



**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 determinar la ubicación óptima de un Centro de Operaciones de Emergencia Provincial (COE-P) en Guayas usando Sistemas de Información Geográfica (SIG).

AUTOR:

Luis Marcelo Zamora Zhiminaicela

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

Guayaquil, Ecuador

2026



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 **Biólogo Luis Marcelo Zamora Zhiminaicela**, como requerimiento parcial para la obtención del Grado Académico de **Magíster en Sistemas de Información Geográfica, Topografía Automatizada y Fotogrametría Digital**.

REVISOR

Ing. Armando Echeverría

DIRECTOR DEL PROGRAMA

Ing. Armando Echeverría

Guayaquil, a los 1 del mes de Julio del año 2026



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

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Luis Marcelo Zamora Zhiminaicela

DECLARO QUE:

El trabajo **Análisis multicriterio para determinar la ubicación óptima de un Centro de Operaciones de Emergencia Provincial (COE-P) en Guayas usando 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 1 del mes de Julio del año 2026

EL AUTOR



Validar únicamente en FirmaEC.
Firma digitalizada por:
**LUIS MARCELO ZAMORA
ZHIMINAI CELA**

Luis Marcelo Zamora Zhiminaicela



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

AUTORIZACIÓN

Yo, Luis Marcelo Zamora Zhiminaicela Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación en la biblioteca de la institución del **Trabajo de titulación MAGISTER EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA TOPOGRAFÍA AUTOMATIZADA Y FOTOGRAMETRÍA DIGITAL** titulado: **Análisis multicriterio para determinar la ubicación óptima de un Centro De Operaciones de Emergencia Provincial (COE-P) en Guayas usando Sistemas de Información Geográfica (SIG)**. cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 1 del mes de Julio del año 2026

EL AUTOR:



Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
**LUIS MARCELO ZAMORA
ZHIMINAICELA**

Luis Marcelo Zamora Zhiminaicela

**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

Compilatio Magister+ | UCSG-EC- Universidad Católica de Santiago de Guayaquil

LUIS_MARCELO_ZAMORA 21.6.2026

ID : c7bfb1cc9d72d05431746ff20c5c83e87d091f89



7%

Textos sospechosos

Nombre del fichero : LUIS_MARCELO_ZAMORA 21.6.2026.txt
Tamaño del archivo original : 2,38 MB
Número de palabras : 7916

Depositante : Neptali Armando Echeverria Llumipanta
Fecha de depósito : 1 de julio de 2026
Tipo de carga : Interface
fecha de fin de análisis : 1 de julio de 2026

AGRADECIMIENTO

A todos, mi profunda gratitud.

Luis Marcelo Zamora Zhiminaicela

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mi familia, a mi esposa Andrea, a mi mamá Ines, papá José y mi hermana Xime como a todos mis amigos, cuya presencia, afecto y apoyo han dado sentido a este camino; y lo dedico también a la convicción de que cada decisión del presente moldea nuestro futuro, y que en una época de cambio e innovación, el verdadero valor del conocimiento reside no solo en aprender, sino en cultivar criterio, reconocer la propia vocación y consagrarse a ella con pasión, excelencia y propósito.

Luis Marcelo Zamora Zhiminaicela

Índice

1. Introducción.....	1
2. Problemática.....	2
3. Objetivos.....	2
3.1 Objetivo General	2
3.2 Objetivos Específicos	3
4. Marco Conceptual	3
4.1 Gestión del Riesgo en el Ecuador y Marco Normativo	3
4.2 Sistema Nacional Descentralizado de Gestión de Riesgo y COE-P	3
4.3 Capacidad Operativa y Ubicación Territorial.	4
4.4 Integración metodológica: AHP y análisis multicriterio en SIG	
5. Metodología.....	5
5.1 Enfoque metodológico y diseño del estudio	5
5.2 Área de estudio	6
5.3 Datos y Preparación.	7
5.4 Criterios de Evaluación	9
5.5 Integración Espacial y Clasificación de resultado.....	14
5.5.1 Propósito de la Integración Espacial.....	14

5.5.2 Modelo de Superposición ponderada (álgebra de mapas)...	15
5.5.3 Clasificación final del índice (cinco niveles).....	16
5.6 Selección y Evaluación de alternativas de localización.....	17
5.6.1 Criterios para la identificación de Sitios Candidatos.....	17
6. Resultados	20
6.1 Mapas de Criterios Estandarizados.....	20
6.2 Índice de Aptitud Multicriterio Integrado.....	29
6.3 Criterios Estandarizados	31
6.4 Alternativas de Localización Identificadas	33
7. Discusión	35
8. Conclusiones y Recomendaciones	37
9. BIBLIOGRAFIA.....	39
10. Anexos.....	42

1.Introducción

La provincia del Guayas posee varias amenazas que lo catalogan como una de las zonas con mayor complejidad a nivel de la gestión de riego. Eventos como inundaciones recurrentes en épocas invernales, sismos, erosión en la parte costera, incidentes en los corredores industriales y los brotes sanitarios establecen un escenario donde las emergencias no se constituyen como eventos aislados, sino como señales de vulnerabilidad estructural acumulada. Además, el crecimiento urbano no controlado ha provocado el asentamiento de viviendas en zonas inundables y en laderas inestables, con servicios básicos casi inexistentes, lo que hace que los riesgos sean mayores (CIIFEN, 2012).

Por esta realidad, El Marco de Sendai 2015-2030 motiva a cada país a fortalecer sus capacidades institucionales de respuesta, priorizando la protección de infraestructuras críticas y la continuidad de servicios esenciales durante una crisis (UNDRR, 2015). En la constitución ecuatoriana del 2008 se establece que la gestión de riesgos es responsabilidad estatal subdividido en las diferentes instituciones del país.

En la provincia del Guayas, el COE-P está funcionando en las instalaciones del ECU-911 en el cantón de Samborondón, la ubicación no surgió de un análisis geoespacial sino de la falta de disponibilidad de una infraestructura institucional.

La evidencia internacional ofrece lineamientos en este sentido, como la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias de Estados Unidos (FEMA), la cual establece como criterios fundamentales que los centros de coordinación no deben ubicarse en zonas susceptibles a las amenazas predominantes de su territorio.

Así, resulta contradictorio, por ejemplo, que una instalación destinada a coordinar la respuesta ante inundaciones se ubique, a su vez, en una zona expuesta a este fenómeno. Si bien este criterio parece obvio, en la práctica no siempre se cumple, especialmente

cuando las decisiones de localización responden a los criterios administrativos sobre los técnicos (FEMA, 2021; Department of Homeland Security, 2017).

La presente investigación adopta un enfoque de análisis multicriterio en SIG (SIG-MCDA) para formalizar la decisión espacial sobre la localización del COE-P mediante un modelo reproducible basado en la estandarización de criterios, restricciones booleanas y álgebra de mapas, permitiendo caracterizar la aptitud del territorio mediante un índice espacial de idoneidad en formato ráster, continuo y comparable. Esta formulación permite integrar variables de naturaleza heterogénea en una función de decisión explícita, con ponderaciones trazables, reduciendo la arbitrariedad y fortaleciendo la transparencia metodológica necesaria para la evaluación académica y la interpretación técnica de los resultados (Malczewski, 2006).

2. PROBLEMÁTICA

Para establecer de un lugar ideal para el COE-P en el Guayas donde se presentan varias dificultades, entre ellos los accesos a las vías se congestionan o se cierran durante una emergencia. Las planadas en las zonas ribereñas, donde vive la mayor parte de la población, llegan a inundarse periódicamente. Los corredores industriales donde se encuentran químicos y elementos inflamables generan zonas de riesgo tecnológicos. Además, hay que considerar que el territorio se encuentra limitadas por regulaciones ambientales destinadas a conservar manglares y humedales. Además, al no existir procedimientos técnicos claros y replicables que permita justificar de manera clara la elección del lugar y no solo basarse en opiniones aisladas. Por lo tanto, ese necesita realizar un análisis multicriterio utilizando el software QGIS con todas las principales variables.

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Determinar la localización óptima para el COE-P en la provincia del Guayas con ayuda de herramientas SIG.

3.2 Objetivos específicos

- Investigar, descargar, limpiar y organizar capas geoespaciales importantes.
- Analizar las distancias hacia zonas y puntos importantes.
- Crear un análisis con varios criterios para encontrar las zonas más adecuadas.
- Seleccionar las mejores ubicaciones y explicar con apoyo de mapas.
- Elaborar mapas y un informe técnico que respalden las recomendaciones.

4. MARCO CONCEPTUAL

4.1 Gestión del Riesgo en el Ecuador y Marco Normativo

La gestión del riesgo se entiende como una función pública orientada a reducir vulnerabilidades y proteger a la población frente a las amenazas naturales o antrópicas, mediante acciones continuas de prevención, mitigación, respuesta y recuperación (Constitución de la República del Ecuador, 2008, art. 389). Bajo el principio de descentralización subsidiaria, cada nivel territorial (Provincial, Cantonal y Parroquial) es responsable de actuar dentro de su jurisdicción y recibirá apoyo de instancias superiores cuando su capacidad resulte insuficiente (Constitución de la República del Ecuador, 2008, art. 390). Estos principios se complementan con el COOTAD, donde se establece que la gestión de riesgos no recae en un solo nivel de gobierno (Provincial, Cantonal y Parroquial), sino que todos tienen que trabajar en conjunto y debe incluirse en los Planes de Ordenamiento Territorial. (Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD, 2010, art. 140).

4.2 Sistema Nacional Descentralizado de Gestión de Riesgos y COE-P

Dentro del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión de Riesgos del Ecuador, "los COE son instancias interinstitucionales de coordinación para reducción del riesgo, respuesta y recuperación" (Reglamento a la Ley de Seguridad Pública y del Estado,

2009, art. 24). El COE-P es el eje articulador encargado de evaluar, planificar, prevenir y ejecutar acciones, en conjunto con las instituciones públicas y la academia (SGR, 2018). En caso de emergencia, los principales componentes “Toma de decisiones, Implementación Técnica, Operaciones de Respuesta, Gestión de Información y Soporte de Infraestructura/TIC” (SGR, 2018, p. 42) se unen para operar de manera articulada. Por lo tanto, la sede del COE-P debe poseer condiciones físicas y territoriales que permitan el funcionamiento operativo y de esta manera, determinar una localización óptima con criterios geoespaciales verificables.

4.3 Capacidad Operativa y Ubicación Territorial.

Los Centros de Operaciones de Emergencias Provinciales además de conformar un mecanismo de coordinación y estructura organizacional, también poseen una infraestructura de importancia para el Estado cuya función es mantener la capacidad de respuesta durante las fases más críticas de un evento adverso sin interrumpir sus operaciones. Esta exigencia operativa también implica que la ubicación de la infraestructura analice condiciones físicas y territoriales ya que si la instalación queda aislada por condiciones naturales o antrópicas la respuesta exitosa queda comprometida. La Organización Panamericana de la Salud recalca que el COE necesita funcionar desde un lugar donde se pueda acceder en todo momento, que sea seguro estructuralmente y que cuente con servicios básicos sin interrupción (OPS,2004). Así como la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias establece que la selección del espacio debe sustentarse en análisis de amenazas verificables, priorizando la exclusión de zonas con alta exposición a desastres (FEMA,2021). Entonces, la decisión de localizar ciertas áreas en la provincia del Guayas no es un detalle técnico secundario, sino una decisión que afecta directamente la capacidad de respuesta provincial. Guayas es un territorio con múltiples amenazas, por lo tanto, es importante que la decisión sea respaldada por criterios explícitos y verificables. EL PDOT de Guayas 2024-2027 añade que la reducción de riesgos y la resiliencia son ejes primordiales que condicionan la localización de una infraestructura estratégica provincial (Gobierno Autónomo

Descentralizado Provincial del Guayas, 2024), Por otro lado, Guayaquil, el cantón con mayor población de la provincia en su Plan de Uso y Gestión del Suelo establece que se deben cumplir criterios de: (i) Compatibilidad de uso del suelo (ii) Accesibilidad y conectividad vial (iii) Seguridad estructural (iv) Disponibilidad de servicios básicos y telecomunicaciones (v) Baja exposición a amenazas naturales. Considerar estos criterios en un conjunto permite que la decisión de una localización sea consistente con la planificación territorial y la gestión de riesgos de la provincia.

4.4 Proceso Analítico Jerárquico AHP y análisis multicriterio en SIG.

El Proceso Analítico Jerárquico (AHP) organiza un problema en niveles como: objetivos, criterios, subcriterios y alternativas (Anexo 1) para determinar el peso de cada criterio y comparar los criterios entre sí por pares (Saaty,1990). En SIG, los pesos se establecen a capas temáticas y se combinan para identificar las zonas con mayor aptitud en el territorio (Malczewski, 2006). El resultado es una superficie que nos indicada áreas aptas o no aptas.

5. METODOLOGÍA

5.1 Enfoque metodológico y diseño del estudio

El estudio presentó un enfoque metodológico de carácter técnico, sustentado en el uso de los Sistemas De Información Geográfica (SIG) para la determinación de la localización óptima de un Centro de Operaciones de Emergencia Provincial (COE-P) en la provincia del Guayas. El software SIG utilizado para el análisis fue QGIS, por tratarse de un programa libre y de código abierto que dispone de herramientas específicas que permiten un procesamiento ráster y vectorial, modelado multicriterio y generación de productos cartográficos orientados a la toma de decisiones (Martínez, 2021).

5.2 Área de estudio

La provincia del Guayas, ubicada en la región Litoral del Ecuador, al suroeste del territorio nacional, entre las coordenadas aproximadas de 1°00' y 2°55' de latitud sur y 79°05' y 80°35' de longitud oeste. El territorio representa una superficie de 17.139km² con una cuenca hidrográfica muy extensa llamada río guayas. Por su división territorial esta organizada por 25 cantones y con una población de 4.391.923 habitantes (INEC, 2023). Esta elevada concentración poblacional genera exposición y vulnerabilidad frente a eventos adversos. La provincia se encuentra en la zona baja del río Guayas, la cual es identificada como la más susceptible a inundaciones donde la irregularidad interanual de las precipitaciones experimentando desbordamientos recurrentes en las parroquias de la planicie costera (GAD Provincial del Guayas y CIIFEN, 2014).

El Manual del Comité de Operaciones de Emergencia (SNGRE,2017) no define criterios geoespaciales para la localización de la sede física, provocando situaciones que no optimizan la cobertura territorial y la accesibilidad operativa. Adicionalmente, el Marco de Sendai para la Reducción de Riesgos y Desastres 2015-2030 apunta a que los Estados fortalezcan la preparación institucional mediante infraestructuras de respuestas cuya localización se sustente en el análisis de riesgo y la evaluación multicriterio. Por lo tanto, es conveniente aplicar un modelo de análisis multicriterio basado en SIG para determinar 3 alternativas óptimas de localización del COE-P en la provincia del Guayas.

N.º	Capa temática	Fuente	Formato	Escala Resolución	Función	Criterio asociado
1	Cobertura y uso de suelo	MAE	SHP	1:50.000	Criterio	C1 Uso de suelo
2	Susceptibilidad a inundaciones	SNGRE / INAMHI	Ráster	WRF 2024	Criterio	C2 Inundaciones
3	Red vial (primaria y secundaria)	IGM	SHP	1:50.000	Criterio	C3 Vías de acceso
4	Establecimientos de salud	OSM (Overpass)	SHP	Puntual	Criterio	C4 Hospitales
5	Centros poblados	OSM (Overpass)	SHP	Puntual	Criterio	C5 Poblaciones
6	Pendiente del terreno	NASA Earth Explorer	Ráster	30 m	Criterio	C6 Pendiente
7	Parques industriales	OSM (Overpass)	SHP	Poligonal	Criterio	C7 Parques industrial.

De manera complementaria, se añadieron capas de referencia territorial que no participaron como criterios ponderados para el análisis jerárquico, como los límites políticos- administrativos del Comité Nacional de Límites Internos (CONALI), del Instituto Geográfico militar (IGM) se descargó la hidrología superficial (ríos, esteros, humedales y cuerpos de agua) y las áreas de conservación. Estos datos espaciales fueron clave para añadir el contexto geográfico al modelo, verificar la coherencia de los resultados frente a las restricciones del territorio y la elaboración de la cartografía. Una vez obtenidos los insumos, se implementó un flujo de geoprocésamiento en QGIS para garantizar la compatibilidad geométrica en todas las capas (Anexo 2). Se unificaron las propiedades espaciales de todas las capas mediante la re-proyección al sistema EPSG:32717 (UTM zona 17S, datum WGS-84) y el recorte de los límites provinciales del Guayas, un requisito para que las operaciones posteriores de distancia y superposición se ejecuten en unidades métricas consistentes (Malczewski, 2006).

5.4 Criterios de Evaluación

La selección de los criterios que integran el modelo multicriterio conforman una etapa determinante, puesto que condiciona la robustez del análisis para representar y evaluar las condiciones territoriales que influyen en el desempeño operativo del COE-P; en este estudio, su selección se sustentó en tres enfoques complementarios como las directrices internacionales para el diseño y la localización de centros de coordinación de emergencias (FEMA, 2021); la evidencia técnica documentada sobre amenazas naturales y antrópicas en el litoral ecuatoriano (Toulkeridis et al., 2015; GAD Provincial del Guayas & CIIFEN, 2014). Cada uno de los criterios fue clasificado como variable de beneficio, cuando los valores más altos se asocian con mayor aptitud para la localización del COE-P, o como la variable de costo que cuando los valores más altos expresan condiciones menos favorables para su implantación. A continuación, se expone la justificación técnica de cada criterio.

C1. Uso de suelo (Variable de beneficio -- peso AHP: 0.08)

El tipo de suelo determina dónde se puede construir. Las zonas consolidadas, como las zonas de Guayaquil-Daule-Samborondón, nos ofrecen muchas ventajas como los servicios de vías y de conectividad por lo cual construir en estos sitios resulta sencillo. En cambio, las zonas protegidas entre ellos los bosques nativos, manglares del Golfo y cuerpos de agua por ser zonas frágiles tienen restricciones legales y físicas que complican o impiden cualquier construcción. En nuestra escala de aptitud, las áreas consolidadas reciben un puntaje de 5, mientras que suelos frágiles o ecosistemas protegidos se valoran con valores de 1, Anexo 3.

C2. Amenazas de inundaciones (Variable de Costo -- peso AHP: 0.30)

La capacidad de un COE-P para funcionar de manera ininterrumpida durante una crisis depende de que sus instalaciones no resulten afectadas por el mismo evento que motiva su activación. FEMA (2021), en su guía de referencia, establece como consideración primordial en la selección del sitio que el centro de operaciones debe situarse fuera de áreas susceptibles a los predominantes de la jurisdicción. La amenaza predominante en la provincia del Guayas corresponde a las inundaciones de origen pluvial y fluvial, asociadas a la dinámica de la cuenca del río Guayas descrita en la sección 4.2, donde cuya planicie costera experimenta desbordamientos periódicos documentados por el GAD Provincial del Guayas. Por tal motivo el criterio de susceptibilidad a inundaciones recibió la mayor ponderación dentro del modelo 0.30, y su escala se invirtió de modo que las zonas con amenaza muy baja obtienen la aptitud más alta. (Anexo 4)

C3. Vías de acceso (variable de beneficio – Peso AHP: 0.22)

Uno de nuestros principales criterios ya que para que un COE-P funcionen de manera coordinada debe mover personal y suministros con rapidez, como lo señala el manual de SNGRE 2017. y siguiendo los parámetros de FEMA 2021 con el objetivo de que las vías sigan funcionando incluso si existe un desastre. Toulkeridis en 2015 coinciden en que las facilidades

de acceso terrestre representan un requisito esencial para cualquier zona de seguridad destinada a la coordinación de la respuesta. En consecuencia, se empleó la distancia euclidiana a las vías primarias y secundarias como indicador de accesibilidad, donde la menor distancia corresponde a la mayor aptitud. Se utilizó distancia euclidiana en lugar de isócronas de tiempo real porque no hay datos de velocidad vehicular disponibles para la red vial de Guayas. Malczewski (2006). (Anexo 5)

C4. Proximidad a establecimiento de Salud (variable de beneficio – Peso AHP: 0.13)

La atención sanitaria de víctimas durante una emergencia exige una articulación estrecha entre el COE-P y la red de establecimientos de salud. La Organización Panamericana de la Salud (OPS,2004) destaca que la coordinación entre los centros de operaciones de emergencia y la infraestructura hospitalaria reduce los tiempos de respuesta en la atención de personas afectadas. En Ecuador, el Manual de COE (SNGRE,2017) asigna al Ministerio de Salud Pública el liderazgo de la Mesa Técnica de Trabajo de atención sanitaria, cuya operatividad se beneficia de la cercanía física al centro de coordinación. Por tanto, la distancia euclidiana a los establecimientos de salud se incorporó como criterio de beneficio, en el que la proximidad se traduce en una mayor aptitud. (Anexo 6)

C5. Proximidad a centros poblados (variables de beneficio –peso AHP: 0.08)

El alcance operativo del COE-P guarda una relación directa con su cercanía a los núcleos poblacionales a los que brinda servicio. El Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030 (UNDRR, 2015) apunta la necesidad de fortalecer la capacidad de respuesta en los territorios donde reside la población expuesta, principio que se materializa cuando el centro de coordinación se encuentra accesible tanto para la ciudadanía afectada como para las instituciones que operan a nivel local. La mayor cantidad de habitantes de la provincia del Guayas se encuentra distribuida en cantones como Guayaquil, Durán, Samborondón, Daule, Nobol, Yaguachi, Milagros y Playas,

alcanzando un conjunto de 3.722.559 habitantes (INEC, 2023). La distancia euclidiana a los centros poblados se utilizó como indicador de cobertura operativa. (Anexo 7)

C6. Pendiente del terreno (variable de costo – Peso AHP: 0.14)

Las condiciones topográficas del sitio condicionan tanto la viabilidad constructiva como la logística de operación de una instalación de emergencia. Las superficies con pendientes pronunciadas incrementan los costos de edificación, ya que dificultan el acceso vehicular y limitan la instalación de equipos y las áreas de acopio. Toulkeridis en 2015 incluye el estudio de pendiente y gradiente entre los factores de análisis orográfico necesarios para la planificación logística en zonas de desastres. Para el análisis de la pendiente se derivó del modelo digital de elevación (MDE) SRTM y se expresó en grados, asignando la aptitud máxima a los terrenos de (0 a 2 grados) y la aptitud mínima a las superficies que superan los 15 grados. (Anexo 8)

C7. Proximidad a Parques e Instalaciones Industriales (Variable de costo PESO AHP 0.06)

La cercanía a zonas donde se concentran actividades industriales expone al COE-P a riesgos tecnológicos, derrames de sustancias peligrosas o emisiones tóxicas que podrían comprometer su operatividad. En el Guayas, se ha documentado como un factor de vulnerabilidad compuesta la presencia de zonas industriales en áreas susceptibles a inundaciones (CIIFEN & GAD Provincial del Guayas, 2012). Por lo tanto, la lógica del criterio es inversa: a mayor distancia con respecto a las instalaciones industriales, mayor aptitud del sitio; por lo tanto, las zonas situadas a más de 4.000 metros reciben el valor máximo. (Anexo 9).

Tabla 2. criterios de evaluación para la localización del COE-P

ID	Criterio	Tipo	Dirección	Peso AHP	Justificación operativa
C1	Uso de suelo	Cualitativo	Beneficio	0.08	Compatibilidad del terreno con infraestructura de emergencia
C2	Amenaza de inundaciones	Raster	Costo (inv.)	0.30	Continuidad operativa fuera de zonas inundables
C3	Vías de acceso	Distancia	Beneficio	0.22	Movilización rápida de personal y suministros
C4	Establec. de salud	Distancia	Beneficio	0.13	Coordinación sanitaria durante emergencias
C5	Centros poblados	Distancia	Beneficio	0.08	Cobertura operativa sobre población expuesta
C6	Pendiente del terreno	Grados	Costo	0.14	Viabilidad constructiva y logística de acceso
C7	Parques industriales	Distancia	Costo (inv.)	0.06	Seguridad ante riesgos tecnológicos

Nota. Elaboración propia. Los pesos AHP corresponden a la matriz corregida (suma = 1.0000, RC = 0.030).

Los siete criterios integran un equilibrio entre las dimensiones de riesgo, la accesibilidad y las condiciones físicas del terreno que, de acuerdo con la literatura consultada, resultan decisivas para la operatividad de un COE-P. La ponderación relativa de cada criterio se obtuvo mediante un Proceso Analítico jerárquico (AHP) de Saaty, la cual se detalla a continuación.

5.5 Integración Espacial y Clasificación de resultado

5.5.1 Propósito de la Integración Espacial

Una vez construidos y estandarizados los siete criterios temáticos en una escala común de aptitud (1 a 5), fue necesario integrarlos espacialmente para obtener un único producto cartográfico que sintetizara la influencia conjunta de las variables que condicionan la localización óptima del COE-P en la provincia del Guayas. Esta etapa metodológica constituye el núcleo del análisis multicriterio en entornos SIG, ya que transforma un conjunto de capas heterogéneas en un índice espacial continuo donde cada celda representa el nivel de aptitud relativa del territorio (Malczewski, 2006). El enfoque empleado se fundamenta en los principios del álgebra de mapas, técnica que permite combinar capas temáticas mediante operaciones matemáticas y generar nuevas superficies derivadas a partir de la interacción espacial de los datos de entrada (Tomlin, 1990).

La integración requirió verificar previamente que todas las capas de ráster cumplieran con condiciones geométricas homogéneas. Se confirmó la coincidencia del sistema de referencia espacial WGS 1984 UTM Zona 17S (EPSG:32717), el tamaño uniforme de celda de 30×30 metros, la extensión geográfica común de procesamiento correspondiente a los límites provinciales y el tratamiento consistente de valores nulos o sin información. Esta homogeneización espacial resulta indispensable en los modelos de superposición ponderada. Las operaciones se ejecutan a nivel de píxel; cualquier

discrepancia geométrica o diferencia de resolución entre capas altera la correspondencia espacial de los datos y compromete la validez del resultado final (Malczewski, 2000).

5.5.2 Modelo de Superposición ponderada (álgebra de mapas)

Los siete criterios se unieron usando una superposición ponderada o WLC. El método multiplica cada ráster estandarizado por su peso AHP y suma los resultados. Y así los criterios más importantes tienen mayor influencia en el mapa de idoneidad territorial (Saaty, 1980; Malczewski, 1999).

El índice de idoneidad territorial se calculó mediante la expresión

$$\text{matemática: } MC = \sum (Ri \times Wi)$$

donde:

- MC = valor integrado de aptitud multicriterio por celda
- Ri = valor estandarizado del criterio i en escala 1 a 5
- Wi = peso AHP asignado al criterio i
- Restricción: $\sum Wi = 1$

Este procedimiento responde al principio de combinación lineal ponderada, que asigna influencia proporcional a cada variable dentro de la superficie final de aptitud (Malczewski, 2000; Malczewski, 2006).

Para el análisis se aplicó la fórmula de los siete criterios y sus correspondientes pesos (RC=0.030) con la siguiente ecuación

$$MC = (\text{inundación} \times 0.30) + (\text{vías} \times 0.22) + (\text{pendiente} \times 0.14) + (\text{hospitales} \times 0.13) + (\text{población} \times 0.08) + (\text{uso_suelo} \times 0.08) + (\text{parques_industriales} \times 0.06).$$

Después con la Calculadora Ráster utilizando cuatros decimales para mantener la precisión y creando un archivo MC_continuo.tif. donde con en el mapa se obtuvo valores altos nos representan zonas más aptas, también tuvimos que corregir la capa de inundaciones. Los valores altos indican peligro y no aptitud y esto se modificó aplicando la resta (6 - "inundacion@1") para que la escala fuera similar con el resto del modelo.

5.5.3 Clasificación final del índice (cinco niveles)

El álgebra de mapas generó un ráster continuo con valores decimales. Este nivel de detalle es útil para el análisis técnico, pero dificulta la interpretación visual del mapa. Por eso, el índice se reclasificó en cinco categorías que permiten identificar las zonas prioritarias con mayor facilidad (Tomlin, 1990; Malczewski, 1999). El *ráster MC_continuo* fue reclasificado en cinco niveles de aptitud: Muy bajo, Bajo, Medio, Alto y Muy alto. Para organizar nuestros resultados se realizó el método de intervalos iguales, los valores van desde 1.82 a 4.67, los cuales son divididos en 5 grupos con un valor de 0.57 cada uno, donde la fórmula es $(4.67-1.82)/5$ con esta táctica se permite comparar las categorías con una forma equilibrada. Se descartó el método Jenks debido a que los quiebres naturales producían categorías asimétricas incompatibles con la interpretación operativa requerida por el SNGRE, que privilegia umbrales uniformes para la toma de decisiones.

Los límites de clase resultantes fueron:

1. **Muy bajo:** 1.82 y 2.39
2. **Bajo:** 2.39 y 2.96
3. **Medio:** 2.96 y 3.53
4. **Alto:** 3.53 y 4.10

Muy alto: 4.10 y 4.67 La reclasificación se hizo en QGIS usando la Calculadora Ráster, se aplicaron condiciones para asignar valores categóricos (1 a 5) según los rangos definidos.

Al final se obtuvo un mapa MC_5noveles.tif, el cual nos permite observar los resultados del modelo. Donde los sitios marcados como Muy Altos son los mejores para ubicar el COE-P ya que ahí existen las condiciones más favorables de los siete criterios analizados mientras que las zonas clasificadas como Muy Bajos son las menos aptas las cuales están en zonas de alto riesgo de inundaciones o con pendientes muy inclinadas. El mapa clasificado constituyó la base cartográfica para la etapa posterior de selección y justificación de las tres alternativas específicas de localización, permitiendo focalizar el análisis en las zonas con mejor desempeño espacial dentro de la provincia del Guayas (Malczewski, 2006)

5.6 Selección y Evaluación de alternativas de localización.

5.6.1 Criterios para la identificación de Sitios Candidatos.

Para pasar del mapa clasificado a las alternativas de emplazamiento, se definieron criterios técnicos adicionales. Ellos se basan en los requerimientos funcionales de un COE-P como: coordinación interinstitucional, monitoreo en tiempo real, gestión geoespacial y accesibilidad operativa (SNGRE, 2017). Si bien el Índice de Actitud Multicriterio identifica zonas con condiciones territoriales favorables, la selección de sitios puntuales para una infraestructura estratégica demanda indagar requisitos de factibilidad física que no pueden resolverse exclusivamente mediante álgebra de mapas, pero que son de suma importancia. Tales como la disponibilidad real del terreno, la compactibilidad normativa con áreas de conservación y la dispersión geográfica que garantiza la cobertura provincial (FEMA, 2021). Por lo tanto, se diseñó un procedimiento de cuatro fases secuenciales que combina el análisis espacial automatizado en QGIS verificación mediante Google Earth Pro.

i. Proceso de Identificación de Alternativas Específicas.

Fase 1: Filtros de exclusión territorial

Se aplicaron tres filtros de exclusión sobre las zonas clasificadas como "Muy alto" (IAM $\geq 4,10$). Primero eliminamos terrenos que se encuentren dentro de un sistema Nacional de áreas protegidas SNAP mediante el uso de herramientas como Difference de QGIS. Después descartamos los lugares con 250 casas por km² esta decisión fue tomada porque en zonas con alta densidad es muy difícil conseguir terrenos vacíos por esta razón quedaron fuera las áreas urbanas de Guayaquil, Durán y Milagro. Fase 2: Segmentación geográfica en cuadrantes. Los polígonos remanentes fueron segmentados en cuatro cuadrantes provinciales mediante ejes de referencia cartográfica definidos en las coordenadas X=600.000 y Y=9.720.000, en el sistema UTM Zona 17S. Este procedimiento permitió estructurar la distribución espacial de las alternativas dentro de los 15.927 km² del territorio provincial, evitando su concentración en un único sector. Desde el enfoque de gestión del riesgo, la dispersión geográfica de las alternativas constituye un criterio funcional de redundancia operativa, ya que reduce la probabilidad de afectación simultánea ante eventos catastróficos de alcance regional. En consecuencia, la priorización de al menos una alternativa en distintos cuadrantes fortalece la cobertura territorial del sistema de respuesta y se ajusta a la heterogeneidad espacial de amenazas que caracteriza a la provincia del Guayas (GAD Provincial del Guayas & CIIFEN, 2014).

Fase 3: Extracción del índice de aptitud.

En cada cuadrante se eliminaron los píxeles de categoría “Muy Alto” y se convirtieron en polígonos. El umbral de 4.10 es el límite inferior de esa clase, calculado en la sección 4.5.3 con los valores iguales. Finalmente, se obtuvieron los centroides de cada polígono (Add Geometry Attributes) y se consultó el valor exacto del IAM en el ráster MC_continuo.tif mediante Point Sampling Tool.

Fase 4: Verificación satelital de disponibilidad física.

Los puntos candidatos identificados en cada cuadrante fueron verificados mediante inspección visual en Google Earth Pro, utilizando la imagen satelital más reciente disponible al momento del análisis. Buscamos sitios vacíos que tuvieran el tamaño necesario para que el COE-P funcione de manera óptima según el manual de la SNGRE(2017), estas instalaciones requieren espacios para coordinación, logística comunicaciones y parqueos. Por lo tanto, se definió que cada lote debe medir al menos 2.500m², lo que equivale aproximadamente a un terreno de 50x50 metros. Para cada candidato se evaluaron los siguientes criterios de descarte: ausencia de ocupación edificada dentro del lote, superficie estimada igual o superior a 2.500 m², inexistencia de cuerpos de agua permanentes u otras restricciones evidentes en el entorno inmediato y presencia de acceso vehicular visible desde la red vial. Los candidatos que no cumplieron estas condiciones fueron descartados y sustituidos por el siguiente polígono con mayor valor de aptitud dentro del mismo cuadrante. En las coordenadas definidas para cada punto seleccionado se realizó la extracción de los valores estandarizados correspondientes a los siete criterios del modelo mediante la herramienta Point Sampling Tool en QGIS. El Índice de Aptitud Multicriterio (IAM) de cada alternativa se obtuvo directamente del ráster continuo MC_continuo.tif, con el propósito de mantener la precisión decimal generada por el álgebra de mapas. Por esta razón, la estimación del IAM a partir de valores ordinales reclasificados se consideró únicamente como una

referencia comparativa, dado que puede diferir ligeramente del valor continuo extraído del ráster original. De manera complementaria, la estabilidad del modelo fue examinada mediante un análisis de sensibilidad basado en la variación de los pesos AHP en un rango de $\pm 20\%$, seguida de su respectiva renormalización, a fin de evaluar la respuesta del índice ante modificaciones controladas en la estructura de ponderación (Saaty, 1980; Malczewski, 2006).

6. Resultados

6.1 Mapas de Criterios Estandarizados

La aplicación del modelo multicriterio generó siete capas ráster individuales que representan la aptitud territorial de la provincia del Guayas. Los mapas presentados emplean leyendas categóricas descriptivas que facilitan la interpretación visual de los patrones espaciales. Pero, internamente, cada categoría corresponde a un valor numérico utilizado en la integración posterior mediante el álgebra de mapas. El análisis espacial de estos productos intermedios evidencia patrones de distribución heterogéneos determinados por la interacción entre factores físico-naturales y la estructura espacial de infraestructura antrópica.

Criterio 1: Uso de Suelo

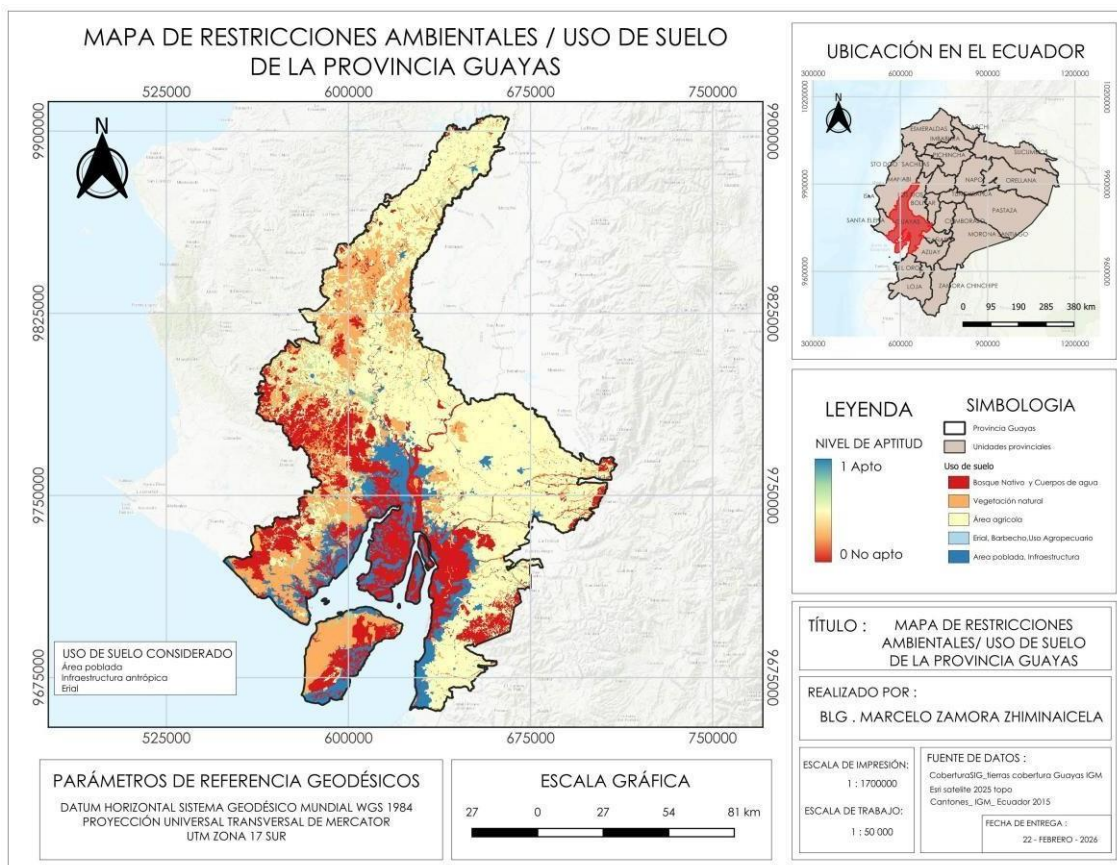
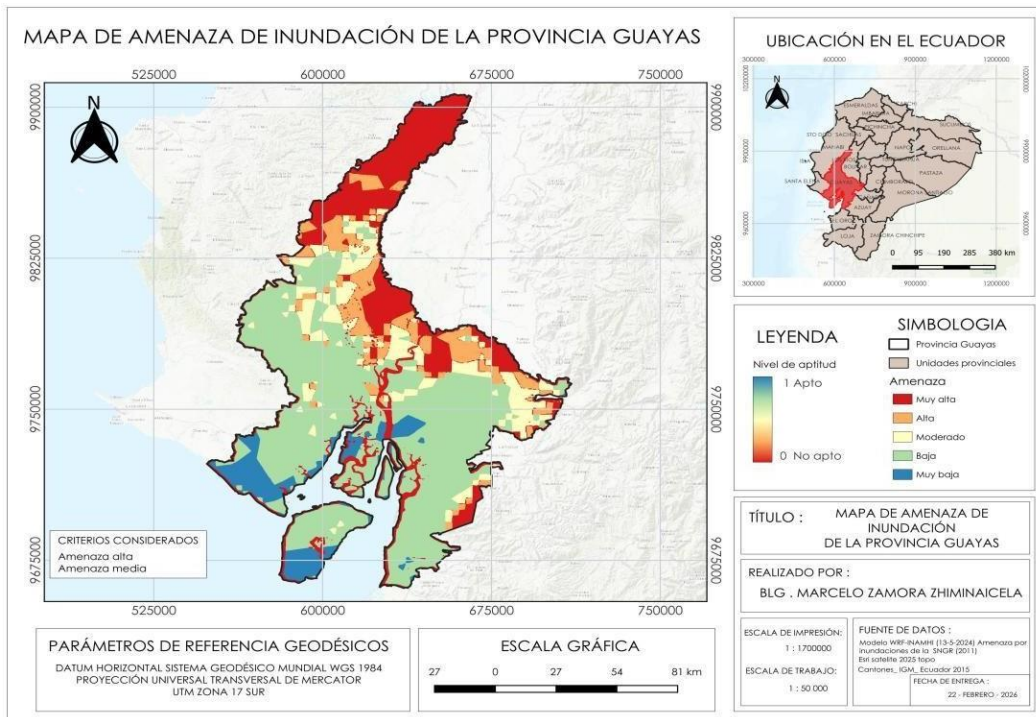


Imagen 11. Mapa de restricciones ambientales/uso de suelo Nota: Elaboración propia

El uso del suelo de la provincia del Guayas fue analizado como uno de los criterios del modelo de evaluación. Con un peso de 0.08 para determinar qué zonas territoriales presentan condiciones favorables o limitantes para la instalación de la infraestructura estratégica. Los resultados permitieron clasificar en dos grandes grupos: zonas aptas y no aptas. Las zonas con mejores condiciones se ubican principalmente en la franja central y sur de la provincia, donde el corredor urbano Guayaquil-Daule-Samborondón concentra el mayor desarrollo urbano e industrial, y donde la existencia de áreas ya urbanizadas e infraestructuras instaladas facilitan la creación de nuevos proyectos sin

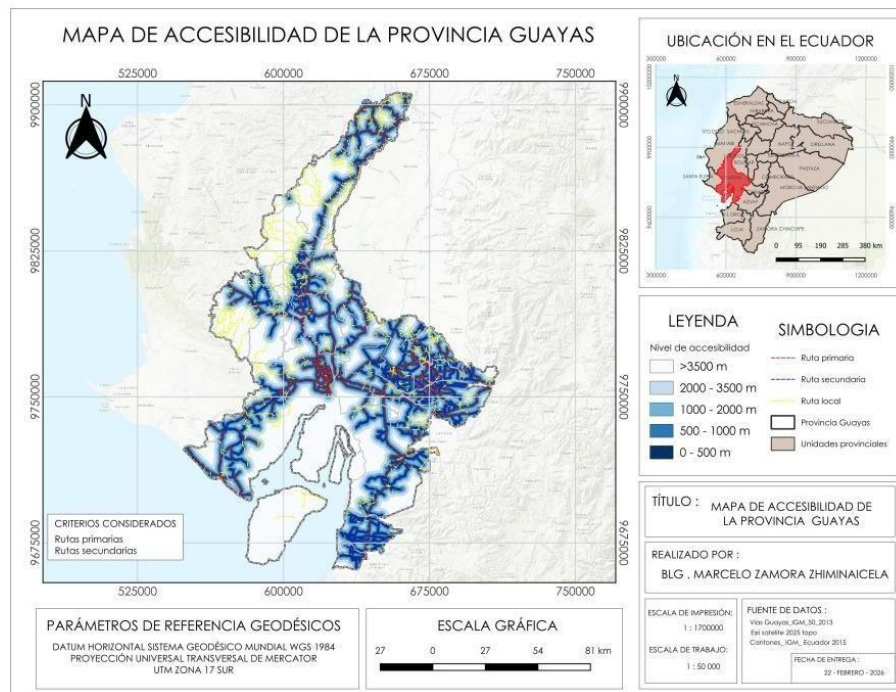
generar conflictos ambientales significativos. Si a esto también le agregamos cantones como Balao, Naranjal y El Triunfo, que tienen suelos con baja productividad actual que pueden ser aprovechados para nuevos usos sin causar daños ambientales significativos. Consolidando esta franja como la de mayor oportunidad para desarrollar una infraestructura estratégica en la provincia. Mientras que, si observamos el norte de la provincia, los sectores accidentales y la zona costera del Golfo de Guayaquil concentran las mayores restricciones, debido a la presencia de bosques nativos, vegetación natural y cuerpos de agua, los cuales cumplen con servicios ambientales importantes. Este patrón se extiende hacia las playas y las islas del Golfo, donde las fragilidades de los ecosistemas costeros no permiten intervención.

Criterio 2. Amenaza de Inundaciones



El criterio más importante de nuestro análisis fue el riesgo de inundaciones (peso:0.30), la cual nos indica que áreas de la provincia están más expuestas. Usamos este dato de forma invertida. Donde los colores rojos nos indican zona con alta amenaza mientras que los colores verdes y azul representan a las zonas con baja o muy baja amenaza.

Criterio 3: Vías de Acceso



Como segundo factor importante dentro de nuestro análisis con un peso ($P = 0.22$) y mide la cercanía de los terrenos a las vías principales y secundarias. Aquí se utilizó cinco niveles de distancia: desde muy alta (menos de 500 m) hasta muy baja (más de 3.500 m). La lógica es que estar cerca de una vía importante permite actuar mucho más eficaz en una emergencia. En el análisis solo usamos rutas de primer y segundo orden. Las zonas más aptas aparecen como franjas que siguen los grandes ejes de la red vial estatal y las vías que conectan el interior de la provincia.

C4. Proximidad a Hospitales y Centros de Salud

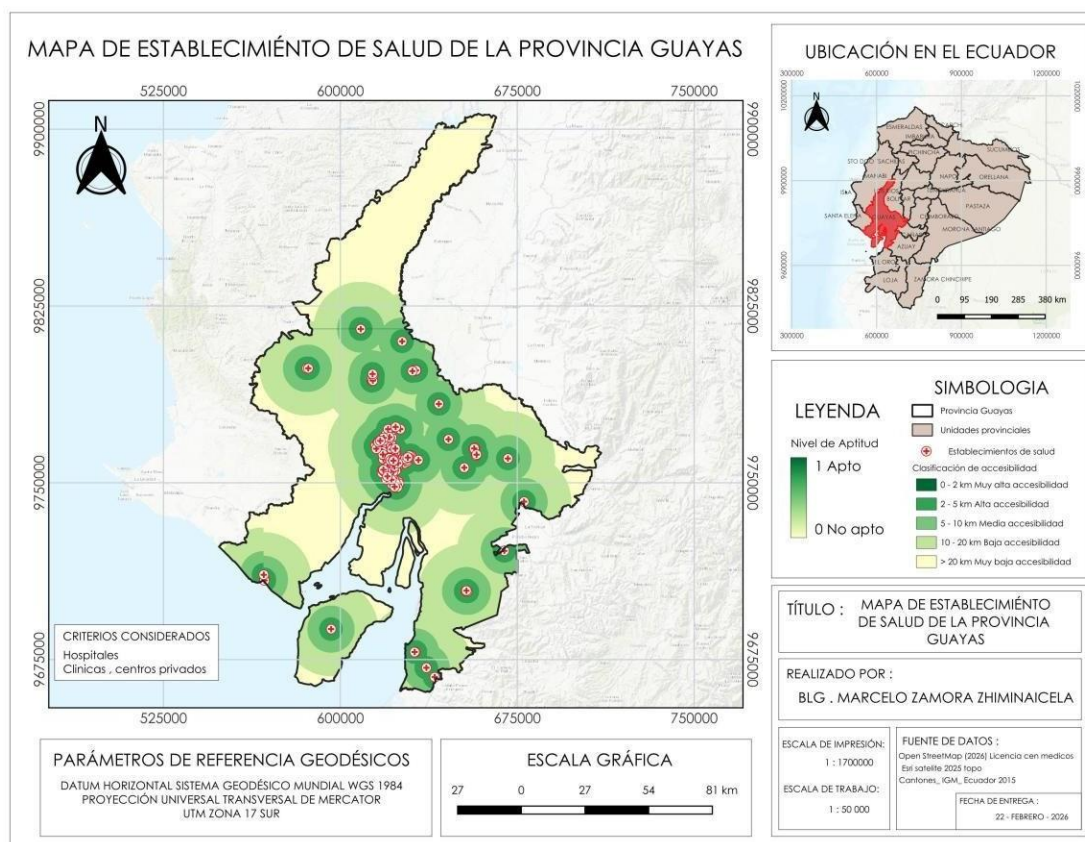


Imagen 14. Mapa de establecimientos de salud Nota: Elaboración propia

El mapa de accesibilidad a establecimientos de salud, criterio con peso de 0.13 en el modelo y el tercero en importancia, identifica las áreas provinciales con diferente nivel de proximidad a hospitales, clínicas y centros privados. El territorio fue reclasificado en cinco niveles mediante bandas de distancia (buffers), determinando que una menor distancia (mayor proximidad) a la red sanitaria favorece la articulación operativa y la coordinación institucional durante las emergencias. Las zonas con mejor accesibilidad se ubican en Guayaquil, Duran, Milagro y Daule, donde están los hospitales con mayor

capacidad. Mientras que los sectores rurales del norte, oeste y zonas costeras tienen menor accesibilidad, debido a la limitada cobertura sanitaria fuera de las ciudades.

C5: Criterio Proximidad a Poblaciones

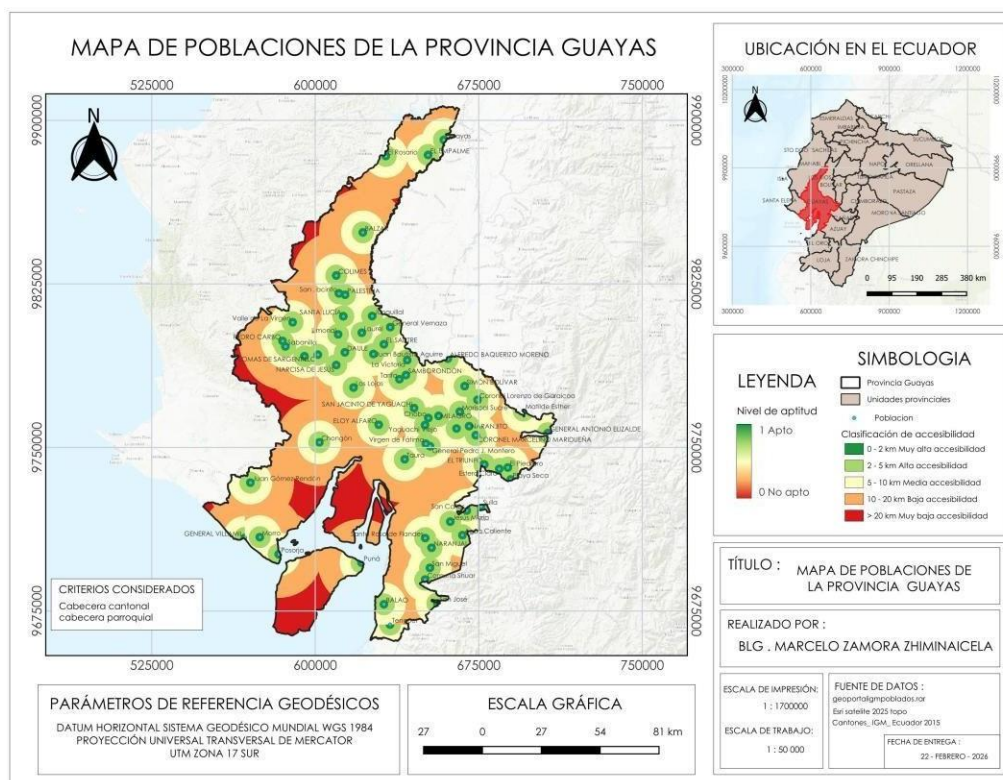


Imagen 15. Mapa de proximidad a Poblaciones Nota: Elaboración propia

El mapa de cercanía a los habitantes con un peso de 0.08 calcula la distancia entre los lugares y los centros urbanos más importantes de la provincia. Con el fin de que el COE-P se encuentre en lugares cercanos a los lugares con más densidad poblacional para que la respuesta a emergencia sea rápida.

Por lo tanto como se puede observar los sitios más aptos se ubican en un alrededor de hasta 5 km alrededor de las grandes ciudades. Pero por otro lado en lugares de 10 a 20 km se clasifican como nivel no apto debido a su lejanía y que las poblaciones de estas zonas son dispersas. Por lo

tanto lo que buscamos en un punto medio donde la ubicación sea accesible para los ciudadanos pero que no sea un problema el tráfico o la falta de áreas libres.

C6: Pendiente del Terreno

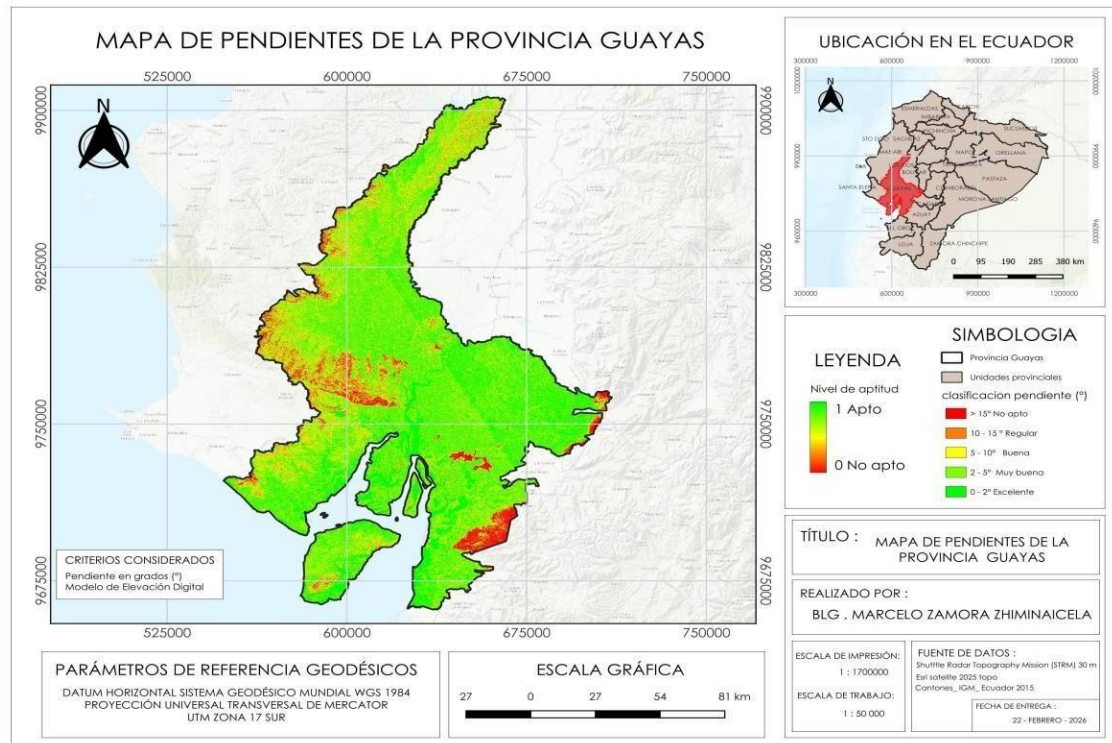


Imagen 16. Mapa de pendiente Nota: Elaboración propia

El mapa de pendiente con un peso de 0.14 estudia el relieve de la provincia usando datos satelitales (SRTM de 30m) . Donde se observó que la mayor parte del terreno es plano con un 75% con pendientes muy bajas con valores que van desde el 0 y 5 grados .mientras que las áreas con pendientes que van desde los 10^a los 15 grados tiene complicaciones para edificar. Es importante recalcar que aunque el relieve es apto en su mayoría esto debe analizarse con los demás criterios del modelo.

C 7. Proximidad a Parques Industriales

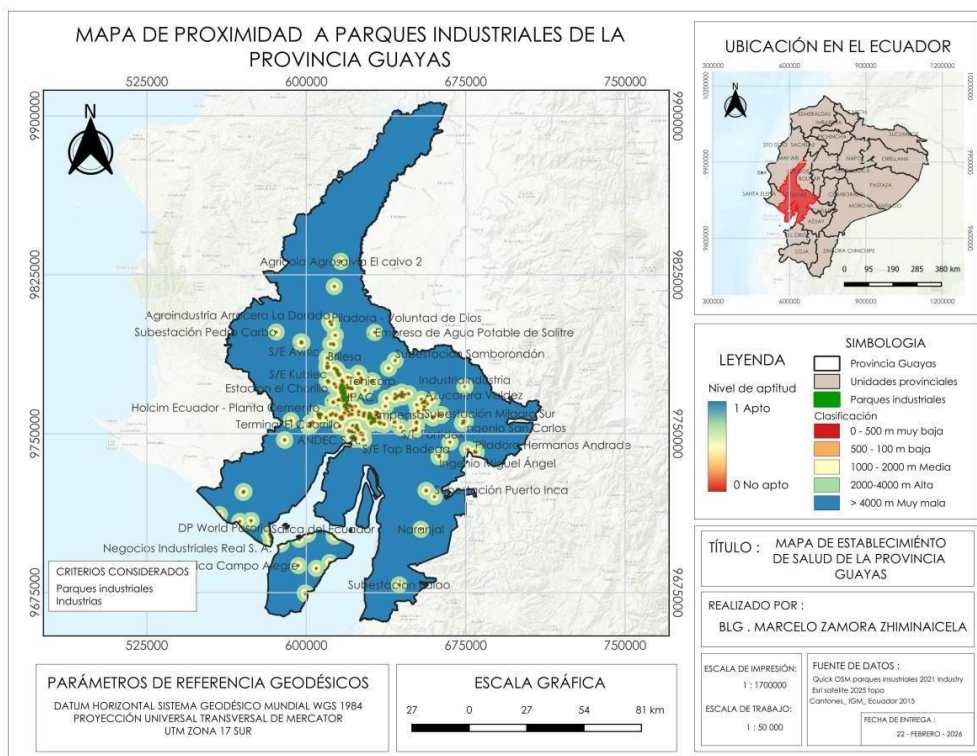


Imagen 17. Mapa de parques industriales Nota: Elaboración propia

El mapa de proximidad a parques industriales, criterio con el menor peso del modelo 0.06, cuya ponderación refleja que el riesgo tecnológico actúa como factor complementario dentro de la evaluación integral presenta una lógica inversa respecto a otros factores de proximidad: mayor distancia representa mayor aptitud debido a la reducción de exposición ante riesgos tecnológicos asociados a accidentes industriales. Los complejos industriales se concentran en tres zonas: la primera se encuentra en el corredor Guayaquil-Duran, también el Daule y polo Milagro-Yaguachi, donde operan las empresas como Holsim, ANDEC y DP World. Las áreas más cercanas a estas instalaciones (0-1.000 m) tienen una baja aptitud porque la proximidad aumenta el riesgo ante accidentes. La diferencia entre la accesibilidad vial, aquí la cercanía es un factor negativo. Por eso este criterio descarta sitios expuestos a riesgo tecnológicos.

6.2 Índice de Aptitud Multicriterio Integrado

Mezclando los siete criterios mediante álgebra de mapas generó el índice de (IAM). Este índice resume la idoneidad territorial de la provincia de las guayas para localizar el COEP. El cálculo aplicando la formula AHP de Saaty en la Calculadora Ráster de QGIS.

$$IAM = (inundación \times 0.30) + (vías \times 0.22) + (pendiente \times 0.14) + (hospitales \times 0.13) + (población \times 0.08) + (uso_suelo \times 0.08) + (parques_industriales \times 0.06)$$

Esta operación no entrego un ráster continuo con valores entre 1.82 y 4.67.

El valor mínimo de IAM es 1.82 el cual corresponde a las zonas con mayor riesgo a las inundaciones, pendiente fuertes y mala accesibilidad. El valor máximo de 4.67 e indica zonas con bajo riesgo hídrico, lugares planos y con una buena accesibilidad.

Las zonas favorables con un valor superior a 4.10 el cual se ubica en el centro-norte provincial, ene l triangulo Daule, Nobol y Samborondón y sectores como Colimes donde las zonas son amenazas son bajar como inundaciones y con accesibilidad vial y pendientes menores a 5 grados. También se identificó sectores con una aptitud moderada (valores entre 3.53 y 4.10) en zonas como Milagro, Naranjal y al norte de Guayaquil. También se observa que la mayoría del territorio posee una clasificación entre (2.96 a 3.53) ya que existe una relación positiva entre los criterios. Y las zonas con puntuación baja se debe a que coinciden un alto peligro con una red vial deficiente.

La distribución nos indica que el modelo prioriza la minimización del riesgo hídrico y la optimización de la conectividad vial, criterios con ponderación combinada de $0.30 + 0.22 = 0.52$, que unen fuertemente el índice final.

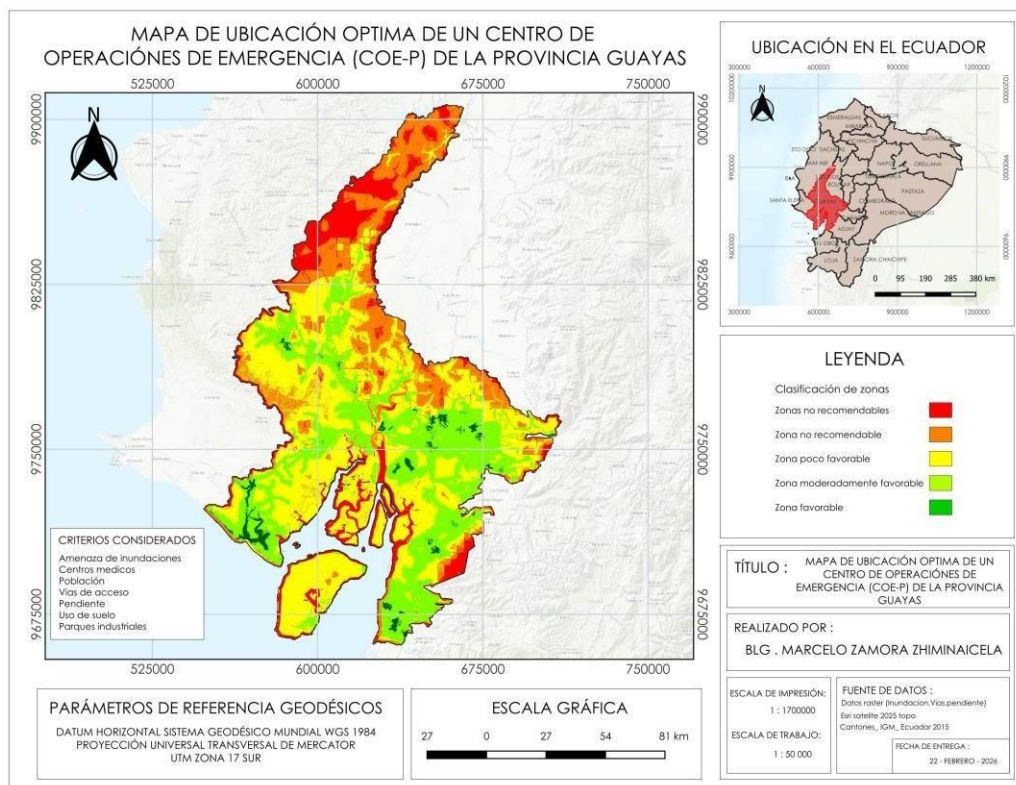


Imagen 18. Mapa de ubicación optima Nota: Elaboración propia

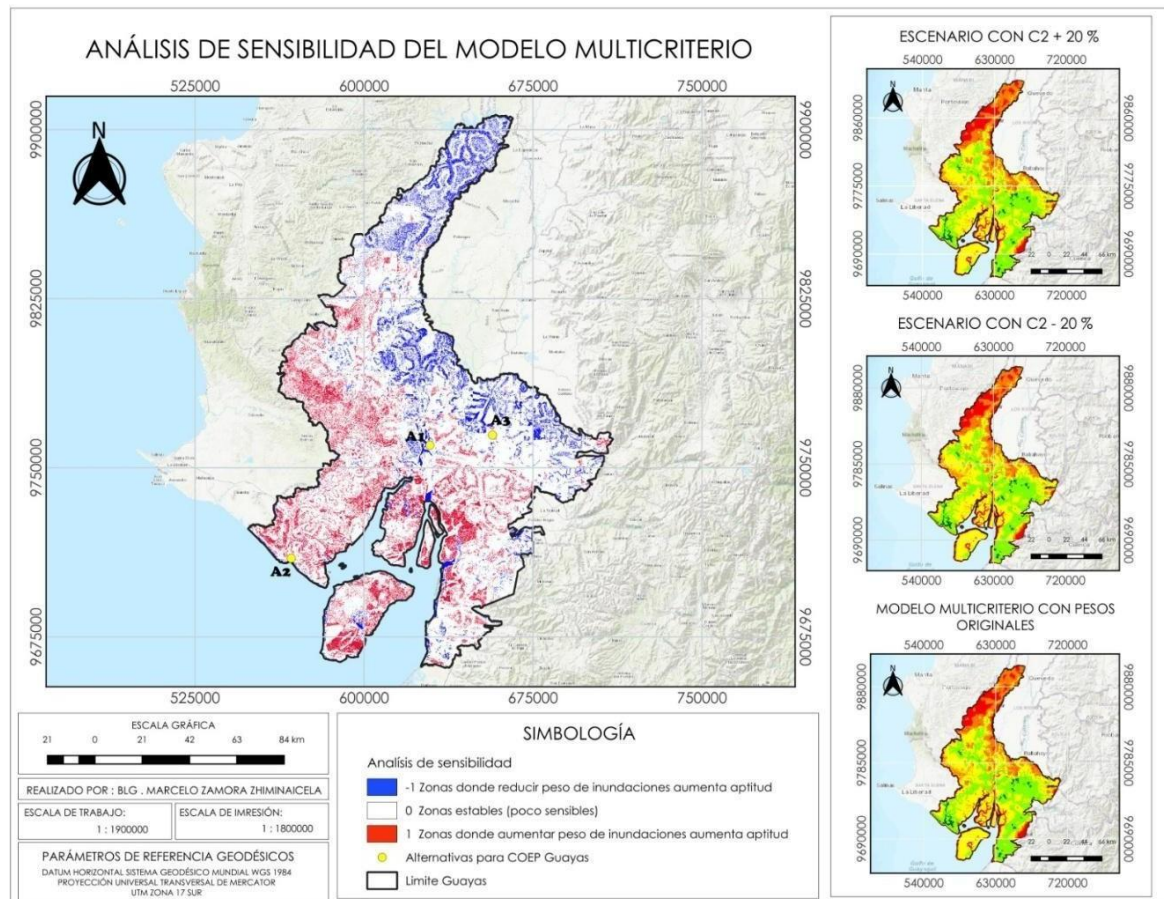
El mapa de aptitud territorial en Guayas no está distribuido de manera uniforme ya que el 18.7% de la superficie alcanza niveles altos de idoneidad para la construcción del COE-P. Las áreas con una clasificación más alta ($IAM > 4.10$) donde se concentran en el centro norte, especialmente en sectores de Daule, Nobol y Samborondón, donde existe un riesgo de inundaciones muy bajos con terrenos planos y una excelente conexión con las vías estatales. Las zonas óptimas se ubican en las zonas de periferia de Guayaquil, Milagro y Naranjal, mientras que el nivel Medio se encuentra en el centro de la provincia donde existe un equilibrio con los criterios analizados. Las zonas de mayor aptitud no se distribuyen de forma uniforme, sino que se acumulan donde las variables coinciden favorable. El mapa final nos permite identificar tres núcleos principales que se encuentran dentro de la categoría de Muy Alto, que cumplen con los requisitos de seguridad, accesibilidad y factibilidad constructiva y proximidad a infraestructura crítica.

6.3 Criterios Estandarizados

Al evaluar la estabilidad del modelo modificando el peso del criterio C2 (Inundaciones) en +/- 20. En estos dos escenarios en el primero se obtuvo que el peso incrementa de 0.30 a 0.36 en +20 y disminuye de 0.30 a 0.24 en -20. Y los pesos restantes se ajustaron a la suma total 1.00.

Alternativa	Escenario - 20%	Base	Escenario +20	Variación	X	Y
A1(Durán)	4.54	4.50	4.46	0.08	629240	9760009
A2(Playas)	4.68	4.62	4.57	0.11	567710	9709834
3(Milagro)	4.79	4.81	4.83	0.04	657032	9764511

La tabla nos representa un modelo robusto porque no importa si sube o bajo el peso de C1 (Inundaciones) la alternativa tres es la más estable. Todas las variaciones son menores a 0.12.



Al evaluar la estabilidad del modelo modificando el peso del criterio C2 (Inundaciones) en +/- 20. En unidades en un rango de 1 a 5. El mapa de sensibilidad nos indica las diferencias espaciales que existen en los diferentes escenarios evaluados. Las zonas de color azul nos demuestran que reducir el peso de C2 (inundaciones) aumenta la aptitud mientras que, las zonas rojas indican donde si aumentamos el peso C2 (inundaciones) la aptitud mejora y las zonas grises presentan poca sensibilidad a los cambios. Por lo tanto, las tres alternativas seleccionadas se ubican en zonas aptas la cual confirma nuestra validez en la selección de las zonas.

6.4 Alternativas de Localización Identificadas

En el análisis se logro encontrar tres lugares que entraron en una categoría de muy alto de aptitud el cual tiene un puntaje superior a los 4.10. en estas opciones se encuentran repartidas en diferentes puntos de la provincia entre ellos están: en el centro de Duran, Playas al suroeste y milagro en la zona oriental. Esta disposición espacial incrementa la cobertura territorial del sistema y disminuye la probabilidad de afectación simultánea ante eventos extremos de alcance regional. El valor del IAM asignado a cada alternativa corresponde al extraído directamente del ráster continuo MC_continuo.tif mediante Point Sampling Tool; por ello, la reconstrucción del índice a partir de valores ordinales reclasificados debe entenderse únicamente como referencia interpretativa, ya que pueden presentarse diferencias menores derivadas de la naturaleza continua del ráster y de los límites entre clases.

La Tabla 5.1 Matriz comparativa de alternativas de localización del COE-P

Alternativa	Coordenada X (UTM)	Coordenada Y (UTM)	Cantón	Uso de suelo	Amenaza inundación	Vías	Hospitales	Población	Pendiente	Parques ind.	IAM
A1	629240	9.760009	Durán	5	4	5	5	4	4	3	4.32
A2	567710	9.709834	General Villamil (Playas)	3	4	5	4	4	5	2	4.15
A3	657032	9.764511	Milagro	5	5	5	5	4	5	4	4.73

Nota. Escala ordinal 1–5 (5 = máxima aptitud). C1: Uso de suelo; C2: Amenaza de inundaciones; C3: Vías de acceso; C4: Establecimientos de salud; C5: Centros poblados; C6: Pendiente; C7: Parques industriales. IAM: valor continuo extraído del ráster mediante Point Sampling Tool.

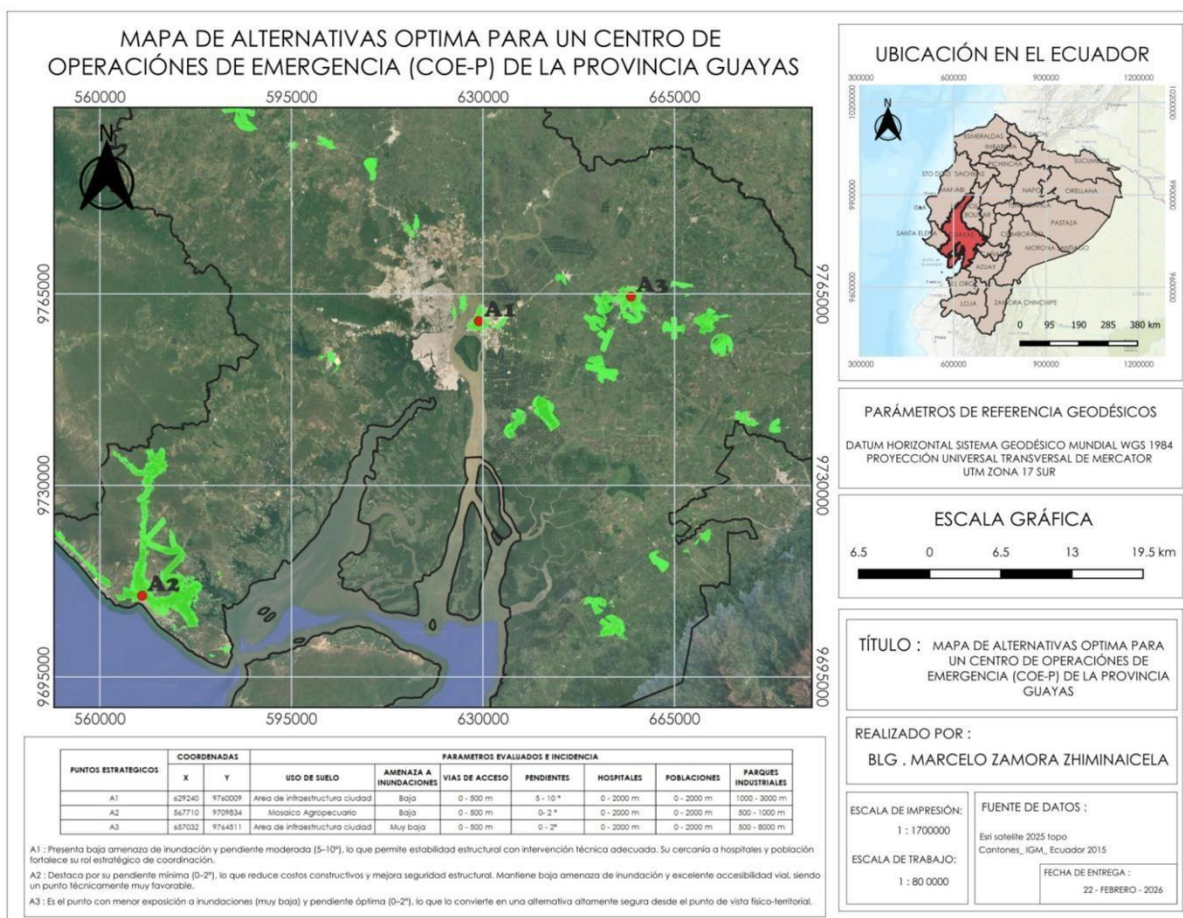


Imagen 20. Mapa Alternativo Optima COE-P Nota: elaboración propia

Finalmente se determinó que Milagro A3 llegó a ser la mejor calificada, estando sobre Duran A1 por 0.41 puntos y a Playas A2 por 0.58. Esta superioridad está marcada por que Milagro obtuvo los puntajes más altos en los tres criterios principales como el riesgo a las inundaciones, el acceso vial y el tipo de terreno. El factor principal fue si las zonas son altas a inundaciones y por lo tanto A3 tiene un riesgo menor en cual es fundamental durante una emergencia. Por otra parte, A1 y A2 tiene un terreno con algo de pendiente o presentan limitaciones al estar clasificada como zonas agrícolas y lejos de las zonas industriales. De esta manera Milagro se presenta como la mejor opción para la sede principal y las demás zonas sirvan como apoyo logrando que el sistema de emergencias de la provincia sea más efectivo.

7. Discusión

El análisis multicriterio desarrollado se logró identificar tres alternativas de localización dentro de la categoría de máxima aptitud territorial ($IAM \geq 4.10$), las cuales están distribuidas en los cantones de Durán (A1), General Villamil (Playas) (A2) y Milagro (A3). La evaluación comparativa establece que la Alternativa 3, localizada en el cantón Milagro constituye la opción técnica más favorable para la localización del COE-P del Guayas, alcanzando un índice de aptitud de 4.73 en comparación con la A1 de 4.32 y A2 de 4.15.

La Alternativa tres se fundamenta principalmente en su desempeño diferencial respecto al criterio de amenazas por inundaciones, variable sumamente importante con un peso 32.24% en el modelo AHP, también es la única alternativa que alcanza el valor máximo de 5 en este criterio, indicando una “amenaza muy baja” según la clasificación de la secretaria Nacional de Gestión de Riesgo. Esta condición resulta determinante para una infraestructura crítica cuya funcionalidad debe garantizarse durante eventos hidrometeorológicos. La Prefectura del Guayas (2024) reporta que 677.464 personas se encuentran expuestas a inundaciones con susceptibilidad alta y media, mientras que 12 de los 25 cantones provinciales presentan riesgo potencial muy alto. Por lo tanto, la alta vulnerabilidad territorial justifica la priorización del criterio de inundaciones en el modelo, ya que se tiene evidencia donde las inundaciones han afectado severamente infraestructuras viales, sistema de drenaje entre otros.

El municipio de Guayaquil identifica a las inundaciones como la principal amenaza climática. Estos sectores de baja elevación tienen riesgo alto o muy alto, al igual que otros cantones costeros donde los factores climáticos como lluvias intensas o el mal drenaje con un terreno plano aumentando la exposición. La alternativa 3 obtiene un valor muy alto de 5 en otros cuatro criterios como pendiente de 0 y 2 grados como accesibilidad vial y cercanía a hospitales y uso de suelo compatible.

El tema vial es especialmente importante. Según la Prefectura del Guayas (2024), el 73% de los 23 tramos viales concesionados son susceptibles a inundaciones. Esto muestra cuán frágil es la red vial provincial. La cercanía a establecimientos de salud garantiza articulación funcional con la Mesa Técnica del COE-P, responsable de atención primaria según la estructura organizativa vigente (Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, 2017). Entonces la alternativa A3 es la más viable después de analizar los demás terrenos que no están edificados y donde se encontró lotes que superan a los 2500m² el cual es lo mínimo para nuestra investigación. La viabilidad técnica de la alternativa tres fue verificada mediante análisis de terrenos no edificados, confirmando disponibilidad de superficie superior al requerimiento mínimo de 2.500m² establecido en la metodología. El Manual del Comité de Operaciones de Emergencia establece que el COE-P debe albergar sala de situación, centro de coordinación, espacios para mesas técnicas, zona de comunicaciones, área logística y estacionamiento. La clasificación de la Alternativa 3 indica zonificación compatible con equipamiento público, reduciendo trámites administrativos y asegurando servicios básicos preexistentes.

La investigación adoptó resolución de 30x30 metros, apropiada para la identificación de zonas prioritarias pero insuficiente para un diseño más detallado donde se debe realizar un levantamiento topográfico de precisión, estudios geotécnicos y análisis hidráulico detallado. El modelo utilizado priorizó criterios de seguridad física y accesibilidad operativa pero no incorporó variables económicas. Roa López (2020) señaló, la vulnerabilidad ante inundaciones está ligada a la ubicación geográfica, falta de ordenamiento territorial y la preparación ante riesgos, aspectos aplicables al contexto de localización del COE-P. Finalmente, aunque la Alternativa tres presenta las mejores condiciones técnicas, la gestión efectiva del riesgo no depende exclusivamente de la infraestructura física sino de la articulación institucional, tecnológica y normativas.

8. Conclusiones y Recomendaciones

El trabajo realizado demostró que la integración de Sistemas de Información Geográfica con el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) en QGIS permite determinar, con respaldo cuantitativo verificable, la localización óptima del Centro de Operaciones de Emergencia Provincial del Guayas. La metodología cumplió los objetivos planteados: (i) se procesaron siete capas geospaciales de fuentes oficiales y repositorios abiertos homogenizadas a resolución 30×30m en proyección WGS-84 UTM Zona 17S, garantizando reproducibilidad técnica; (ii) la reclasificación a escala ordinal 1–5 permitió integrar variables heterogéneas (distancias, pendientes, amenazas) en un modelo ponderado consistente; (iii) la matriz AHP alcanzó una razón de Consistencia de 0.030 (<0.10), validando la coherencia lógica del sistema de pesos donde la amenaza por inundaciones fue de 32.24%, accesibilidad vial de 23.20% y pendiente de 14.49% concentran el 69.93% de la influencia total; (iv) el índice de aptitud territorial reveló que apenas el 18.7% del territorio provincial alcanza las categorías "Alto" y "Muy alto" (IAM ≥ 3.53), Esto confirma que inundaciones y la topografía restringen la mayor parte del territorio; (v) de las tres alternativas evaluadas en categoría "Muy alto", A3 (Milagro) obtuvo el mejor resultado con IAM = 4.73, seguida de A1-Durán (4.32) y A2-Playas (4.15). La ventaja de A3 se explica por cuatro factores: riesgo de inundación muy bajo, pendiente mínima (0-2°), cercanía a vías principales (<500 m) y uso de suelo compatible con la normativa.

Recomendaciones

Realizar estudios que ayuden a mejorar el modelo en la Alternativa A3 (Cantón Milagro) que incluya varios métodos como el levantamiento topográfico utilizando tecnología lidar.

Coordinar con la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, el Gobierno Provincial del Guayas y el GAD Municipal de Milagro la reserva del sitio A3 como suelo de equipamiento estratégico en el PDOT Provincial, e incorporar criterios geospaciales cuantitativos basados en análisis multicriterio y SIG en el Manual del Comité de Operaciones de Emergencia (SNGRE, 2017) para su replicación en otras provincias del Ecuador.

Ampliar el modelo multicriterio en futuras investigaciones integrando variables económicas (costo de adquisición del terreno, disponibilidad de servicios básicos), criterios de vulnerabilidad social y escenarios prospectivos de cambio climático derivados de modelos regionalizados, para evaluar la resiliencia de la ubicación del COE-P a largo plazo y fortalecer la capacidad técnica de toma de decisiones territoriales en gestión de riesgo.

BIBLIOGRAFIA

- Asamblea Nacional del Ecuador. (2024). Ley Orgánica para la Gestión Integral del Riesgo de Desastres. Registro Oficial del Ecuador.*
- Burrough, P. A., & McDonnell, R. A. (1998). Principles of geographical information systems. Oxford University Press.*
- Chamba Cumbicos, J. D., & Tonato Andagoya, F. A. (2021). Modelo de análisis espacial multicriterio para la implementación de parques solares mediante ArcGIS [Tesis de pregrado]. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.*
- Department of Homeland Security. (2017). National Incident Management System (Third Edition). FEMA. Federal Emergency Management Agency. (2021). Guía de referencia para localización de centros de operaciones de emergencia. FEMA.*
- Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial del Guayas. (2023). Plan de Trabajo 2023–2027[PDF].*
<https://guayas.gob.ec/wpcontent/uploads/dmdocuments/rendiciondecuentas/2025/Plan-de-Trabajo-2023-2027.pdf>
- I Care Environnement. (2018). Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en Guayaquil. CAF.*
- Instituto Geográfico Militar. (2013). Cartografía base de cobertura de suelo, escala 1:50.000. IGM Ecuador.*
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2023, 3 de octubre). El nuevo rostro de Guayas. Ecuador en Cifras.*
<https://www.ecuadorencifras.gob.ec/institucional/el-nuevorostro-de-guayas/>
- Malczewski, J. (2006). GIS-based multicriteria decision analysis: A survey of the literature. International Journal of Geographical Information Science, 20(7), 703–726. <https://doi.org/10.1080/13658810600661508>*
- Martínez, H. (2021). Evaluación de las variables de decisión que influyen en la localización a escala regional de la infraestructura logística destinada a almacenamiento y bodegaje desde la perspectiva pública y privada [Tesis de maestría]. Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/unal/80524/2/79065657.2021.pdf>*
- Municipio de Guayaquil. (s.f.). Vulnerabilidad de Guayaquil al cambio climático: Medidas de adaptación propuestas.*
https://www.guayaquil.gob.ec/wpcontent/uploads/Documentos/Vulnerabilidad_Guayaquil_Producto_2_Medidas_VFR.pdf

- NASA Earth Explorer. (2013). *SRTM Digital Elevation Model 30m resolution*. United States Geological Survey.
- Organización Panamericana de la Salud. (2004). *Coordinación entre centros de operaciones de emergencia y red hospitalaria en desastres*. OPS/OMS.
- OpenStreetMap Contributors. (2026). *Datos geoespaciales de infraestructura vial, establecimientos de salud y asentamientos humanos*. OpenStreetMap Foundation.
<https://www.openstreetmap.org> (API Overpass, consultado en febrero de 2026)
- Prefectura del Guayas. (2024). *Plan de Contingencia Institucional ante el Fenómeno El Niño y Época Lluviosa*. Gobierno Provincial del Guayas.
<https://guayas.gob.ec/wpcontent/uploads/2024/04/PLAN-CONTINGENCIA-INSTITUCIONAL-ENOS-Y-EPOCALLUVIOSA.pdf>
- Roa López, H. (2020). *Análisis de vulnerabilidad y percepción social frente a inundaciones en Guayaquil [Tesis de maestría]*. FLACSO Ecuador.
<https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/items/6e14582a-94f7-4499-8309-6175821ecd1e>
- Saaty, T. L. (1990). *How to make a decision: The analytic hierarchy process*. *European Journal of Operational Research*, 48(1), 9–26.
[https://doi.org/10.1016/03772217\(90\)90057-1](https://doi.org/10.1016/03772217(90)90057-1)
- Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos. (2015). *Manual del Comité de Operaciones de Emergencia (COE)*. SNGRE.
- Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos. (2017). *Manual del Comité de Operaciones de Emergencia (2.ª ed.)*. SNGRE.
<https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2017/09/Manual-del-COE.pdf>
- Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos. (2024). *Monitoreo de amenaza por inundaciones en la provincia del Guayas*. SNGRE Ecuador.
- Tomlin, C. D. (1990). *Geographic information systems and cartographic modeling*. Prentice Hall. idis,
- Toulkeridis T. (2015). *Riesgo: Conceptos de riesgo y vulnerabilidad*. En T. Toulkeridis & A. Andrade Aguirre (Eds.), *Gestión de riesgo en el Ecuador* (pp. 23–45). Universidad de las Fuerzas Armadas–ESPE.

United Nations Office for Disaster Risk Reduction. (2015). Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030. UNDRR.

Universidad Estatal Amazónica. (2019). Análisis multicriterio basado en SIG para identificar potenciales áreas para establecer un relleno sanitario en el Cantón Rumiñahui. UEA.

<https://repositorio.uea.edu.ec/handle/123456789/516>

ANEXOS

Anexo 1.

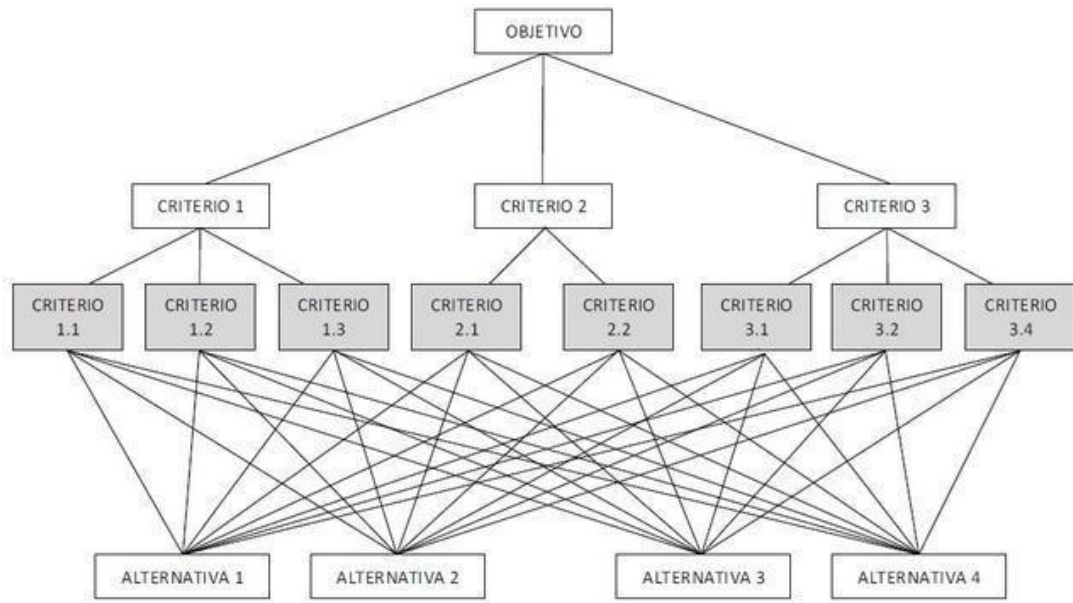


Imagen 1. Ejemplo de estructura jerárquica

Anexo 2.

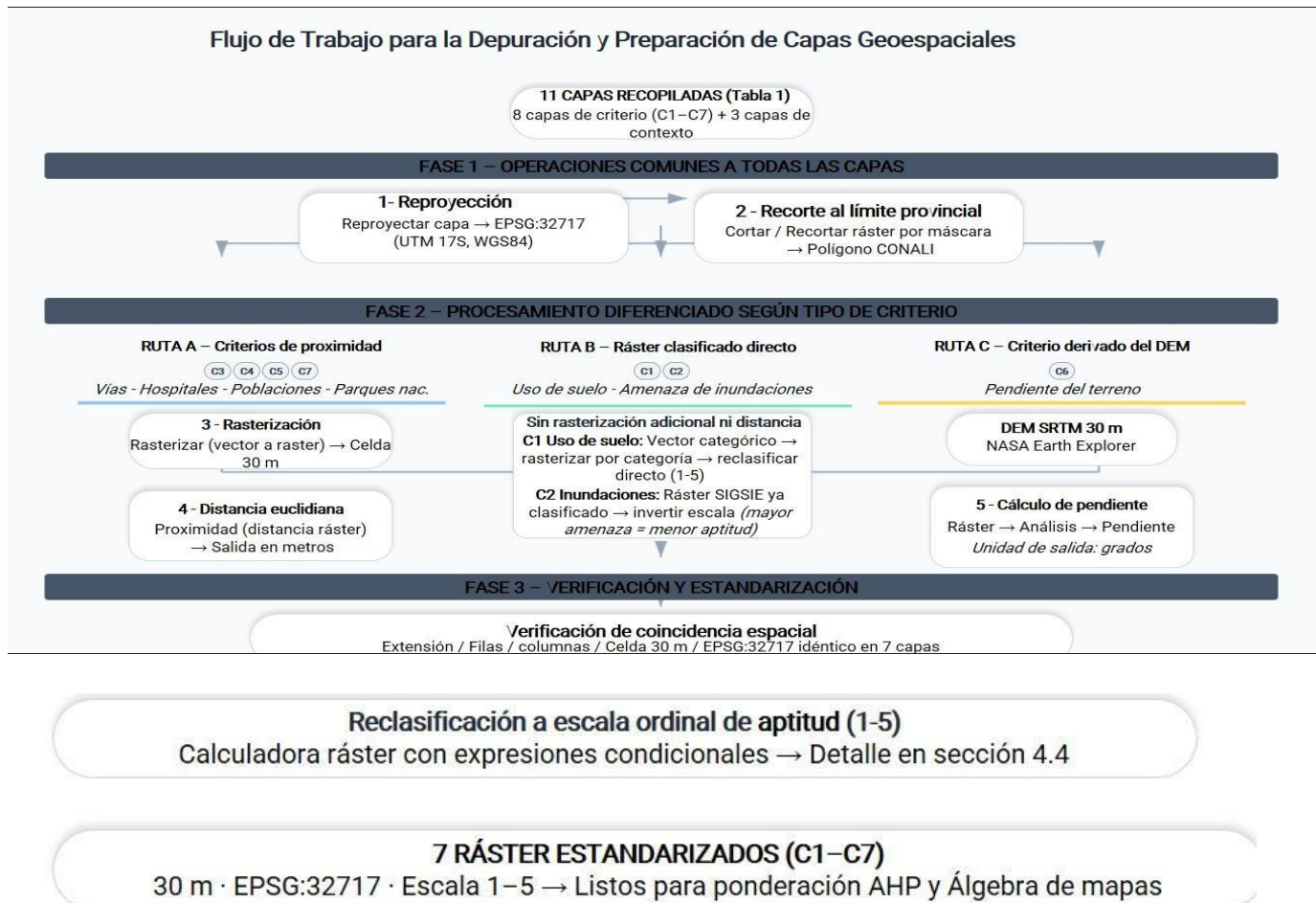


Imagen 3. Flujo de Depuración y Preparación de Capas Espaciales Nota: elaboración

Anexo 3.

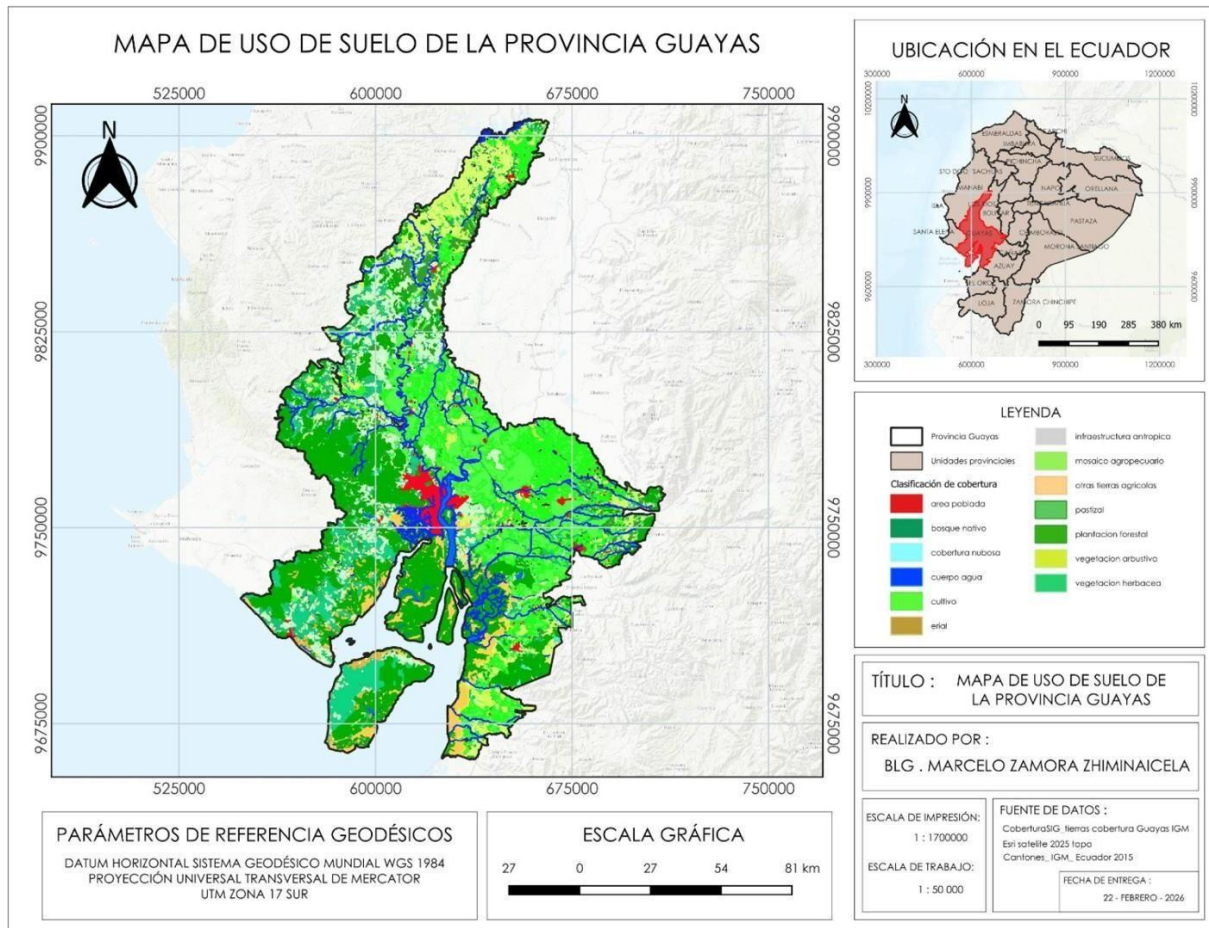


Imagen 4. Clasificación de uso de suelo Nota: elaboración propia

Anexo 4.

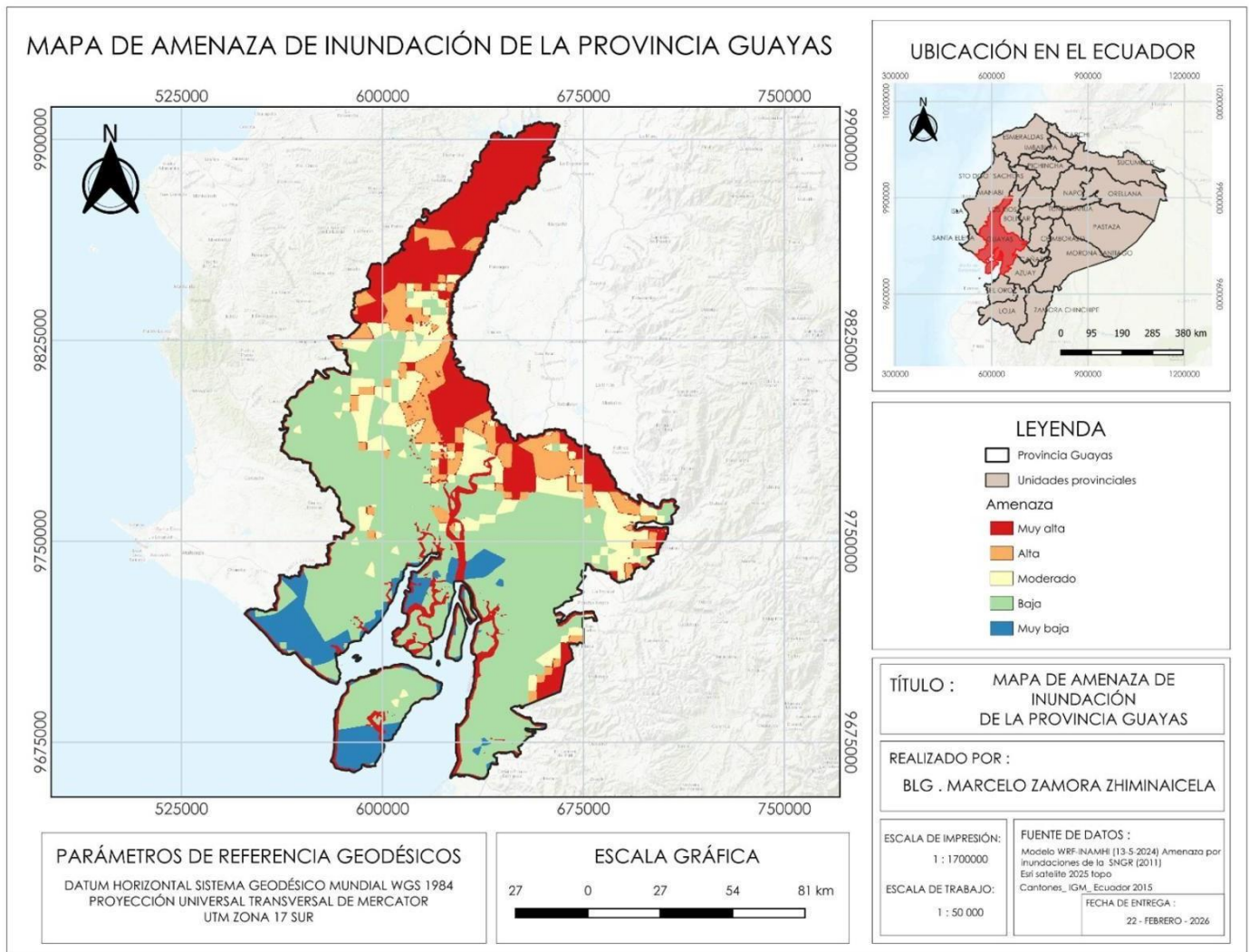


Imagen 5. Clasificación de amenazas de inundación Nota: Elaboración propia

Anexo 5.

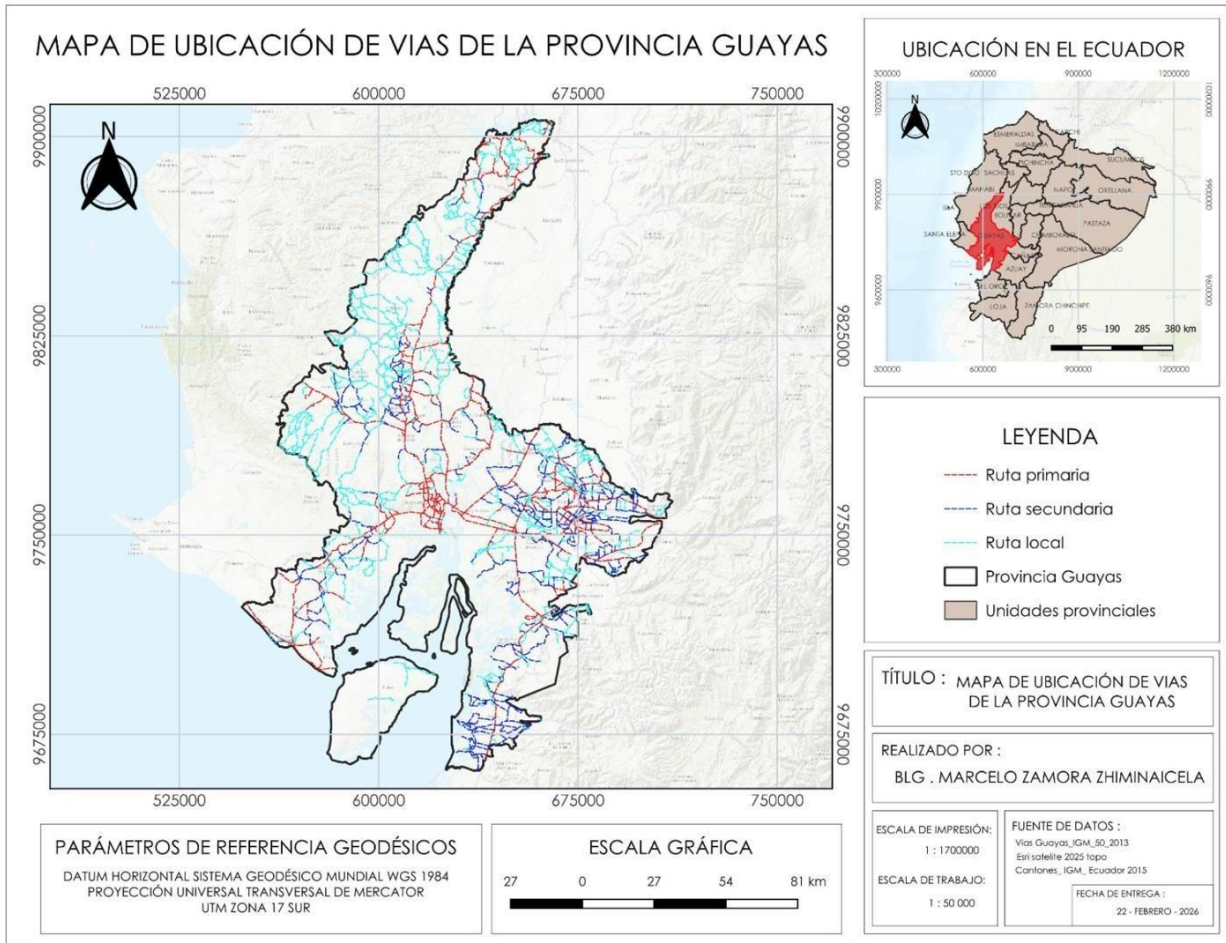


Imagen 6. Clasificación de ubicación de vías de acceso Nota: Elaboración propia

Anexo 6.

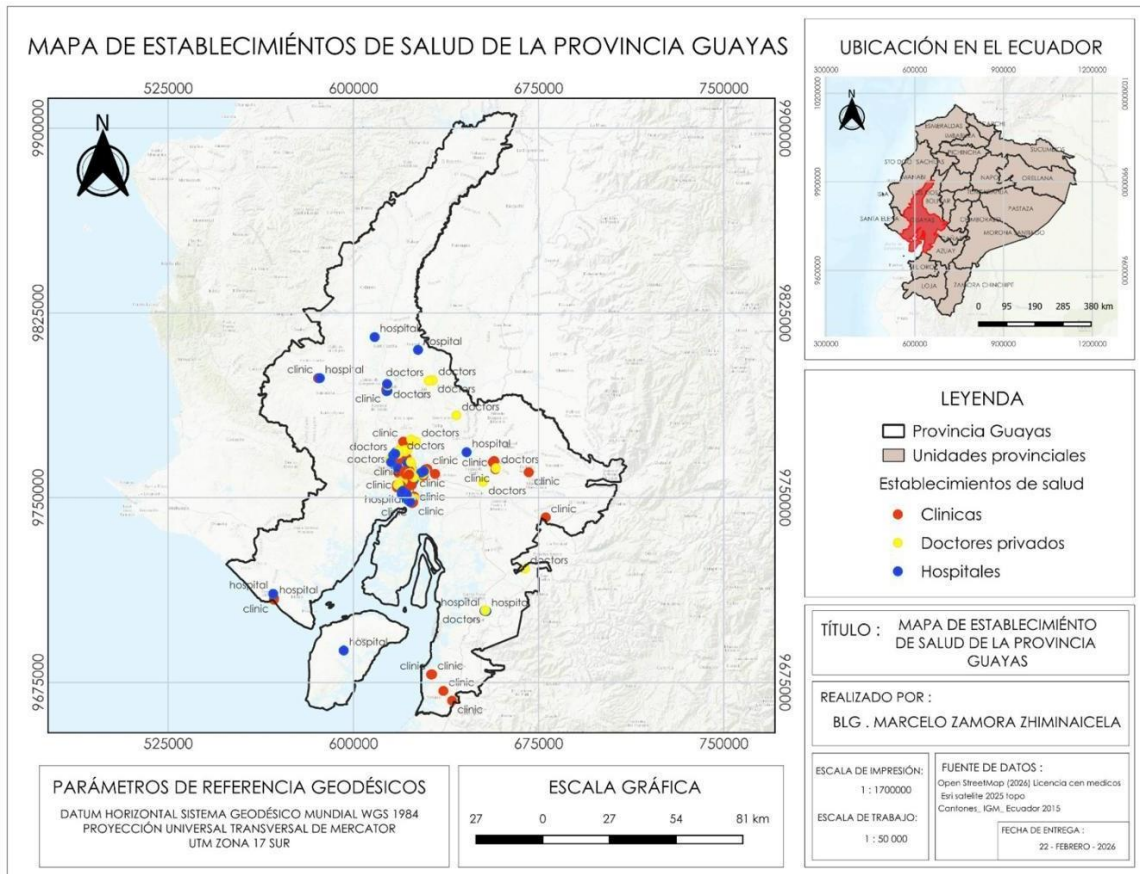
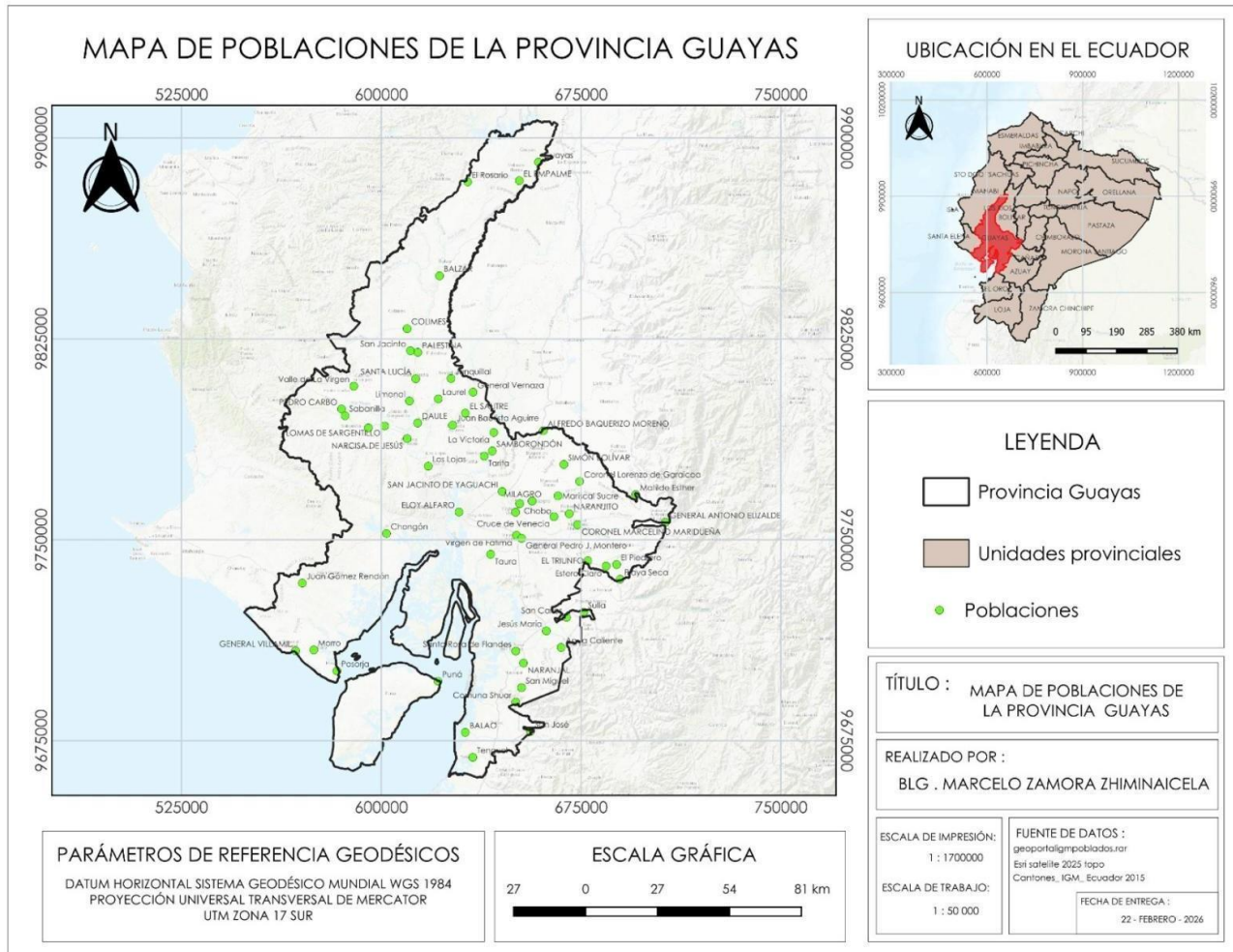


Imagen 7. Clasificación de establecimientos de salud Nota: Elaboración propia

Anexo 7.



*Imagen 8. Clasificación de proximidad de centros poblados
Nota: Elaboración propia*

Anexo 8.

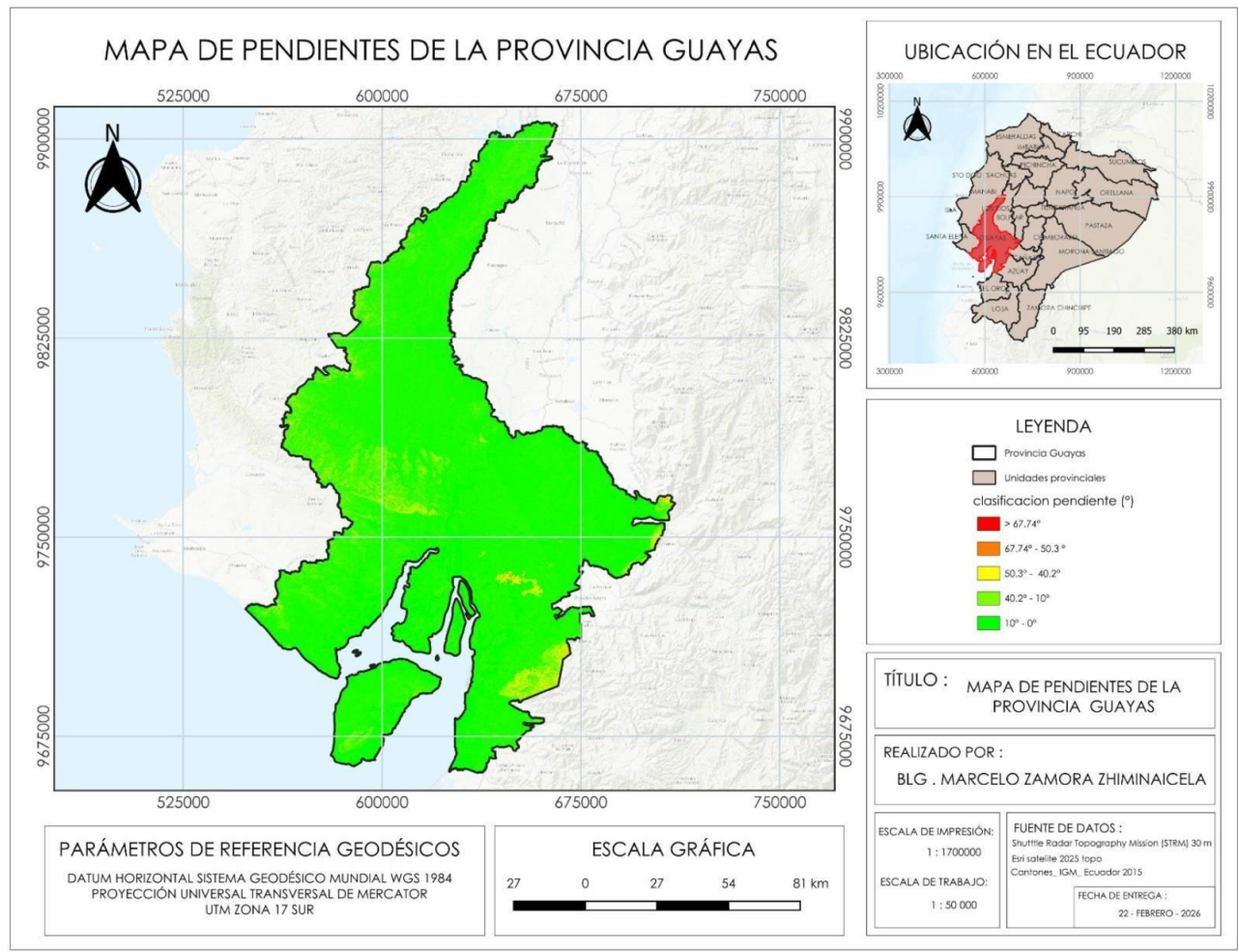


Imagen 9. Clasificación Pendientes de terreno Nota: Elaboración propia

Anexo 9.

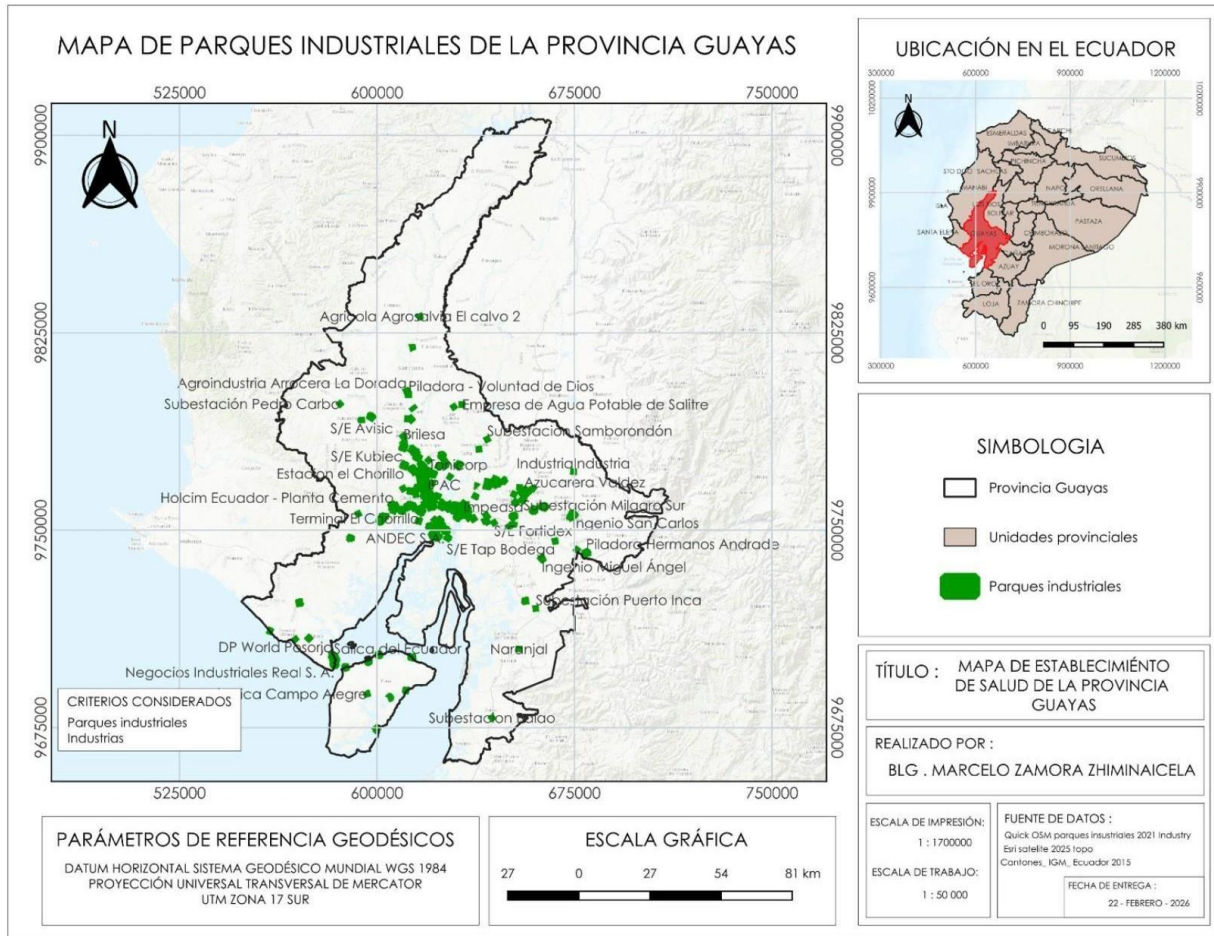
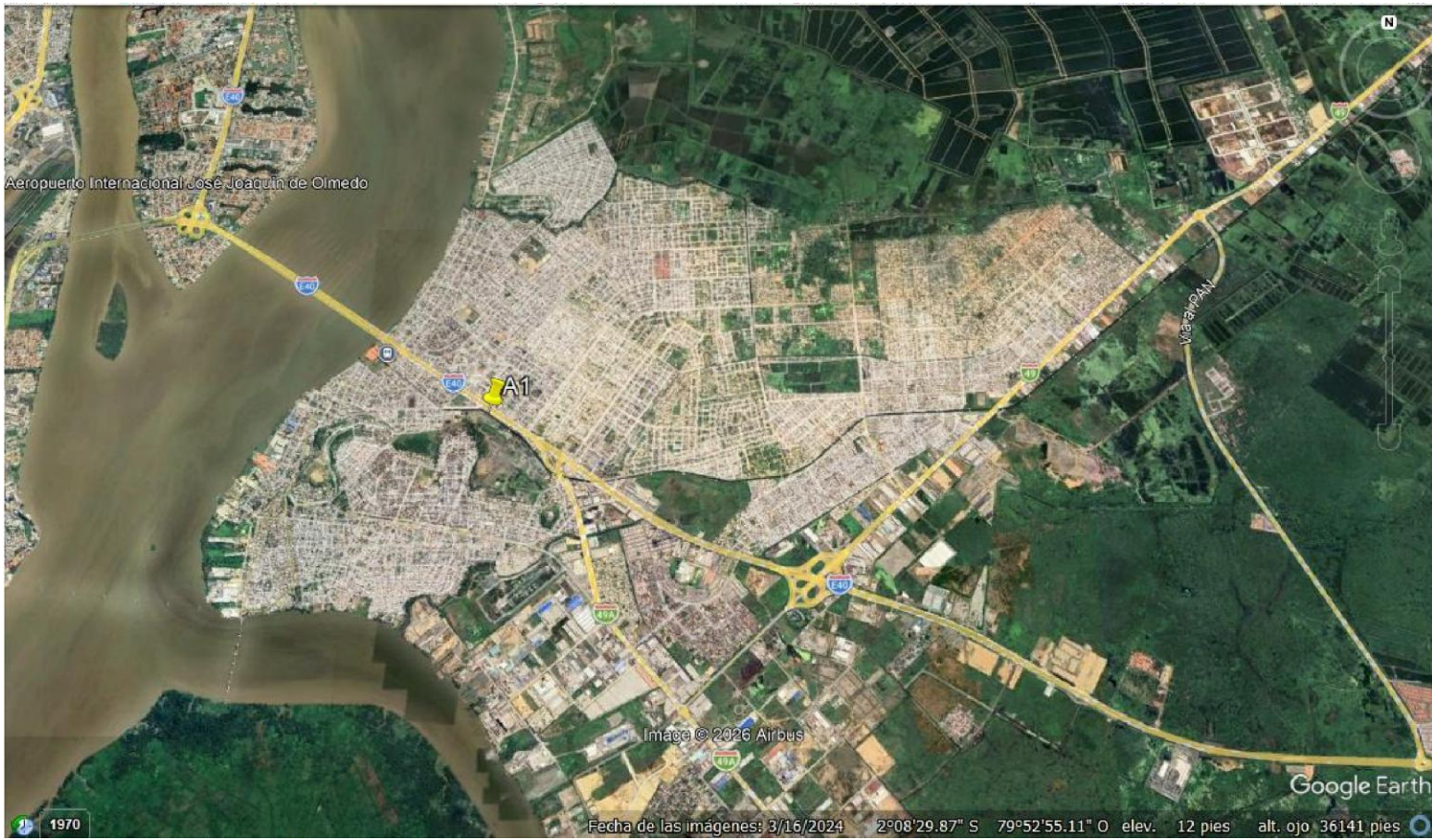


Imagen 10. Clasificación de Parques industriales Nota: Elaboración propia

Anexo 10. Verificación satelital de alternativas (Google Earth Pro) alternativa A1 A2 y A3





DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, Luis Marcelo Zamora Zhiminaicela, con C.C: 0104911003 autor del trabajo de titulación: Análisis multicriterio para determinar la ubicación óptima de un Centro de Operaciones de Emergencia Provincial (COE-P) en Guayas usando Sistemas de Información Geográfica (SIG). previo a la obtención del grado de **MAGISTER EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA TOPOGRAFÍA AUTOMATIZADA Y FOTOGRAFÍA 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, a los 1 del mes de Julio del año 2026



Validar únicamente en FirmaBC.
Firmado electrónicamente por:
**LUIS MARCELO ZAMORA
ZHIMINAICELA**

f. _____

Nombre: Luis Marcelo Zamora Zhiminaicela

C.C: 0104911003



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE GRADUACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Análisis multicriterio para determinar la ubicación óptima de un Centro de Operaciones de Emergencia Provincial (COE-P) en Guayas usando Sistemas de Información Geográfica (SIG).		
AUTOR(ES) (apellidos/nombres):	Luis Marcelo Zamora Zhiminaicela		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES) (apellidos/nombres):	Ing. Armando Echeverría		
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:	1 de Julio del 2026	No. DE PÁGINAS:	54
ÁREAS TEMÁTICAS:	SIG, COE-P, Multicriterio,		
PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:	Gestión de desastres, Planificación regional, Ordenamiento territorial, Toma de decisiones, Evaluación de riesgos		
RESUMEN/ABSTRACT			
<p>La presente investigación tiene como objetivo determinar la ubicación óptima de un Centro de Operaciones de Emergencia Provincial (COE-P) en la provincia del Guayas mediante la aplicación de un análisis multicriterio apoyado en Sistemas de Información Geográfica (SIG). La metodología integra criterios espaciales, técnicos y de gestión del riesgo, entre ellos la accesibilidad vial, la proximidad a centros poblados, la disponibilidad de infraestructura estratégica, la exposición a amenazas naturales y las condiciones físicas del territorio. Estos criterios fueron estandarizados, ponderados y combinados mediante técnicas de evaluación multicriterio para generar un mapa de aptitud territorial que identifica las áreas más favorables para la implementación del COE-P. Los resultados evidencian que el uso conjunto de los SIG y el análisis multicriterio permite identificar de manera objetiva y sistemática las zonas con mayor idoneidad para el establecimiento del centro de operaciones, favoreciendo una respuesta más eficiente ante eventos adversos y optimizando la coordinación interinstitucional. La investigación constituye un aporte para la planificación territorial y la gestión del riesgo de desastres, proporcionando una herramienta de apoyo para la toma de decisiones en la localización de infraestructura crítica en la provincia del Guayas.</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +012014948191	E-mail: zamoramcarcelo9523@gmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: Neptalí Armando Echeverría Llumipanta		
	Teléfono: +593-4-3804600		
	E-mail: neptali.echeverria@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			