

DOI: <https://doi.org/10.46296/ig.v7i13edesppjun.0195>

EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LAS NORMATIVAS DE DISEÑO SISMO RESISTENTE EN AMÉRICA LATINA. CASOS DE ESTUDIO: COLOMBIA, ECUADOR, PERÚ, CHILE

HISTORICAL EVOLUTION OF SEISMIC-RESISTANT DESIGN REGULATIONS IN LATIN AMERICA. CASE STUDIES: COLOMBIA, ECUADOR, PERU, CHILE

Cevallos-Velásquez Oscar Alfredo ¹; Guerra-Valladares Marcelo David ²; Marcillo-Zapata Cristian Andrés ³; Quinatoa-Martínez Jhonny Gabriel ⁴

¹ Universidad Nacional de Chimborazo – Facultad de Ingeniería. Riobamba, Ecuador.
Correo: ocevallos@unach.edu.ec. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9239-2835>

² Universidad Nacional de Chimborazo – Facultad de Ingeniería. Riobamba, Ecuador.
Correo: marcelo.guerra@unach.edu.ec. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4119-4959>

³ Universidad Nacional de Chimborazo – Facultad de Ingeniería. Riobamba, Ecuador.
Correo: cristian.marcillo@unach.edu.ec. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0000-2552-903X>

⁴ Universidad Nacional de Chimborazo – Facultad de Ingeniería. Riobamba, Ecuador.
Correo: jgquinatoa.fic@unach.edu.ec. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0007-6303-2308>

Resumen

Colombia, Ecuador, Perú y Chile, ubicados en el Cinturón de Fuego del Pacífico, enfrentan una alta amenaza sísmica. En respuesta a esto, a mediados del siglo XX, se implementaron normas de construcción sismo resistentes. Este estudio analiza la evolución histórica de estas normas en cada país, incluyendo sus motivaciones, actualizaciones y el cálculo de las fuerzas sísmicas. Se recopiló información de documentos oficiales y artículos científicos para crear una matriz cronológica de los cambios en las normas. Se analizó el número de actualizaciones, los motivos de las reformas y la evolución del cálculo de cargas sísmicas. Se identificó un número variable de actualizaciones en cada país, con diferentes motivaciones. La evolución del cálculo de cargas sísmicas muestra un avance significativo, desde modelos simples hasta métodos más complejos que consideran la sismicidad local y las características de las estructuras. Los resultados destacan la importancia de la actualización continua de las normas sismo resistentes para reflejar el conocimiento científico y la experiencia acumulada. Se discuten los principales retos y las actualizaciones necesarias para el desarrollo de nuevas normas. La evolución de las normas sismo resistentes en Colombia, Ecuador, Perú y Chile ha sido un proceso continuo de aprendizaje y adaptación al contexto sísmico de cada país.

Palabras clave: normas sismo resistentes, amenaza sísmica, diseño sismo resistente, cortante basal, carga reactiva, derivas de piso.

Abstract

Colombia, Ecuador, Peru, and Chile, located in the Pacific Ring of Fire, face a high seismic hazard. In response to this, earthquake-resistant building standards were implemented in the mid-20th century. This study analyzes the historical evolution of these standards in each country, including their motivations, updates, and the calculation of seismic forces. Information was collected from official documents and scientific articles to create a chronological matrix of changes in the standards. The number of updates, the reasons for the reforms, and the evolution of the calculation of seismic loads were analyzed. A variable number of updates was identified in each country, with different motivations. The evolution of the calculation of seismic loads shows

Información del manuscrito:

Fecha de recepción: 25 de marzo de 2024.

Fecha de aceptación: 20 de mayo de 2024.

Fecha de publicación: 25 de junio de 2024.



significant progress, from simple models to more complex methods that consider local seismicity and structural characteristics. The results highlight the importance of continuous updating of earthquake-resistant standards to reflect scientific knowledge and accumulated experience. The main challenges and updates necessary for the development of new standards are discussed. The evolution of earthquake-resistant standards in Colombia, Ecuador, Peru, and Chile has been an ongoing process of learning and adaptation to the seismic context of each country.

Keywords: earthquake-resistant standards, seismic hazard, earthquake-resistant design, base shear, reaction load, floor drifts.

1. Introducción

Bordeando el Océano Pacífico, se extiende una franja de intensa actividad sísmica y volcánica conocida como el Cinturón de Fuego del Pacífico. En esta región, las placas tectónicas se encuentran en constante movimiento, colisionando y hundiéndose bajo la superficie terrestre a un ritmo acelerado. Esta intensa fricción genera una acumulación de energía que se libera abruptamente en forma de terremotos. El Cinturón de Fuego del Pacífico se extiende a lo largo de las costas de Chile, Perú, Ecuador, Colombia y otras naciones, abarcando un área de gran vulnerabilidad sísmica. De hecho, algunos de los terremotos más potentes jamás documentados han tenido su origen en este cinturón de fuego.

Las normas sísmicas desempeñan un papel fundamental al establecer

pautas y recomendaciones para el diseño de estructuras capaces de resistir el impacto de los sismos. Representan un enfoque sistemático para incorporar el conocimiento en constante evolución a las prácticas de ingeniería. Estas normas encapsulan los avances en la comprensión de los peligros sísmicos, la respuesta y la vulnerabilidad estructural en un conjunto integral de reglas. A medida que el conocimiento se expande, las normas sísmicas requieren revisiones, actualizaciones y renovaciones periódicas para garantizar su relevancia y efectividad continuas.

Desde la década de 1940, América Latina ha tomado medidas para abordar el diseño sismo resistente de estructuras. La elaboración de mapas con datos de sismicidad histórica en la región comenzó en la década de 1950, y para finales de la década de 1980, la mayoría de los

países latinoamericanos contaban con normas o requisitos formales para el diseño sismo resistente de edificios. La revisión y actualización periódica de estas normas es crucial para garantizar la seguridad de las estructuras contra sismos. Sin embargo, la capacidad institucional, el desarrollo y la aplicación efectiva de las normas varían considerablemente entre los países de la región. En muchos casos, la información disponible para determinar la amenaza sísmica es limitada o poco confiable, lo que representa un desafío significativo para el diseño sismo resistente adecuado.

Si bien las universidades de ingeniería civil incluyen cursos sobre el estudio, comprensión y aplicación de las normas sismo resistentes vigentes en su país, la enseñanza sobre los orígenes de estos códigos suele ser escasa o nula. Un ejemplo de ello es la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-15, que lleva vigente siete años sin actualizaciones desde 2015 sin información oficial sobre la razón del retraso. Para abordar esta brecha, se ha elaborado un documento que

presenta una cronología de los eventos históricos que han impulsado la creación y/o actualización de las normas sismo resistentes en Colombia, Ecuador, Perú y Chile. Además, se detallan las instituciones responsables de la renovación y aprobación de estos códigos. El objetivo es responder a las interrogantes sobre las razones detrás de la falta de actualizaciones, los criterios para las renovaciones y los factores que desencadenan las decisiones de actualización por parte de las autoridades competentes. Este trabajo también busca contribuir al conocimiento sobre la revisión histórica de las normas sismo resistentes.

2. Metodología

Este estudio emplea una metodología explicativa-comparativa. El enfoque es comprender los eventos que impulsaron las modificaciones en los códigos de diseño sísmico. Se materializa en la elaboración de una matriz comparativa que recoge las consideraciones más relevantes identificadas en los códigos de

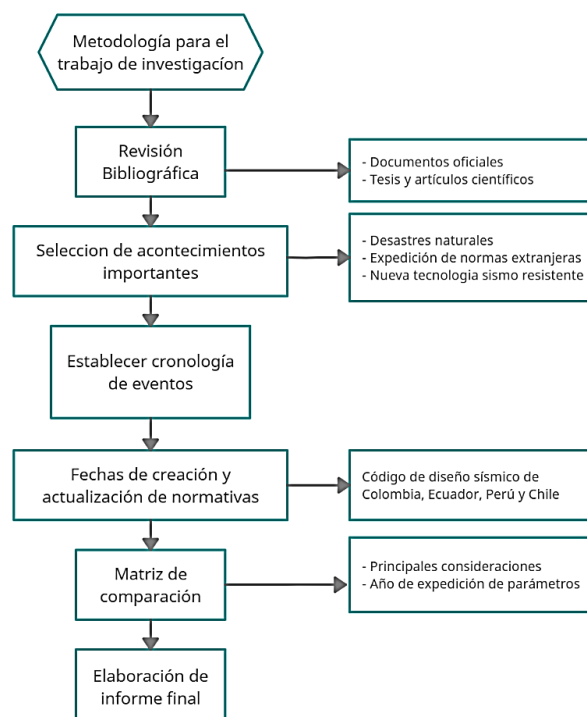
diseño sísmo resistente de los países seleccionados.

Enmarcado en una investigación histórica, este estudio se basa en el análisis de fuentes de información primarias y secundarias debido a la limitada disponibilidad de datos sobre los eventos que impulsaron la reforma del código de diseño sísmico. Acorde con ello, se adopta un enfoque de investigación documental, empleando libros, documentos oficiales y otras fuentes documentales como herramientas principales para el desarrollo de la investigación.

Tras definir la metodología, se inicia la búsqueda de información sobre

eventos históricos relevantes en Colombia, Ecuador, Perú y Chile. Estos eventos pueden incluir desastres naturales o la adopción de normas extranjeras que impulsaron la creación de documentos legales propios para la construcción. La información recopilada se organizará cronológicamente por país. Posteriormente, se consultarán documentos oficiales para determinar las fechas en que cada país desarrolló, aprobó, expidió y actualizó sus normas de diseño sísmico. Esta información se utilizará para establecer una relación entre las actualizaciones del código y los eventos históricos previos.

Figura 1. Metodología de la investigación



Como culminación del estudio, se elaborará una matriz comparativa que sintetiza las principales consideraciones y criterios de análisis presentes en las normas de diseño sismo resistente vigentes al día de realización de la investigación (mayo-2022) Esta matriz permitirá visualizar la evolución cronológica de dichos parámetros, comprender las razones de su modificación y contrastar las normas técnicas actuales con las previas. La Figura 1 esquematiza esta metodología.

En este estudio de revisión, las fuentes bibliográficas se basaron principalmente en la información oficial de los ministerios de vivienda de cada país, las normas técnicas vigentes y publicaciones de expertos reconocidos en el ámbito sísmico. Además, se consultaron artículos científicos y libros relevantes.

3. Resultados y discusión

Ecuador

Ecuador posee un registro sísmico de intensidades que se remonta al terremoto de Napo en 1541. Este historial revela un patrón de terremotos destructivos con una

frecuencia promedio de 12 años. La respuesta inicial a estos eventos catastróficos se basó en el estudio e investigación. En 1900, se adquirieron dos sismógrafos horizontales como primera medida de gestión. Los fuertes temblores de Azuay, Loja y Guayas en 1913 impulsaron la sustitución de estos sismógrafos por dos de mayor calidad en 1928. Cabe destacar el terremoto y eventual tsunami del 31 de enero de 1906 en Esmeraldas, considerado uno de los más destructivos en el límite de las placas de Nasca y Sudamericana, con un impacto significativo en Ecuador y Colombia. El terremoto de Ambato marcó un punto de inflexión en la construcción, impulsando la transición de la construcción informal a la moderna

Colombia

El inicio de la sismología moderna en Colombia se plantó en 1940 con el regreso al país del padre Jesús Emilio Ramírez, tras culminar su doctorado en la Universidad de Saint Louis en Estados Unidos. Su impronta se materializó en la fundación del Instituto Geofísico de los Andes Colombianos bajo el

amparo de la Universidad Javeriana, así como en su valiosa colaboración en diversos eventos de ingeniería sísmica.

En 1972, la Universidad de los Andes dio un paso crucial hacia la formalización de la sismología en Colombia con la implementación de cursos de postgrado en Ingeniería Civil, incluyendo tópicos sismológicos. Dos años más tarde, en 1974, estos cursos se consolidaron como un programa formal de posgrado.

La importancia de este hito académico se vio reforzada en 1973, cuando la Universidad de los Andes organizó eventos que contaron con la presencia de eminencias en el campo de la ingeniería sísmica, como el profesor Nathan Newmark de la Universidad de Illinois y Robert Whitman del MIT. Sin embargo, a pesar de estos avances, Colombia aún no contaba con una normativa específica para el diseño sismo resistente en su territorio.

Perú

Hasta mediados del siglo XX, Perú carecía de una normativa que regulara la construcción de edificios debido a las limitaciones en la

investigación sísmológica. Un cambio significativo se produjo en 1960 cuando la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) obtuvo becas de especialización o posgrado en ingeniería estructural y sismo resistente para sus graduados y docentes en instituciones y universidades internacionales. Esta iniciativa permitió que los ingenieros civiles se incorporaran a la universidad al finalizar sus estudios como docentes e investigadores de fenómenos naturales y su impacto en las construcciones.

Motivado por las disposiciones y recomendaciones del Blue Book, Perú inició en 1964 la elaboración de su primer reglamento de diseño sísmico. En ese momento, la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) ya había realizado estudios para medir los períodos de vibración y determinar las características estructurales de cerca de 50 edificios en Lima y sus alrededores. El 17 de octubre de 1966, un terremoto de larga duración (45 segundos) azotó las costas de Perú, registrándose en varias estaciones del mundo. Este evento provocó daños considerables en las regiones costeras del país,

seguido de un tsunami, lo que incrementó la necesidad de alguna normativa que regule la construcción de estructuras.

Chile

Frente a las amenazas naturales, la humanidad ha desarrollado diversas estrategias de respuesta. A mediados del siglo XVII, una de las más comunes era refugiarse en la religión y la fe, práctica que perdura hasta la actualidad. Sin embargo, también se han implementado soluciones más tangibles, como la reubicación de ciudades afectadas. Ejemplos notables son la reubicación de Concepción tras el terremoto de 1751 y la de Chillán después de la tragedia de 1835. A inicios del siglo XX, la respuesta a los sismos dio un giro hacia el ámbito científico. La creación del Instituto Sismológico de Chile marcó un hito en este sentido, sentando las bases para la investigación y el desarrollo de mejores materiales de construcción.

Si bien el terremoto de Valparaíso de 1906 ($M_w=8.2$) marcó un precedente, fue el devastador sismo de Talca, Constitución y Curicó en 1928 el que impulsó definitivamente la creación de un proyecto para

enfrentar las amenazas sísmicas. Esta catástrofe puso de manifiesto las deficiencias estructurales de las construcciones de la época, impulsando al Gobierno a tomar medidas urgentes. En 1928, se aprobó la Ley N° 4.563, la cual reguló las construcciones "sismo resistentes", estableciendo nuevas normas para mejorar su seguridad y calidad. Esta ley estableció que "es deber de las municipalidades en ciudades con más de 20,000 habitantes, elaborar un anteproyecto para la transformación de la ciudad. Sobre la base de este anteproyecto, el Presidente de la República ordenara establecer un proyecto definitivo la cual, una vez aprobado, servirá para dar las líneas de edificación"

Instituciones encargadas de desarrollar, actualizar y aprobar los códigos sismo resistentes.

En la tabla 1 se visualiza las entidades responsables de desarrollar, actualizar y expedir las normas de construcción sismo resistente en Ecuador, Colombia, Perú y Chile. Cada país tiene un marco regulatorio único para

garantizar la seguridad de las estructuras.

Tabla 1. Códigos de diseño sismo resistente en países de estudio.

AÑO DE EXPEDICIÓN OFICIAL	PAÍS	CÓDIGO	ENTIDAD ENCARGADA DE DESARROLLAR Y ACTUALIZAR	ENTIDAD ENCARGADA DE EXPEDIR Y APROBAR
2010		Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10	Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica "AIS"	Comisión Asesora Permanente del Régimen de Construcciones Sismo Resistentes
2015		NEC-SE-DS Peligro Sísmico, Diseño Sismo Resistente	Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda "MIDUVI"	Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda "MIDUVI"
2018		NTE E.030 Diseño sismo resistente	Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción "SENCICO"	Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento
2012		Norma Chilena de Diseño Sísmico de Edificios (NCh 433)	Instituto Nacional de Normalización "INN"	Ministerio de Vivienda y Urbanismo "MINVU"

En la tabla 1 se puede evidenciar que en la mayoría de países analizados son diferentes entidades las que se encargan de desarrollar, actualizar, expedir y aprobar las normativas de construcción sismo resistente, cabe destacar que en Ecuador la entidad que se encargar de realizar estas cuatro actividades es el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda

Principales motivos para la creación o actualización de códigos.

En la tabla 2 se puede evidenciar diferentes eventos sísmicos de consideración en los países de análisis y como estos provocaron actualizaciones en las normativas sismo resistentes vigentes para la época.

Tabla 2. Matriz de principales motivos para la creación o actualización de normativas sismo resistentes.

AÑO	PAÍS	CÓDIGO	EVENTO	PRINCIPALES CAMBIOS E IMPLEMENTACIONES
1928		Ordenanza General de Construcciones y Urbanización	$M_W = 7.6$ Sismo de Talca. 1928	Resistir una carga lateral en la base entre el 5% al 10% del peso. Obligatoriedad de construcción de mampostería confinada. El proyecto de norma nace un año después de la UBC-1927.

1939		Ordenanza General de Construcciones y Urbanización	$M_W = 7.8$ Sismo de Chillán. 1939	Ineficiente respuesta de construcciones de adobe, se decide limitar su altura. El cortante en la base se ve modificado en función al periodo fundamental de la estructura.
1949		Ordenanza General de Construcciones y Urbanización	Alto costo constructivo con norma la anterior, oposición de profesionales.	Fuerza lateral $V = C * P$, donde "C" era el coeficiente sísmico que variaba entre $0.05 * g$ y $0.15 * g$ y al peso "P" se le incrementaba el 25% o 50% de la carga viva según su ocupación.
1951		Código Nacional de Construcciones	$M_W = 6.8$ Sismo de Ambato. 1949	Apoyo del Ingeniero. H. J. Brunnier. Se adoptó las principales consideraciones del Uniform Building Code, la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción de Chile y la norma de Italia.
1970		Reglamento Nacional de Construcciones. RNC-1970	Primeras publicaciones del SEAOC: The Blue Book	Fuerza lateral $H = U * K * C * P$. No se definió factores de modificación debido al tipo de suelo. Se tuvo el primer mapa de regionalización sísmica. Se utilizó el factor "K" definido por el SEAOC.
1972		Norma Chilena NCh 433 Of.72: Cálculo antisísmico de edificios	Avances en tecnologías y conocimientos extranjeros	Fuerza Lateral $Q = K1 * K2 * C * P$. Se toma en cuenta tres factores de importancia y sistema estructural. El factor "C" dependería del periodo de la estructura y del periodo del suelo. Bajo ningún concepto "C" debía ser menos a $0.06 * g$.
1977		Código Ecuatoriano de la Construcción CEC-1977	$M_W = 6.8$ Sismo de Esmeraldas. 1976	Fuerza lateral $V = I * K * C * S * W$. Al igual que Perú, se definió al factor "K" con los mismos valores propuestos por el SEAOC. El cálculo de "C" depende del periodo de la estructura y $CS \leq 0,14$. Para "W" se consideraba mas un 25% de la carga viva en caso de bodegas.
1977		Reglamento Nacional de Construcciones RNC-1977	$M_W = 7.7$ Sismo de Lima. 1974	Fuerza lateral $H = (Z * U * S * C) / Rd * P$. Incorporación de un factor de condiciones de suelo "S" e importancia "I". Se reemplazó el factor de ductilidad "K" por "Rd". Se incorporó un mapa de zonificación sísmica. La deriva máxima era del 1% y su cálculo fue $0.75 * Rd$.
1981		Requisitos Sísmicos para Edificios. AIS-100-81	Estudio de SEAOC y ATC-3 para su adaptación en el país.	Se incluye un mapa de zonificación sísmica basado en métodos estadísticos. La aceleración máxima del suelo era $0.30 * g$ y la mínima de $0.00 * g$. Se diseño estructuras con una vida útil de 50 años y una probabilidad de excedencia del 10%.

1984		Código Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes. CCCSR-1984	$M_W = 5.6$ Sismo de Popayán. 1983	Fuerza lateral $V = C_S * W$. Su adaptación es similar a la ATC 3-06 en cuanto a la construcción del espectro de diseño. Al peso de la estructura " W " se incrementaba un 25% de la carga viva en caso de bodegas o almacenaje. La deriva máxima de piso era del 1.5%. Ya se empleaba un factor de reducción " R ". Se conservó los valores de la aceleración máxima.
1993		Norma Chilena NCh 433 Of.93: Diseño sísmico de edificios	$M_W = 8.0$ Sismo de Valparaíso. 1985	Fuerza lateral $Q_0 = C * I * P$. El factor " C " paso a depender además de la aceleración del suelo y un factor de reducción " R " (este reemplazó a R_d). Se incorporó un mapa de zonificación sísmica. La aceleración máxima del suelo variaba entre $0.20 * g$ y $0.40 * g$.
1996		Norma Chilena NCh 433 Of.96: Diseño sísmico de Edificios	Creación de talleres para incorporar cambios a la norma	Se conservó la formula del cortante basal pero se amplificó 2.75 veces más el coeficiente sísmico " C ". Se presentaron cambios menores con respecto a la norma predecesora.
1997		Norma Técnica de Edificaciones. NTE E.030-1997	$M_W = 7.7$ Sismo de Nasca. 1996	Factor " Z " ahora se multiplicaba por la gravedad siendo $Z = 0.40 * g$ el máximo valor y $Z = 0.15 * g$ el mínimo. Se conserva coeficientes de importancia " U ". Se reemplazo coeficiente " R_d " por " R " y su nuevo valor se amplió hasta 250% más que su predecesor. La deriva máxima era del 0.7% y su cálculo fue $0,75 * R$. El cálculo se realiza con secciones sin agrietar.
1998		Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente. NSR-98	Actualización de códigos sísmicos internacionales.	Cortante basal ahora es $V_s = S_a * g * M$. Incorporación de fórmulas y valores al incluir terrenos con suelos blandos. Se elimino la velocidad efectiva A_v . La aceleración máxima del suelo era $0.45 * g$ y la mínima de $0.05 * g$. Se añadió el grupo IV para edificaciones indispensables. El límite máximo de deriva de piso al 1% y se obtenía de $\Delta_e * 0,70$.
2001		Código Ecuatoriano de la Construcción. CEC-2001	Sismo de Morona Santiago en 1995 y avances tecnológicos	Cortante basal como $V = \frac{Z * I * C}{R * \phi_P * \phi_E} * W$. Se incorporó el mapa de zonificación sísmica " Z ", coeficiente de reducción de resistencia " R " y penalizaciones en planta y elevación. La aceleración máxima del suelo era $0.40 * g$ y la mínima de $0.15 * g$. Cambio en cálculo de periodo de la estructura " T ". La deriva de piso se estableció como $\Delta_M = R * \Delta_E$ y no debía superar el 2%.

2003		Norma Técnica de Edificaciones. NTE E.030-2003	$M_W = 8.2$ Sismo de Atico. 2001	Se amplificó las fuerzas de sismo por 1.25 con el objetivo de considerar un sismo amplificado a cargas últimas, obligando a variar los factores de reducción sísmica R . Los desplazamientos resultantes volverían a multiplicarse por $0.75 * R$.
2006		Norma Técnica de Edificaciones. NTE E.030-2006	Actualización de 66 Normas Técnicas del RNE.	Posee un nuevo formato de presentación conservándose todos los valores y fórmulas propuestas en la E.030-2003.
2009		NCh 433 Of.96 Modificada en 2009: Diseño sísmico de Edificios	Actualización debido al avance en la ingeniería sísmica	Para la clasificación del valor " R " también se consideraron los tipos de materiales usados en cada sistema estructural. Se introdujeron cambios mínimos.
2010		Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente. NSR-10	Sismo de Quindío (1999), Pizarro (2004) y Quetame (2008)	Sin cambios en la ecuación del cortante sísmico y límite de deriva de piso. Se reincorporan los coeficientes A_a y A_v . La aceleración máxima del suelo era $0.50 * g$ y la mínima de $0.05 * g$. Para la consideración de los efectos de sitio se incluyó el parámetro " F_v " y " F_a ". Modificación de los coeficientes de importancia " I ".
2011		Norma Ecuatoriana de la Construcción. NEC-SE-DS-2011	Sismos en Perú y Chile obligaron a una actualización	Norma transitoria la cual fue expedida y socializada en 2011, siendo oficializada finalmente con cambios menores en el 2015. La carga sísmica reactiva " W " es $1 * Dead + 0.25 * Live$ y en bodegas de almacenaje como $1 * Dead + 0.50 * Live$.
2012		NCh 433 Of.96 Modificada en 2012: Diseño sísmico de Edificios	$M_W = 8.8$ Sismo en costa de Maule. 2010	El mapa de zonificación sísmica de las regiones de Chile ha conservado su esencia. Se añadieron un nivel de exigencia mayor para los diferentes tipos de suelo. Cambios en las condiciones de exploración del suelo y el factor " S " (parámetro relativo al tipo de suelo).
2014		Norma Técnica de Edificaciones. NTE E.030-2014	Actualización debido al avance en la ingeniería sísmica	Ampliación de conceptos sismo resistentes.
2015		Norma Ecuatoriana de la Construcción. NEC-SE-DS-2015	Actualización debido al avance en la ingeniería sísmica	Existe algunos cambios en comparación con la NEC-2011. Por ejemplo los valores de coeficientes como " F_a ", " F_d ", " F_s ", " C_t ", " R ". La carga sísmica reactiva " W " es $1 * Dead$ y en bodegas de almacenaje como $1 * Dead + 0.25 * Live$. El cortante basal es $V = \frac{I * S_a * (T_a)}{R * \phi_p * \phi_E} . w$. Se establecen seis zonas sísmicas. La aceleración máxima del suelo

				será $\geq 0.50 * g$ y la mínima de $0.15 * g$. La deriva inelástica se calcula como $\Delta_M = 0.75 * R * \Delta_E$ y no debe superar el 2%.
2016		Norma Técnica de Edificaciones. NTE E.030-2016	Actualización debido al avance en la ingeniería sísmica	Ampliación de conceptos sismo resistentes.
2018		Norma Técnica de Edificaciones. NTE E.030-2018	Actualización debido al avance en la ingeniería sísmica	Ahora existen cuatro zonas sísmicas "Z". La aceleración máxima del suelo será $0.45 * g$ y la mínima de $0.10 * g$. Ahora existen cuatro tipos de suelo "S". Reformulación en el cálculo del factor sísmico "C". Los desplazamientos se calculaban mediante la formula $\Delta_M = 0.75 * R * \Delta_E$ para estructuras regulares y $\Delta_M = 0.85 * R * \Delta_E$ para estructuras irregulares. Variación en valores de algunos coeficientes "R".

Ecuador

En el transcurso del tiempo, según el Instituto geofísico, eventos naturales sin consecuencias catastróficas suscitaron después del lanzamiento del CEC-2001, es decir, terremotos de baja consideración se produjeron en el territorio ecuatoriano. Países vecinos como Perú se vieron afectados por terremotos en el 2001, 2005 y 2008 al igual que Chile en 2005 y 2010 dejando graves consecuencias. Dichos eventos alertaron al país y considerando además que Ecuador se encuentra localizado en una zona de alto riesgo sísmico, se llevó a cabo un proceso de actualización de la normativa de acuerdo con los avances tecnológicos a fin de mejorar los

procesos de control en la construcción. Se celebró varios convenios entre el MIDUVI y la Cámara de Construcción de Quito con el fin de elaborar y desarrollar once capítulos con la ayuda de la gestión y coordinación de Comités Técnicos Especializados. Así la NEC inicia sus primeros pasos en el 2008 con la participación de empresas públicas y privadas, universidades, representantes de la industria privada y de los diferentes colegios profesionales de la industria. La última actualización de la norma NEC hasta la fecha se realizó mediante el Acuerdo Ministerial N° 047 del 15 de diciembre de 2014, oficializada mediante su publicación

en el Registro Oficial N° 413 del 10 de enero de 2015.

Colombia

En el año 2008, la Comisión Asesora Permanente del Régimen de Construcciones Sismo Resistentes tomó una medida crucial para garantizar la seguridad sísmica de las edificaciones en Colombia: encargó formalmente la actualización del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-98) a la norma AIS. Esta tarea se asignó al Comité AIS-100, el cual ya se encontraba trabajando en la norma AIS 100-09, análoga a la AIS 100-97 que sirvió de base para el NSR-98. El proceso de actualización fue meticuloso y participativo. Tras la aprobación del proyecto de norma NSR-10 por parte del Comité AIS-100, la Comisión Asesora Permanente abrió la discusión pública en abril de 2009. El proyecto se puso a disposición de un amplio grupo de ingenieros, instituciones y universidades a través de una página web. Finalmente, el 19 de marzo de 2010, se expidió el nuevo Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR-10, mediante el

Decreto N. 926. La entrada en vigor del NSR-10 se estableció para el 15 de julio de 2010, y se definió como de uso obligatorio en todo el territorio nacional. Este proceso de actualización demuestra el compromiso continuo de Colombia con la seguridad sísmica de sus edificaciones. La NSR-10, resultado de un trabajo conjunto entre expertos y la sociedad civil, representa un avance significativo en la protección de las personas y bienes frente a los riesgos sísmicos.

Perú

SENCICO, en conjunto con comités especializados, universidades, consultores y otros, se embarcó en un proceso de actualización de la norma E.030 sobre diseño sismo resistente. En 2006, se aprobaron 66 Normas Técnicas del RNE mediante Decreto Supremo, incluyendo la E.030-2006. Esta nueva versión conservó los valores y fórmulas de la E.030-2003, pero presentó un formato renovado. Los avances en tecnologías sismo resistentes y la investigación sismológica impulsaron actualizaciones posteriores. La E.030-2006 fue reemplazada por la E.030-2014 y

posteriormente por la E.030-2016, ambas mediante Decreto Supremo. El objetivo de estas actualizaciones era reducir la vulnerabilidad de las nuevas estructuras, minimizar las muertes en caso de sismos y garantizar la continuidad de los servicios básicos.

Chile

El 27 de febrero de 2010, Chile se vio estremecido por un terremoto de magnitud 8.8, considerado el segundo más grande en la historia del país y uno de los 10 más fuertes a nivel mundial. Este evento sísmico de larga duración (2.5 minutos) provocó un daño devastador en la zona central, especialmente en ciudades como Concepción, Viña del Mar y Santiago, hogar del 40% de la población chilena.

La tragedia dejó un saldo de 521 vidas perdidas, incluyendo 21 víctimas del posterior tsunami, y 56 personas desaparecidas. Los daños materiales se estimaron en al menos USD 30.000 millones, una cifra colosal que reflejaba la magnitud de la destrucción. La magnitud del daño estructural provocado por el terremoto evidenció la necesidad de revisar y actualizar la normativa de construcción vigente en Chile. En

respuesta a esta situación, el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) conformó un Comité encargado de introducir modificaciones a la norma NCh 433 Of.96 Modificada en 2009.

Tras un análisis exhaustivo del trabajo realizado por el Comité, el Instituto de la Construcción aprobó las modificaciones propuestas. Luego de un proceso de consulta pública, se oficializó la primera actualización de la norma en febrero de 2011, seguida de una segunda actualización el 13 de diciembre del mismo año.

Número de actualizaciones de códigos sismo resistente.

En la Tabla 3 se presentan los países de estudio y el año de creación y/o actualización de los códigos sismo resistentes. Además, se puede apreciar la cantidad de normas legales que cada país ha desarrollado

Tabla 3. Creación y actualización de códigos sismo resistentes por año.

	Chile	Peru	Ecuador	Colombia	PAIS
Evento natural.					1928
					1939
					1949
					1951
Avances en tecnología y conocimiento extranjeros.					1970
					1972
					1977
					1981
Factores económicos.					1984
					1993
					1996
					1997
					1998
					2001
					2003
					2006
Sismos de importancia ocurridos tras la publicación de la norma.					2009
					2010
					2011
					2012
Sismos de importancia ocurridos tras la publicación de la norma.					2013
					2014
					2015
					2016
					2018
					2019
					2021
					Actualización

Uno de los principales resultados es el número de actualizaciones por parte de Perú y Chile, el cual, dobla aproximadamente a la cantidad de actualizaciones de normativas para Colombia y Ecuador. También se puede visualizar sismos relevantes

de magnitud momento $M_w > 7.0$ que se han registrado después de la expedición de la norma vigente. Se han registrado sismos de $M_w \leq 7.0$, los cuales no fueron colocados.

Evolución de fórmula de la aplicación de una fuerza en la base de la estructura

La Tabla 4 muestra los cambios que han surgido a través del tiempo en las fórmulas del cortante basal, el

peso de la estructura y su límite de deriva de piso. Los parámetros con el símbolo “-” representa la poca relevancia que se ha prestado al parámetro, por lo cual no fue motivo de estudio en la normativa.

Tabla 4. Evolución de diferentes parámetros para el cálculo sismo resistente dispuesto en las normativas.

Año	País	Código	Fuerza en la base	Carga Sísmica Reactiva	Deriva de Piso
1928		Ordenanza General de Construcciones y Urbanización	Resistir una carga lateral en la base entre el 5% al 10% del peso	-	-
1939		Ordenanza General de Construcciones y Urbanización	Resistir una carga lateral en la base entre el 5% al 10% del peso	-	-
1949		Ordenanza General de Construcciones y Urbanización	$V = C * P$,	Sin aglomeración: $P = D + 0.25 * L$ Aglomeración: $P = D + 0.50 * L$	-
1951		Código Nacional de Construcciones	Se basaba en las buenas prácticas constructivas.	-	-
1970		Reglamento Nacional de Construcciones. RNC-1970	$H = U * K * C * P$	$C = D + \frac{0.05}{\sqrt[3]{T}} * L$	-
1972		Norma Chilena NCh 433 Of.72: Cálculo antisísmico de edificios	$Q = K1 * K2 * C * P$	Sin aglomeración: $P = D + 0.25 * L$ Aglomeración: $P = D + 0.50 * L$	-
1977		Código Ecuatoriano de la Construcción CEC-1977	$V = I * K * C * S * W$	Común: $W = D$ Bodegas: $W = D + 0.25 * L$	$\Delta_i = \frac{1}{K} * \Delta_e$.
1977		Reglamento Nacional de Construcciones RNC-1977	$H = \frac{Z * U * S * C}{R_d} * P$	Categoría C: $P = D + 0.25 * L$ Categoría B: $P = D + 0.50 * L$ Categoría A: $P = D + 1.00 * L$	$\Delta_M = 0.75 * R_d * \Delta_E$ Límite: 1.00 %.
1981		Requisitos Sísmicos para Edificios. AIS-100-81	$V = C_s * W$	Común: $W = D$ Bodegas: $W = D + 0.25 * L$	$\delta_i = 0.70 * C_d * \delta_{se}$ Límite: 1.50 %.

1984		Código Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes. CCCSR-1984	$V = C_S * W$	Común: $W = D$ Bodegas: $W = D + 0.25 * L$	$\delta_i = 0.70 * C_d * \delta_{se}$ Límite: 1.50 %.
1993		Norma Chilena NCh 433 Of.93: Diseño sísmico de edificios	$Q_0 = C * I * P$	Uso privado: $P = D + 0.25 * L$ Aglomeración: $P = D + 0.50 * L$	Límite: 0.10 %. Es deriva elástica
1996		Norma Chilena NCh 433 Of.96: Diseño sísmico de Edificios	$Q_0 = C * I * P$	Uso privado: $P = D + 0.25 * L$ Aglomeración: $P = D + 0.50 * L$	Límite: 0.10 %. Es deriva elástica
1997		Norma Técnica de Edificaciones. NTE E.030-1997	$H = \frac{Z * U * S * C}{R} * P$	Categoría C: $P = D + 0.25 * L$ Categoría A y B: $P = D + 0.50 * L$	$\Delta_M = R * \Delta_E$ Límite: 0.70 %.
1998		Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente.	$V_s = S_a * g * M$	Común: $W = D$ Bodegas: $W = D + 0.25 * L$	$\Delta_M = 0.70 * R * \Delta_E$ Límite: 1.00 %.
2001		NSR-98 Código Ecuatoriano de la Construcción. CEC-2001	$V = \frac{Z * I * C}{R * \phi_P * \phi_E} * W$	Común: $W = D$ Bodegas: $W = D + 0.25 * L$	$\Delta_M = R * \Delta_E$ Límite: 2.00 %.
2003		Norma Técnica de Edificaciones. NTE E.030-2003	$H = \frac{Z * U * S * C}{R} * P$	Categoría C: $P = D + 0.25 * L$ Categoría A y B: $P = D + 0.50 * L$	$\Delta_M = 0.75 * R * \Delta_E$ Límite: 0.70 %.
2006		Norma Técnica de Edificaciones. NTE E.030-2006	$H = \frac{Z * U * S * C}{R} * P$	Categoría C: $P = D + 0.25 * L$ Categoría A y B: $P = D + 0.50 * L$	$\Delta_M = 0.75 * R * \Delta_E$ Límite: 0.70 %.
2009		NCh 433 Of.96 Modificada en 2009: Diseño sísmico de Edificios	$Q_0 = C * I * P$	Uso privado: $P = D + 0.25 * L$ Aglomeración: $P = D + 0.50 * L$	Límite: 0.10 %. Es deriva elástica
2010		Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente. NSR-10	$V_s = S_a * g * M$	Común: $W = D$ Bodegas: $W = D + 0.25 * L$	$\Delta_M = 0.70 * R * \Delta_E$ Límite: 1.00 %.
2011		Norma Ecuatoriana de la Construcción. NEC-SE-DS-2011	$V = \frac{I * S_a * (T_a)}{R * \phi_P * \phi_E} * W$	Común: $W = 1 * D + 0.25 * L$ Bodegas: $W = D + 0.30 * L$	$\Delta_M = 0.75 * R * \Delta_E$ Límite: 2%.
2012		NCh 433 Of.96 Modificada en 2012: Diseño sísmico de Edificios	$Q_0 = C * I * P$	Uso privado: $P = D + 0.25 * L$ Aglomeración: $P = D + 0.50 * L$	Límite: 0.10 %. Es deriva elástica

2014		Norma Técnica de Edificaciones. NTE E.030-2014	$.H = \frac{Z * U * S * C}{R} * P$	Categoría C: $P = D + 0.25 * L$ Categoría A y B: $P = D + 0.50 * L$	$\Delta_M = 0.75 * R * \Delta_E$ Límite: 0.70 %.
2015		Norma Ecuatoriana de la Construcción. NEC-SE-DS-2015	$V = \frac{I * S_a * (T_a)}{R * \phi_P * \phi_E} * W$	Común: $W = D$ Bodegas: $W = D + 0.25 * L$	$\Delta_M = 0.75 * R * \Delta_E$ Límite: 2%.
2016		Norma Técnica de Edificaciones. NTE E.030-2016	$.H = \frac{Z * U * S * C}{R} * P$	Categoría C: $P = D + 0.25 * L$ Categoría A y B: $P = D + 0.50 * L$	$\Delta_M = 0.75 * R * \Delta_E$ Límite: 0.70 %.
2018		Norma Técnica de Edificaciones. NTE E.030-2018	$.H = \frac{Z * U * S * C}{R} * P$	Categoría C: $P = D + 0.25 * L$ Categoría A y B: $P = D + 0.50 * L$	$0.75 * R * \Delta_E$ a estructuras regulares y $\Delta_M = 0.85 * R * \Delta_E$ a estructuras irregulares. Límite: 0.7%

4. Conclusiones

Si bien las normas sismo resistentes de Ecuador y Chile nacieron en el ámbito gubernamental, las de Colombia y Perú surgieron de iniciativas privadas o académicas para luego ser adoptadas por el Estado. Actualmente, la actualización de estas normas recae principalmente en entidades públicas especializadas en este campo.

La historia de los códigos sismo resistentes en estos países sudamericanos está marcada por dos eventos sísmicos devastadores: el terremoto de Ambato en Ecuador (1918) y el terremoto de Talca en Chile (1928). Estos eventos impulsaron la creación de las primeras normativas sísmicas en sus

respectivos países, con el objetivo de mejorar la construcción de infraestructuras y proteger a la población de futuros desastres. Sin embargo, Colombia y Perú ya contaban con un camino recorrido en materia sísmica. Colombia, desde 1940, había incorporado normas de construcción sismo resistente en su código de obras públicas, mientras que Perú, tras el terremoto de Lima en 1940, también implementó medidas sísmicas en su normativa.

La Ordenanza General de Construcción y Urbanismo, promulgada en Chile en 1928, marcó un hito histórico al convertirse en la primera norma de diseño sismo resistente entre los países de estudio. Esta normativa, basada en los principios teóricos de la época, respondía a la necesidad de

establecer pautas para la construcción segura en un país altamente expuesto a la amenaza sísmica. A lo largo de 94 años, Chile ha experimentado un proceso continuo de actualización y mejora de su normativa sísmica. Fruto de este esfuerzo, la actual Norma Chilena 433 Of.96, modificada en 2012, ha posicionado al país como referente internacional en materia de construcción sismo resistente.

Un elemento fundamental en las normas sismo resistentes de Colombia, Ecuador, Perú y Chile desde su origen ha sido la simulación de un sismo de diseño mediante una fuerza en la base de la estructura. Si bien este concepto se mantiene vigente, el cálculo de dicha fuerza varía entre países debido a factores como la zonificación sísmica, el tipo de suelo y la sismicidad histórica regional, entre otros.

Bibliografía

Abad, J. C., & Torres, R. (2015). Estudio de los coeficientes de reducción de respuesta estructural "R" de la Norma Ecuatoriana de la

Construcción. El Factor de Redundancia, 51–56.

Abe, K. (1972). Mechanics and tectonic implications of the 1966 and 1970 Peru earthquakes. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 5(C), 367–379. [https://doi.org/10.1016/0031-9201\(72\)90108-2](https://doi.org/10.1016/0031-9201(72)90108-2)

Aguiar Falconí, R. (2007). Factor de reducción de las fuerzas sísmicas en edificios de hormigón armado sin muros de corte. *Centre Internacional de Mètodes Numèrics en Enginyeria (CIMNE)*.

Aguiar, R. (2010). Peligrosidad sísmica del Ecuador y descripción de los puentes construidos sobre el estuario del río Esmeraldas, con aisladores de base FPS. *Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras*, 15.

Alvitez, L. (2017). "Análisis comparativo entre las normas técnicas E.030 Diseño Sismorresistente 2016 y la norma técnica E.030 Diseño Sismorresistente 2006." *Universidad Particular de Chiclayo*.

NSR-98. Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente. Requisitos Generales de Diseño y Construcción Sismo Resistente, (1998).

- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica AIS. (1998). NSR-98. Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente (Tomo 1).
- NSR-10. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, (2010).
- Asociación de Ingenieros Civiles Estructurales. (2016). Inicios y trayectoria de la Asociación de Ingenieros Civiles Estructurales (AICE). Revista Anual, 1.
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2020). Perfil de Riesgo de Desastres por Evento Sísmico de Ecuador.
- Barrientos, M. (2016). La Arquitectura De Los Terremotos En Chile (1929-1972). Pontificia Universidad Católica de Chile (Chile).
- Bernal, L. (2007). Cronología histórica de los terremotos más destructivos en el Perú 1533- 2007.
- Blanco Blasco, A. (2010). Evolución de las normas sísmicas en el Perú. ACI-Perú, 66.
- Callejas Montero, D. (2018). Regeneración urbana del centro de Ambato utilizando vacíos urbanos como detonantes. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Camus, P., Arenas, F., Lagos, M., & Romero, A. (2016). Visión histórica de la respuesta a las amenazas naturales en Chile y oportunidades de gestión del riesgo de desastre. Revista de Geografía Norte Grande, 20(64), 9–20. <https://doi.org/10.4067/s0718-34022016000200002>
- Candia, G., MacEdo, J., & Magna-Verdugo, C. (2018). An integrated platform for seismic hazard evaluation. 1, 390–400.
- Caro, C. (Ministerio de U. y V. (2011). Normativa. Norma de Edificación En Zonas Inundables Por Tsumani, 74, 47.
- Cordero Quinzacara, E. (2017). La formación del Derecho urbanístico chileno a partir del siglo XIX: de la legislación urbanística al Derecho urbanístico integrado. Revista de Derecho (Valdivia), 30(1), 127–152.
- Córdova, C. (2012). Seminario de promoción de la normatividad para el diseño y construcción de edificaciones seguras. Diapositiva de PowerPoint, 23–80.
- Delgado, M. (2007). Estudio de la posibilidad de ampliación del edificio Rodríguez, de la Secretaría Ministerial de Salud, Novena Región. Universidad Austral de Chile.

- Diebold, J., Moore, K., Hale, T., & Mochizuki, G. (2008). SEAOC Blue Book: Seismic Design Recommendations 1959 to 2008. The 14th World Conference on Earthquake Engineering, 8.
- Gómez Cano, J. C., & Farbiarz Farbiarz, J. (2005). Structural design procedures based on NSR-98 errors, examples and update proposals. DYNA, 72(147), 7–21.
- González Pinzón, A. L. (2014). La historia no contada del primer código de construcción en Colombia–30 años1. Revista de Ingeniería, 40, 82–84.
- Guendelman, T., Saragoni, G. R., & Verdugo, R. (2012). Chilean emergency seismic design code for buildings after El Maule 2010 earthquake. Proc. 15 WCEE, Paper, 4480.
- Herraiz, M. (1997). Conceptos Básicos de la Sismología para ingenieros (Primera Ed).
- Hurtado, J. E. A., & López, D. V. (1999). Nasca earthquake, November 12, 1996, Perú. 749–758.
- Guía Popular de Construcción Sismo Resistente, 86 (1976).
- Código Ecuatoriano de la Construcción (C.E.C): Requisitos de Diseño, (1979).
- Código Ecuatoriano de la Construcción (C.E.C): Requisitos Generales de Diseño., (2001).
- Instituto Geofísico. (2013). Un día como hoy. Escuela Politécnica Nacional.
- NCh 433. Of72, 19 (1972). Instituto Nacional de Normalización. (2021). Sobre INN.
- NCh 433 Of.93, 50 (1993). Instituto Nacional de Normalización. (2021). Sobre INN.
- NCh 433 Of.96, 51 (1996). Instituto Nacional de Normalización. (2021). Sobre INN.
- NCh 433 Of.96 Modificada en 2009, (2009). Instituto Nacional de Normalización. (2021). Sobre INN.
- NCh 433 Of.96 Modificada en 2012, 77 (2012). Instituto Nacional de Normalización. (2021). Sobre INN.
- Jiménez, C., Carbonel, C., & Villegas-Lanza, J. C. (2020). Seismic Source of the Earthquake of Camana Peru 2001 (Mw 8.2) from Joint Inversion of Geodetic and Tsunami Data. Pure and Applied Geophysics. <https://doi.org/10.1007/s00024-020-02616-8>
- Jurado Amaluisa, L. A. (2016). Comparación entre la Norma Ecuatoriana de la

- Construcción 2011 y la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015 aplicadas al análisis estructural del edificio “Manuela Sáenz” mediante el uso del programa CYPECAD. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.
- Lafuente, M. (2014). Las normas sísmicas de edificaciones en Venezuela y otros países de América Latina. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Lafuente, M., Grases, J., & Genatios, C. (2014). Revisión de la normativa sísmica en América Latina (Banco de Desarrollo de América Latina-CAF (ed.)).
- Lagos, R., Kupfer, M., Lindenberg, J., Bonelli, P., Saragoni, R., Guendelman, T., Massone, L., Boroschek, R., & Yanez, F. (2012). Seismic performance of high-rise concrete buildings in Chile. *International Journal of High-Rise Buildings*, 1(3), 181–194.
- Larraín Navarro, L. P. (1992). El sistema natural en la planificación urbana chilena.
- López, J., Ueda, A., & Quiñones, L. (2012). Historia de la UNI: Volumen IV: Institucionalización como univervidad frente a los retos del desarrollo (1955-1984) (Segunda Ed).
- Martel, P. (2004). Comparación de la Norma Técnica de Edificación E.030 Diseño Sismo resistente 1997 vs. La Norma Básica de Diseño Sismo resistente 1977, aplicadas en el Perú Centros Educativos INFES (Region Sur - Arequipa, afectados por el sismo del 23 de junio del 2001). 6.
- Martínez, R. (2015). Análisis comparativo de las normas de diseño sismorresistente en los países Latinoamericanos colindantes al cinturón de fuego. Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2010). Decreto Supremo 926.
- Norma Ecuatoriana de la construcción. Peligro Sísmico. Diseño Sismo Resistente, 149 (2015).
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2015). Preguntas y Respuestas. Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC.
- Ministerio de Vivienda. (1970). Reglamento Nacional de Construcciones.
- Ministerio de Vivienda. (1997). Norma Técnica de Edificaciones E.030 Diseño Sismo resistente.

- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2003). Norma Técnica de Edificaciones E.030 Diseño Sismo resistente.
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2016). Norma Técnica de Edificaciones E.030 Diseño Sismo resistente.
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2018). Norma Técnica de Edificaciones E.030 Diseño Sismo resistente.
- Niglio, O., & Valencia, W. (2013). Evolución de la ingeniería sísmica, presente y futuro: Caso Colombia e Italia. VI Congreso Colombiano de Ingeniería Sísmica, Bucaramanga. UIS, AIS, UPB.
- Orellana, D. (2017). "Políticas Públicas Urbanas: experiencias y debates" IV Conversatorio. Revista Interuniversitaria de Estudios Urbanos de Ecuador, 1, 9.
- Pachano, W., Durán Ballén, S., & Moreno Loor, L. (1951). Memoria del proyecto del plan regulador de Ambato. In S. Durán-Ballén, L. Moreno Loor, & Ecuador (Eds.), Plan regulador de Ambato. Talleres Gráficos Nacionales.
- Palma, I. (2014). Comparación entre la antigua norma sísmica Chilena NCh433of96 Mpd. 2009 y su modificación post 27-F aplicado al diseño del edificio de odontología UACH. Universidad Austral de Chile.
- Paz, M. (1994). International Handbook of Earthquake Engineering: Codes, Programs and Examples (First Edit).
- Petersen, M. D., Harmsen, S. C., Jaiswal, K. S., Rukstales, K. S., Luco, N., Haller, K. M., Mueller, C. S., & Shumway, A. M. (2018). Seismic hazard, risk, and design for south America. Bulletin of the Seismological Society of America, 108(2), 781–800. <https://doi.org/10.1785/0120170002>
- Poicon, A. (2017). Análisis y evaluación del riesgo sísmico en edificaciones de albañilería en el centro del Distrito de Catacaos-Piura. Universidad Nacional de Piura.
- Pulido, N., Yoshimoto, M., & Sarabia, A. M. (2020). Broadband wavelength slip model of the 1906 Ecuador-Colombia megathrust-earthquake based on seismic intensity and tsunami data. Tectonophysics, 774. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2019.228226>

Rivadeneria, F., Segovia, M., Alvarado, A., Egred, J., Troncoso, L., Vaca, S., & Yepes, H. (2007). Breves fundamentos sobre los terremotos en el Ecuador (Primera Ed). Editora Nacional.

SEAOC Seismology Committee. (2008). The SEAOC Blue Book: Seismic design recommendations. In 1111 (Issue Agosto).

SENCICO. (2016). Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción.

Theurer, M. M., Velasco, G., Mora, C., Montenegro, M., & Cordova, J. (2017). Terremotos mayores a 6.5 en escala Richter ocurridos en Ecuador desde 1900 hasta 1970. *Ingeniería*, 21(2), 55–64.

Wood, S. L., Wight, J. K., & Moehle, J. P. (1987). The 1985 Chile earthquake: observations on earthquake-resistant construction in Viña del Mar. University of Illinois Engineering Experiment Station.