partir de la capa de zona edificada (D), se genera un buffer de 10 km. Posteriormente, se calcula la diferencia con el área de estudio y ambas capas resultantes se integran en una sola. A esta capa se le añade un campo para almacenar el valor del subcriterio, y con base en dicho campo se lleva a cabo la rasterización.

Adicionalmente, con la misma capa de zona edificada, se construye una máscara binaria (D'). Para ello, se crea un campo con valor 0 en las zonas edificadas. Luego, se calcula la diferencia con respecto al área de estudio para obtener las zonas externas, a las cuales se asigna el valor 1. Ambas capas se unen en una sola, y se rasterizan en función del campo creado, obteniendo así la máscara final.

Finalmente, todos los subcriterios definidos (A, B, C, D y D') se integran mediante una combinación lineal ponderada, de acuerdo con los pesos obtenidos del AHP, generando así la capa compuesta del criterio de accesibilidad. Ver Ecuación 3.

Ecuación 3

$$AC = D'(0,56 A + 0,26 B + 0,06 C + 0,12 D)$$

### ***Integración de criterios globales***

Para la integración de los criterios que conforman el modelo de localización del centro logístico regional (L), se aplica un AHP, según lo detallado en la Tabla 9. Este análisis presentó una RC de 0,022, lo que indica que los juicios utilizados son consistentes.

**Tabla 9.**

*Análisis multicriterio jerárquico global*

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>CRITERIOS</b>	<b>PESOS</b>
<b>A</b>	1,00	0,50	3,00	A. Accesibilidad	0,66
<b>B</b>	2,00	1,00	3,00	B. Aptitud constructiva	0,16
<b>C</b>	0,33	0,33	1,00	C. Exposición de multiamenazas	0,19
				<b>SUMATORIA</b>	<b>1,00</b>

Elaboracion: Autor

Cabe destacar que el criterio ambiental (D) ha sido considerado un factor excluyente, de igual manera, se excluyen las zonas edificadas (E), zonas de inundación (F) y superficies con uso del suelo de tipo acuícola o que contenga una superficie de agua (G).

Con todos los criterios listos se integran mediante una combinación lineal ponderada tomando en cuenta los pesos definidos en el AHP, ver Ecuación 4.

Ecuación 4

$$L = D \times E \times F \times G(0,66 A + 0,16 B + 0,19 C)$$

A continuación, se procede con la normalización de los valores del ráster (L) mediante la aplicación de la Ecuación 5 (Hender, Wahyuningsih & Rahwanto, 2025), con el propósito de transformar los datos a una escala continúa estandarizada de 0 a 1. Posteriormente, se realiza una reclasificación, a los valores superiores a 0.9 (decimo decil de una clasificación de intervalos iguales) se les asigna un valor de 1 (zona idónea, presenta las características

más favorables), mientras que a los valores iguales o inferiores a 0.9 se les asigna el valor de 0 (baja o nula idoneidad, áreas que presentan leves a severas limitaciones).

Ecuación 5

$$\text{Normalizar} = \frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}$$

A partir del resultado de la reclasificación, se convierte el ráster (L) en un archivo vectorial de tipo polígono. Sobre esta nueva capa, se crea un campo adicional para calcular y almacenar el valor del área de cada polígono.

Luego, se realiza una selección por atributos para identificar únicamente aquellos polígonos cuya superficie sea mayor a 16 ha, valor correspondiente al área mínima cartografiable definida previamente para la escala de trabajo. Los polígonos seleccionados se exportan a una nueva capa.

En la nueva capa se agregan dos atributos: el primero para calcular el perímetro de cada polígono y el segundo para calcular el coeficiente de razón de circularidad (rc) a partir de la Ecuación 6. Este coeficiente permite evaluar la regularidad del polígono en función de la forma geométrica de cada polígono; si los valores son cercanos a 1 es sinónimo de polígonos con una geometría regular y compacta muy semejantes a un círculo, caso contrario, los valores próximos a 0 corresponden a formas geométricas más irregulares y alargadas (Miller, 1953).

Finalmente, con el criterio de superficie y forma se procede a seleccionar las mejores alternativas para la localización del centro logístico regional.

## RESULTADOS

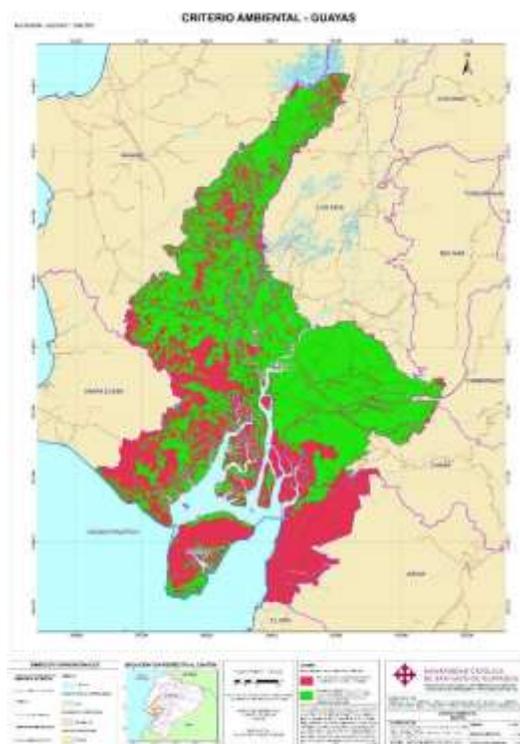
En esta sección se presentan los modelos cartográficos de criterios analizados como también el modelo final que permite localizar las alternativas de localización del centro logístico regional.

### MODELO CARTOGRÁFICO DEL CRITERIO AMBIENTAL

El criterio ambiental de localización permite identificar las zonas que no pueden ser destinadas al aprovechamiento antrópico, al coincidir con áreas de alto valor ecológico y función ambiental (44,51 %, 707.757 ha) (Ver Figura 2).

#### Figura 2

*Modelo cartográfico del criterio ambiental*



Elaboracion: Autor

Nota. La Figura 2, con mejor resolución, se encuentra disponible en el Anexo 2.

Las áreas de exclusión comprenden el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, humedales Ramsar, reservas de biosfera, ecosistemas estratégicos del Ecuador continental, cuerpos hídricos, y áreas de conservación comunitaria o privada, así como bosques y vegetación protectora. Este criterio es fundamental para una planificación territorial responsable, ya que permite identificar espacialmente las zonas que deben ser preservadas, garantizando la sostenibilidad y minimizando los riesgos ambientales. El área destinada al aprovechamiento representa el 55,49 % (882,196 ha) de la superficie de la provincia del Guayas. Esta se concentra principalmente desde el centro de la provincia hacia el norte y el este, alejándose del perfil costero.

### **MODELO CARTOGRÁFICO DEL CRITERIO EXPOSICIÓN DE MULTIAMENAZAS EN FUNCIÓN A LA SUSCEPTIBILIDAD**

Este criterio permite identificar el grado de susceptibilidad frente a la exposición de multiamenazas en función a la susceptibilidad; para ello lo clasifica en rangos que van desde muy alta hasta muy baja susceptibilidad a exposición de multiamenazas, lo que para el propósito del análisis facilita localizar áreas donde el aprovechamiento del suelo implica menores niveles de susceptibilidad. Su aplicación contribuye a reducir pérdidas potenciales por daños, afectaciones o interrupciones, y orienta hacia una ocupación del suelo más segura y sostenible (ver Figura 3).

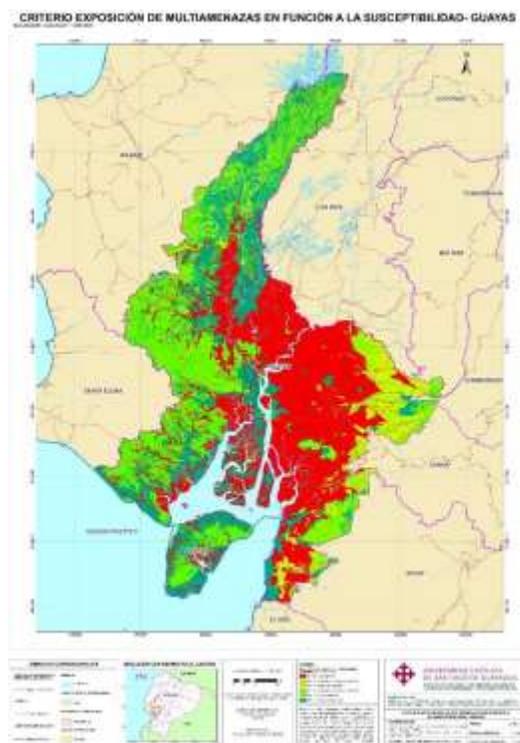
Conforme a la escala de exposición a la multiamenaza basada en la susceptibilidad, se identifica que la provincia del Guayas presenta un 37,31 % de su superficie (593.287 ha) en zonas de alta susceptibilidad; un 4,95 % (78.630 ha) en zonas de susceptibilidad moderadamente alta; un 4,19 % (66684 ha) en zonas de susceptibilidad media; un 9,70 % (154.230 ha) en zonas de susceptibilidad moderadamente baja; un 19,92 % (316.797 ha) en zonas de

baja susceptibilidad; y un 23,93 % (380.432 ha) en zonas de muy baja susceptibilidad.

Los sectores de mayor susceptibilidad a la exposición a multiamenazas se localizan en el centro de la provincia y se extiende hacia el este; en contraste, el sector que se dirige al centro-norte presentan un menor grado de exposición y susceptibilidad. En cambio, en la dirección oeste los niveles de susceptibilidad varían en un rango de susceptibilidad de intermedio a bajo.

### Figura 3

*Modelo cartográfico del criterio exposición de multiamenazas en función a la susceptibilidad*



Elaboracion: Autor

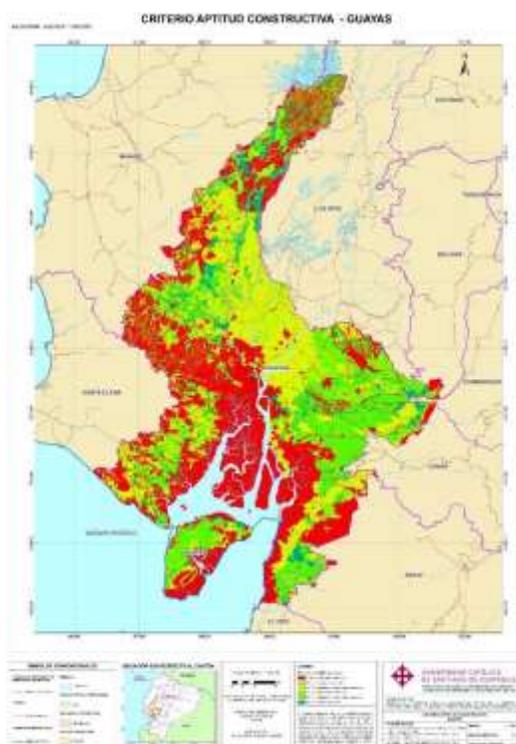
Nota. La Figura 3, con mejor resolución, se encuentra disponible en el Anexo 3.

## MODELO CARTOGRÁFICO DEL CRITERIO APTITUD CONSTRUCTIVA

El criterio de aptitud constructiva permite identificar las zonas del territorio con distintos grados de idoneidad para el desarrollo de infraestructura, evitando conflictos en el uso del suelo y considerando sus características biofísicas. Este análisis incorpora variables como la pendiente, la capacidad de uso de las tierras y el uso actual del suelo. El territorio se clasifica en rangos que van desde muy baja hasta alta aptitud constructiva, lo que permite orientar el desarrollo hacia áreas con condiciones más favorables, promoviendo un uso del suelo eficiente, seguro y compatible (ver Figura 4).

### Figura 4

*Modelo cartográfico del criterio aptitud constructiva*



Elaboracion: Autor

Nota. La Figura 4, con mejor resolución, se encuentra disponible en el Anexo 4.

Según la escala de aptitud constructiva, se identifica que la provincia del Guayas presenta un 36,69 % de su superficie (631.052 ha) en zonas de muy baja aptitud constructiva; un 20,54 % (326.606 ha) en zonas de baja aptitud; un 7,19 % (114.254 ha) en zonas de aptitud moderadamente baja; un 8,33 % (132.426 ha) en zonas de aptitud media; un 19,42 % (308.789 ha) en zonas de aptitud moderadamente alta; y un 4,84 % (76.965 ha) en zonas de alta aptitud constructiva.

Las zonas con menor ranking de puntuación se ubican al sur de la provincia de Guayas, próximas al perfil costero y con coberturas naturales destinadas a la protección ecológica y por ende con una restricción para la construcción, misma que se sustenta en el criterio ambiental. Las zonas de aptitud intermedia se concentran en el centro-norte del territorio. Las áreas de aptitud media a alta se localizan hacia el extremo este, mientras que las zonas con mayor aptitud constructiva se distribuyen de forma dispersa en el área de estudio.

## **MODELO CARTOGRÁFICO DEL CRITERIO ACCESIBILIDAD**

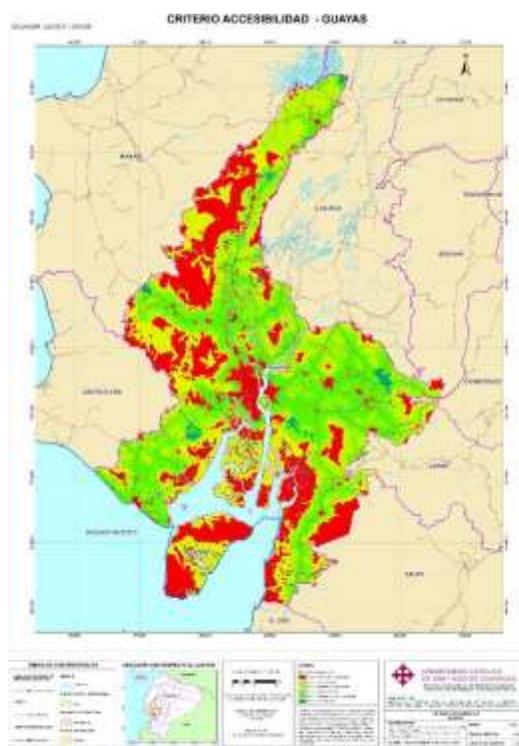
El criterio de accesibilidad permite evaluar el grado de conectividad del territorio en función de su ubicación relativa y su proximidad a nodos estratégicos de actividad económica como: centros de comercio, industria, producción y acopio, así como también a infraestructura clave: vías de primer orden, puertos, aeropuertos y zonas edificadas. Clasificando el territorio en rangos de accesibilidad que van desde baja hasta alta, lo que facilita la identificación de áreas con condiciones de accesibilidad favorable para la ubicación de un centro logístico, optimizando su movilidad y reduciendo los costos asociados al transporte y conectividad (ver Figura 5).

De acuerdo con la escala de accesibilidad, se identifica que la provincia del Guayas presenta un 30,37 % de su superficie (472.237 ha) en zonas de muy

baja accesibilidad; un 17,26 % (268.346 ha) en zonas de baja accesibilidad; un 15,47 % (240.616 ha) en zonas de accesibilidad moderada; un 13,19 % (205.168 ha) en zonas de accesibilidad media; un 22,74 % (353.570 ha) en zonas de accesibilidad moderadamente alta; y un 0,97 % (15.041 ha) en zonas de alta accesibilidad. Las zonas con menor accesibilidad se concentran en el noroeste, así como en el centro y sur de la provincia; en contraste, las áreas con accesibilidad media a alta se distribuyen a lo largo de los principales ejes viales, con mayor presencia en los extremos norte y este del área de estudio.

### Figura 5

*Modelo cartográfico del criterio accesibilidad*



Elaboracion: Autor

Nota. La Figura 5, con mejor resolución, se encuentra disponible en el Anexo 5.

## **MODELO CARTOGRÁFICO DE LA INTEGRACIÓN DE CRITERIOS PARA LA LOCALIZACIÓN DE UN CENTRO LOGÍSTICO REGIONAL**

El puntaje de idoneidad para la localización de un centro logístico regional es el resultado de la integración de múltiples criterios, lo que permite identificar las áreas más adecuadas para albergar esta infraestructura. Entre los factores considerados se incluyen la accesibilidad, las condiciones ambientales, la exposición a amenazas, la aptitud constructiva y las restricciones en el uso del suelo. El modelo utiliza una escala de cero a uno, donde los valores más bajos reflejan condiciones que limitan o restringen el desarrollo logístico, mientras que los valores más altos indican una mayor idoneidad y favorecen su ubicación (ver Figura 6).

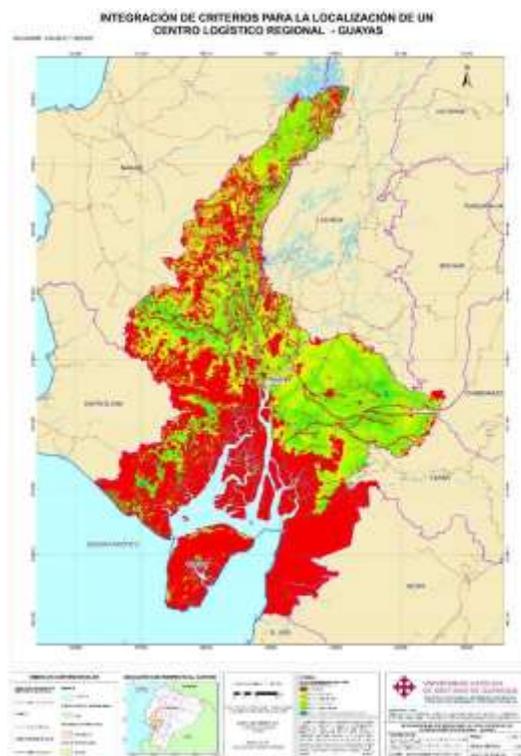
Según la escala de idoneidad, se identifica que la provincia del Guayas presenta un 55,38 % de su superficie (861.186 ha) en zonas no aptas para la localización de un centro logístico; un 9,83 % (152.811 ha) en zonas con alta limitación; un 13,25 % (206.025 ha) en zonas de limitación media; un 16,39 % (254.895 ha) en zonas de baja limitación; un 6,90 % (107.352 ha) en zonas de moderadamente alta idoneidad; y solo un 0,39 % (6.119 ha) en zonas con las mejores condiciones para su localización, donde las restricciones son mínimas.

En coherencia con las características de restricción del criterio ambiental y las limitaciones asociadas por el criterio de la aptitud constructiva, accesibilidad y multiamenaza, el sector centro-sur de la provincia de Guayas presenta áreas con baja idoneidad para la ubicación del centro logístico. De forma continua, se ubican las zonas con condiciones media favorable o de limitación media. En cambio, los lugares con baja limitación se consolidan hacia el este de la provincia, mientras que las de mayor idoneidad para instalar el centro logístico regional se distribuyen de forma dispersa en los extremos del

área de estudio, estos lugares ofrecen las mejores condiciones y no presentan restricciones para la construcción.

### Figura 6

*Modelo cartográfico de la integración de criterios para la localización de un centro logístico regional*



Elaboracion: Autor

Nota. La Figura 6, con mejor resolución, se encuentra disponible en el Anexo 6.

## **ALTERNATIVAS DE UBICACIÓN PARA UN CENTRO LOGÍSTICO REGIONAL**

De las áreas consideradas como óptimas para la ubicación del centro logístico regional se identifican 27 sitios con alto potencial para la instalación, los cuales cumplen con criterios técnicos: una puntuación superior a 0,9 en el grado de idoneidad y una superficie mayor a 16 ha. Estas áreas son dispersas, se concentra en los extremos de la provincia y tienden a estar próximos a los ejes viales primarios, lo que favorece la conectividad. No obstante, la mayoría de los sitios presentan superficies irregulares, lo que implica la necesidad de rediseñarlos o parcelarlos para ajustarse a una geometría más regular, lo que permite ajustarse a la norma urbanística propia de la localidad y permitir la instalación del centro logístico regional. Es así, que de los 27 sitios se filtraron cuatro lugares clave, caracterizados por su extensión, forma más regular y cercanía a los ejes viales, ver Figura 7.

Alternativa I (ubicada al norte de la provincia): presenta una forma geométrica irregular en los extremos de superficie, sin embargo, esta característica es indiferente ya que cuenta con una superficie de 187 ha, lo que le permite seleccionar la sección más regular del sitio para ubicar la instalación del centro logístico. Además, su ubicación geográfica a nivel nacional proporciona una ventaja estratégica, ya que favorece la articulación entre los nodos de comercio y producción entre la región Costa y la Sierra Centro mejorando así el flujo de la logística.

## Figura 7

*modelo cartográfico de alternativas de ubicación para un centro logístico regional*



Elaboracion: Autor

Nota. La Figura 7, con mejor resolución, se encuentra disponible en el Anexo 7.

Alternativa II (oeste de la provincia): Cuenta con una superficie ligeramente irregular en los extremos, sin embargo, es compensado por la superficie de 53 ha. Además, su lejanía respecto a los núcleos urbanos permite descongestionar áreas densamente pobladas y acceder a rutas alternas que conectan con otras zonas costeras antes de dirigirse a la Sierra Centro.

Alternativa III, (próxima al centro de la provincia): Cuenta con 18 ha de superficie y una forma regular en comparación del resto de alternativas, su ubicación próxima a las zonas productivas, comerciales, industriales, puertos y

el aeropuerto, ofrece una gran conectividad y alta versatilidad para configurar rutas logísticas hacia los distintos nodos de articulación, sean estos internos como externos.

Alternativa IV (al este de la provincia): Cuenta con una superficie de 171 ha, una geometría regular y cuenta con una conexión muy próxima al sur de la región Sierra, lo que favorece su alcance estratégico en términos de conectividad y cobertura.

Cabe señalar que tanto las ubicaciones seleccionadas como aquellas no analizadas de conjunto de opciones cumplen con los criterios técnicos definidos en el análisis espacial. Sin embargo, las cuatro presentadas fueron seleccionadas a partir de un criterio complementario basado en la forma del polígono, su extensión y su ubicación relativa dentro del territorio.

## CONCLUSIONES

El presente estudio logró identificar áreas con características óptimas para la localización de un centro logístico regional en la provincia del Guayas, mediante la aplicación de un modelo de análisis espacial multicriterio en un entorno SIG. En este modelo se integraron criterios clave como accesibilidad, aptitud constructiva, exposición a multiamenazas y restricciones ambientales y de uso del suelo. Esta integración permitió generar un índice de idoneidad espacial, expresado en una escala de 0 a 1, donde los valores más altos (de 0,9 a 1) corresponden a zonas que cumplen con los requerimientos técnicos establecidos para su localización.

El modelo cartográfico temático integral evidenció que más de la mitad del territorio provincial presenta limitaciones o restricciones significativas, y solo el 0,39 % del área total fue catalogado como altamente idóneo. De estas zonas, se priorizaron cuatro ubicaciones estratégicas, seleccionadas no solo por su puntuación técnica, sino también por su localización geográfica, conectividad, forma geométrica y superficie disponible. Estas se distribuyen en los extremos norte, oeste y este de la provincia, así como en una zona intermedia en dirección centro-oeste. La elección de un de estas alternativas constituyen un potencial nodo logísticos para la articulación eficientemente de flujos entre la región costa y sierra.

La ubicación de estas alternativas para el centro logístico representa una oportunidad para evitar la instalación de estos centros en áreas urbanas densamente pobladas, como también la de optimizar la conectividad hacia los nodos estratégicos de comercio, industria, producción e infraestructura existente, reduciendo en parte los costes asociados a la gestión logística, aumentando la eficiencia operativa y minimizando los riesgos derivados de amenazas naturales o conflictos de uso del suelo que impacten sobre el ambiente.

El presente estudio, evidencia la capacidad que dispone el análisis espacial para abordar desafíos en integrar criterios técnicos y temáticos en un entorno de sistemas de información geográfica bajo un flujo de procesos metodológico y coherente. Estas características la convierten una herramienta complementaria eficaz en la planificación territorial y la toma de decisiones estratégicas en todo nivel.

Asimismo, el enfoque multicriterio fue fundamental para consolidar los criterios ambientales, de riesgo, aptitud constructiva y de accesibilidad, mediante operaciones de geoprocésamiento, análisis de proximidad y modelado topográfico. Estos procedimientos permitieron construir tanto los modelos cartográficos temáticos individuales como el modelo integrado de idoneidad, a partir del cual se identificaron las zonas más aptas para la localización del centro logístico.

En suma, este estudio no solo establece las condiciones espaciales para la ubicación óptima de infraestructura logística regional, sino que sienta un precedente metodológico replicable y medio de consulta, que aborda un enfoque integral, eficiente y estratégico. Su aplicación puede ser extendida a otras partes del país, contribuyendo a un desarrollo logístico más equitativo, estratégico y competitivo en el Ecuador.

## RECOMENDACIONES

Dado que el presente análisis se desarrolló a una escala regional, se recomienda realizar una evaluación complementaria a escala local en las zonas identificadas como altamente idóneas. Esta segunda evaluación debe incorporar información de mayor resolución y detalle, con el fin de asegurar la sostenibilidad del proyecto, reducir los márgenes de incertidumbre, y evitar la pérdida de información que puede diluirse por efecto de la escala de trabajo utilizada.

El presente estudio abordó criterios clave para la ubicación de un centro logístico regional, sin embargo, estos criterios pueden fortalecerse si se incorporara criterios adicionales como: variables socioeconómicas, modelos prospectivos de crecimiento urbano, variables de dinámicas de mercado logístico, seguridad y entre otros. Dichos criterios aportarían a mejorar la precisión del modelo y su aplicabilidad. Y a su vez analizar la necesidad de desglosar o afinar los subcriterios utilizados.

El presente modelo cartográfico no contempla un proceso de verificación, por lo tanto, se recomienda, que antes de usar los resultados de la presente investigación, se realicen inspecciones de campo y validaciones técnicas que corroboren la idoneidad territorial del lugar seleccionado para la instalación del centro logístico regional.

Dado que se trata de una decisión estratégica de impacto regional, se aconseja que el proceso de análisis multicriterio, en especial la ponderación de criterios y subcriterios se cuente con mesas de trabajo donde participen profesionales de diversas disciplinas: logística, planificación, ambiente, economía, infraestructura así como de actores institucionales y sociales relevantes. Esto permitirá fortalecer la calidad y transparencia de los juicios establecidos, aportar legitimidad al proceso y asegurar que el resultado final no solo responda a criterios técnicos, sino también a las necesidades y visiones del entorno social.

## BIBLIOGRAFÍA

- Asamblea Nacional del Ecuador. (2004). *Ley de Gestión Ambiental: Codificación 19*. Registro Oficial Suplemento No. 418, 10 de septiembre de 2004.
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2014). *Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento de Agua*. Registro Oficial Suplemento 305 de 06-ago.-2014.
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2017). *Código Orgánico del Ambiente (Ley 0)*. Registro Oficial Suplemento No. 983, 12 de abril de 2017.
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2018). *Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión de Suelo (Ley s/n)*. Oficio No. SAN-2016-1196, 30 de junio de 2016.
- Autoridad Portuaria De Guayaquil. (2019). *Rendición de cuentas 2019*.  
<http://www.puertodeguayaquil.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/10/Presentaci%C3%B3n-Rendici%C3%B3n-de-cuentas.pdf>
- Baxendale, Claudia. A. (2015). Geografía, ordenamiento territorial y sistemas de información geográfica: Articulaciones conceptuales para aplicaciones en la planificación y gestión territorial. En M. Miraglia, N. Caloni, & G. D. Buzai (Coords.), *Sistemas de información geográfica en la investigación científica actual* (pp. 21-32). Universidad Nacional de General Sarmiento.  
[https://www.ungs.edu.ar/wp-content/uploads/2018/03/668\\_SIG-Actual\\_FINAL\\_web.pdf](https://www.ungs.edu.ar/wp-content/uploads/2018/03/668_SIG-Actual_FINAL_web.pdf)
- BID. (2021). *Logística en América Latina y el Caribe: oportunidades, desafíos y líneas de acción*. Banco Interamericano de Desarrollo.  
<https://publications.iadb.org/es/publications/spanish/viewer/Logistica-en-America-Latina-y-el-Caribe-Oportunidades-desafios-y-lineas-de-accion.pdf>
- ESRI. (2025). *Logistics and Distribution*. <https://www.esri.com/en-us/industries/logistics-distribution/overview>

Henderi, Wahyuningsih, T., & Rahwanto, E. (2025). Comparison of Min-Max normalization and Z-Score Normalization in the K-nearest neighbor (kNN) Algorithm to Test the Accuracy of Types of Breast Cancer. *International Journal of Informatics and Information System*. 4(1), pp. 13-20  
[https://www.researchgate.net/publication/350556043\\_Comparison\\_of\\_Min-Max\\_normalization\\_and\\_Z-Score\\_Normalization\\_in\\_the\\_K-nearest\\_neighbor\\_kNN\\_Algorithm\\_to\\_Test\\_the\\_Accuracy\\_of\\_Types\\_of\\_Breast\\_Cancer](https://www.researchgate.net/publication/350556043_Comparison_of_Min-Max_normalization_and_Z-Score_Normalization_in_the_K-nearest_neighbor_kNN_Algorithm_to_Test_the_Accuracy_of_Types_of_Breast_Cancer)

Hengl, Tomislav. (2006). *Finding the right pixel size*. *Computers & Geosciences*, 32(9), 1283–1298. doi:10.1016/j.cageo.2005.11.008

Hernández-Zaragoza, P., Valdez-Lazalde, J. R., Aldrete, A., & Martínez-Trinidad, T. (2019). Evaluación multicriterio y multiobjetivo para optimizar la selección de áreas para establecer plantaciones forestales. *Madera y Bosques*, 25(2),  
<https://doi.org/10.21829/myb.2019.2521819>

IGM. (2013). *Base continua escala 1:50.000, Formato SHP*. Instituto Geográfico Militar. <https://www.geoportaligm.gob.ec/portal/index.php/cartografia-de-libre-acceso-escala-50k/>

IGM. (2016). *Resolución IGM-2016-005-e-1*. 01 de septiembre 2016.

IGM. (2022). *Proyecto Determinación de la capacidad de acogida del territorio con fines de desarrollo urbano mediante la generación de geoinformación temática a escala 1: 5 000: Ciudad Bahía de Caráquez*. Instituto Geográfico Militar.  
<https://www.geoportaligm.gob.ec/nextcloud/index.php/s/CA?dir=undefined&path=%2F2022%2FMANABI%2FBAHIA%2FMEMORIA%20T%C3%89CNICA&openfile=416811>

IGM. (2023). *Especificaciones técnicas para el sistema de referencia nacional*. Instituto Geográfico Militar.  
<https://www.geoportaligm.gob.ec/nextcloud/index.php/s/PXwyZMkwQARyD4z>

- INEC. (2022). *Censo de Población y Vivienda del 2022*. Instituto Nacional de Estadística y Censos. [https://www.censoecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2023/10/2022\\_CPV\\_NACIONAL\\_DENSIDAD\\_POBLACIONAL.xlsx](https://www.censoecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2023/10/2022_CPV_NACIONAL_DENSIDAD_POBLACIONAL.xlsx)
- Kogut, Petro. (2025). *Análisis Espacial De Datos: Tipos, Prácticas Y Usos*. EOS Data Analytics. <https://eos.com/es/blog/analisis-espacial/>
- MAG. (2015). *Metodología de Accesibilidad: Proyecto Levantamiento de Cartografía Temática Escala 1: 25000, Lote 2*. Ministerio de Agricultura y Ganadería. <https://fliphtml5.com/wtae/xyan/basic/51-83>
- MAG. (2020). *Cobertura y uso de la tierra y sistemas productivos agropecuarios del Ecuador Continental*. Ministerio de Agricultura y Ganadería. [http://geoportal.agricultura.gob.ec/geonetwork/srv/spa/resources.get?uuid=4f7e118f-0439-42bf-ab62-f0e7c842a379&fname=dm\\_cobertura\\_tierra\\_2020.pdf&access=public](http://geoportal.agricultura.gob.ec/geonetwork/srv/spa/resources.get?uuid=4f7e118f-0439-42bf-ab62-f0e7c842a379&fname=dm_cobertura_tierra_2020.pdf&access=public)
- MAG. (2023). *Mapa de susceptibilidad a inundaciones del Ecuador continental*. Ministerio de Agricultura y Ganadería. [http://geoportal.agricultura.gob.ec:8080/geonetwork/srv/api/records/ddfa46d8-a8ce-4a9f-8107-618047e8b29b/attachments/mt\\_susceptibilidad\\_inundacion\\_2024.pdf](http://geoportal.agricultura.gob.ec:8080/geonetwork/srv/api/records/ddfa46d8-a8ce-4a9f-8107-618047e8b29b/attachments/mt_susceptibilidad_inundacion_2024.pdf)
- MasterGIS. (2022). *Métodos para realizar un Análisis Multicriterio en un SIG*. MasterGIS. <https://mastergis.com/blog/metodos-analisis-multicriterio-sig>
- Miller, V. C. (1953). *A quantitative geomorphic study of drainage basin characteristics in the Clinch Mountain area, Virginia and Tennessee* (pp. 389–402). Department of Geology, Columbia University.

- Ministerio de Producción Comercio Exterior Inversión y Pesca. (2023). *Informe de resultados: Encuesta nacional logística Ecuador 2023*. Cluster logístico Ec. <https://clusterlogistico.ec/wp-content/uploads/2023/12/2023-12-11-Resultados-ENL-EC-2023.pdf>
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2019). *Inicia la construcción del Puerto de Aguas Profundas de Posorja*. <https://www.obraspublicas.gob.ec/inicia-la-construccion-del-puerto-de-aguas-profundas-de-posorja/>
- Narváez, Lucia. (2021). Análisis espacial de evaluación multicriterio con la lógica fuzzy y sistemas de información geográfica aplicado a la vulnerabilidad global en el departamento Pocito (San Juan-Argentina). *Revista del Instituto de Geografía de la UNNE*, 18(36), 54-67. <https://revistas.unne.edu.ar/index.php/geo/article/view/4889/5506%2520%2520https://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n37/n37a11.pdf>
- NEC. (2023). *Norma Ecuatoriana para la Construcción Parte 2 (NEC-SE-VIVIENDA-parte-2)*. Habita y Vivienda. [https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/13.-NEC-SE-VIVIENDA-parte-2.pdf#:~:text=Debe%20realizarse%20un%20estudio%20geot%C3%A9cnico%20de%20acuerdo,al%2030%.%20c\)%20Suelos%20con%20compresibilidad%20excesiva](https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/13.-NEC-SE-VIVIENDA-parte-2.pdf#:~:text=Debe%20realizarse%20un%20estudio%20geot%C3%A9cnico%20de%20acuerdo,al%2030%.%20c)%20Suelos%20con%20compresibilidad%20excesiva)
- NEC. (2023b). *Norma Ecuatoriana para la Construcción: Geotecnia y Cimentaciones*. Habita y Vivienda. <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/7.-NEC-SE-GC-Geotecnia-y-Cimentaciones.pdf>
- Prefectura Guayas. (2022). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Provincia del Guayas 2021 – 2023*. Prefectura Guayas. <https://guayas.gob.ec/wp-content/uploads/2022/02/PDOT.pdf>

- Presidencia de la República del Ecuador. (2003a). *Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente*. Decreto Ejecutivo No. 3516. Registro Oficial Edición Especial No. 2, 31 de marzo de 2003. [Reformado al 29 de marzo de 2017]. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/TULSMA.pdf>
- Presidencia de la República del Ecuador. (2003b). *Norma de calidad ambiental para el manejo y disposición final de desechos sólidos no peligrosos*. LIBRO VI ANEXO 6. <https://faolex.fao.org/docs/pdf/ecu12185.pdf>
- Ramírez, A. (2007). *El proceso de análisis jerárquico con base en funciones de producción para planear la siembra de maíz de temporal* (Tesis doctoral, Colegio de Postgraduados, Montecillo). <https://www.eumed.net/tesis-doctorales/2008/amr/Evaluacion%20multicriterio%20en%20el%20entorno%20de%20los%20Sistemas%20de%20Informacion%20Geografica.htm>
- Rodríguez, Jesús. (2013). *Análisis multicriterio Taller: Información sobre biodiversidad para la conservación medioambiental 15 al 18 de abril de 2013 Wolke Tobó*. Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. <https://www.recibio.net/wp-content/uploads/2012/11/AnalisisMulticriterio-Wolke.pdf>
- Saaty, R. (1987). The analytic hierarchy process: What it is and how it is used. *Mathematical Modelling*, 9(3-5), 161–176. [https://doi.org/10.1016/0270-0255\(87\)90473-8](https://doi.org/10.1016/0270-0255(87)90473-8)
- Salinas Chavez, Eduardo., Ramon Puebla, Adonis. (2013). Propuesta metodológica para la delimitación semiautomatizada de unidades de paisaje de nivel local. *Revista do Departamento de Geografía – UPS*. 25, 1-19. DOI: 10.7154/RDG.2013.0025.0001

- SGRE. (2019a). *Análisis de amenaza ante movimientos en masa*. Subsecretaría de Gestión de la Información y Análisis de Riesgos.  
<https://informacion.gestionderiesgos.gob.ec:8443/centrodedescarga/contenidos/contenidoMovimientosMasa.php>
- SGRE. (2019b). *Susceptibilidad a incendios forestales*. Subsecretaría de Gestión de la Información y Análisis de Riesgos.  
<https://informacion.gestionderiesgos.gob.ec:8443/centrodedescarga/contenidos/contenidoIncendiosForestales.php>
- Toskano Hurtado, G. (2005). *El proceso de análisis jerárquico (AHP) como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores* (Monografía). Universidad Nacional Mayor de San Marcos.  
[https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/basic/toskano\\_hg/cap3.PDF](https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/basic/toskano_hg/cap3.PDF)
- Trinidad, T. (2019). Evaluación multicriterio y multiobjetivo para optimizar la selección de áreas para establecer plantaciones forestales. *Madera y Bosques*, 25(2), e2521819. <https://doi.org/10.21829/myb.2019.2521819>
- UICN. (2025). *Humedales Ramsar en Ecuador: Guardianes del Agua y la Biodiversidad en el Camino a la Lista Verde*. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. <https://iucn.org/es/blog/202502/humedales-ramsar-en-ecuador-guardianes-del-agua-y-la-biodiversidad-en-el-camino-la#:~:text=Ecuador%20alberga%2019%20humedales%20Ramsar%20reconocidos%20a,clave%20y%20el%20sustento%20de%20comunidades%20locales>.
- UNESCO. (2013). *Man and the Biosphere Programme (MAB): Macizo del Cajas*. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.  
<https://www.unesco.org/en/mab/macizo-del-cajas>
- Yerovi Calle, C. A. (2012). *Propuesta para localización de zonas industriales en Ecuador* (Tesis de maestría). Pontificia Universidad Católica del Ecuador.  
[https://es.slideshare.net/slideshow/lineamientos-para-la-localizacion-de-zonas-industriales-en-el-ecuador/241874375?utm\\_source=chatgpt.com](https://es.slideshare.net/slideshow/lineamientos-para-la-localizacion-de-zonas-industriales-en-el-ecuador/241874375?utm_source=chatgpt.com)



Presidencia  
de la República  
del Ecuador



Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes



## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, Diego Filiberto Reyes Yunga, con C.C: 1718397142 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, 27 de julio de 2025



Nombre: Diego Filiberto Reyes Yunga

C.C: 1718397142



## REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

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

<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>	Análisis multicriterio para la localización óptima de un centro logístico regional utilizando Sistemas De Información Geográfica (SIG)		
<b>AUTOR(ES)</b> (apellidos/nombres):	Reyes Yunga Diego Filiberto		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b> (apellidos/nombres):	Neptalí Armando Echeverría Llumipanta		
<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>	27/07/2025	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	46 paginas
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Sistemas De Información Geográfica		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	Planeación territorial, Logística regional, Impacto ambiental, Evaluación de idoneidad		
<b>RESUMEN/ABSTRACT</b> (150-250 palabras):			
<p>El estudio presenta una metodología para determinar la ubicación óptima de un centro logístico regional mediante el uso de un análisis multicriterio (AMC) combinado con Sistemas de Información Geográfica (SIG). El objetivo principal es integrar diferentes criterios geográficos, económicos, sociales y ambientales que influyen en la decisión de localización, permitiendo una planificación más eficiente y sustentable. La metodología incluye la identificación de criterios relevantes (como proximidad a carreteras, puertos, zonas industriales, restricciones ambientales, entre otros), su ponderación mediante técnicas como el proceso de análisis jerárquico (AHP), y la posterior superposición espacial de capas en un entorno SIG. Como resultado, se genera un mapa de idoneidad que identifica las zonas más aptas para la instalación del centro logístico. El estudio demuestra que la combinación de AMC y SIG permite tomar decisiones más fundamentadas y reducir la subjetividad en procesos complejos de planificación territorial.</p>			
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> 0981218468	E-mail: <a href="mailto:diego.reyes@cu.ucsg.edu.ec">diego.reyes@cu.ucsg.edu.ec</a> / <a href="mailto:chess_reyes@hotmail.com">chess_reyes@hotmail.com</a> / <a href="mailto:lgobernador@gmail.com">lgobernador@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 (en base a datos):</b>			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			