



Universidad  
Señor de Sipán

**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y  
URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS**

**Comparación del código sismorresistente peruano  
con los países de Chile, Colombia y Ecuador**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
CIVIL**

**Autor**

Bach. Malpartida Iturregui Juan de Dios  
<https://orcid.org/0000-0002-3643-712X>

**Asesor**

Dr. Muñoz Pérez Sócrates Pedro  
<https://orcid.org/0000-0003-3182-8735>

**Línea de Investigación**

**Tecnología e Innovación en el Desarrollo de la Construcción y la  
Industria en un Contexto de Sostenibilidad**

**Sublínea de Investigación**

**Innovación y Tecnificación en Ciencia de los Materiales, Diseño e  
Infraestructura**

**Pimentel – Perú  
2023**



## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quien suscribe la DECLARACIÓN JURADA, soy **egresado** del Programa de Estudios de **Ingeniería Civil** de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro bajo juramento que soy autor del trabajo titulado:

### COMPARACIÓN DEL CÓDIGO SISMORRESISTENTE PERUANO CON LOS PAÍSES DE CHILE, COLOMBIA Y ECUADOR

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán, conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación a las citas y referencias bibliográficas, respetando al derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y autentico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Malpartida Iturregui Juan de Dios	DNI: 48235736	
-----------------------------------	---------------	---

Pimentel, 25 de octubre del 2023.

# REPORTE DE SIMILITUD TURNITIN

Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO	AUTOR
<b>Comparación del código sismorresistente peruano con los países de Chile, Colombia y Ecuador; en mod</b>	<b>Juan de Dios Malpartida Iturregui</b>

RECUENTO DE PALABRAS	RECUENTO DE CARACTERES
<b>13602 Words</b>	<b>69363 Characters</b>

RECUENTO DE PÁGINAS	TAMAÑO DEL ARCHIVO
<b>56 Pages</b>	<b>2.4MB</b>

FECHA DE ENTREGA	FECHA DEL INFORME
<b>Oct 21, 2023 11:28 AM GMT-5</b>	<b>Oct 21, 2023 11:29 AM GMT-5</b>

## ● 24% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 23% Base de datos de Internet
- 5% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Crossref
- 19% Base de datos de trabajos entregados

## ● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)

Resumen

**COMPARACIÓN DEL CÓDIGO SISMORRESISTENTE PERUANO CON LOS  
PAÍSES DE CHILE, COLOMBIA Y ECUADOR**

**Aprobación del jurado**

---

MAG. VILLEGAS GRANADOS LUIS MARIANO

**Presidente del Jurado de Tesis**

---

MAG. SÁNCHEZ DÍAZ ELVER

**Secretario del Jurado de Tesis**

---

MAG. CHÁVEZ COTRINA CARLOS OVIDIO

**Vocal del Jurado de Tesis**

## **Dedicatoria**

A mis amados padres, Víctor y Ofelia, les dedico este logro con todo mi amor y gratitud. Gracias por ser mi fuente constante de inspiración y apoyo incondicional a lo largo de este arduo y emocionante camino hacia el título de Ingeniero Civil. Sus sacrificios, sabios consejos y amor inquebrantable han sido el motor que me impulsó a alcanzar este sueño. Este logro es tan suyo como mío, y con este título, espero retribuirles una pequeña parte de todo lo que han hecho por mí. Los amo profundamente y estoy eternamente agradecido.

## **Agradecimientos**

Deseo expresar mi sincero agradecimiento a Dios y a mi familia, cuyo infinito amor me han dotado de las virtudes necesarias para alcanzar siempre mis metas.

A mis amados padres, Víctor y Ofelia, les agradezco por su apoyo incondicional y constante presencia en mi camino.

A mis respetados docentes, quienes generosamente compartieron su conocimiento y sabiduría, brindándome las herramientas para alcanzar el éxito profesional.

A mis amigos y futuros colegas, con quienes compartí inolvidables momentos en las aulas de nuestra querida universidad.

Y finalmente, a todas aquellas personas que de alguna u otra manera me tendieron su mano cuando más lo necesitaba, les doy mi más profundo agradecimiento.

## Índice

Dedicatoria .....	V
Agradecimientos .....	VI
Índice de tablas .....	IX
Índice de figuras .....	X
Resumen .....	XI
Abstract .....	XII
I. INTRODUCCIÓN .....	13
1.1. Realidad problemática .....	13
1.2. Formulación del problema .....	23
1.3. Hipótesis .....	23
1.4. Objetivos .....	23
1.5. Teorías relacionadas al tema .....	24
II. MATERIALES Y MÉTODO .....	38
2.1. Tipo y Diseño de Investigación .....	38
2.2. Variables, Operacionalización .....	39
2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección ...	42
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .....	42
2.5. Procedimiento de análisis de datos .....	43
2.6. Criterios éticos .....	45
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	46
3.1. Resultados .....	46
3.2. Discusión .....	57
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	59
4.1. Conclusiones .....	59

4.2. Recomendaciones .....	61
REFERENCIAS.....	63
ANEXOS .....	70

## Índice de tablas

<b>Tabla I.</b> Operacionalización de la variable independiente.....	40
<b>Tabla II.</b> Operacionalización de la variable dependiente.....	41
<b>Tabla III.</b> Parámetros semejantes seleccionados para cada código sismorresistente analizado.....	46
<b>Tabla IV.</b> Resumen de resultados de espectros de respuesta.....	47
<b>Tabla V.</b> Resultados de desplazamientos y derivas máximas para la Norma Sismorresistente Peruana E0.30 eje X-X.....	49
<b>Tabla VI.</b> Resultados desplazamientos y derivas para la Norma Sismorresistente Peruana E0.30 eje Y-Y.....	50
<b>Tabla VII.</b> Resultados desplazamientos y derivas para la Norma Sismorresistente Chilena Nch 433 Mod 2012 eje X-X.....	51
<b>Tabla VIII.</b> Resultados desplazamientos y derivas para la Norma Sismorresistente Chilena Nch 433 Mod 2012 eje Y-Y.....	52
<b>Tabla IX.</b> Resultados desplazamientos y derivas para la Norma Sismorresistente Ecuatoriana NEC-15 eje X-X.....	53
<b>Tabla X.</b> Resultados desplazamientos y derivas para la Norma Sismorresistente Ecuatoriana NEC-15 eje Y-Y.....	53
<b>Tabla XI.</b> Resultados desplazamientos y derivas para la Norma Sismorresistente Colombiana Nsr-10 eje X-X.....	54
<b>Tabla XII.</b> Resultados desplazamientos y derivas para la Norma Sismorresistente Colombiana Nsr-10 eje Y-Y.....	55

## Índice de figuras

<b>Fig. 1.</b> <i>Modelo conceptual de la subducción de la Placa de Nazca.</i> .....	26
<b>Fig. 2.</b> <i>Fuerza de inercia generada por la vibración de la estructura.</i> .....	27
<b>Fig. 3.</b> <i>Modelo de un sistema de un grado de libertad.</i> .....	28
<b>Fig. 4.</b> <i>Relación de carga-deformación de una escritura.</i> .....	28
<b>Fig. 5.</b> <i>Relación de carga-deformación de una escritura.</i> .....	30
<b>Fig. 6.</b> <i>Diagrama de flujo de procesos seguidos en la investigación.</i> .....	44
<b>Fig. 7.</b> <i>Resumen de resultados de espectros de respuesta.</i> .....	48
<b>Fig. 8.</b> <i>Resumen de resultados de cortante en la base.</i> .....	49
<b>Fig. 9.</b> <i>Resultados desplazamientos y derivas para la Norma Sismorresistente Peruana E0.30.</i> .....	51
<b>Fig. 10.</b> <i>Resultados desplazamientos y derivas para la Norma Sismorresistente Chilena Nch 433 Mod 2012.</i> .....	52
<b>Fig. 11.</b> <i>Resultados desplazamientos y derivas para la Norma Sismorresistente Ecuatoriana NEC-15.</i> .....	54
<b>Fig. 12.</b> <i>Resultados desplazamientos y derivas para la Norma Sismorresistente Colombiana Nsr-10</i> .....	55
<b>Fig. 13.</b> <i>Resumen de Máximos desplazamientos obtenidos.</i> .....	56
<b>Fig. 14.</b> <i>Resumen de Máximas derivas obtenidas.</i> .....	56

# COMPARACIÓN DEL CÓDIGO SISMORRESISTENTE PERUANO CON LOS PAÍSES DE CHILE, COLOMBIA Y ECUADOR

## Resumen

El objetivo de esta investigación fue comparar la respuesta sísmica de un modelo estructural de una edificación de 10 niveles diseñado según el código sismorresistente peruano con los códigos de Chile, Colombia y Ecuador. Este estudio se clasificó como no experimental, con un diseño transversal, y utilizó como población y muestra el modelo estructural. A través del software Etabs, se llevó a cabo un modelado utilizando los espectros de respuesta de los países mencionados, con el propósito de analizar las demandas sísmicas establecidas por cada código, como los desplazamientos, las derivas y los cortantes en la base. Se obtuvieron espectros de diseño: aceleraciones pico de 0.1875  $m/s^2$ , 0.1652  $m/s^2$ , 0.1571  $m/s^2$  y 0.1328  $m/s^2$ . En cuanto a las cortantes en la base, las cuales registraron valores de 485.11 tonf, 358.52 tonf, 538.02 tonf y 454.66 tonf. Los desplazamientos máximos fueron de 21.01 mm, 15.64 mm, 24.44 mm y 20.06 mm. Además, se observaron incidencias de derivas máximas de 56%, 71%, 24% y 34% respectivamente. Estos resultados revelaron que el código peruano E0.30 adoptaba un enfoque conservador, posicionándose detrás del código chileno Nch 433 en términos de exigencias sísmicas. La conservaduría se justificaba por la alta actividad sísmica en la región. Este estudio evidenció diferencias en las demandas sísmicas según los códigos de distintos países. Destacó la importancia de considerar características sísmicas regionales en el diseño de estructuras seguras y resilientes.

**Palabras Clave:** Comparación Sísmorresistente, Desplazamientos, Derivas, Cortante en la base, Espectro de respuesta.

## Abstract

The objective of this research was to compare the seismic response of a structural model of a 10-story building designed according to the Peruvian earthquake-resistant code with the codes of Chile, Colombia and Ecuador. This study was classified as non-experimental, with a cross-sectional design, and used the structural model as the population and sample. Through the Etabs software, modeling was carried out using the response spectra of the aforementioned countries, with the purpose of analyzing the seismic demands established by each code, such as displacements, drifts and shears at the base. Design spectra were obtained: peak accelerations of  $0.1875 \text{ m/s}^2$ ,  $0.1652 \text{ m/s}^2$ ,  $0.1571 \text{ m/s}^2$  and  $0.1328 \text{ m/s}^2$ . Regarding the shears at the base, which recorded values of 485.11 tonf, 358.52 tonf, 538.02 tonf and 454.66 tonf. The maximum displacements were 21.01 mm, 15.64 mm, 24.44 mm and 20.06 mm. Furthermore, incidences of maximum drifts of 56%, 71%, 24% and 34% respectively were observed. These results revealed that the Peruvian code E0.30 adopted a conservative approach, positioning itself behind the Chilean code Nch 433 in terms of seismic requirements. The conservatism was justified by the high seismic activity in the region. This study showed differences in seismic demands according to the codes of different countries. It was highlighted the importance of considering regional seismic characteristics in the design of safe and resilient structures.

**Keywords:** Seismic Comparison, Displacements, Drifts, Base Shear, Response Spectrum.

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática.

A nivel internacional, los códigos de construcción funcionales en regiones sísmicamente activas han tenido debidamente en cuenta en la formulación de disposiciones sísmicas principalmente para salvar vidas y propiedades que gran mayoría de las normativas vigentes se preocupan de ese principio [1]. Más de 160 países y naciones tienen alguna forma de código sísmico. Sin embargo, la calidad, el alcance del estudio y las metodologías aplicadas entre los códigos sismorresistentes difieren en todo el mundo habiendo algunas más conservadores que otras sobrevalorando una edificación y perjudicando económicamente [2]. Las orientaciones actuales de código sísmico no logran capturar esta respuesta inelástica no lineal, ya que los códigos utilizan formulaciones de patrones de carga lateral basadas en el comportamiento elástico dinámico. Por lo tanto, no conducen necesariamente a una distribución eficiente de la resistencia y de la rigidez dentro de una edificación. Como resultado, la estructura no responde de manera predecible y deseable [3].

Se producen terremotos moderados cerca de la franja del pacífico llena de gente que puede causar graves daños si estos edificios de varios pisos no están diseñados correctamente. No obstante, el costo de construcción aumenta significativamente si estos edificios se diseñan utilizando un procedimiento sísmico conservador [4]. El cinturón de fuego, donde se sitúan en una de las zonas más pronas a eventos sísmicos a nivel mundial y ser continuamente afectado por fuertes terremotos, que algunos países aún carecen de marco normativo adecuado en la preparación estructural para medidas de fortalecimiento [5]. América del Sur posee regiones con un grado de sismicidad muy diferente. La frontera occidental del continente es una de las zonas más activas sísmicamente del mundo; corresponde a la confluencia de las placas sudamericanas y de Nazca [6].

La gran mayoría de los códigos sismorresistentes de diseño, necesitan un método de carga estática equivalente para el diseño de edificaciones asimétricas frente a las fuerzas sísmicas. Las cargas laterales estáticas equivalentes deben emplearse a una excentricidad de diseño a partir del centro de resistencia elástico [7]. También complementan Arslan et al. [8] que la mayoría de los códigos sugieren excentricidad adicional en el proceso de diseño para analizar los efectos de torsión. Se ha demostrado que las edificaciones con irregularidades en planta y elevación padecen más daños durante los terremotos que sus equivalentes regulares.

El inconveniente es complicado porque la respuesta estructural ante los sismos violentos es no lineal, dinámica y aleatoria. En efecto, se necesitan prácticas y datos específicos para el diseño sismorresistente, que un especialista promedio no necesariamente los tiene. Los métodos para el análisis sísmico, destinados a aplicaciones prácticas, se proporcionan en códigos sísmicos [9]. Uno de los factores que tiene gran relevancia es la amplificación del suelo, que es uno de los efectos importantes del suelo y es considerado por los códigos de diseño en forma de factores de amplificación o diferentes espectros de diseño para las clases de sitio especificadas [10]. Igualmente, otro factor a evaluar son los límites de deriva de las estructuras que dependen de la clase de importancia del edificio en caso de desastre y del tipo de componentes no estructurales y sus detalles de disposición en la estructura [11]

El peligro por lo general se estima mediante escenarios sísmicos aleatorios, cada escenario está representado por la dispersión espacial de cualquier indicador de intensidad sísmica, ya sea la aceleración máxima del suelo, la velocidad máxima del suelo o el desplazamiento máximo del suelo, la aceleración espectral o la distorsión entre capas [12]. Los códigos funcionarían según lo previsto cuando el edificio esté sujeto a un movimiento de terreno a nivel de diseño que tenga un espectro de respuesta comparable al utilizado en el diseño. Por ejemplo, ¿se cumplen los límites de deriva? ¿Se logra una metodología de diseño de columna débil con vigas fuertes? Son incógnitas que se deben de analizar al

momento de diseñar edificaciones para evitar daños y salvaguardar vidas [13].

En los últimos años se han hecho investigaciones sobre el colapso progresivo de estructuras, las cuales son causa de factores creados por el ser humano, como errores en el diseño o errores en construcción principalmente. El colapso progresivo en estructuras se enfoca en las cargas de gravedad, pero también otros factores como, cargas dinámicas de viento y terremotos [14]. Las circunstancias locales del terreno son un factor muy importante en la respuesta sísmica en edificaciones y también es fundamental comprender las características del terreno. La amplificación del suelo es de gran importancia y es considerado por las normas de diseño en forma de factores de amplificación o diferentes espectros de diseño para las clases de sitio especificadas [15].

Analizando el daño reportado en edificios de hormigón armado a través de eventos sísmicos pasados, una de las tipologías de edificios más representativas en Italia, una característica común es la falta de detalles sísmicos adecuados y filosofías de diseño ahora incluidas en los estándares de diseño modernos en torno al mundo. Los métodos de análisis y diseño sismorresistentes en estructuras fijados en los códigos se modifican periódicamente, esto lleva a una ideología de la mejora continua y la examinación de las falencias de cada norma, así logrando adecuarse a un código de diseño óptimo y actualizado [16].

Los códigos de diseño en Perú se ha venido refinando y actualizando con más regularidad a diferencia de sus países vecinos para mantenerse al día con los avances en ingeniería sísmica e incorporar los resultados de la investigación, y estos se reflejan en la E.030 que es modelo a nivel internacional al momento de actualizar alguna normativa sismorresistente [17] En la última década los avances obtenidos sobre investigaciones del comportamiento estructural y de suelos en la Sudamérica en especial países andinos posibilitan que hoy en día se logren abordar criterios de diseño óptimos, siendo estos puntos los más críticos al momento de plantear una normativa [18]. Los códigos de diseño locales, que son el resultado de investigaciones hipotéticas, pruebas experimentales y la

experiencia adquirida a partir de las percepciones de temblores pasados. Las modificaciones sísmicas actuales de los códigos de diseño varían entre naciones; sin embargo, mantienen un conjunto común de principios fundamentales [19].

En un contexto nacional, los terremotos más grandes, violentos y destructivos en Perú son generados principalmente por la zona de subducción en zona costera del Pacífico [20]. Debido a su localización geográfica, Perú es parte del llamado Anillo de Fuego del Océano Pacífico. Perú también se considera uno de los países con mayor potencial para la ocurrencia de grandes terremotos, causados por el deslizamiento de la placa de Nazca que está situada bajo la placa de América del Sur en el límite occidental peruano, que ocurre como una velocidad relativa de aproximadamente 6 a 7 cm/año [21].

El daño económico puede ser inmenso, por esta razón el Conde III de Monclova, Melchor Portocarrero Laso (1636-1705), que fue virrey del Perú desde 1688 a 1705, tras un decreto real sobre la construcción de edificaciones en especial apartamentos. Desde este decreto, se puede concluir que se prescribió un tipo de código de construcción, que estipulaba las dimensiones del edificio y el número de pisos y contenía especificaciones para los materiales de construcción [22]. Estructuras históricas del Perú poseen un gran valor para la sociedad, ya que representan productos únicos de la tecnología de su tiempo y lugar. Desafortunadamente, corren un alto riesgo de perderse y dañarse irrevocablemente por varias razones. Las estructuras de mampostería sin refuerzo (URM), especialmente las iglesias, generalmente no están diseñadas para soportar cargas horizontales debido que no estaban regidas bajo ningún código sismorresistente [23]. Complementando Kutiowa [24], afirma que "El Ministerio de Vivienda, Construcción y Salud estima que aproximadamente el 70% de las casas en el país son informales, y estas casas estuvieron edificadas por el dueño a través de un maestro de obras. Sin embargo, usualmente son ayudantes u oficiales los encargados de las construcciones y que no se rigen de ninguna normativa sismorresistente la cual también se estima que un sismo de 8.5 grados en la capital tendría unos 50,000 fallecidos, y un aproximado de 200,000 estructuras

destruidas”.

Las características principales de estos edificios que están ubicados en Chiclayo (norte de Perú) y los edificios ubicados en Lima; Ambas ciudades pertenecen a la zona con mayor sismicidad en el Perú [25]. Así mismo Tavera [21] afirmó que "la quinta aspereza (A5) se halla frente a la franja de la costa de Chiclayo y puede estar relacionada con el terremoto de 1619. La aspereza menor corresponderá a un terremoto de 7,5 Mw. Siendo un supuesto terremoto violento en la zona del norte del país y con una zona de probables rupturas sísmicas, el cual dañaría muchas viviendas que no se construyeron con los parámetros sísmicos necesarios para resistir esta magnitud de aceleraciones que posiblemente termine con pérdidas económicas y vidas humanas”.

En cuanto a estudios previos realizados anteriormente referente a comparación a códigos sismorresistentes se destacan a continuación.

Carrera [26] en su tesis denominada “Estudio comparativo de una estructura sismo-resistente de hormigón armado utilizando la Norma Ecuatoriana de la construcción (NEC15) y la Norma Chilena de la construcción (NCh433 mod2009)” tuvo como objetivo el análisis y diseño de edificios de concreto armado con la normativa de construcción ecuatoriana NEC-15 y el código sismorresistente de edificaciones chilena NCH433mod2009, para posteriormente contrastar sus capacidades dinámicas y principales características. La relevancia de esta tesis es que se obtuvieron resultados elementales al evaluar y comparar los espectros de diseño correspondientes y sus respectivos factores claves para obtener un código recomendable para estructuras de concreto armado. Estructuras como, conexiones, viga-columna, capacidad de columna, etc. estos resultados determinan el comportamiento sísmico de construcciones diseñadas con NEC15 y NCh433 mod2009, y basadas en dichos resultados se realizan comparaciones cualitativas, cuantitativas y económicas.

Gallegos Díaz [27] En su tesis “Análisis comparativo del diseño Sismo resistente de

estructura de hormigón armado Basado en normativa ecuatoriana (NEC-SE-DS) y colombiana (NSR-10)” el objetivo es examinar los aspectos técnicos, así como las ventajas y desventajas de los códigos sismorresistentes aplicados en Ecuador y Colombia. Se realizará un análisis detallado de cada código, centrándose en los parámetros y factores que directamente influyen en resultado del espectro de diseño y el desplazamiento en la base del diseño. Llega a concluir que las características de diseño varían en ambos conjuntos de regulaciones. En el caso del código sismorresistente de Ecuador, se necesitan los valores correspondientes al factor de zona sísmica  $Z$ , la relación entre la aceleración espectral y el período de retorno elegido, así como los factores de perfil del suelo, para llevar a cabo los tratamientos de la información.

Chamaza Carrera & Córdoba Tepud [28] En su tesis para titulación “Estudio comparativo del análisis estático no lineal de estructuras regulares de hormigón armado aplicando normativa ecuatoriana, colombiana, peruana y chilena” tiene como objetivo llevar a cabo una investigación centrada en el rendimiento sísmico mediante un análisis no lineal de dos edificios de 5 y 7 pisos respectivamente. Estos edificios se encuentran ubicados en zonas colindantes que experimentan una mayor actividad sísmica y comparten características de suelo similares. En su conclusión indica que las dimensiones de las edificaciones de concreto armado experimentan variaciones en función de la normativa aplicada y los niveles de los pisos analizados. Estas variaciones se deben a las distintas cargas y exigencias impuestas por cada norma. En el caso de cumplir con los límites permitidos para los desplazamientos laterales, es necesario realizar ajustes significativos en las secciones de las vigas y columnas con el fin de lograr una mayor rigidez estructural. Este fenómeno es particularmente evidente en las regulaciones vigentes tanto en Ecuador como en Colombia.

D'ugard [29] en su investigación nombrada “Análisis comparativo del comportamiento sísmico de un sistema “MDL” de 5 niveles, aplicando las normas E.030 y NSR-10, Lima 2019” el cual escoge 2 normativas internacionales para comprarlas, siendo:

Colombia y Perú; cuyo objetivo es llegar a poder entender mejor los resultados del sismo en una estructura de concreto reforzado con sistema de MDL de 5 pisos, recopilando y comparando los valores luego de emplear los códigos sismorresistentes a una estructura semejante. En una de sus conclusiones menciona que la norma sismorresistente peruana obtuvo resultados más exigentes dentro de todos los parámetros de diseño seleccionados. Recomienda se debe seleccionar cuidadosamente estos parámetros para un sistema MDL puesto que modifican de modo significativo los espectros de respuesta y también se obtiene un comportamiento más seguro con la normativa peruana; la relevancia de la tesis es realizar el análisis comparativo de códigos para la mejoría de los parámetros de la norma sismorresistente de cada una incluyendo la norma peruana.

Huaripata [30] en su artículo de investigación "Comparative analysis of the seismic response of an essential and a common building using site spectra and dynamic modal spectral analysis according to South American standards" de perfil cuantitativo. En una de sus conclusiones menciona que el impacto de los espectros de sitio en las edificaciones esenciales es menor en comparación con el análisis dinámico modal espectral de la Norma peruana E.030 sismorresistente y la chilena NCH433; así mismo recomienda que en el caso de edificaciones multifamiliares, las respuestas son considerablemente más significativas para ambas normas cuando se considera un suelo de tipo S2; la relevancia de la investigación también presenta algunos comentarios sobre el detalle en las estructuras de concreto reforzado para garantizar un buen rendimiento bajo carga sísmica, lo que permite una interpretación más favorable de los resultados del análisis sísmico.

Santos et al. [6] en su investigación titulada "Comparative study of codes for the seismic design of structures". Aquí se muestra una evaluación general de algunos puntos de los códigos sísmicos de América del Sur, comparándolos entre ellos y con el Estándar Americano ASCE / SEI 7/10 y con el Estándar Europeo Eurocódigo 8; cuyo objetivo es realizar estudios de comparaciones entre códigos sísmicos, para descubrir discrepancias y similitudes entre ellos, identificando y cumpliendo áreas descuidadas de conocimiento.

Llega a concluir que los códigos pueden explicarse parcialmente por la tradición técnica presente en cada país, pero también se deben a particularidades sismológicas y geológicas específicas, como distancias a fallas activas, diferentes comportamientos de regiones sísmicamente activas o entreplacas, registros sísmicos disponibles en cada país, entre otros. Recomienda que estos requisitos se completen en las futuras revisiones de estas normas.; la relevancia de este artículo es que no todos los países latinoamericanos tienen los parámetros similares y valores al momento de diseño, ya que tienen diferentes características de cada zona.

Terrones y Vilca [31] en su investigación “Análisis comparativo del comportamiento estructural basado en solicitaciones sísmicas de una edificación de concreto armado según NTP-E030-2018, NCH433-2012 y NEC-SE-DS-2015”. Esta comparación dará una idea sobre la posición de normativa peruana en lo que respecta a la seguridad contra terremotos, el cual su objetivo primordial de este estudio es contrastar la disposición sísmica actual, así como las disposiciones sísmicas conocidas de otros países que son en este caso Chile y Ecuador. Llega a concluir que en lo que respecta al coeficiente de reducción sísmica ( $R$ ), tanto la norma Nch433 como la Nec-15 reducen la respuesta sísmica de manera más efectiva en comparación con la norma E.030. Esto indica que tanto la norma Nec-15 como la norma Nch433 consideran que la estructura tiene una mayor capacidad para disipar energía de manera inelástica. Se necesitan más estudios en este aspecto; la relevancia de este estudio comparativo sirve para ver las falencias de estos últimos códigos y así poder acotar los puntos débiles para la publicación definitiva de los próximos códigos.

Silva y Del Aguila [32] en su investigación titulada “Respuestas sísmicas para un edificio de sistema de muros estructurales ubicado en el distrito de San Miguel, comparando la norma E030 y la NCh 433.of1996 - año 2019”. El tipo de investigación es de perfil cuantitativo, que tuvo como objetivo en comparar el resultado del análisis elaborado empleando la norma sismorresistente peruana y la chilena, para establecer el

desempeño sismorresistente de una construcción con muros estructurales. Llega a concluir que los productos obtenidos de la norma sismorresistente peruana son más conservadores y que se manifiestan en los efectos de las variables. Recomienda un mapeo donde se presenten las isoaceleraciones de cada sector de análisis, esto favorecería a obtener estimaciones más precisas para el factor de zona; la relevancia de la tesis es saber si una edificación con muros estructurales comparada con la norma chilena es más conservadora que para algunos es mejor y más segura.

Cutipa Quispe [33] en su investigación titulada “Análisis comparativo de la respuesta sísmica de un edificio de concreto armado aplicando las normas de diseño sismorresistente de Perú, Chile, Estados Unidos y Japón” que tuvo como objetivo determinar, analizar y comparar el desempeño sismorresistente en una edificación de concreto reforzado empleando los códigos y normas de diseño sismorresistente de Perú, Chile, Estados Unidos y Japón. Llega a concluir que los rendimientos adquiridos de la norma sismorresistente de Perú son ligeramente más conservadores y que se manifiestan en los productos de las variables. Recomienda aplicar este tipo de investigación y así poder hacer comparación del código sísmico peruano con otros códigos sísmicos importantes como los de México, Ecuador, Nueva Zelanda y Euro Code 8; la relevancia de la tesis es saber si una edificación con muros estructurales comparada con la norma chilena es más conservadora que para algunos es mejor y más segura.

Alfaro [34] en su libro de tesis “Estudio comparativo de la norma peruana e.030 diseño sismorresistente y la norma chilena NCh433 diseño sísmico de edificios, y su aplicación a un edificio de concreto armado”, que tuvo como objetivo Realizar un análisis comparativo aplicando el análisis sísmico dinámico utilizando el código sísmico peruano y chileno para un edificio de concreto reforzado de sistema dual. Llega a concluir que la norma chilena tiene valores menores con respecto a las derivas de entrepiso y deformaciones por piso que la norma peruana. Recomienda emplear el periodo de vibración para el factor de  $R^*$ , para obtener un espectro óptimo ya que influye en el factor

de reducción; la relevancia de la tesis es para tener un conocimiento sobre la diferencia de los componentes de cada norma y el desempeño en la estructura.

García & Moscoso [35] en su tesis “Análisis comparativo de la respuesta sísmica de distorsiones de entrepiso - deriva y fuerzas cortantes de una edificación de concreto armado con sistema dual, mediante los análisis sísmico dinámico, aplicado con la norma de diseño sismorresistente E.030 del 2016 y la norma chilena de diseño sísmico de edificios NCh 433.of1996 modificada en 2012”, tuvo como objetivo Realizar un estudio comparativo del código sismorresistente peruano con el chileno de acuerdo a sus metodologías de diseño para una edificación multifamiliar de concreto reforzado de sistema dual. Llega a concluir que no se llegó a comprobar la hipótesis que la norma peruana proporcionaría valores poco rigurosos comparada con la norma chilena. Recomienda emplear un mapa de isoaceleraciones con probabilidad de 10% y también elaborar un estudio de mecánica de suelos bien elaborado y así mismo verificar las irregularidades; la relevancia de la tesis es para entender mejor las debilidades y fortalezas que tiene cada norma al ser comparadas en estructuras de concreto reforzado de sistema dual.

A nivel local no se han encontrado investigaciones de comparativas de normas sismorresistentes con las de otros países. Este tipo de investigación es macro porque se toman normativas nacionales siendo imposible comparar una norma sismorresistente local, la cual no existe.

El propósito de esta investigación es ilustrar cómo comparar el diseño sísmico del código peruano con los códigos sísmicos de otros países, encontrando y analizando las diferencias y semejanzas que existen entre ellos. La intención de esta investigación es entender mejor el impacto de los eventos sísmicos y sus características, alcance y limitaciones en edificaciones de concreto reforzado. Se seleccionó los países de Chile, Ecuador y Colombia para comparar sus códigos sismorresistentes con la normativa peruana E.030 puesto que al ser países colindantes se encuentran en una zona de alta incidencia de eventos sísmicos, el denominado cinturón de fuego; además que los países

seleccionados se sitúan dentro de la placa de sudamericana, al presentar una menor densidad que la placa de Nazca, está última penetra debajo del todo el continente sudamericano, conllevando una liberación de energía debido a la fricción que se genera entre placas, siendo un causante latente de movimientos tectónicos.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Como se sitúa el código sismorresistente peruano en comparación a los códigos de los países de Chile, Ecuador y Colombia, para un modelo estructural de concreto reforzado de una edificación de 10 niveles?

## **1.3. Hipótesis**

El código sismorresistente chileno se situaría como un código más conservador a comparación de los códigos de Peru, Colombia y Ecuador, según la respuesta sísmica encontrada en el modelo estructural de una edificación de 10 niveles.

## **1.4. Objetivos**

### **Objetivo general**

Comparar la respuesta sísmica en un modelo estructural de concreto reforzado de una edificación de 10 niveles del código sismorresistente peruano con los códigos de los países de Chile, Colombia y Ecuador.

### **Objetivos específicos**

- Determinar, analizar y comparar los espectros de diseño del modelo estructural de concreto reforzado de una edificación de 10 niveles empleando los códigos sismorresistentes de los países de Perú, Chile, Colombia y Ecuador.
- Determinar las fuerzas cortantes en la base del modelo estructural de concreto reforzado de una edificación de 10 niveles empleando los códigos

sismorresistentes de los países de Perú, Chile, Colombia y Ecuador.

- Determinar, analizar y comparar los desplazamientos del modelo estructural de concreto reforzado de una edificación de 10 niveles empleando los códigos sismorresistentes de los países de Perú, Chile, Colombia y Ecuador.
- Determinar, analizar y comparar las derivas del modelo estructural de concreto reforzado de una edificación de 10 niveles empleando los códigos sismorresistentes de los países de Perú, Chile, Colombia y Ecuador.

## **1.5. Teorías relacionadas al tema**

### **1.5.1. Cinturón de fuego del Pacífico**

En la década de 1970, la comunidad científica mundial hizo todo lo posible para encontrar la mejor manera de predecir la ocurrencia de grandes terremotos. El primer logro es el "Mapa Sísmico Mundial", que nos permite conocer la ubicación del área con la mayor frecuencia de actividad sísmica. Por lo tanto, la existencia del área llamada "Anillo de Fuego del Pacífico" hoy en día confirmada. La tierra descarga más del 80% de la energía acumulada en ella, lo que provoca terremotos y actividad volcánica. El margen occidental ubicado en parte de América del Sur, por lo tanto, Perú, es parte de la región [21].

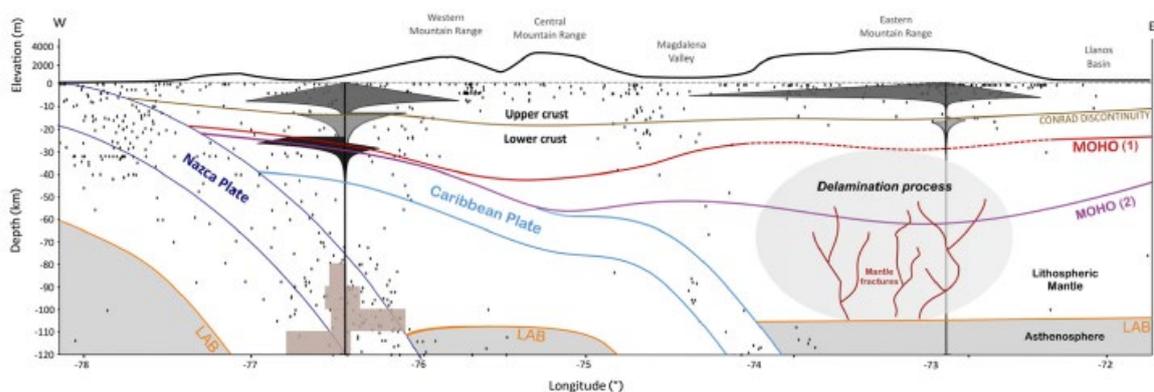
La característica del cinturón de fuego es que es una de las superficies más afectadas por los sismos en la tierra, porque en el área que limita con el Océano Pacífico, alrededor del 85% de la energía total generada por un terremoto o temblor se libera en el mundo" [36]. "El área principal de riesgo sísmico es el llamado "Anillo de Fuego del Pacífico", cuyo nombre se deriva del enorme anillo de actividad volcánica que se extiende alrededor del Océano Pacífico. Las zonas de convergencia submarina, como la de Chile en el Cinturón de Fuego, experimentan movimientos sísmicos intensos debido a la compresión entre placas y dentro de placas con profundidades intermedias. Esto se debe al acercamiento rápido de la Placa de Nazca a la Placa Sudamericana, la juventud de la

placa oceánica y las propiedades de las fallas [37].

En las dos últimas décadas, los terremotos se han convertido en la principal preocupación en los países que rodean el Cinturón de Fuego debido a su elevada actividad sísmica. Esto ha provocado enormes pérdidas humanas y materiales. A pesar de la exigencia de construir infraestructuras teniendo en cuenta las fuerzas sísmicas, los terremotos siguen infligiendo graves daños y costosos derrumbes en la región. Sin embargo, en cada ocasión en que tienen lugar sismos, múltiples construcciones en la región afectada suelen sufrir daños notables e incluso colapsos, lo que conlleva a víctimas, interrupción de los servicios públicos y la erogación de grandes sumas para la rehabilitación y reconstrucción [38].

#### **1.5.1.1 Placa de Nazca**

En la región de los Andes Noroccidentales, la intensa actividad sísmica se atribuye a su intrincado contexto geológico, caracterizado por el crecimiento ascendente y la expansión horizontal del sistema orogénico a velocidades variables de sur a norte, coincidentes con la convergencia de tres placas tectónicas: la Sudamericana, la de Nazca y la del Caribe. La Cordillera Central (CC) de esta región se formó hacia finales del Cretácico, posiblemente relacionada con el inicio de la subducción de la Placa de Nazca. A lo largo de esta cordillera se extiende un arco volcánico que data del Eoceno-Oligoceno. La exhumación de la Cordillera Occidental se remonta a la colisión entre los márgenes de Nazca y Sudamérica en el Cretácico y el Paleoceno. La formación más reciente, la Cordillera Oriental (CO), se elevó durante el Mioceno como resultado de la inversión de un sistema de fallas normales en un sistema de fallas de cabalgamiento, provocado por la colisión del Bloque de Panamá con el noroeste de Colombia. La culminación de estos procesos geológicos ha dado lugar a una compleja configuración estructural y geológica en el territorio colombiano, con incertidumbres que aún rodean nuestra comprensión del comportamiento mecánico de las rocas [39].



**Fig. 1.** Modelo conceptual de la subducción de la Placa de Nazca.

**Nota.** Obtenido de [39].

### 1.5.2. Sismos y el impacto en edificaciones

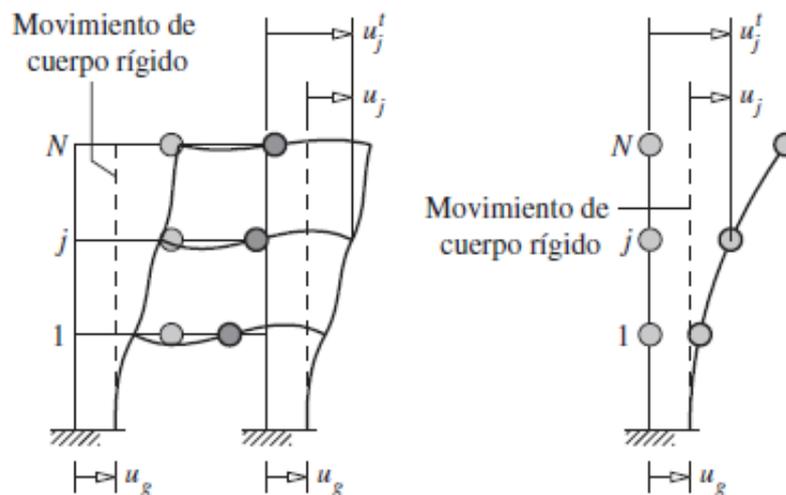
Un sismo se produce cuando dos masas de tierra se desplazan bruscamente, una tras la otra, a lo largo de una superficie conocida como falla o plano de falla. La zona subterránea en la que comienza este movimiento recibe el nombre de hipocentro, mientras que el punto directamente sobre él en la superficie terrestre se denomina epicentro. No obstante, desde la perspectiva de la ingeniería, el terremoto más grave e importante es el terremoto de origen tectónico, causado por el desplazamiento repentino de placas grandes que subdividen la corteza [40].

Los terremotos se centralizan en una zona consistente con los linderos de las placas tectónicas. Esto se debe a que el mecanismo de los terremotos está relacionado con la acumulación de energía elástica en los bordes de las fallas [41]. La seguridad sísmica de los edificios no solo ha llamado la atención hoy en día, sino que también ha sido objeto de observación en los últimos siglos. Un terremoto puede causar el colapso de edificios, puentes, paredes, techos, etc. Desde la Edad Media, los terremotos han sido considerados como desastres naturales y ya no como el juicio de Dios. La razón inicial no está clara; no hay una base teórica. Los enjambres sísmicos se observan generalmente en las regiones volcánicas, y se definen como series prolongadas de terremotos de magnitud

pequeña a moderada sin que se produzca un acontecimiento importante distintivo y que se produzcan en un período de tiempo relativamente corto [42].

Los códigos modernos de diseño sísmico para sistemas estructurales se centran principalmente en evitar el colapso estructural. Los colapsos estructurales totales o parciales provocados por los terremotos son la principal causa de víctimas mortales, heridos, importantes pérdidas económicas, tiempos de inactividad prolongados y efectos medioambientales. Por ello, un componente clave de la ingeniería antisísmica es la evaluación matemática del riesgo de colapso de las estructuras creadas de conformidad con los códigos de construcción, como los edificios. Esto es especialmente importante en los países subdesarrollados, que a menudo carecen de estudios exhaustivos sobre el comportamiento sísmico de sus edificios [37].

La actividad sísmica del suelo se trasfiere a la estructura ubicado en la base. La parte inferior de la edificación suele a continuar el movimiento del terreno, y debido a la inercia, la masa del edificio es opuesta al desplazamiento dinámico, y sigue el movimiento de la parte inferior del edificio, como se muestra en la Fig. 2. Entonces se generará fuerza de inercia. Poner en peligro la seguridad de la estructura [43].

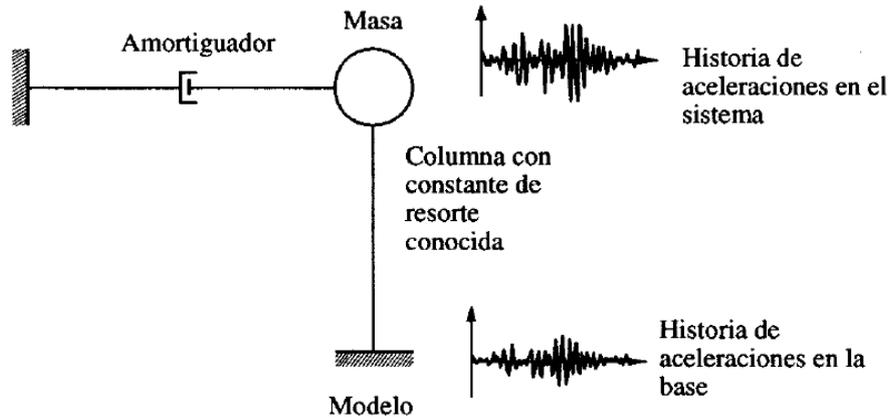


**Fig. 2.** Fuerza de inercia generada por la vibración de la estructura.

**Nota.** Obtenido de [43].

La vibración de la estructura amplifica en gran medida el movimiento del suelo, de

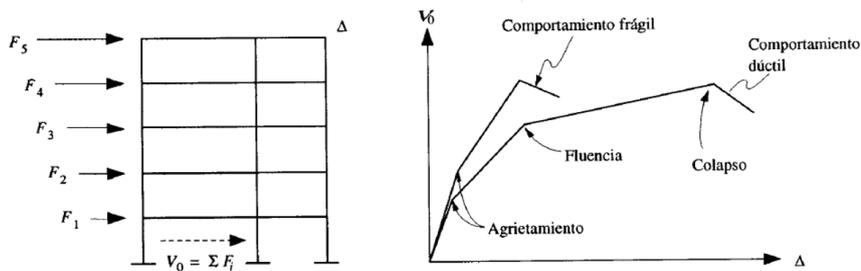
modo que la aceleración en él se vuelve varias veces mayor que la del suelo. El grado de amplificación esta sujeta a la amortiguación principal del suelo.



**Fig. 3.** Modelo de un sistema de un grado de libertad.

**Nota.** Obtenido de [43]

En estructuras que deben resistir terremotos, la ductilidad es un atributo muy importante, ya que elimina la posibilidad de una falla frágil repentina y también juega un papel adicional de amortiguación [43].



**Fig. 4.** Relación de carga-deformación de una escritura.

**Nota.** Obtenido de [43].

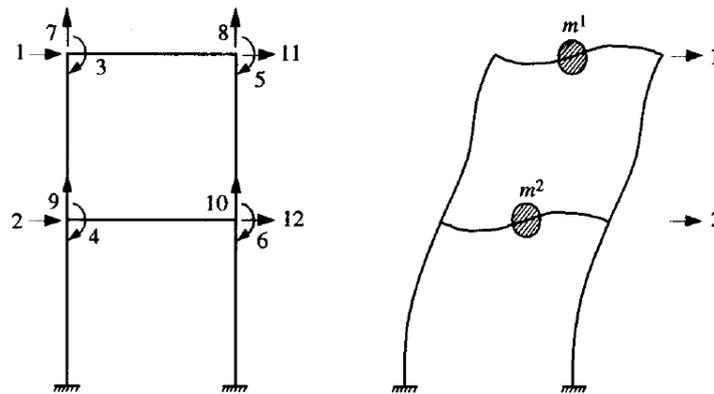
### 1.5.2.1. Análisis sismorresistente en edificaciones

El análisis sísmico se utiliza para prever la respuesta estructural en el diseño de estructuras capaces de resistir terremotos o para adaptar estructuras vulnerables ya existentes. Este desafío es intrincado debido a que la respuesta estructural a terremotos intensos es dinámica, no lineal y aleatoria, características poco comunes en la ingeniería estructural, donde la mayoría de los problemas son estáticos, lineales y deterministas, o al menos se pueden aproximar adecuadamente como tales. Los métodos para el análisis sísmico, destinados a aplicaciones prácticas, se proporcionan en códigos sísmicos. Mientras que los métodos analíticos, numéricos y experimentales más avanzados deben usarse en la investigación dirigida al desarrollo de nuevos conocimientos [9].

### **1.5.3. Conceptos generales del desempeño estructural**

#### **1.5.3.1. Grados de libertad**

Desde un punto de vista dinámico, el grado de libertad que genera una gran cantidad de la fuerza de inercia generalizada es interesante. Es decir, la fuerza de masa igual a la aceleración o la fuerza igual al momento de inercia de la aceleración angular. La Fig. 5 muestra un marco con 12 grados de libertad estática. No obstante, si la fuerza de inercia mayor es solo la fuerza de inercia generada cuando la masa 1 y la masa 2 se mueven lateralmente, y la deformación del piso en su plano es depreciable, entonces tenemos dos sistemas de grados dinámicos de libertad. Estos son 1 y 2 en el diagrama de desplazamiento lateral. Vale la pena mencionar que esto no significa que se cancelarán en otros giros y desplazamientos, pero, aunque aumentan los resultados diferentes de cero, no generarán fuerzas de inercia significativas [43]



**Fig. 5.** *Relación de carga-deformación de una escritura.*

**Nota.** Obtenido de [43]

#### 1.5.4. Método del elemento finito

Hoy en día, el método de elementos finitos representa el instrumento más potente para analizar estructuras complicadas, como muros con geometrías y composiciones particulares. En términos prácticos, las soluciones obtenidas mediante una aplicación adecuada de este método a problemas de elasticidad lineal se pueden considerar como precisas. En esencia, este enfoque implica la subdivisión de la estructura en regiones más pequeñas, llamadas elementos finitos, donde se establece la forma en que los desplazamientos varían en función de los valores asignados a puntos específicos conocidos como nudos [43]. El análisis de confiabilidad se ha utilizado en varios problemas de ingeniería geotécnica en los últimos años. Los tipos de análisis pueden ser cálculos y aplicaciones prácticos basados en la confiabilidad o análisis estocásticos utilizando elementos finitos u otros métodos numéricos [44].

#### 1.5.5. ETABS 2021

ETABS es un software integrado para el análisis estructural y el diseño de edificios. Este último ETABS integra 40 años a más de exploración e investigación continua y

resultados de desarrollo, puede proporcionar herramientas para crear y representar gráficos tridimensionales basados en objetos sin igual, capacidades de análisis lineales y no lineales extremadamente rápidas, adecuadas para funciones de diseño complejas y exhaustivas de varios materiales, así como visualizaciones gráficas, informes y esquemas perspicaces, los usuarios pueden interpretar y comprender de carácter rápido y sencillo los resultados de los procesos de análisis y diseño. El software de ETABS mejora el modelo de marco espacial de la edificación, se utiliza el software ETABS para realizar análisis elásticos a través de métodos de fuerza lateral equivalente y espectro de respuesta para obtener la respuesta sísmica del edificio [45].

## **1.5.6. Parámetros para determinar la fuerza sísmica**

### **1.5.6.1. Factor de Zona (Z)**

Se utiliza un factor de zona para indicar numéricamente el rango esperado de movimientos de tierra para las diversas áreas del país. El factor está relacionado con la aceleración del terreno de diseño [46]. En el Anexo 2 se detallan los factores de zona usados en cada normativa sísmica estudiada de cada país.

- La zonificación sísmica propuesta en el código peruano se basa en la distribución espacial observada de la actividad sísmica, las propiedades comunes del movimiento sísmico y cómo disminuye su intensidad a medida que aumenta la distancia desde el epicentro. Como en la nueva estructura de información [47].
- En el código sismorresistente chileno, se distinguen 3 zonas sísmicas a nivel del país, la tabla II recopila los valores correspondientes a cada zona [48].
- Para la zonificación sísmica en Ecuador, el valor de "Z" se emplea como la aceleración máxima anticipada en roca para el sismo de diseño, expresado como un porcentaje de la aceleración debida a la gravedad, se detallan 6 zonas sísmicas [49]
- En la norma colombiana, la zona sísmica determina los valores de  $A_a$  (aceleración

pico efectiva) y de la misma manera  $A_v$  (velocidad pico efectiva), los valores de estos parámetros se detallan en el anexo 2, que a la vez está asociada a los mapas establecidos en la norma colombiana [50].

#### **1.5.6.2. Factor de amplificación del suelo (S)**

La amplificación sísmica del suelo en capas más o menos rígidas influye en la determinación de la forma del espectro de respuesta; en los casos de depósitos menos rígidos, la amplificación del suelo es mayor, lo que da lugar a mayores valores de los coeficientes de suelo [51]. El proceso de definición de la entrada sísmica en proyectos estándar se apoya en códigos de construcción internacionales como el IBC 15, Eurocódigo 8 y el Código de Construcción Italiano. Estos códigos permiten ajustar los efectos del sitio mediante un enfoque simplificado que modifica el espectro de respuesta de aceleración elástica calculado en áreas rocosas de referencia. Esto se logra mediante la introducción de factores de suelo adaptados a diferentes tipos de terreno. Aunque los detalles varían entre códigos, todos tienden a basar los factores de suelo en la intensidad anticipada del movimiento sísmico en el lecho rocoso subyacente. Este enfoque inicial considera la no linealidad de la respuesta de los suelos. Adicionalmente, se reconoce que los suelos manifiestan un comportamiento viscoelástico lineal ante movimientos leves del terreno. Esta característica impulsa un mayor aumento de la intensidad del movimiento en zonas de suelo blando en comparación con zonas de suelo rígido. Esta diferencia se debe al contraste de propiedades entre el lecho rocoso sísmico y las capas superficiales del suelo, influyendo en la respuesta sísmica en la superficie del terreno [52]. A continuación, se describe brevemente los factores de amplificación de suelo para cada normativa sismorresistente; adicionalmente en el anexo 3 se detalla los valores adoptados según zona sísmica y tipo de suelo para cada normativa.

Según **la norma sísmica peruana Norma E.030** [47] los perfiles de suelo son clasificados teniendo en cuenta el promedio de la velocidad de que transmite las ondas de

corte ( $\bar{V}_s$ ), o sucesivamente, para suelos que son granulares, el promedio ponderado de los  $\bar{N}$  por medio de Una prueba de penetración estándar o el valor promedio ponderado de la resistencia al corte en suelos cohesivos en condiciones no drenadas ( $S_u$ ).

La **norma sísmica chilena NCh 433** [48] muestra un espectro sin una plataforma de aceleración máxima horizontal; en su lugar, logra un valor pico de aceleración solo en el momento  $T_0$ , de lo cual su valor está influenciado por el tipo de suelo.

La **norma sísmica de ecuatoriana NEC - SE - DS** [49] presenta hasta 6 tipos de perfil de terreno, describiéndolos y dando el parámetro para su definición. En base a las definiciones para tipo de perfil de terreno y según la región sísmica que corresponde, en la norma ecuatoriana [49] se tienen los coeficientes de amplificación  $F_a$  (factor de incremento de terreno en la región de cortos periodos),  $F_d$  (el factor que incrementa las coordenadas del espectro de respuesta elástico de desplazamientos utilizado en el diseño sobre roca) y  $F_s$  (la respuesta no lineal de los suelos). Según como se detallan en las tablas del anexo 3.

La **norma sísmica colombiana NSR-10** [50] presenta hasta 6 tipos de perfil de terreno. La categorización de suelos y los factores de amplificación de terreno se encuentran en mayor detalle en el Anexo 3, junto con los datos complementarios de los coeficientes de amplificación de terreno de los demás códigos estudiados.

### **1.5.6.3. Factor de amplificación sísmica (C)**

El coeficiente de respuesta sísmica se utiliza para representar la respuesta de aceleración elástica horizontal de un edificio a la excitación de la tierra de entrada. La estructura amplifica la aceleración que obtiene en la base de acuerdo con su período básico de vibración (acorde con la característica del espectro de frecuencia). En el código sísmico, además del período de la estructura, esta amplificación también depende de las peculiaridades del suelo de cimentación [53]. Para tener en cuenta este efecto, el coeficiente de amplificación sísmica, de tal manera que la fuerza sísmica realista en estos miembros de fuerza controlada puede ser convenientemente calculada a partir de las

fuerzas sísmicas de diseño elástico [54]. Los resultados del análisis suelen proporcionarse como factores de amplificación estratigráfica, espectral y de velocidad. Estos valores se contrastan a menudo con las directrices ofrecidas por las clasificaciones de emplazamientos sísmicos reconocidas y las sugerencias recogidas en los códigos de construcción. Especialmente en los niveles de aceleración de entrada más bajos, ciertos modelos empíricos de predicción para el factor de amplificación estratigráfica, han revelado una subestimación potencial de los factores de amplificación según lo especificado por EC8-1 y el código sísmico italiano [55].

Los factores de amplificación sísmica se detallan por cada normativa estudiada en la presente investigación en el Anexo 4.

#### **1.5.6.4. Factor de importancia o uso (U)**

Las estructuras generalmente se dividen en varios factores para definir diferentes niveles de diseño en cuanto a la seguridad de la vida, por ejemplo, a los hospitales se les da un mayor nivel de seguridad [56]. El factor de importancia está relacionado con la ocupación o función del edificio. El principio que los códigos enfocan el uso es que una estructura que alberga instalaciones esenciales que se requieren para la recuperación después de un terremoto, materiales peligrosos o grandes poblaciones recibirá un tratamiento para mejorar su capacidad de supervivencia sobre las estructuras ordinarias o estándar [46].

Los factores de importancia de uso varían según cada normativa, ya sea peruana, chilena, ecuatoriana o colombiana, en el Anexo 5 se recopilan y detallan los factores de uso de las normativas sísmicas en estudio.

#### **1.5.6.5. Factor de reducción (R)**

El factor reducción de la respuesta es el factor por el cual la fuerza de corte de la base real debe ser reducida, para obtener la fuerza lateral de diseño durante el terremoto

básico de diseño [57].

Los factores de reducción sísmica son variantes según cada normativa, ya sea peruana, chilena, ecuatoriana o colombiana, en el Anexo 6 se detallan los factores de reducción por cada una de las normativas sísmicas en estudio.

#### **1.5.6.6. Estimación de peso (P)**

El peso sísmico se considera a media altura de los pisos adyacentes y se toma como la adición de las cargas permanentes y las cargas vivas debidas a simos. El peso sísmico del edificio consiste en la carga muerta completa más la porción o porcentaje apropiado de la carga impuesta/viva según lo especificado en todos los códigos sísmicos considerados. Sin embargo, el porcentaje de carga impuesta a considerar varía según los códigos [58].

La determinación del peso sísmico presenta un procedimiento similar en las normativas estudiadas, pero teniendo sus respectivas diferencias entre una y otra, ya sea peruana, chilena, ecuatoriana o colombiana; en el Anexo 7 se detalla el procedimiento de estimación del peso por cada una de las normas en cuestión.

#### **1.5.6.7. Periodo fundamental de vibración (T)**

El período de vibración fundamental de una estructura está determinado por su masa, altura total o número de pisos, material de construcción, sistema resistente, rigidez lateral y elementos no estructurales. Las estructuras que presentan un efecto de resonancia relacionado con su período de vibración fundamental pueden activarse durante los terremotos de intensidad reducida o intermedia, presentando un comportamiento elástico sin daño estructural [59].

La determinación del período fundamental está relacionado con la disposición estructural del edificio, según la normativa sísmica de cada país, ya sea peruana, chilena, ecuatoriana o colombiana; presenta diferencias para su determinación en cada caso, el

detalle del procedimiento para obtener el período fundamental de vibración se encuentra en el Anexo 8 para cada normativa sísmica estudiada.

#### **1.5.6.8. Análisis estático o de fuerzas equivalentes**

El enfoque de carga sísmica estática equivalente permite representar las sollicitaciones sismorresistentes como las fuerzas estáticas aplicadas al ancho y alto de la edificación. Es el más antiguo y el primero en usarse, imaginando a la estructura como un objeto rígido indeformable que se mueve siguiendo el movimiento horizontal del suelo. La fuerza de inercia generada por la aceleración de la construcción es igual a la masa [60].

En análisis estático tiene como fin obtener la fuerza cortante basal de la edificación, su determinación según el código sísmico peruano, chileno, ecuatoriano o colombiano se detalla en el Anexo 9.

#### **1.5.6.9. Análisis dinámico modal espectral**

El análisis dinámico modal espectral proporciona información sobre el comportamiento dinámico del edificio. Las formas de modo natural y los períodos de tiempo correspondientes deben calcularse para que los efectos de interacción modal necesiten usarse en el análisis de espectro de respuesta modal [53]. El método es general y se aplica para estructuras regulares e irregulares [61]. No es un predictor preciso de la respuesta máxima, sino brinda un aproximado bastante preciso para aplicaciones de diseño estructural. Este programa apunta primero estructura limitada por cada componente traslacional del movimiento del suelo [43].

#### **1.5.6.10. Espectro de Respuesta**

El espectro de respuesta (ER) se ha empleado ampliamente en ingeniería desde la década de 1950 para anticipar la reacción sísmica de estructuras sobre rasante, incluidos

edificios y puentes, debido principalmente a su sencillez y eficacia. Muchos países han incorporado el ER a sus códigos de diseño sísmico para construcciones sobre rasante. A lo largo de las tres últimas décadas, la ER ha experimentado nuevas mejoras para adaptarse a los complicados sistemas elevados caracterizados por un amortiguamiento no proporcional y una excitación multipunto [62].

La obtención del espectro de respuesta se detalla en el Anexo 10, para cada normativa sísmica en estudio, peruana, chilena, ecuatoriana y colombiana.

#### **1.5.6.10. Determinación de desplazamientos laterales relativos o derivas**

Los códigos sísmicos imponen límites de deriva lateral a las estructuras de los edificios para evitar posibles deterioros de los componentes tanto estructurales como no estructurales e impedir el choque entre estructuras adyacentes. Los límites de deriva de las estructuras de las edificaciones dependen de la clase de importancia de la construcción en caso de desastre y del tipo de los componentes no estructurales y sus detalles de disposición en la estructura [63]. La importancia de limitar la deriva de piso durante un terremoto, proporcionando una gran rigidez y una alta resistencia lateral, debe ser enfatizada en la ingeniería sísmica. El desplazamiento lateral relativo se produce aplicando tensión sísmica a la estructura, incluida la deformación causada por la traducción directa y la traducción torsional [64].

El procedimiento para la determinación de los desplazamientos relativos o derivas para cada normativa sísmica (peruana, chilena, ecuatoriana y colombiana) se detalla en el Anexo 11.

## II. MATERIALES Y MÉTODO

### 2.1. Tipo y Diseño de Investigación

Esta investigación se clasifica como no experimental debido a que no implica el manejo deliberado de variables. Principalmente se enfoca en la examinación de fenómenos semejantes a como se desarrollan en su entorno natural., con la intención de examinarlos subsiguientemente. En el siguiente tipo de investigación, no se instituyen circunstancias específicas ni se emplean incentivos a los sujetos del estudio. Más bien, los sujetos son notados en su ámbito [65]. Esta metodología da sustento en variables, conceptos o eventos que ya han ocurrido sin la mediación directa del que investiga. Por esta razón, a veces se denomina investigación "ex post facto", ya que analiza variables y sus relaciones en un contexto natural después de que los hechos y las variables han ocurrido.

La investigación presenta un nivel de investigación explicativo, puesto que no solo se limita a la descripción de una problemática, sino que también pretende establecer las causas en diferentes tipos de estudios, llegando a emitir conclusiones y explicaciones para el enriquecimiento de la base teórica. Una de las particularidades primordiales de la investigación explicativa es su capacidad de ser replicada en diferentes circunstancias, lo que permite explorar posibles nuevas versiones del fenómeno. Su propósito trasciende la simple obtención de información, buscando predecir e identificar las concurrencias existentes variables. Esto amplía las posibilidades de replicar el estudio en diferentes contextos y profundizar en la comprensión del fenómeno en cuestión [66]

En lo que respecta al diseño de la investigación, se emplea un método/enfoque de estudio transversal. Este diseño se emplea cuando el objetivo es analizar el nivel o estado de una o varias variables en un momento específico, así como las relaciones entre ellas en un determinado punto o más en el tiempo. Dentro de esta modalidad de diseño, los datos se recogen un único instante, en un tiempo determinado. El propósito fundamental es proporcionar descripciones detalladas de las variables y examinar cómo se relacionan e impactan mutuamente en un punto específico en el tiempo [67].

## **2.2. Variables, Operacionalización**

Se tienen dos tipos de variables en la investigación, variable independiente: Los códigos sismorresistentes de Perú, Chile, Colombia y Ecuador; y la variable dependiente: Desempeño sísmico del modelo estructural de concreto reforzado. La operacionalización de las variables, dependiente e independiente se detallan en las tablas I y II consecuentemente.

**Tabla I.**

*Operacionalización de la variable independiente.*

<b>Variable de estudio</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Instrumento</b>	<b>Valores finales</b>	<b>Tipo de variable</b>	<b>Escala de medición</b>
Códigos sismorresistentes de Perú Chile, Colombia y Ecuador.	El código sismorresistente se compone de un conjunto de reglas y directrices técnicas que definen los estándares y requisitos para el diseño, construcción y cuidado de estructuras y edificios. (Asociación Española de Ingeniería Sísmica, 2018)	Los códigos sismorresistentes se centran en asegurar la seguridad y la respuesta apropiada de las estructuras ante los efectos sísmicos, teniendo en cuenta las particularidades geotécnicas y sísmicas de la ubicación específica	Parámetro de Zonificación	Z (0.4g a 0.5g)	Observación	m/s <sup>2</sup>	Numérica	Razón
			Parámetro de Sitio (Perfiles de sitio)	S		Adimensional		
			Parámetro de Uso	U		Adimensional		
			Factor de reducción sísmica	R		Adimensional		
					Recolección de datos			
					Revisión documental			

**Tabla II.**

*Operacionalización de la variable dependiente.*

<b>Variable de estudio</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Instrumento</b>	<b>Valores finales</b>	<b>Tipo de variable</b>	<b>Escala de medición</b>
Desempeño sísmico del modelo estructural de concreto reforzado	El diseño basado en el desempeño sísmico consistente en la selección de apropiados esquemas de evaluación que permitan el dimensionamiento y detallado de sus componentes, de manera que, para un nivel de movimiento, especificado y con diferentes niveles de confiabilidad, la estructura no debería ser dañada más allá de ciertos estados límites [68]	El objetivo principal del análisis sísmico de un modelo estructural es asegurar que la estructura cumpla con los requisitos de diseño sísmico y garantizar la seguridad de las personas que la utilizan.	Espectros de diseño	Aceleración espectral	Observación Recolección de datos Revisión documental	m/s <sup>2</sup>	Numérica	Razón
			Fuerza Cortante Basal	-		Tonf		
			Desplazamientos	-		mm		
			Derivas máximas de entrepiso	-		Adimensional		

## **2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección**

### **2.3.1. Población de estudio**

Como población para la investigación se tomó al modelo estructural de concreto reforzado de una edificación de 10 niveles de uso vivienda.

### **2.3.2. Muestra, muestreo y criterio de selección**

La muestra utilizada es de tipo no probabilística, lo que implica que tanto la población como la muestra son idénticas. En otras palabras, la muestra representa exactamente a toda la población.

### **2.3.2. Muestreo y criterios de selección**

El tipo de muestreo al ser no probabilístico tiene en cuenta criterios de selección

Criterios de inclusión

- Edificaciones de uso vivienda.
- Sistema estructural de concreto reforzado

Criterio de exclusión:

- Uso de la edificación diferente a vivienda.
- Edificaciones con número de pisos diferentes a 10.

## **2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

### **2.4.1. Técnicas de recolección de datos**

Se empleó como técnica la revisión documental, para recopilar y examinar documentos relevantes provenientes de diversas fuentes de información, como artículos científicos indexados, libros, tesis, disertaciones y normativas relacionadas con los temas estudiados y analizados. Estos recursos aportaron a la investigación actual el rigor científico necesario para su desarrollo.

## **2.4.2. Instrumentos de recolección de datos**

Para la recolección de datos, se utilizó la observación de los resultados obtenidos mediante el uso de softwares como Excel, realizando los cálculos relacionados con los parámetros de diseño establecidos por los códigos sismorresistentes en estudio. Para el modelado y análisis estructural del edificio, se empleó el software ETABS 21 v1. El procedimiento del modelado en el software se detalla en el Anexo 12.

## **2.4.3. Validez y Confiabilidad**

De acuerdo Hernández-Sampieri & Mendoza-Torres [66] toda herramienta para la obtención de datos debe juntar las siguientes exigencias principales:

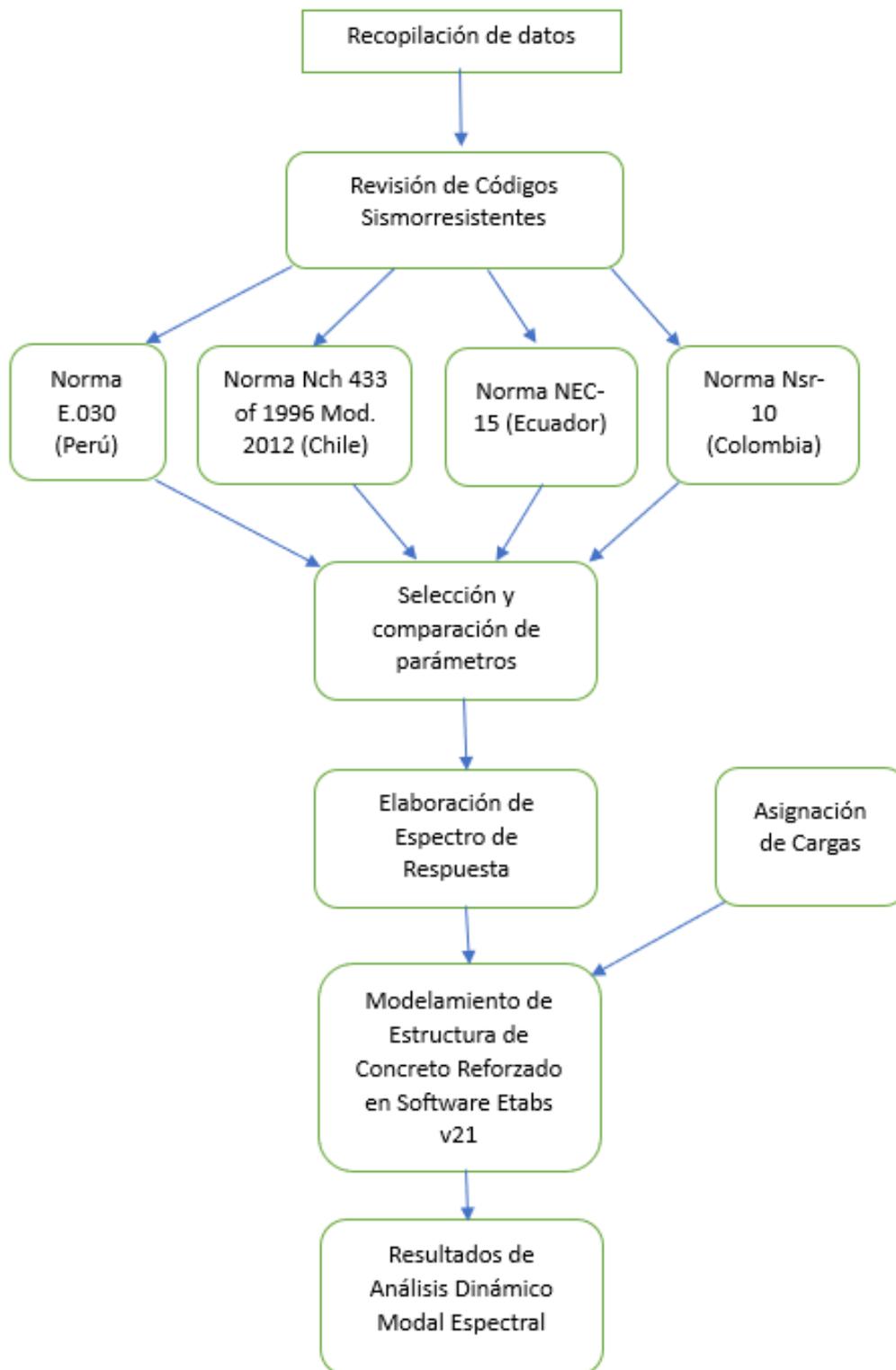
**Validez:** Es esencial que cualquier instrumento de investigación cumpla con este criterio primordial, ya que permite la medición de una o varias variables de estudio que están relacionadas con el problema de investigación. Esto se logra mediante la propuesta de diferentes indicadores, con el objetivo de obtener diversas pruebas o evidencias de las variables que se pretenden medir.

**Confiabilidad:** La confiabilidad se relaciona con la consistencia en la obtención de datos idénticos al utilizar una herramienta de medición, al ejecutar pruebas repetidas en semejante objeto de estudio.

## **2.5. Procedimiento de análisis de datos**

### **2.5.1. Diagrama de flujo de proceso**

El diagrama esquemático en la Fig. 6 ilustra los procesos llevados a cabo durante la investigación. Estos procesos fueron diseñados con el propósito de alcanzar la solución a los objetivos establecidos previamente en el estudio.



**Fig. 6.** Diagrama de flujo de procesos seguidos en la investigación.

## **2.6. Criterios éticos**

Esta investigación se adhiere a los lineamientos establecidos en el Código de Ética en Investigación de USS S.A.C. Específicamente, se siguen los principios generales y específicos mencionados en los artículos 5 y 6 de dicho código, los cuales detallan las disposiciones necesarias para llevar a cabo una investigación científica adecuada [69]. Además, este documento se rige por las políticas de prevención de plagio, asegurando que toda la documentación referenciada está debidamente citada según el estilo bibliográfico IEEE.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Resultados

##### 3.1.1. Espectro de respuesta

*Tabla III.*

*Parámetros semejantes seleccionados para cada código sismorresistente analizado.*

<b>MATRIZ DE PARAMETROS SELECCIONADOS</b>				
<b>NORMATIVAS PARAMETROS</b>	<b>*E.030</b>	<b>*Nch 433 Mod. 2012</b>	<b>*NEC-15</b>	<b>*Nsr-10</b>
ZONIFICACION (0.4g-0.5g)	0.45 g	0.40 g	0.50 g	0.40 g
SUELO (firme) Vs	500 m/s a 1500 m/s	≥500 m/s	760 m/s >Vs≥ 360 m/s	760 m/s >Vs≥ 360 m/s
USO (1.0) I. comunes/viviendas	1	1	1	1
PESO DE LA EDIFICACION	100%(CM)+2 5%(CV)	100%(CM)+2 5%(CV)	100%(CM)+25 %(CV)	100%(CM)+25 %(CV)
SISTEMA ESTRUCTURAL (Ro)	6	11	8	7
ESPECTRO DE RESPUESTA	$S_a = \frac{zucs}{R} \cdot g$	$S_a = \frac{IA_0\alpha}{R^*}$	$S_a = \frac{1.2A_v F_v I}{T}$	$S_a = \eta Z F_a \left(\frac{T_c}{T}\right)^r$
TIPO DE ANALISIS	Análisis Dinámico Modal Espectral	Análisis Modal Espectral	Análisis Espectral	Análisis Dinámico Elástico Espectral
DERIVAS MAXIMAS (C.A.)	0.007	0.002*h	0.02	0.010hpi

\*E030: Norma Sismorresistente Peruana

\*Nch 433 Mod. 2012: Norma Sismorresistente Chilena

\*NEC-15: Norma Sismorresistente Ecuatoriana

\*Nsr-10: Norma Sismorresistente Colombiana

Los parámetros seleccionados para esta investigación fueron a base de los valores que tienen en común cada norma sismorresistente para un mejor análisis comparativo. La zonificación seleccionada tiene un rango de aceleraciones pico entre 0.4g-0.5g siendo las máximas y realísticas para un modelo estructural de 10 pisos. El tipo de suelo seleccionado fueron valores para terrenos firmes que oscilan entre 500m/s a más. El Factor de Importancia de acuerdo al uso fueron para edificaciones comunes (viviendas) que fue seleccionado por ser el valor que tienen en común ya que no coinciden para otros usos el valor de Importancia. El peso de edificación coincide en todas las normas. El sistema Estructural se utilizó únicamente para Concreto Armado (Muros Estructurales) de acuerdo al valor de cada normativa que luego es calibrado dependiendo código sismorresistente. El espectro de respuesta es de acuerdo a cada normativa y sus coeficientes correspondientes que se basan de acuerdo a los parámetros previos y el tipo de análisis elástico Dinámico Modal Espectral. Las derivas máximas permisibles por cada norma son para Estructuras de concreto armado.

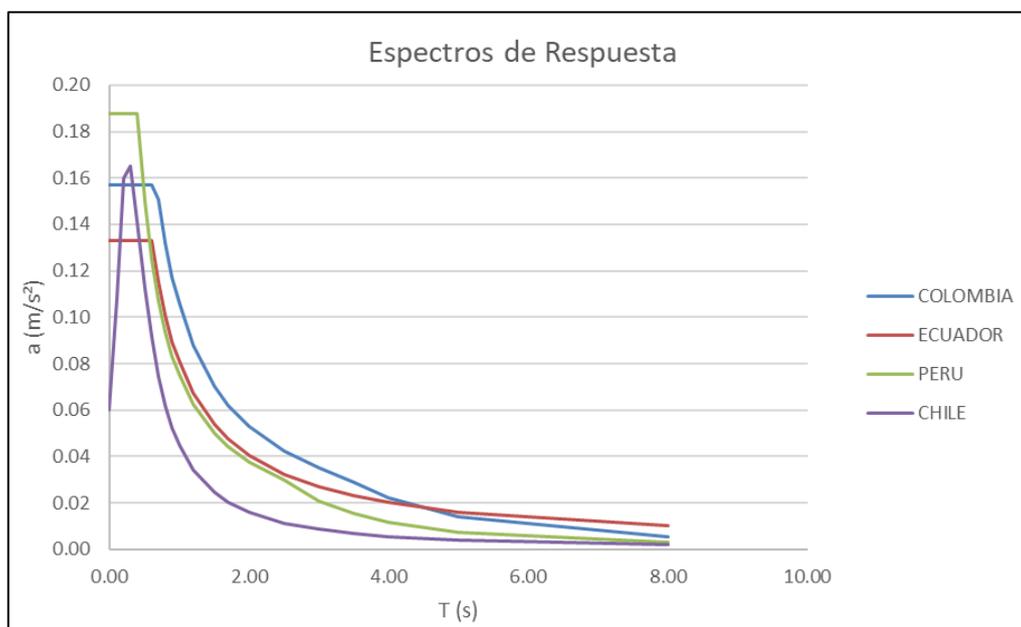
Para cada formulación de Espectro de respuesta se utilizaron los parámetros básicos y comunes con la finalidad de elaborar y obtener las aceleraciones para cada periodo fundamental; los resultados se muestran a continuación:

**Tabla IV.**

*Resumen de resultados de espectros de respuesta*

COLOMBIA		ECUADOR		PERU		CHILE	
T(s)	a(m/s <sup>2</sup> )	T(s)	a(m/s <sup>2</sup> )	T(s)	a(m/s <sup>2</sup> )	T(s)	a(m/s <sup>2</sup> )
0.00	0.1571	0.00	0.1328	0.00	0.1875	0.00	0.0601
0.10	0.1571	0.10	0.1328	0.10	0.1875	0.10	0.1081
0.20	0.1571	0.20	0.1328	0.20	0.1875	0.20	0.1598
0.30	0.1571	0.30	0.1328	0.30	0.1875	0.30	0.1652
0.40	0.1571	0.40	0.1328	0.40	0.1875	0.40	0.1413
0.50	0.1571	0.50	0.1328	0.50	0.1500	0.50	0.1126
0.60	0.1571	0.60	0.1328	0.60	0.1250	0.60	0.0916
0.70	0.1509	0.70	0.1152	0.70	0.1071	0.70	0.0747
0.80	0.1320	0.80	0.1008	0.80	0.0938	0.80	0.0620
0.90	0.1173	0.90	0.0896	0.90	0.0833	0.90	0.0523
1.00	0.1056	1.00	0.0807	1.00	0.0750	1.00	0.0448

1.20	0.0880	1.20	0.0672	1.20	0.0625	1.20	0.0342
1.50	0.0704	1.50	0.0538	1.50	0.0500	1.50	0.0245
1.70	0.0621	1.70	0.0475	1.70	0.0441	1.70	0.0203
2.00	0.0528	2.00	0.0403	2.00	0.0375	2.00	0.0159
2.50	0.0422	2.50	0.0323	2.50	0.0300	2.50	0.0113
3.00	0.0352	3.00	0.0269	3.00	0.0208	3.00	0.0086
3.50	0.0290	3.50	0.0230	3.50	0.0153	3.50	0.0068
4.00	0.0222	4.00	0.0202	4.00	0.0117	4.00	0.0056
5.00	0.0142	5.00	0.0161	5.00	0.0075	5.00	0.0040
8.00	0.0055	8.00	0.0101	8.00	0.0029	8.00	0.0020
11.00	0.0029	11.00	0.0073	11.00	0.0016	11.00	0.0012
15.00	0.0016	15.00	0.0058	15.00	0.0008	15.00	0.0008



**Fig. 7.** Resumen de resultados de espectros de respuesta.

Como se puede observar la máxima aceleración la presenta el espectro de la norma sismorresistente de Perú con un valor de aceleración pico de  $0.1875\text{m/s}^2$ , seguidos por la de Chile con  $0.1652\text{m/s}^2$ , Colombia con  $0.1571\text{m/s}^2$  y Ecuador con  $0.1328\text{m/s}^2$ .

### 3.1.2 Cortante en la base



**Fig. 8.** Resumen de resultados de cortante en la base.

Respecto a las cortantes en la base de acuerdo al espectro de respuesta de cada norma correspondiente se evidencia que el mayor valor lo obtuvo la norma Nsr-10 (colombiana) con un valor de 538.02 tonf, seguido por 485.11 tonf la norma E0.30 (peruana), con un valor de 454.66 tonf la norma NEC 15 (ecuatoriana) y por último la norma Nch 433 (chilena) con un valor de 358.52 tonf.

### 3.1.3 Desplazamientos máximos y derivas

#### 3.1.3.1 Desplazamientos máximos y derivas para para la Norma Sismorresistente Peruana E0.30

**Tabla V.**

*Resultados de desplazamientos y derivas máximas para la Norma Sismorresistente*

*Peruana E0.30 eje X-X*

N pisos	hi	desplaz (mm)	deriva elas.	deriva inel. x-x	deriva max	incidencia
10	3	21.012692	0.00052923	0.002381543	0.007	34%
9	3	19.424997	0.00062085	0.002793846	0.007	40%
8	3	17.562433	0.00070794	0.003185738	0.007	46%
7	3	15.438608	0.00078478	0.003531519	0.007	50%

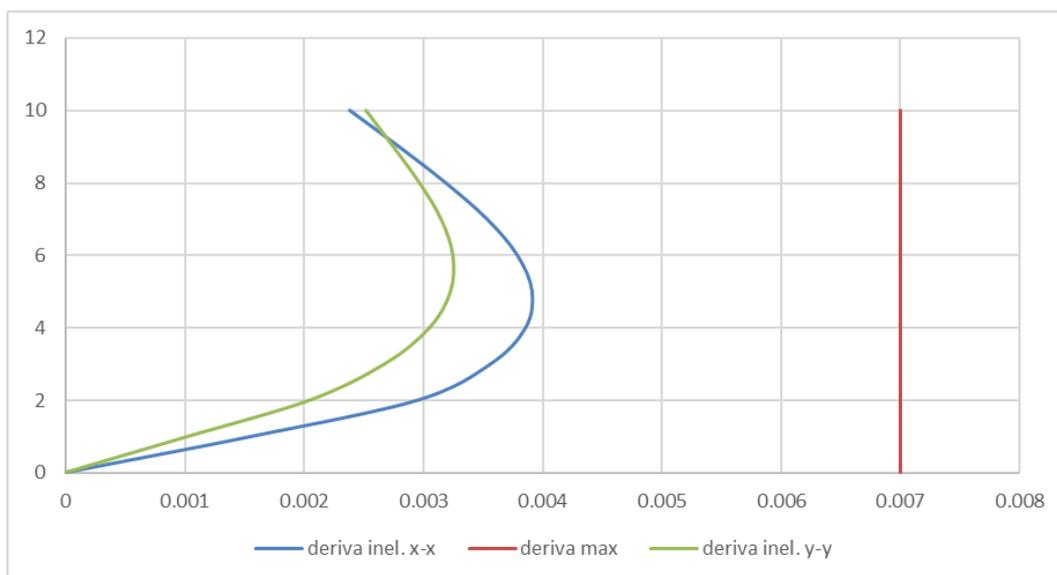
6	3	13.084262	0.00084136	0.003786129	0.007	54%
5	3	10.560176	0.0008686	0.00390872	0.007	56%
4	3	7.954363	0.0008566	0.003854685	0.007	55%
3	3	5.384573	0.00079173	0.003562799	0.007	51%
2	3	3.009374	0.00065602	0.002952077	0.007	42%
1	3	1.041323	0.00034711	0.001561985	0.007	22%

**Tabla VI.**

*Resultados desplazamientos y derivas para la Norma Sismorresistente Peruana E0.30*

*eje Y-Y.*

N pisos	hi	desplaz (mm)	deriva elas	deriva inel. y-y	deriva max	incidencia
10	3	17.778459	0.00055986	0.002519355	0.007	36%
9	3	16.098889	0.00061077	0.002748476	0.007	39%
8	3	14.266572	0.0006595	0.002967735	0.007	42%
7	3	12.288082	0.00069971	0.003148673	0.007	45%
6	3	10.188967	0.00072167	0.003247533	0.007	46%
5	3	8.023945	0.00071737	0.003228152	0.007	46%
4	3	5.871844	0.00067838	0.003052709	0.007	44%
3	3	3.836705	0.00059484	0.002676758	0.007	38%
2	3	2.0522	0.00045521	0.00204843	0.007	29%
1	3	0.68658	0.00022886	0.00102987	0.007	15%



**Fig. 9.** Resultados desplazamientos y derivas para la Norma Sismorresistente Peruana E0.30.

### 3.1.3.2 Desplazamientos máximos y derivas para para la Norma Sismorresistente Chilena Nch 433 Mod 2012

**Tabla VII.**

Resultados desplazamientos y derivas para la Norma Sismorresistente Chilena Nch 433 Mod 2012 eje X-X.

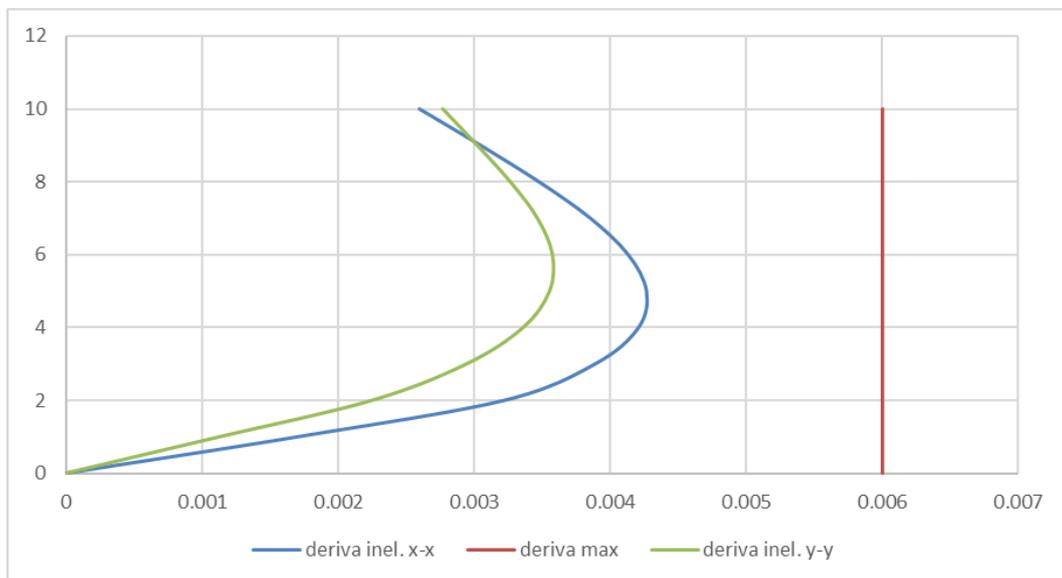
N pisos	hi	desplaz (mm)	deriva elas	deriva inel. x-x	deriva max	incidencia
10	3	15.643755	0.00039381	0.002599155	0.006	43%
9	3	14.462321	0.00046212	0.003050014	0.006	51%
8	3	13.075951	0.00052705	0.00347851	0.006	58%
7	3	11.49481	0.00058428	0.003856255	0.006	64%
6	3	9.741967	0.00062643	0.004134416	0.006	69%
5	3	7.862687	0.00064679	0.004268823	0.006	71%
4	3	5.922313	0.00063797	0.004210628	0.006	70%
3	3	4.008391	0.00058969	0.003891972	0.006	65%
2	3	2.239313	0.00048836	0.003223169	0.006	54%
1	3	0.774236	0.00025808	0.001703319	0.006	28%

**Tabla VIII.**

*Resultados desplazamientos y derivas para la Norma Sismorresistente Chilena Nch 433*

*Mod 2012 eje Y-Y.*

N pisos	hi	desplaz (mm)	deriva elas	deriva inel. y-y	deriva max	incidencia
10	3	13.316147	0.00041912	0.002766218	0.006	46%
9	3	12.058775	0.00045744	0.00301913	0.006	50%
8	3	10.686443	0.00049418	0.003261579	0.006	54%
7	3	9.203907	0.00052433	0.003460554	0.006	58%
6	3	7.630928	0.00054097	0.003570424	0.006	60%
5	3	6.008008	0.00053779	0.003549443	0.006	59%
4	3	4.394625	0.00050836	0.003355207	0.006	56%
3	3	2.869531	0.00044541	0.002939704	0.006	49%
2	3	1.533302	0.00034039	0.002246554	0.006	37%
1	3	0.512141	0.00017071	0.00112671	0.006	19%



**Fig. 10.** *Resultados desplazamientos y derivas para la Norma Sismorresistente Chilena*

*Nch 433 Mod 2012.*

### 3.1.2.3 Desplazamientos máximos y derivas para para la Norma Sismorresistente Ecuatoriana NEC-15

**Tabla IX.**

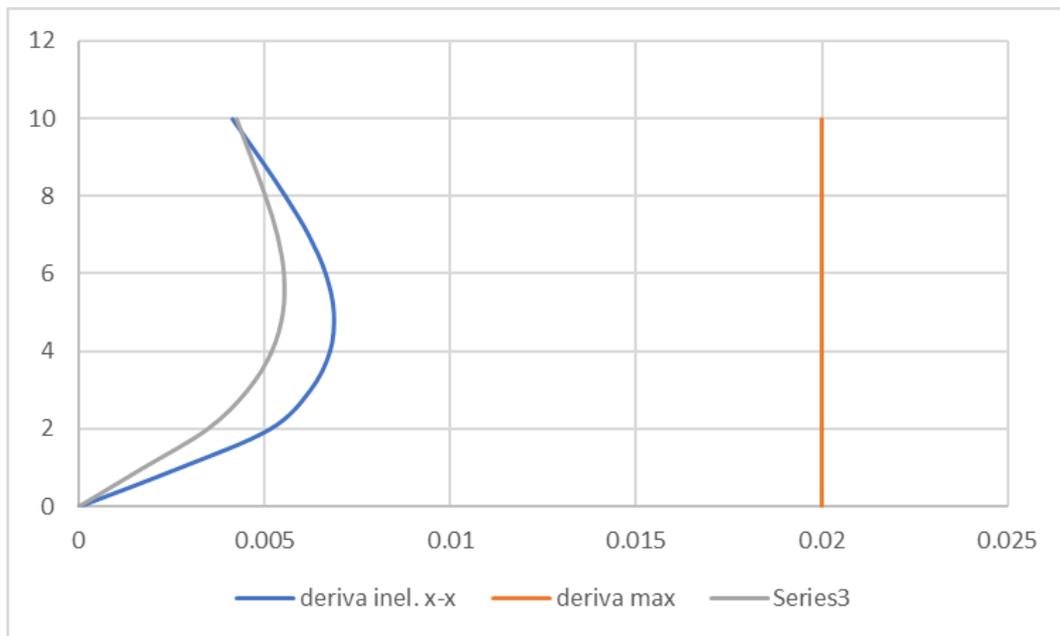
*Resultados desplazamientos y derivas para la Norma Sismorresistente Ecuatoriana NEC-15 eje X-X*

N pisos	hi	desplaz (mm)	deriva elas	deriva inel. x-x	deriva max	incidencia
10	3	20.65735	0.00051784	0.00414275	0.02	21%
9	3	19.103817	0.00060876	0.00487008	0.02	24%
8	3	17.277537	0.00069616	0.00556928	0.02	28%
7	3	15.189056	0.0007737	0.00618961	0.02	31%
6	3	12.867954	0.00083064	0.00664513	0.02	33%
5	3	10.376029	0.00085732	0.00685858	0.02	34%
4	3	7.804061	0.00084389	0.00675108	0.02	34%
3	3	5.272406	0.00077755	0.00622038	0.02	31%
2	3	2.939765	0.00064172	0.00513377	0.02	26%
1	3	1.014602	0.0003382	0.00270561	0.02	14%

**Tabla X.**

*Resultados desplazamientos y derivas para la Norma Sismorresistente Ecuatoriana NEC-15 eje Y-Y.*

N pisos	hi	desplaz (mm)	deriva elas	deriva inel. y-y	deriva max	incidencia
10	3	16.966829	0.00053192	0.00425535	0.02	21%
9	3	15.371073	0.00058136	0.00465086	0.02	23%
8	3	13.627001	0.00062924	0.00503396	0.02	25%
7	3	11.739267	0.00066901	0.00535207	0.02	27%
6	3	9.732239	0.00069099	0.00552795	0.02	28%
5	3	7.659257	0.00068699	0.00549593	0.02	27%
4	3	5.598285	0.0006489	0.00519116	0.02	26%
3	3	3.651599	0.00056775	0.00454198	0.02	23%
2	3	1.948358	0.00043311	0.00346485	0.02	17%
1	3	0.649038	0.00021635	0.00173077	0.02	9%



**Fig. 11.** Resultados desplazamientos y derivas para la Norma Sismorresistente Ecuatoriana NEC-15.

### 3.1.2.4 Desplazamientos máximos y derivas para para la Norma Sismorresistente Colombiana Nsr-10

**Tabla XI.**

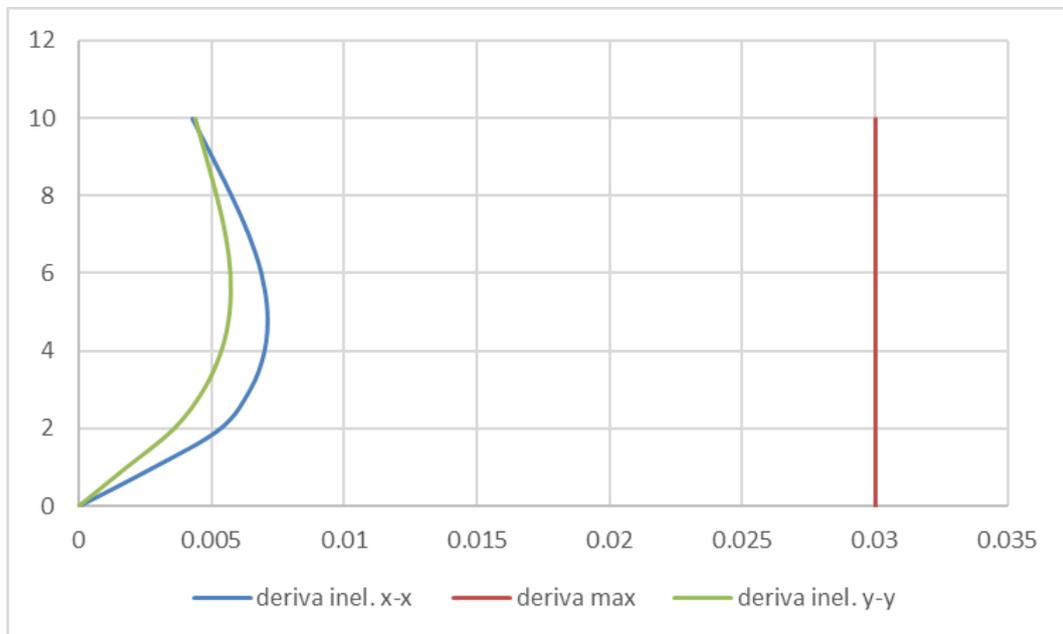
Resultados desplazamientos y derivas para la Norma Sismorresistente Colombiana Nsr-10 eje X-X.

N pisos	hi	desplaz (mm)	deriva elas	deriva inel. x-x	deriva max	incidencia
10	3	24.44481	0.00061279	0.00428953	0.03	14%
9	3	22.606442	0.00072037	0.00504262	0.03	17%
8	3	20.445319	0.0008238	0.00576659	0.03	19%
7	3	17.973922	0.00091556	0.00640889	0.03	21%
6	3	15.227253	0.00098294	0.00688056	0.03	23%
5	3	12.278441	0.00101451	0.00710157	0.03	24%
4	3	9.234911	0.00099861	0.00699026	0.03	23%
3	3	6.239086	0.00092011	0.00644076	0.03	21%
2	3	3.478761	0.00075938	0.00531565	0.03	18%
1	3	1.200626	0.00040021	0.00280146	0.03	9%

**Tabla XII.**

*Resultados desplazamientos y derivas para la Norma Sismorresistente Colombiana Nsr-10 eje Y-Y.*

N pisos	hi	desplaz (mm)	deriva elas	deriva inel. y-y	deriva max	incidencia
10	3	20.077643	0.00062944	0.00440611	0.03	15%
9	3	18.189311	0.00068795	0.00481563	0.03	16%
8	3	16.125469	0.00074462	0.00521231	0.03	17%
7	3	13.891624	0.00079167	0.00554169	0.03	18%
6	3	11.516614	0.00081769	0.0057238	0.03	19%
5	3	9.063558	0.00081295	0.00569064	0.03	19%
4	3	6.624712	0.00076787	0.00537508	0.03	18%
3	3	4.321108	0.00067184	0.00470289	0.03	16%
2	3	2.305584	0.00051252	0.00358761	0.03	12%
1	3	0.768037	0.00025601	0.00179209	0.03	6%



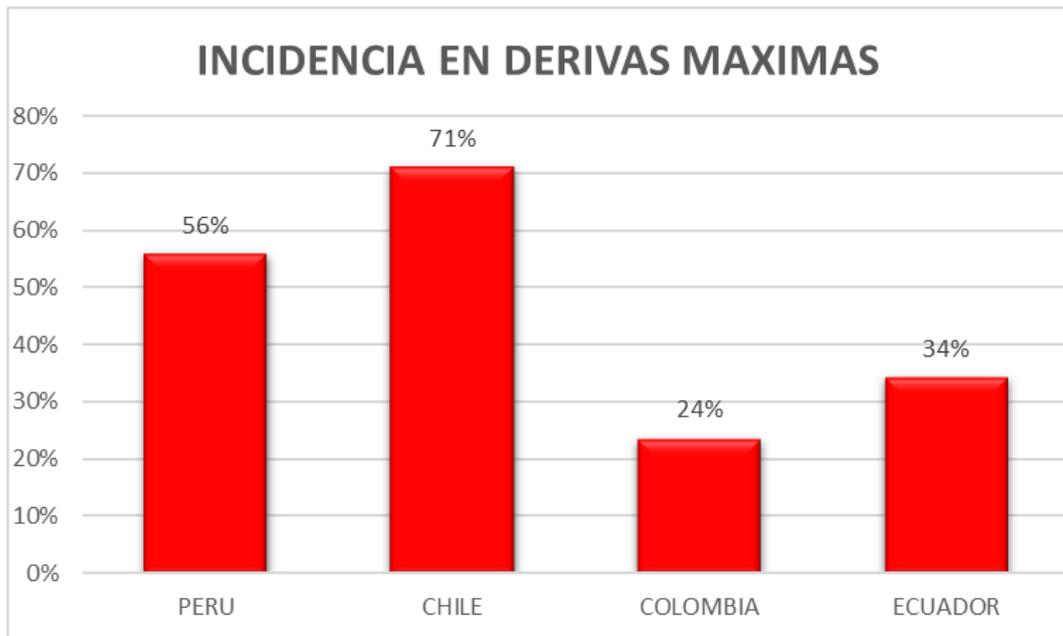
**Fig. 12.** *Resultados desplazamientos y derivas para la Norma Sismorresistente Colombiana Nsr-10*

### 3.1.2.5 Resumen de desplazamientos y derivas máximas



**Fig. 13.** Resumen de Máximos desplazamientos obtenidos.

Respecto a los desplazamientos máximos se muestra que el mayor valor lo obtuvo la norma Nsr-10 (colombiana) con un valor de 24.44mm, seguido por 21.01mm para la norma E0.30 (peruana), con un valor de 20.06mm se sitúa la norma NEC 15 (ecuatoriana) y por último la norma Nch 433 (chilena) con un valor de 15.64mm.



**Fig. 14.** Resumen de Máximas derivas obtenidas.

En relación a las derivas y su incidencia se muestra que el mayor valor cercano a las derivas máximas de acuerdo a cada norma correspondiente lo obtuvo la norma Nch 433 (chilena) con un valor de 71% de incidencia. Luego para la norma E0.30 (peruana) tiene un valor de 56% de incidencia, seguido por la norma NEC 15 (ecuatoriana) con un valor de 34% de incidencia y por último la norma Nsr-10 (colombiana) con un valor de 24%.

### **3.2. Discusión**

En relación a los espectros de pseudo-aceleraciones, según Silva D. [32], se concluye que la norma chilena proporciona un espectro más realista, basándose en la forma de su curva. Por otro lado, la norma peruana muestra un comportamiento lineal en las aceleraciones y, al comparar los valores, se observa que la norma chilena arroja valores más bajos. En lo que respecta a los espectros diseñados para zonas de alta sismicidad, suelos firmes y edificaciones críticas, Martínez R. [70] encontró que la norma peruana E030 actúa como el límite superior de los espectros estudiados, siendo la norma con las mayores aceleraciones para periodos cortos, intermedios y largos.

Respecto a el espectro de respuesta, se trató de usar las variables que más se asemejen para así poder hacer una comparación óptima. Respecto a los máximos picos de aceleración lo tiene la norma E0.30 (peruana) con un valor de  $0.1875\text{m/s}^2$  pero con un periodo corto a comparación al de la norma Colombiana con un valor de  $0.1571\text{m/s}^2$  pero su periodo corto es las prolongado que el resto, significa que su aceleración pico dura más que el resto de las normas y afecta con más fuerza a la estructura. Gallegos Díaz [26] nos menciona un factor muy importante sobre la norma colombiana y nos da un alcance mayor a considerar que utiliza diferentes enfoques. Se basa en factores de aceleración y velocidad horizontal pico efectiva ( $A_a$  y  $A_v$ ) cosa que ninguna norma tiene esos parámetros al momento de elaborar el espectro, que permiten determinar la intensidad del movimiento sísmico en función de la ubicación geográfica y las características del suelo. Además, se deben considerar los coeficientes de amplificación debido a los efectos de sitio, que reflejan

cómo el terreno puede modificar la amplitud de las vibraciones sísmicas. Finalmente, el coeficiente de importancia se utiliza para asignar una ponderación a las estructuras según su relevancia y función en la sociedad.

Respecto a las cortantes en la base se tomará como referencia el máximo valor siendo este el de la norma Nsr-10 (colombiana) con 538.02 tonf y le sigue con una diferencia por debajo la norma E0.30 (peruana) de 9.83%, siguiendo la norma NEC 15 (ecuatoriana) debajo del valor máximo con diferencia de 15.49%. Por último, queda la norma Nch 433 (chilena) por debajo de la colombiana por un 33.36%. Esto se ve reflejado ya que el espectro de respuesta de la norma colombiana tiene periodos de aceleración pico más prolongados que el resto. Así mismo, Gallegos Díaz [27] concluye que existe una distinción significativa en los espectros de diseño establecidos por ambas normativas. En el caso de la normativa ecuatoriana, para llevar a cabo el cálculo se requiere considerar varios parámetros fundamentales, como el factor Z de la zona sísmica, que indica la ubicación geográfica y su nivel de actividad sísmica. Además, se debe tomar en cuenta la relación entre la aceleración espectral y el período de retorno seleccionado, lo que implica evaluar cómo varía la intensidad de los movimientos sísmicos a lo largo del tiempo. Por último, los coeficientes de perfil de suelo juegan un papel esencial, ya que describen las características geotécnicas del terreno y su influencia en el comportamiento estructural ante sismos.

Respecto a los desplazamientos máximos obtenidos, se puede afirmar que existe una similitud a los resultados de Cutipa Quispe [33], donde los mayores valores de los desplazamientos máximos obtenidos se dieron usando la norma sísmica E.030, superando a los valores de la normativa chilena NCh 433. De igual manera, Alfaro Ríos [34] obtiene los mayores desplazamientos elásticos para la normativa peruana E.030 superando significativamente a los desplazamientos obtenidos según la normativa chilena NCh 433.

Respecto a las derivas, los resultados obtenidos son similares a los presentados por Silva García y Del Aguila Rojas [32] y Alfaro Ríos [34], coincidiendo que la normativa

sísmica chilena NCh 433 es de carácter más conservador en comparación a la normativa sísmica peruana E.030, ambos para un cálculo de derivas elásticas, siendo las derivas elásticas de la norma peruana de mayor valor a las derivas elásticas de la norma chilena.

## **IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **4.1. Conclusiones**

En el marco de esta investigación, se llevaron a cabo análisis exhaustivos para determinar los espectros de respuesta sísmica, obteniendo valores máximos de aceleración pico para cada normativa. De acuerdo con los resultados, la norma sismorresistente de Perú presentó un valor de  $0.1875 \text{ m/s}^2$ , seguida de Chile con  $0.1652 \text{ m/s}^2$ , Colombia con  $0.1571 \text{ m/s}^2$  y Ecuador con  $0.1328 \text{ m/s}^2$ . Al analizar estos datos, se identifica una importante variabilidad en los parámetros, tablas y fórmulas utilizados en la elaboración de los espectros de respuesta en cada normativa. A pesar de que se consideraron factores similares, como el tipo de suelo, la zonificación sísmica, la categoría de uso, el sistema estructural y el peso total de la edificación, se encontró que los enfoques y métodos empleados difieren considerablemente entre los países. Esto indica que es altamente improbable obtener resultados idénticos al aplicar una normativa de un país en otro, ya que los espectros de respuesta están intrínsecamente ligados al registro sísmico y las características geotécnicas propias de cada región. Estos hallazgos enfatizan la importancia de considerar y adaptar las normativas sismorresistentes a las condiciones específicas de cada país, reconociendo la influencia de su propio historial sísmico en el diseño estructural seguro y eficiente.

En relación a las cortantes en la base, al analizar los resultados alcanzados a partir de los respectivos espectros de respuesta de cada normativa, se observa una variación significativa. La norma Nsr-10 (colombiana) presenta el valor más alto, con un cortante basal de 538.02 tonf. Le sigue la norma E0.30 (peruana) con una cortante basal de 485.11 tonf, luego la norma NEC 15 (ecuatoriana) con un valor de 454.66 tonf, y finalmente la

norma Nch 433 (chilena) con un valor de 358.52 tonf.

Las variaciones en la cortante basal se deben a diferencias en los criterios de diseño, los parámetros utilizados, las características geotécnicas y geográficas, así como el historial sísmico de cada país. Es importante tener en cuenta estas variaciones al aplicar normativas sísmicas específicas en el diseño de estructuras para garantizar su seguridad y resistencia ante eventos sísmicos.

Al analizar los resultados de los desplazamientos máximos, se observa una variación significativa entre las normativas consideradas. En particular, se identifica que la norma Nsr-10 (colombiana) registra el valor más alto con un desplazamiento máximo de 24.44 mm. A continuación, la norma E0.30 (peruana) presenta un valor ligeramente inferior de 21.01 mm. La norma NEC 15 (ecuatoriana) muestra un desplazamiento máximo de 20.06 mm, mientras que la norma Nch 433 (chilena) tiene el valor más bajo con 15.64 mm. Estos resultados indican que la norma colombiana Nsr-10 impone una mayor solicitud de resistencia y capacidad de deformarse la estructura en términos de desplazamientos máximos permitidos en comparación con las demás normativas. Estas variaciones en los desplazamientos máximos pueden ser atribuidas a diferentes criterios de diseño y parámetros considerados en cada normativa, así como a las condiciones geotécnicas y sísmicas específicas de cada región. Además, es importante destacar que estos valores pueden tener implicaciones importantes en el diseño y comportamiento estructural, ya que los desplazamientos excesivos pueden afectar la funcionalidad y la integridad de las edificaciones durante un sismo.

Al analizar los resultados de las derivas máximas y su incidencia en relación a cada norma correspondiente, se observa una variación significativa. La norma Nch 433 (chilena) muestra el mayor valor cercano a las derivas máximas, con una incidencia del 71%. A continuación, la norma E0.30 (peruana) presenta una incidencia del 56%, seguida por la norma NEC 15 (ecuatoriana) con una incidencia del 34%. Por último, la norma Nsr-10 (colombiana) registra la menor incidencia, con un valor del 24%. Estos resultados indican

que la norma chilena Nch 433 establece límites más estrictos en términos de las derivas máximas permitidas, ya que muestra la mayor incidencia en comparación con las demás normativas.

En conclusión, este estudio demuestra que la norma peruana E0.30 tiene una orientación conservadora solo situándose detrás de la norma sismorresistente chilena Nch 433 en ese aspecto en comparación con las normativas de los otros países analizados. Esta conservaduría se justifica por la alta actividad sísmica en la región con concurrentes terremotos. Sin embargo, es importante tener en cuenta que esta mayor exigencia en términos de resistencia sísmica también se traduce en costos más elevados para la construcción de edificaciones. En vista de esto, es fundamental considerar un equilibrio entre los requisitos de seguridad sísmica y los costos asociados para garantizar la viabilidad económica de los proyectos de construcción en zonas sísmicas activas.

## **4.2. Recomendaciones**

Sobre el espectro de diseño, se recomienda realizar espectros con diferentes tipos de suelos, tipo de uso, zona sísmica y diferentes números de pisos. De esta manera saber con mucha mayor precisión cual sería el más costoso con diferentes condiciones y esto ayuda en la toma de decisiones rápidas al momento de evaluar edificaciones con diferentes normativas.

Recomendación sobre la cortante basal, que para cualquier norma se toma en cuenta el factor de reducción sísmica lo cual indica que mayor es ese factor disminuye la fuerza de la cortante basal. Lo cual se debería ampliar los coeficientes de la norma sismorresistentes de Perú a comparación con los otros países que se tiene más coeficientes para tener mejor precisión.

Recomendaciones sobre los desplazamientos obtenidos, se puede observar que para controlar los desplazamientos laterales se tiene que rigidizar la estructura ya sea por incrementar las secciones de las columnas o adicionando muros estructurales en el sentido

más desfavorable.

Así mismo se recomienda que para la obtención de derivas, se debe trabajar bien el factor de reducción ya que tiene el rol más importante y depende mucho la deriva sobre la viabilidad del proyecto y una proyección económica.

En aras de impulsar investigaciones futuras, se sugiere emplear factores más rigurosos y exigentes en el diseño sísmico, manteniendo una similitud sustancial con las normativas existentes. Al utilizar factores más desafiantes pero comparables, se logrará una evaluación más perfeccionada del desempeño de las estructuras en diferentes contextos normativos. Esto permitirá un mejor entendimiento de las fortalezas y debilidades de cada normativa, así como una base más sólida para la toma de decisiones en la planificación y diseño de estructuras sismorresistentes. Además, este enfoque promoverá la armonización y la comparabilidad entre diferentes normativas, facilitando la adopción de mejores prácticas y estándares internacionales en el campo del diseño sísmico.

En búsqueda de un mayor avance en la comparación de normativas sismorresistentes, se recomienda el uso de análisis más sofisticados y avanzados, como el análisis de respuesta en el tiempo y el análisis no lineal. Estos enfoques permitirán evaluar de manera más a detalle y con mayor precisión el comportamiento estructural frente a cargas sísmicas, considerando aspectos como la capacidad de disipación de energía, la distribución de tensiones y la deformación de los elementos estructurales. Además, se sugiere ampliar el estudio y considerar normativas de renombre internacional, como las normativas estadounidenses y japonesas, que han sido desarrolladas y refinadas a lo largo de décadas de experiencia en regiones altamente sísmicas. Al incorporar estos análisis más avanzados y ampliar el espectro de normativas evaluadas, se obtendrán resultados más robustos y se podrán identificar mejores prácticas y recomendaciones más sólidas en el diseño sismorresistente. Esto contribuirá a fortalecer la seguridad y la resiliencia de las estructuras frente a eventos sísmicos, impulsando así el progreso en el campo de la ingeniería y rama de sísmica a nivel global.

## REFERENCIAS

- [1] P. Giri, A. Bhatt, D. Gautam y H. Chaulagain, «Comparison between the seismic codes of Nepal, India, Japan, and EU,» *Asian Journal of Civil Engineering*, vol. 20, pp. 301-312, 2019.
- [2] J. Daniell, «Global View of Seismic Code and Building Practice Factors,» de *Encyclopedia of Earthquake Engineering*, 2015, pp. 1109-1119.
- [3] R. Zahiri-Hashemi, A. Kheyroddin y M. Ali Shayanfar , «Effect of Inelastic Behavior on the Code-Based Seismic Lateral Force Pattern of Buckling Restrained Braced Frames,» *Arabian Journal for Science and Engineering*, vol. 39, nº 1, pp. 8525-8536, 2014.
- [4] A. M. El-Kholy, H. Sayed y A. A. Shaheen, «Comparison of Egyptian Code 2012 with Eurocode 8-2013, IBC 2015 and UBC 1997 for seismic analysis of residential shear-walls RC buildings in Egypt,» *Ain Shams Engineering Journal*, vol. 9, nº 4, pp. 3425-3436, 2018.
- [5] D. Gautam y H. Chaulagain, «Structural performance and associated lessons to be learned from world earthquakes in Nepal after 25 April 2015 (MW 7.8) Gorkha earthquake,» *Engineering Failure Analysis*, vol. 68, pp. 222-243, 2016.
- [6] S. H. D. C. Santos, L. Zanaica, B. Carmen and S. S. Lima, "Comparative study of codes for the seismic design of structures," *Mathematical Modelling in Civil Engineering*, vol. 9, no. 1, pp. 1-12, 2013.
- [7] B. Balakrishnan y P. Sarkar, «Efficacy of Code Provisions for Seismic Design of Asymmetric RC Building,» *Journal of The Institution of Engineers (India): Series A*, vol. 97, pp. 111-120, 2016.
- [8] G. Arslan, M. Borekci, B. Sahin, I. M. Denizer y K. S. Duman, «Performance Evaluation of In-Plan Irregular RC Frame Buildings Based on Turkish Seismic Code,» *International Journal of Civil Engineering*, vol. 16, nº 1, pp. 323-333, 2018.
- [9] P. Fajfar, «Analysis in seismic provisions for buildings: past, present and future,» *Bulletin of Earthquake Engineering*, vol. 16, pp. 2567-2608, 2018.
- [10] V. Deoda y S. Adhikary, «A preliminary proposal towards the revision of Indian seismic code considering site classification scheme, amplification factors

- and response spectra,» *Bulletin of Earthquake Engineering*, vol. 18, pp. 2843-2889, 2020.
- [11] H. Abou-Elfath y E. Elhout, «Evaluating the code approaches for estimating the seismic drifts of steel frame buildings designed under variable levels of seismicity,» *Bulletin of Earthquake Engineering*, vol. 17, pp. 4169-4191, 2019.
- [12] L. E. Yamin, A. Hurtado, R. Rincon, J. F. Dorado y J. C. Reyes, «Probabilistic seismic vulnerability assessment of buildings in terms of economic losses,» *Engineering Structures*, vol. 138, nº 1, pp. 308-323, 2017.
- [13] M. Mostafijur Rahman, S. M. Jadhav y B. M. Shahrooz, «Seismic performance of reinforce concrete buildings designed according to codes in Bangladesh, India and U.S.,» *Engineering Structures*, vol. 160, nº 1, pp. 111-120, 2018.
- [14] M. S. Ghobadi y H. Yavari, «Progressive collapse vulnerability assessment of irregular voided buildings located in Seismic-Prone areas,» *Structures*, vol. 25, pp. 785-797, 2020.
- [15] V. R. Deoda y S. Adhikary, «A preliminary proposal towards the revision of Indian seismic code considering site classification scheme, amplification factors and response spectra,» *Bulletin of Earthquake Engineering*, vol. 18, pp. 2843-2889, 2020.
- [16] D. Perrone, G. J. O'Reilly, R. Monteiro y A. Filiatrault, «Assessing seismic risk in typical Italian school buildings: From in-situ survey to loss estimation,» *International Journal of Disaster Risk Reduction*, vol. 44, nº 1, pp. 1-21, 2020.
- [17] J. G. Quinatoa Martínez, «EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LAS NORMATIVAS DE DISEÑO SISMO RESISTENTE EN AMÉRICA LATINA. CASOS DE ESTUDIO: COLOMBIA, ECUADOR, PERÚ Y CHILE,» Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, 2022.
- [18] M. Villar-Vega y V. Silva, «Assessment of earthquake damage considering the characteristics of past events in South America,» *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, vol. 99, nº 1, pp. 86-96, 2017.
- [19] B. J. R. L. Arroyo O, «Comparison of the Reinforced-Concrete Seismic Provisions of the Design Codes of the United States, Colombia, and Ecuador for Low-Rise Frames,» *Earthquake Spectra*, vol. 34, nº 2, pp. 441-458, 2018.
- [20] M. A. Rodríguez-Pascua, C. Benavente Escobar, L. Rosell Guevara, C.

- Grützner, L. Audin, R. Walker, B. García and E. Aguirre, "Did earthquakes strike Machu Picchu?," *Journal of Seismology*, vol. 24, pp. 883-895, 2020.
- [21] H. Tavera, Evaluación del peligro asociado a los sismos y efectos secundarios en Perú, Lima: IGP, 2014.
- [22] G. Krause, «Erdbebensicheres Bauen im Spanischen Weltreich, Mitteilungen,» *Deutsche Geophysikalische Gesellschaft*, nº 2, pp. 14-16, 2014.
- [23] M. P. Ciocci, S. Sharma y P. B. Lourenço, «Engineering simulations of a super-complex cultural heritage building: Ica Cathedral in Peru,» *Meccanica*, vol. 53, pp. 1931-1958, 2018.
- [24] J. Kutiowa, Manual para la Reducción del Riesgo Sísmico de Viviendas del Perú, Lima: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016.
- [25] H. Gonzales y F. López-Almansa, «Seismic performance of buildings with thin RC bearing walls,» *Engineering Structures*, vol. 34, pp. 244-258, 2012.
- [26] L. X. Carrera, «Estudio comparativo de una estructura sismo-resistente de hormigón armado,» Quito, 2019.
- [27] P. Gallegos Díaz, «Análisis comparativo del diseño sismorresistente de estructura de hormigón armado basado en normativa ecuatoriana (NEC-SE-DS) y Colombiana (NSR-10),» Ambato, 2022.
- [28] M. Chamaza Carrera y E. Córdoba Tepud, «Estudio comparativo del análisis estático no lineal de estructuras regulares de hormigón armado aplicando normativa Ecuatoriana, Colombiana, Peruana y Chilena,» Quito, 2022.
- [29] C. J. D'ugard Soriano y R. A. Gómez León, «Análisis comparativo del comportamiento sísmico de un sistema "MDL" de 5 niveles, aplicando las normas E.030 y NSR-10, Lima 2019,» UCV, Lima, 2020.
- [30] F. R. Huaripata Escobal, J. F. Torres Mera y J. D. Orihuela Dávila, «Comparative analysis of the seismic response of an essential and a common building using site spectra and dynamic modal spectral analysis according to South American standards,» *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 910, nº 012008, pp. 1-8, 2020.
- [31] L. I. Terrones Muñoz y O. Vilca Ticlia, «Análisis comparativo del comportamiento estructural basado en solicitaciones sísmicas de una edificación de concreto armado según NTP-E030-2018, NCH433-2012 y NEC-SE-DS-2015,» UCV, Trujillo, 2018.

- [32] D. A. Silva García y D. D. Del Aguila Rojas, «Respuestas sísmicas para un edificio de sistema de muros estructurales ubicado en el distrito de San Miguel, comparando la norma E030 y la NCH 433.OF1996 - año 2019,» Lima, 2019.
- [33] S. E. Cutipa Quispe, «Análisis comparativo de la respuesta sísmica de un edificio de concreto armado aplicando las normas de diseño sismorresistente de Perú, Chile, Estados Unidos y Japón,» Puno, 2018.
- [34] V. A. Alfaro Ríos, «Estudio Comparativo de la Norma Peruana E.030 Diseño Sismorresistente y la Norma Chilena NCH433 Diseño Sísmico de Edificios, y su Aplicación a un Edificio de Concreto Armado,» Tacna, 2017.
- [35] M. V. García Acurio y D. W. Moscoso Nieves, «Análisis comparativo de la respuesta sísmica de una edificación de concreto armado con sistema dual, aplicado con la norma de diseño sismorresistente E.030 del 2016 y la norma chilena de diseño sísmico de edificios NCh 433.of1996 modificada en 2012,» Cusco, 2016.
- [36] F. Lanza, S. Puentes y F. Villalobos, «Estudio comparativo de la norma sismorresistente venezolana actual con códigos sísmicos de otros países,» *INGENIERÍA UC*, vol. 10, nº 3, pp. 59-66, 2003.
- [37] M. F. Gallegos, G. Araya-Letelier, D. Lopez-Garcia y P. F. Parra, «Seismic collapse performance of high-rise RC dual system buildings in subduction zones,» *Case Studies in Construction Materials*, vol. 18, pp. 1-23, 2023.
- [38] W. Octarena, A. Sagara y I. Imran, «The evolution of Indonesian seismic and concrete building codes: From the past to the present,» *Structures*, vol. 41, pp. 1092-1108, 2022.
- [39] C. Lagardere y C. A. Vargas, «Earthquake distribution and lithospheric rheology beneath the Northwestern Andes, Colombia,» *Geodesy and Geodynamics*, vol. 12, pp. 1-10, 2021.
- [40] L. Wald, «The Science of Earthquakes,» 30 May 2019. [En línea]. Available: [https://www.usgs.gov/natural-hazards/earthquake-hazards/science/science-earthquakes?qt-science\\_center\\_objects=0#qt-science\\_center\\_objects](https://www.usgs.gov/natural-hazards/earthquake-hazards/science/science-earthquakes?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects).
- [41] J. Pérez-Gavilán, J. Aguirre y L. Ramírez, «Sismicidad y seguridad estructural en las construcciones: lecciones aprendidas en México.,» *Salud*

*Pública de México*, pp. S41-S51, 2018.

- [42] M. Abdul-Wade y J. Asfahani, «The recent instrumental seismicity of Syria and its implications,» *Geofísica internacional*, vol. 57, nº 2, pp. 121-138, 2018.
- [43] A. K. Chopra, *Dynamic of structures: theory and applications to earthquake engineering*, 5th edition ed., Hoboken, NJ: Pearson, 2017.
- [44] A. Shojaeian y F. Askari, «Reliability of Static and Seismic Design of Near Slope Shallow Foundations Following Iranian Code and Eurocode 7,» *International Journal of Civil Engineering*, vol. 18, pp. 405-417, 2020.
- [45] H. Jarallah y Z. Taki, «A Comparative Study on the Design Spectra Defined by Several Codes of Practice on RC Building Located in Baghdad City,» *Al-Nahrain Journal for Engineering Sciences*, vol. 20, nº 2, pp. 425-435, 2017.
- [46] R. McIntosh y S. Pezeshk, «Comparison of Recent U.S. Seismic Codes,» *Journal of Structural Engineering*, vol. 123, nº 8, pp. 993-1000, 1997.
- [47] NORMA E.030, «Diseño Sismorresistente,» de *Reglamento Nacional de Edificaciones*, Lima, Diario Oficial El Peruano, 2018.
- [48] NCh 433, «Diseño sísmico de edificios,» Instituto Nacional de Normalización, Santiago de Chile, 2012.
- [49] NEC - SE - DS, «Peligro sísmico Diseño Sismo Resistente,» Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, Quito, 2015.
- [50] NSR-10, «Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente,» Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Bogotá, 2010.
- [51] S. Hampshire, L. Zanaica, C. Bucur, S. De Souza y A. Arai, «COMPARATIVE STUDY OF CODES FOR SEISMIC DESIGN OF,» *Mathematical Modelling in Civil Engineering*, vol. 9, nº 1, pp. 1-12, 2013.
- [52] G. Andreotti, A. Fama y C. Lai, «Hazard-dependent soil factors for site-specific elastic acceleration response spectra of Italian and European seismic building codes,» *Bulletin of Earthquake Engineering*, vol. 16, pp. 5769-5800, 2018.
- [53] H. Jarallah y Z. Taki, «A Comparative Study on the Design Spectra Defined by Several Codes of Practice on RC Building Located in Baghdad City,» *Al-Nahrain Journal for Engineering Sciences (NJES)*, vol. 20, nº 2, pp. 425-435, 2017.

- [54] P. Aucelli, G. Di Paola, E. Valente, V. Amato, V. Bracone y M. Cesarano, «First assessment of the local seismic amplification susceptibility of the Isernia Province (Molise Region, Southern Italy) by the integration of geological and geomorphological studies related to the first level seismic microzonation project,» *Environmental Earth Sciences*, vol. 77, p. 118, 2018.
- [55] G. Di Filippo, G. Biondi, O. Casablanca y E. Cascone, «Seismic amplification factors for low plasticity medium-stiff soil deposits,» *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, vol. 173, pp. 1-17, 2023.
- [56] J. Daniell, «Global View of Seismic Code and Building Practice Factors,» *Encyclopedia of Earthquake Engineering*, pp. 1-12, 2015.
- [57] K. Tamboli y J. Amin, «Evaluation of response reduction factor and ductility factor for RC braced frame,» *Journal of Materials and Engineering Structures*, vol. 2, n° 3, pp. 120-129, 2015.
- [58] P. Giri, A. Bhatt, D. Gautam y H. Chaulagain, «Comparison between the seismic codes of Nepal, India, Japan, and EU,» *Asian Journal of Civil Engineering*, pp. 301-3012, 2019.
- [59] A. Ramírez-Gaytán, A. Preciado, W. Bandy, E. Salazar-Monroy, M. Jaimes y L. Alcantara, «The Tesisitan, Mexico earthquake (Mw 4.9) of 11 May 2016: seismic-tectonic environment and resonance vulnerability on buildings,» *Earthquake Engineering and Engineering Vibration*, vol. 18, pp. 579-595, 2019.
- [60] A. Salas Navarro y A. Hernández Hernández, «Comparative analysis between the equivalent static method and the modal analysis method in regular structures of load-bearing reinforced concrete walls,» *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, vol. 15, n° 1, pp. 1-12, 2021.
- [61] A. El-Kholy, H. Sayed y A. Shaheen, «Comparison of Egyptian Code 2012 with Eurocode 8-2013, IBC 2015 and UBC 1997 for seismic analysis of residential shear-walls RC buildings in Egypt,» *Ain Shams Engineering Journal*, vol. 9, n° 4, pp. 3425-3436, 2018.
- [62] M. Zhao, Z. Gao, X. Du, J. Wang y Z. Zhong, «Response spectrum method for seismic soil–structure interaction analysis of underground structure,» *Bulletin of Earthquake Engineering*, vol. 17, p. 5339–5363, 2019.
- [63] H. Abou-Elfath y E. Elhout, «Evaluating the code approaches for estimating the seismic drifts of steel frame buildings designed under variable levels of seismicity,» *Bulletin of Earthquake Engineering*, vol. 17, pp. 4169-4191,

2019.

- [64] P. Fajfar, «Analysis in seismic provisions for buildings: past, present and future,» *Bulletin of Earthquake Engineering*, vol. 16, pp. 2567-2608, 2018.
- [65] N. López y I. Sandoval, «Métodos y técnicas de investigación cuantitativa y cualitativa,» Guadalajara, 2016.
- [66] R. Hernández-Sampieri y C. P. Mendoza-Torres, *Metodología de la Investigación: Las Rutas cuantitativa, cualitativa y mixta.*, Ciudad de México: McGraw-Hill Interamericana Editores, 2018.
- [67] C. Fresno Chávez, *Metodología de la Investigación: Así de fácil*, Córdoba: El Cid Editor, 2019.
- [68] S. Safina Melone, «Vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales. Análisis de su contribución al riesgo sísmico,» Catalunya, 2003.
- [69] Vicerrectorado de Investigación, *Código de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán S.A.C.*, Pimentel, 2022.
- [70] J. F. Málaga Cardoza, «Estudio comparativo de distintas normas internacionales respecto de la aplicación de los espectros sísmicos de respuesta,» Madrid, 2015.
- [71] M. Bari y T. A. Das, «A Comparative Study on Seismic Analysis of Bangladesh National Building Code (BNBC) with Other Building Codes,» *Journal of The Institution of Engineers (India): Series A*, vol. 94, pp. 131-137, 2013.
- [72] M. Ordaz, «Normas de Diseño por Sismo en México DF: algunas novedades interesantes,» *Alternativas*, vol. 17, nº 3, pp. 106-115, 2017.

## ANEXOS

### Anexo 1. Normativas utilizadas

FUNDADO EL 22 DE OCTUBRE DE 1825  POR EL LIBERTADOR SIMÓN BOLÍVAR

# El Peruano

1825-2015. LA HISTORIA PARA CONTAR | **DIARIO OFICIAL**

AÑO DE LA CONSOLIDACIÓN DEL MAR DE GRAU Domingo 24 de enero de 2016



REPUBLICA DEL PERÚ

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento

**DECRETO SUPREMO  
N° 003-2016-VIVIENDA**

**DECRETO SUPREMO QUE MODIFICA  
LA NORMA TÉCNICA E.030 “DISEÑO  
SISMORRESISTENTE” DEL REGLAMENTO  
NACIONAL DE EDIFICACIONES,  
APROBADA POR DECRETO SUPREMO  
N° 011-2006-VIVIENDA, MODIFICADA CON  
DECRETO SUPREMO  
N° 002-2014-VIVIENDA**

**NORMAS LEGALES**

**SEPARATA ESPECIAL**

---

**NORMA CHILENA OFICIAL**

***NCh* 433.Of1996  
Modificada en 2012**

---

INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACION • INN-CHILE

---

## **Diseño sísmico de edificios**

*Earthquake resistant design of buildings*

Primera edición : 1996  
Reimpresión : 2005  
Segunda edición : 2009  
Tercera edición : 2012

---

CIN 91.080

COPYRIGHT © 2012: INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACION - INN

\* Prohibida reproducción y venta \*

Dirección : Matías Cousiño N° 64, 6° Piso, Santiago, Chile

Web : [www.inn.cl](http://www.inn.cl)

Miembro de : ISO (International Organization for Standardization) • COPANT (Comisión Panamericana de Normas Técnicas)

**NEC**  
NORMA ECUATORIANA  
DE LA CONSTRUCCIÓN

# PELIGRO SÍSMICO DISEÑO SISMO RESISTENTE



CÓDIGO  
NEC - SE - DS



Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial  
Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Territorial  
Dirección del Sistema Habitacional  
República de Colombia



COMISION ASESORA PERMANENTE PARA EL REGIMEN  
DE CONSTRUCCIONES SISMO RESISTENTES  
(Creada por la Ley 400 de 1997)

## REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE

# NSR-10



## TÍTULO A – REQUISITOS GENERALES DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE

Secretaría de la Comisión:

**ais** Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica  
Carrera 20 N° 84-14 Oficina 502 • Bogotá, D. C., COLOMBIA • Teléfono: 530-0826 • Fax: 530-0827

## Anexo 2. Factor de zona

Factor de zona norma peruana

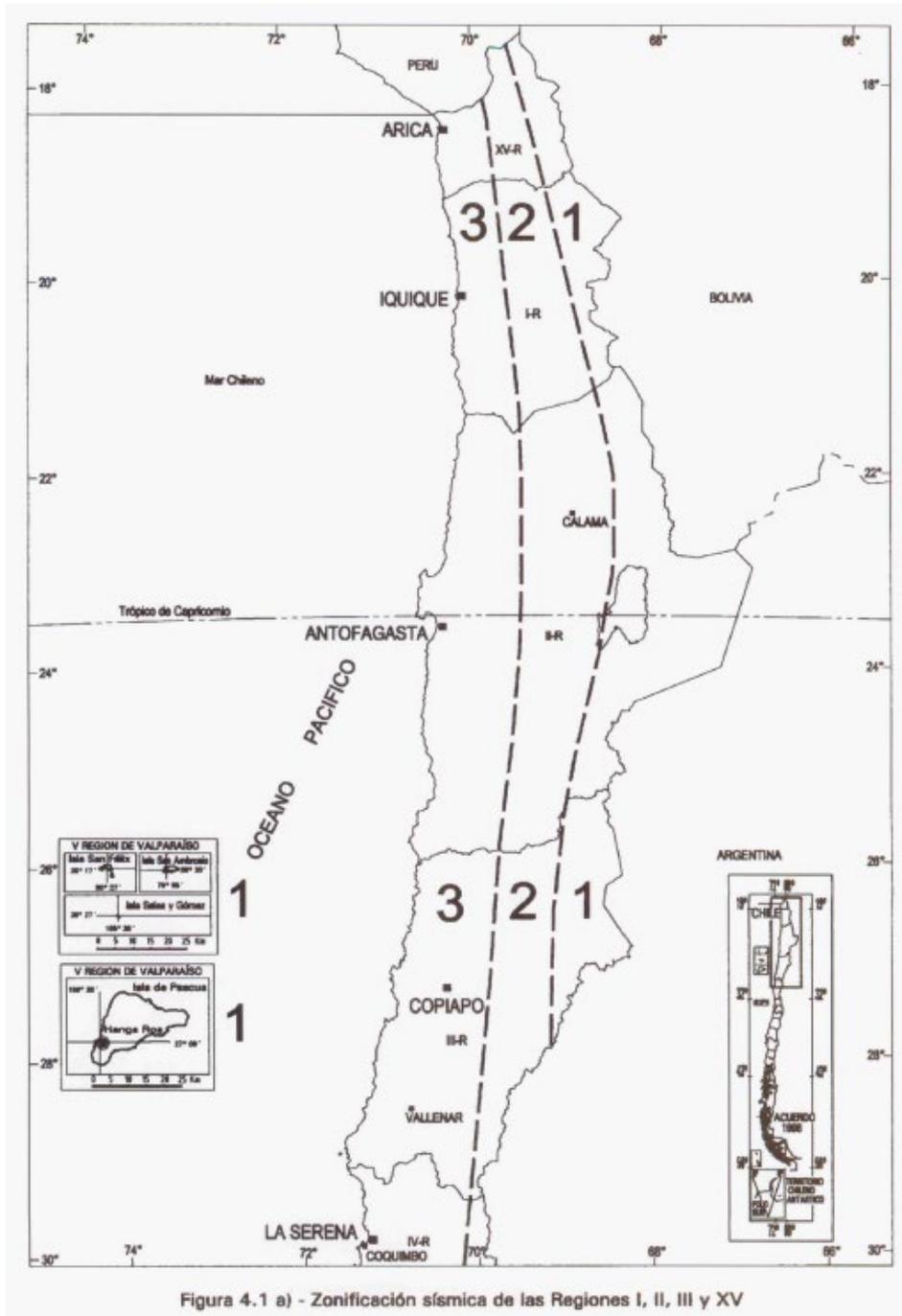
### ZONAS SÍSMICAS



Factor de zona norma chilena

Tabla 6.2 - Valor de la aceleración efectiva  $A_o$

Zona sísmica	$A_o$
1	0,20 g
2	0,30 g
3	0,40 g



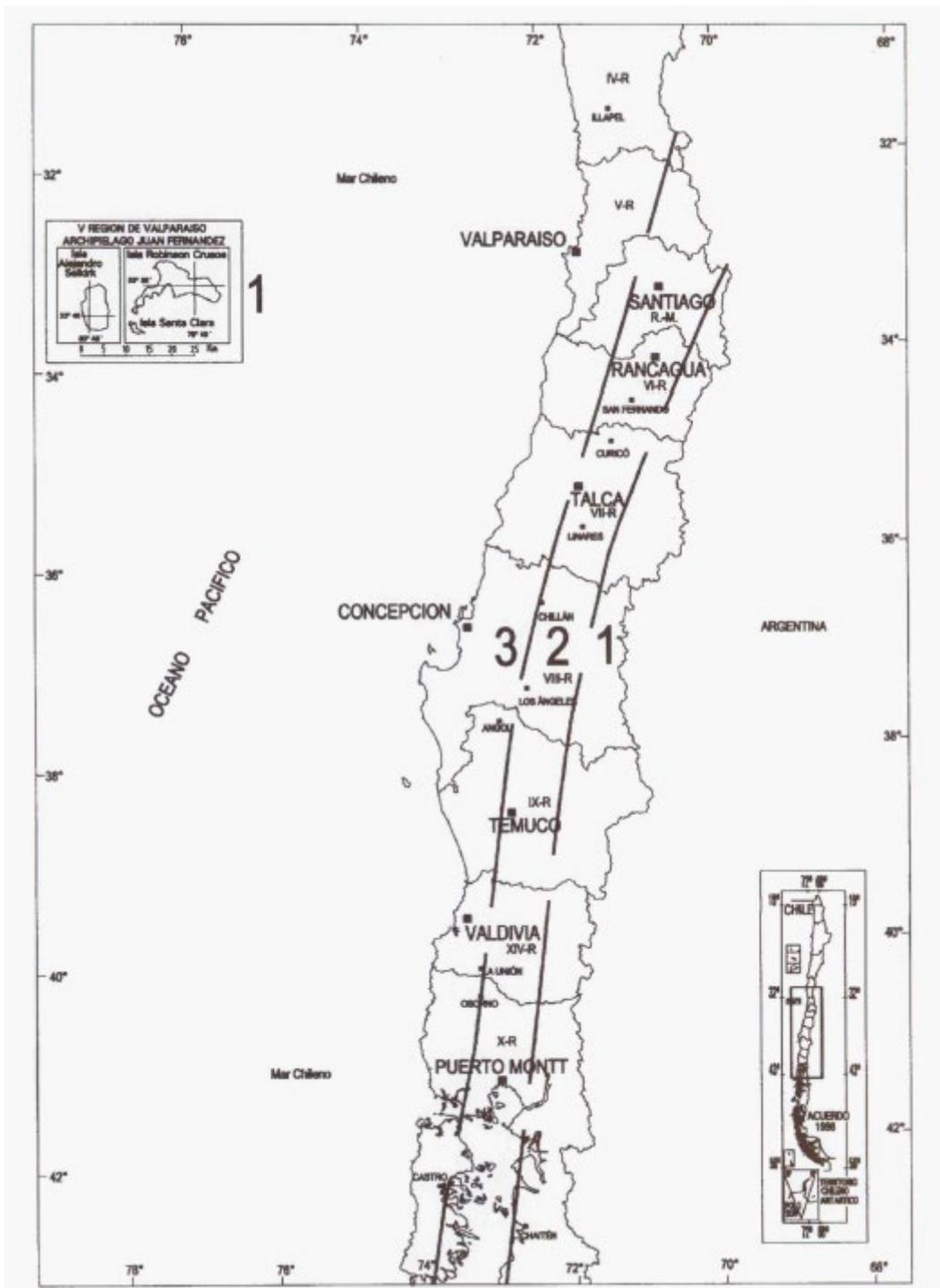
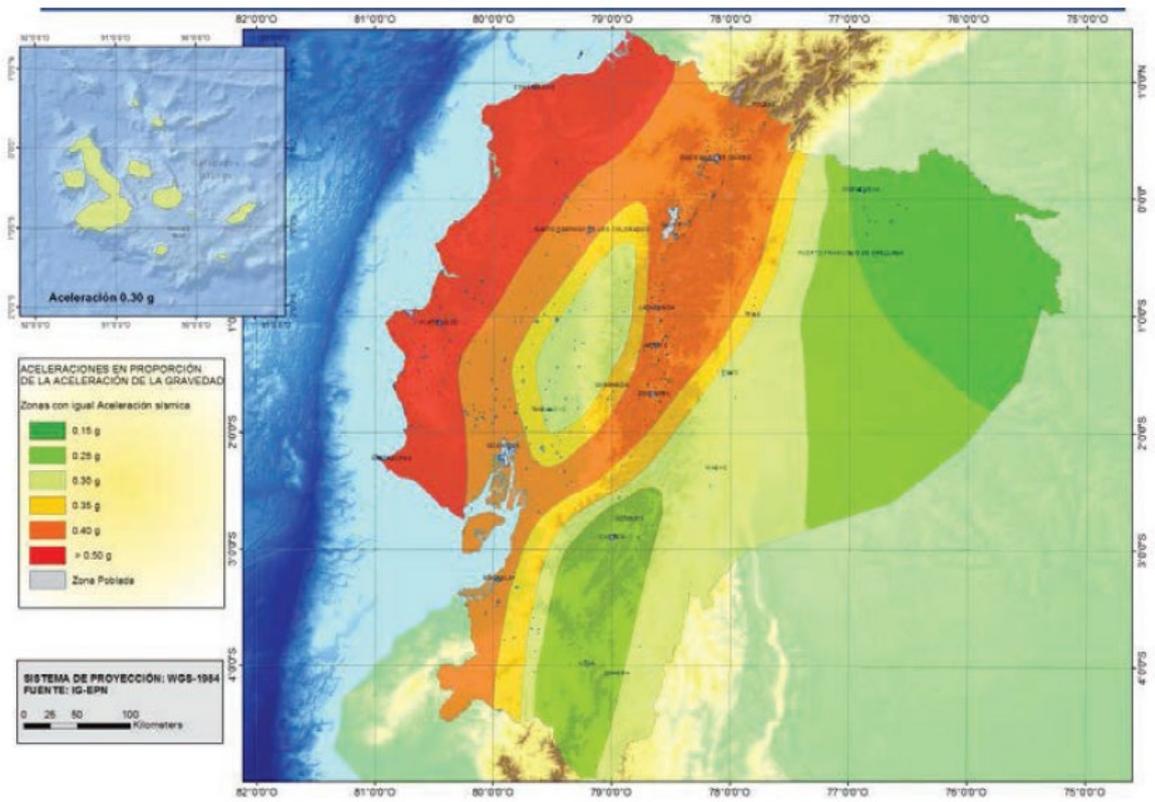


Figura 4.1 b) - Zonificación sísmica de las Regiones IV, V, VI, VII, VIII, IX, X, XIV y Región Metropolitana



## Factor de zona norma ecuatoriana



# Factor de zona norma colombiana

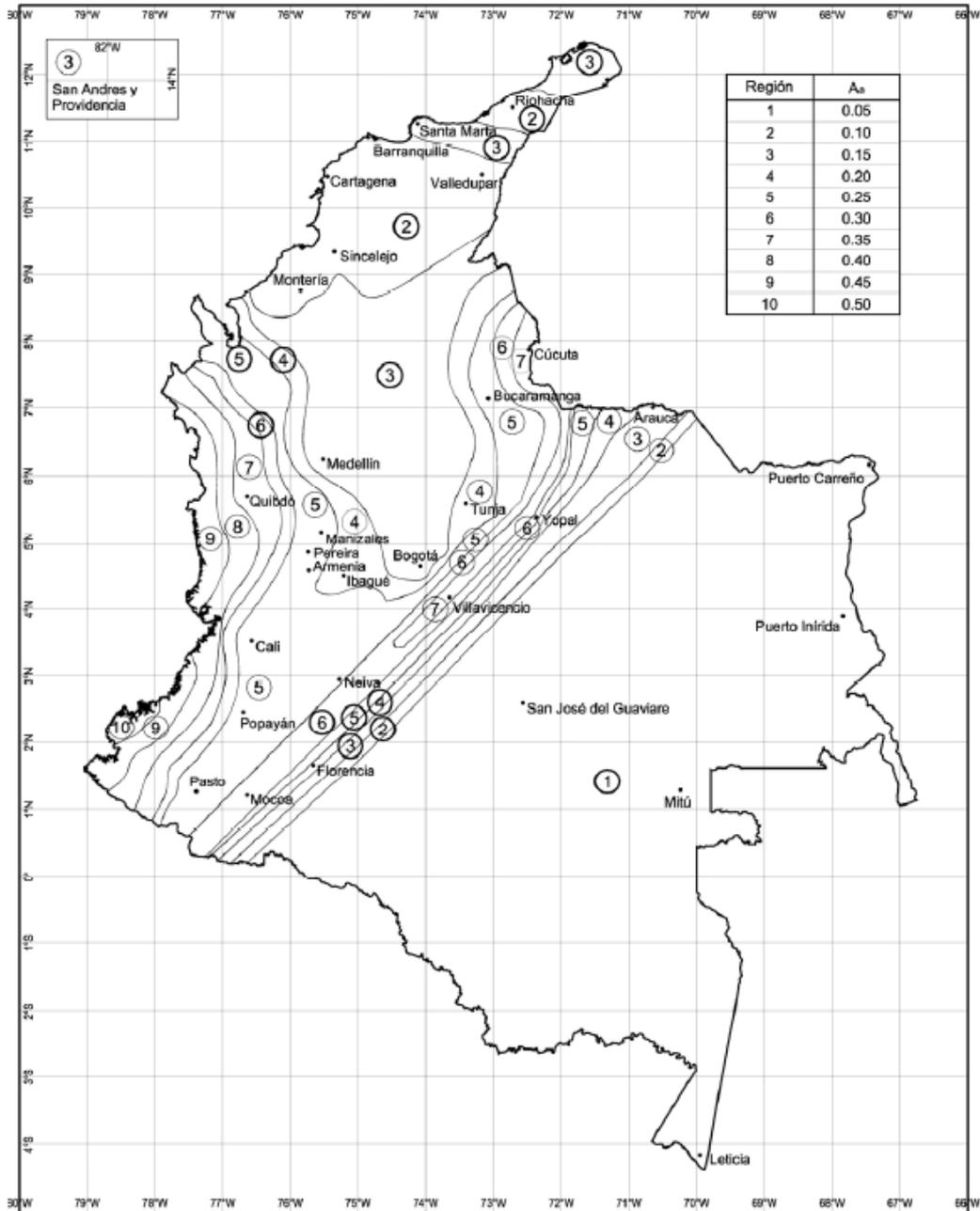


Figura A.2.3-2 — Mapa de valores de  $A_s$

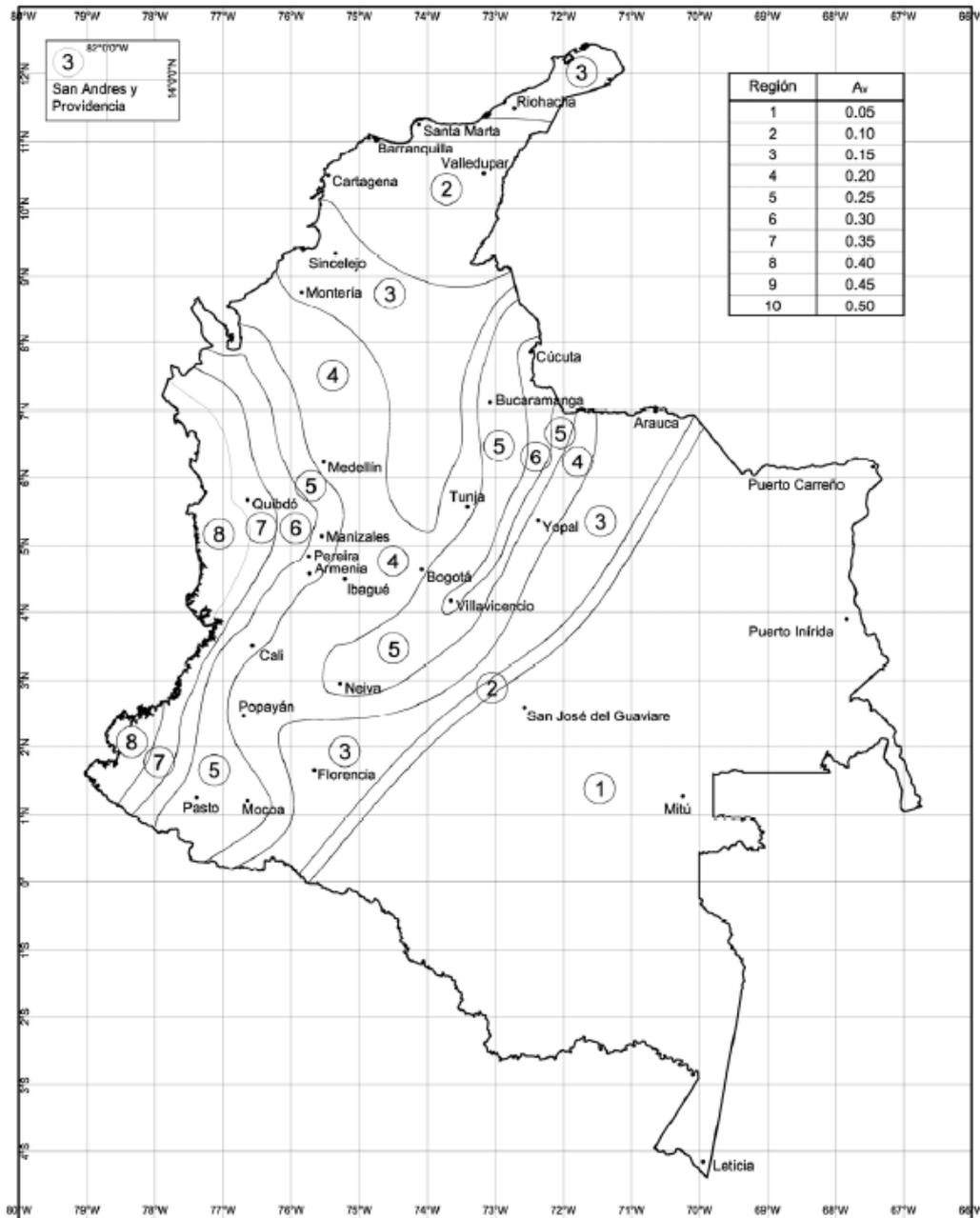


Figura A.2.3-3 - Mapa de valores de  $A_v$

*Nivel de amenaza sísmica de acuerdo a los valores de  $A_a$  y  $A_v$*

Mayor valor entre $A_a$ y $A_v$	Nro de Región según mapas de la NSR-10	Amenaza Sísmica
0.50	10	Alta
0.45	9	Alta

0.40	8	Alta
0.35	7	Alta
0.30	6	Alta
0.25	5	Alta
0.20	4	Intermedia
0.15	3	Intermedia
0.10	2	Baja
0.05	1	Baja

### Anexo 3. Factor de amplificación del suelo (S)

Factor de amplificación del suelo en la norma peruana.

Tabla N° 3 FACTOR DE SUELO "S"				
ZONA \ SUELO	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
Z <sub>4</sub>	0,80	1,00	1,05	1,10
Z <sub>3</sub>	0,80	1,00	1,15	1,20
Z <sub>2</sub>	0,80	1,00	1,20	1,40
Z <sub>1</sub>	0,80	1,00	1,60	2,00

Tabla N° 2 CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO			
Perfil	$\bar{V}_s$	$\bar{N}_{60}$	$\bar{s}_u$
S <sub>0</sub>	> 1500 m/s	-	-
S <sub>1</sub>	500 m/s a 1500 m/s	> 50	>100 kPa
S <sub>2</sub>	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S <sub>3</sub>	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
S <sub>4</sub>	Clasificación basada en el EMS		

**a. Perfil Tipo S<sub>0</sub>: Roca Dura**

A este tipo corresponden las rocas sanas con velocidad de propagación de ondas de corte  $\bar{V}_s$  mayor que 1500 m/s. Las mediciones deberán corresponder al sitio del proyecto o a perfiles de la misma roca en la misma formación con igual o mayor intemperismo o fracturas. Cuando se conoce que la roca dura es continua hasta una profundidad de 30 m, las mediciones de la velocidad de las ondas de corte superficiales pueden ser usadas para estimar el valor de  $\bar{V}_s$ .

**b. Perfil Tipo S<sub>1</sub>: Roca o Suelos Muy Rígidos**

A este tipo corresponden las rocas con diferentes grados de fracturación, de macizos homogéneos y los suelos muy rígidos con velocidades de propagación de onda de corte  $\bar{v}_s$ , entre 500 m/s y 1500 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- Roca fracturada, con una resistencia a la compresión no confinada  $qu$  mayor o igual que 500 kPa (5 kg/cm<sup>2</sup>).
- Arena muy densa o grava arenosa densa, con  $\bar{N}_{60}$  mayor que 50.

- Arcilla muy compacta (de espesor menor que 20 m), con una resistencia al corte en condición no drenada  $S_u$  mayor que 100 kPa (1 kg/cm<sup>2</sup>) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

#### **c. Perfil Tipo $S_2$ : Suelos Intermedios**

A este tipo corresponden los suelos medianamente rígidos, con velocidades de propagación de onda de corte  $\bar{V}_s$ , entre 180 m/s y 500 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- Arena densa, gruesa a media, o grava arenosa medianamente densa, con valores del SPT  $\bar{N}_{60}$ , entre 15 y 50.

- Suelo cohesivo compacto, con una resistencia al corte en condiciones no drenada  $S_u$ , entre 50 kPa (0,5 kg/cm<sup>2</sup>) y 100 kPa (1 kg/cm<sup>2</sup>) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

#### **d. Perfil Tipo $S_3$ : Suelos Blandos**

Corresponden a este tipo los suelos flexibles con velocidades de propagación de onda de corte  $\bar{V}_s$ , menor o igual a 180 m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- Arena media a fina, o grava arenosa, con valores del SPT  $\bar{N}_{60}$  menor que 15.

- Suelo cohesivo blando, con una resistencia al corte en condición no drenada  $S_u$ , entre 25 kPa (0,25 kg/cm<sup>2</sup>) y 50 kPa (0,5 kg/cm<sup>2</sup>) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

- Cualquier perfil que no correspondan al tipo  $S_4$  y que tenga más de 3 m de suelo con las siguientes características: índice de plasticidad  $P_l$  mayor que 20, contenido de humedad  $\omega$  mayor que 40%, resistencia al corte en condición no drenada  $S_u$  menor que 25 kPa.

#### **e. Perfil Tipo $S_4$ : Condiciones Excepcionales**

A este tipo corresponden los suelos excepcionalmente flexibles y los sitios donde las condiciones geológicas y/o topográficas son particularmente desfavorables, en los cuales se requiere efectuar un estudio específico para el sitio. Sólo será necesario considerar un perfil tipo  $S_4$  cuando el Estudio de Mecánica de Suelos (EMS) así lo determine.

Factor de amplificación del suelo en la norma chilena.

Tipo de Suelo	$S$	$T_o$ (s)	$T'$ (s)	$n$	$p$
A	0.90	0.15	0.20	1.00	2.0
B	1.00	0.30	0.35	1.33	1.5
C	1.05	0.40	0.45	1.40	1.6
D	1.20	0.75	0.85	1.80	1.0
E	1.30	1.20	1.35	1.80	1.0
F	*	*	*	*	*

Suelo Tipo		$V_{s30}$ (m/s)	RQD	$q_u$ (MPa)	$(N_1)$ (golpes/pie)	$S_u$ (MPa)
A	Roca, suelo cementado	$\geq 900$	$\geq 50\%$	$\geq 10$ ( $\epsilon_{qu} \leq 2\%$ )		
B	Roca blanda o fracturada, suelo muy denso o muy firme	$\geq 500$		$\geq 0,40$ ( $\epsilon_{qu} \leq 2\%$ )	$\geq 50$	
C	Suelo denso o firme	$\geq 350$		$\geq 0,30$ ( $\epsilon_{qu} \leq 2\%$ )	$\geq 40$	
D	Suelo medianamente denso, o firme	$\geq 180$			$\geq 30$	$\geq 0,05$
E	Suelo de compacidad, o consistencia mediana	$< 180$			$\geq 20$	$< 0,05$
F	Suelos Especiales	*	*	*	*	*

$N_1$ : Índice de penetración estándar normalizado por presión de confinamiento de 0,1 MPa. Aplicable sólo a suelos que clasifican como arenas

RQD: Rock Quality Designation, según norma ASTM D 6032

$q_u$ : Resistencia a la compresión simple del suelo

$\epsilon_{qu}$ : Deformación unitaria del suelo desarrollada cuando se alcanza la resistencia máxima en el ensayo de compresión simple

$S_u$ : Resistencia al corte no-drenada del suelo

Tipo de Suelo	$C_d^*$	Rango Periodos
A	1.0	$T_n \leq 0.23 \text{ seg}$
	$-0.055T_n^2 + 0.36T_n + 0.92$	$0.23 \text{ seg} < T_n \leq 2.52 \text{ seg}$
	$0.08T_n^2 - 0.9T_n + 3.24$	$2.52 \text{ seg} < T_n \leq 5.00 \text{ seg}$
B	1.0	$T_n \leq 0.47 \text{ seg}$
	$0.95T_n + 0.55$	$0.47 \text{ seg} < T_n \leq 2.02 \text{ seg}$
	$0.065T_n^2 - 0.75T_n + 3.72$	$2.02 \text{ seg} < T_n \leq 5.00 \text{ seg}$
C	1.0	$T_n \leq 0.65 \text{ seg}$
	$0.57T_n + 0.63$	$0.65 \text{ seg} < T_n \leq 2.02 \text{ seg}$
	$0.055T_n^2 - 0.63T_n + 2.83$	$2.02 \text{ seg} < T_n \leq 5.00 \text{ seg}$
D	1.0	$T_n \leq 0.90 \text{ seg}$
	$1.1T_n$	$0.90 \text{ seg} < T_n \leq 1.75 \text{ seg}$
	1.93	$1.75 \text{ seg} < T_n \leq 5.00 \text{ seg}$

Factor de amplificación del suelo en la norma ecuatoriana.

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500 \text{ m/s}$
B	Perfil de roca de rigidez media	$1500 \text{ m/s} > V_s \geq 760 \text{ m/s}$
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$760 \text{ m/s} > V_s \geq 360 \text{ m/s}$

Tipo de perfil	Descripción	Definición
	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$N \geq 50.0$ $S_u \geq 100 \text{ kPa}$
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360 \text{ m/s} > V_s \geq 180 \text{ m/s}$
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > N \geq 15.0$ $100 \text{ kPa} > S_u \geq 50 \text{ kPa}$
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$V_s < 180 \text{ m/s}$
	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ $S_u < 50 \text{ kPa}$
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista. Se contemplan las siguientes subclases:	
	F1—Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como; suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc.	
	F2—Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas).	
	F3—Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7.5 m con índice de Plasticidad IP > 75)	
	F4—Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H > 30m)	
	F5—Suelos con contrastes de impedancia $\alpha$ ocurriendo dentro de los primeros 30 m superiores del perfil de subsuelo, incluyendo contactos entre suelos blandos y roca, con variaciones bruscas de velocidades de ondas de corte.	
	F6—Rellenos colocados sin control ingenieril.	

Tabla 2: Clasificación de los perfiles de suelo

Factor de amplificación del suelo en la norma colombiana.

**Clasificación de los perfiles de suelo**

Tipo de perfil	Descripción	Definición
<b>A</b>	Perfil de roca competente	$\bar{v}_s \geq 1500 \text{ m/s}$
<b>B</b>	Perfil de roca de rigidez media	$1500 \text{ m/s} > \bar{v}_s \geq 760 \text{ m/s}$
<b>C</b>	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$760 \text{ m/s} > \bar{v}_s \geq 360 \text{ m/s}$
	perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$\bar{N} \geq 50$ , o $\bar{\sigma}_u \geq 100 \text{ kPa} (\approx 1 \text{ kgf/cm}^2)$
<b>D</b>	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360 \text{ m/s} > \bar{v}_s \geq 180 \text{ m/s}$
	perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > \bar{N} \geq 15$ , o $100 \text{ kPa} (\approx 1 \text{ kgf/cm}^2) > \bar{\sigma}_u \geq 50 \text{ kPa} (\approx 0.5 \text{ kgf/cm}^2)$
<b>E</b>	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$180 \text{ m/s} > \bar{v}_s$
	perfil que contiene un espesor total <b>H</b> mayor de 3 m de arcillas blandas	<b>IP</b> > 20 <b>w</b> $\geq$ 40% $50 \text{ kPa} (\approx 0.50 \text{ kgf/cm}^2) > \bar{\sigma}_u$
<b>F</b>	<p>Los perfiles de suelo tipo <b>F</b> requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista de acuerdo con el procedimiento de A.2.10. Se contemplan las siguientes subclases:</p> <p><b>F<sub>1</sub></b> — Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc.</p> <p><b>F<sub>2</sub></b> — Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (<b>H</b> &gt; 3 m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas).</p> <p><b>F<sub>3</sub></b> — Arcillas de muy alta plasticidad (<b>H</b> &gt; 7.5 m con Índice de Plasticidad <b>IP</b> &gt; 75)</p> <p><b>F<sub>4</sub></b> — Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (<b>H</b> &gt; 36 m)</p>	

#### Anexo 4. Factor de amplificación sísmica (C)

Factor de amplificación del suelo en la norma peruana.

$$T < T_P \quad C = 2,5$$

$$T_P < T < T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P}{T}\right)$$

$$T > T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P \cdot T_L}{T^2}\right)$$

Factor de amplificación sísmica en la norma chilena.

Tabla 6.4 - Valores máximos del coeficiente sísmico C

R	C <sub>max.</sub>
2	0,90 S <sub>A<sub>0</sub></sub> / g
3	0,60 S <sub>A<sub>0</sub></sub> / g
4	0,55 S <sub>A<sub>0</sub></sub> / g
5,5	0,40 S <sub>A<sub>0</sub></sub> / g
6	0,35 S <sub>A<sub>0</sub></sub> / g
7	0,35 S <sub>A<sub>0</sub></sub> / g

Factor de amplificación sísmica en la norma ecuatoriana.

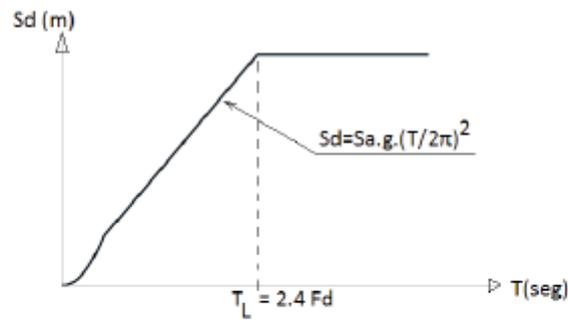


Figura 4 : Espectro sísmico elástico de desplazamientos para diseño

Dónde:

$F_d$  Coeficiente de amplificación de suelo. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca, considerando los efectos de sitio

$S_a$  Espectro de respuesta elástico de aceleraciones (expresado como fracción de la aceleración de la gravedad)

Factor de amplificación sísmica en la norma colombiana.

**Valores del coeficiente  $F_a$ , para la zona de periodos cortos del espectro**

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_a \leq 0.1$	$A_a = 0.2$	$A_a = 0.3$	$A_a = 0.4$	$A_a \geq 0.5$
<b>A</b>	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
<b>B</b>	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
<b>C</b>	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
<b>D</b>	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
<b>E</b>	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
<b>F</b>	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota

Nota: Para el perfil tipo **F** debe realizarse una investigación geotécnica particular para el lugar específico y debe llevarse a cabo un análisis de amplificación de onda de acuerdo con A.2.10.

**Anexo 5. Factor de importancia o uso (U)**

Factor de uso en la norma peruana.

Tabla N° 5 CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR "U"		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A Edificaciones Esenciales	A1: Establecimientos de salud del Sector Salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud .	Ver nota 1
	<p>A2: Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo tales como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1.</li> <li>- Puertos, aeropuertos, locales municipales, centrales de comunicaciones. Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía.</li> <li>- Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua.</li> </ul> <p>Todas aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre, tales como instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades.</p> <p>Se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos.</p> <p>Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado.</p>	1,5

Tabla N° 5 CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR “U”		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas.  También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1,3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,0
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2

Factor de uso en la norma chilena.

Naturaleza de la ocupación	Categoría de Ocupación
<p>Edificios y otras estructuras aisladas o provisionales no destinadas a habitación, no clasificables en las Categorías de Ocupación II, III y IV que representan un bajo riesgo para la vida humana en el caso de falla, incluyendo, pero no exclusivamente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Instalaciones agrícolas.</li> <li>- Ciertas instalaciones provisorias.</li> <li>- Instalaciones menores de almacenaje.</li> </ul>	I
<p>Todos los edificios y otras estructuras destinados a la habitación privada o al uso público que no pertenecen a las Categorías de Ocupación I, III y IV, y edificios u otras estructuras cuya falla puede poner en peligro otras construcciones de las Categorías de Ocupación I, III y IV.</p>	II
<p>Edificios y otras estructuras cuyo contenido es de gran valor, incluyendo, pero no exclusivamente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- bibliotecas;</li> <li>- museos.</li> </ul> <p>Edificios y otras estructuras donde existe frecuentemente aglomeración de personas, incluyendo, pero no exclusivamente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- salas destinadas a asambleas para 100 o más personas;</li> <li>- estadios y graderías al aire libre para 2 000 o más personas;</li> <li>- escuelas, parvularios y recintos universitarios;</li> <li>- cárceles y lugares de detención;</li> <li>- locales comerciales con una superficie mayor o igual que 500 m<sup>2</sup> por piso, o de altura mayor que 12 m;</li> <li>- centros comerciales con pasillos cubiertos, con un área total mayor que 3 000 m<sup>2</sup> sin considerar la superficie de estacionamientos.</li> </ul> <p>Edificios y otras estructuras no incluidas en la Categoría de Ocupación IV (incluyendo, pero no exclusivamente, instalaciones que manufacturan, procesan, manipulan, almacenan, usan o desechan sustancias tales como combustibles peligrosos, productos químicos peligrosos, residuos peligrosos o explosivos) que contienen cantidades suficientes de sustancias peligrosas para el público en caso que se liberen.</p> <p>Edificios y otras estructuras que contengan sustancias peligrosas deben ser clasificadas como estructuras de la Categoría de Ocupación II si se demuestra satisfactoriamente ante la Autoridad Competente mediante una estimación del riesgo, según NCh3171, que la liberación de la sustancia peligrosa no presenta una amenaza para el público.</p>	III

(continúa)

Naturaleza de la ocupación	Categoría de Ocupación
<p>Edificios y otras estructuras clasificadas como edificios gubernamentales, municipales, de servicios públicos o de utilidad pública, incluyendo, pero no exclusivamente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- cuarteles de policía;</li> <li>- centrales eléctricas y telefónicas;</li> <li>- correos y telégrafos;</li> <li>- radioemisoras;</li> <li>- canales de televisión;</li> <li>- plantas de agua potable y de bombeo.</li> </ul> <p>Edificios y otras estructuras clasificadas como instalaciones esenciales cuyo uso es de especial importancia en caso de catástrofe, incluyendo, pero no exclusivamente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- hospitales;</li> <li>- postas de primeros auxilios;</li> <li>- cuarteles de bomberos;</li> <li>- garajes para vehículos de emergencia;</li> <li>- estaciones terminales;</li> <li>- refugios de emergencia;</li> <li>- estructuras auxiliares (incluyendo, pero no exclusivamente a, torres de comunicación, estanques de almacenamiento de combustible, estructuras de subestaciones eléctricas, estructuras de soporte de estanques de agua para incendios o para consumo doméstico o para otro material o equipo contra incendios) requeridas para la operación de estructuras con Categoría IV durante una emergencia.</li> <li>- torres de control de aviación, centros de control de tráfico aéreo, y hangares para aviones de emergencia.</li> <li>- edificios y otras estructuras que tengan funciones críticas para la defensa nacional.</li> </ul> <p>Edificios y otras estructuras (incluyendo, pero no exclusivamente, instalaciones que manufacturan, procesan, manipulan, almacenan, usan o desechan sustancias tales como combustibles peligrosos, productos químicos peligrosos, residuos peligrosos o explosivos) que contienen sustancias peligrosas en cantidades superiores a las establecidas por la Autoridad Competente.</p> <p>Edificios y otras estructuras que contengan sustancias peligrosas deben ser clasificadas como estructuras de la Categoría de Ocupación II si se puede demostrar satisfactoriamente a la Autoridad Competente mediante una estimación de riesgo, como se describe en NCh3171, que una fuga de estas sustancias no representa una amenaza para el público. No se permite esta clasificación reducida si los edificios u otras estructuras también funcionan como instalaciones esenciales o utilidad pública.</p>	IV

## Factor de uso en la norma ecuatoriana.

Categoría	Tipo de uso, destino e importancia
Edificaciones esenciales	Hospitales, clínicas, Centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Estructuras que albergan equipos de generación y distribución eléctrica. Tanques u otras estructuras utilizadas para depósito de agua u otras sustancias anti-incendio. Estructuras que albergan depósitos tóxicos, explosivos, químicos u otras sustancias peligrosas.
Estructuras de ocupación especial	Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieren operar continuamente
Otras estructuras	Todas las estructuras de edificación y otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores

## Factor de uso en la norma colombiana.

**A.2.5.1 — GRUPOS DE USO** — Todas las edificaciones deben clasificarse dentro de uno de los siguientes Grupos de Uso:

**A.2.5.1.1 — Grupo IV — Edificaciones indispensables** — Son aquellas edificaciones de atención a la comunidad que deben funcionar durante y después de un sismo, y cuya operación no puede ser trasladada rápidamente a un lugar alterno. Este grupo debe incluir:

- (a) Todas las edificaciones que componen hospitales clínicas y centros de salud que dispongan de servicios de cirugía, salas de cuidados intensivos, salas de neonatos y/o atención de urgencias,
- (b) Todas las edificaciones que componen aeropuertos, estaciones ferroviarias y de sistemas masivos de transporte, centrales telefónicas, de telecomunicación y de radiodifusión,
- (c) Edificaciones designadas como refugios para emergencias, centrales de aeronavegación, hangares de aeronaves de servicios de emergencia,
- (d) Edificaciones de centrales de operación y control de líneas vitales de energía eléctrica, agua, combustibles, información y transporte de personas y productos,
- (e) Edificaciones que contengan agentes explosivos, tóxicos y dañinos para el público, y
- (f) En el grupo IV deben incluirse las estructuras que alberguen plantas de generación eléctrica de emergencia, los tanques y estructuras que formen parte de sus sistemas contra incendio, y los accesos, peatonales y vehiculares de las edificaciones tipificadas en los literales a, b, c, d y e del presente numeral.

**A.2.5.1.2 — Grupo III — Edificaciones de atención a la comunidad** — Este grupo comprende aquellas edificaciones, y sus accesos, que son indispensables después de un temblor para atender la emergencia y preservar la salud y la seguridad de las personas, exceptuando las incluidas en el grupo IV. Este grupo debe incluir:

- (a) Estaciones de bomberos, defensa civil, policía, cuarteles de las fuerzas armadas, y sedes de las oficinas de prevención y atención de desastres,
- (b) Garajes de vehículos de emergencia,
- (c) Estructuras y equipos de centros de atención de emergencias,
- (d) Guarderías, escuelas, colegios, universidades y otros centros de enseñanza,
- (e) Aquellas del grupo II para las que el propietario desee contar con seguridad adicional, y
- (f) Aquellas otras que la administración municipal, distrital, departamental o nacional designe como tales.

**A.2.5.1.3 — Grupo II — Estructuras de ocupación especial** — Cubre las siguientes estructuras:

- (a) Edificaciones en donde se puedan reunir más de 200 personas en un mismo salón,
- (b) Graderías al aire libre donde pueda haber más de 2000 personas a la vez,
- (c) Almacenes y centros comerciales con más de 500 m<sup>2</sup> por piso,
- (d) Edificaciones de hospitales, clínicas y centros de salud, no cubiertas en A.2.5.1.1.
- (e) Edificaciones donde trabajen o residan más de 3000 personas, y
- (f) Edificios gubernamentales.

**A.2.5.1.4 — Grupo I — Estructuras de ocupación normal** — Todas la edificaciones cubiertas por el alcance de este Reglamento, pero que no se han incluido en los Grupos II, III y IV.

**Anexo 6.** Factor de reducción (R).

Factor de reducción en la norma peruana.

<b>Tabla N° 7 SISTEMAS ESTRUCTURALES</b>	
<b>Sistema Estructural</b>	<b>Coeficiente Básico de Reducción <math>R_o</math> (*)</b>
<b>Acero:</b>	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	7
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	6
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	8 6
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	8
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	
<b>Concreto Armado:</b>	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
<b>Albañilería Armada o Confinada.</b>	3
<b>Madera (Por esfuerzos admisibles)</b>	7

Factor de reducción en la norma chilena.

Sistema estructural	Material estructural	$R$	$R_o$
Pórticos	<b>Acero estructural</b>		
	a) Marcos corrientes (OMF)	4	5
	b) Marcos intermedios (IMF)	5	6
	c) Marcos especiales (SMF)	7	11
	d) Marco de vigas enrejadas (STMF)	6	10
	<b>Hormigón armado</b>	7	11
Muros y sistemas arriostrados	<b>Acero estructural</b>		
	a) Marcos concéntricos corrientes (OCBF)	3	5
	b) Marcos concéntricos especiales (SCBF)	5.5	8
	c) Marcos excéntricos (EBF)	6	10
	<b>Hormigón armado</b>	7	11
	<b>Hormigón armado y albañilería confinada</b>		
	- Si se cumple el criterio $A^{2)}$	6	9
	- Si no se cumple el criterio $A^{2)}$	4	4
	<b>Madera</b>	5,5	7
	<b>Albañilería confinada</b>	4	4
<b>Albañilería armada</b>			
- De bloques de hormigón o unidades de geometría similar en las que se llenan todos los huecos, y albañilería de muros doble chapa	4	4	
- De ladrillos cerámicos tipo rejilla con y sin relleno de huecos y albañilería de bloques de hormigón o unidades de geometría similar en que no se llenan todos los huecos	3	3	
Cualquier tipo de estructuración o material que no pueda ser clasificado en alguna de las categorías anteriores <sup>3)</sup>		2	-
<p>1) Los valores indicados en esta tabla para acero estructural y hormigón armado suponen el cumplimiento de lo establecido en 5.3.3 (Anexo B) y 5.3.4 respectivamente.</p> <p>2) Criterio <math>A</math>: los muros de hormigón armado deben tomar en cada piso, el 50% del esfuerzo de corte del piso, como mínimo.</p> <p>3) No procede el uso del análisis modal espectral para este tipo de estructuración o material. Por lo tanto, no se establece un valor para <math>R_o</math>.</p>			

Factor de reducción en la norma ecuatoriana.

<b>Sistemas Estructurales Dúctiles</b>	<b>R</b>
<b>Sistemas Duales</b>	
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas y con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras (sistemas duales).	8
Pórticos especiales sismo resistentes de acero laminado en caliente, sea con diagonales rigidizadoras (excéntricas o concéntricas) o con muros estructurales de hormigón armado.	8
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente con diagonales rigidizadoras (excéntricas o concéntricas).	8

<b>Sistemas Estructurales Dúctiles</b>	<b>R</b>
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas banda, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras.	7
<b>Pórticos resistentes a momentos</b>	
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas.	8
Pórticos especiales sismo resistentes, de acero laminado en caliente o con elementos armados de placas.	8
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente.	8
<b>Otros sistemas estructurales para edificaciones</b>	
Sistemas de muros estructurales dúctiles de hormigón armado.	5
Pórticos especiales sismo resistentes de hormigón armado con vigas banda.	5

Tabla 15: Coeficiente R para sistemas estructurales dúctiles

<b>Sistemas Estructurales de Ductilidad Limitada</b>	<b>R</b>
<b>Pórticos resistentes a momento</b>	
Hormigón Armado con secciones de dimensión menor a la especificada en la <a href="#">NEC-SE-HM</a> , limitados a viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5 metros.	3
Hormigón Armado con secciones de dimensión menor a la especificada en la <a href="#">NEC-SE-HM</a> con armadura electrosoldada de alta resistencia	2.5
Estructuras de acero conformado en frío, aluminio, madera, limitados a 2 pisos.	2.5
<b>Muros estructurales portantes</b>	
Mampostería no reforzada, limitada a un piso.	1
Mampostería reforzada, limitada a 2 pisos.	3
Mampostería confinada, limitada a 2 pisos.	3
Muros de hormigón armado, limitados a 4 pisos.	3

Factor de reducción en la norma colombiana.

**Tabla A.3-1**  
**Sistema estructural de muros de carga (Nota 1)**

A. SISTEMA DE MUROS DE CARGA		Valor $R_0$ (Nota 2)	Valor $\Omega_0$ (Nota 4)	zonas de amenaza sísmica					
Sistema resistencia sísmica (fuerzas horizontales)	Sistema resistencia para cargas verticales			alta		intermedia		Baja	
				uso permit	altura máx.	uso permit	altura máx.	uso permit	Altura máx.
1. Paneles de cortante de madera	muros ligeros de madera laminada	3.0	2.5	si	6 m	si	9 m	si	12 m
<b>2. Muros estructurales</b>									
a. Muros de concreto con capacidad especial de disipación de energía ( <i>DES</i> )	el mismo	5.0	2.5	si	50 m	si	sin límite	si	Sin límite
b. Muros de concreto con capacidad moderada de disipación de energía ( <i>DMO</i> )	el mismo	4.0	2.5	no se permite		si	50 m	si	Sin límite
c. Muros de concreto con capacidad mínima de disipación de energía ( <i>DMI</i> )	el mismo	2.5	2.5	no se permite		no se permite		si	50 m
d. Muros de mampostería reforzada de bloque de perforación vertical ( <i>DES</i> ) con todas las celdas rellenas	el mismo	3.5	2.5	si	50 m	si	sin límite	si	Sin límite
e. Muros de mampostería reforzada de bloque de perforación vertical ( <i>DMO</i> )	el mismo	2.5	2.5	si	30 m	si	50 m	si	Sin límite
f. Muros de mampostería parcialmente reforzada de bloque de perforación vertical	el mismo	2.0	2.5	Grupo I	2 pisos	si	12 m	si	18 m
g. Muros de mampostería confinada	el mismo	2.0	2.5	Grupo I	2 pisos	Grupo I	12 m	Grupo I	18 m
h. Muros de mampostería de cavidad reforzada	el mismo	4.0	2.5	si	45 m	si	60 m	si	Sin límite
i. Muros de mampostería no reforzada (no tiene capacidad de disipación de energía)	el mismo	1.0	2.5	no se permite		no se permite		Grupo I (Nota 3)	2 pisos
<b>3. Pórticos con diagonales (las diagonales llevan fuerza vertical)</b>									
a. Pórticos de acero estructural con diagonales concéntricas ( <i>DES</i> )	el mismo	5.0	2.5	si	24 m	si	30 m	si	Sin límite
b. Pórticos con diagonales de concreto con capacidad moderada de disipación de energía ( <i>DMO</i> )	el mismo	3.5	2.5	no se permite		si	30 m	si	30 m
c. Pórticos de madera con diagonales	el mismo	2.0	2.5	si	12 m	si	15 m	si	18 m

Tabla A.3-2  
Sistema estructural combinado (Nota 1)

B. SISTEMA COMBINADO		Valor $R_0$ (Nota 2)	Valor $\Omega_0$ (Nota 4)	zonas de amenaza sísmica					
Sistema resistencia sísmica (fuerzas horizontales)	Sistema resistencia para cargas verticales			alta		intermedia		baja	
				uso permit	altura máx.	uso permit	altura máx.	uso permit	altura máx.
<b>1. Pórticos de acero con diagonales excéntricas</b>									
a. Pórticos de acero con diagonales excéntricas si las conexiones con las columnas por fuera del vínculo son resistentes a momento	pórticos de acero resistentes a momentos con capacidad mínima de disipación de energía (DMI)	7.0	2.0	si	45 m	si	60 m	si	Sin Límite
b. Pórticos de acero con diagonales excéntricas si las conexiones con las columnas por fuera del vínculo no son resistentes a momento	pórticos de acero resistentes a momentos con capacidad mínima de disipación de energía (DMI)	6.0	2.0	si	45 m	si	60 m	si	sin Límite
c. Pórticos de acero con diagonales excéntricas si el vínculo no se conecta a la columna	pórticos de acero no resistentes a momentos	6.0	2.0	si	30 m	si	45 m	si	Sin Límite
d. Pórticos de acero con diagonales excéntricas si el vínculo tiene conexión resistente a momento con la columna	pórticos de acero resistentes a momentos con capacidad mínima de disipación de energía (DMI)	5.0	2.0	si	30 m	si	45 m	si	Sin Límite
<b>2. Muros estructurales</b>									
a. Muros de concreto con capacidad especial de disipación de energía (DES)	pórticos de concreto con capacidad especial de disipación de energía (DES)	7.0	2.5	si	72 m	si	sin límite	si	Sin límite
b. Muros de concreto con capacidad moderada de disipación de energía (DMO)	pórticos de concreto con capacidad moderada de disipación de energía (DMO)	5.0	2.5	no se permite		si	72 m	si	Sin límite
c. Muros de concreto con capacidad moderada de disipación de energía (DMO)	pórticos losa-columna (Nota 3) con capacidad moderada de disipación de energía (DMO)	3.5	2.5	no se permite		si	18 m	si	27 m
d. Muros de concreto con capacidad mínima de disipación de energía (DMI)	pórticos de concreto con capacidad mínima de disipación de energía (DMI)	2.5	2.5	no se permite		no se permite		si	72 m
e. Muros de concreto con capacidad mínima de disipación de energía (DMI)	pórticos losa-columna (Nota 3) con capacidad mínima de disipación de energía (DMI)	2.0	2.5	no se permite		no se permite		si	18 m
f. Muros de mampostería reforzada de bloque de perforación vertical (DES) con todas las celdas rellenas	pórticos de concreto con capacidad especial de disipación de energía (DES)	4.5	2.5	si	30 m	si	45 m	si	45 m
g. Muros de mampostería reforzada de bloque de perforación vertical (DMO)	pórticos de concreto con capacidad especial de disipación de energía (DES)	3.5	2.5	si	30 m	si	45 m	si	45 m
h. Muros de mampostería reforzada de bloque de perforación vertical (DMO)	pórticos de concreto con capacidad moderada de disipación de energía (DMO)	2.5	2.5	no se permite		si	30 m	si	45 m
i. Muros de mampostería confinada (DMO — capacidad moderada de disipación de energía)	pórticos de concreto con capacidad moderada de disipación de energía (DMO)	2.0	2.5	no se permite		Grupo I	18 m	Grupo I	21 m
j. Muros de mampostería confinada (DMO — capacidad moderada de disipación de energía)	pórticos de concreto con capacidad mínima de disipación de energía (DMI)	2.0	2.5	no se permite		no se permite		Grupo I	18 m
k. Muros de mampostería de cavidad reforzada (DES — capacidad especial de disipación de energía)	pórticos de concreto con capacidad moderada de disipación de energía (DMO)	4.0	2.5	no se permite		si	30 m	si	45 m
l. Muros de mampostería de cavidad reforzada (DES — capacidad especial de disipación de energía)	pórticos de concreto con capacidad mínima de disipación de energía (DMI)	2.0	2.5	no se permite		no se permite		si	45 m
m. Muros de cortante con placa de acero (DES)	pórticos de acero resistente o no a momentos	7.0	2.0	si	50 m	si	Sin límite	si	Sin límite

**Tabla A.3-2 (continuación)**  
**Sistema estructural combinado (Nota 1)**

B. SISTEMA COMBINADO		Valor $R_0$ (Nota 2)	Valor $\Omega_0$ (Nota 4)	zonas de amenaza sísmica					
				alta		intermedia		baja	
				uso permit	altura máx.	uso permit	altura máx.	uso permit	altura máx.
n. Muros de cortante compuestos con placa de acero y concreto	pórticos de acero resistente o no a momentos	6.5	2.5	si	50 m	si	Sin límite	si	Sin límite
o. Muros de concreto reforzado (DES) mixtos con elementos de acero	pórticos de acero resistente o no a momentos	6.0	2.5	si	50 m	si	Sin límite	si	Sin límite
p. Muros de concreto reforzado (DMO) mixtos con elementos de acero	pórticos de acero resistente o no a momentos	5.5	2.5	No se permite		No se permite		si	Sin límite
q. Muros de concreto reforzado (DMI) mixtos con elementos de acero	pórticos de acero resistentes o no a momentos	5.0	2.5	no se permite		no se permite		si	45 m
<b>3. Pórticos con diagonales concéntricas</b>									
a. Pórticos de acero con diagonales concéntricas (DES)	pórticos de acero no resistentes a momentos	5.0	2.5	si	30 m	si	45 m	si	60 m
b. Pórticos de acero con diagonales concéntricas (DMI)	pórticos de acero no resistentes a momentos	4.0	2.5	no se permite		si	10 m	si	60 m
c. Pórticos mixtos con diagonales concéntricas (DES)	pórticos de acero resistentes o no a momentos	5.0	2.0	si	50 m	si	sin límite	si	sin límite
d. Pórticos mixtos con diagonales concéntricas (DMI)	pórticos de acero resistentes o no a momentos	3.0	2.0	no se permite (nota 5)		no se permite (nota 5)		si	Sin límite
e. Pórticos de acero con diagonales concéntricas restringidas a pandeo, con conexiones viga-columna resistentes a momento	pórticos de acero no resistentes a momentos	7.0	2.5	si	30 m	si	45 m	si	Sin límite
f. Pórticos de acero con diagonales concéntricas restringidas a pandeo, con conexiones viga-columna no resistentes a momento	pórticos de acero no resistentes a momentos	6.0	2.5	si	30 m	si	45 m	si	Sin límite
g. Pórticos de concreto con diagonales concéntricas con capacidad moderada de disipación de energía (DMO)	pórticos de concreto con capacidad moderada de disipación de energía (DMO)	3.5	2.5	no se permite		si	24 m	si	30 m

## Anexo 7. Estimación de peso (P)

Estimación de peso en la norma peruana.

### 4.3 Estimación del Peso (P)

El peso (P), se calculará adicionando a la carga permanente y total de la edificación un porcentaje de la carga viva o sobrecarga que se determinará de la siguiente manera:

- a. En edificaciones de las categorías A y B, se tomará el 50 % de la carga viva.
- b. En edificaciones de la categoría C, se tomará el 25 % de la carga viva.
- c. En depósitos, el 80 % del peso total que es posible almacenar.
- d. En azoteas y techos en general se tomará el 25 % de la carga viva.
- e. En estructuras de tanques, silos y estructuras similares se considerará el 100 % de la carga que puede contener.

Estimación de peso en la norma chilena.

### 5.5 Modelos estructurales

5.5.1 Para el cálculo de las masas se deben considerar las cargas permanentes más un porcentaje de la sobrecarga de uso, que no puede ser inferior a 25% en construcciones destinadas a la habitación privada o al uso público donde no es usual la aglomeración de personas o cosas, ni a un 50% en construcciones en que es usual esa aglomeración.

Estimación de peso en la norma ecuatoriana.

#### 6.1.7. Carga sísmica reactiva W

La carga sísmica W representa la carga reactiva por sismo.

Independientemente del método de análisis descrito en la sección 6.2 se usará la siguiente carga sísmica reactiva W.

Caso general

$$W=D$$

Dónde

D Carga muerta total de la estructura

Casos especiales: bodegas y almacenaje

$$W=D+0.25L_1$$

Estimación de peso en la norma colombiana.

**M** = masa total de la edificación — **M** debe ser igual a la masa total de la estructura más la masa de aquellos elementos tales como muros divisorios y particiones, equipos permanentes, tanques y sus contenidos, etc. En depósitos o bodegas debe incluirse además un 25 por ciento de la masa correspondiente a los elementos que causan la carga viva del piso. Capítulos A.4 y A.5 (en kg).

## Anexo 8. Periodo fundamental de vibración (T)

Periodo fundamental de vibración en la norma peruana.

### 4.5.4 Período Fundamental de Vibración

El período fundamental de vibración para cada dirección se estimará con la siguiente expresión:

$$T = \frac{h_n}{C_T}$$

Donde:

$C_T = 35$  Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean únicamente:

- a) Pórticos de concreto armado sin muros de corte.
- b) Pórticos dúctiles de acero con uniones resistentes a momentos, sin arriostramiento.

$C_T = 45$  Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean:

- a) Pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras.
- b) Pórticos de acero arriostrados.

$C_T = 60$  Para edificios de albañilería y para todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales, y muros de ductilidad limitada.

Alternativamente podrá usarse la siguiente expresión:

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{\left(\sum_{i=1}^n P_i \cdot d_i^2\right)}{\left(g \cdot \sum_{i=1}^n f_i \cdot d_i\right)}}$$

Donde:

-  $f_i$  es la fuerza lateral en el nivel  $i$  correspondiente a una distribución en altura semejante a la del primer modo en la dirección de análisis.

-  $d_i$  es el desplazamiento lateral del centro de masa del nivel  $i$  en traslación pura (restringiendo los giros en planta) debido a las fuerzas  $f_i$ . Los desplazamientos se calcularán suponiendo comportamiento lineal elástico de la estructura y, para el caso de estructuras de concreto armado y de albañilería, considerando las secciones sin fisurar.

Periodo fundamental de vibración en la norma chilena.

**Tabla 6.3 - Valor de los parámetros que dependen del tipo de suelo**

Tipo de Suelo	<i>S</i>	<i>T<sub>o</sub></i> (s)	<i>T'</i> (s)	<i>n</i>	<i>p</i>
A	0.90	0.15	0.20	1.00	2.0
B	1.00	0.30	0.35	1.33	1.5
C	1.05	0.40	0.45	1.40	1.6
D	1.20	0.75	0.85	1.80	1.0
E	1.30	1.20	1.35	1.80	1.0
F	*	*	*	*	*

Periodo fundamental de vibración en la norma ecuatoriana.

$$S_a = \eta Z F_a \quad \text{para } 0 \leq T \leq T_C$$

$$S_a = \eta Z F_a \left(\frac{T_c}{T}\right)^r \quad \text{para } T > T_C$$

Dónde:

**η** Razón entre la aceleración espectral  $S_a$  ( $T = 0.1$  s) y el PGA para el periodo de retorno seleccionado.

**r** Factor usado en el espectro de diseño elástico, cuyos valores dependen de la ubicación geográfica del proyecto

$r = 1$  para todos los suelos, con excepción del suelo tipo E

$r = 1.5$  para tipo de suelo E.

**$S_a$**  Espectro de respuesta elástico de aceleraciones (expresado como fracción de la aceleración de la gravedad  $g$ ). Depende del periodo o modo de vibración de la estructura

**T** Periodo fundamental de vibración de la estructura

**$T_C$**  Periodo limite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño

**Z** Aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad  $g$

Periodo fundamental de vibración en la norma colombiana.

**A.2.6.1.1** — Para periodos de vibración menores de  $T_C$ , calculado de acuerdo con la ecuación A.2.6-2, el valor de  $S_a$  puede limitarse al obtenido de la ecuación A.2.6-3.

$$T_C = 0.48 \frac{A_v F_v}{A_a F_a} \quad (\text{A.2.6-2})$$

**A.2.6.1.2** — Para períodos de vibración mayores que  $T_L$ , calculado de acuerdo con la ecuación A.2.6-4, el valor de  $S_a$  no puede ser menor que el dado por la ecuación A.2.6-5.

$$T_L = 2.4F_v \quad (\text{A.2.6-4})$$

**A.2.6.1.3** — Cuando se utilice el análisis dinámico, tal como se define en el Capítulo A.5, para períodos de vibración diferentes del fundamental, en la dirección en estudio, menores de  $T_0$  calculado de acuerdo con la ecuación A.2.6-6, el espectro de diseño puede obtenerse de la ecuación A.2.6-7.

$$T_0 = 0.1 \frac{A_v F_v}{A_a F_a} \quad (\text{A.2.6-6})$$

**Anexo 9. Análisis estático o de fuerzas equivalentes - Cortante Basal**  
Cortante Basal en la norma peruana.

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P$$

El valor de  $C/R$  no deberá considerarse menor que:

$$\frac{C}{R} \geq 0,125$$

#### 4.5.3 Distribución de la Fuerza Sísmica en Altura

Las fuerzas sísmicas horizontales en cualquier nivel  $i$ , correspondientes a la dirección considerada, se calcularán mediante:

$$F_i = \alpha_i \cdot V$$

$$\alpha_i = \frac{P_i(h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j(h_j)^k}$$

Donde  $n$  es el número de pisos del edificio,  $k$  es un exponente relacionado con el período fundamental de vibración de la estructura ( $T$ ), en la dirección considerada, que se calcula de acuerdo a:

- a) Para  $T$  menor o igual a 0,5 segundos:  $k = 1,0$ .
- b) Para  $T$  mayor que 0,5 segundos:  $k = (0,75 + 0,5 T) \leq 2,0$ .

Cortante Basal en la norma chilena.

6.2.3 El esfuerzo de corte basal está dado por:

$$Q_o = CIP \quad (6-1)$$

en que:

- $C$  = coeficiente sísmico que se define en 6.2.3.1 y 6.2.7.
- $I$  = coeficiente relativo al edificio, cuyos valores se especifican en Tabla 6.1 de acuerdo con la clasificación indicada en 4.3;
- $P$  = peso total del edificio sobre el nivel basal, calculado en la forma indicada en 6.2.3.3.

Cortante Basal en la norma ecuatoriana.

### 6.3.2. Cortante basal de diseño V

El cortante basal total de diseño V, a nivel de cargas últimas, aplicado a una estructura en una dirección especificada, se determinará mediante las expresiones:

$$V = \frac{I S_a(T_d)}{R O_P O_E} W$$

Dónde

$S_a(T_d)$	Espectro de diseño en aceleración; véase en la sección [3.3.2]
$O_P$ y $O_E$	Coefficientes de configuración en planta y elevación; véase en la sección [5.3]
$I$	Coefficiente de importancia; se determina en la sección [4.1]
$R$	Factor de reducción de resistencia sísmica; véase en la sección [6.3.4]
$V$	Cortante basal total de diseño
$W$	Carga sísmica reactiva; véase en la sección [6.1.7]
$T_d$	Período de vibración; véase en la sección [6.3.3]

Cortante Basal en la norma colombiana.

**A.12.4.3.2 — Fuerzas sísmicas horizontales del umbral de daño** — Las fuerzas sísmicas correspondientes a los movimientos sísmicos del umbral de daño corresponden a la distribución en la altura de la edificación del cortante sísmico en la base,  $V_{sd}$ . Este cortante sísmico en la base es equivalente a la totalidad de los efectos inerciales horizontales producidos por los movimientos sísmicos del umbral de daño, en la dirección en estudio, y se obtiene por medio de la siguiente ecuación:

$$V_{sd} = S_{ad} g M \quad (A.12.4-1)$$

El valor de  $S_{ad}$  en la ecuación anterior corresponde al valor de la aceleración leída del espectro sísmico definido en A.12.3 para el período  $T$  de la edificación. La fuerza sísmica horizontal del umbral de daño en cualquier nivel puede obtenerse de las ecuaciones A.4.3-1 y A.4.3-2, utilizando  $V_{sd}$  en vez de  $V_s$ .

## Anexo 10. Espectro de respuesta

Espectro de respuesta en la norma peruana.

### 4.6.2 Aceleración Espectral

Para cada una de las direcciones horizontales analizadas se utilizará un espectro inelástico de pseudo-aceleraciones definido por:

$$S_a = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot g$$

Espectro de respuesta en la norma chilena.

### 6.3.5 Espectro de diseño

6.3.5.1 El espectro de diseño de pseudo-aceleraciones que determina la resistencia sísmica de la estructura está definido por:

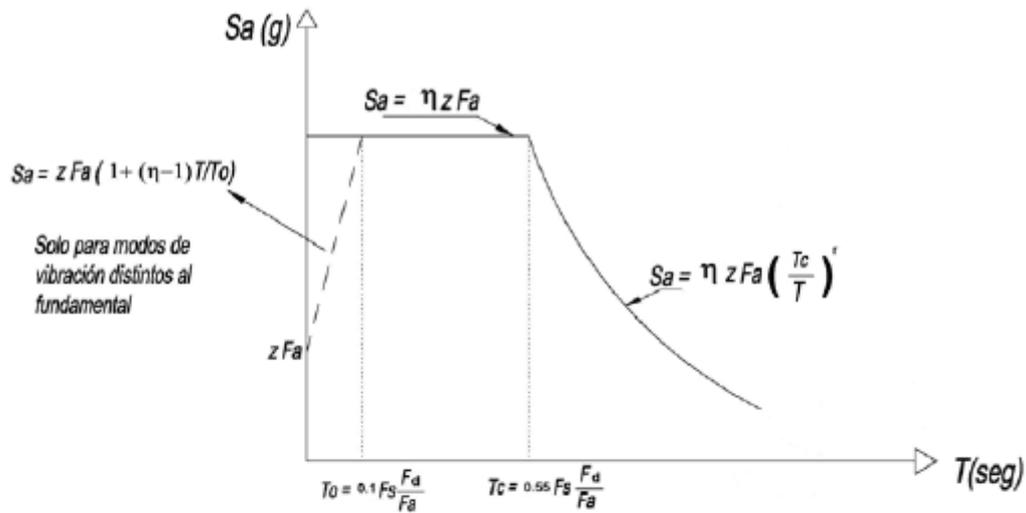
$$S_a = \frac{S A_o \alpha}{(R^* / I)} \quad (6-8)$$

en que los valores del  $I$  y  $A_o$  se determinan en la forma estipulada en 6.2.3.

6.3.5.2 El factor de amplificación  $\alpha$  se determina para cada modo de vibrar  $n$ , de acuerdo con la expresión:

$$\alpha = \frac{1 + 4,5 \left( \frac{T_n}{T_o} \right)^p}{1 + \left( \frac{T_n}{T_o} \right)^3} \quad (6-9)$$

Espectro de respuesta en la norma ecuatoriana.



Dónde:

- $\eta$  Razón entre la aceleración espectral  $S_a (T = 0.1 s)$  y el PGA para el periodo de retorno seleccionado.
- $F_a$  Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo cortó. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de aceleraciones para diseño en roca, considerando los efectos de sitio
- $F_d$  Coeficiente de amplificación de suelo. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca, considerando los efectos de sitio
- $F_s$  Coeficiente de amplificación de suelo. Considera el comportamiento no lineal de los suelos, la degradación del periodo del sitio que depende de la intensidad y contenido de frecuencia de la excitación sísmica y los desplazamientos relativos del suelo, para los espectros de aceleraciones y desplazamientos
- $S_a$  Espectro de respuesta elástico de aceleraciones (expresado como fracción de la aceleración de la gravedad  $g$ ). Depende del periodo o modo de vibración de la estructura
- $T$  Periodo fundamental de vibración de la estructura
- $T_0$  Periodo limite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño
- $T_c$  Periodo limite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño
- $Z$  Aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad  $g$

Espectro de respuesta en la norma colombiana.

$$S_{ad} = \frac{1.5A_d\bar{S}T_{Ld}}{T^2} \quad (\text{A.12.3-6})$$

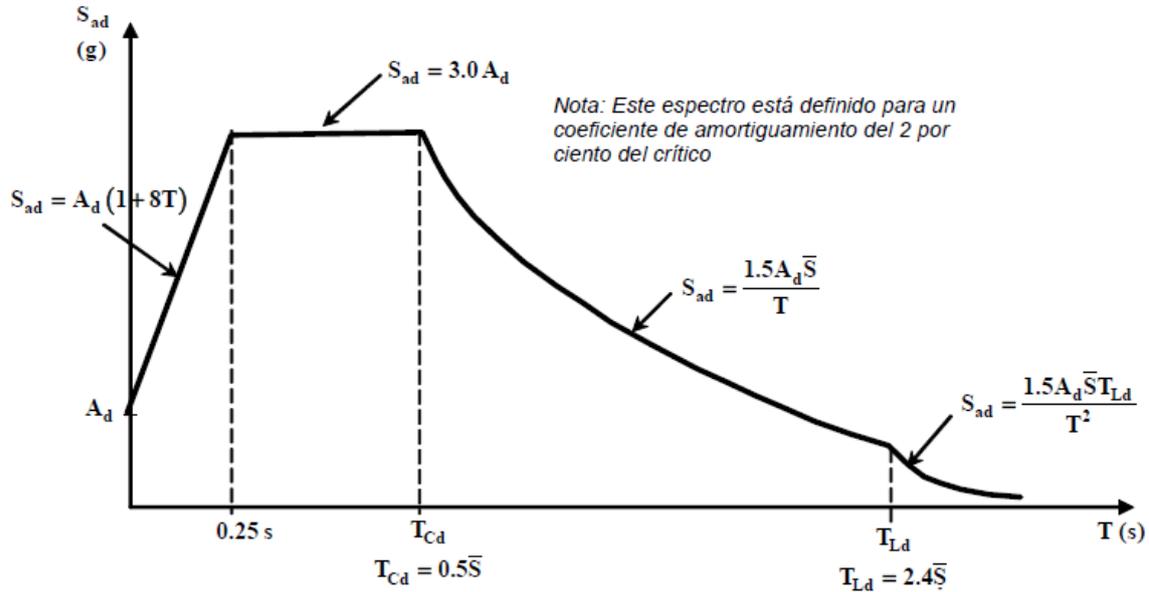


Figura A.12.3-1 — Espectro de aceleraciones horizontales elástico del umbral de daño

**Anexo 11.** Determinación de desplazamientos laterales relativos o derivas.

Desplazamientos laterales relativos o derivas en la norma peruana.

Tabla N° 11 LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO	
Material Predominante	$(\Delta_i / h_{ei})$
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0,005

Nota: Los límites de la distorsión (deriva) para estructuras de uso industrial serán establecidos por el proyectista, pero en ningún caso excederán el doble de los valores de esta Tabla.

Desplazamientos laterales relativos o derivas en la norma chilena.

### 5.9 Deformaciones sísmicas

5.9.1 Los desplazamientos horizontales y rotaciones de los diafragmas de piso se deben calcular para las acciones sísmicas de diseño estipuladas en cláusula 6, incluyendo el efecto de la torsión accidental.

5.9.2 El desplazamiento relativo máximo entre dos pisos consecutivos, medido en el centro de masas en cada una de las direcciones de análisis, no debe ser mayor que la altura de entrepiso multiplicada por 0,002.

Desplazamientos laterales relativos o derivas en la norma ecuatoriana.

#### 4.2.2. Límites permisibles de las derivas de los pisos

La deriva máxima para cualquier piso no excederá los límites de deriva inelástica establecidos en la tabla siguiente, en la cual la deriva máxima se expresa como un porcentaje de la altura de piso:

Estructuras de:	$\Delta_{M}$ máxima (sin unidad)
Hormigón armado, estructuras metálicas y de madera	0.02
De mampostería	0.01

Tabla 7 : Valores de  $\Delta_{M}$  máximos, expresados como fracción de la altura de piso

Desplazamientos laterales relativos o derivas en la norma colombiana.

**Tabla A.12.5-1**  
Derivas máximas para el umbral de daño como porcentaje de  $h_{pi}$

Estructuras de:	Deriva máxima
concreto reforzado, metálicas, de madera, y de mampostería que cumplen los requisitos de A.12.5.3.1	0.40% $\left( \Delta_{\max}^i \leq 0.0040 h_{pi} \right)$
de mampostería que cumplen los requisitos de A.12.5.3.2	0.20% $\left( \Delta_{\max}^i \leq 0.0020 h_{pi} \right)$

## Anexo 12. Validez de Instrumentos, confiabilidad de datos y cálculos realizados

### CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y nombres: Salas Acosta Jose Francisco  
 1.2 Cargo e institución donde labora: Supervisor de Obra, MDS, Moquegua  
 1.3 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Modelamiento en Etabs v21 y calculos  
 1.4 Autor(a) de instrumento: Malpartida Iturregui Juan de Dios

#### II. ASPECTOS DE VALIDACION

Nº	CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
			40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1	CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible											X		
2	OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las normativas y principios científicos													X
3	ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación												X	
4	ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica											X		
5	SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6	INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las categorías											X		
7	CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos													X
8	COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos y conclusiones												X	
9	METODOLOGIA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr verificar los supuestos											X		
10	PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico												X	

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación.
- El instrumento no cumple con los Requisitos para su aplicación.

SI

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

94%
-----

Pimentel, 25 de octubre del 2023.

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SÁMEGUA  
 OFICINA DE SUPERVISIÓN Y LIQUIDACIÓN DE OBRAS

ING. JOSÉ FRANCISCO SALAS ACOSTA  
 INSPECTOR DE OBRA  
 CIP. 08575

FIRMA DEL EXPERTO

## CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y nombres: Joel Jahir Sosa Iturregui  
 1.2 Cargo e institución donde labora: Ingeniero de Campo Mina Constancia  
 1.3 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Modelamiento en Etabs v21 y calculos  
 1.4 Autor(a) de instrumento: Malpartida Iturregui Juan de Dios

### II. ASPECTOS DE VALIDACION

Nº	CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
			40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1	CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible												X	
2	OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las normativas y principios científicos													X
3	ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación												X	
4	ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica												X	
5	SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6	INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las categorías												X	
7	CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos													X
8	COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos y conclusiones												X	
9	METODOLOGIA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr verificar los supuestos												X	
10	PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico												X	

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación.
- El instrumento no cumple con los Requisitos para su aplicación.

SI

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

96%
-----

Pimentel, 25 de octubre del 2023.

  
 JOEL JAHIR SOSA ITURREGUI  
 INGENIERO DE CAMPO - CIP. 261776  
 Proyecto Mina Constancia  
  
**FIRMA DEL EXPERTO**

## CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y nombres: WILLIAMS RAUL GARCIA CHUMACERO  
 1.2 Cargo e institución donde labora: Ingeniero Proyectista - Independiente  
 1.3 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Modelamiento en Etabs v21 y calculos  
 1.4 Autor(a) de instrumento: Malpartida Iturregui Juan de Dios

### II. ASPECTOS DE VALIDACION

Nº	CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
			40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1	CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible												X	
2	OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las normativas y principios científicos											X		
3	ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación											X		
4	ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica										X			
5	SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6	INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las categorías										X			
7	CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos												X	
8	COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos y conclusiones										X			
9	METODOLOGIA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr verificar los supuestos										X			
10	PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico												X	

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación.
- El instrumento no cumple con los Requisitos para su aplicación.

SI
NO

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

93%
-----

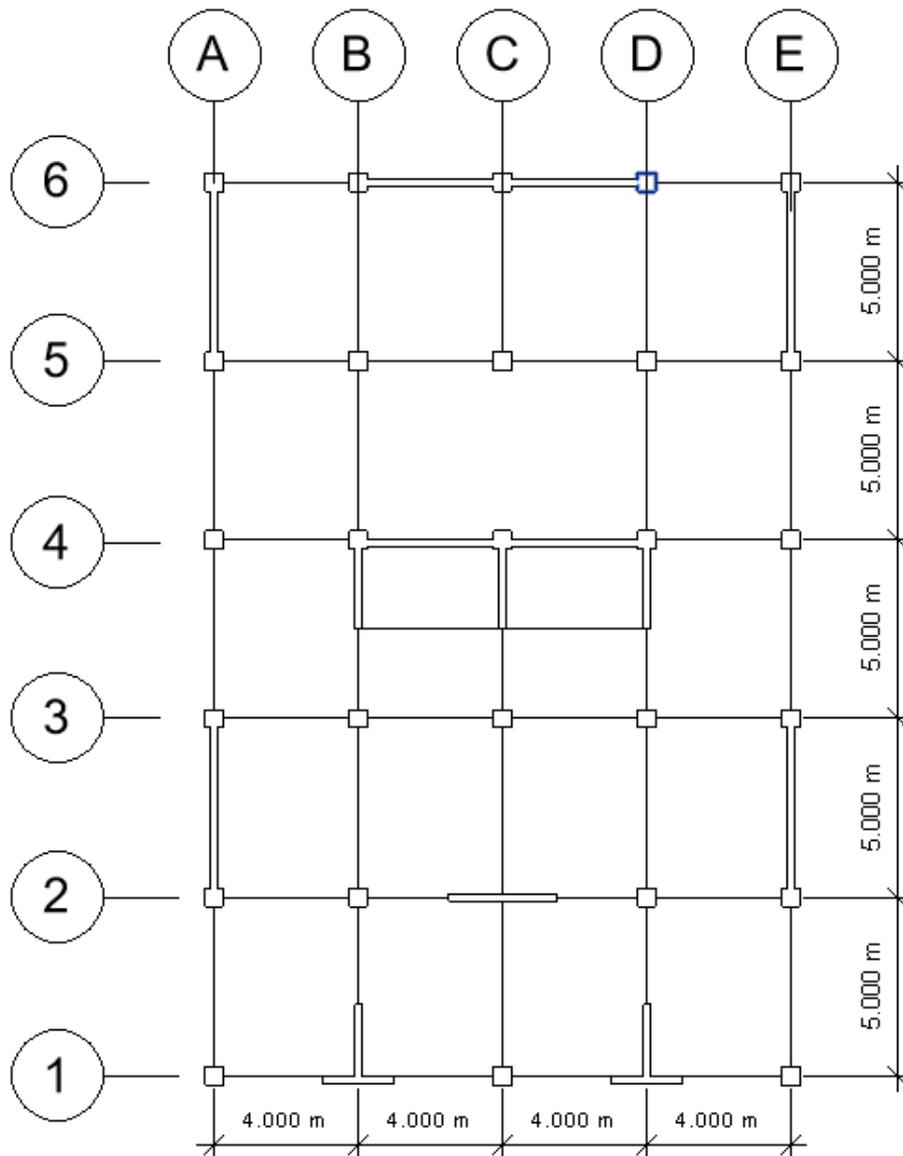
Pimentel, 25 de octubre del 2023.

  
**WILLIAMS RAUL GARCIA CHUMACERO**  
**INGENIERO CIVIL**  
**REG. CIP N° 302264**

.....  
**FIRMA DEL INFORMANTE**

Se utilizo el bosquejo siguiente ya que para poder hacer un análisis comparativo se consideró ser solo un modelo estructural que representa una edificación de concreto reforzado, de esa manera no interfiere con ningún parámetro arquitectónico de cualquier país, quedando de una manera imparcial ni brindando ventajas o desventajas para cualquier normativa.

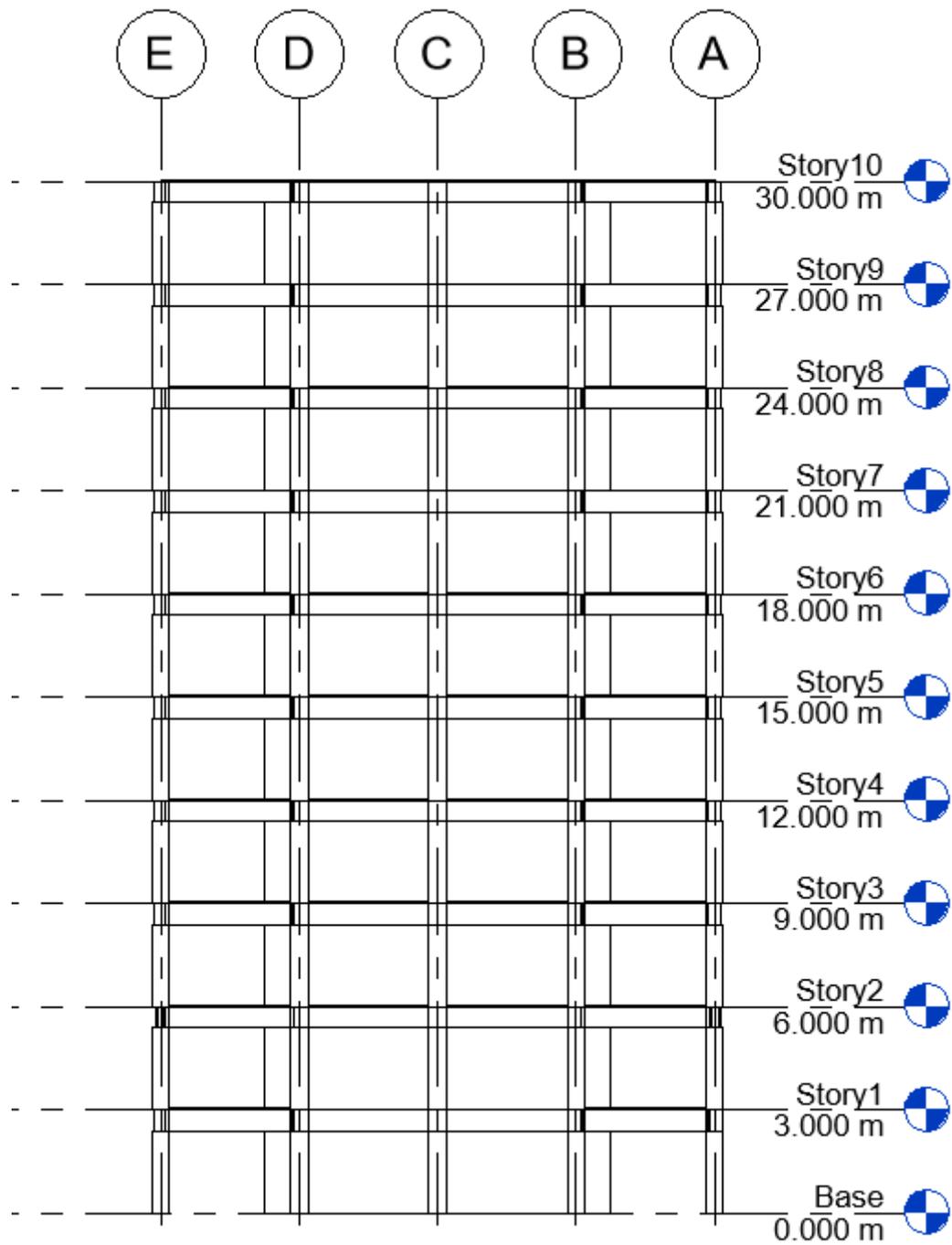
Vista en planta común desde el piso 1 hasta el piso 10



Vista de elevaciones del eje X-X

*[Signature]*  
**JOEL JAHIR SOSA ITURREGUI**  
 INGENIERO DE CAMPO - CIP. 261776  
 Proyecto Mina Constancia  
**STRACON**

*[Signature]*  
**WILLIAMS RAUL GARCIA CHUMACERO**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 302264

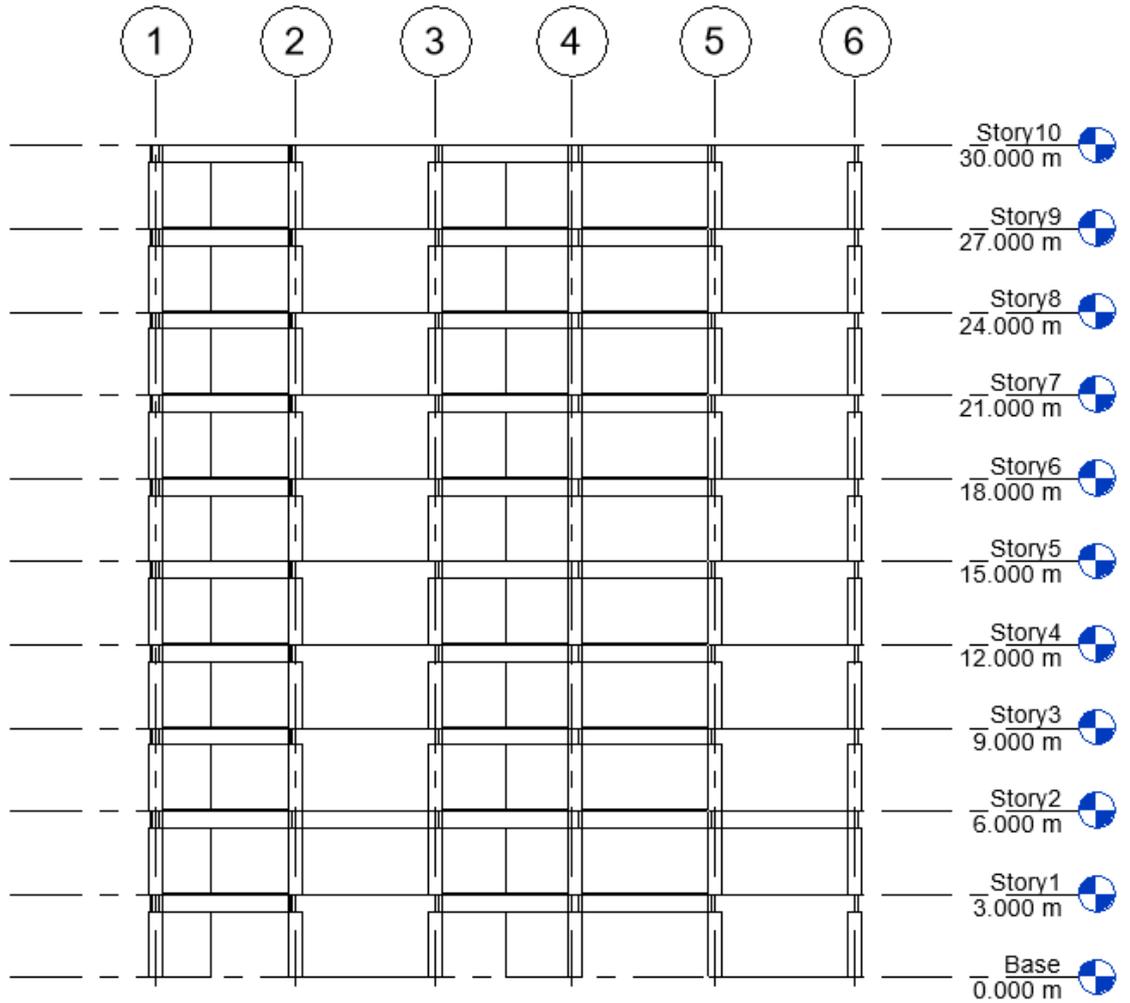


  
**JOEL JAHIR SOSA ITURREGUI**  
 INGENIERO DE CAMPO - CIP. 261776  
 Proyecto Mina Constancia  


  
**WILLIAMS RAUL GARCIA CHUMACERO**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 302264

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SÁMEGUA  
 OFICINA DE SUPERVISIÓN Y LIQUIDACIÓN DE OBRAS  
  
**ING. JOSÉ FRANCISCO SALAS ACOSTA**  
 INSPECTOR DE OBRA  
 CIP. 01575

Vista de elevaciones del eje Y-Y



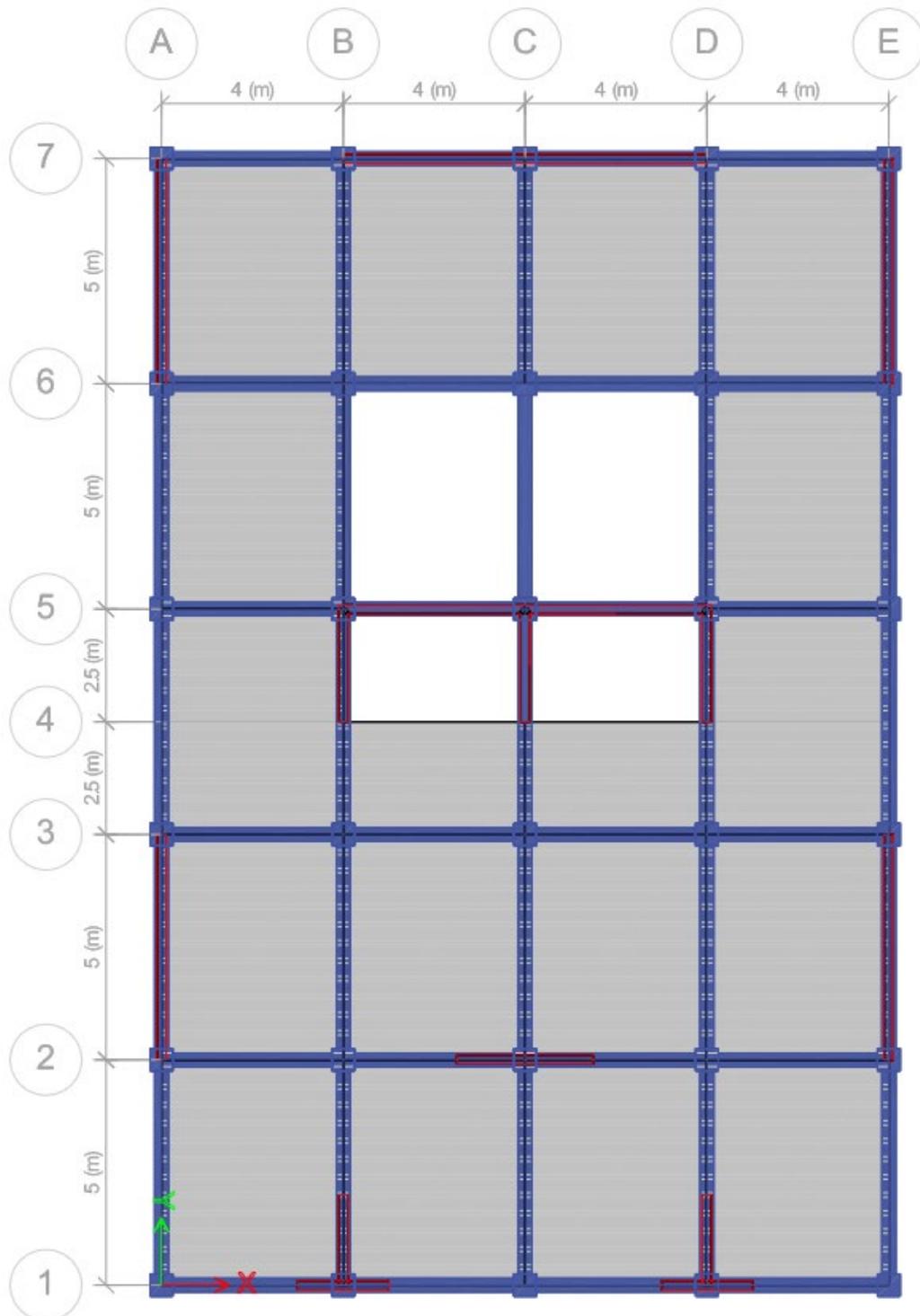
  
**JOEL JAHIR SOSA ITURREGUI**  
 INGENIERO DE CAMPO - CIP. 261776  
 Proyecto Mina Constancia  


  
**WILLIAMS RAUL GARCIA CHUMACERO**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 302264

  
 MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SAMEGUA  
 OFICINA DE SUPERVISION Y LIQUIDACION DE OBRAS  
 .....  
**ING. JOSE FRANCISCO SALAS ACOSTA**  
 INSPECTOR DE OBRA  
 CIP. 64575

## Procedimiento de modelamiento en ETABS v.21 y obtención de resultados

Modelamiento, planta de la edificación de 10 niveles

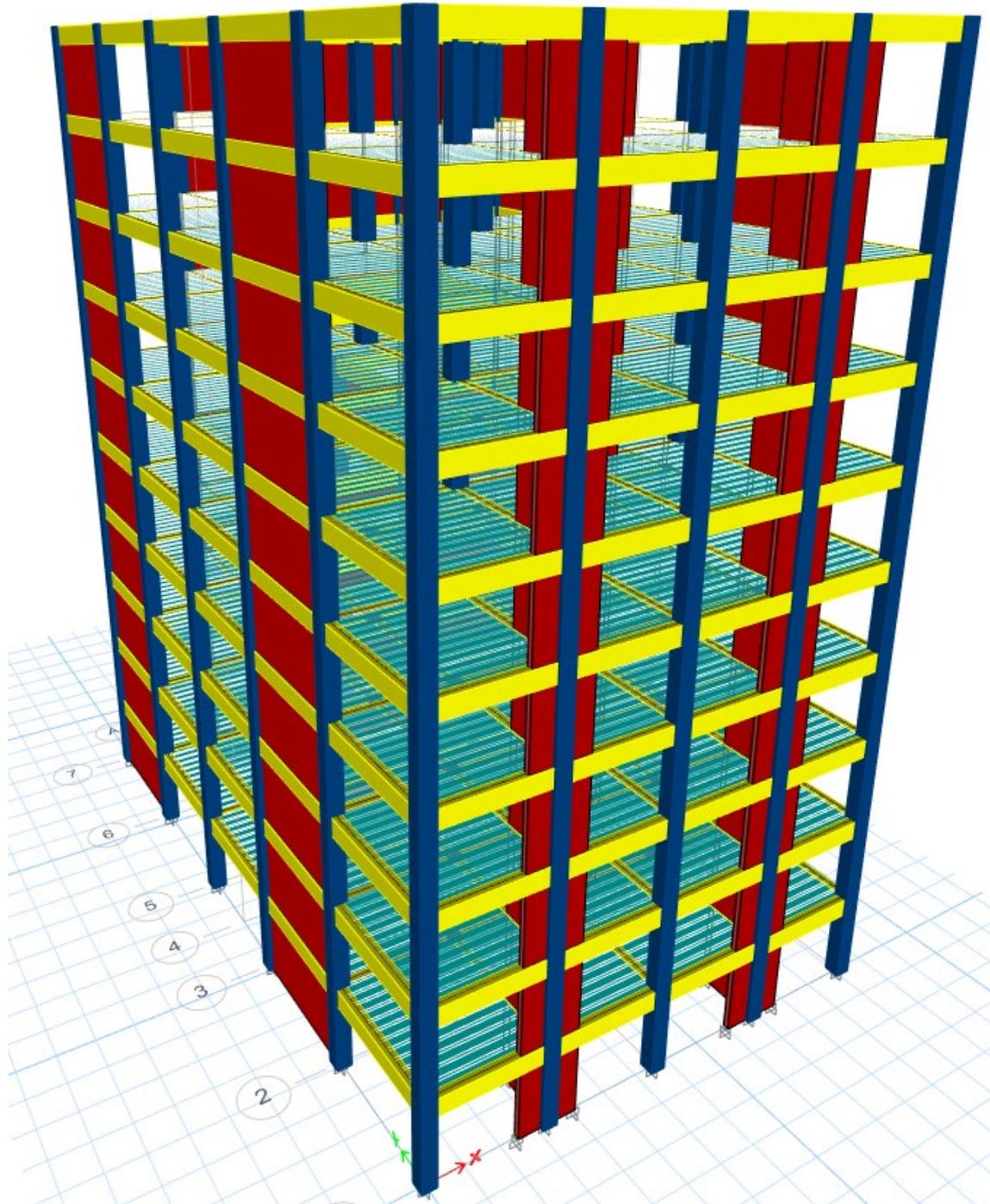


  
JOEL JAHIR SOSA ITURREGUI  
INGENIERO DE CAMPO - CIP. 261776  
Proyecto Mina Constanza  


  
WILLIAMS RAUL GARCIA CHUMACERO  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP N° 302264

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SÁMEGUA  
OFICINA DE SUPERVISIÓN Y LIQUIDACIÓN DE OBRAS  
  
ING. JOSÉ FRANCISCO SALAS ACOSTA  
INSPECTOR DE OBRA  
CIP. 64575

Se utilizó el software ETABS v21 para el modelamiento de la estructura de 10 pisos los cuales se detallan a continuación:



  
JOEL JAHIR SOSA ITURREGUI  
INGENIERO DE CAMPO - CIP. 261776  
Proyecto Mina Constanza  


  
WILLIAMS RAUL GARCIA CHUMACERO  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP N° 302264

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SÁMEGUA  
OFICINA DE SUPERVISIÓN Y LIQUIDACIÓN DE OBRAS  
  
ING. JOSÉ FRANCISCO SALAS ACOSTA  
INSPECTOR DE OBRA  
CIP. 00575

Se realizó el uso de concreto  $F'c$  210 kgf/cm<sup>2</sup> con sus respectivos valores como se muestra en la siguiente figura.

**E** Material Property Data ×

**General Data**

Material Name	<input type="text" value="F'c 210 kgf/cm2"/>
Material Type	Concrete <input type="button" value="v"/>
Directional Symmetry Type	Isotropic <input type="button" value="v"/>
Material Display Color	<input type="button" value="Change..."/>
Material Notes	<input type="button" value="Modify/Show Notes..."/>

**Material Weight and Mass**

Specify Weight Density       Specify Mass Density

Weight per Unit Volume	<input type="text" value="2.4"/>	tonf/m <sup>3</sup>
Mass per Unit Volume	<input type="text" value="2.4"/>	kN-s <sup>2</sup> /m <sup>4</sup>

**Mechanical Property Data**

Modulus of Elasticity, E	<input type="text" value="218819.78"/>	kgf/cm <sup>2</sup>
Poisson's Ratio, U	<input type="text" value="0.2"/>	
Coefficient of Thermal Expansion, A	<input type="text" value="0.0000099"/>	1/C
Shear Modulus, G	<input type="text" value="91174.91"/>	kgf/cm <sup>2</sup>

**Design Property Data**

**Advanced Material Property Data**

**Modulus of Rupture for Cracked Deflections**

Program Default (Based on Concrete Slab Design Code)

User Specified

  
JOEL JAHIR SOSA ITORREGUI  
INGENIERO DE CAMPO - CIP. 261776  
Proyecto Mina Constanza  
**STRACON**

  
WILLIAMS RAUL GARCIA CHUMACERO  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP N° 302264

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SAMEGUA  
OFICINA DE SUPERVISIÓN Y LIQUIDACIÓN DE OBRAS  
  
ING. JOSÉ FRANCISCO SALAS ACOSTA  
INSPECTOR DE OBRA  
CIP. 61575

Se utilizó Acero corrugado grado 60 y sus propiedades como se detalla en la siguiente figura.

**E** Material Property Data ×

**General Data**

Material Name	Acero grado 60
Material Type	Rebar
Directional Symmetry Type	Uniaxial
Material Display Color	<span style="background-color: blue; color: blue;">[Color]</span> <span>Change...</span>
Material Notes	<span>Modify/Show Notes...</span>

**Material Weight and Mass**

Specify Weight Density       Specify Mass Density

Weight per Unit Volume	7.85	tonf/m <sup>3</sup>
Mass per Unit Volume	7.849	kN-s <sup>2</sup> /m <sup>4</sup>

**Mechanical Property Data**

Modulus of Elasticity, E	2000000	kgf/cm <sup>2</sup>
Coefficient of Thermal Expansion, A	0.0000117	1/C

**Design Property Data**

Modify/Show Material Property Design Data...

**Advanced Material Property Data**

Nonlinear Material Data...      Material Damping Properties...

Time Dependent Properties...

OK      Cancel

  
JOEL JAHIR SOSA ITURREGUI  
INGENIERO DE CAMPO - CIP. 261776  
Proyecto Mina Constanza  

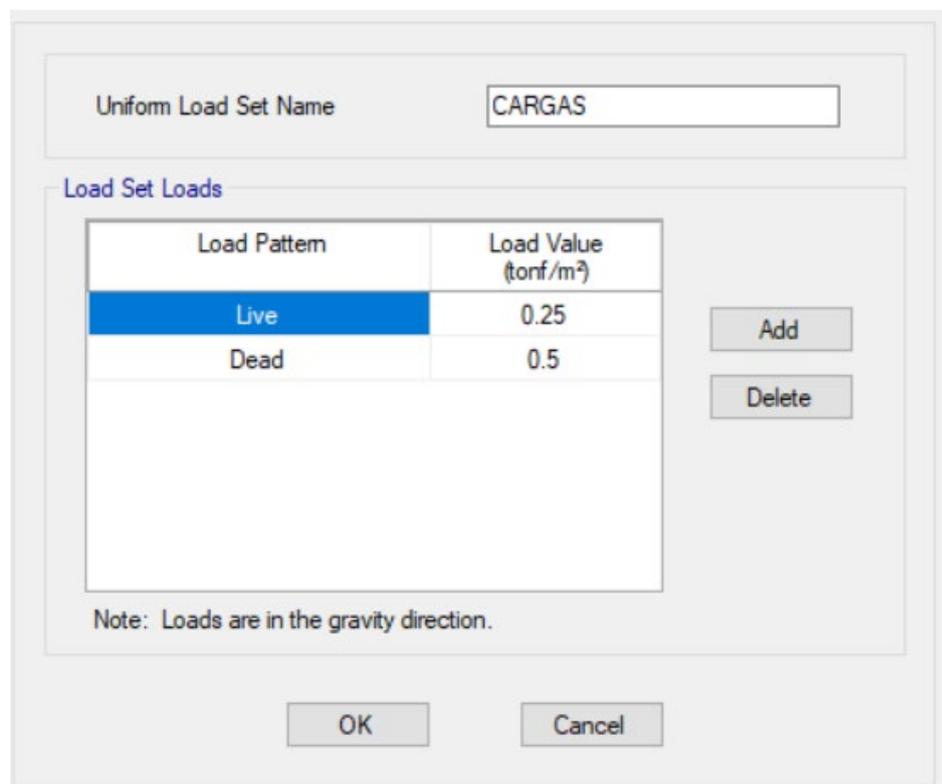

  
WILLIAMS RAUL GARCIA CHUMACERO  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP N° 302264

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SÁMEGUA  
OFICINA DE SUPERVISIÓN Y LIQUIDACIÓN DE OBRAS  
  
ING. JOSE FRANCISCO SALAS ACOSTA  
INSPECTOR DE OBRA  
CIP. 84575

Las propiedades de las secciones de los elementos de concreto armado se detallan de la siguiente manera:

- Se utilizaron columnas con secciones de 50x50 cm, vigas de conexión con sección transversal de 30x60 cm, losas aligeradas en una dirección de 20 cm de altura y muros de contención de 20 cm de espesor. Todas estas previamente predimensionadas de tal forma se facilite en la obtención de resultados.

Se introdujeron las cargas siguientes uniformizadas sobre las losas aligeradas para todos los códigos sismorresistentes:



Uniform Load Set Name: CARGAS

Load Set Loads

Load Pattern	Load Value (tonf/m <sup>2</sup> )
Live	0.25
Dead	0.5

Note: Loads are in the gravity direction.

Buttons: Add, Delete, OK, Cancel

  
JOEL JAHIR SOSA ITURREGUI  
INGENIERO DE CAMPO - CIP. 261776  
Proyecto Mina Constanza  


  
WILLIAMS RAUL GARCIA CHUMACERO  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP N° 302264

  
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SÁMEGUA  
OFICINA DE SUPERVISIÓN Y LIQUIDACIÓN DE OBRAS  
ING. JOSÉ FRANCISCO SALAS ACOSTA  
INSPECTOR DE OBRA  
CIP. 61575

Uniform Load Set Name

Load Set Loads

Load Pattern	Load Value (tonf/m <sup>2</sup> )
CVT	0.1
SCP	0.3

Add  
Delete

Note: Loads are in the gravity direction.

La siguiente figura nos muestra que se asigna el siguiente patrón que coincide con todos los códigos sismorresistentes para el peso de la edificación.

Mass Multipliers for Load Patterns

Load Pattern	Multiplier
Dead	1
Dead	1
SCP	1
Live	0.25
CVT	0.25

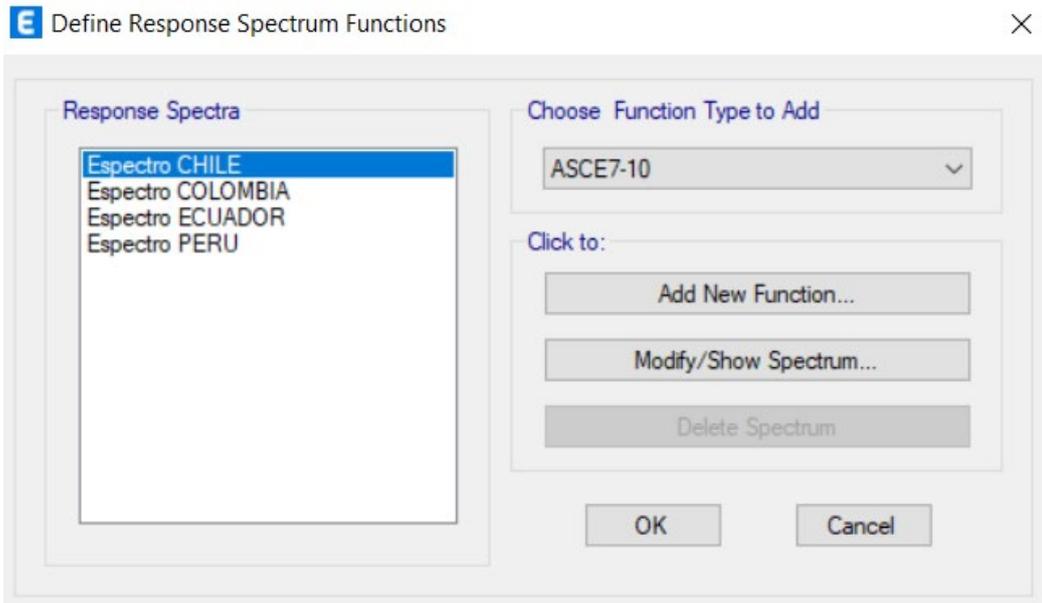
Add  
Modify  
Delete

  
**JOEL JAHIR SOSA ITURREGUI**  
 INGENIERO DE CAMPO - CIP. 261776  
 Proyecto Mina Constancia  


  
**WILLIAMS RAUL GARCIA CHUMACERO**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 302264

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SÁMEGUA  
 OFICINA DE SUPERVISIÓN Y LIQUIDACIÓN DE OBRAS  
  
 ING. JOSÉ FRANCISCO SALAS ACOSTA  
 INSPECTOR DE OBRA  
 CIP. 61575

La siguiente figura nos muestra los espectros de respuesta de cada normativa



  
JOEL JAHIR SOSA ITURREGUI  
INGENIERO DE CAMPO - CIP. 261776  
Proyecto Mina Constanza  


  
WILLIAMS RAUL GARCIA CHUMACERO  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP N° 302264

  
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SÁMEGUA  
OFICINA DE SUPERVISIÓN Y LIQUIDACIÓN DE OBRAS  
ING. JOSE FRANCISCO SALAS ACOSTA  
INSPECTOR DE OBRA  
CIP. 64575

Function Name

Function Damping Ratio

Defined Function

Period	Value
0	0.1875
0.1	0.1875
0.2	0.1875
0.3	0.1875
0.4	0.1875
0.5	0.15
0.6	0.125

Add  
Modify  
Delete

Function Graph

OK Cancel

*Joel Jahir Sosa Iturregui*  
**JOEL JAHIR SOSA ITURREGUI**  
 INGENIERO DE CAMPO - CIP. 261776  
 Proyecto Mina Constancia  
**STRACON**

*Williams Raul Garcia Chumacero*  
**WILLIAMS RAUL GARCIA CHUMACERO**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 302264

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SAMEGUA  
 OFICINA DE SUPERVISION Y LIQUIDACION DE OBRAS  
*Ing. José Francisco Salas Acosta*  
**ING. JOSÉ FRANCISCO SALAS ACOSTA**  
 INSPECTOR DE OBRA  
 CIP. 64575

Function Name

Function Damping Ratio

Defined Function

Period	Value
0	0.4
0.1	0.7198
0.2	1.0644
0.3	1.1
0.4	0.9409
0.5	0.759
0.6	0.6101

Add  
Modify  
Delete

Function Graph

OK Cancel

*Joel Jahir Sosa Iturregui*  
**JOEL JAHIR SOSA ITURREGUI**  
 INGENIERO DE CAMPO - CIP. 261776  
 Proyecto Mina Constanza  
**STRACON**

*Williams Raul Garcia Chumacero*  
**WILLIAMS RAUL GARCIA CHUMACERO**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 302264

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SÁMEGUA  
 OFICINA DE SUPERVISIÓN Y LIQUIDACIÓN DE OBRAS  
 .....  
**ING. JOSÉ FRANCISCO SALAS ACOSTA**  
 INSPECTOR DE OBRA  
 CIP. 61575

Function Name

Function Damping Ratio

Defined Function

Period	Value
0	1.1
0.1	1.1
0.2	1.1
0.3	1.1
0.4	1.1
0.5	1.1
0.6	1.1

Add  
Modify  
Delete

Function Graph

OK Cancel

*Joel Jahir Sosa Iturregui*  
**JOEL JAHIR SOSA ITURREGUI**  
 INGENIERO DE CAMPO - CIP. 261776  
 Proyecto Mina Constanza  
**STRACON**

*Williams Raul Garcia Chumacero*  
**WILLIAMS RAUL GARCIA CHUMACERO**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 302264

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SÁMEGUA  
 OFICINA DE SUPERVISIÓN Y LIQUIDACIÓN DE OBRAS  
*Jose Francisco Salas Acosta*  
**ING. JOSÉ FRANCISCO SALAS ACOSTA**  
 INSPECTOR DE OBRA  
 CIP. 64575

Function Name **Espectro ECUADOR**

Function Damping Ratio

Defined Function

Period	Value
0	0.1328
0.1	0.1328
0.2	0.1328
0.3	0.1328
0.4	0.1328
0.5	0.1328
0.6	0.1328

Add  
Modify  
Delete

Function Graph

OK Cancel

*[Signature]*  
**JOEL JAHIR SOSA ITURREGUI**  
 INGENIERO DE CAMPO - CIP. 261776  
 Proyecto Mina Constancia  
**STRACON**

*[Signature]*  
**WILLIAM RAUL GARCIA CHUMACERO**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 302264

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SAMEGUA  
 OFICINA DE SUPERVISION Y LIQUIDACION DE OBRAS  
*[Signature]*  
**ING. JOSÉ FRANCISCO SALAS ACOSTA**  
 INSPECTOR DE OBRA  
 CIP. 64575

La siguiente figura nos muestra como ejemplo la manera que se asignan los casos de carga. En esta investigación se considerará el mismo espectro para el eje X-X y Y-Y. Así mismo se utiliza el método de CQC (Complete Quadratic Combination) combinación cuadrática completa para todos los casos en cada normativa.

**General**

Load Case Name: PERU DISEÑO [Design...]

Load Case Type: Response Spectrum [Notes...]

Mass Source: Previous (MASA SISMICA)

Analysis Model: Default

---

**Loads Applied**

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	Espectro PERU	9.807
Acceleration	U2	Espectro PERU	9.807

[Add] [Delete] [Advanced]

---

**Other Parameters**

Modal Load Case: Modal\_Ritz

Modal Combination Method: CQC

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1: [ ]

Rigid Frequency, f2: [ ]

Periodic + Rigid Type: [ ]

Earthquake Duration, td: [ ]

Directional Combination Type: Absolute

Absolute Directional Combination Scale Factor: 0.3

Modal Damping: Constant at 0.05 [Modify/Show...]

Diaphragm Eccentricity: 0.05 for All Diaphragms [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]

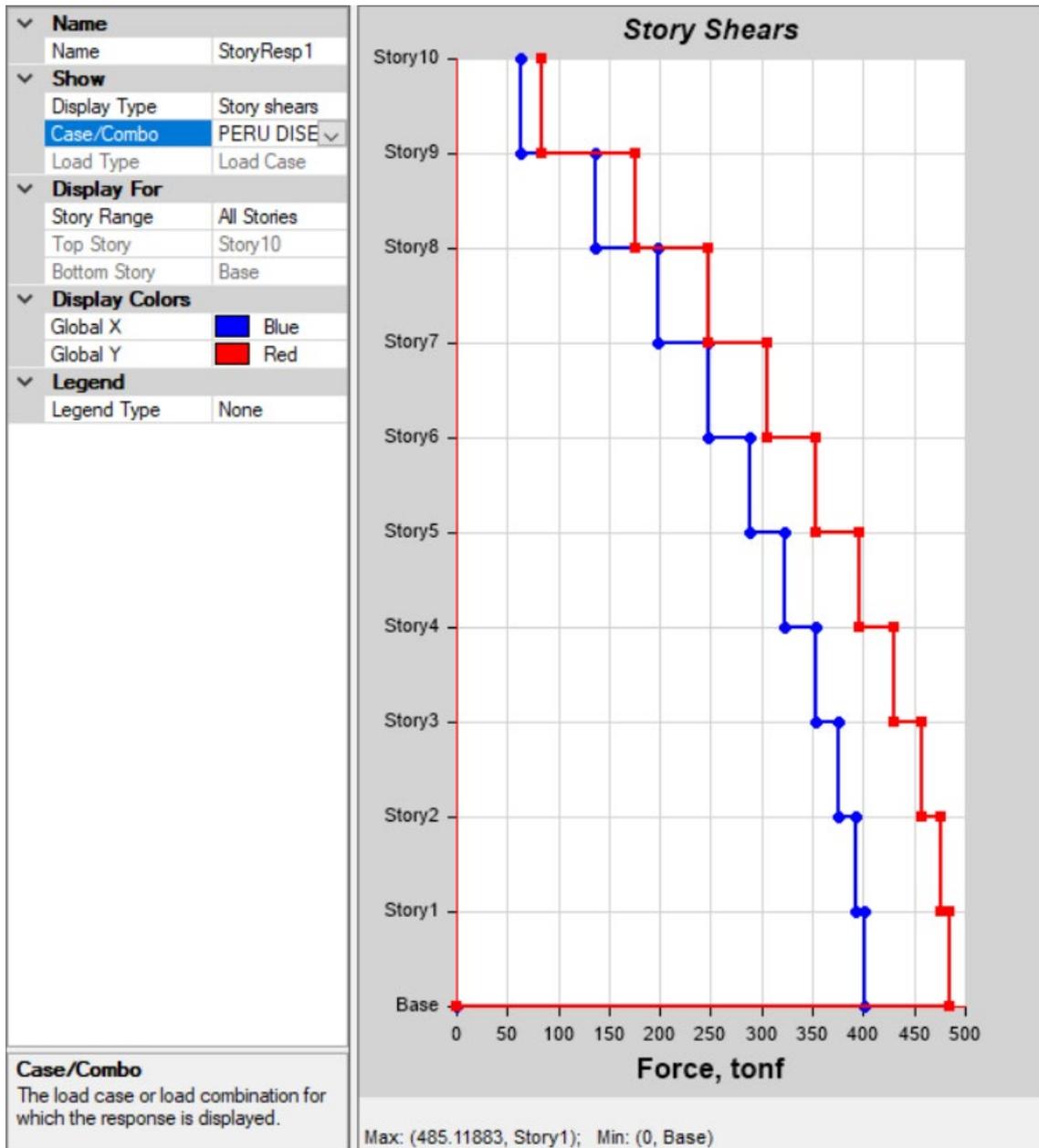
*Joel Jahir Sosa Iturregui*  
**JOEL JAHIR SOSA ITURREGUI**  
 INGENIERO DE CAMPO - CIP. 261776  
 Proyecto Mina Constanza  
**STRACON**

*Williams Raul Garcia Chumacero*  
**WILLIAMS RAUL GARCIA CHUMACERO**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 302264

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SÁMEGUA  
 OFICINA DE SUPERVISIÓN Y LIQUIDACIÓN DE OBRAS  
*Ing. José Francisco Salas Acosta*  
**ING. JOSÉ FRANCISCO SALAS ACOSTA**  
 INSPECTOR DE OBRA  
 CIP. 64575

Obtención de Cortantes en la base:  
Se obtuvieron los siguientes resultados

Cortante en la Base, norma peruana.

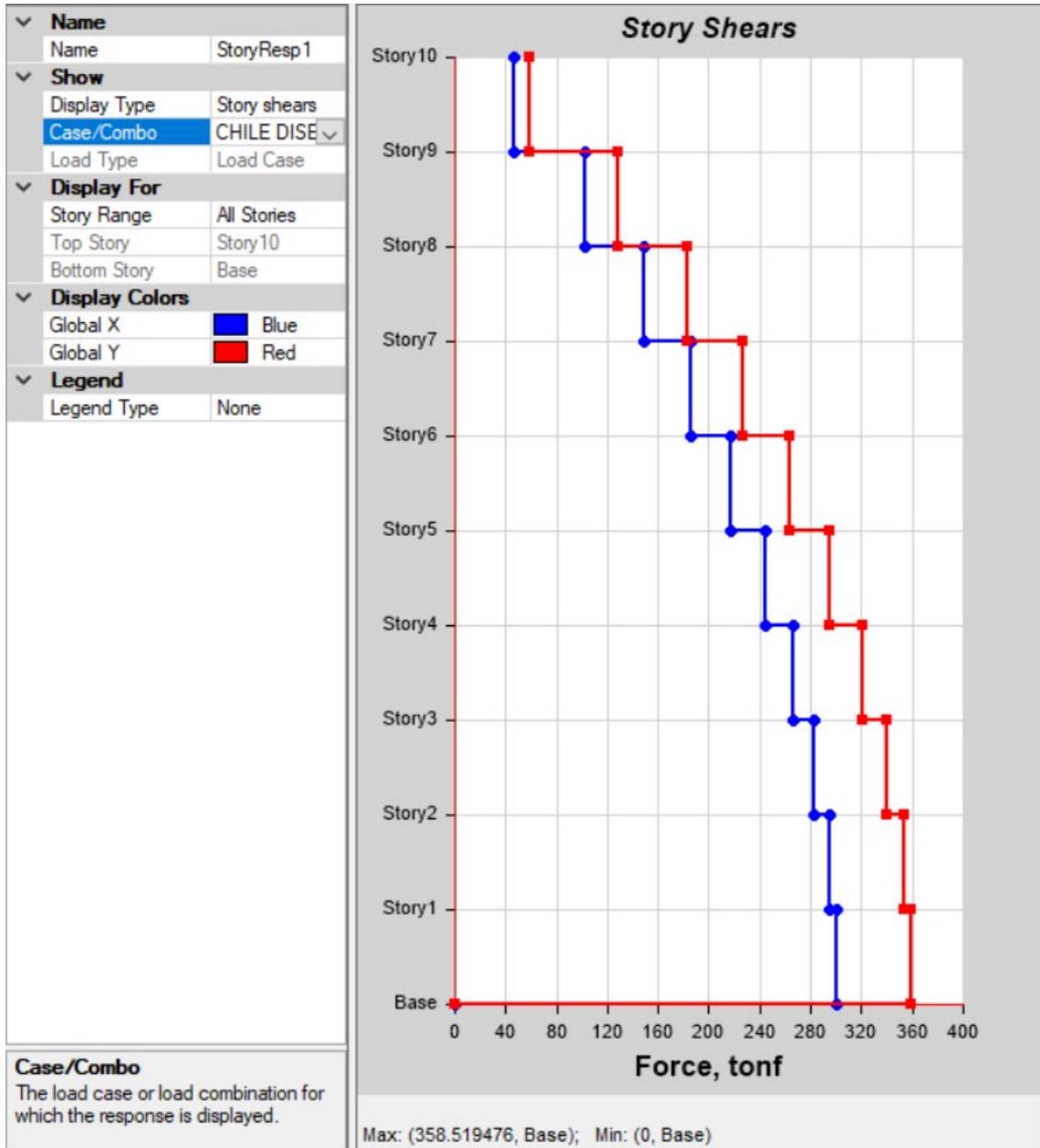


*Joel Jahir Sosa Iturregui*  
JOEL JAHIR SOSA ITURREGUI  
INGENIERO DE CAMPO - CIP. 261776  
Proyecto Mina Constanza  
STRACON

*Williams Raul Garcia Chumacero*  
WILLIAMS RAUL GARCIA CHUMACERO  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP N° 302264

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SÁMEGUA  
OFICINA DE SUPERVISIÓN Y LIQUIDACIÓN DE OBRAS  
*Ing. José Francisco Salas Acosta*  
ING. JOSÉ FRANCISCO SALAS ACOSTA  
INSPECTOR DE OBRA  
CIP. 81575

Cortante en la Base, norma chilena

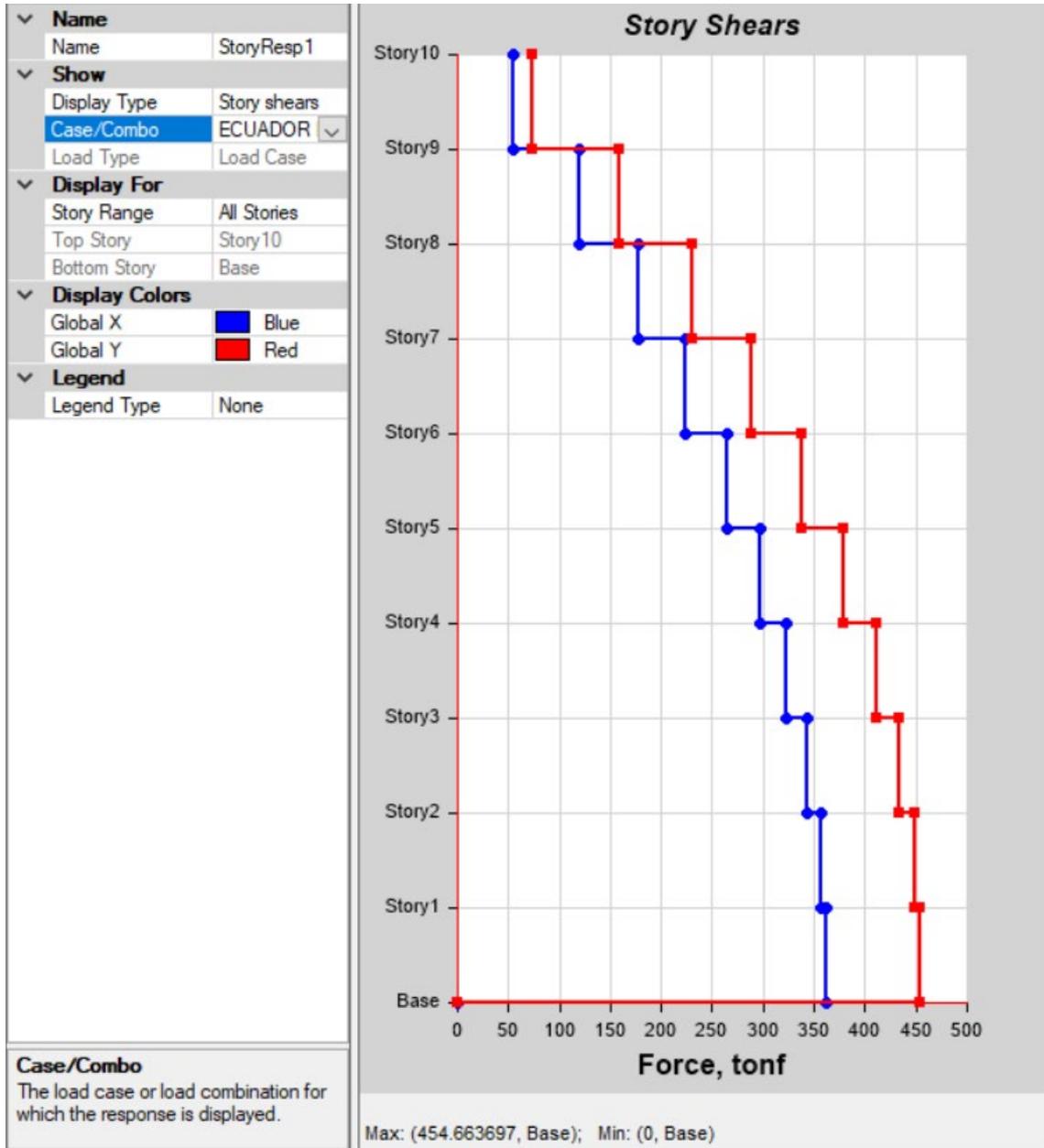


  
 JOEL JAHIR SOSA ITURREGUI  
 INGENIERO DE CAMPO - CIP: 261776  
 Proyecto Mina Constanza  


  
 WILLIAMS RAUL GARCIA CHUMACERO  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 302264

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SAMEGUA  
 OFICINA DE SUPERVISION Y LIQUIDACION DE OBRAS  
  
 ING. JOSÉ FRANCISCO SALAS ACOSTA  
 INSPECTOR DE OBRA  
 CIP. 64575

Cortante en la Base, norma ecuatoriana

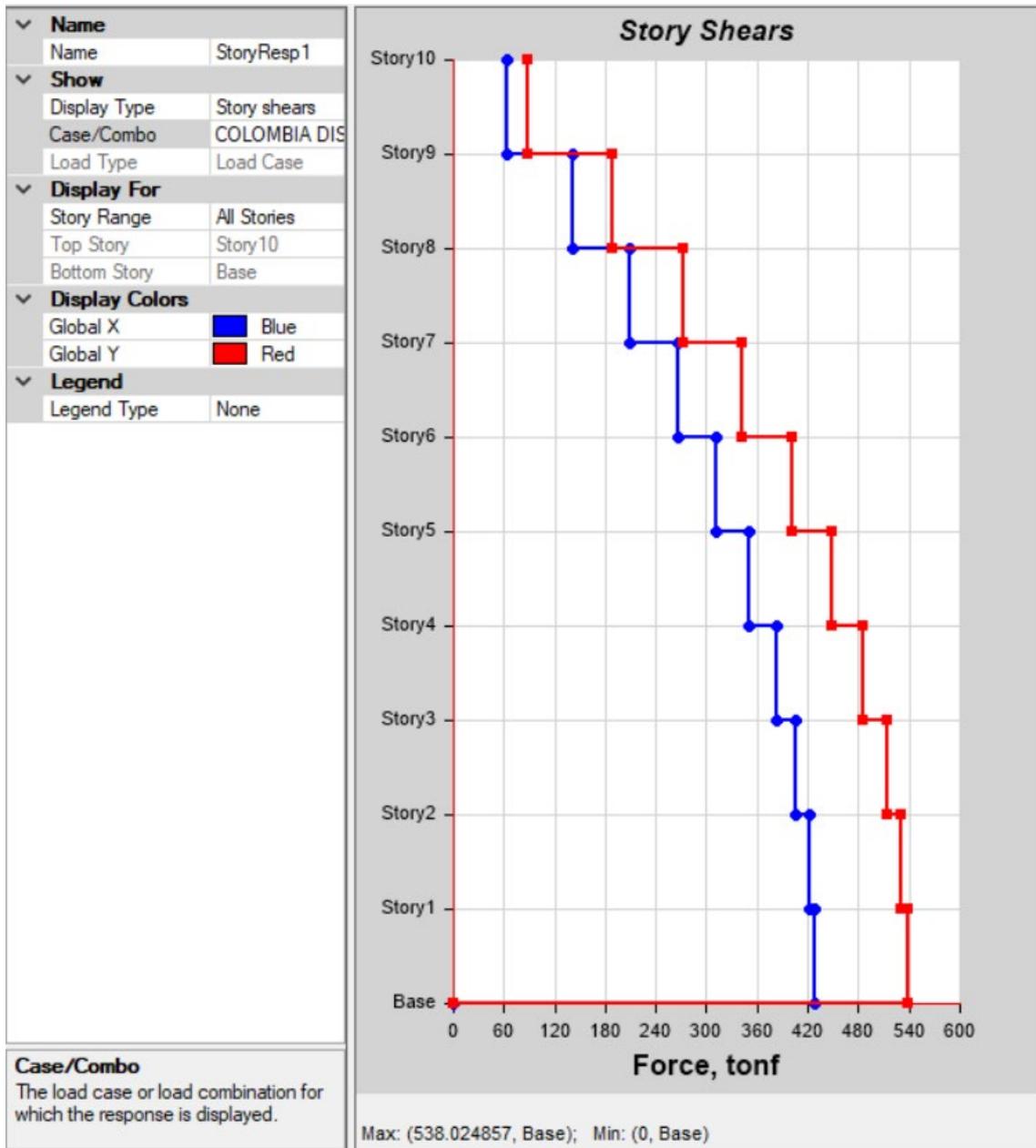


  
 JOEL JAHIR SOSA ITURREGUI  
 INGENIERO DE CAMPO - CIP. 261776  
 Proyecto Mina Constancia  


  
 WILLIAMS RAUL GARCIA CHUMACERO  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 302264

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SAMEGUA  
 OFICINA DE SUPERVISION Y LIQUIDACION DE OBRAS  
  
 ING. JOSE FRANCISCO SALAS ACOSTA  
 INSPECTOR DE OBRA  
 CIP. 81575

Cortante en la Base, norma colombiana

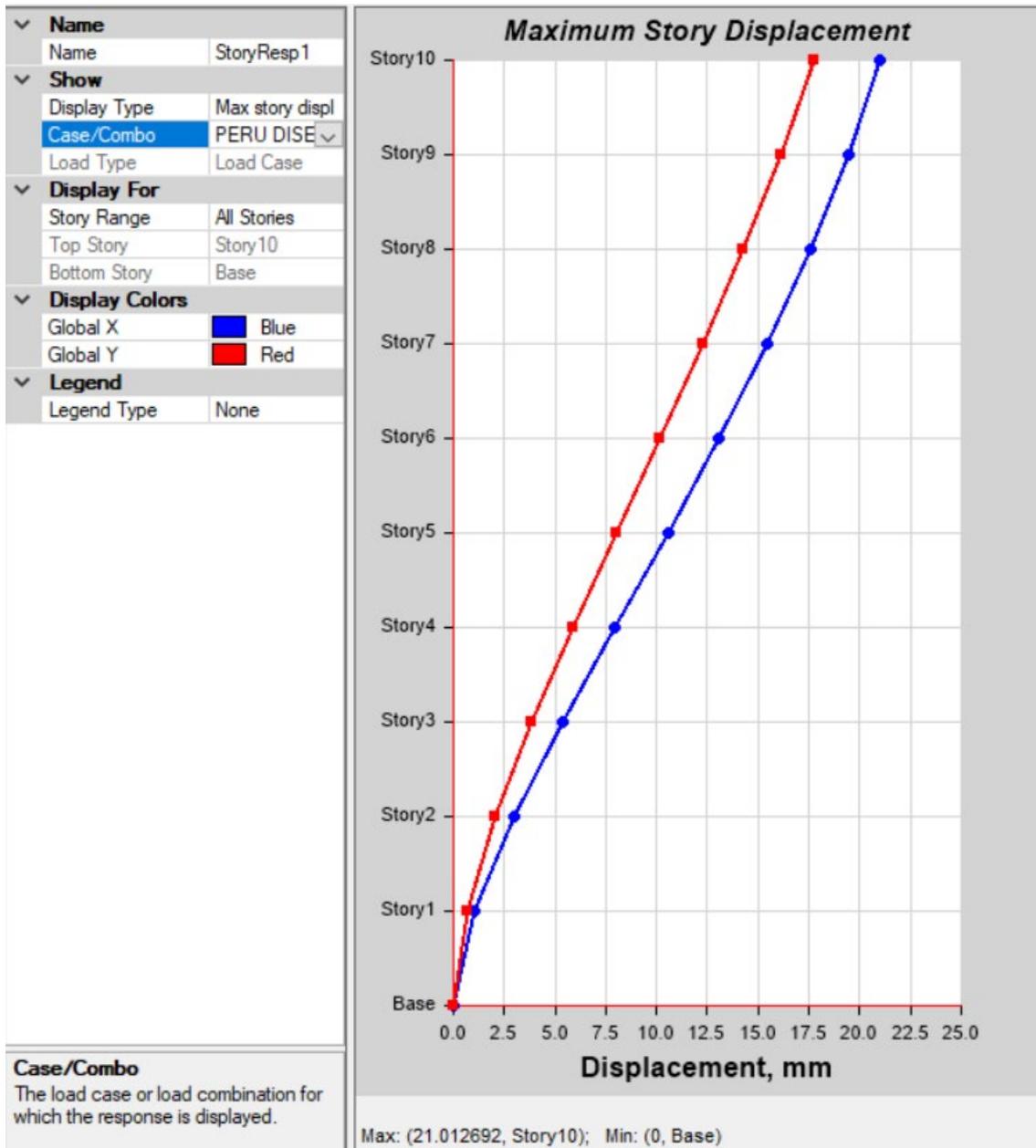


  
 JOEL JAHIR SOSA ITURREGUI  
 INGENIERO DE CAMPO - CIP. 261776  
 Proyecto Mina Constanza  


  
 WILLIAMS RAUL GARCIA CHUMACERO  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 302264

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE BAMEGUA  
 OFICINA DE SUPERVISION Y LIQUIDACION DE OBRAS  
  
 ING. JOSÉ FRANCISCO SALAS ACOSTA  
 INSPECTOR DE OBRA  
 CIP. 01575

Máximos desplazamientos, norma peruana

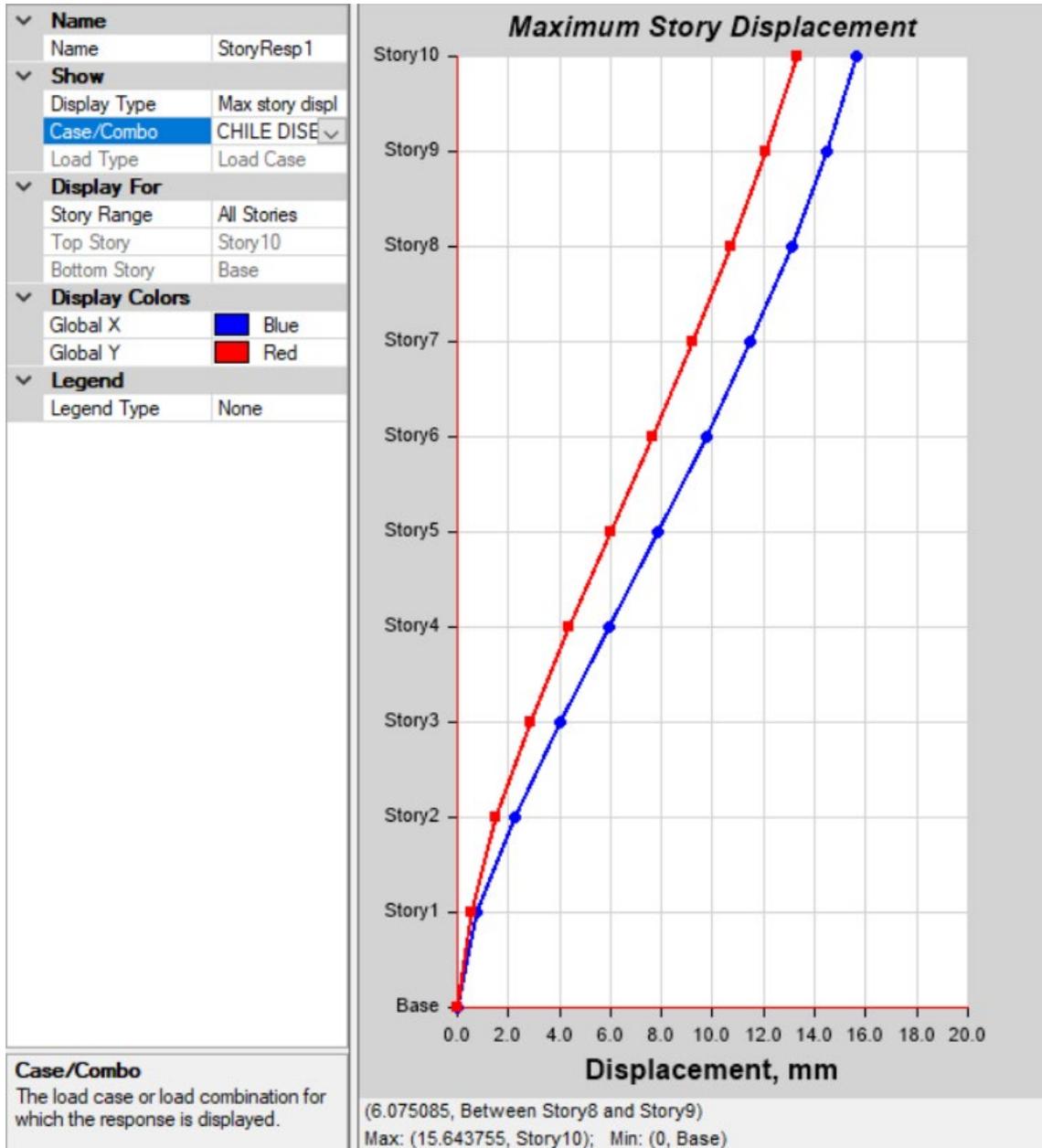


  
**JOEL JAHIR SOSA ITURREGUI**  
 INGENIERO DE CAMPO - CIP. 261776  
 Proyecto Mina Constanza  


  
**WILLIAMS RAUL GARCIA CHUMACERO**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 302264

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SÁMEGUA  
 OFICINA DE SUPERVISIÓN Y LIQUIDACIÓN DE OBRAS  
  
**ING. JOSÉ FRANCISCO SALAS ACOSTA**  
 INSPECTOR DE OBRA  
 CIP. 64575

Máximos desplazamientos, norma chilena

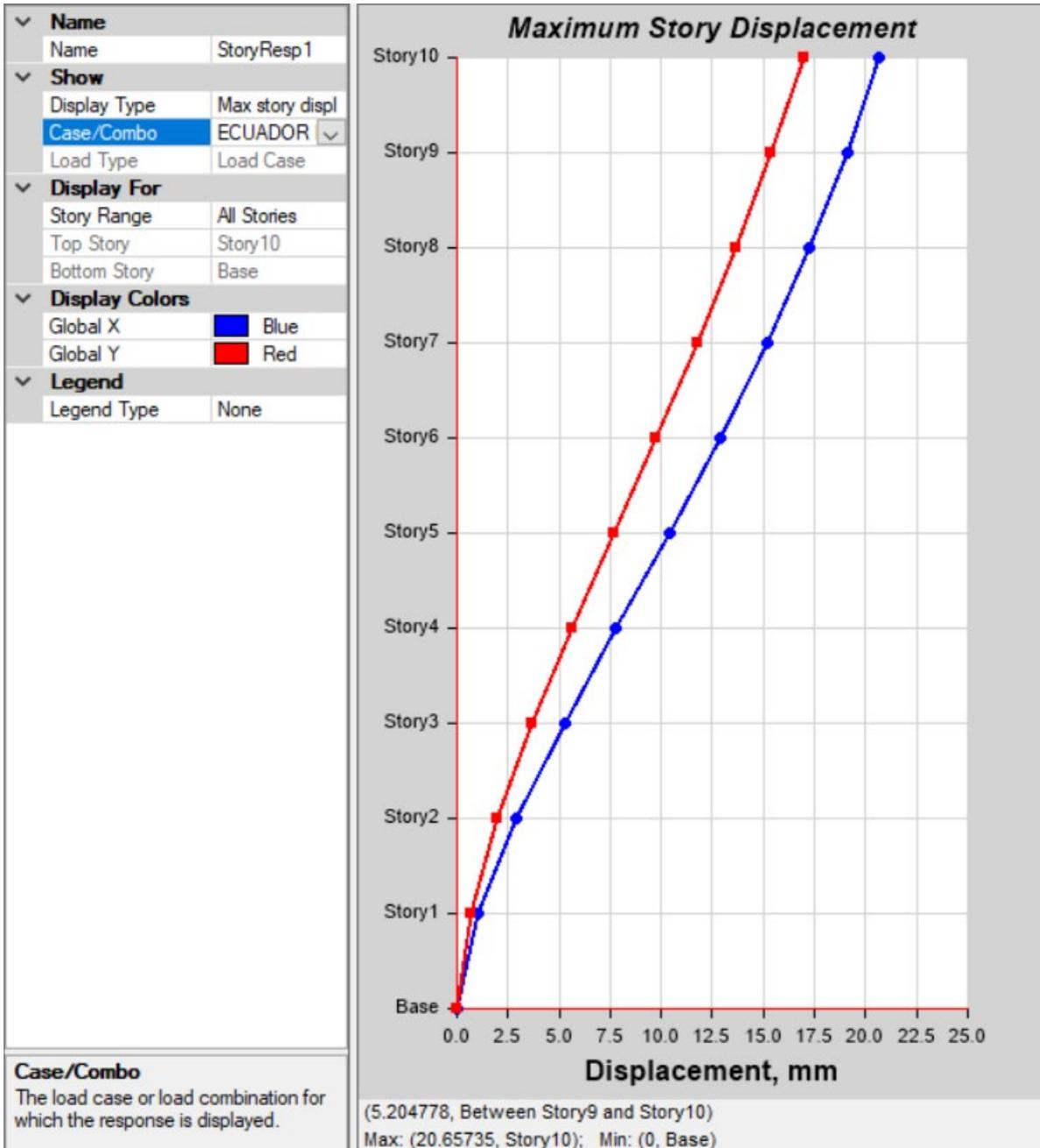


  
 JOEL JAHIR SOSA ITURREGUI  
 INGENIERO DE CAMPO - CIP. 261776  
 Proyecto Mina Constancia  


  
 WILLIAMS RAUL GARCIA CHUMACERO  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 302264

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SÁMEGUA  
 OFICINA DE SUPERVISIÓN Y LIQUIDACIÓN DE OBRAS  
  
 ING. JOSÉ FRANCISCO SALAS ACOSTA  
 INSPECTOR DE OBRA  
 CIP. 04575

Máximos desplazamientos, norma ecuatoriana

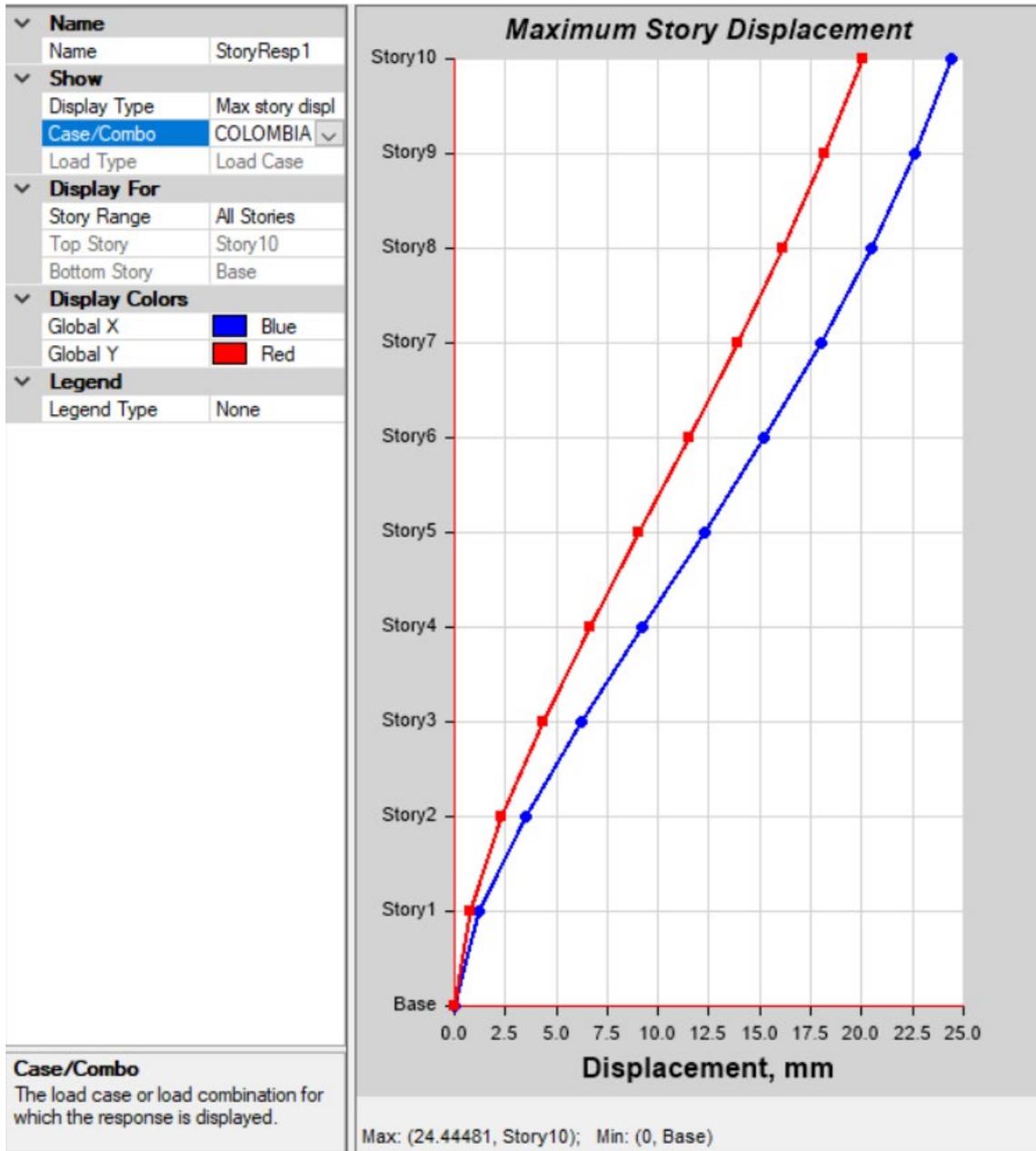


*JOEL JAHIR SOSA ITURREGUI*  
 JOEL JAHIR SOSA ITURREGUI  
 INGENIERO DE CAMPO - CIP. 261776  
 Proyecto Mina Constancia  
**STRACON**

*WILLIAMS RAUL GARCIA CHUMACERO*  
 WILLIAMS RAUL GARCIA CHUMACERO  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 302264

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SAMEGUA  
 OFICINA DE SUPERVISION Y LIQUIDACION DE OBRAS  
 .....  
 ING. JOSE FRANCISCO SALAS ACOSTA  
 INSPECTOR DE OBRA  
 CIP. 64575

Máximos desplazamientos, norma colombiana



  
 JOEL JAHIR SOSA ITURREGUI  
 INGENIERO DE CAMPO - CIP. 261776  
 Proyecto Mina Constanza  

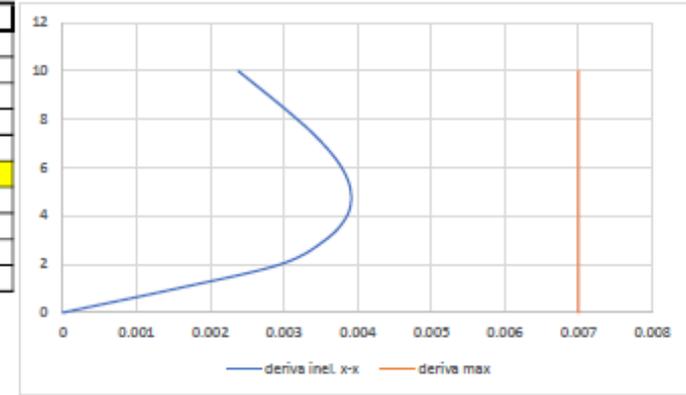

  
 WILLIAMS RAUL GARCIA CHUMACERO  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 302264

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SÁMEGUA  
 OFICINA DE SUPERVISIÓN Y LIQUIDACIÓN DE OBRAS  
  
 ING. JOSÉ FRANCISCO SALAS ACOSTA  
 INSPECTOR DE OBRA  
 CIP. 81575

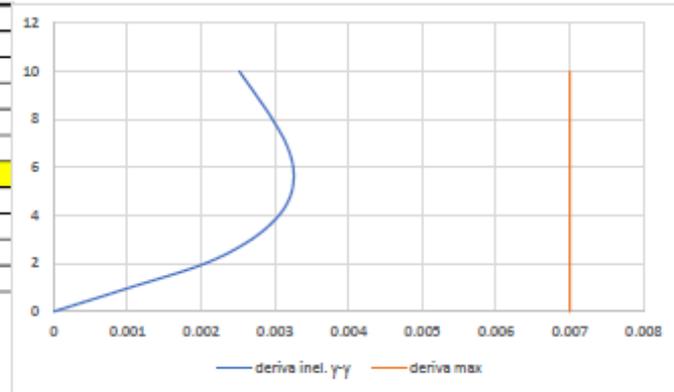
PERU



N pisos	hi	desplaz ie (mm)	deriva elas	deriva inel. x-x	deriva max	Incidencia
10	3	21.012692	0.000529232	0.002381543	0.007	34%
9	3	19.424997	0.000620855	0.002793846	0.007	40%
8	3	17.562433	0.000707942	0.003185738	0.007	46%
7	3	15.438608	0.000784782	0.003531519	0.007	50%
6	3	13.084262	0.000841362	0.003786129	0.007	54%
5	3	10.560176	0.000868604	0.00390872	0.007	56%
4	3	7.954363	0.000856597	0.003854685	0.007	55%
3	3	5.384573	0.000791733	0.003562799	0.007	51%
2	3	3.009374	0.000656017	0.002952077	0.007	42%
1	3	1.041323	0.000347108	0.001561985	0.007	22%



N pisos	hi	desplaz ie (mm)	deriva elas	deriva inel. y-y	deriva max	Incidencia
10	3	17.778459	0.000559857	0.002519355	0.007	36%
9	3	16.098889	0.000610772	0.002748476	0.007	39%
8	3	14.266572	0.000659497	0.002967735	0.007	42%
7	3	12.288082	0.000699705	0.003148673	0.007	45%
6	3	10.188967	0.000721674	0.003247533	0.007	46%
5	3	8.023945	0.000717367	0.003228152	0.007	46%
4	3	5.871844	0.00067838	0.003052709	0.007	44%
3	3	3.836705	0.000594835	0.002676758	0.007	38%
2	3	2.0522	0.000455207	0.00204843	0.007	29%
1	3	0.68658	0.00022886	0.00102987	0.007	15%



  
 JOEL JAHIR SOSA ITURRIGUI  
 INGENIERO DE CAMPO - CIP. 261776  
 Proyecto Mina Constanza  

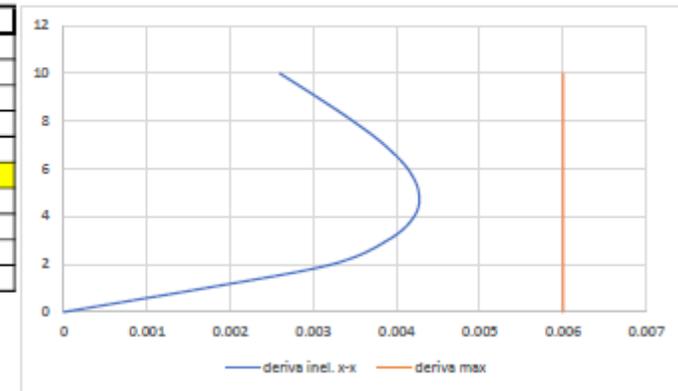

  
 WILLIAMS RAUL GARCIA CHUMACERO  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 302264

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SÁMEGUA  
 OFICINA DE SUPERVISIÓN Y LIQUIDACIÓN DE OBRAS  
  
 ING. JOSÉ FRANCISCO SALAS ACOSTA  
 INSPECTOR DE OBRA  
 CIP. 84575

CHILE

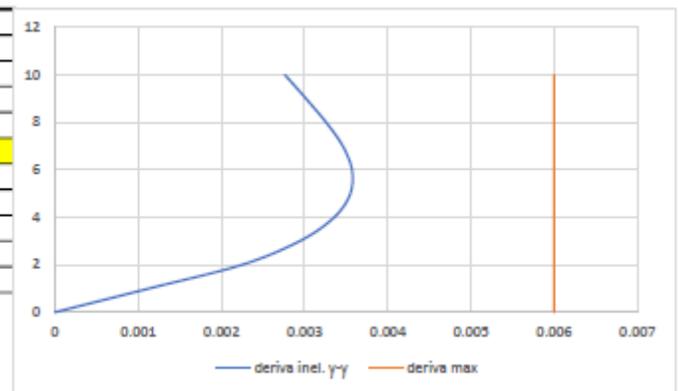
N pisos	hi	desplaz ie (mm)	deriva elas	deriva inel. x-x	deriva max	Incidencia
10	3	15.643755	0.000393811	0.002599155	0.006	43%
9	3	14.462321	0.000462123	0.003050014	0.006	51%
8	3	13.075951	0.000527047	0.00347851	0.006	58%
7	3	11.49481	0.000584281	0.003856255	0.006	64%
6	3	9.741967	0.000626427	0.004134416	0.006	69%
5	3	7.862687	0.000646791	0.004268823	0.006	71%
4	3	5.922313	0.000637974	0.004210628	0.006	70%
3	3	4.008391	0.000589693	0.003891972	0.006	65%
2	3	2.239313	0.000488359	0.003223169	0.006	54%
1	3	0.774236	0.000258079	0.001703319	0.006	28%

0 0 0.006



N pisos	hi	desplaz ie (mm)	deriva elas	deriva inel. y-y	deriva max	Incidencia
10	3	13.316147	0.000419124	0.002766218	0.006	46%
9	3	12.058775	0.000457444	0.00301913	0.006	50%
8	3	10.686443	0.000494179	0.003261579	0.006	54%
7	3	9.203907	0.000524326	0.003460554	0.006	58%
6	3	7.630928	0.000540973	0.003570424	0.006	60%
5	3	6.008008	0.000537794	0.003549443	0.006	59%
4	3	4.394625	0.000508365	0.003355207	0.006	56%
3	3	2.869531	0.00044541	0.002939704	0.006	49%
2	3	1.533302	0.000340387	0.002246554	0.006	37%
1	3	0.512141	0.000170714	0.00112671	0.006	19%

0 0 0.006



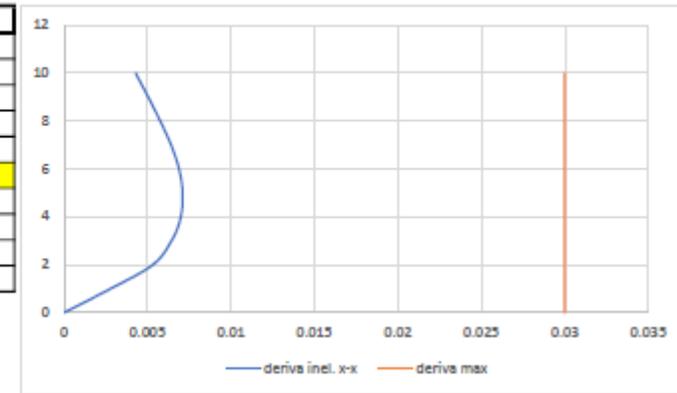
*Joel Jahir Sosa Iturregui*  
 JOEL JAHIR SOSA ITURREGUI  
 INGENIERO DE CAMPO - CIP. 261776  
 Proyecto Mina Constancia

*Williams Raul Garcia Chumacero*  
 WILLIAMS RAUL GARCIA CHUMACERO  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 302264

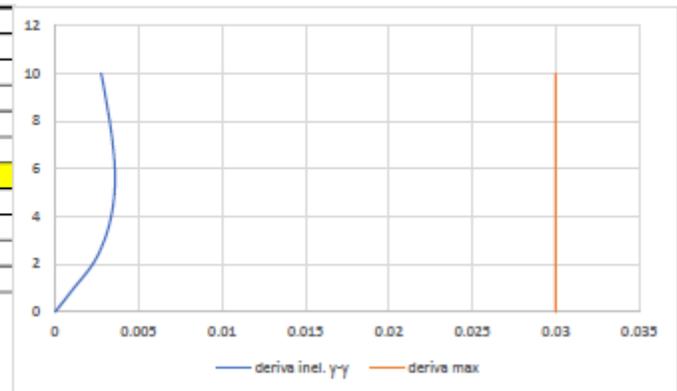
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SAMESGUA  
 OFICINA DE SUPERVISION Y LIQUIDACION DE OBRAS  
  
 ING. JOSE FRANCISCO SALAS ACOSTA  
 INSPECTOR DE OBRA  
 CIP. 64575

COLOMBIA

N pisos	hi	desplaz ie (mm)	deriva elas	deriva inel. x-x	deriva max	Incidencia
10	3	24.44481	0.000612789	0.004289525	0.03	14%
9	3	22.606442	0.000720374	0.00504262	0.03	17%
8	3	20.445319	0.000823799	0.005766593	0.03	19%
7	3	17.973922	0.000915556	0.006408894	0.03	21%
6	3	15.227253	0.000982937	0.006880561	0.03	23%
5	3	12.278441	0.00101451	0.00710157	0.03	24%
4	3	9.234911	0.000998608	0.006990258	0.03	23%
3	3	6.239086	0.000920108	0.006440758	0.03	21%
2	3	3.478761	0.000759378	0.005315648	0.03	18%
1	3	1.200626	0.000400209	0.002801461	0.03	9%



N pisos	hi	desplaz ie (mm)	deriva elas	deriva inel. y-y	deriva max	Incidencia
10	3	20.077643	0.000629444	0.004406108	0.03	15%
9	3	18.189311	0.000687947	0.004815631	0.03	16%
8	3	16.125469	0.000744615	0.005212305	0.03	17%
7	3	13.891624	0.00079167	0.00554169	0.03	18%
6	3	11.516614	0.000817685	0.005723797	0.03	19%
5	3	9.063558	0.000812949	0.005690641	0.03	19%
4	3	6.624712	0.000767868	0.005375076	0.03	18%
3	3	4.321108	0.000671841	0.004702889	0.03	16%
2	3	2.305584	0.000512516	0.00358761	0.03	12%
1	3	0.768037	0.000256012	0.001792086	0.03	6%



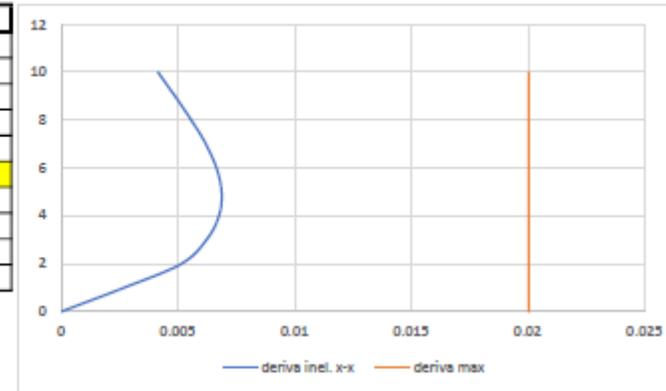
  
 JOEL JAHIR SOSA ITURREGUI  
 INGENIERO DE CAMPO - CIP. 261776  
 Proyecto Mina Constancia  


  
 WILLIAMS RAUL GARCIA CHUMACERO  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 302264

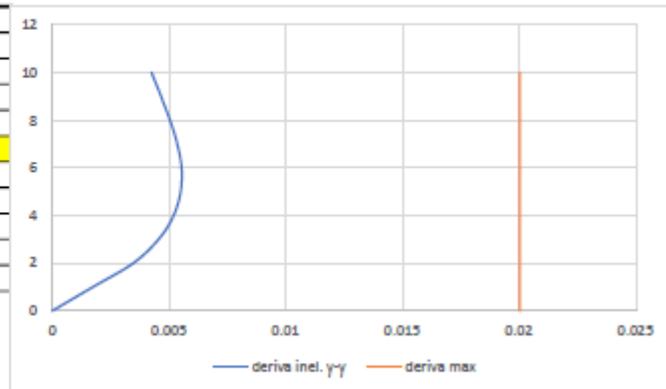
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SÁMEGUA  
 OFICINA DE SUPERVISIÓN Y LIQUIDACIÓN DE OBRAS  
  
 ING. JOSE FRANCISCO SALAS ACOSTA  
 INSPECTOR DE OBRA  
 CIP. 61575

ECUADOR

N pisos	hi	desplaz ie (mm)	deriva elas	deriva inel. x-x	deriva max	Incidencia
10	3	20.65735	0.000517844	0.004142755	0.02	21%
9	3	19.103817	0.00060876	0.00487008	0.02	24%
8	3	17.277537	0.00069616	0.005569283	0.02	28%
7	3	15.189056	0.000773701	0.006189605	0.02	31%
6	3	12.867954	0.000830642	0.006645133	0.02	33%
5	3	10.376029	0.000857323	0.006858581	0.02	34%
4	3	7.804061	0.000843885	0.00675108	0.02	34%
3	3	5.272406	0.000777547	0.006220376	0.02	31%
2	3	2.939765	0.000641721	0.005133768	0.02	26%
1	3	1.014602	0.000338201	0.002705605	0.02	14%



N pisos	hi	desplaz ie (mm)	deriva elas	deriva inel. y-y	deriva max	Incidencia
10	3	16.966829	0.000531919	0.004255349	0.02	21%
9	3	15.371073	0.000581357	0.004650859	0.02	23%
8	3	13.627001	0.000629245	0.005033957	0.02	25%
7	3	11.739267	0.000669009	0.005352075	0.02	27%
6	3	9.732239	0.000690994	0.005527952	0.02	28%
5	3	7.659257	0.000686991	0.005495925	0.02	27%
4	3	5.598285	0.000648895	0.005191163	0.02	26%
3	3	3.651599	0.000567747	0.004541976	0.02	23%
2	3	1.948358	0.000433107	0.003464853	0.02	17%
1	3	0.649038	0.000216346	0.001730768	0.02	9%



  
 JOEL JAHIR SOSA ITORREGUI  
 INGENIERO DE CAMPO - CIP. 261776  
 Proyecto Mina Constancia  


  
 WILLIAMS RAUL GARCIA CHUMACERO  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 302264

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SÁMEGUA  
 OFICINA DE SUPERVISIÓN Y LIQUIDACIÓN DE OBRAS  
  
 ING. JOSE FRANCISCO SALAS ACOSTA  
 INSPECTOR DE OBRA  
 CIP. 61575