

## ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE LA AMENAZA SÍSMICA EN EL TERRITORIO FRONTERIZO DE ECUADOR - COLOMBIA

### *Analysis and Comparison of Seismic Hazards in the Ecuador-Colombia Border Territory*

MARÍA BELÉN CORREA<sup>1</sup>, ALEJANDRO MACHADO<sup>2</sup>, LUIS HERNÁNDEZ<sup>3</sup>,  
ANDREA CABASCANGO<sup>4</sup>, FRANKLIN JÁCOME<sup>5</sup>

Recibido: 05/08/2025 · Aceptado: 18/10/2025

**Cómo citar:** Correa, M. B., Machado, A., Hernández, L., Cabascango, A., Jácome, F. (2025). Análisis y comparación de la amenaza sísmica en el territorio fronterizo de Ecuador - Colombia. *Ciencia, Ingenierías y Aplicaciones*, 8, 111-131. <https://doi.org/10.22206/cite.2025.v8.3582>

#### Resumen

*El objetivo de esta investigación es analizar y comparar el comportamiento estructural y los costos de edificaciones diseñadas conforme a normativas sismorresistentes en zonas fronterizas entre Ecuador y Colombia, aplicando la normativa vigente de ambos países. A través de modelación computacional, se evaluaron estructuras de cinco pisos destinadas a uso residencial, considerando aspectos como zonificación sísmica, dimensiones estructurales, derivas, cantidades de materiales en obra y costos de construcción. Los resultados evidencian que la norma sismorresistente colombiana es más conservadora que la ecuatoriana, estableciendo restricciones más estrictas en derivas admisibles y periodos de vibración, lo que conduce a edificaciones más*

---

<sup>1</sup> Ingeniera Civil, Profesora Ocasional, Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4983-7955>. Correo-e: [maria.corream@epn.edu.ec](mailto:maria.corream@epn.edu.ec)

<sup>2</sup> Ingeniero Civil, Profesor Ocasional, Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2057-2394>. Correo-e: [lamachado@uce.edu.ec](mailto:lamachado@uce.edu.ec)

<sup>3</sup> Ingeniero Civil, PhD, Profesor Titular, Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5805-9318>. Correo-e: [luis.hernandezr@epn.edu.ec](mailto:luis.hernandezr@epn.edu.ec)

<sup>4</sup> Estudiante Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-6970-036X>. Correo-e: [andrea.cabascango@epn.edu.ec](mailto:andrea.cabascango@epn.edu.ec)

<sup>5</sup> Estudiante Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-0270-582X>. Correo-e: [franklin.jacome@epn.edu.ec](mailto:franklin.jacome@epn.edu.ec)



*rígidas y pesadas. En Colombia, las estructuras presentan secciones mayores, con un incremento del 15.69% en el peso total respecto a las estructuras diseñadas en Ecuador y como consecuencia, las edificaciones ecuatorianas exhiben un aumento del 53.01% en las derivas y del 14.29% en el período de vibración, lo que indica una menor rigidez estructural. En el análisis de los costos de construcción de siete edificios, considerando disponibilidad de materiales y costos de mano de obra en ambas regiones, se observa que el presupuesto total en Ecuador es superior al de Colombia, con algunas excepciones específicas, como Tulcán y San Andrés de Tumaco. Finalmente se concluye que, si bien los espectros de diseño son similares en ambos países, la normativa colombiana impone criterios más rigurosos orientados a mejorar la seguridad estructural. En este contexto, se resalta la importancia de optimizar estrategias constructivas en zonas de alta amenaza sísmica, buscando un equilibrio entre eficiencia estructural y viabilidad económica.*

**Palabras clave:** Amenaza sísmica; cortante basal; deriva estructural; espectros elástico e inelástico; period de vibration; respuesta sísmica.

#### Abstract

*The objective of this research is to analyze and compare the structural behavior and construction costs of buildings designed according to earthquake-resistant regulations in the border areas between Ecuador and Colombia, applying the standards of both countries. Using computational modeling, five-story residential structures were evaluated, considering factors such as seismic zoning, structural dimensions, lateral drifts, material quantities on site, and overall construction costs. The results indicate that the Colombian earthquake-resistant standard is more conservative than the Ecuadorian counterpart, imposing stricter limits on allowable drifts and vibration periods. This leads to stiffer and heavier structures. In Colombia, the buildings feature larger structural sections, resulting in a 15.69% increase in total weight compared to those designed under Ecuadorian standards. Consequently, buildings designed under Ecuadorian standards exhibit a 53.01% increase in drifts and a 14.29% increase in vibration periods, indicating lower structural rigidity. An analysis of the construction costs for seven buildings, considering material availability and labor costs in both regions reveals that the overall budget in Ecuador is generally higher than in Colombia, with a few exceptions, such as in Tulcán and San Andrés de Tumaco. Finally, it is concluded that although the design spectra in both countries are similar, the Colombian standard imposes more rigorous criteria to enhance structural safety. This underscores the importance of optimizing construction strategies in high seismic risk zones, aiming to strike a balance between structural efficiency and economic viability.*

**Keywords:** Seismic hazard; basal shear; structural drift; elastic and inelastic spectra; vibration period; seismic response.

## 1. Introducción

En el denominado Cinturón de Fuego del Pacífico se encuentran localizados Ecuador y Colombia, territorios que, debido a su ubicación geotectónica, experimentan una intensa actividad sísmica. Se estima que en esta región se libera aproximadamente el 90 % de la energía sísmica mundial, lo que convierte a ambos países en zonas altamente vulnerables a fenómenos telúricos. En estas áreas se presentan, principalmente, tres tipos de sismos: interplaca, intraplaca y superficiales (Guerrero et al., 2024). En el contexto latinoamericano, los eventos sísmicos son ocasionados por el desplazamiento constante de varias placas tectónicas, entre ellas: Pacífico, Norteamérica, Juan de Fuca, Rivera, Cocos, Caribe, Nazca y Sudamérica. El Cinturón de Fuego del Pacífico concentra aproximadamente el 75 % de los volcanes activos e inactivos del planeta y genera cerca del 90 % de los terremotos globales, al constituir una frontera convergente entre placas tectónicas (Martínez, 2015).

Las consecuencias estructurales derivadas de los sismos dependen en gran medida del tipo de construcción y del grado de cumplimiento de las normativas sismorresistentes vigentes. Por ejemplo, el terremoto del Eje Cafetero en Colombia (1999), de magnitud 6.2, provocó la destrucción de aproximadamente 32.495 viviendas; el sismo en Perú (2007), de magnitud 7.9, dejó un saldo de 83.116 viviendas colapsadas; el terremoto en Chile (2010), de magnitud 8.8, causó la pérdida de cerca de 500.000 viviendas; y el evento sísmico en Ecuador (2016) obligó a más de 28.000 personas a ser alojadas en albergues temporales (Ayala et al., 2017).

El propósito fundamental de un estudio de amenaza sísmica es caracterizar, con la mayor precisión posible, los niveles de movimiento del terreno que una estructura debe resistir. Esta caracterización permite asociar la demanda sísmica esperada con un nivel de desempeño estructural previamente definido, lo cual facilita la gestión de daños ante un evento severo. No obstante, el análisis enfrenta diversas incertidumbres, entre

ellas la magnitud, distancia epicentral e intensidad del sismo adoptado como evento de diseño (Quinde & Reinoso, 2016). Así como también es importante que una estructura de concreto construida en sitio responda en el rango no lineal cuando sea sometida a movimientos del terreno del nivel de diseño, con una disminución de su rigidez y un aumento de capacidad de disipación de energía, pero sin reducción de su resistencia crítica conforme a ACI 318-19 (2019).

En este contexto, el presente estudio analiza y compara el comportamiento estructural de edificaciones diseñadas bajo normativas sismo-resistentes distintas, correspondientes a zonas fronterizas entre Ecuador y Colombia. Se consideran los mapas de zonificación sísmica de ambos países y se evalúan edificaciones residenciales de cinco pisos, con configuración regular en planta, diseñadas conforme a la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS (2015) y al Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 (2010). Estas normativas establecen criterios particulares en cuanto a parámetros de diseño sísmico, espectros de respuesta, fuerzas sísmicas esperadas y factores de comportamiento estructural (Ureña & Gallegos, 2022).

El análisis abarca aspectos esenciales como la zonificación sísmica, la definición de cargas, las propiedades mecánicas de los materiales, el prediseño estructural y la modelación computacional, esta última realizada mediante el software ETABS (2024). Asimismo, se evalúan variables clave como derivas laterales, dimensiones de elementos estructurales, cantidades de obra y costos de construcción. Dado que las zonas estudiadas presentan condiciones sísmicas similares, la comparación normativa permite identificar diferencias y similitudes en los enfoques de diseño, generando insumos técnicos relevantes para la optimización de estrategias constructivas en áreas de alta amenaza sísmica (Cisneros, 2024).

Las zonas específicas evaluadas se detallan en la Tabla 1, e incluyen regiones fronterizas entre los departamentos de Nariño y Putumayo (Colombia) y las provincias de Carchi, Esmeraldas y Sucumbíos (Ecuador), conforme a la clasificación sísmica vigente en cada país.

Para el análisis de las edificaciones, se consideraron también criterios establecidos en normativas internacionales vigentes, tales como la ASCE/SEI 41-23 (2023) y la ASCE/SEI 7-22 (2022), así como

**Tabla 1**

*Zonas analizadas y comparadas en relación a su amenaza sísmica en la frontera Ecuador – Colombia*

<b>Territorio Ecuatoriano</b>	<b>Zona Sísmica (Ecuador - NEC-15)</b>	<b>Territorio Colombiano</b>	<b>Zona Sísmica (Colombia - NSR-10)</b>
<b>Sucumbíos</b>	Zona III	Putumayo	Región 5As- 4Av
<b>Sucumbíos</b>	Zona I	Putumayo	Región 1As- 1Av
<b>Sucumbíos</b>	Zona IV	Putumayo	Región 6As- 5Av
<b>Esmeraldas</b>	Zona VI	Nariño	Región 9As- 8Av
<b>Sucumbíos</b>	Zona II	Putumayo	Región 1As- 3Av
<b>Carchi</b>	Zona V	Nariño	Región 8As- 7Av
<b>Carchi</b>	Zona V	Nariño	Región 6As- 5AV

enfoques complementarios desarrollados por Gombosuren y Maki (2022), Wei et al. (2022) y Arroyo et al. (2021).

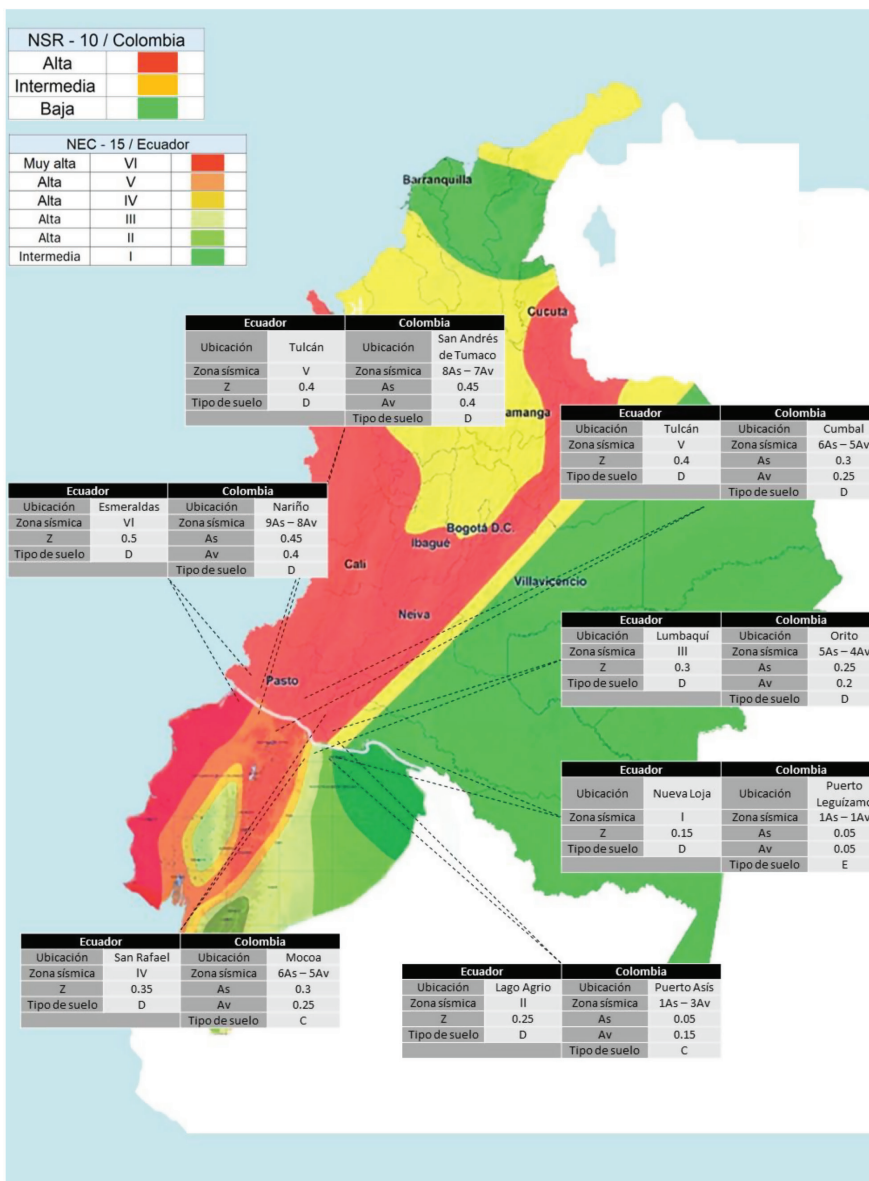
## 2. Metodología

### 2.1 Ubicación de las zonas evaluadas

La Figura 1 presenta un análisis comparativo de distintas zonas ubicadas en los territorios de Ecuador y Colombia, destacando aspectos clave como la amenaza sísmica, el tipo de suelo y la ubicación geográfica. Esta representación visual permite identificar con precisión las diferencias en la vulnerabilidad sísmica y en las características del terreno a lo largo de la frontera común entre ambos países.

Asimismo, la Figura 1 incorpora la clasificación de las zonas sísmicas en Ecuador y Colombia, de acuerdo con las normativas vigentes en cada país. En el caso de Ecuador, la zonificación responde a lo establecido por la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-SE-DS, 2015), mientras que en Colombia se sigue el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10, 2010). Las diferencias entre ambas normativas inciden directamente en los criterios de diseño estructural, al definir los niveles de amenaza sísmica esperados y las exigencias técnicas específicas que deben cumplirse en cada región evaluada.

**Figura 1**  
*Mapa de la ubicación de las zonas evaluadas*



## 2.2 Cortante basal en diferentes zonas

En la Figura 2 se muestra la distribución del cortante basal en distintas zonas, la cual representa la fuerza sísmica que actúa en la base

de una estructura como consecuencia de la aceleración del terreno. Al comparar los resultados obtenidos para Ecuador y Colombia, se observan variaciones en los valores del cortante basal, las cuales están condicionadas por diversos factores, tales como la zona sísmica, el tipo de suelo y los coeficientes de diseño sísmico establecidos en cada normativa nacional. Para el cálculo del cortante basal, en Ecuador se aplica la ecuación (1), mientras que en Colombia se utiliza la ecuación (2), conforme a los criterios definidos por sus respectivos reglamentos de diseño estructural.

$$V = \frac{I \cdot S_a(T_a)}{R \cdot \phi_P \cdot \phi_E} \cdot W \quad (1)$$

$$V_s = S_a \cdot g \cdot M \quad (2)$$

Donde:

I: Factor de importancia.

$S_a(T_a)$ : Aceleración espectral para el período fundamental de la estructura. (adimensional)

R: Factor de reducción sísmica.

$\phi_P$ : Factor de regularidad en planta.

$\phi_E$ : Factor de regularidad en elevación.

W: Peso total de la estructura.

$S_a$ : Aceleración espectral. (adimensional)

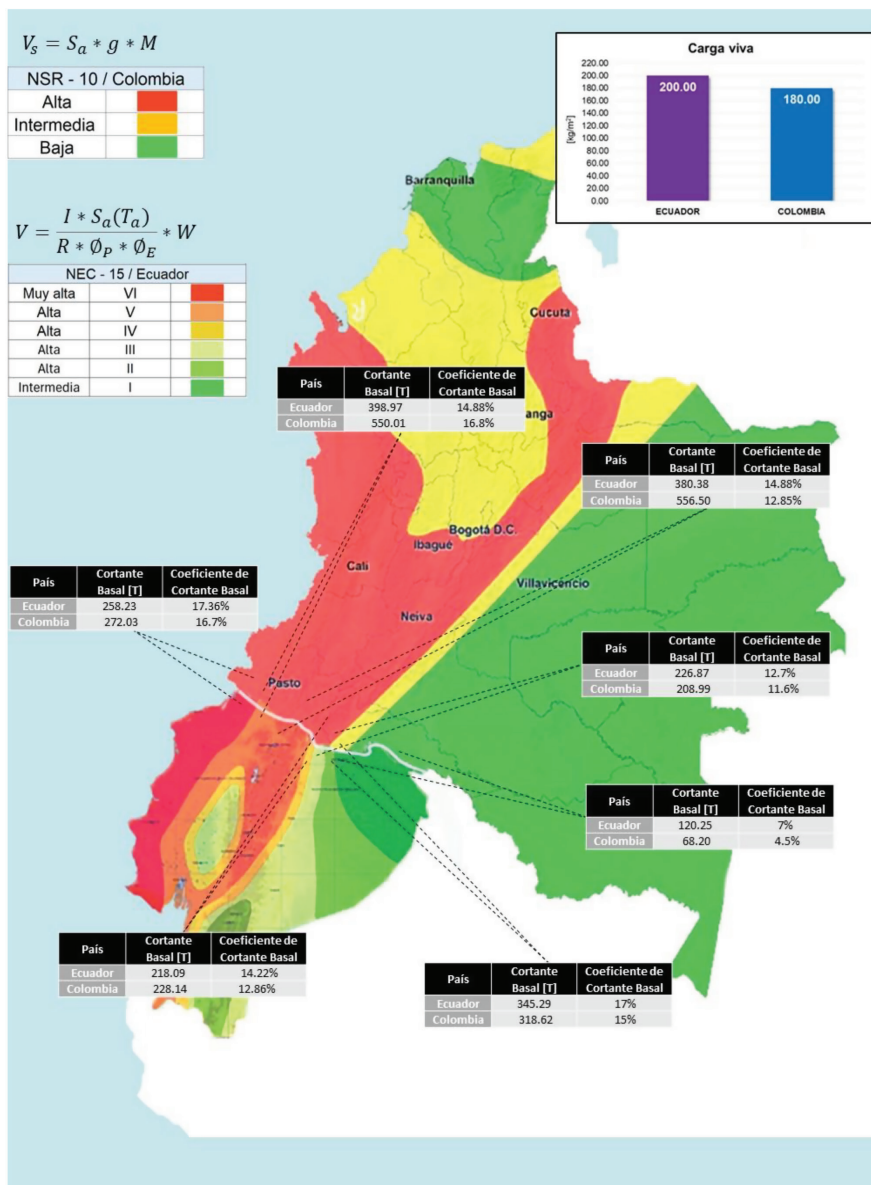
g: Aceleración de la gravedad (9.81 m/s<sup>2</sup>)

M: Masa total de la estructura.

En la mayoría de los casos, Colombia presenta valores más elevados de cortante basal en comparación con Ecuador, debido a los factores de amplificación sísmica definidos en su normativa de zonificación, así como al peso estructural considerado en el diseño. Un ejemplo representativo es la comparación entre Tulcán (Ecuador) y San Andrés de Tumaco (Colombia), donde el cortante basal estimado en Ecuador es de 398.97 toneladas, mientras que en Colombia alcanza los 550.01 toneladas. De forma similar, al comparar Tulcán y Cumbal (Colombia), los valores registrados son de 380.38 toneladas y 556.50 toneladas, respectivamente. Estas diferencias se explican principalmente por los coeficientes sísmicos

**Figura 2**

*Mapa de cortante basal y carga viva de cada zona evaluada*



más altos establecidos en la normativa colombiana, representados por las regiones “As – Av”, que tienden a amplificar la respuesta dinámica de las estructuras.

Asimismo, el tipo de suelo influye significativamente en la magnitud del cortante basal. En ciertas zonas de Colombia, los suelos presentan una menor capacidad de disipación de energía, lo que incrementa la fuerza sísmica transmitida a la estructura. Por ejemplo, al comparar Lago Agrio (Ecuador) con Puerto Asís (Colombia), se observa que, aunque esta última localidad se encuentra en una zona sísmica de menor peligrosidad (clasificada como 1As – 3Av), la presencia de un suelo tipo “C” genera una amplificación significativa de la aceleración espectral, resultando en un cortante basal relativamente alto en comparación con otras zonas de amenaza sísmica similar.

### 2.3 Espectros elásticos e inelásticos

En la Figura 3 se presenta la representación de los espectros de respuesta sísmica, tanto elásticos como inelásticos, los cuales describen el comportamiento dinámico de las estructuras en función del período de vibración ( $T$ ) y la aceleración espectral ( $S_a$ ). Estos espectros permiten evaluar la demanda sísmica que una estructura debe resistir, y sus características varían según las condiciones del suelo y la normativa sísmica vigente en cada país.

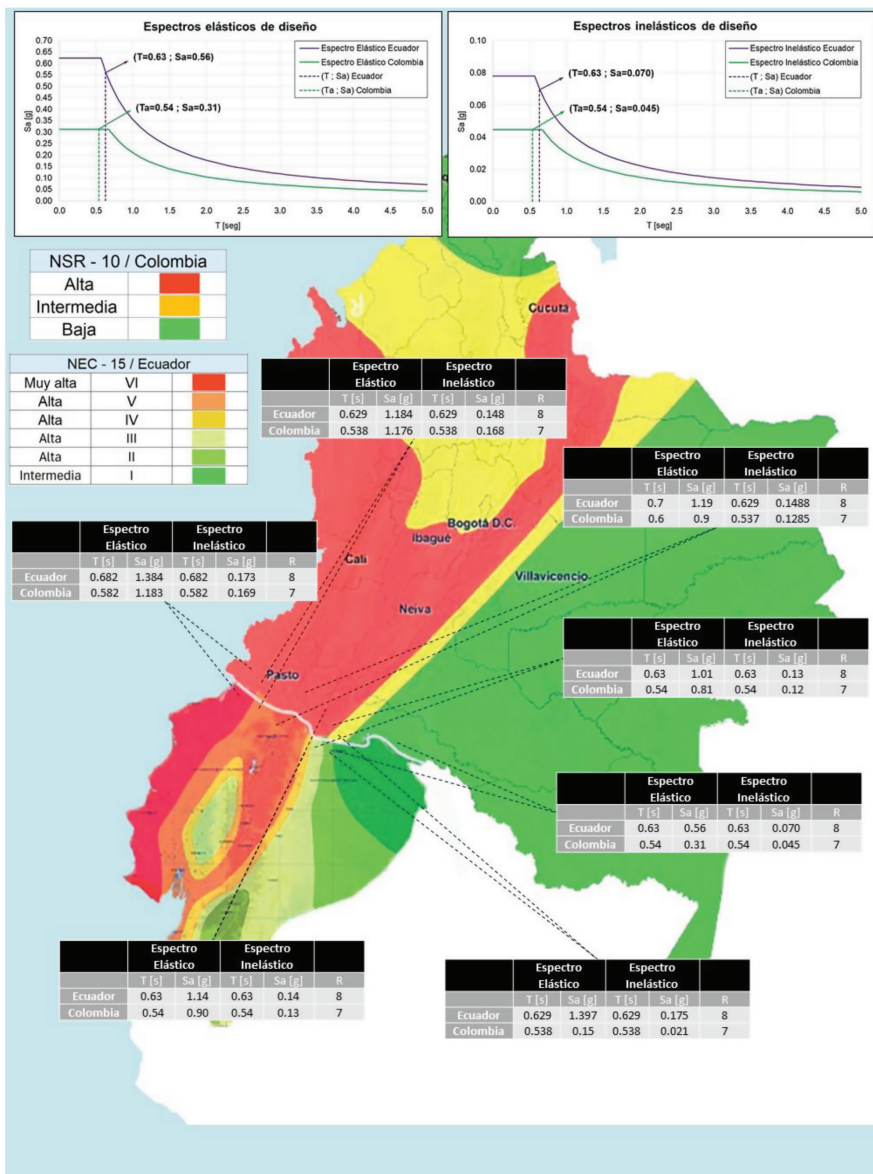
En términos generales, Ecuador presenta valores más altos de aceleración espectral ( $S_a$ ) en ciertos contextos. Un caso ilustrativo es el análisis comparativo entre las ciudades de Lago Agrio (Ecuador) y Puerto Asís (Colombia), donde el valor de  $S_a$  alcanza 1.397 g en Ecuador, mientras que en Colombia es considerablemente menor, con 0.15 g. No obstante, en otras regiones analizadas, es Colombia quien registra valores más elevados de aceleración espectral, lo cual se explica por la clasificación sísmica zonal y los coeficientes de amplificación contemplados en su normativa técnica.

Esta variabilidad evidencia que la demanda sísmica varía significativamente según la ubicación geográfica y el marco normativo aplicado, siendo más exigente en uno u otro país dependiendo de las condiciones locales.

En cuanto al espectro inelástico, se observa que Ecuador tiende a mostrar valores de aceleración espectral ligeramente más altos que Colombia en la mayoría de los escenarios evaluados. Esta diferencia sugiere

**Figura 3**

*Mapa de espectros elásticos e inelásticos de cada zona evaluada*



que la normativa ecuatoriana podría adoptar un enfoque más conservador, particularmente en lo que respecta a la reducción de fuerzas sísmicas mediante mecanismos de disipación de energía estructural.

Las diferencias observadas en los espectros inelásticos pueden influir significativamente en el diseño estructural, ya que una menor reducción de las fuerzas sísmicas implica que las edificaciones en Ecuador podrían requerir una mayor resistencia estructural o una mayor capacidad de disipación de energía, en comparación con lo establecido por las normativas vigentes en Colombia.

Del mismo modo, las variaciones en los espectros elásticos e inelásticos están directamente relacionadas con la actividad sísmica característica de cada región. En zonas de alta sismicidad, como Esmeraldas (Ecuador) y Nariño (Colombia), se registran valores elevados de aceleración espectral ( $S_a$ ), en contraste con los valores observados en zonas de menor amenaza sísmica. Por ejemplo, en áreas como Nueva Loja (Ecuador) y Puerto Leguízamo (Colombia), donde la actividad sísmica es moderada o baja, los valores de  $S_a$  en ambos espectros resultan considerablemente menores.

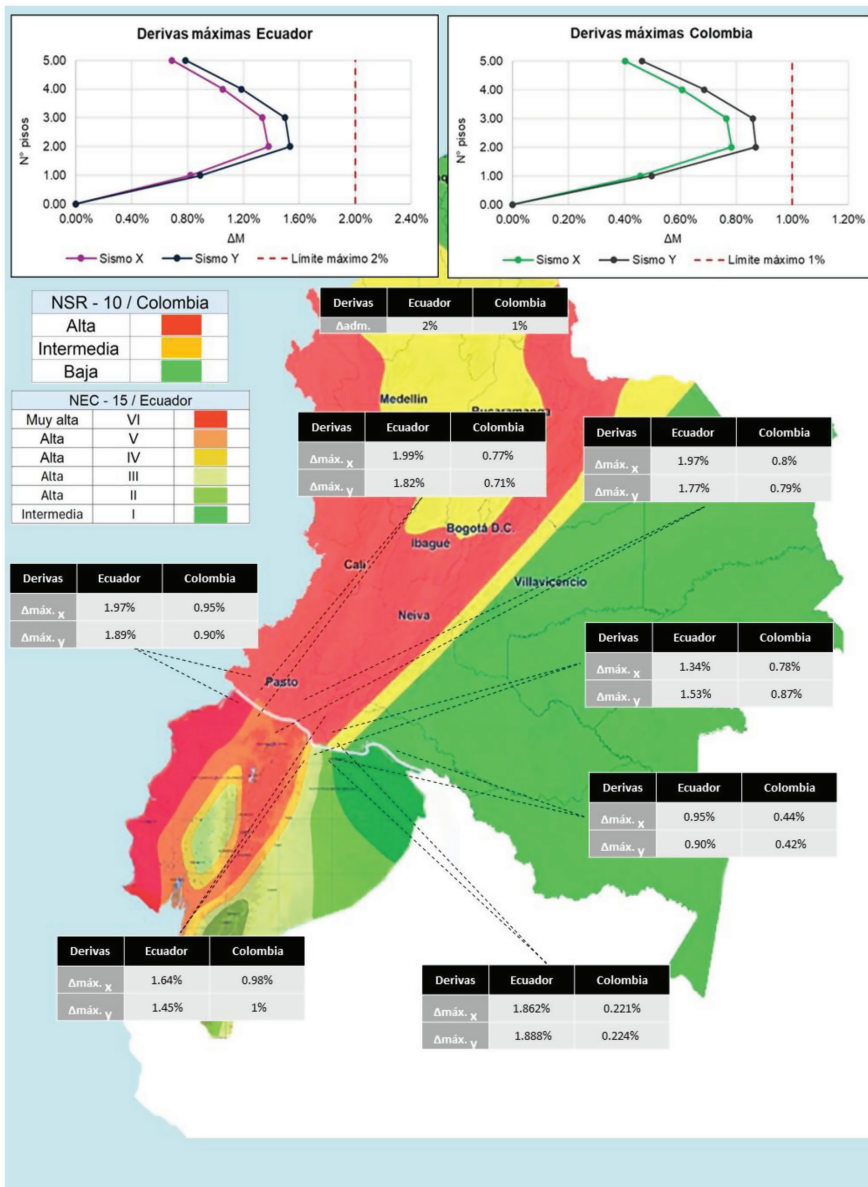
Estas observaciones evidencian cómo la clasificación sísmica nacional influye directamente en la demanda sísmica esperada y, por ende, en los criterios de diseño estructural aplicados en cada país. Comprender estas diferencias resulta fundamental para el desarrollo de edificaciones seguras, eficientes y resilientes, especialmente en contextos de alta amenaza sísmica.

#### **2.4 Análisis de derivas en cada zona**

En la Figura 4 se observan las derivas laterales correspondientes a cada zona analizada. Estas derivas representan la deformación máxima en dirección horizontal que experimenta una estructura, expresada como porcentaje de su altura total. Estos valores son fundamentales en el diseño sismorresistente, ya que una deriva excesiva puede ocasionar daños significativos en una edificación durante un evento sísmico. Por ello, cada país establece límites normativos específicos para el control de los desplazamientos laterales.

En Ecuador, la normativa permite una deriva máxima del 2 %, lo que otorga mayor flexibilidad estructural. Esta característica favorece la disipación de la energía sísmica, permitiendo que las edificaciones absorban los movimientos sin sufrir daños estructurales severos. En contraste,

**Figura 4**  
 Mapa de derivadas máximas de cada zona evaluada



Colombia establece un límite más estricto del 1 %, lo que exige una mayor rigidez en el diseño estructural para restringir dichos desplazamientos. Esta exigencia puede implicar mayores costos de diseño y

materiales, debido al refuerzo adicional necesario para cumplir con el límite normativo.

En la mayoría de los casos analizados, las estructuras diseñadas conforme a la normativa ecuatoriana presentan valores de deriva más elevados que los determinados con la normativa colombiana., aunque se mantienen dentro de los márgenes admisibles. Por ejemplo, en la zona Tulcán – San Andrés de Tumaco, la deriva máxima en Ecuador alcanza 1.99 % en la dirección X y 1.82 % en Y, valores cercanos al límite permitido, pero aún aceptables según la normativa vigente. En cambio, en Colombia, los valores correspondientes son 0.77 % en X y 0.71 % en Y, lo que refleja una mayor rigidez estructural.

Un caso adicional que evidencia esta diferencia se presenta en la zona Lago Agrio – Puerto Asís, donde en Ecuador la deriva en la dirección Y alcanza 1.888 %, mientras que en Colombia se reduce a apenas 0.224 %. Esta diferencia notable resalta las estrategias contrastantes de diseño sísmico adoptadas por ambos países.

En síntesis, la diferencia en los límites de deriva entre Ecuador y Colombia refleja enfoques divergentes frente al diseño sismorresistente. Mientras Ecuador prioriza estructuras más flexibles, capaces de absorber de forma eficiente la energía sísmica, Colombia opta por edificaciones más rígidas, con desplazamientos mínimos. Si bien esto puede implicar mayores costos estructurales, también se asocia a una menor deformación durante un evento sísmico.

### **3. Resultados y discusión**

Para la obtención de los datos del presente artículo, se ha realizado un arduo trabajo, en el que se ha estudiado la interacción de toda la frontera Ecuador – Colombia a través de proyectos de integración curricular desarrollados en la Escuela Politécnica Nacional, bajo el título Análisis y Comparación de la Amenaza Sísmica en el territorio fronterizo de Ecuador – Colombia, parte I y Parte II, donde se dividió a cada intersección de la frontera con amenaza sísmica distinta en componentes específicos como: la Comparación Edificación en Nariño Región 9As-8Av Colombia con Edificación en Esmeraldas Zona VI Ecuador (Cisneros, 2024); Comparación Edificación en Nariño Región 8As-7Av Colombia

con Edificación en Esmeraldas Zona VI Ecuador (Maldonado, 2024); Comparación Edificación en Nariño Región 8As - 7Av Colombia con Edificación en Carchi Zona V Ecuador (Tapia, 2024); Comparación Edificación en Nariño Región 7As - 6Av Colombia con Edificación en Carchi Zona V Ecuador (Ponce, 2024); Comparación Edificación en Nariño Región 6As - 5Av Colombia con Edificación en Carchi Zona V Ecuador (Clavijo, 2024); Comparación Edificación en Nariño Región 5As - 5Av Colombia con Edificación en Carchi Zona V Ecuador (Changoluisa, 2025); Comparación Edificación en Putumayo Región 5As - 4Av Colombia con Edificación en Sucumbíos Zona III Ecuador (Cepeda, 2025); Comparación Edificación en Putumayo Región 1As - 3Av Colombia con Edificación en Sucumbíos Zona II Ecuador (Gómez, 2025); Comparación Edificación en Putumayo Región 1As - 1Av Colombia con Edificación en Sucumbíos Zona I Ecuador (Amaya, 2025) y; Comparación Edificación en Putumayo Región 6As - 5Av Colombia con Edificación en Sucumbíos Zona IV Ecuador (Gaibor, 2025). Obteniéndose así datos relevantes que aportan al análisis y reflexión que se muestran a continuación.

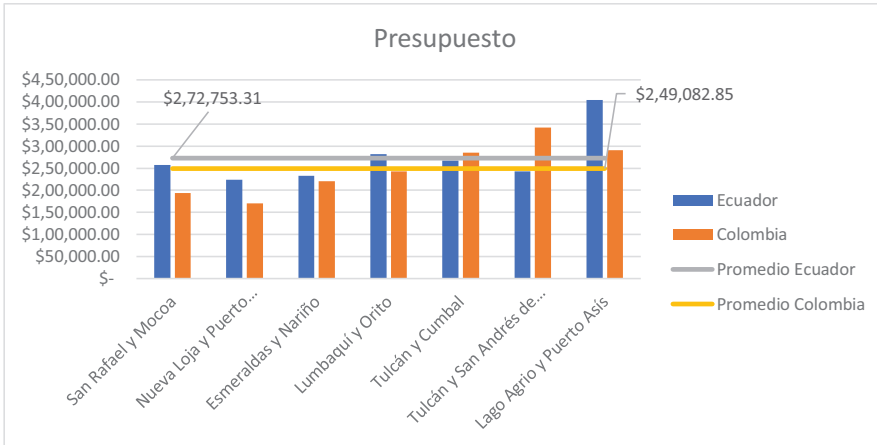
### **3.1 Comparación económica**

La Figura 5 compara los costos de construcción entre Ecuador y Colombia, evidenciando que, en términos generales, los costos en Ecuador son más elevados. No obstante, se identifican algunas excepciones en las que Colombia presenta costos superiores, particularmente en ciertas regiones de la zona fronteriza.

La gráfica de la Figura 5 muestra que, en promedio, los costos de construcción en Ecuador son superiores a los de Colombia, lo cual podría estar vinculado a diversos factores, como las diferencias en las normativas de diseño sismorresistente, la disponibilidad de materiales de construcción y los costos relativos de la mano de obra en cada país.

### **3.2 Comparación técnica**

El modelo arquitectónico utilizado en las edificaciones analizadas es el mismo en ambos países; no obstante, se identifican diferencias

**Figura 5***Presupuesto costo de construcción de zonas evaluadas en Ecuador y Colombia*

significativas en las dimensiones de los elementos estructurales. En el caso colombiano, las estructuras presentan secciones más robustas, así como un mayor volumen de hormigón y acero de refuerzo, en contraste con las edificaciones ubicadas en territorio ecuatoriano.

Los espectros de diseño inelásticos de Ecuador y Colombia muestran un comportamiento similar, con diferencias de aceleración espectral relativamente reducidas, lo cual sugiere su aplicabilidad conjunta para fines de diseño estructural. Sin embargo, al analizar los espectros elásticos, las discrepancias se vuelven más notorias, atribuibles a los parámetros normativos propios de cada país. En este contexto, la NSR-10 (2010) de Colombia adopta un enfoque más conservador frente a la NEC-SE-DS (2015) de Ecuador, implicando un mayor nivel de exigencia sísmica en los diseños colombianos.

En cuanto al comportamiento dinámico, el período fundamental estimado para el modelo estructural en Lumbaquí (Sucumbíos, Ecuador) fue de 0.76 segundos, mientras que en Orito (Putumayo, Colombia) se obtuvo un período de 0.66 segundos. Esta diferencia refleja una mayor rigidez estructural en la edificación colombiana, lo que favorece una menor deformación ante solicitaciones sísmicas. En consecuencia, se infiere que la estructura ubicada en Colombia tendría menores probabilidades de daño comparada con su par en Ecuador.

Ambas edificaciones utilizan un sistema estructural de pórticos de hormigón armado con vigas descolgadas, pero difieren en los factores de reducción sísmica ( $R$ ): Ecuador adopta un valor de 8, mientras que Colombia emplea 7. Esta diferencia explica que el espectro inelástico de la edificación ubicada en Nueva Loja (Ecuador) registre, en promedio, un 35.97 % más de aceleración espectral ( $S_a$ ) respecto al modelo en Puerto Leguízamo (Colombia).

Las variaciones en el cortante basal y el peso estructural entre ambos casos son igualmente notables. El mayor tamaño de las secciones estructurales en Colombia produce un cortante basal más elevado y un incremento en el peso total de la edificación, en comparación con el modelo ecuatoriano.

En la zona 1As–3Av de Colombia, los espectros presentan aceleraciones espectrales más bajas que en la zona II de Ecuador, con valores de 0.15 g y 1.40 g, respectivamente, lo cual evidencia diferencias en la amenaza sísmica considerada en cada normativa.

Respecto al procedimiento de diseño, Colombia emplea el espectro elástico para determinar las fuerzas sísmicas de respuesta, mientras que Ecuador utiliza directamente el espectro inelástico, lo que denota diferencias metodológicas sustanciales entre ambos enfoques.

Además, el espectro elástico colombiano muestra valores menores que el ecuatoriano en el intervalo comprendido entre  $T_0$  y  $T_a$ . No obstante, en el rango  $T_a$ – $T^L$ , se observan períodos mayores en Colombia, lo que sugiere un comportamiento más flexible en esa porción del espectro.

En relación con los requerimientos de refuerzo, la edificación en la zona 1As–3Av de Colombia demandó 105.55 toneladas de acero, mientras que en la zona II de Ecuador se requirieron 114.80 toneladas, conforme a lo estipulado en las normativas NSR-10 (2010) y NEC-SE-DS (2015), respectivamente.

Finalmente, en el caso específico del análisis comparativo entre Esmeraldas (Ecuador) y Nariño (Colombia), se concluye que el uso del espectro inelástico de cualquiera de los dos países es viable, dado que la diferencia entre ambos resulta insignificante, siempre que se consideren los factores de reducción sísmica ajustados a la regularidad estructural de la edificación.

#### 4. Conclusiones

La normativa colombiana NSR-10 (2010) resulta más conservadora que la ecuatoriana NEC-SE-DS (2015), ya que establece valores más restrictivos para la deriva máxima permitida y para el análisis de estructuras agrietadas. En Colombia, la deriva admisible es del 1 %, lo cual ha motivado el incremento en el tamaño de las secciones de los elementos estructurales, con el fin de cumplir con dicho requerimiento. En contraste, en Ecuador, la normativa permite una deriva admisible del 2 %, lo que posibilita el uso de secciones estructurales de menor tamaño.

Como resultado del análisis comparativo, la edificación evaluada en Ecuador presentó valores superiores en comparación con su homóloga colombiana, registrando un incremento del 14,29 % en el período de vibración y del 53,01 % en las derivas laterales. No obstante, ambos indicadores se mantienen dentro de los límites establecidos por las respectivas normativas de construcción, lo que garantiza un comportamiento estructural adecuado frente a solicitaciones sísmicas.

Asimismo, se verificó que la normativa colombiana restringe aproximadamente un 17 % del período fundamental de vibración, lo que incrementa la exigencia de rigidez estructural en los diseños realizados bajo dicha norma. Como consecuencia, se obtuvieron secciones estructurales más robustas para el caso colombiano, lo que resultó en una estructura 15,69 % más pesada en promedio que la correspondiente ecuatoriana. Este incremento fue especialmente significativo en los elementos columna, en comparación con las vigas y losas.

La NSR-10 (2010) adopta un enfoque más cauteloso y conservador en la evaluación y diseño de edificaciones sismorresistentes, en relación con la NEC-SE-DS (2015). Esto se traduce en requisitos más estrictos en aspectos como la deriva admisible, la consideración de inercias agrietadas y las tolerancias en el período de vibración, con el objetivo de mejorar la seguridad estructural y la capacidad de resistencia de las edificaciones.

El análisis de los presupuestos de construcción evidencia que, en términos generales, los costos en Ecuador ascienden a \$1.909.273,18, mientras que en Colombia resultan inferiores, con un total de \$1.743.579,92. En la mayoría de las regiones evaluadas, los costos ecuatorianos son mayores, aunque existen excepciones. Por ejemplo, en Tulcán y San Andrés de Tumaco,

el presupuesto en Colombia asciende a \$341.992,15 (19,61 %), superando significativamente al de Ecuador, que se sitúa en \$242.332,51 (12,69 %). De manera similar, en Tulcán y Cumbal, los costos en Colombia son de \$285.064,35 (16,35 %), apenas superiores a los de Ecuador, que suman \$266.765,01 (13,97 %). La región con el mayor presupuesto en Ecuador es Lago Agrio y Puerto Asís, con un total de \$404.630,21 (21,19 %), mientras que, en Colombia, la zona de mayor costo corresponde a Tulcán y San Andrés de Tumaco.

En promedio, el costo de construcción en Ecuador (\$272.753,31) es superior al de Colombia (\$249.082,85), lo que sugiere que factores como las normativas técnicas, la disponibilidad de materiales y los costos de mano de obra inciden significativamente en estas diferencias. No obstante, la variación de costos en la frontera entre ambos países no es extrema, observándose tendencias similares en diversas zonas evaluadas.

El enfoque más conservador de la normativa colombiana refleja una prioridad en la seguridad estructural, respaldada por una mayor disponibilidad de registros históricos sobre eventos sísmicos. Como resultado, a pesar de que Colombia y Ecuador comparten frontera, los enfoques normativos en el diseño estructural presentan diferencias sustanciales. Sin embargo, resulta fundamental promover la cooperación técnica y el intercambio de conocimientos entre ambas naciones, con el fin de fortalecer la resistencia sísmica en las zonas fronterizas y optimizar las prácticas constructivas en beneficio de la seguridad regional.

En términos comparativos, la normativa ecuatoriana NEC-SE-DS (2015) presenta criterios menos estrictos que la NSR-10 (2010) en aspectos como la deriva máxima admisible, el período de vibración permitido y las inercias agrietadas, lo cual se traduce en elementos estructurales de menor tamaño y edificaciones más flexibles.

Si se considera el diseño sismorresistente, el edificio ecuatoriano presenta un comportamiento estructural más flexible, capaz de soportar mayores niveles de demanda sísmica. En cambio, aunque el enfoque colombiano es más restrictivo respecto a la deriva y al factor de reducción sísmica, el análisis evidencia que su capacidad de deformación es menor frente a eventos sísmicos intensos. Por ello, se sugiere adoptar un diseño

conforme a la NEC-SE-DS (2015) en las zonas evaluadas, ya que este enfoque permitiría reducir los daños en caso de un sismo que supere las condiciones de diseño previstas, prolongando la capacidad de servicio de la estructura antes del colapso.

### Referencias

- ACI 318-19 (2019). Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary”. American Concrete Institute, USA.
- Amaya, R. (2025). “Análisis y Comparación de la Amenaza Sísmica en el Territorio Fronterizo de Ecuador-Colombia II Parte Comparación Edificación en Putumayo Región 1As –1Av Colombia con Edificación en Sucumbios Zona I Ecuador”. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- ASCE/SEI 7-22 (2022). “Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures”. United States of America.
- ASCE/SEI 41-23 (2023). “Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings”. United States of America.
- Arroyo, O., Feliciano, D., Carrillo, J., & Hube, M. (2021). “Seismic performance of mid-rise thin concrete wall buildings lightly reinforced with deformed bars or welded wire mesh,” *Engineering Structures*, 241, 112455. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.112455>
- Ayala, R. I., Delgadillo, A., & Ferrer, C. (2017). “Amenaza sísmica en Latinoamérica”, *Revista Geográfica Venezolana*, 58(1):258-262.
- Cepeda, L. (2025). “Análisis y Comparación de la Amenaza Sísmica en el Territorio Fronterizo de Ecuador-Colombia II Parte. Comparación Edificación en Putumayo Región 5AS - 4AV Colombia con Edificación en Sucumbios Zona III Ecuador”. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/26590>
- Changoluisa, M. (2025). “Comparación Edificación en Nariño Región 5As - 5Av Colombia con Edificación en Carchi Zona V Ecuador”. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/26369>

- Cisneros, I. (2024). “Análisis y Comparación de la Amenaza Sísmica en el Territorio Fronterizo de Ecuador-Colombia I Parte Comparación Edificación en Nariño Región 9Aa - 8Av Colombia con Edificación en Esmeraldas Zona VI Ecuador”. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/25649>
- Clavijo, W. (2024). “Análisis y Comparación de la Amenaza Sísmica en el Territorio Fronterizo de Ecuador-Colombia I Parte Comparación Edificación en Nariño Región 6AS - 5AV Colombia con Edificación en Carchi Zona V Ecuador”. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/26097>
- ETABS (2024). “Extended Three-Dimensional Analysis of Building Systems”. *Computers and Structures Inc. (CSI)*.
- Gaibor, A. (2025). “Análisis y Comparación de la Amenaza Sísmica en el Territorio Fronterizo de Ecuador-Colombia II Parte. Comparación Edificación en Putumayo Región 6AS – 5AV Colombia con Edificación en Sucumbíos Zona IV Ecuador”. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/26379>
- Gombosuren, D., & Maki, T. (2022). “Effect of Joint Flexibility on Seismic Performance of a Reinforced Concrete Ductile Moment-Resisting Frame”. *Advances in Materials Science and Engineering*, 6858283. <https://doi.org/10.1155/2022/6858283>
- Gómez, S. (2025). “Análisis y Comparación de la Amenaza Sísmica en el Territorio Fronterizo de Ecuador-Colombia II Parte Comparación Edificación en Putumayo Región 1AS - 3AV Colombia con Edificación En Sucumbios Zona II Ecuador”. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/26590>
- Guerrero, A., Martínez, A., Hernández, L., Mora, E., Parra, G., Herrera, M., & Correa, M. (2024). “Evaluación Estructural de un Edificio de Hormigón Armado en la Zona Costera de Ecuador”. *Revista Ciencia y Construcción*, 5(4), Oct-Dic, 6-19.
- Maldonado, G. (2024). “Análisis y Comparación de la Amenaza Sísmica en el Territorio Fronterizo de Ecuador-Colombia. Comparación Edificación en Nariño Región 8As- 7Av Colombia con Edificación en Esmeraldas Zona VI Ecuador”. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/25638>

- Martínez, R. (2015). “Análisis comparativo de las normas de diseño sismo-resistente en los países latinoamericanos colindantes al cinturón del fuego”. Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho, Perú. <https://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/1950>
- NEC-SE-DS (2015). “Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente”. *Norma Ecuatoriana de la Construcción, MIDUVI*, Ecuador.
- NSR (2010). “Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente”. Asociación Colombiana De Ingeniería Sísmica, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Humano. Bogotá, Colombia.
- Ponce, I. (2024). “Análisis y Comparación de la Amenaza Sísmica en el Territorio Fronterizo de Ecuador-Colombia. Comparación Edificación en Nariño Región 7As- 6Av Colombia con Edificación en Carchi Zona V Ecuador”. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/26091>
- Quinde, P., & Reinoso, E. (2016), “Estudio de peligro sísmico de Ecuador y propuesta de espectros de diseño para la Ciudad de Cuenca”. *Revista Ingeniería sísmica*, 94(ene./jun.): Ciudad México. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-092X2016000100001&lng=es&tlng=es](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-092X2016000100001&lng=es&tlng=es)
- Tapia, K. (2024). “Análisis y Comparación de la Amenaza Sísmica en el Territorio Fronterizo de Ecuador-Colombia. Comparación Edificación en Nariño Región 8As- 7Av Colombia con Edificación en Carchi Zona V Ecuador”. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/26086>
- Ureña, M., & Gallegos, P. (2022). “Análisis comparativo del diseño sismo resistente de estructura de hormigón armado basado en normativa ecuatoriana (NEC-SE-DS) y colombiana (NSR-10)”. Universidad Técnica de Ambato, Ecuador. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/34692>
- Wei, F., Chen, H., & Xie, Y. (2022). “Experimental study on seismic behavior of reinforced concrete shear walls with low shear span ratio”. *Journal of Building Engineering*, 45, 103602. <https://doi.org/10.1016/j.job.2021.103602>