



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Análisis comparativo entre la normativa peruana y chilena para el  
diseño sismorresistente de la fiscalía de Jaén

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Civil**

**AUTOR:**

Albitres Guevara, Jampier Jhonn Smit (orcid.org/0000-0002-4942-3608)

**ASESOR:**

Dr. Meza Rivas, Jorge Luis (orcid.org/0000-0002-4258-4097)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño sísmico y estructural.

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático.

TRUJILLO - PERÚ

2023

## **Dedicatoria**

Esta tesis va dedicada a mis padres Leonor Guevara Cabanillas y Tito Albitres Mendoza por su apoyo incondicional, sus consejos y su sacrificio para darme la mejor herencia que son los estudios universitarios.

A mis hermanos Anderson y Jackson; por ser los amigos más cercanos y verdaderos que puedo tener.

A mi tía Sonia Serrano Mendoza, por confiar y darme su apoyo todo el tiempo desde mi niñez.

A mi tía Santos Guevara Cabanillas; por ser una segunda madre en mi vida, y ser hoy un ángel que me guía desde el cielo.

## **Agradecimiento**

Agradezco a Dios, por darme la dicha de la vida y salud para emprender en su camino hacia el éxito.

Al Mg. Ing. Meza Rivas, Jorge Luis por la asesoría en esta etapa de mi vida profesional, por sus consejos y su técnica didáctica de enseñar.

A la universidad César Vallejo, por permitirme la oportunidad de titularme en su casa de estudios.

## Índice de contenidos

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas .....	vi
Índice de figuras .....	vii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT .....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	15
III.METODOLOGÍA.....	23
3.1. Enfoque, tipo y diseño de investigación.....	23
3.2. Variables y operacionalización.....	24
3.3. Población, muestra y muestreo .....	25
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	25
3.5. Procedimientos .....	26
3.6. Método de análisis de datos .....	27
3.7. Aspectos éticos.....	27
IV. RESULTADOS.....	27
4.1. Estudio topográfico .....	27
4.1.1. Plano de ubicación .....	27
4.1.2. Plano de Localización.....	28
4.2. Evaluación de planos.....	29
4.2.1. Plano en Planta .....	29
4.2.2. Plano de elevación .....	31
4.2.3. Plano de cimentación .....	33
4.3. Análisis sísmico estático .....	35
4.3.1. Peso de edificación.....	44
4.3.1.1. Según E.030.....	44
4.3.1.2. Según NCh.433.....	45
4.3.1.3. Diferencia de peso sísmico .....	46
4.3.2. Parámetros Sísmicos.....	47
4.3.2.1. Según E.030.....	47
▪ Factor de zona (Z).....	47
▪ Factor de uso o importancia (U).....	47

▪	Coeficiente de amplificación de respuesta (C) .....	47
▪	Factor de suelo (S).....	47
▪	Coeficiente de reducción de fuerza sísmica (R).....	47
4.3.2.2.	Según NCh.433.....	48
▪	Coeficiente relativo al uso del edificio (I).....	48
▪	Factor de modificación de respuesta (R).....	48
▪	Aceleración máxima efectiva (Ao).....	48
▪	Parámetros que dependen del tipo de suelo.....	48
▪	Periodo de vibración.....	49
▪	Coeficiente sísmico .....	49
4.3.3.	Cortante basal .....	51
4.3.3.1.	Según E.030.....	51
4.3.3.2.	Según NCh.433.....	52
4.3.3.3.	Diferencia de Cortante Basal en porcentaje.....	52
4.4.	Análisis sísmico dinámico .....	54
4.4.1.	Espectro de diseño .....	54
4.4.1.1.	Según E.030.....	54
4.4.1.2.	Según NCh.433 .....	56
4.4.1.3.	Comparación de espectros.....	59
4.4.2.	Desplazamientos laterales y derivas .....	60
4.4.2.1.	Según E.030.....	62
4.4.2.2.	Según NCh.433 .....	64
4.4.1.3.	Comparación de desplazamientos laterales y derivas.....	67
V.	DISCUSIÓN .....	70
VI.	CONCLUSIONES .....	73
VII.	RECOMENDACIONES .....	75
	REFERENCIAS.....	75
	ANEXOS	

## Índice de tablas

Tabla 12. Características del sistema estructural de análisis.....	37
Tabla 13. Peso sísmico de la edificación según E.030 .....	44
Tabla 14. Peso sísmico de la edificación según NCh433 .....	46
Tabla 15. Parámetros sísmicos según la norma E.030.....	48
Tabla 16. Parámetros sísmicos según la norma NCh433.....	50
Tabla 17. Resultados del cortante basal .....	52
Tabla 17. Valores de aceleración espectro E.030 .....	55
Tabla 18. Valores de aceleración espectro NCh433 .....	58
Tabla 19. Derivas de piso obtenidas para la norma E.030 .....	64
Tabla 20. Derivas de piso obtenidas para la norma NCh433 .....	67

## Índice de figuras

Figura 6. Plano de ubicación.....	27
Figura 7. Plano de Localización .....	28
Figura 8. Plano en planta de sótano .....	29
Figura 9. Plano en planta de primer piso .....	29
Figura 10. Plano en planta de segundo piso.....	30
Figura 11. Plano en planta de tercer piso .....	30
Figura 12. Plano en planta de cuarto piso.....	31
Figura 13. Plano de elevación CORTE 1-1 y CORTE 2-2 .....	31
Figura 14. Plano de elevación CORTE 3-3 .....	32
Figura 15. Plano de elevación CORTE 4-4 .....	32
Figura 16. Plano de cimentación.....	33
Figura 17. Plano de Cortes .....	33
Figura 18. Plano de Cortes .....	34
Figura 19. Plano de Cortes .....	34
Figura 20. Definición de materiales.....	35
Figura 21. Definición de materiales: ( $f'c$ ) y ( $fy$ ) .....	36
Figura 22. Elementos estructurales en ETABS .....	37
Figura 23. Tipo de diseño de columna C1 .....	38
Figura 24. Tipo de diseño de columna C2 .....	38
Figura 25. Tipo de diseño de columna C3 .....	39
Figura 26. Tipo de diseño de viga V1.....	39
Figura 27. Tipo de diseño de viga V2.....	40
Figura 28. Tipo de diseño de viga V3.....	40
Figura 29. Tipo de diseño de viga V4.....	41
Figura 30. Tipo de diseño de viga VT1 .....	41
Figura 31. Tipo de diseño de viga VT2 .....	42
Figura 32. Tipo de diseño de losas .....	42
Figura 33. Tipo de diseño de losa 1 .....	43
Figura 34. Tipo de diseño de losa 2.....	43
Figura 35. Reacciones en la base según el programa ETABS .....	44
Figura 35. Reacciones en la base según el programa ETABS .....	45
Figura 35. Periodo de vibración según el programa ETABS.....	49
Figura 36. Espectro de respuesta de E.030.....	54
Figura 37. Espectro de aceleración espectral con la norma E.030 .....	56
Figura 38. Espectro de respuesta de NCh.433 .....	57

Figura 38. Espectro de aceleración espectral con la norma NCh433 .....	59
Figura 39. Comparación de los espectros de aceleración.....	59
Figura 40. Cargas según E.030 .....	61
Figura 41. Desplazamientos laterales obtenidos.....	61
Figura 42. Deformada de la edificación en el modo de vibración 1.....	62
Figura 43. Datos de modales .....	62
Figura 44. Datos de modales U1.....	63
Figura 45. Datos de modales U2.....	63
Figura 46. Diagrama de derivas.....	64
Figura 47. Datos de modales U1.....	65
Figura 48. Datos de modales U2.....	66
Figura 49. Diagrama de derivas.....	66
Figura 50. Derivas en el centro de masas según la NCh433.....	67
Figura 50. Modelo 3D de la edificación dentro de ETABS .....	69

## RESUMEN

La presente investigación abordó el análisis de una edificación en concreto armado a la cual le fue practicada el análisis sísmico modal espectral empleando la normativa E.030 del Perú y la NCh433 de Chile, con el objetivo de comparar su comportamiento sismorresistente. La investigación figuró como de tipo básica y de nivel descriptivo con un diseño experimental de enfoque cuantitativo, en la cual se procedió a determinar el cortante basal, la elaboración de los espectros de aceleraciones y la determinación de las derivas de piso empleando para el programa ETABS. Se pudo determinar que el cortante basal obtenido con la normativa peruana es un 29% mayor que el calculado con la normativa chilena, la cual también presentó valores de desplazamientos a nivel de entrepiso menores que los encontrados con los parámetros de la norma peruana. El análisis de los resultados obtenidos permitió discutir sobre el uso e importancia de parámetros característicos del análisis sismorresistente empleados en las dos normativas, como lo son los factores de reducción de respuesta, los periodos de vibración, y su relación con los sistemas estructurales típicamente utilizados en el diseño de edificaciones de concreto armado en el contexto peruano.

**Palabras clave:** Análisis sísmico, E.030, NCh433, ETABS.

## ABSTRACT

The present investigation addressed the analysis of a reinforced concrete building to which the spectral modal seismic analysis was performed using the E.030 standard of Peru and the NCh433 of Chile, with the aim of comparing its seismic resistant behavior. The investigation appeared as basic type and descriptive level with an experimental design of quantitative approach, in which the basal shear was determined, the elaboration of the acceleration spectra and the determination of the floor drifts using ETABS. It was possible to determine that the base shear obtained with the Peruvian regulations is 29% higher than that calculated with the Chilean regulations, which also presented displacement values at the mezzanine level lower than those found with the parameters of the Peruvian standard. The analysis of the results obtained allowed us to discuss the use and importance of characteristic parameters of the seismic resistance analysis used in the two regulations, such as response reduction factors, vibration periods, and their relationship with the structural systems typically used in the design of reinforced concrete buildings in the Peruvian context.

**Keywords:** Seismic analysis, E.030, NCh433, ETABS.

## **I. INTRODUCCIÓN.**

Los sismos son fenómenos que se manifiestan en la naturaleza mediante la liberación súbita de energía producto de los movimientos de la corteza terrestre, cuyo efecto se manifiesta en su excitación que ejerce sobre los elementos estructurales de toda edificación; para que un edificio posea una configuración estructural eficiente, capaz de sobrellevar los esfuerzos inducidos por movimientos de sismos (Quintana, 2021). Los ingenieros estructurales tienen como obligación, tener atino al momento de deducir, predecir, pronosticar los posibles efectos que pueden ocurrir sobre el edificio, y como función las estimaciones, detallar las características que deben poseer los elementos sismorresistentes (Cruz, 2017).

Actualmente, los lineamientos requeridos para dotar a una estructura con su capacidad de comportarse eficientemente durante y después ante un posible movimiento telúrico se encuentran contenidos en los llamados códigos del diseño sismorresistente, los cuales son publicados por cada país y que hoy en día son de cumplimiento obligatorio (AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, 2019).

Si bien el término sismorresistente es relativamente moderno, considerando el historial de estructuras de edificios diseñadas y fabricadas por los humanos en el transcurso de la historia, su empleo es el producto de numerosas investigaciones conducidas a nivel mundial, la mayoría de tipo experimental y otras de tipo documental, que a través del tiempo han ido nutriendo los conocimientos técnicos para lograr un mejor entendimiento de la interacción entre diversos tipos de estructuras y un sismo (Crisafulli, 2018).

Estados Unidos, los avances en materia sismorresistente provienen principalmente de países que son susceptibles a una mayor exposición a eventos de movimientos sísmicos (Quiroz, 2018). Así mismo, existen zonas del planeta con marcada actividad sísmica, como el llamado cinturón del fuego, una zona donde se producen cerca del 90% de los sismos cada año y que involucra diversos países como Colombia, Japón, Ecuador, Chile, Indonesia, América del norte y del centro, NuevaZelanda e incluido el nuestro Perú. (Tavera, 2020).

Debido a su frecuencia de la actividad sísmica en sus territorios, muchos de los

países mencionados han procurado el desarrollo de normativas respecto en la mitigación de riesgos frente a eventos sísmicos, cuyas diligencias se ven reforzadas con su reducción de la informalidad de la construcción, pues una edificación mal diseñada está sujeta a sufrir destrucción luego de un sismo, lo que representa cuantiosas pérdidas materiales, y aún más, de vidas humanas (Torrealva, 2019).

Japón al respecto, en el año 2011 un país con marcada trayectoria en el diseño sismorresistente, fue expuesto a un sismo de magnitud 9, y, sin embargo, no se reportó el colapso de ninguna edificación; por el contrario, cuando Irán fue azotado por un sismo de grado 6.6, se reportaron más de 40 mil muertes e incontables pérdidas materiales (Quiroz, 2018).

Análogamente, se considera que, por cada dólar de inversión en el estudio, desarrollo e implementación de los lineamientos contenidos en los códigos de diseño sismorresistentes, se puede ahorrar hasta 11 dólares en pérdidas materiales de construcciones deficientes (MULTI-HAZARD MITIGATION COUNCIL, 2019).

Chile, que figura como el país con mayor actividad sísmica de Latinoamérica y quien tiene el récord del país con mayor evento sísmico registrado, con uno de 9.5 grados, dedica una gran cantidad de recursos en investigaciones y adecuaciones de sus leyes de construcción. Según la Cámara Chilena de la Construcción, el 90% de sus edificaciones son capaces de resistir un sismo de magnitud 9 (Quiroz, 2018).

En este escenario, se puede medir el funcionamiento de una edificación frente a una actividad sísmica a partir de indicadores como los espectros de aceleración o las derivas laterales, factores que son inherentes a la combinación de elementos estructurales del edificio, pero cuya estimación está basada en los procedimientos establecidos en el reglamento de normas técnicas de diseño, como por ejemplo, las combinaciones de carga, la estimación del cortante basal, los factores de reducción de respuesta, entre otros (Cutipa, 2018). Si bien la filosofía de diseño empleada en la mayoría de normas actuales apuntan a que una edificación debe ser capaz de resistir un sismo con un nivel de daño que evite el colapso de la estructura del edificio de manera súbita, también es cierto que es la misma norma la que define los lineamientos para realizar tales estimaciones, por lo tanto, al

comparar diferentes documentos técnicos de diseño es posible encontrar discrepancias respecto al producto producido, no solo de sus indicadores del comportamiento estructural del edificio, sino de los métodos a emplear para mejorar el desempeño, incluso llegando a afectar las técnicas y los costos de la construcción (Takagi y Wada, 2019; Drozdov et al., 2016; Sudha y Venkateswarlu, 2016).

En efecto, realizar una comparación entre diferentes métodos de diseño permite detectar las fortalezas y debilidades de cada procedimiento, en base a lo cual es posible identificar las bondades que ofrecen los lineamientos para que estos sean considerados en la edición de nuevas normativas que apunten al diseño de estructuras más seguras.

Perú es visto como un país de gran magnitud sísmico activo por pertenecer al llamado anillo o cinturón de fuego del pacífico, según su historia ha sido víctima de actividades y momentos sísmicos de grandes magnitudes. Se estima que en la ciudad de Lima se perderían 35 mil millones de dólares por un terremoto de 8.5 grados, según indica el Índice de Riesgo en las Ciudades en el periodo 2015-2025 (Torrealva, 2019).

En este contexto, la norma técnica E.030 determina que sus disposiciones son las consideraciones mínimas que pueden tener en cuenta para el diseño de la estructura de un edificio, lo que implica que finalmente es el ingeniero estructural quien decide utilizar dichos lineamientos en base a su criterio y los requisitos particulares del proyecto con base en ello, cotejar los resultados de desempeño sísmico de la norma chilena, proveniente de un país con considerable trayectoria en diseño sismorresistente, sería beneficioso para nutrir de conocimientos a los ingenieros estructurales para que estos puedan llevar a cabo diseños altamente resistentes para las estructuras, capaces de salvaguardar la vida de sus ocupantes (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2016).

En Jaén, investigaciones como la realizada por (Pérez y Oblitas, 2020) han determinado que, las técnicas constructivas, según su tipo de suelo y ubicación de la ciudad estas presentan un elevado índice de riesgo sísmico, donde las

viviendas, un 60% tiene una alta probabilidad de resultar seriamente dañada luego de un movimiento sísmico de moderada intensidad. En este sentido, se hace necesario que edificaciones de interés público, como la sede de la fiscalía, sean capaces de soportar adecuadamente los esfuerzos impuestos por la actividad sísmica, de manera que dicha edificación pueda permanecer en funcionamiento sin interrumpir sus funciones; esto solo puede lograrse mediante la realización de un análisis sísmico que permita determinar fehacientemente su comportamiento estructural y sus requisitos estructurales que debe poseer para garantizar un adecuado desempeño.

Jaén es un departamento que se encuentra en constante movimiento sísmico. Siendo el 07 de marzo del 2022 el sismo considerable de 4.3 grados en la escala de Richter a las 03:15 horas, el cual no se reportaron pérdidas humanas. Sin embargo, hubo daños materiales leves. (tvpeNoticias, 2022).

Según la leyenda del mapa de Máxima Intensidad Sísmica de Jaén, el gobierno regional de la ciudad de Cajamarca, éste se encuentra en nivel intermedio y ha llegado a 5 grados en escala de Richter de intensidad sísmica hasta el 2008. (Sismicidad, 2013).

Por medio de mi investigación, se pretende obtener un mayor entendimiento de algunos factores que están implicados tanto internos como externos en el comportamiento sísmico de una edificación, como también comparar dicho resultado con el análisis sísmico mediante la norma chilena de edificaciones sismorresistentes, considerando que dicho país presenta una larga trayectoria de eventos sísmicos. Esta comparación de resultados no solo permite determinar cuál de las normativas es más estricta o exigente en cuanto a las solicitaciones que se aplican a la estructura, sino que por medio del contraste de resultados es posible razonar sobre las mejores prácticas y criterios ingenieriles que permiten el diseño de edificaciones más robustas y seguras, lo cual forma la base de conocimiento necesario para su actualización de futuras ediciones de las normas que rigen en el RNE (Reglamento Nacional de Edificaciones).

El desarrollo de esta tesis se fundamenta en la siguiente interrogante: ¿Cómo es el comportamiento sismorresistente obtenido por la normativa peruana y la chilena en el análisis sísmico de la Fiscalía de Jaén?

En función de ello, la investigación presenta una **justificación metodológica** al emplear los lineamientos contenidos en ambas normas de diseño sismorresistentes, con lo cual es posible identificar las bondades que cada una de ellas ofrece al ingeniero estructural en el diseño de una edificación.

Así mismo presenta una justificación teórica por cuanto los resultados a obtener fundamentan la base con la cual se pueden actualizar las siguientes ediciones de las normativas técnicas del país.

Igualmente, se presenta una justificación social por cuanto las técnicas de diseño sismorresistentes están orientadas a salvaguardar las edificaciones del colapso frente a un evento sísmico, reduciendo las pérdidas materiales y resguardando la vida de sus ocupantes.

Por ser un estudio de nivel descriptivo no se establecen hipótesis de investigación, pues no se intenta comprobar un resultado ni causar un efecto (Hernández et al, 2004).

En mi estudio se formula el objetivo general que es: Comparar el comportamiento sismorresistente aplicando la normativa peruana y chilena en el análisis sísmico de la Fiscalía de Jaén, y como objetivos específicos primero Evaluar estudio topográfico, luego Evaluar los planos del edificio de la Fiscalía de Jaén, para así continuar con un Análisis sísmico estático de la Fiscalía de Jaén elaborado con la normativa de Perú y la Chile, luego Análisis sísmico dinámico de la Fiscalía de Jaén elaborados con la normativa peruana y la chilena y finalmente Comparar la cortante basal, espectros de diseño, desplazamientos laterales y derivas de la Fiscalía de Jaén calculados con la normativa peruana y la chilena en el análisis sísmico resistente.

## II. MARCO TEÓRICO

Para esta investigación tomó como antecedentes las siguientes investigaciones:

### ***“Comparación General de Diseño Sísmico entre el Código Chino y el Código Europeo”.***

(Zhiquan et al.,2021). Realizaron una comparación entre la norma de diseño sismorresistente China y el Código Europeo, fundamentado en la incursión de diversas formas de diseño estructural chinas en el mercado internacional durante la última década. Fue un estudio no experimental, de tipo documental, donde compararon los factores que fundamentan la definición de los indicadores del comportamiento sismorresistente. Encontraron que la mayor diferencia entre ambas normas se debe a la importancia en la clasificación de los tipos de suelo y su influencia sobre los demás parámetros sísmicos, donde en el caso de la norma europea se requiere de estudios más extensos para la determinación de los factores sísmicos como la intensidad y el periodo de vibración. Así mismo, encontraron diferencias entre los factores de importancia de cada edificación, lo cual incide en la determinación de la fuerza sísmica en general. En este sentido, concluyen que la normativa europea conlleva un diseño más estricto que la normativa china, y, por consiguiente, las estructuras diseñadas con ella serían más seguras para responder a los sismos de mediana y alta intensidad, comunes en el país chino; de allí que la asimilación o actualización de la norma sería beneficioso para la construcción de edificaciones con un comportamiento estructural más eficiente.

**El artículo nos muestra varios detalles, como en el caso de los tipos de suelo indica que EN 1998-1 tiene mayor impacto en la intensidad del valor de periodo del espectro de diseño que la GB50011M ya que esta no influye impacto en el periodo de espectro. Sin embargo, el diseño de espectro de ambos es muy similar a sus estándares.**

### ***“Estudio comparativo del diseño y rendimiento sísmicos de edificios OMRF utilizando códigos indios, británicos y europeos”.***

(Rajeev et al.,2019). Estudiaron y compararon el diseño estructural de estructura un edificio de concreto armado según los efectos de sus fuerzas laterales

ocasionadas por el sismo, mediante un análisis no lineal llamado "Pushover" aplicando los códigos de diseño de la India, el Eurocódigo 8 y el Código Británico para la definición del caso de cargas sísmica, cuya comparación de resultados se basó en las áreas de acero de refuerzo requerido, derivas de piso y la fuerza sísmica en el cimiento de la edificación. Encontraron que, usando la normativa india, la edificación obtiene una capacidad de desplazamiento 19% y 26% mayor que con las normas europeas y británicas, respectivamente, sin embargo, para lograr tal desempeño es necesario utilizar entre el 66.5% y 43.5% más los componentes de concreto armado y acero de refuerzo. Concluyen que, además del comportamiento estructural esperado según la definición de las normas sismorresistentes, la seguridad de la edificación en relación al desempeño logrado antes de llegar al colapso se ve influenciada en gran medida por las cuantías de refuerzo, lo cual forma parte de las normas respectivas a los materiales que están conformados por los elementos estructurales del concreto armado, ya que se deben conjugar ambos factores para la obtención de edificaciones eficientes frente a eventos sísmicos.

**El artículo es un análisis interesante ya que en relación sísmica indica que el código indio es mejor al código británico y europeo según el método de pushover, y también el código indio tiene mejor capacidad de resistencia y rigidez para el desplazamiento.**

### ***"Estudio Comparativo de un Conjunto de Códigos para el Diseño Sísmico de Edificios"***

(Santos et al., 2017). Realizaron un estudio comparativo de diversas normas del diseño sismorresistente, enfocado en la comparación de parámetros críticos según su comportamiento estructural del concreto armado para una edificación modelada en los programas SAP2000 y SOFISTIK, entre ellos, los periodos de recurrencia, los factores según su zona sísmica, la forma de los espectros de respuestas, derivas, etcétera, empleando para ellos las normas de Estados Unidos, Europa, Italia, Grecia, Rumania, Brasil y Bulgaria, con el objeto de asistir en la mejora de parámetros para futuras normativas nacionales. Encontraron que, si bien las normas empleadas todas apuntan a la necesidad de dotar a las estructuras de mecanismos dúctiles, existen diferencias significativas en los

resultados obtenidos mediante los espectros de respuestas, cortante basal y derivas, donde algunos casos las diferencias superan el 100%, concluyendo que los criterios de aceptación respecto al comportamiento estructural no son uniformes, y por lo tanto, aun cuando regiones similares puedan tener características sísmicas en común, una edificación puede no ser apta dependiendo de la normativa empleada, lo cual requiere de una discusión profunda en la comunidad ingenieril.

**Indica que el diseño y detalle estructural proporciona ductilidad a la disipación de energía no lineal. Y se debe hacer una especialización detallada de los espectros, enfocarse en ello tanto en Eurocódigo con sus 2 tipos de espectros y ASCE/SEI 7/10 con sus 3 parámetros de espectros.**

***“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”.***

(Cutipa, 2018). Analizó y comparó la respuesta del diseño sismorresistente de una edificación empleando las normas de 4 países como lo son Perú, Chile, Estados Unidos y Japón; de un edificio multifamiliar en concreto armado que emplea un sistema dual (pórticos y muros) con irregularidad en planta, realizando un análisis dinámico espectral en el programa SAP2000. Encontró que existen diferencias significativas en cuanto a la rigurosidad de los cortantes basal y desplazamientos entre las citadas normas, donde la norma norteamericana es la más rigurosa para los espectros de diseño, peruana es más exigente para los desplazamientos laterales en periodos cortos que las normas más exigentes en cuanto al valor de la cortante basal son las de Estados Unidos y Japón. Sin embargo, encuentra que los resultados se ven ampliamente afectados según el sistema estructural empleado, donde para una dirección de análisis se empleó un sistema dual y para otra dirección de análisis se empleó un sistema aporticado. En este sentido, concluye que las normas que toman por igual el sistema estructural en ambas direcciones son menos exigentes al no representar fehacientemente la realidad de la edificación.

**Mediante un análisis que la norma de Japón Y EE. UU tienen mejor nivel de resistencia ante la fuerza cortante estática y dinámica en comparación a las demás normas. Nuestra norma respecto al espectro diseño sísmico**

comparado al de las otras normas está muy por debajo en lo que refiere nivel de seguridad los parámetros peruanos son más débiles y de menor resistencia.

***“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”***

(Alfaro, 2017). Realizó un estudio comparativo de la estructura de una edificación aplicada en concreto armado de tipo residencial sujeta a un caso de fuerzas sísmicas empleando el programa Etabs v15, mediante las normas tanto peruana como chilena de diseño sismorresistente. Encontró que ambas normas son compatibles en cuanto a los parámetros sísmicos que utiliza para generar el espectro de diseño en cuanto a la zonificación sísmica, al tipo de suelo que se tiene, a la edificación según su categoría y al factor de reducción; sin embargo, las diferencias surgen en la manera de discutir los pasos necesarios para realizar el análisis. Así, por ejemplo, la norma chilena establece un factor de reducción que es referente al método de análisis a emplear, que además depende directamente de los periodos de vibración estructural de la edificación, siendo estos valores específicos para cada edificación. En este sentido, el autor reconoce que la diferencia fundamental entre las normas se encuentra basada en la precisión con que se genera la guía matemática según el comportamiento del edificio, donde en caso de análisis empleando la norma chilena NCh.433 se obtienen resultados siendo más apegados a la realidad, y de allí su confiabilidad.

**Esta investigación influye y guía en mi investigación ya que su método es similar al que planteó, indica valores importantes para Chile como que el factor de reducción es más eficaz y preciso ante la norma peruana, también los tipos de suelos tienen clasificación más detalladas. Pero Perú tiene mejor posición en el ZUCS.**

***“Análisis sísmico estático y dinámico de un proyecto de vivienda Unifamiliar de 3 niveles con albañilería confinada al distrito de Jesús María, Departamento de Lima.***

(Gabriel-Salazar,2020). Como objetivo general el analizar sísmicamente tanto

estático como dinámico para una vivienda multifamiliar construida a través del método de albañilería confinada en Jesús María (p.3). Indica que la ventaja de un diseño moderno para los edificios residenciales evita fallas graves ante terremotos y así teniendo daños leves en la estructura, así poder salvaguardar las vidas de los residentes y reparar alguna falla leve como consecuencia (p.3). Este edificio está

dividido para la proyección de vivienda unifamiliar, de una edificación de mampostería cerrada de 2 pisos para luego ser dividida en 3 pisos. Para esta edificación se estimó 45 m de circunferencia y 64 m<sup>2</sup> como área de techo. El análisis sísmico lo realizó a través de un modelo matemático tridimensional del cual el diafragma horizontal se conecta al elemento vertical teniendo una rigidez infinita en su propio eje. Considerando 0.05 veces la excentricidad accidental de su tamaño de la edificación respecto a la dirección de acción de la fuerza con la dirección perpendicular. (p.50).

**Es necesario el uso de materiales de calidad para el buen manejo y función del diseño estructural, materiales que tengan su nivel de calidad garantizada y cumpla con la norma, ya que muchas veces se ve fallas en tabiquería, pero depende también que se reemplaza por ladrillos caseros no aptos.**

***“Análisis Comparativo Del Diseño Estructural De Una Edificación De Tres Niveles De Estructura Irregular Según Las Normas De Sismorresistencia E.030-2006 Y La E.030-2016, En La Ciudad De Cajamarca”***

(Valdivia, 2019). Llevó a cabo una comparación en el análisis de diseño de la estructuración de una edificación en concreto armado a través de las normas de sismorresistencia E.030-2006 y E.030-2016, teniendo como sujeto de análisis una edificación multifamiliar de 5 niveles, con irregularidad en planta y fundada sobre un suelo flexible en una zona elevada de alto movimiento sísmico en la ciudad de Cajamarca. Como resultado del análisis, que se realizó en el programa Etabs mediante un análisis sísmico estático y luego un análisis sísmico dinámico espectral, obtuvo que en la norma del 2016 los factores relacionados a la irregularidad en planta influyen decisivamente en los resultados, en especial, en la aceleración pseudo espectral, por lo que, según esta versión de la norma, la edificación requiere ser más robusta. Así mismo, en cuanto a los

desplazamientos, se obtuvo una diferencia en torno al 33% entre los valores determinados con ambas normas, siendo la versión más reciente menos conservadora. En este sentido, se evidencia que la actualización de los parámetros sísmicos y los criterios de diseño influyen en cómo se comporta la estructura de una edificación, donde por medio de la comparación de diversas normativas es posible identificar y asimilar parámetros que resulten en mejores edificaciones.

**Nos muestra que la norma E030 2016 tiene más rigor que la norma E0303 2006 según sus factores de reducción y desplazamiento lateral y que en global no hay mucho cambio en la actualización de la norma ya que tiene parámetros similares en lo que respecta a la torsión de entrepiso.**

***“Comparación Del Comportamiento Estructural De Un Edificio De Concreto Armado Usando La Normativa Peruana, Chilena Y Ecuatoriana”.***

(Arana, 2019). Llevó a cabo un comparativo de la estructura de una edificación aporticado de concreto armado con 5 niveles destinado a viviendas multifamiliares, modelando la estructura en Etabs por medio de un análisis modal de espectro empleando la norma peruana E.030, chilena NCh.433 y ecuatoriana NEC-SE-DS de diseño sismorresistente. Obtuvo que, para la edificación analizada, con la norma chilena obtiene un valor mayor para el cortante basal, e igualmente se obtuvieron mayores desplazamientos laterales, razón por la cual la edificación no fue capaz de superar las restricciones máximas según la norma chilena. En este sentido, el autor concluye que Chile, siendo un país sujeto a una importante actividad sísmica, emplea un criterio más exigente en sus edificaciones en comparación al Perú y Ecuador, y que sería beneficioso incorporar tales criterios en la norma del país para lograr el diseño de mejores edificaciones.

**Esta investigación proyecta y confirma que la norma chilena tiende a tener más rigurosidad y que tiene más resistencia en diseño estructural para fuerzas mayores, no muy alejada a la de Perú. Que sigue siendo un punto de investigación y seguir comparándolas.**

***Comparación de Respuesta Sísmica del Diseño del Muro Estructural Aplicando las Normativas E.30 y Ch.433, Edificio El Progreso, Cutervo, Cajamarca.***

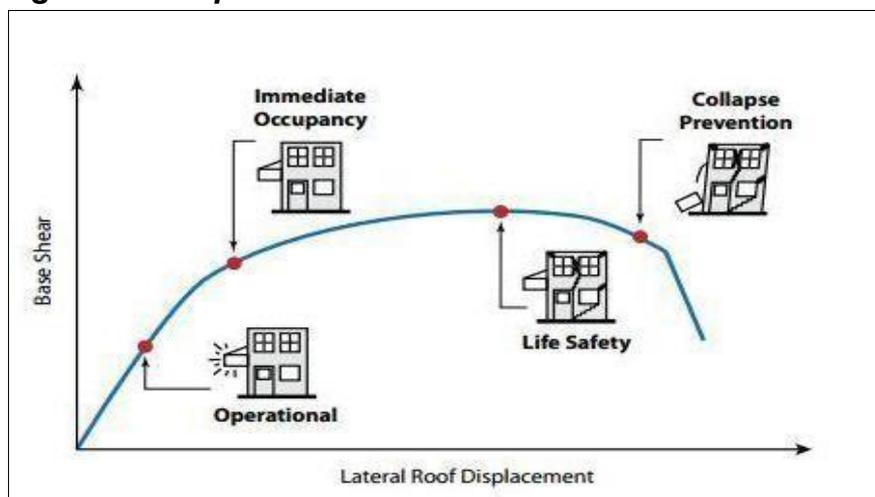
(Matta, 2021). Se compararon resultados del análisis sísmico de un muro estructural de una edificación según las normas E.030 y CH.433 ubicado en “El Progreso”, Cutervo, Cajamarca (p.13). Para dar seguridad en las viviendas y reforzamiento, se obtiene que entre las normas peruana y chilena hay correlación en los resultados del análisis sísmico (p.3). Como resultado de las calicatas se obtuvo que el suelo es limo teniendo indicador de baja calidad un color marrón, sin grava, semi húmedo y semi compacto. Concluyendo con un modelamiento en el programa Etabs.

**Indica ser enfáticos en el estudio de suelo para así tener mejor eficacia en su diseño de las bases estructurales de la estructura y verificar el sistema estructural para un óptimo resultado ante un sismo.**

Para esta investigación las bases de teoría que reflejan el tema a tratar son los siguientes:

**El diseño de edificaciones sismorresistentes** nos indica que, la amenaza debido a la sacudida del suelo durante un evento sísmico puede definirse como la interacción dinámica entre base de cimentación y superestructura del edificio, donde este último experimenta un movimiento lateral como parte del proceso de liberación de energía; cuando tal movimiento está dentro de la capacidad de respuesta de la edificación, este se comportara de manera segura, de lo contrario, incursionará en el rango de falla estructural que puede causar desde daños menores hasta el colapso total de la estructura, como muestra la figura 1 (Doshi, 2019; Yön et al., 2017).

**Figura 1. Comportamiento estructural en función del desempeño sísmico**



Fuente: (Doshi,2019)

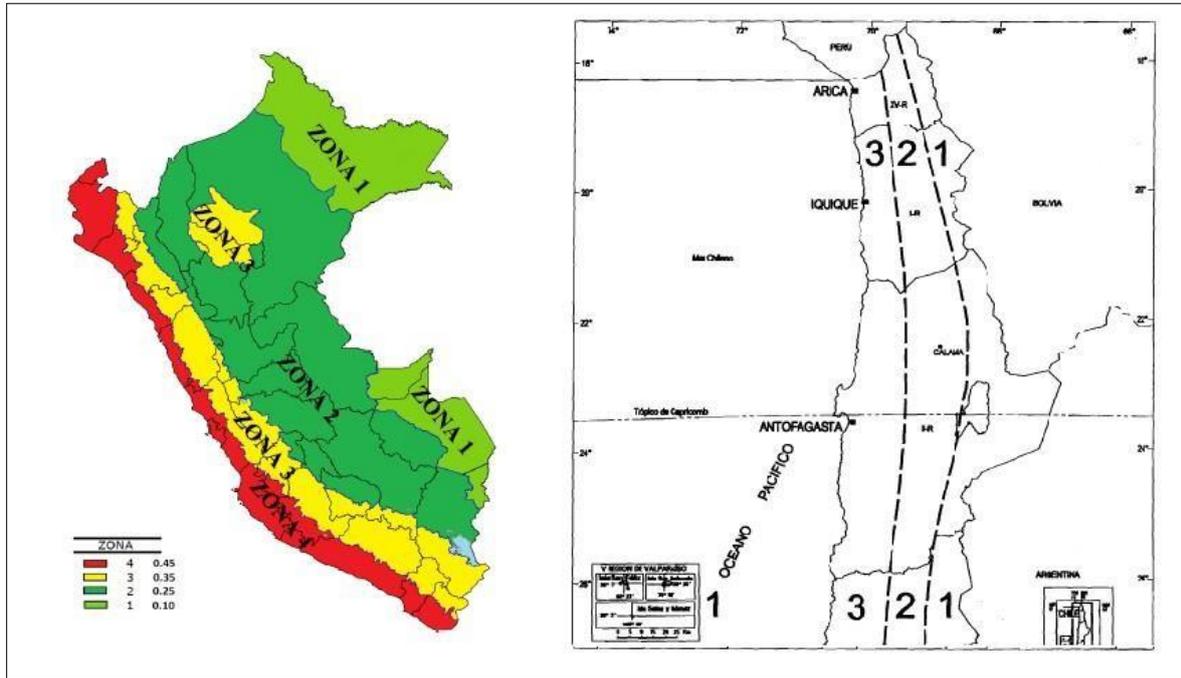
Para poder obtener la respuesta de la estructura de un edificio ante a un sismo, las normas de diseño modernas emplean modelos matemáticos en función de su relación de ocurrencia ante un sismo de alta intensidad y los efectos dinámicos que estos generan sobre la estructura; es comúnmente aceptado que un edificio nunca será totalmente invulnerable frente a un sismo, sin embargo, la filosofía de diseño se basa en que la edificación debe ser capaz de resistir sismos moderados sin sufrir daños graves, mientras que para sismos severos se trata de evitar el colapso, aun cuando se pueden sufrir daños importantes (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016; Cutipa, 2018; Instituto Nacional de Normalización, 2009).

En función de lo anterior, los modelos matemáticos se encargan de determinar las máximas solicitaciones que se espera sean aplicadas sobre la estructura, las cuales varían en función de parámetros que representan las condiciones locales de ubicación, los materiales de la edificación, el sistema constructivo y el nivel de daño esperado, factores que interactúan entre sí en los modelos de análisis sísmico descritos en las normas técnicas de diseño (Quintana,2021).

La **zonificación sísmica** en el área de la ingeniería sísmica, la variación de la aceleración del suelo en función a tiempo es uno de las formas más efectivas de definir la excitación que produce un sismo sobre una estructura, la cual es típicamente medida con el uso de acelerógrafos que registran la actividad sísmica durante un terremoto (Chopra,2020).

Utilizando tales registros de la aceleración máxima efectiva sobre la base rocosa en diversas localidades ha sido posible la identificación de las zonas con mayor actividad sísmica, obteniéndose mapas de zonificación a las cuales se les suele asignar un coeficiente que refiere a la aceleración máxima horizontal con cierta probabilidad de excedencia en un periodo de tiempo determinado (Cutipa,2018). Como en la norma E.030, se emplea con 10% en 50 años de excedencia como lo indica la (figura 2). El valor asignado al coeficiente representa la aceleración máxima efectiva, la cual es representada como una porción de la gravedad.

**Figura 2. Mapas de zonificación sísmica**



Fuente: adaptado de la norma E.030 y NCh433 (INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN 2009).

Los **parámetros de sitio** y el **factor de amplificación dinámico** nos muestran que la aceleración que recibe la estructura durante un evento de sismos depende de sus características de la edificación y también de las cualidades del suelo donde se ubica. En ello se considera el tipo de suelo en función de características como en su velocidad de propagación de ondas sísmicas y las propiedades geotécnicas de este ensayo de penetración tanto estándar como de resistencia a corte, así como también sus periodos de vibración de la estructura. La tabla 1 y 2 muestran los valores relacionados al perfil del suelo según la norma peruana E.030.

**Tabla 1. Factor de suelo (S) – E.030**

	So	S1	S2	S3
Z4	0.80	1.00	1.05	1.10
Z3	0.80	1.00	1.15	1.20
Z2	0.80	1.00	1.20	1.40
Z1	0.80	1.00	1.60	2.00

Fuente: (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016)

Nota:

Z1, Z2, Z3 y Z4 se refiere a la ubicación de la edificación de acuerdo al mapa de zonificación.

So, S1, S2 y S3 se refiere a la clasificación según el perfil del suelo.

**Tabla 2. Periodos según perfil del suelo (TP, TL) – E.030**

	So	S1	S2	S3
$T_P$	0.30	0.40	0.60	1.00
$T_L$	3.00	2.50	2.00	1.60

Fuente: (MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO,2016)

Con lo anterior, el factor de amplificación sísmica de acuerdo a la norma peruana E.030 se determina en la expresión:

$$\begin{aligned}
 T < T_P & \quad C = 2.5 \\
 T_P < T < T_L & \quad C = 2.5 (T_P/T) \\
 T_L > T & \quad C = 2.5 (T_P * T_L / T^2)
 \end{aligned}$$

Por su parte, según la norma chilena NCh433, los parámetros que están sujetos al tipo de suelo están mostrados en las tablas 3 y 4.

**Tabla 3. Parámetros según tipo de suelo – NCh433**

Tipo de suelo	S	To	T'	n	P
<b>A</b>	0.90	0.15	0.20	1.00	2.00
<b>B</b>	1.00	0.30	0.35	1.33	1.50
<b>C</b>	1.05	0.40	0.45	1.40	1.60
<b>D</b>	1.20	0.75	0.85	1.80	1.00
<b>E</b>	1.30	1.20	1.35	1.80	1.00
<b>F</b>	*	*	*	*	*

Fuente: (Instituto Nacional de Normalización, 2009)

**Tabla 4. Coeficiente de aceleración efectiva (A0) – NCh433**

Zona sísmica	A0
1	0.20g
2	0.30g
3	0.40g

Fuente: (Instituto Nacional de Normalización, 2009)

Por su parte, según la norma chilena el factor de amplificación de respuesta se determina con la expresión:

$$a = \frac{1 + 4.5 \left(\frac{Tn}{To}\right)^P}{1 + \left(\frac{Tn}{To}\right)^3}$$

**Dónde:**

- Tn = periodo de vibración en el modo n.

- $T_0$ ,  $P$  = parámetros según su tipo de suelo.

Respecto a **factor de uso o importancia de la edificación**, nos indica que es un factor que considera la importancia que posee la edificación, la cual depende del uso de las instalaciones en su interior, cuyo valor es directamente proporcional a la necesidad de que el edificio permanezca intacto después de un evento sísmico; en general, los edificios de interés público, los que poseen valor histórico, valor económico o los que cumplen funciones administrativas, no pueden ver interrumpidas sus funciones, en especial durante situaciones de emergencia, tal es el caso de las sedes de gobierno o los hospitales (Dhir et al., 2020).

Las edificaciones con un alto factor de importancia son analizadas bajo acciones sísmicas de mayor intensidad, con lo cual, la probabilidad de excedencia en cuanto a su desempeño es menor (Vedh y Pragalath, 2017). Los valores del factor de uso según la norma E.030 son mostrados en la tabla 5, mientras que los valores según la norma NCh433 son mostrados en la tabla 6.

**Tabla 5. Factor de uso (U) – E.030**

Categoría	Descripción	Factor $U$
<b>A</b> <b>Edificaciones esenciales</b>	Establecimientos del sector salud	Ver nota 1
	Establecimientos esenciales para el manejo de emergencia, instalaciones de servicios básicos a la comunidad, instalaciones para el funcionamiento del gobierno y aquellas destinadas a servir como refugio en casos de emergencia	1.5
<b>B</b> <b>Edificaciones importantes</b>	Edificaciones donde se reúne gran cantidad de personas, o que sirven de depósito o almacén de granos (alimentos)	1.3
<b>C</b> <b>Edificaciones comunes</b>	Viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales sin peligro de incendios o fugas contaminantes	1.0
<b>D</b> <b>Edificaciones temporales</b>	Construcciones provisionales, casetas y similares	

Fuente: (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016).

Notas:

1) Las edificaciones en las zonas sísmicas 3 y zona sísmica 4 deben poseer aislamientos sísmicos en la base; y en las zonas sísmicas 1 y 2 la entidad responsable decidirá sobre el uso de aisladores; si no se utiliza aislamiento, el factor se tomará no menor a 1.5. 2) a criterio del proyectista.

**Tabla 6. Factor de importancia (I) – NCh433**

Categoría de ocupación	Naturaleza de la ocupación	Factor I
I	Edificaciones con bajo riesgo para la vida humana en caso de falla	0.6
II	Edificios y estructuras destinadas a la habitación privada o al uso público, así como estructuras cuya falla pone en peligro a las de categoría I, III y IV	1.0
III	Edificaciones con aglomeración de personas de manera frecuente	1.2
IV	Edificios y estructuras de uso gubernamental, servicios o de utilidad pública e instalaciones esenciales en el caso de catástrofes	1.2

Fuente: (INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN, 2009)

El **factor de reducción** de fuerzas sísmicas es un factor que relaciona a la deformación de la estructura según su capacidad como mecanismo para la redistribución de esfuerzos y disipación de energía propia de los materiales elastoplásticos (Chopra, 2020). En este sentido, a diversas tipologías estructurales se les ha asignado según su capacidad dúctil un factor de reducción de fuerzas sísmicas. Los valores para la norma E.030 se muestran en las tablas 7 y 8, los cuales dependen del material que constituye los elementos estructurales del sistema resistente a sismos, del propio sistema estructural y de la presencia de irregularidades en planta y elevación, donde:

$$R = R_o * I_a * I_p$$

Mientras tanto, según la norma NCh433, este factor está sujeto además del método de análisis empleado, sea de tipo estático o dinámico (tabla 9).

**Tabla 7. Coeficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas (Ro) – E.030**

Sistema estructural	Coeficiente básico de reducción Ro
<b>Acero</b>	
Pórticos especiales resistentes a momento (SMF)	8
Pórticos intermedios resistentes a momento (IMF)	5

Pórticos ordinarios resistentes a momentos (OMF)	4
Pórticos especiales concéntricamente arriostrados (SCBF)	7
Pórticos ordinarios concéntricamente arriostrados (OCBF)	4
Pórticos excéntricamente arriostrados (EBF)	8
<b>Concreto armado</b>	
Pórticos	8
Dual	7
Muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
<b>Albañilería confinada</b>	
<b>Madera</b>	
	7

Fuente: (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016)

**Tabla 8. Irregularidades y factor de irregularidad ( $I_a$ ,  $I_p$ ) – E.030**

Tipo de irregularidad	Factor $I$
<b>Irregularidades en altura (<math>I_a</math>)</b>	
Irregularidad de rigidez – Piso blando	0.75
Irregularidad de resistencia – Piso débil	
Irregularidad extrema de rigidez	0.50
Irregularidad extrema de resistencia	
Irregularidad de masa o peso	0.90
Irregularidad geométrica vertical	0.90
Discontinuidad del sistema resistente	0.80
Discontinuidad extrema del sistema resistente	0.60
<b>Irregularidades en planta (<math>I_p</math>)</b>	
Irregularidad torsional	0.75
Irregularidad torsional extrema	0.60
Esquinas entrantes	0.90
Discontinuidad del diafragma	0.85
Sistemas no paralelos	0.90

Fuente: (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016)

**Tabla 9. Factores de modificación de respuesta ( $R$ ,  $R_o$ ) – NCh433**

Sistema estructural	Material estructural	$R$	$R_o$
<b>Pórticos</b>	<b>Acero estructural</b>		
	Marcos corrientes (OMF)	4	5
	Marcos intermedios (IMF)	5	6
	Marcos especiales (SMF)	7	11
	Marco de vigas enrejadas (STMF)	6	10
	<b>Hormigón armado</b>		
		7	11

Muros y sistemas arriostrados	Acero estructural		
	Marcos concéntricos corrientes (OCBF)	3	5
	Marcos concéntricos especiales (SCBF)	5.5	8
	Marcos excéntricos (EBF)	6	10
	<b>Hormigón armado</b>	7	11
	<b>Hormigón armado y albañilería confinada</b>		
	Muros que toman el 50% del corte de piso	6	9
	Muros que toman menos del 50% del corte	4	4
	<b>Madera</b>	5.5	7
	<b>Albañilería confinada</b>	4	4
	<b>Albañilería armada</b>		
	ladrillos de hormigón	4	4
	ladrillos de cerámica	3	3
	Otros	2	-

Fuente: (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016)

La **fuerza cortante basal**, la norma peruana E.030 indica que la fuerza sísmica aplicada en la base de la edificación se determina según la expresión:

$$V = \frac{ZUCS}{R} P$$

$$\frac{C}{R} \geq 0.11$$

**Donde:**

- V = fuerza cortante en la base.
- Z = Factor de zona.
- U = Factor de uso.
- C = Factor de amplificación sísmica.
- S = Factor de amplificación del suelo.
- R = coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas.
- P = Peso de la edificación para el análisis sísmico.

Por su parte, según la norma chilena NCh433, se determina a partir de las expresiones:

$$Q_0 = CIP$$

$$C = \frac{2.75 * S * A_0}{\left(\frac{T'}{T}\right)^n}$$

$$g * R \quad T *$$

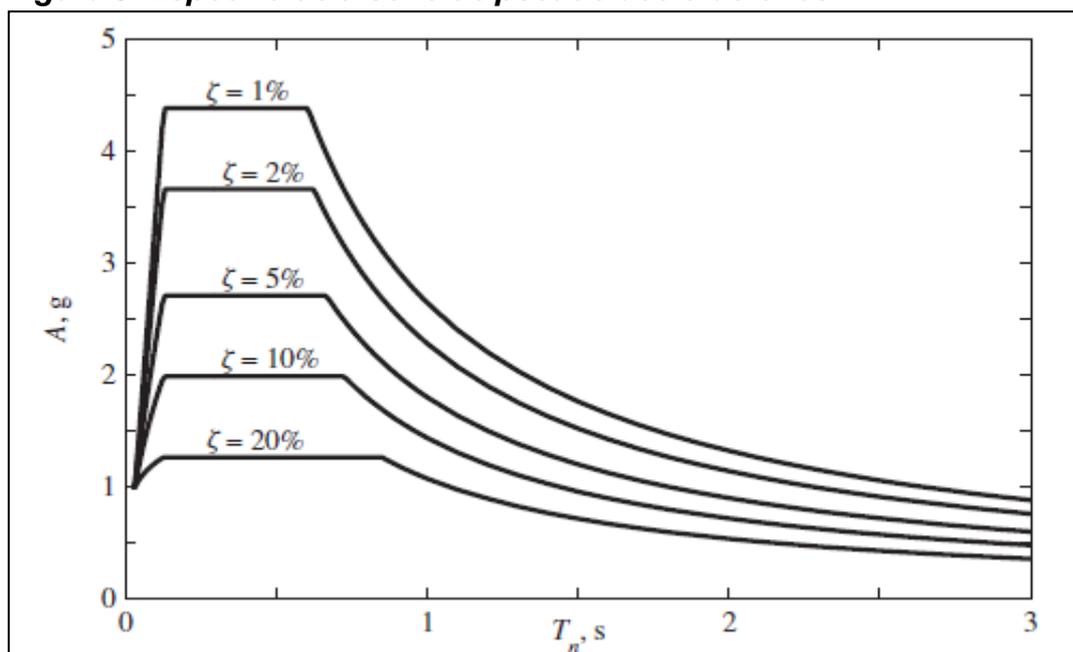
$$C > \frac{A_0}{6g}$$

Dónde:

- $Q_0$  = Cortante basal.
- $I$  = Coeficiente relativo a edificio.
- $P$  = Peso de la edificación para el análisis sísmico.
- $C$  = Coeficiente sísmico.
- $S, n, T'$  = parámetros relativos al tipo de suelo.
- $A_0$  = Aceleración máxima efectiva.
- $R$  = Factor de modificación de respuesta.
- $T^*$  = Periodo de vibración del modo con mayor masa participativa en cada dirección considerada en el análisis.

El **espectro de respuesta sísmica** brinda un resumen de las respuestas máximas de los sistemas lineales para un grado de libertad y un componente particular del movimiento del suelo, representada por un gráfico que relaciona la máxima aceleración que se espera obtener acorde al periodo natural de vibración estructural del edificio (Chopra,2020), como muestra la figura 3.

**Figura 3. Espectro de diseño de pseudo aceleraciones**



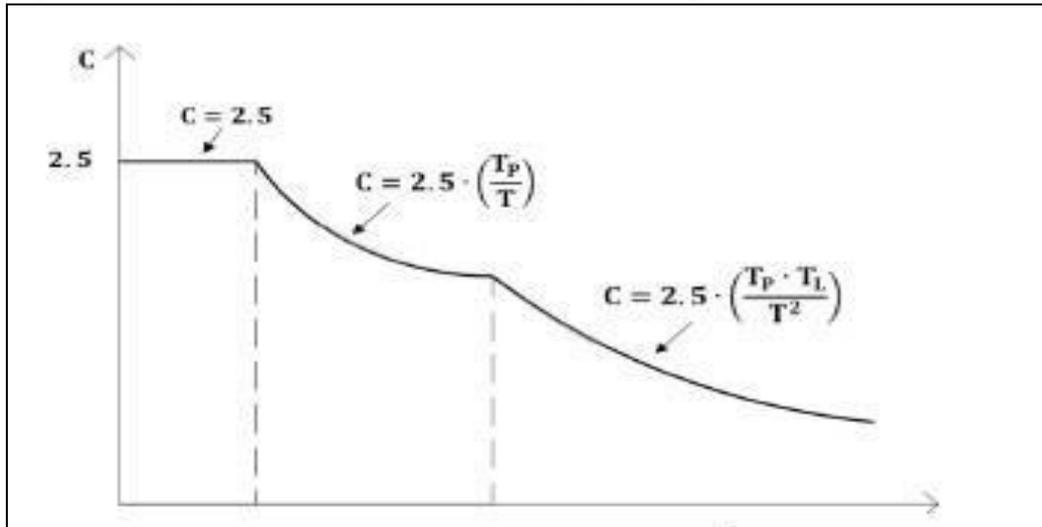
Fuente: (Chopra,2020).

Nota: El gráfico muestra la relación entre la aceleración espectral y el periodo de vibración para distintos niveles de amortiguamiento.

Para calcular el espectro de respuesta sísmica mediante la norma peruana (figura 4), se emplea la expresión:

$$Sa = \frac{ZUCS}{R} g$$

**Figura 4. Espectro de aceleraciones típico según la norma E.030**



Fuente: (Cutipa,2018)

Para la norma chilena, el espectro de respuesta (figura 5) se define mediante la expresión:

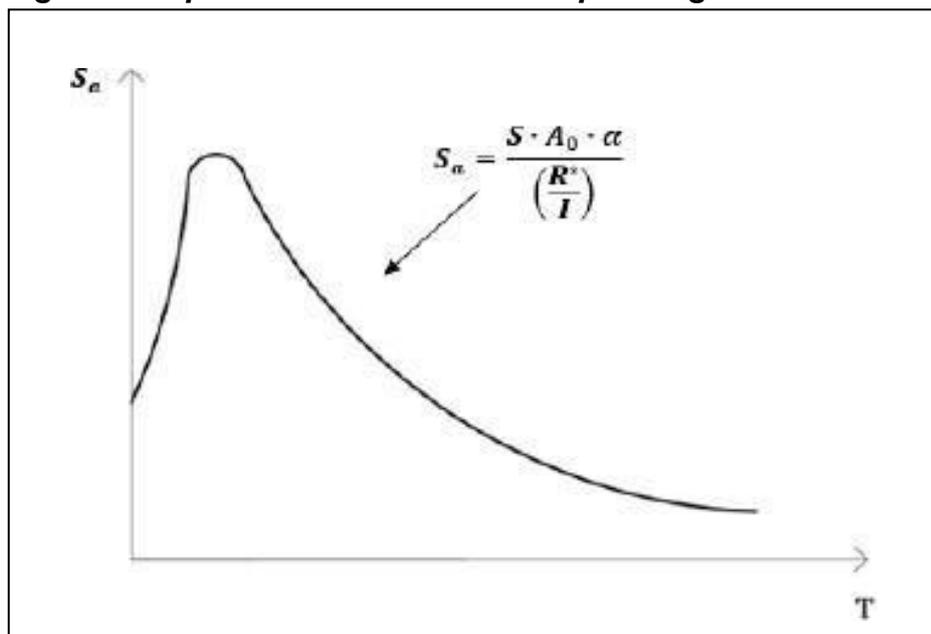
$$Sa = \frac{S * Ao * a}{\left(\frac{R^*}{I}\right)}$$

$$R^* = 1 + \frac{T^*}{0.1To + \frac{T^*}{Ro}}$$

**Dónde:**

- a = Factor de amplificación sísmica.
- T\* = periodo del modo con mayor masa traslacional en la dirección de análisis.
- To = parámetro relativo al suelo de fundación.

**Figura 5. Espectro de aceleraciones típico según la norma NCh433**



Fuente: (Cutipa,2018)

El **control de los desplazamientos laterales** se refiere a los valores máximos permisibles de los desplazamientos incurridos por la estructura, los cuales se miden como la diferencia entre los desplazamientos entre dos niveles continuos. Según la norma peruana E.030 establece límites para los desplazamientos máximos elásticos e inelásticos que serán amplificados por un factor. Por su parte, la normativa chilena indica las tolerancias en base a desplazamientos elásticos. Otra diferencia fundamental es que la norma peruana establece el valor máximo permitido según el material influyente de la edificación, mientras que en la normativa chilena se da un valor límite general únicamente en función de la altura del entrepiso (INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN.2009).

Los valores máximos permitidos según cada norma se indican en la tabla 10.

**Tabla 10. Coeficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas (Ro) – E.030**

Norma	Criterio	Valor limite
<b>E.030</b>	<b>Material predominante</b>	$\Delta_i/h_{ei}$
	Concreto armado	0.007
	Acero	0.010
	Albañilería	0.005
	Madera	0.010
	muros de concreto de ductilidad limitada	0.005
<b>NCh433</b>	<b>Lugar de medición</b>	

	desplazamiento relativo máximo medido en el centro de masas	< 0.002h
	desplazamiento relativo máximo medido en cualquier punto de la planta	< 0.001h

Fuente: (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016) (Instituto Nacional de Normalización, 2009)

El programa a utilizar **ETABS** es una abreviatura en inglés de la frase “Extended Tridimensional Analysis of Building Systems y traducido al español es el “Análisis Tridimensional de Edificaciones”.

ETABS, es un software para la ingeniería muy versátil ya que cuenta con mucha capacidad para el desarrollo de análisis sísmicos estructurales, modelamientos de estructuras, pre y dimensionamientos tanto en segunda dimensión como en tercera dimensión para muchas estructuras.

ETABS, trabaja a través de datos que uno debe proporcionarle para así identificar el modelo de estructura que se desea analizar y/o diseñar. Lo bueno del programa es que reporta instantáneamente resultados eficaces (Mullo, 2014).

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Enfoque, tipo y diseño de investigación**

La investigación tiene un enfoque cuantitativo, ya que está basada en una variable cuantitativa, obteniendo resultados en cantidades acorde a su dimensionamiento de variable en estudio.

La investigación es de tipo básica, pues no tiene el propósito de presentar soluciones aplicables a problemas específicos. Carrasco (2007) define la investigación básica como aquella que tiene como objetivo profundizar los conocimientos sobre un tema de interés científico.

En relación al diseño de la investigación, éste tiene tipo no experimental, ya que en ella se manipula una sola variable de manera deliberada para observar los cambios producidos en los resultados. Según Hernández et al. (2014), los estudios experimentales son aquellos que administran estímulos o intervenciones con el propósito de realizar mediciones sobre una o distintas variables dependientes sobre los efectos consecuentes, para finalmente realizar una comparación de los resultados obtenidos.

En este sentido, se utilizaron las normas de diseño sismorresistentes peruana (E.030) y chilena (NCh433) para determinar los parámetros que influyen en el análisis sísmico definido en cada uno de dichas normas, siendo que en cada caso se determinó la fuerza cortante basal, el espectro de diseño y las derivas laterales, expresiones que describen el comportamiento sismorresistente de la estructura.

Respecto al alcance, la investigación es de nivel explicativo, ya que está basado en un análisis de la relación de causa y efecto del fenómeno estudiado, lo que conduce a determinar las razones que producen tales cambios y sus implicaciones (Hernández y Mendoza, 2018).

En cuanto al enfoque, se utiliza el conteo numérico y métodos matemáticos para analizar las variables de estudio y sus efectos, por lo que la investigación queda enmarcada en términos cuantitativos (Carrasco, 2007).

### 3.2. Variables y operacionalización

El presente proyecto presenta 2 variables: Una independiente y una dependiente.

- **Variable independiente:** Análisis sísmico.
- **Variable dependiente:** Comportamiento sismorresistente.

VARIABLE				CLASIFICACIÓN	
	Relación	Natural eza	Escala de Medici ón	Dimensión	Forma de Medición
Análisis sísmico	Independiente	Cuantita tiva	Razón	Multidimensional	Indirecta
Comportamie nto sismorresiste nte	Dependiente	Cuantita tiva	Razón	Multidimensional	Indirecta

Elaboración propia del autor.

El cuadro de Operacionalización de variables. **Tabla11** (Ver anexo 6)

### 3.3. Población, muestra y muestreo

La **población** se encuentra representada por el edificio de la Fiscalía de Jaén, el cual servirá de base para estudiar los resultados de aplicar los parámetros de la normativa peruana y chilena a través de un análisis de diseño sismorresistente de la edificación.

Como **muestra** se emplea la estructura de la Fiscalía de Jaén, la cual representa a una edificación cuyo sistema resistente a sismos está definido por vigas, columnas y muros de concreto armado. Hernández et al. (2014) alegan que las investigaciones donde la muestra se compone de una sola unidad para el análisis son conocidos como estudios de casos y, por lo tanto, la muestra coincide con la población.

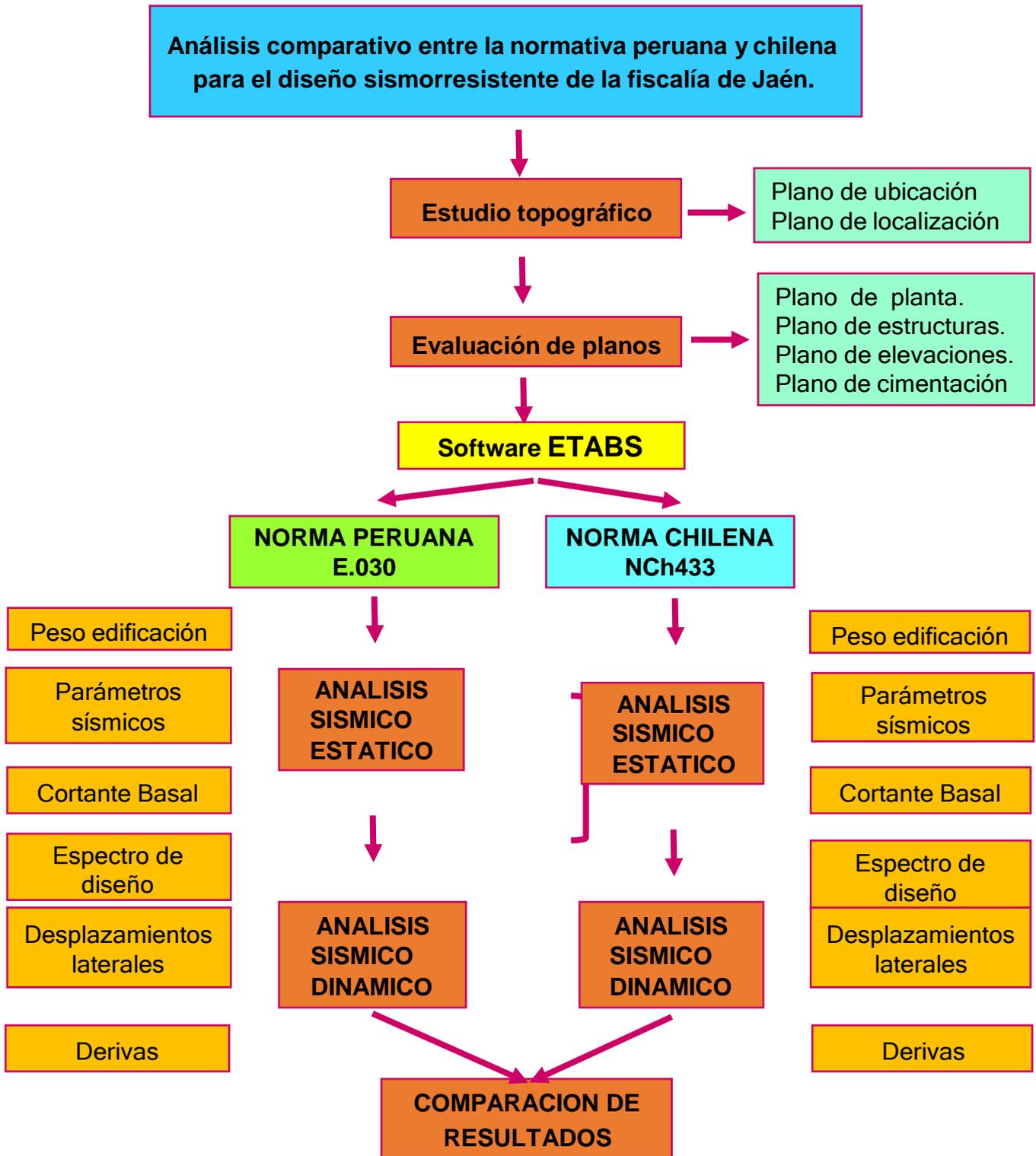
El **muestreo** es de tipo no probabilístico, ya que la elección es a propio juicio del autor según indique la investigación sin necesidad de emplear métodos estadísticos para seleccionar (Hernández et al., 2014). Se selecciona a la Fiscalía de Jaén por ser una edificación de carácter gubernamental, la cual, según el nivel de

importancia definido en las normativas sismorresistentes, esta debe estar apto de resistir los efectos de un sismo sin que se vea interrumpido el uso de la edificación, y, por lo tanto, sobre ésta recaen las mayores exigencias en su comportamiento estructural (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016; Instituto Nacional de Normalización, 2009).

#### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Se empleó la técnica de la observación, la cual está basado en recolectar de manera sistemática información detallada sobre comportamientos observables en zonas o sujetos de estudio, para que posteriormente esta sea analizada y transformada en datos concisos que dan respuesta a los problemas formulados (Hernández et al., 2014). De esta manera, se emplea como instrumento de recolección un conjunto de fichas de observación (anexo 3) en las cuales se registran los datos que describen el comportamiento estructural bajo el análisis sísmico realizado con las normativas peruana y chilena, para su posterior comparación y elaboración de conclusiones.

### 3.5. Procedimientos



### **3.6. Método de análisis de datos**

Los resultados obtenidos en cada caso fueron presentados en tablas y gráficos, con los que se pueden visualizar las diferencias en los valores obtenidos al aplicar las dos normas citadas, de cuyo análisis se desprenden las conclusiones de la investigación.

### **3.7. Aspectos éticos**

El presente trabajo fue ejecutado cumpliendo con la referencia a los autores que sirven de apoyo y sustento. Así mismo, se cumplió con los procedimientos descritos en las normas técnicas de diseño sismorresistente: E.030 Diseño Sismorresistente y NCh433 Diseño sísmico de edificios.

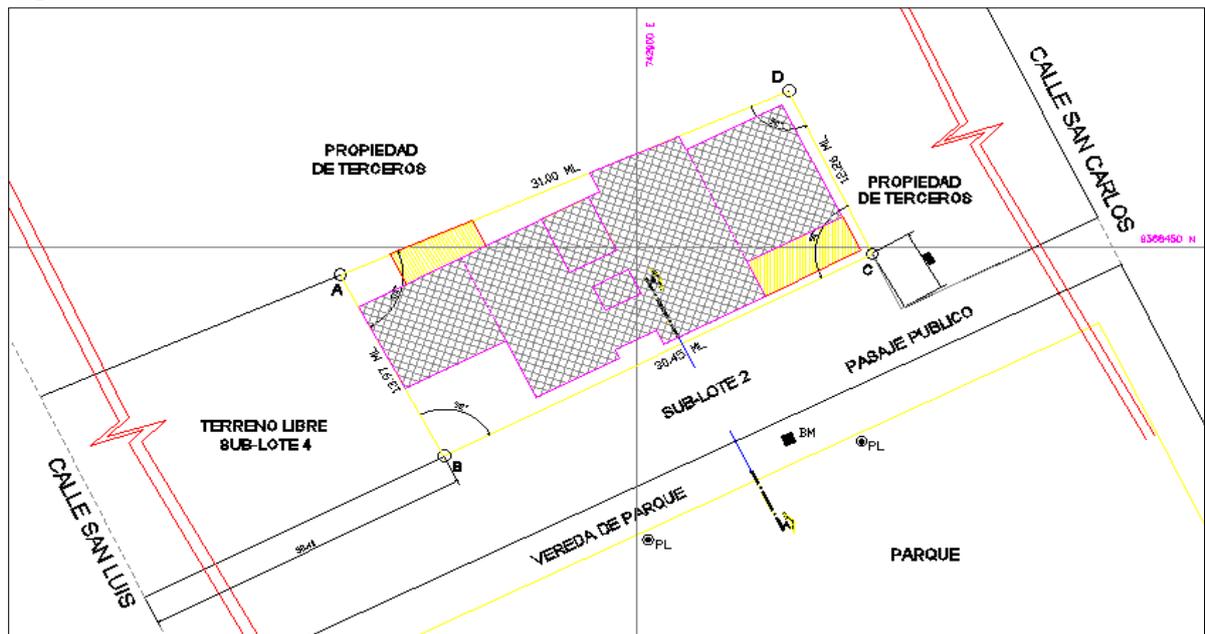
## IV. RESULTADOS

### 4.1. Estudio topográfico

#### 4.1.1. Plano de ubicación

El terreno disponible para la **construcción del local de la fiscalía en la provincia de Jaén es de propiedad del ministerio público**, tiene un área total del terreno de 402.55 m<sup>2</sup> y está ubicado entre las calles Junín, San Carlos y San Luís del Sector de Morro Solar, Sub-lote 3, a unas 8 cuadras de la Plaza Central. Distrito de Jaén, Provincia de Jaén y Departamento de Cajamarca.

**Figura 6. Plano de ubicación**



Fuente: Elaboración propia.





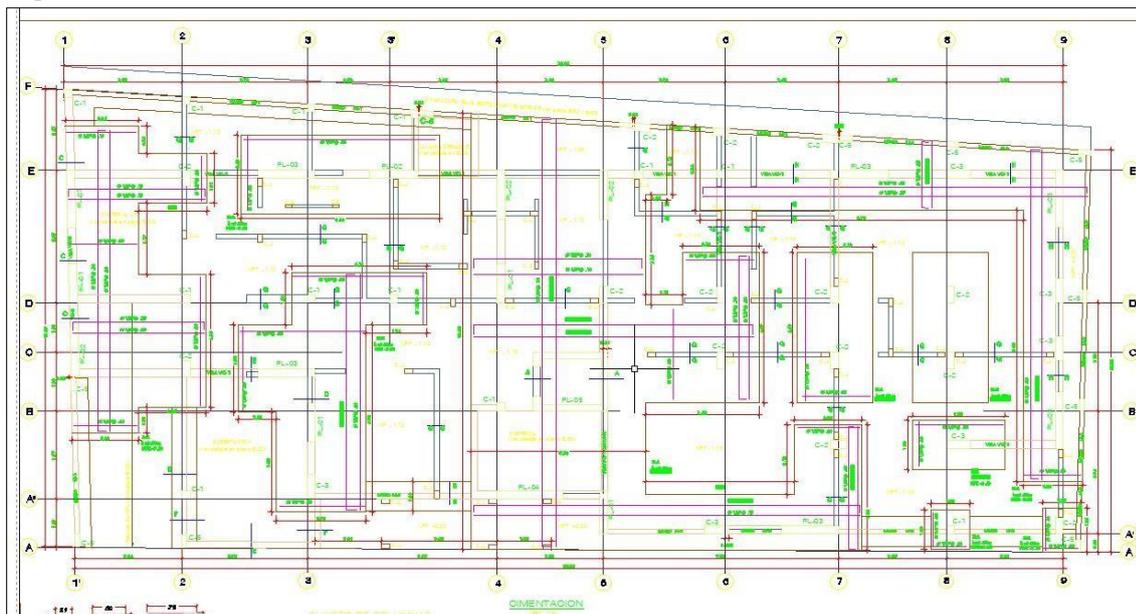






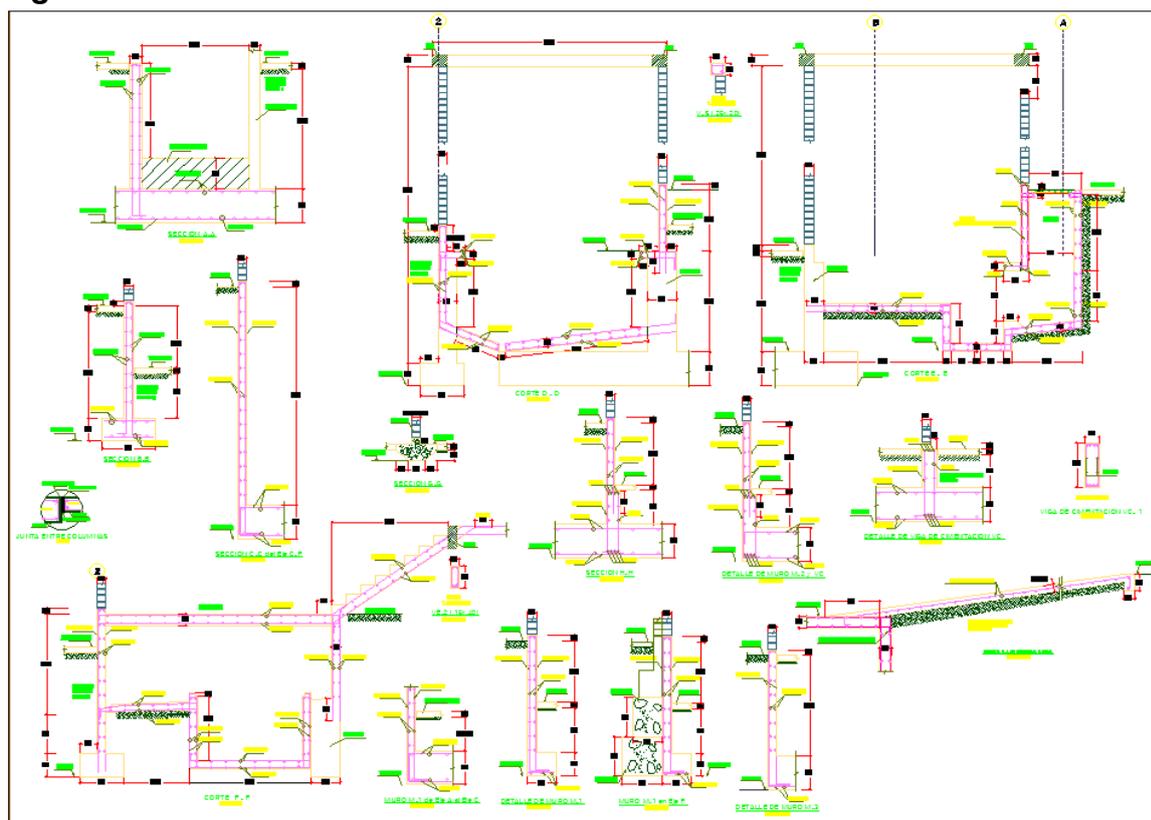
### 4.2.3. Plano de cimentación

**Figura 16. Plano de cimentación**



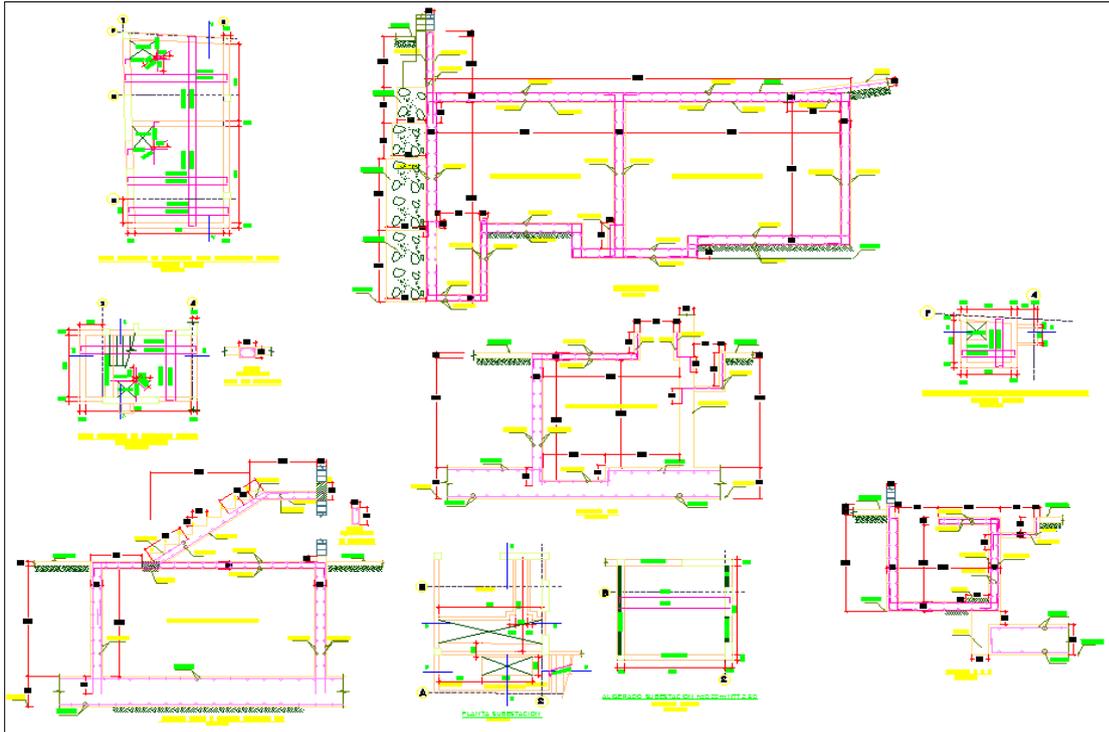
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 17. Plano de Cortes**



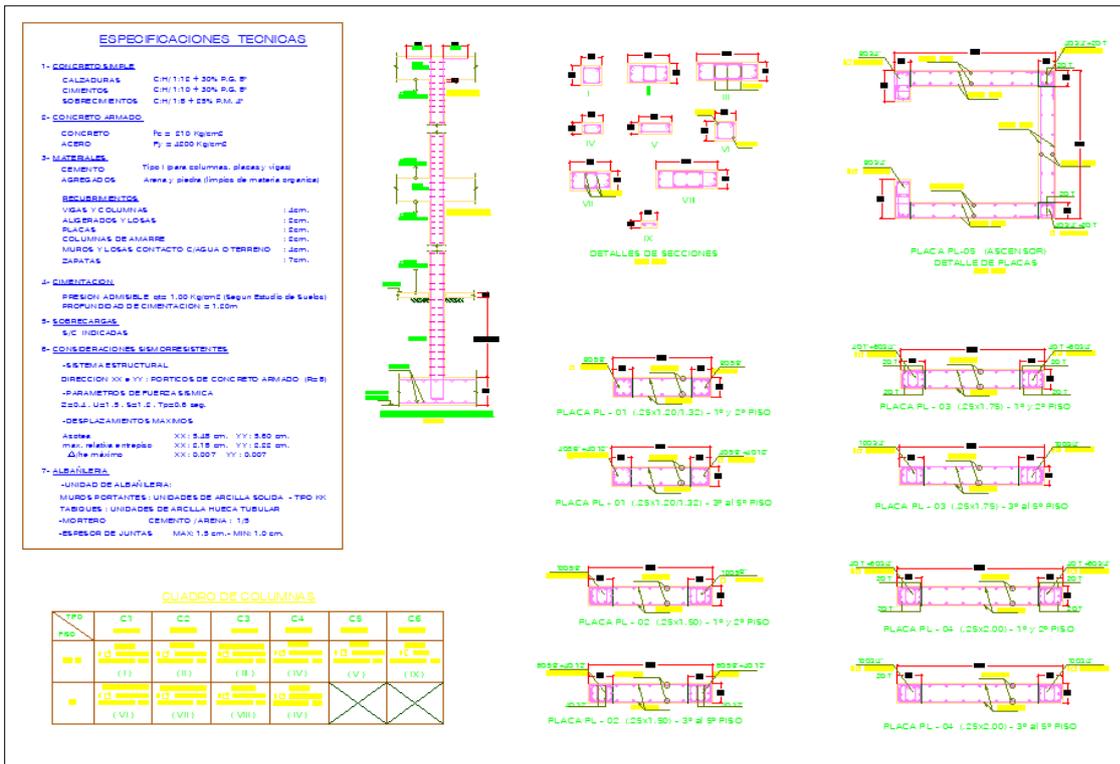
Fuente: Elaboración propia.

Figura 18. Plano de Cortes



Fuente: Elaboración propia.

Figura 19. Plano de Cortes



Fuente: Elaboración propia.

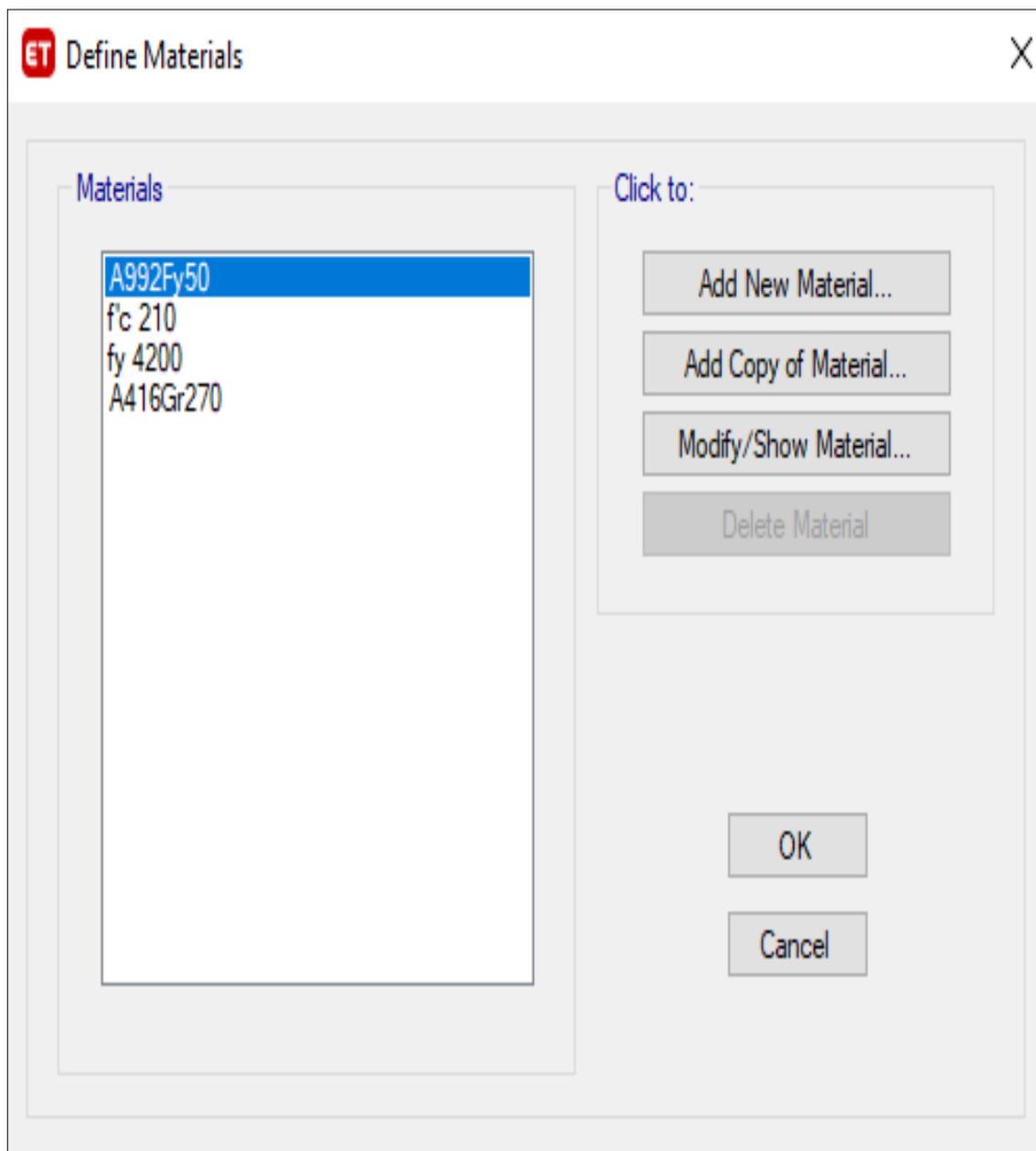
### 4.3. Análisis sísmico estático

Como primer paso, se define los materiales de la Fiscalía de Jaén, tales como la resistencia del concreto ( $f'c$ ) y el acero ( $f_y$ ).

La resistencia del concreto es  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  según la información recopilada además del peso volumétrico de  $2400 \text{ kg/m}^3$ .

El acero es  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ .

**Figura 20. Definición de materiales**



Fuente: Elaboración propia

Figura 21. Definición de materiales: ( $f'_c$ ) y ( $f_y$ )

**Material Property Data**

**General Data**

Material Name:

Material Type:

Directional Symmetry Type:

Material Display Color:

Material Notes:

**Material Weight and Mass**

Specify Weight Density  Specify Mass Density

Weight per Unit Volume:  kgf/m<sup>3</sup>

Mass per Unit Volume:  kgf-s<sup>2</sup>/m<sup>4</sup>

**Mechanical Property Data**

Modulus of Elasticity, E:  kgf/cm<sup>2</sup>

Poisson's Ratio, U:

Coefficient of Thermal Expansion, A:  1/C

Shear Modulus, G:  kgf/cm<sup>2</sup>

**Design Property Data**

**Advanced Material Property Data**

Fuente: Elaboración propia

Se obtuvo las dimensiones de las estructuras:

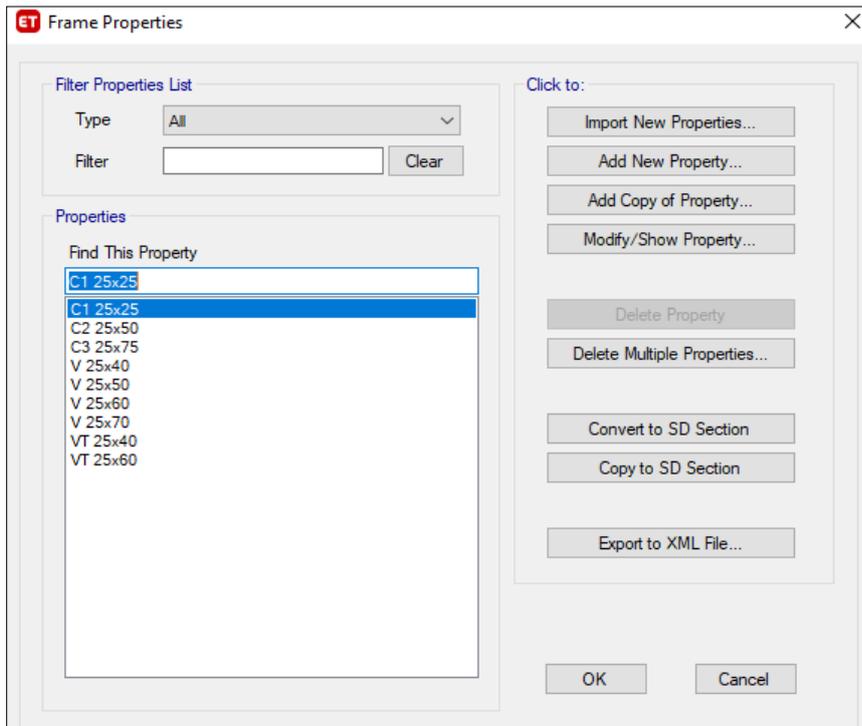
**Tabla 1. Características del sistema estructural de análisis**

Elemento	Tipo	Características
<b>Columnas</b>	C1	25 x 25 cm
	C2	25 x 50 cm
	C3	25 x 75 cm
<b>Vigas</b>	V1	25 x 40 cm
	V2	25 x 50 cm
	V3	25 x 60 cm
	V4	25 x 70 cm
	VT1	25 x 40 cm
	VT2	25 x 60 cm
	<b>Losas</b>	Entrepiso
Techo a dos aguas		Aligeradas, en 1 dirección, espesor 20 cm
<b>Escalera</b>	2 tramos con descanso	15 cm de espesor

Fuente: Elaboración propia

Una vez analizado los elementos estructurales, se procede a definirlo en el software ETABS.

**Figura 22. Elementos estructurales en ETABS.**



Fuente: Elaboración propia

**Figura 23. Tipo de diseño de columna C1**

ET Frame Section Property Data

**General Data**

Property Name: C1 25x25

Material: fc 210

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

**Shape**

Section Shape: Concrete Rectangular

**Section Property Source**

Source: User Defined

**Section Dimensions**

Depth: 0.25 m

Width: 0.25 m

**Property Modifiers**

Modify/Show Modifiers...  
Currently Default

**Reinforcement**

Modify/Show Rebar...

OK

Cancel

Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

Fuente: Elaboración propia

**Figura 24. Tipo de diseño de columna C2**

ET Frame Section Property Data

**General Data**

Property Name: C2 25x50

Material: fc 210

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

**Shape**

Section Shape: Concrete Rectangular

**Section Property Source**

Source: User Defined

**Section Dimensions**

Depth: 0.5 m

Width: 0.25 m

**Property Modifiers**

Modify/Show Modifiers...  
Currently Default

**Reinforcement**

Modify/Show Rebar...

OK

Cancel

Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

Fuente: Elaboración propia

**Figura 25. Tipo de diseño de columna C3**

ET Frame Section Property Data

**General Data**

Property Name: C3 25x75

Material: fc 210

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color:   Change...

Notes: Modify/Show Notes...

**Shape**

Section Shape: Concrete Rectangular

**Section Property Source**

Source: User Defined

**Section Dimensions**

Depth: 0.75 m

Width: 0.25 m

Property Modifiers: Modify/Show Modifiers... (Currently Default)

Reinforcement: Modify/Show Rebar...

OK Cancel

Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

Fuente: Elaboración propia

**Figura 26. Tipo de diseño de viga V1**

ET Frame Section Property Data

**General Data**

Property Name: V 25x40

Material: fc 210

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color:   Change...

Notes: Modify/Show Notes...

**Shape**

Section Shape: Concrete Rectangular

**Section Property Source**

Source: User Defined

**Section Dimensions**

Depth: 0.4 m

Width: 0.25 m

Property Modifiers: Modify/Show Modifiers... (Currently Default)

Reinforcement: Modify/Show Rebar...

OK Cancel

Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

Fuente: Elaboración propia

**Figura 27. Tipo de diseño de viga V2**

Frame Section Property Data

**General Data**

Property Name: V 25x50

Material: fc 210

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color: [Blue] Change...

Notes: Modify/Show Notes...

**Shape**

Section Shape: Concrete Rectangular

**Section Property Source**

Source: User Defined

**Section Dimensions**

Depth: 0.5 m

Width: 0.25 m

**Property Modifiers**

Modify/Show Modifiers...  
Currently Default

**Reinforcement**

Modify/Show Rebar...

Show Section Properties...

Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

OK  
Cancel

Fuente: Elaboración propia

**Figura 28. Tipo de diseño de viga V3**

Frame Section Property Data

**General Data**

Property Name: V 25x60

Material: fc 210

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color: [Green] Change...

Notes: Modify/Show Notes...

**Shape**

Section Shape: Concrete Rectangular

**Section Property Source**

Source: User Defined

**Section Dimensions**

Depth: 0.6 m

Width: 0.25 m

**Property Modifiers**

Modify/Show Modifiers...  
Currently Default

**Reinforcement**

Modify/Show Rebar...

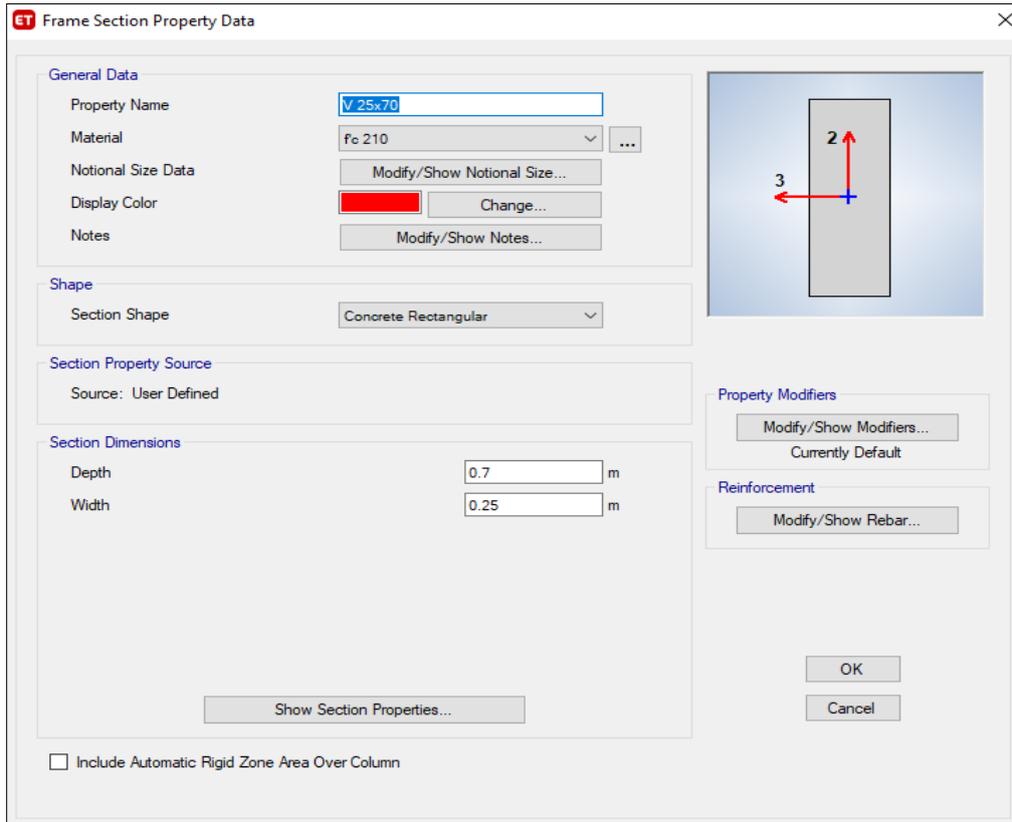
Show Section Properties...

Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

OK  
Cancel

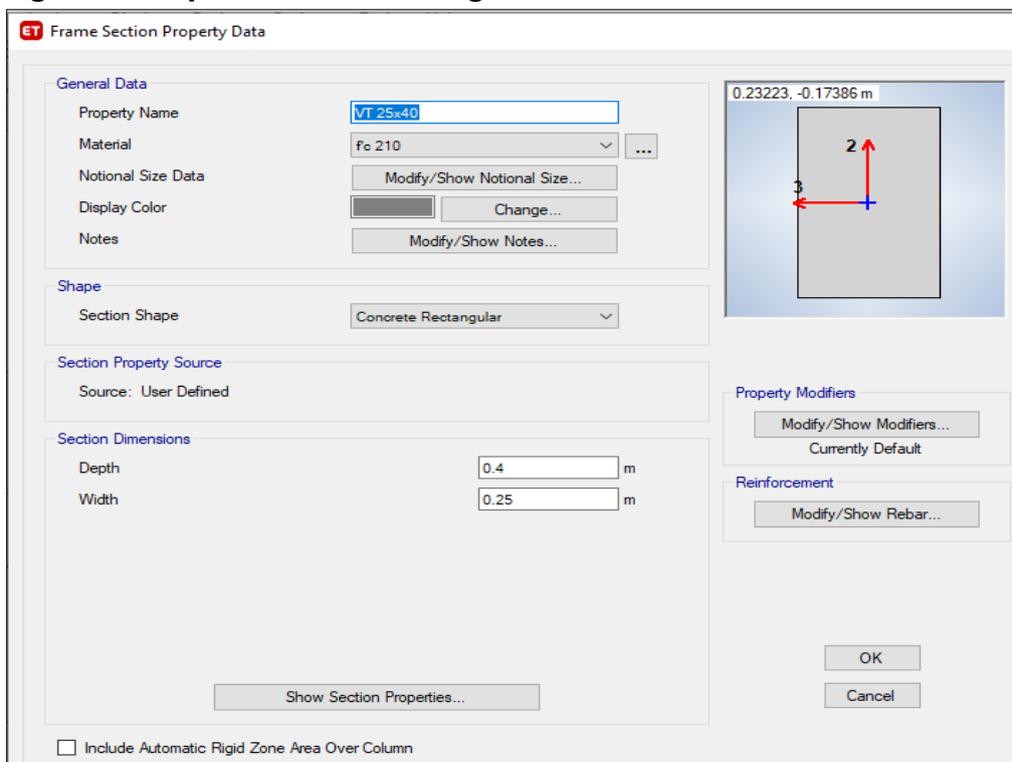
Fuente: Elaboración propia

**Figura 29. Tipo de diseño de viga V4**



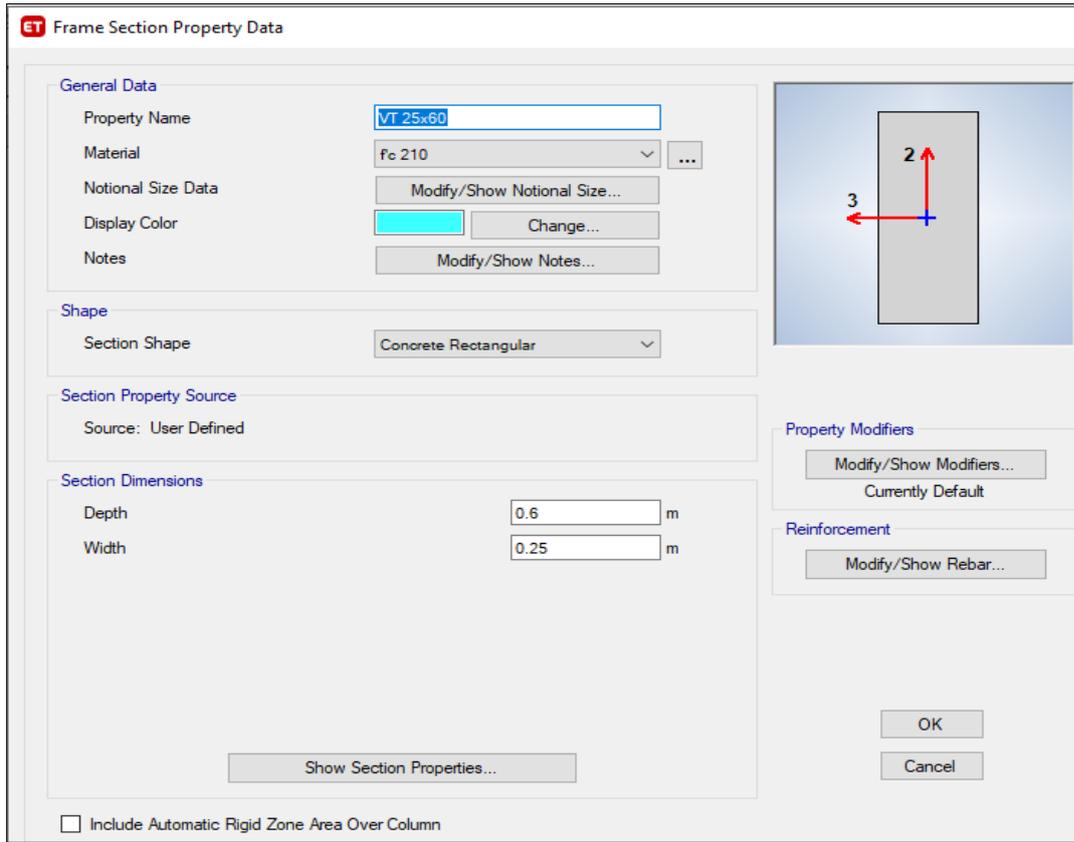
Fuente: Elaboración propia

**Figura 30. Tipo de diseño de viga VT1**



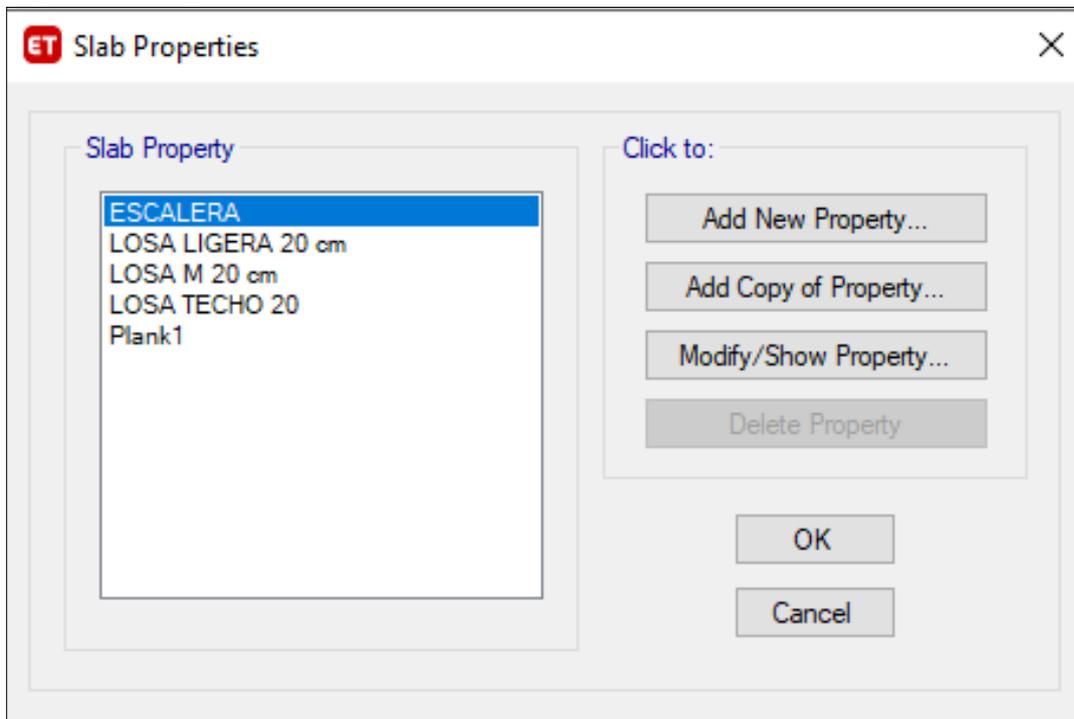
Fuente: Elaboración propia

**Figura 31. Tipo de diseño de viga VT2**



Fuente: Elaboración propia

**Figura 32. Tipo de diseño de losas**



Fuente: Elaboración propia

**Figura 33. Tipo de diseño de losa 1**

The screenshot shows the 'Slab Property Data' dialog box with the following settings:

- General Data:**
  - Property Name: LOSA LIGERA 20 cm
  - Slab Material: f<sub>c</sub> 210
  - Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...
  - Modeling Type: Membrane
  - Modifiers (Currently Default): Modify/Show...
  - Display Color: Change...
  - Property Notes: Modify/Show...
  - Use Special One-Way Load Distribution
- Property Data:**
  - Type: Slab
  - Thickness: 0.125 m

Buttons: OK, Cancel

Fuente: Elaboración propia

**Figura 34. Tipo de diseño de losa 2**

The screenshot shows the 'Slab Property Data' dialog box with the following settings:

- General Data:**
  - Property Name: LOSA M 20 cm
  - Slab Material: f<sub>c</sub> 210
  - Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...
  - Modeling Type: Shell-Thin
  - Modifiers (Currently Default): Modify/Show...
  - Display Color: Change...
  - Property Notes: Modify/Show...
- Property Data:**
  - Type: Slab
  - Thickness: 0.2 m

Buttons: OK, Cancel

Fuente: Elaboración propia

### 4.3.1. Peso de edificación

#### 4.3.1.1. Según E.030

Se obtuvo de los resultados del modelo en ETABS según muestra la Figura 35, cuyos valores provienen del peso propio de la edificación y de las cargas consideradas para el análisis.

**Figura 35. Reacciones en la base según el programa ETABS**

	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	FX kgf	FY kgf	FZ kgf
	Dead	LinStatic			0	0	916331.39
	Live	LinStatic			0	0	227049.61
	SCP	LinStatic			0	0	328274.03
	CVT	LinStatic			0	0	29363.35

Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, las normas especifican que se debe considerar solo un porcentaje de la carga viva, por lo que el peso final se determina con los valores mostrados en la Tabla 13:

**Tabla 2. Peso sísmico de la edificación según E.030**

Caso de carga	Valor (kgf)	Factor	E.030
			Sub total (kgf)
Dead	916,331.39	100%	916,331.39
Live	227,049.61	50%	113,524.805
SCP	328,274.03	100%	328,274.03
CVT	29,363.35	25%	7,340.8375
<b>Total</b>			<b>1,365,471.06</b>

Fuente: Elaboración propia

**Nota:**

Dead: Carga por peso propio de los elementos.

Live: Carga viva.

SCP: Sobrecarga permanente.

CVT: Carga viva en techos.

Por su parte, la norma peruana posee un mayor grado de detalle respecto a los porcentajes a utilizar, no dependiendo únicamente de la concentración de personas sino del uso particular de cada área del edificio, pudiendo ser:

- 50% de la carga viva en edificios de categoría A y B (altaconcentración de personas)
- 25% de la carga viva en edificios de categoría C (baja concentraciónde personas)
- 80% de la carga en depósitos
- 25% de la carga viva en techos
- 100% de la carga en tanques, silos y similares

La carga viva concentrada en los techos toma un 50%, resultando en un valor ligeramente mayor que el determinado según la norma peruana.

Según la **norma peruana E.030** el peso de la edificación es:

**1,365,471.06 kgf**

#### 4.3.1.2. Según NCh.433

Se obtuvo de los resultados del modelo en ETABS según muestra la Figura 35, cuyos valores provienen del peso propio de la edificación y de las cargas consideradas para el análisis.

**Figura 35. Reacciones en la base según el programa ETABS**

Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	FX kgf	FY kgf	FZ kgf
Dead	LinStatic			0	0	916331.39
Live	LinStatic			0	0	227049.61
SCP	LinStatic			0	0	328274.03
CVT	LinStatic			0	0	29363.35

Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, las normas especifican que se debe considerar solo un porcentaje de la carga viva, por lo que el peso final se determina con los valores mostrados en laTabla 14.

**Tabla 14. Peso sísmico de la edificación según NCh433**

Caso de carga	Valor (kgf)	NCh433 Factor	Sub total (kgf)
Dead	916,331.39	100%	916,331.39
Live	227,049.61	50%	113,524.805
SCP	328,274.03	100%	328,274.03
CVT	29,363.35	50%	14,681.675
<b>Total</b>			<b>1,372,811.90</b>

Fuente: Elaboración propia

**Nota:**

Dead: Carga por peso propio de los elementos.

Live: Carga viva.

SCP: Sobrecarga permanente.

CVT: Carga viva en techos.

Se observa que, según la norma chilena, el porcentaje de la carga viva a considerar en el peso sísmico de la estructura depende únicamente de la posible aglomeración de personas que pueda tener la edificación, y, por lo tanto, los únicos posibles valores son:

- 50% para edificios con alta concentración de personas
- 25% para edificios con baja concentración de personas.

La carga viva concentrada en los techos solo toma un 25%, resultando en un valor ligeramente menor que el determinado según la norma chilena.

Según la **norma chilena NCh433** el peso de la edificación es:

**1,372,811.90 kgf**

**4.3.1.3. Diferencia de peso sísmico**

Finalmente, la diferencia entre ambos valores del peso sísmico de la edificación es de un 0.53%.

Peso Sísmico NCh433 - Peso Sísmico  
E.0301,372,811.90 kgf - 1,365,471.06  
kgf  
7,340.84 kgf

## 4.3.2. Parámetros Sísmicos

### 4.3.2.1. Según E.030

Seguidamente, los demás parámetros sísmicos necesarios para calcular el cortante basal se obtienen de las normas de diseño. Para el caso de la norma peruana E.030, los parámetros son los siguientes:

- **Factor de zona (Z):**

Ubicación: Jaén

Zona: 2

**Z: 0.25**

- **Factor de uso o importancia (U):**

Uso: Fiscalía (institución pública)

Categoría: Edificaciones esenciales (A)

Sub categoría: Edificio gubernamental (A2)

**U: 1.50**

- **Coefficiente de amplificación de respuesta (C):**

Altura total del edificio (hn): 16.25 m

$C_T$ : 60 (edificios de sistema dual con pórticos y muros de concreto)

$$T = h_n / C_T$$

$$16.25 / 60$$

$$0.2708 \text{ s}$$

$$C = 2.5 \text{ (} T < T_P \text{)}$$

- **Factor de suelo (S):**

Tipo de suelo: Arena pobremente gradada (SP-SM)

Perfil de suelo: Suelo intermedio – S2

**S: 1.20**

$T_P$ : 0.60 s

$T_L$ : 2.00 s

- **Coefficiente de reducción de fuerza sísmica (R):**

Sistema estructural: Sistema dual

Coefficiente básico de reducción de respuestas:  $R_o$ : 7

Factores de irregularidad:

- En planta:  $I_p$ : 0.90 (irregularidad por esquinas entrantes)

- En altura:  $I_a$ : 1.00

$$R: R_o \times I_a \times I_p$$

7 x 1.00 x 0.90

**R: 6.30**

La Tabla 15 muestra los parámetros sísmicos según la norma E.030.

**Tabla 15. Parámetros sísmicos según la norma E.030**

Parámetro		Valor
Factor de zona	<b>Z</b>	0.25
Factor de uso o importancia	<b>U</b>	1.50
Coefficiente de amplificación de respuesta	<b>C</b>	2.50
Factor de suelo	<b>S</b>	1.20
Coefficiente de reducción de fuerza sísmica	<b>R</b>	6.30

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.2.2. Según NCh.433

Por su parte, según la norma chilena NCh433, los parámetros sísmicos son:

- **Coefficiente relativo al uso del edificio (I)**

Naturaleza de ocupación: Edificio gubernamental

Categoría de ocupación: IV

I: 1.20

- **Factor de modificación de respuesta (R):**

Sistema estructural: Muros

Material estructural: Concreto armado

R (análisis estático): 7

Ro (análisis dinámico): 11

- **Aceleración máxima efectiva (Ao):**

Este valor depende de la ubicación geográfica de la edificación dentro del mapa de zonificación sísmica del país. Por ello, se ajustará el valor de Ao para lograr la equivalencia con el código peruano.

Ao: 0.25 g

- **Parámetros que dependen del tipo de suelo:**

Tipo de suelo: tipo DS: 1.20

To: 0.75

T': 0.85

n: 1.80

P: 1.00

▪ **Periodo de vibración:**

El artículo 6.2.4 de la norma NCh433 establece que el periodo de vibración debe ser calculado mediante un procedimiento debidamente fundamentado, sin dar una alternativa general para su estimación, como hace la norma E.030. En este sentido, se emplea extraer del modelo elaborado en ETABS el periodo de vibración de la estructura a partir del análisis modal, cuyo resultado se muestra en la figura 35.

**Figura 35. Periodo de vibración según el programa ETABS**

Case	Mode	Period sec	Frequency cyc/sec	CircFreq rad/sec	Eigenvalue rad <sup>2</sup> /sec <sup>2</sup>
Modal	1	0.382	2.618	16.4481	270.5414
Modal	2	0.36	2.775	17.434	303.9426
Modal	3	0.326	3.069	19.2861	371.9531
Modal	4	0.115	8.728	54.8392	3007.3363
Modal	5	0.108	9.258	58.1709	3383.8573
Modal	6	0.097	10.334	64.9303	4215.9414
Modal	7	0.091	10.995	69.0863	4772.9233
Modal	8	0.079	12.645	79.4521	6312.6338
Modal	9	0.073	13.648	85.755	7353.921
Modal	10	0.058	17.23	108.2584	11719.8871
Modal	11	0.056	17.947	112.7649	12715.9303
Modal	12	0.055	18.187	114.2733	13058.3865
Modal	13	0.052	19.298	121.2534	14702.3804
Modal	14	0.051	19.794	124.3714	15468.2359
Modal	15	0.049	20.571	129.2484	16705.1612

Fuente: Elaboración propia

▪ **Coefficiente sísmico**

Se toma como valor  $T^* = 0.382$  s. Calculando el valor del coeficiente sísmico  $C$ , se obtiene:

$$C = \frac{2.75 * A_0}{g * R} \left( \frac{T'}{T^*} \right)^n$$

Donde:

- $C$  = Coeficiente sísmico.

- $n, T'$  = Parámetros relativos al tipo de suelo de fundación.
- $A_0$  = Aceleración efectiva máxima.
- $R$  = Factor de reducción.
- $T^*$  = Período del modo con mayor masa traslacional equivalente en la dirección de análisis.

$$C = \frac{2.75 * S * A_0}{g * R} \left( \frac{T'}{T^*} \right)^n$$

$$C = \frac{2.75 * 1.20 * 0.25 * g}{7 * g} \left( \frac{0.8}{0.382} \right)^{1.80}$$

$$C = 0.497$$

Adicionalmente, se debe verificar que:

$$C > \frac{A_0 * S}{6g}$$

$$C > \frac{0.25g * 1.20}{6g}$$

$$C > 0.050$$

$$C < \frac{0.35A_0 * S}{g}$$

$$C < \frac{0.35 * 0.25g * 1.20}{g}$$

$$C < 0.105$$

Se obtiene que el valor de  $C$  calculado es mayor que el máximo permitido, por lo que se debe utilizar  $C = 0.105$ .

La Tabla 16 muestra los parámetros a utilizar en el cálculo del cortante basal según la norma **NCh433**.

**Tabla 16. Parámetros sísmicos según la norma NCh433**

Parámetro	Valor	
Coefficiente relativo al edificio.	<b>I</b>	1.20
Peso total del edificio sobre el nivel basal.	<b>P</b>	1,372,811.90
Coefficiente sísmico.	<b>C</b>	0.497
Parámetros relativos al tipo de suelo de fundación.	<b>n, T'</b>	1.80 y 0.85

Aceleración efectiva máxima.	<b>Ao</b>	0.25
Factor de reducción.	<b>R</b>	7.11
Período del modo con mayor masa traslacional equivalente en la dirección de análisis.	<b>T*</b>	0.382

Fuente: Elaboración propia

### 4.3.3. Cortante basal

#### 4.3.3.1. Según E.030

La fuerza sísmica aplicada en la base de la edificación se determina según la expresión:

$$V = \frac{ZUCS}{R} P$$

Donde:

- V = Cortante basal.
- Z = Factor de zona.
- U = Factor de uso de la edificación.
- C = Factor de amplificación sísmica.
- S = Factor de tipo de suelo.
- R = Coeficiente de reducción.
- P = Peso de edificación.

$$V = \frac{ZUCS}{R} P$$

$$V = \frac{0.25 \times 1.50 \times 2.50 \times 1.20}{6.30} \times 1,365,471.06 \text{ kgf}$$

$$V = 243,834.12 \text{ kgf}$$

Se debe comprobar que el valor de  $C/R \geq 0.11$ :

$$\frac{C}{R} = \frac{2.5}{6.30}$$

$$0.40 \geq 0.11$$

Por lo tanto, se deduce que el cortante basal determinado es mayor al mínimo que debe ser considerado según la norma.

Según la **norma peruana E.030**

$$V = 243,834.12 \text{ kgf}$$

#### 4.3.3.2. Según NCh.433

Se determina a partir de las expresiones:

$$Q_0 = CIP$$

Donde:

- $Q_0$  = Esfuerzo de cortante basal.
- $C$  = Coeficiente sísmico.
- $I$  = Coeficiente relativo al edificio.
- $P$  = Peso total del edificio sobre el nivel basal.

$$Q_0 = CIP$$

$$Q_0 = 0.105 * 1.20 * 1,372,811.90 \text{ kgf}$$

$$Q_0 = 172,974.30 \text{ kgf}$$

Según la **norma chilena NCh433**

$$Q_0 = 172,974.30 \text{ kgf}$$

#### 4.3.3.3. Diferencia de Cortante Basal en porcentaje

De manera comparativa, la Tabla 17 resume los valores calculados para el cortante basal según las dos normas empleadas.

**Tabla 17. Resultados del cortante basal**

<b>Norma</b>	<b>Cortante basal determinado</b>	<b>Diferencia</b>
E.030	243,834.12 kgf	29%
NCh433	172,974.30 kgf	

Fuente: Elaboración propia

De lo mostrado en la tabla 23, se observa que la fuerza cortante basal determinada según los lineamientos de la norma peruana E.030 es mayor que la que se determina con la norma chilena NCh433. Al respecto, se debe tomar en cuenta que, a diferencia de la norma de Chile, la E.030 no contempla un valor máximo para el cortante basal, lo cual afectó el valor determinado por la norma

de chilena. De no existir esta disposición normativa, se hubiera utilizado el valor de coeficiente sísmico  $C = 0.495$  y se obtendría una fuerza cortante en la base de 815,350.73 kgf, lo cual es unas 4 veces mayor que la considerada por la norma peruana, sin embargo, se considera que tales efectos son teóricos, donde en la práctica, se ha demostrado que para los distintos tipos de suelos considerados por la normativa y sus valores de aceleración espectral máxima, tales efectos no se corresponden con la realidad, y por esta razón, limita el valor de la fuerza sísmica en la base (Instituto Nacional de Normalización, 2012, p. 57).

Así mismo, se hace notar que la norma chilena no considera factores de ajuste para el factor de modificación de respuesta basados en la presencia de irregularidades en planta o altura, sino que establece que se debe tener prudencia al momento de generar la estructuración de la edificación y evitar las irregularidades, e incluso, para las irregularidades en planta, en su artículo 5.5.2.2 recomienda separar los edificios mediante juntas de construcción (Instituto Nacional de Normalización, 2012, p. 23).

Aunado a lo anterior, la norma E.030, en su estimación del periodo de vibración de la estructura, permite utilizar una ecuación aproximada que depende únicamente de la altura del edificio y del sistema resistente a sismo, sin embargo, deja por fuera los efectos de la distribución de masas dentro de la estructura. Por su parte, la norma NCh433 indica que se debe obtener el periodo de vibración por métodos analíticos. En este sentido, esta última norma apunta al uso de valores más apegados a la realidad.

Además, también existe una diferencia en la determinación de los periodos de la estructura, donde la norma peruana permite emplear valores empíricos aproximados y la norma chilena requiere de métodos más precisos. Esta diferencia conceptual condujo a que los periodos determinados presenten una diferencia considerable, siendo estos 0.27 s con la norma peruana y 0.382 s con el análisis exigido por la norma chilena.

#### 4.4. Análisis sísmico dinámico

##### 4.4.1. Espectro de diseño

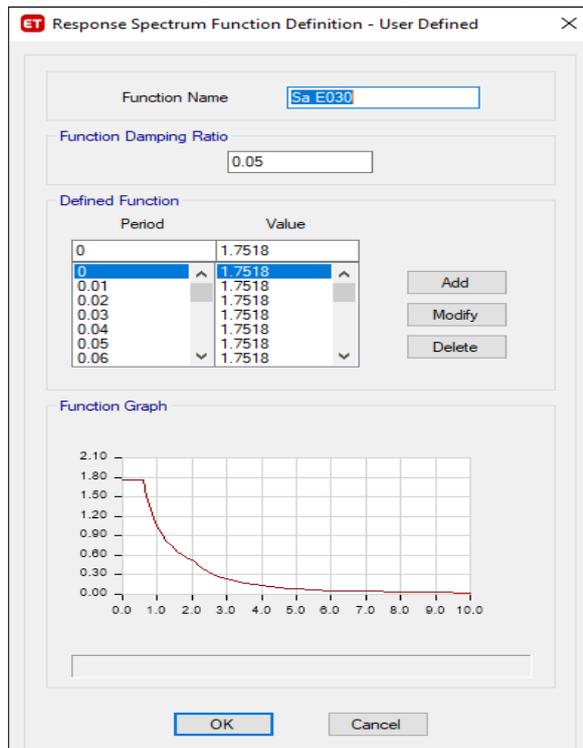
###### 4.4.1.1. Según E.030

Cada norma indica la definición del espectro de diseño utilizado para realizar el análisis modal espectral de la edificación, el cual se elabora a partir de los parámetros sísmicos utilizados anteriormente.

En el caso de la norma E.030, se utiliza la expresión:

$$Sa = \frac{ZUCS}{R} g$$
$$Sa = \frac{0.25 \times 1.50 \times 2.50 \times 1.2}{0} \times 9.81$$
$$Sa = 1.7518$$

**Figura 36. Espectro de respuesta de E.030**



Fuente: Elaboración propia

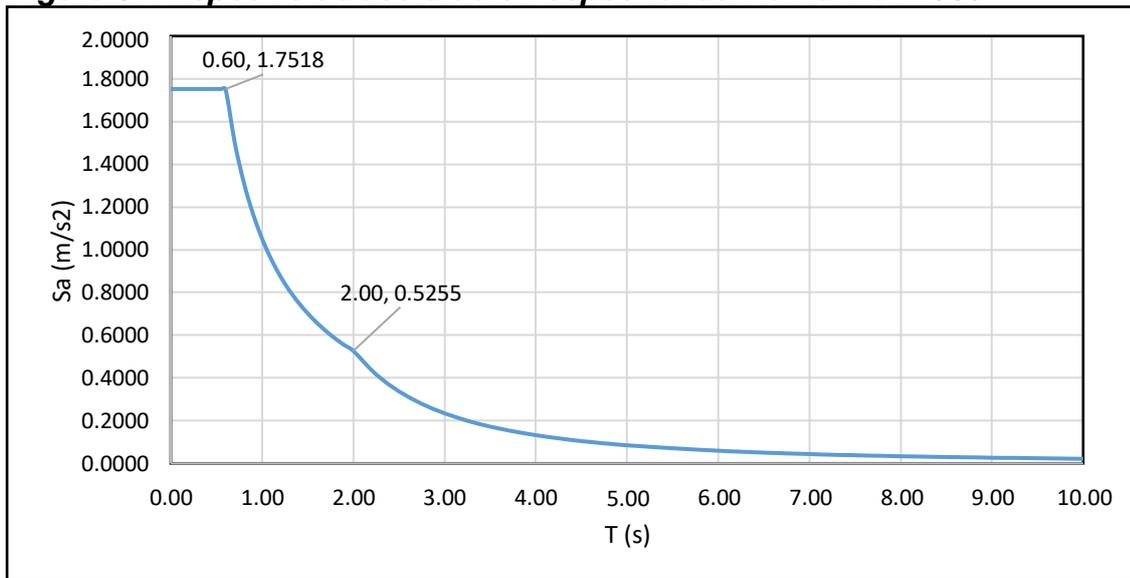
A partir de dicha expresión, se obtienen los valores mostrados en la tabla 37, con los cuales se construye la gráfica de la figura 30.

**Tabla 17. Valores de aceleración espectro E.030**

C	T	Sa	C	T	Sa
2.50	0.00	1.7518	2.50	<b>0.60</b>	<b>1.7518</b>
2.50	0.01	1.7518	2.14	0.70	1.5015
2.50	0.02	1.7518	1.88	0.80	1.3138
2.50	0.03	1.7518	1.67	0.90	1.1679
2.50	0.04	1.7518	1.50	1.00	1.0511
2.50	0.05	1.7518	1.36	1.10	0.9555
2.50	0.06	1.7518	1.25	1.20	0.8759
2.50	0.07	1.7518	1.15	1.30	0.8085
2.50	0.08	1.7518	1.07	1.40	0.7508
2.50	0.09	1.7518	1.00	1.50	0.7007
2.50	0.10	1.7518	0.94	1.60	0.6569
2.50	0.11	1.7518	0.88	1.70	0.6183
2.50	0.12	1.7518	0.83	1.80	0.5839
2.50	0.13	1.7518	0.79	1.90	0.5532
2.50	0.14	1.7518	0.75	<b>2.00</b>	<b>0.5255</b>
2.50	0.15	1.7518	0.59	2.25	0.4152
2.50	0.16	1.7518	0.48	2.50	0.3363
2.50	0.17	1.7518	0.40	2.75	0.2780
2.50	0.18	1.7518	0.33	3.00	0.2336
2.50	0.19	1.7518	0.28	3.25	0.1990
2.50	0.20	1.7518	0.24	3.50	0.1716
2.50	0.21	1.7518	0.21	3.75	0.1495
2.50	0.22	1.7518	0.19	4.00	0.1314
2.50	0.23	1.7518	0.17	4.25	0.1164
2.50	0.24	1.7518	0.15	4.50	0.1038
2.50	0.25	1.7518	0.13	4.75	0.0932
2.50	0.30	1.7518	0.12	5.00	0.0841
2.50	0.35	1.7518	0.08	6.00	0.0584
2.50	0.40	1.7518	0.06	7.00	0.0429
2.50	0.45	1.7518	0.05	8.00	0.0328
2.50	0.50	1.7518	0.04	9.00	0.0260
2.50	0.55	1.7518	0.03	10.00	0.0210

Fuente: Elaboración propia

**Figura 37. Espectro de aceleración espectral con la norma E.030**



Fuente: Elaboración propia

Según la **norma peruana E.030**

$$Sa = 1.7518$$

#### 4.4.1.2. Según NCh.433

Por su parte, según la norma NCh433, se utiliza la expresión:

$$Sa = \frac{S * A_0}{\frac{a}{\left(\frac{R^*}{I}\right)}}$$

$$Sa = \frac{1.20 * 0.25 * 2.7708}{\frac{4.481}{(1.2)}}$$

$$Sa = 0.223$$

$$\alpha = \frac{1 + 4.5 \left(\frac{T_n}{T_0}\right)^P}{1 + \left(\frac{T_n}{T_0}\right)^3}$$

Donde:

- $\alpha$  = Factor de amplificación.
- $T_n$  = Período de vibración del modo n.
- $T_0$ ;  $P$  = Parámetros relativos al tipo de suelo de fundación.

$$a = \frac{1 + 4.5 \left(\frac{T_n}{T_0}\right)^p}{1 + \left(\frac{T_n}{T_0}\right)^3}$$

$$\alpha = \frac{1 + 4.5 \left(\frac{0.382}{0.85}\right)}{1 + \left(\frac{0.382}{0.85}\right)^3}$$

$$\alpha = 2.7708$$

$$R^* = 1 + \frac{T^*}{0.10T_0 + \frac{T^*}{R_0}}$$

Donde:

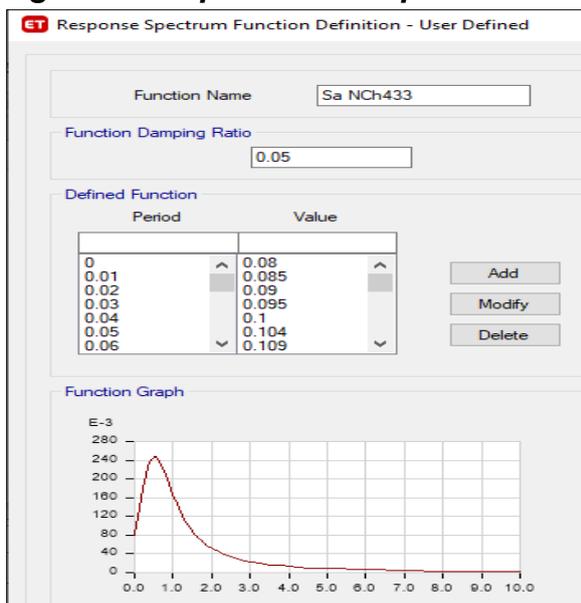
- $T^*$  = Período del modo con mayor masa traslacional equivalente en la dirección de análisis.
- $R_0$  = valor para la estructura.

$$R^* = 1 + \frac{T^*}{0.10T_0 + \frac{T^*}{R_0}}$$

$$R^* = 1 + \frac{0.382}{0.10 \times 0.75 + \frac{0.382}{11}}$$

$$R^* = 4.481$$

**Figura 38. Espectro de respuesta de NCh.433**



A partir de dichas expresiones, se calculan los valores de la aceleración espectral.

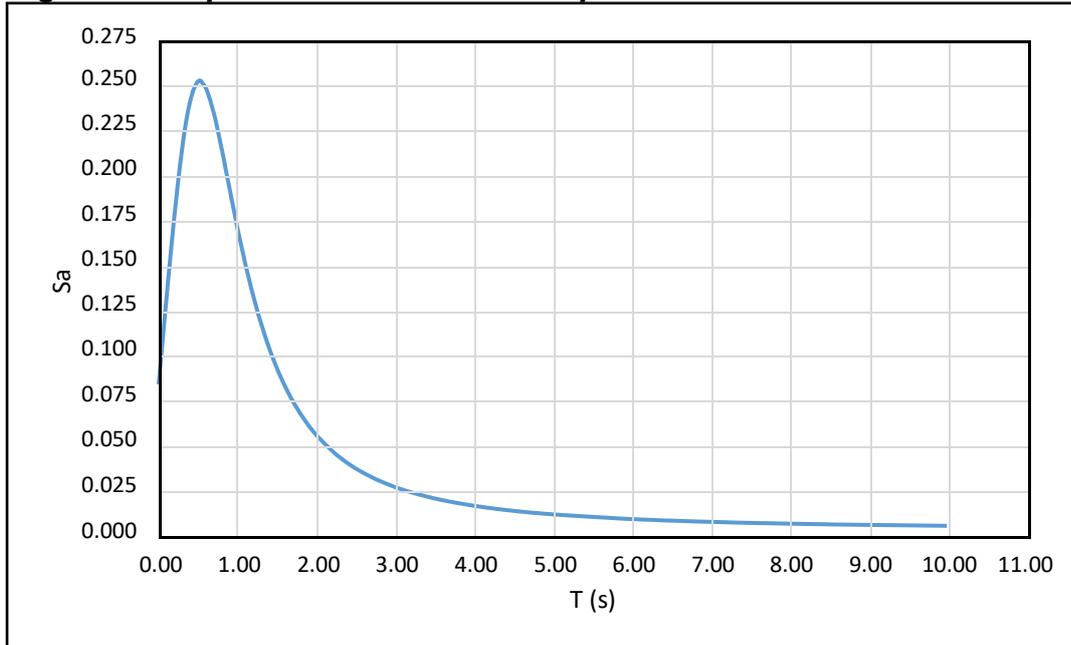
La tabla 18 y la figura 32 muestran los resultados obtenidos.

**Tabla 18. Valores de aceleración espectro NCh433**

$\alpha$	Tn	Sa	A	Tn	Sa
1.00	0.00	0.080	3.04	0.60	0.244
1.06	0.01	0.085	2.87	0.70	0.230
1.12	0.02	0.090	2.62	0.80	0.210
1.18	0.03	0.095	2.35	0.90	0.188
1.24	0.04	0.100	2.08	1.00	0.167
1.30	0.05	0.104	1.83	1.10	0.147
1.36	0.06	0.109	1.61	1.20	0.129
1.42	0.07	0.114	1.42	1.30	0.114
1.48	0.08	0.119	1.25	1.40	0.101
1.54	0.09	0.123	1.11	1.50	0.089
1.60	0.10	0.128	0.99	1.60	0.080
1.65	0.11	0.133	0.89	1.70	0.071
1.71	0.12	0.138	0.80	1.80	0.064
1.77	0.13	0.142	0.72	1.90	0.058
1.83	0.14	0.147	0.65	2.00	0.052
1.88	0.15	0.151	0.52	2.25	0.042
1.94	0.16	0.156	0.42	2.50	0.034
2.00	0.17	0.160	0.35	2.75	0.028
2.05	0.18	0.165	0.29	3.00	0.023
2.11	0.19	0.169	0.25	3.25	0.020
2.16	0.20	0.173	0.21	3.50	0.017
2.21	0.21	0.178	0.19	3.75	0.015
2.26	0.22	0.182	0.16	4.00	0.013
2.31	0.23	0.186	0.14	4.25	0.012
2.36	0.24	0.190	0.13	4.50	0.010
2.41	0.25	0.194	0.12	4.75	0.009
2.63	0.30	0.211	0.10	5.00	0.008
2.81	0.35	0.226	0.07	6.00	0.006
2.95	0.40	0.237	0.05	7.00	0.004
3.04	0.45	0.244	0.04	8.00	0.003
3.09	0.50	0.248	0.03	9.00	0.003
3.08	0.55	0.248	0.03	10.00	0.002

Fuente: Elaboración propia

**Figura 38. Espectro de aceleración espectral con la norma NCh433**



Fuente: Elaboración propia

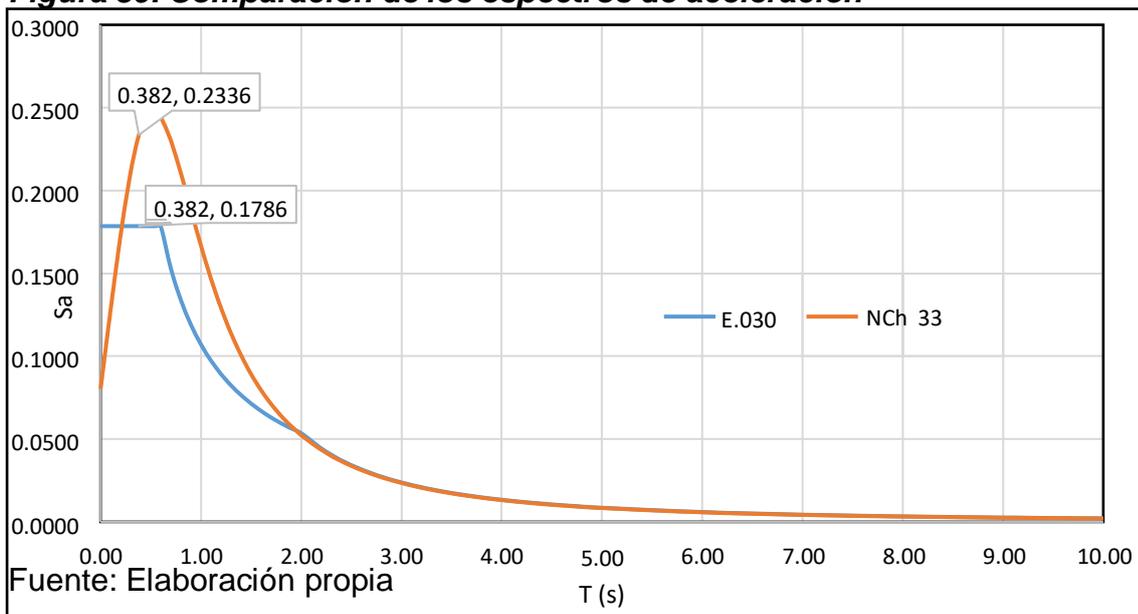
Según la **norma chilena NCh433**

$$Sa = 0.223$$

#### 4.4.1.3. Comparación de espectros

De manera comparativa, la figura 39 muestra ambos espectros de aceleraciones obtenidos, donde, para compatibilizar las unidades, la aceleración del espectro de la norma E.030 se introdujo escalando los valores de la forma  $Sa/g$ .

**Figura 39. Comparación de los espectros de aceleración**



Fuente: Elaboración propia

De lo mostrado en la figura 39 se observa que el espectro de aceleraciones según la norma chilena tiene el potencial de ejercer un efecto mayor sobre la edificación. Así mismo, se pudo hacer notar que existen diferencias fundamentales en el uso de los coeficientes de reducción de respuesta  $R$ , pues, en principio, la norma peruana emplea un solo valor del coeficiente de reducción de fuerza sísmica, el cual es afectado por las irregularidades de la edificación, mientras que, según la norma chilena, existen dos valores posibles para este coeficiente, dependiendo de si el análisis a realizar es de tipo estático o dinámico, y sin estar sujetos a modificaciones por las irregularidades. También se observa que, en el caso analizado en el presente estudio, el valor de  $R$  dinámico de la norma chilena es significativamente mayor que el valor utilizado por la norma peruana, siendo estos 11 y 6.30 respectivamente.

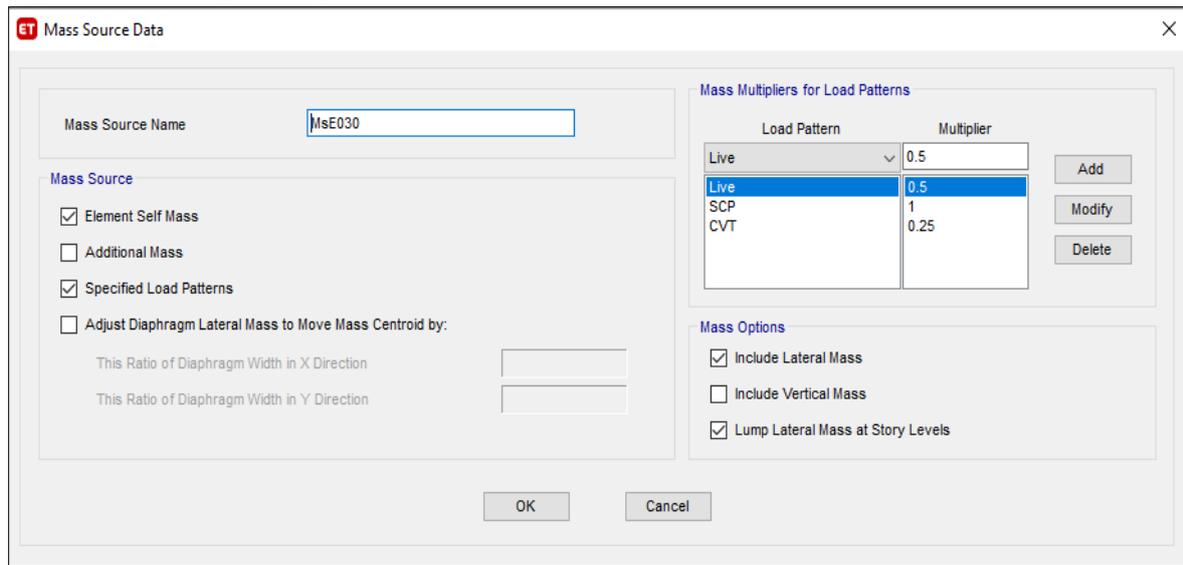
Aunado a lo anterior, para el cálculo del espectro en la norma chilena, este coeficiente no es utilizado directamente, pues la filosofía de la norma NCh433 se fundamenta en el diseño de la edificación en el rango elástico, por lo cual no se divide directamente la ordenada del espectro de aceleraciones entre dicho coeficiente, sino que se emplea un valor que depende más bien del periodo de vibración de la estructura.

Así mismo, se hace mención de que la norma chilena emplea el valor de  $R$  que resulte menor entre las dos direcciones de análisis cuando la estructura emplea distintos sistemas estructurales, mientras que la norma peruana mantiene este criterio por separado, siendo los valores de  $R$  independientes para cada dirección de análisis. Todos estos factores diferencian los resultados obtenidos según cada norma.

#### **4.4.2. Desplazamientos laterales y derivas**

Para calcular los desplazamientos de la edificación, se procede a ingresar en el programa ETABS los espectros de diseño elaborados, configurando los casos de carga para el análisis dinámico espectral. El procedimiento se hace tanto para el espectro de la norma E.030 como para el de la norma NCh433.

**Figura 40. Cargas según E.030**



Fuente: Elaboración propia

Seguidamente, se procedió a realizar el análisis de la edificación y se obtuvieron los desplazamientos laterales para cada dirección según cada caso de carga, como muestra la figura 41.

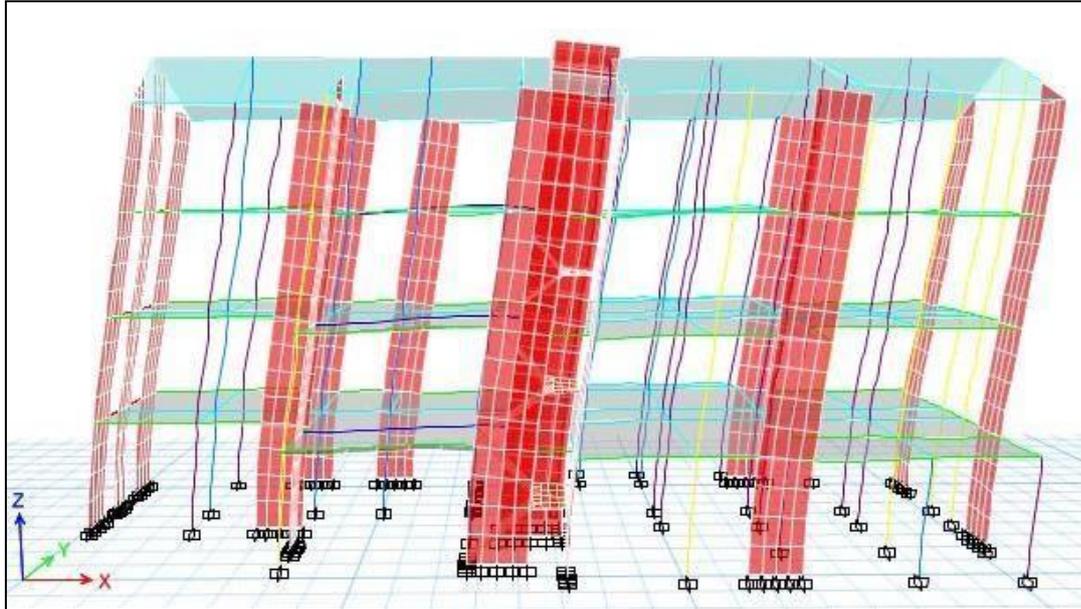
**Figura 41. Desplazamientos laterales obtenidos**

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Step Label	Item	Max Drift	Max Drift/	Avg Drift
Story3	Sx E030	LinRespSpec	Max			Diaph D1 X	0.000757		0.000717
Story3	Sx E030	LinRespSpec	Max			Diaph D1 Y	0.000175		0.000105
Story3	Sy E030	LinRespSpec	Max			Diaph D1 X	0.000193		0.000109
Story3	Sy E030	LinRespSpec	Max			Diaph D1 Y	0.000811		0.00065
Story3	Sx NCh433	LinRespSpec	Max			Diaph D1 X	0.000988		0.000935
Story3	Sx NCh433	LinRespSpec	Max			Diaph D1 Y	0.000223		0.000134
Story3	Sy NCh433	LinRespSpec	Max			Diaph D1 X	2.5E-05		1.4E-05
Story3	Sy NCh433	LinRespSpec	Max			Diaph D1 Y	0.000106		8.4E-05
Story3	S NCh433	LinRespSpec	Max			Diaph D1 X	0.001006		0.000962
Story3	S NCh433	LinRespSpec	Max			Diaph D1 Y	0.001052		0.000841
Story3	S E030	LinRespSpec	Max			Diaph D1 X	0.000771		0.000739
Story3	S E030	LinRespSpec	Max			Diaph D1 Y	0.000821		0.000662
Story2	Sx E030	LinRespSpec	Max			Diaph D1 X	0.000721		0.000675
Story2	Sx E030	LinRespSpec	Max			Diaph D1 Y	0.000179		0.000105
Story2	Sy E030	LinRespSpec	Max			Diaph D1 X	0.000173		9.7E-05

Fuente: Elaboración propia

Al respecto, se obtuvo que los modos de vibración corresponden principalmente a movimientos traslacionales: en el modo 1 la edificación realiza un desplazamiento en el sentido X (figura 35), en el modo 2 realiza un desplazamiento en el sentido Y, mientras que el modo 3 corresponde a una rotación en planta.

**Figura 42. Deformada de la edificación en el modo de vibración 1**



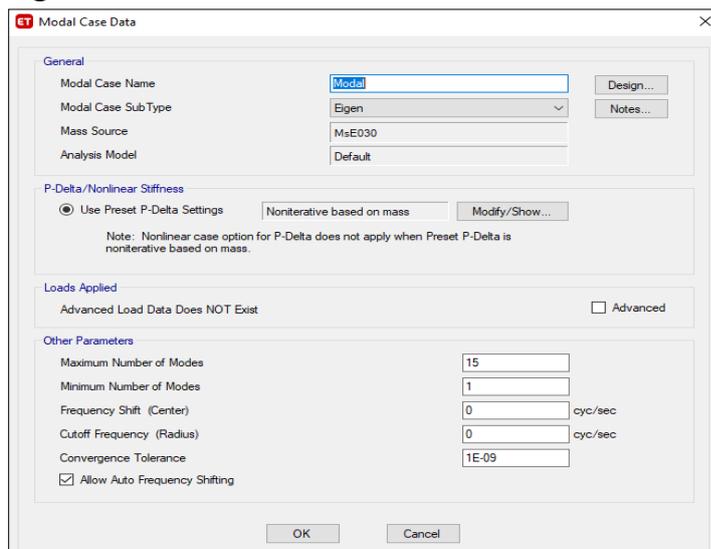
Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, la norma peruana E.030 establece que los desplazamientos laterales deben multiplicarse por el factor de reducción de fuerzas sísmicas  $R$  cuando se trata de edificaciones irregulares. La tabla 19 y la tabla 20 muestran los resultados obtenidos entre las dos normas empleadas en cuanto a las derivas de piso.

#### 4.4.2.1. Según E.030

Según la **norma peruana E.030**

**Figura 43. Datos de modales**



Fuente: Elaboración propia

**Figura 44. Datos de modales U1**

**Load Case Data**

**General**

Load Case Name: S E030 [Design...]

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

Mass Source: Previous (MsE030)

Analysis Model: Default

**Loads Applied**

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	Sa E030	1

[Add] [Delete] [Advanced]

**Other Parameters**

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1: [ ]

Rigid Frequency, f2: [ ]

Periodic + Rigid Type: [ ]

Earthquake Duration, td: [ ]

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor: [ ]

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

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

[OK] [Cancel]

Fuente: Elaboración propia

**Figura 45. Datos de modales U2**

**Load Case Data**

**General**

Load Case Name: S E030 [Design...]

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

Mass Source: Previous (MsE030)

Analysis Model: Default

**Loads Applied**

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	Sa E030	1
Acceleration	U2	Sa E030	1

[Add] [Delete] [Advanced]

**Other Parameters**

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1: [ ]

Rigid Frequency, f2: [ ]

Periodic + Rigid Type: [ ]

Earthquake Duration, td: [ ]

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor: [ ]

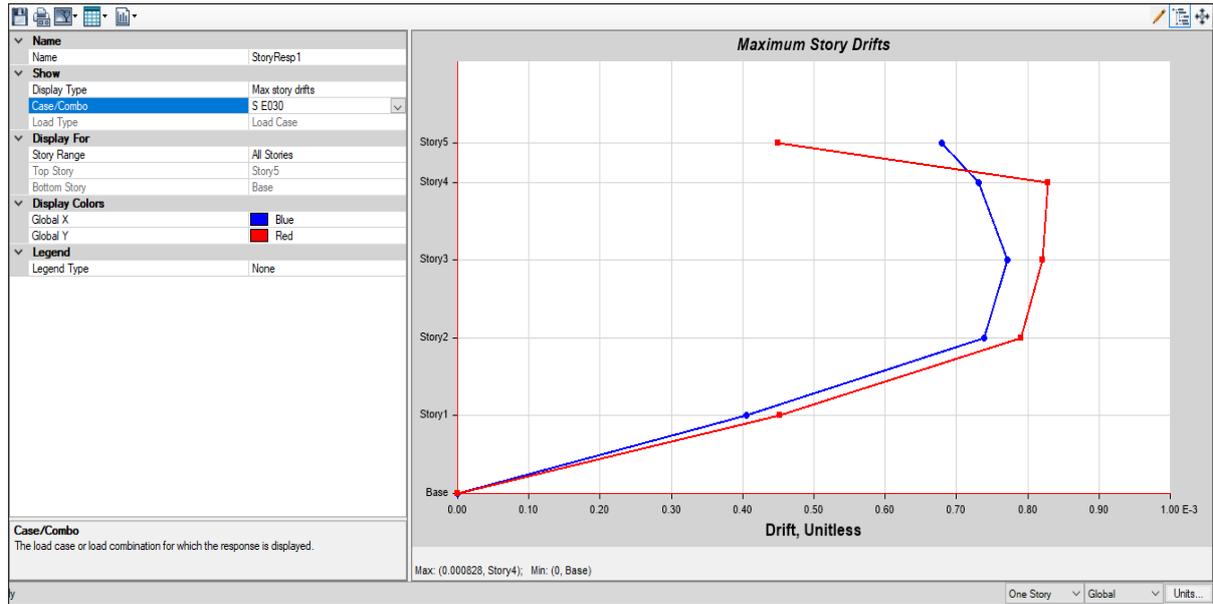
Modal Damping: Constant at 0.05 [Modify/Show...]

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

[OK] [Cancel]

Fuente: Elaboración propia

**Figura 46. Diagrama de derivas**



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 19. Derivas de piso obtenidas para la norma E.030**

Norma	Nivel	Caso de análisis	Deriva	Deriva Corregida	Valor máximo	Revisión
E.030	Story5	S E030	0.00126	0.00791	0.007	No cumple
	Story4	S E030	0.00263	0.01658	0.007	No cumple
	Story3	S E030	0.00278	0.01750	0.007	No cumple
	Story2	S E030	0.00266	0.01676	0.007	No cumple
	Story1	S E030	0.00146	0.00919	0.007	No cumple
	Story5	S E030	0.00083	0.00524	0.007	Cumple
	Story4	S E030	0.00298	0.01878	0.007	No cumple
	Story3	S E030	0.00296	0.01862	0.007	No cumple
	Story2	S E030	0.00285	0.01792	0.007	No cumple
	Story1	S E030	0.00163	0.01026	0.007	No cumple

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.2.2. Según NCh.433

Según la norma chilena NCh433

Figura 47. Datos de modales U1

**General**

Load Case Name: Sx NCh433 [Design...]

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

Mass Source: Previous (MsE030)

Analysis Model: Default

**Loads Applied**

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	Sa NCh433	9.81

[Add] [Delete]  Advanced

**Other Parameters**

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1: [ ]

Rigid Frequency, f2: [ ]

Periodic + Rigid Type: [ ]

Earthquake Duration, td: [ ]

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor: [ ]

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

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

[OK] [Cancel]

Fuente: Elaboración propia

**Figura 48. Datos de modales U2**

**General**

Load Case Name: S NCh433

Load Case Type: Response Spectrum

Mass Source: Previous (MsE030)

Analysis Model: Default

**Loads Applied**

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	Sa NCh433	9.8067
Acceleration	U2	Sa NCh433	9.8067

**Other Parameters**

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1: [ ]

Rigid Frequency, f2: [ ]

Periodic + Rigid Type: [ ]

Earthquake Duration, td: [ ]

Directional Combination Type: SRSS

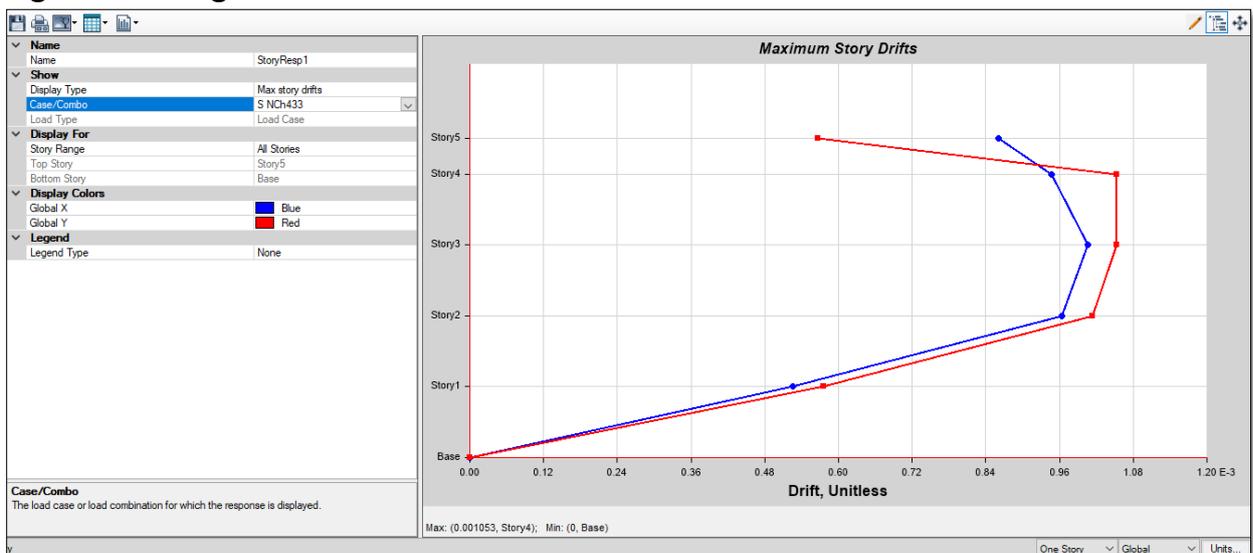
Absolute Directional Combination Scale Factor: [ ]

Modal Damping: Constant at 0.05

Diaphragm Eccentricity: 0.05 for All Diaphragms

Fuente: Elaboración propia

**Figura 49. Diagrama de derivas**



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 20. Derivas de piso obtenidas para la norma NCh433**

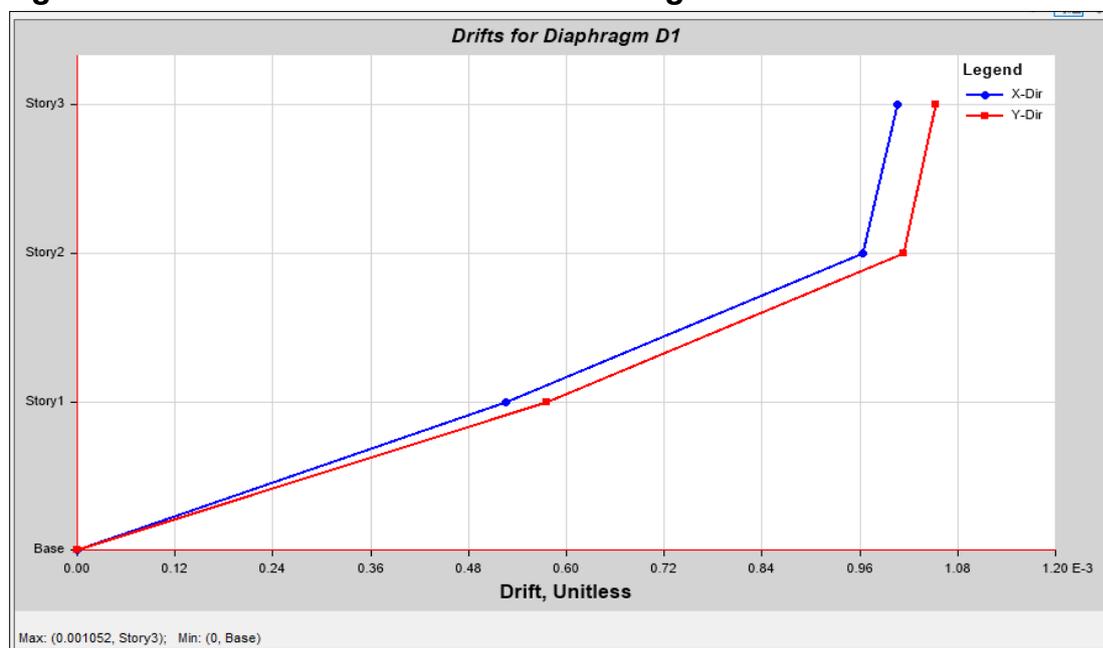
Norma	Nivel	Caso de análisis	Deriva	Deriva Corregida	Valor máximo	Revisión
NCh433	Story5	S NCh433	0.00159		0.0036	Cumple
	Story4	S NCh433	0.00341		0.0036	Cumple
	Story3	S NCh433	0.00362		0.0036	Cumple
	Story2	S NCh433	0.00347		0.0036	Cumple
	Story1	S NCh433	0.00189		0.0036	Cumple
	Story5	S NCh433	0.00105		0.0036	Cumple
	Story4	S NCh433	0.00379		0.0036	Cumple
	Story3	S NCh433	0.00379		0.0036	Cumple
	Story2	S NCh433	0.00365		0.0036	Cumple
	Story1	S NCh433	0.00208		0.0036	Cumple

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.1.3. Comparación de desplazamientos laterales y derivas

De forma similar, la figura 50 muestra las derivas determinadas en el diafragma de cada piso utilizando el espectro de la norma chilena, pues esta especifica que además de las derivas de piso, se debe verificar la deriva obtenida en el centro de masa de cada piso.

**Figura 50. Derivas en el centro de masas según la NCh433**



Fuente: Elaboración propia

De los valores mostrados en la tabla 19 y tabla 20 se observa que el edificio en estudio no cumple con los valores máximos de desplazamientos permitidos según

la norma E.030, más si cumple con lo establecido en la norma NCh433. Así mismo, de la figura 58 se observa que la deriva máxima en el centro de masas afectado por el espectro de diseño de la norma chilena es de 0.001, donde la norma indica que este valor debe ser menor a 0.002h, siendo igual a 0.007 para el caso de estudio, por lo que la edificación también cumple este criterio.

De los resultados obtenidos anteriormente, se deduce que, en cuanto a los valores máximos permitidos por las normas analizadas, la norma chilena NCh433 posee valores más estrictos, siendo estos aproximadamente la mitad de los que permite la norma peruana E.030, donde para el caso de estudio, los valores máximos son de 0.007 y 0.0036 respectivamente. Aunado a esto, la norma chilena impone además que la deriva debe ser verificada tanto a nivel de piso como en el diafragma, lo cual aumenta el nivel de exigencia al momento de realizar la estructuración de una edificación.

Por su parte, se observa que la norma peruana emplea el factor de reducción de la fuerza sísmica en el cálculo de los desplazamientos y derivas que provienen del espectro elástico, mientras que la norma chilena no recurre a este artificio. La literatura técnica explica que la amplificación de los desplazamientos en relación al coeficiente de reducción de respuestas  $R$  busca simular el aumento de la desplazabilidad a nivel de entrepiso cuando los elementos resistentes a fuerzas laterales incursionan en el rango inelástico, en donde estos siguen manteniendo su capacidad portante a la vez que disipan energía a través de mecanismos de falla controlada mediante la formación de rotulas plásticas (Hernández, 2018). Debido a esta amplificación de los desplazamientos y derivas es que el edificio no logra satisfacer los requisitos máximos estipulados en la norma E.030.

De los valores mostrados en la tabla 18, se puede observar que, en el paso anterior a considerar dicha amplificación de los desplazamientos, las derivas obtenidas mediante la norma chilena son superiores a los de la norma peruana, con valores que en el tercer piso resultan en 0.00362 y 0.00278 para la dirección X, respectivamente. Con ello, es posible decir que la deformación del entrepiso cuando la estructura está sujeta al espectro de diseño de la norma NCh433 es un 30% mayor que el valor obtenido por la norma E.030. El resultado final del análisis

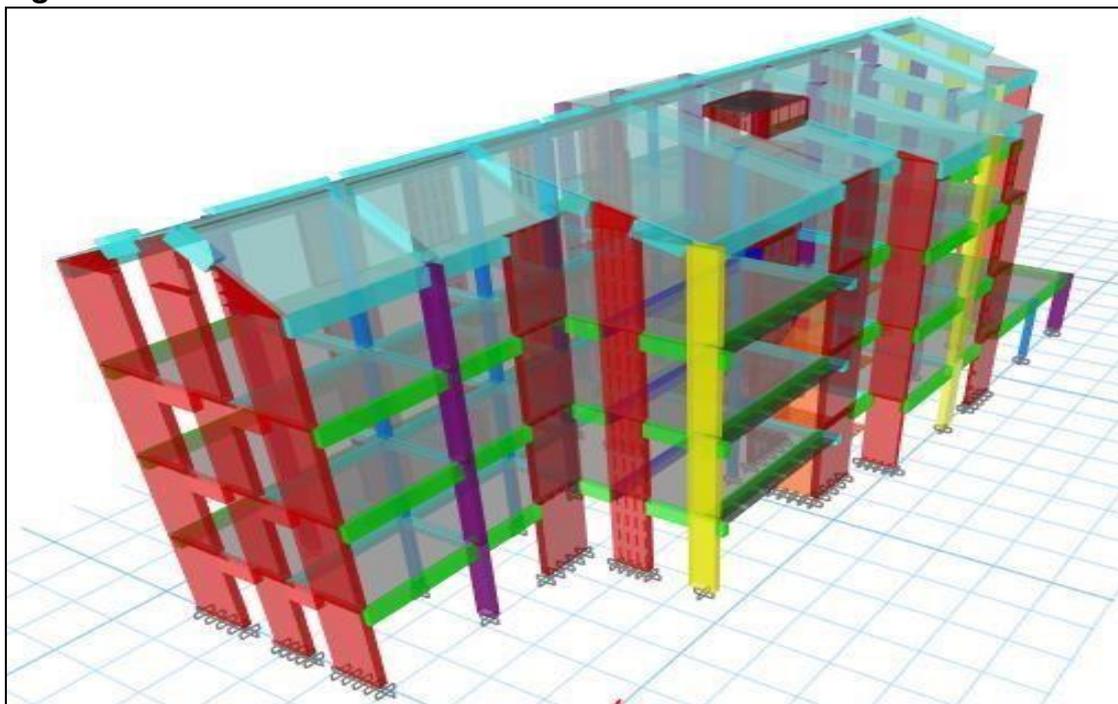
se revierte únicamente al considerar la amplificación descrita anteriormente.

En relación a lo antes mencionado, la norma chilena explica en su comentario que la decisión de utilizar un diseño basado el comportamiento lineal-elástico se debe a la dificultad de incorporar una metodología de fácil aplicación en el proceso analítico, lo cual debe ser considerado en futuras ediciones de la norma (Instituto Nacional de Normalización, 2012, p. 52).

De lo anterior expuesto, se puede decir que la norma chilena NCh433 ofrece resultados que ponen en primer lugar el comportamiento de la edificación, donde el análisis matemático de la estructura está orientado a replicar de manera fehaciente los resultados observados en distintas edificaciones a lo largos de los años y que hoy en día se mantienen de pie a pesar de haber estado expuestos a sismos de considerada magnitud.

Por su parte, los resultados de la norma peruana E.030 suelen conducir a resultados de mayor intensidad, por lo que requiere de estructuraciones más rígidas que permitan absorber adecuadamente las solicitaciones impuestas en el análisis sísmico. Con ello, es posible deducir que esta norma se pone del lado de la seguridad, aun cuando el uso de elementos más rígidos, con mayores dimensiones,requieran de un mayor costo en su construcción.

**Figura 50. Modelo 3D de la edificación dentro de ETABS**



Fuente: Elaboración propia

## V. DISCUSIÓN

- Respecto a las fuerzas de diseño resultantes del análisis sísmico en su modalidad estática, se pudo comprobar que la norma peruana E.030 conduce a un valor mayor del cortante basal que el obtenido al aplicar la norma chilena NCh433. Para el presente caso de estudio, la diferencia entre las fuerzas calculadas resultó ser de un 29% a favor de la norma peruana E.030. Este hecho se basa principalmente en las restricciones que la norma chilena emplea respecto a valores mínimos y máximos del coeficiente sísmico  $C$ , donde para el presente caso de estudio, el valor calculado se vio restringido al ser superior al máximo permitido. La norma del Perú no hace uso de este artificio, empleando únicamente una restricción para el valor mínimo a utilizar, de allí que fue posible obtener una fuerza cortante mayor que con la norma chilena.

El empleo de valores elevados en las fuerzas de diseño conlleva a la necesidad de estructurar las edificaciones de forma más robusta, es decir, con elementos de mayores dimensiones o con materiales de mayor resistencia, lo que inequívocamente conlleva a mayores costos constructivos por concepto de materiales. Se tiene que tanto Rajeev et al. (2019) como Cárdenas y Villegas (2020) llegaron a conclusiones similares, en las que proponen una revisión de las normativas para establecer factores de diseño que, sin descuidar la seguridad de la edificación, permita construcciones más eficientes en cuanto al uso de recursos, más cuando hoy en día la sostenibilidad de las construcciones es un tema que gana mayor importancia a cada día.

El Perú es un país con niveles significativos de pobreza, por lo que sería ampliamente beneficioso si se logra alinear el aspecto técnico con la realidad económica de la sociedad. Aunado a ello, el estudio realizado por Barboza (2019) concluye que, si bien las edificaciones suelen cumplir los parámetros básicos de las normas de diseño, una revisión a profundidad, como la realizada por él mediante el análisis tipo Pushover, hizo ver que la edificación no cumple con los criterios de normas más sofisticadas en materia sismorresistente, como el ATC-40 y las disposiciones de la

FEMA, por lo que, junto a lo dicho anteriormente, es prudente realizar una revisión a la norma actual.

- En cuanto a los espectros de aceleración utilizados en los análisis de tipo dinámico, existen grandes diferencias fundamentales en la concepción que se tiene del factor de reducción de respuesta de los sistemas estructurales. La norma chilena distingue entre el uso de este factor en análisis dinámicos o estáticos, donde estos últimos emplean valores de R menores, lo cual es consistente con muchas de las prácticas extendidas que consideran este tipo de análisis más conservador que los de tipo dinámico espectral. Sin embargo, llama la atención que dicha norma fundamente el diseño de la edificación en el rango elástico, lo cual típicamente aumenta los requerimientos de rigidez en la estructura, donde la norma chilena deja en entredicho que tal criterio se basa en el buen comportamiento que se ha observado en distintas edificaciones reales que se han visto sometidas a eventos sísmicos en los últimos años (Instituto Nacional de Normalización, 2012, p. 52).

En este mismo orden de ideas, se observa que para la construcción del espectro de diseño se emplean los valores reales del periodo de vibración de la estructura, y no una aproximación proveniente de fórmulas empíricas, como la empleada durante el análisis con la norma E.030. En este sentido, la norma chilena apunta a realizar un análisis lo más apegado a la realidad en cuanto al comportamiento de la edificación, incluyendo los criterios que debe tener el ingeniero proyectista sobre el uso de los factores de reducción de respuesta. Así mismo, considerando las investigaciones realizadas por Cutipa (2018) y Alfaro (2017), se puede deducir que a medida que se logre representar fehacientemente el comportamiento estructural de una edificación bajo los efectos de un sismo, mayor calidad de resultados se podrá obtener, lo que se traduce en edificaciones más seguras.

- Por su parte, en cuanto al control de los desplazamientos y derivas, se pudo observar que la norma chilena emplea un rango más restringido de dichos valores permitidos en comparación a la norma peruana, permitiendo valores casi la mitad de los establecidos en la E.030. Esto se traduce en edificaciones que deben de tener una estructuración

fundamentalmente más rígida.

Al mismo tiempo, se observó que la norma chilena es igual de estricta para todas las edificaciones, sin importar su sistema estructural o material característico, determinando los valores límites únicamente en función de la altura de los entresijos. Por su parte, la normativa peruana emplea valores referenciales en función del material utilizado y del sistema estructural empleado en la edificación, sin embargo, estos valores son referenciales del comportamiento general de este tipo de edificaciones y no responde a casos específicos, lo que puede conducir a malas interpretaciones del comportamiento estructural esperado, sobre todo cuando se trata de estructuras irregulares.

Por su parte, se tiene una diferencia fundamental en el criterio de los desplazamientos y derivas permitidas, donde la norma chilena no amplifica los valores obtenidos en función del coeficiente de reducción de respuesta sísmica, hecho que la norma peruana sí contempla. Por este motivo, aunque se tiene que la edificación analizada no cumplió con lo legalmente establecido en la norma peruana, en realidad los desplazamientos y derivas obtenidas con el espectro de la norma chilena fueron mayores, y el criterio final solo se revierte al aplicar la amplificación con el coeficiente R según la norma peruana.

- De lo resuelto por Santos et al. (2017), se deja entrever que se requiere de una profunda discusión sobre los criterios de diseño óptimos que se deben incluir en las guías y normas de diseño, pues actualmente no existe un consenso general sobre las ventajas o desventajas de utilizar ciertos parámetros en el diseño de edificaciones. En relación a ello, se hace hincapié en la importancia que igual tiene la fase de construcción y el uso de materiales de calidad, pues las estructuras no se comportan como se diseñan, sino como finalmente sea construidas.

## VI. CONCLUSIONES

- Mediante el análisis del caso de estudio utilizado en la presente investigación se pudo abordar el análisis de la normativa sismorresistente de Chile, NCh433, y su comparación con los criterios utilizados en la norma peruana E.030, con lo cual se pudo apreciar que, si bien, la filosofía de diseño generales la misma, esto es, producir edificaciones que sean resistentes a los efectos de un sismo, existen en ellas diferencias significativas en cuanto al uso de los distintos parámetros que son utilizados para el análisis sísmico de las edificaciones, es especial lo referido a los factores de reducción de la fuerza sísmica, que dependen del sistema estructural empleado, así como también en la respuesta del propio edificio, lo cual se evidencia en el periodo de vibración de la estructura. En ambas normas no solo se emplean valores diferentes para dichos parámetros, sino que su interpretación e importancia varía en gran medida.
- Al determinar la fuerza cortante basal de la edificación analizada, con la norma peruana se obtuvo valor 29% mayor al determinado según la norma chilena. Tal variación se debió principalmente a los controles que emplea la norma NCh433, la cual establece un valor máximo para el cortante basal, cosa que la E.030 no contiene. En este sentido, se concluye que con la normativa peruana se obtienen mayores solicitaciones sobre la estructura que lo logrado con la norma de Chile. Así mismo, una consecuencia de esto es la necesidad de implementar elementos estructurales robustos que sean capaces de absorber tales efectos, por lo que las edificaciones peruanas pueden resultar más costosas que las chilenas.
- Luego de elaborar los espectros de diseño para el análisis dinámico de la edificación, se obtuvo que la aceleración espectral máxima obtenida con la norma chilena es mayor que la obtenida con la norma peruana. Tal variación se debe principalmente al uso de los factores de reducción de respuestas  $R$ , donde la norma chilena valora más el comportamiento real de la estructura a través de su periodo de vibración y no al sistema estructural utilizado, como hace la norma peruana. Relacionado a lo anterior, la norma chilena exige el uso de métodos analíticos para determinar el periodo fundamental de

vibración, mientras que la norma peruana permite el uso de funciones empíricas aproximadas. Con ello, se puede concluir que la norma chilena se caracteriza por una representación del comportamiento de la edificación más apegada a la realidad. Lo mismo ocurre con el factor de reducción de respuesta, cuyo uso e importancia se aleja considerablemente a lo establecido en la normativa peruana, dándoles valor según las experiencias vividas en edificaciones reales que han sido afectados por sismos en los últimos años. Para el análisis dinámico, el factor R según la norma chilena es casi el doble del empleado según la norma peruana, con valores de 11 y 6.30 respectivamente. Sin embargo, el valor realmente utilizado para escalar la aceleración espectral de la norma chilena depende del periodo de vibración de la estructura, con lo cual el coeficiente que se empleó resultó ser de 4.48, menor que el de la norma E.030.

- En cuanto a los desplazamientos de la estructura analizada, se determinó que los valores obtenidos según la normativa peruana son mayores a los calculados con la norma chilena, sin embargo, existe una diferencia fundamental en su determinación por cuanto estos pertenecen a ramas diferentes de la filosofía de diseño, donde la norma chilena se fundamenta en el comportamiento de la estructura en el rango elástico. Por su parte, los desplazamientos y derivas de la norma peruana se ven afectados por el coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas, típico del diseño en la rama inelástica.
- En base a lo anterior, se deduce que al emplear la norma peruana la edificación está sujeta a mayores esfuerzos que resultan en mayores derivas de piso que las determinadas con la norma chilena, sin embargo, las edificaciones estructuradas según esta última han demostrado tener un comportamiento apropiado durante los eventos sísmicos ocurridos en los últimos años, por lo tanto, se considera posible que una revisión a la normativa peruana con la incorporación de la filosofía contenida en los lineamientos de la norma chilena puede conducir a edificaciones más económicas que igualmente resultan seguras, siendo capaces de resistir adecuadamente los efectos de un evento sísmico.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- La presente investigación abordó el análisis sísmico empleando dos normativas de diseño diferentes, sin embargo, dicho alcance solo abarcó el estudio de los resultados analíticos que resultan de aplicar los parámetros sísmicos y su efecto en los desplazamientos y derivas de piso como factor principal de control sobre el diseño. En función de esto, se propone continuar el estudio aplicando métodos de análisis no lineales, como el llamado análisis Pushover, con el cual es posible obtener una visión más profunda del comportamiento real de una edificación bajo un efecto sísmico.
- Derivado del punto anterior, se plantea también la evaluación de las normas de diseño de edificaciones en concreto armado, pues el comportamiento de la edificación depende así mismo de los detalles del refuerzo en acero que se emplee en los miembros de la estructura. Los requerimientos de materiales que resultan del diseño estructural según las disposiciones de cada norma ejercer a su vez un impacto en la economía del proyecto que merece ser revisado considerando la tendencia actual de promover la sostenibilidad de los proyectos.

## REFERENCIAS

**ALFARO, V., 2017.** 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 [en línea]. Tacna: Universidad Privada de Tacna. [Consulta: 11 abril 2022]. Disponible en: <http://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/333>.

**AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, 2019.** ACI CODE 318-19: Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary [en línea]. 2019. S.l.: s.n. [Consulta: 10 marzo 2022]. Disponible en: [https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=318U19&Language=English&Units=US\\_Units](https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=318U19&Language=English&Units=US_Units).

**ARANA, C., 2019.** Comparación del comportamiento estructural de un edificio de concreto armado usando la normativa peruana, chilena y ecuatoriana [en línea]. 2019. S.l.: Universidad Privada del Norte. [Consulta: 11 abril 2022]. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/23575>.

**BARBOZA, R., 2019.** Desempeño sísmico del edificio Ángel Divino ubicado en la ciudad de Chota, provincia de chota, región Cajamarca. En: Accepted: 2019-03-08T21:47:55Z [en línea], [Consulta: 21 abril 2022]. Disponible en: <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/3833>.

**CÁRDENAS, B.D. y VILLEGAS, K.G., 2020.** Comparación en el análisis sísmico de una estructura irregular considerando las normas E030 2003, 2016 y 2018. En: Accepted: 2020-06-08T21:01:03Z, Repositorio de Tesis - PUCP [en línea], [Consulta: 21 abril 2022]. Disponible en: <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/16394>.

**CARRASCO, S., 2007.** Metodología de la Investigación Científica. 1ra. Lima: Editorial San Marcos. ISBN 978-9972-38-344-1.

**CHEN, M., 2021.** Países en donde más tiembla en América Latina. [en línea]. [Consulta: 10 marzo 2022]. Disponible en: <https://foodandtravel.mx/paises-donde>

mas-tiembra-america-latina/.

**CHOPRA, A., 2020.** Dynamics of Structures. 5th. Harlow: Pearson Education Limited. ISBN 1-292-24918-8.

**CRISAFULLI, F., 2018.** Diseño sismorresistente de construcciones de acero. 5a. S.I.: Asociación Latinoamericana del Acero.

**CRUZ, M., 2017.** Filosofía para el diseño sismo-resistente considerada en el código sísmico de Costa Rica. Revista del Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos, vol. 270, pp. 20-21. ISSN 1409-4649.

**CUTIPA, S., 2018.** 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. [en línea]. 14 septiembre 2018. S.I.: Universidad Nacional del Altiplano. [Consulta: 10 marzo 2022]. Disponible en: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/8014>.

**DHIR, P.K., ZADE, N.P., BASU, A., DAVIS, R. y SARKAR, P., 2020.** Implications of Importance Factor on Seismic Design from 2000 SAC-FEMA Perspective. ASCE-ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems, Part A: Civil Engineering, vol. 6, no. 2, pp. 04020016. DOI 10.1061/AJRUA6.0001048.

**DOSHI, J., 2019.** Why Performance-Based Seismic Design. [en línea]. [Consulta: 11 abril 2022]. Disponible en: <https://www.linkedin.com/pulse/why-performance-based-seismic-design-jinal-doshi-p-e-/>.

**DROZDOV, V.V., PSHENICHKINA, V.A. y SUKHINA, K.N., 2016.** Evaluation of Reliability of the Earthquake Resistant Building Provided by Means of the Analysis for Design-Basis Earthquake. Procedia Engineering, vol. 150, pp. 1841-1847. ISSN 1877-7058. DOI 10.1016/j.proeng.2016.07.180.

**FUENTES, S., GONZÁLEZ, L., CALDERÍN, F. y SÁNCHEZ, Y., 2018.** Consideraciones acerca del diseño sismorresistente de edificios de acero en Cuba. Ciencia en su PC, vol. 1, no. 4, pp. 11-26.

**HERNÁNDEZ, E., 2018.** ¿Qué implica el uso de un espectro de diseño inelástico?

[en línea]. [Consulta: 10 marzo 2022]. Disponible en: <https://www.e-zigurat.com/blog/es/uso-espectro-diseno-inelastico/>

**HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, P., 2014.** Metodología de la investigación. 6a. México: McGraw-Hill. ISBN 978-1-4562-2396-0.

**HERNÁNDEZ, R. y MENDOZA, C., 2018.** Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. S.l.: McGraw-Hill Interamericana. ISBN 978-1-4562-6096-5.

**INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN, 2012.** Norma Chilena Oficial NCh 433.Of1996 Modificada en 2012 Diseño Sísmico de Edificios [en línea]. 2012. S.l.: s.n. [Consulta: 8 abril 2022]. Disponible en: <https://ingenieria-civil.github.io/chile/normas/00-NCh-433-Of-1996-Mod-2009-DS-61-2011-refundido.pdf>.

**MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO, 2016.** Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente - Decreto Supremo N° 003-2016-VIVIENDA [en línea]. 2016. S.l.: s.n. [Consulta: 10 marzo 2022]. Disponible en: [http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios\\_Normalizacion/Normalizacion/normas/DS-003-2016-VIVIENDA.pdf](http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Normalizacion/normas/DS-003-2016-VIVIENDA.pdf).

**MULTI-HAZARD MITIGATION COUNCIL, [sin fecha].** Natural Hazard Mitigation Saves: 2019 Report | National Institute of Building Sciences. [en línea]. [Consulta: 10 marzo 2022]. Disponible en: [http://2021.nibs.org/files/pdfs/NIBS\\_MMC\\_MitigationSaves\\_2019.pdf](http://2021.nibs.org/files/pdfs/NIBS_MMC_MitigationSaves_2019.pdf).

**QUINTANA, L., 2021.** Fundamentos del Diseño Sismorresistente en Concreto Armado. INESA TECH [en línea]. [Consulta: 10 marzo 2022]. Disponible en: <https://www.inesa-tech.com/blog/fundamentos-diseno-sismorresistente-concreto-armado>.

**QUIROZ, M., 2018.** Las mejores prácticas en 3 países para hacer frente a los sismos. Obras [en línea]. [Consulta: 10 marzo 2022]. Disponible en: <https://obras.expansion.mx/construccion/2018/01/19/las-mejores-practicas-en-3-paises-para-hacer-frente-a-los-sismos>.

**RAJEEV, A., MEENA, N.K. y PALLAV, K., 2019.** Comparative Study of Seismic Design and Performance of OMRF Building Using Indian, British, and European Codes. *Infrastructures*, vol. 4, no. 4, pp. 71. ISSN 2412-3811. DOI 10.3390/infrastructures4040071.

**SANTOS, S., GIARLELIS, C., TRAYKOVA, M., BUCUR, C., ZANAICA, L. y LIMA, S., 2017.** Comparative Study of a Set of Codes for the Seismic Design of Buildings. *Engineering the Future [en línea]*, vol. 39. [Consulta: 11 abril 2022]. Disponible en: [https://equidas.com/EQ\\_files/papers/2017\\_IABSE\\_%20Comparative\\_Study\\_of\\_Seismic\\_Design\\_of\\_Buildings.pdf](https://equidas.com/EQ_files/papers/2017_IABSE_%20Comparative_Study_of_Seismic_Design_of_Buildings.pdf).

**SUDHA, L. y VENKATESWARLU, D., 2016.** Earthquake resistance design-impact on cost of reinforced concrete buildings., vol. 2, pp. 75-86.

**TAKAGI, J. y WADA, A., 2019.** Recent earthquakes and the need for a new philosophy for earthquake-resistant design. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, vol. 119, pp. 499-507. ISSN 0267-7261. DOI 10.1016/j.soildyn.2017.11.024.

**TAVERA, H., 2020.** Cinturón de Fuego del Pacífico: ¿activación en cadena? Instituto Geofísico del Perú [en línea]. [Consulta: 10 marzo 2022]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/igp/noticias/127394-cinturon-de-fuego-del-pacifico-activacion-en-cadena>.

**TORREALVA, D., 2019.** ¿Qué métodos sismorresistentes pueden aplicarse en el Perú? *El Comercio* [en línea]. [Consulta: 10 marzo 2022]. Disponible en: <https://elcomercio.pe/especial/construyebien/noticias/que-metodos-sismorresistentes-pueden-aplicarse-peru-noticia-1994548>.

**VALDIVIA, J., 2019.** Análisis comparativo del diseño estructural de una edificación de tres niveles de estructura irregular según las normas de sismorresistencia E.030-2006 y la E.030-2016, en la ciudad de Cajamarca. En: Accepted: 2019-09-30T14:42:17Z, Universidad Nacional de Cajamarca [en línea], [Consulta: 11 abril 2022]. Disponible en: <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/3351>.

**VEDH, S. y PRAGALATH, H., 2017.** A role of Importance Factor in seismic design

of indian buildings. International Conference on Sustainable Energy and Build Environment [en línea]. Vellore: s.n., [Consulta: 11 abril 2022]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Sukumar-Vedh/publication/328652863\\_A\\_ROLE\\_OF\\_IMPORTANCE\\_FACTOR\\_IN\\_SEISMIC\\_DESIGN\\_OF\\_INDIAN\\_BUILDINGS/links/5c00d9ce45851523d153cc18/A-ROLE-OF-IMPORTANCE-FACTOR-IN-SEISMIC-DESIGN-OF-INDIAN-BUILDINGS.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Sukumar-Vedh/publication/328652863_A_ROLE_OF_IMPORTANCE_FACTOR_IN_SEISMIC_DESIGN_OF_INDIAN_BUILDINGS/links/5c00d9ce45851523d153cc18/A-ROLE-OF-IMPORTANCE-FACTOR-IN-SEISMIC-DESIGN-OF-INDIAN-BUILDINGS.pdf).

**YÖN, B., SAYIN, E. y ONAT, O., 2017.** Earthquakes and Structural Damages. En: container-title: Earthquakes - Tectonics, Hazard and Risk Mitigation, Earthquakes - Tectonics, Hazard and Risk Mitigation [en línea]. 1st. London: IntechOpen, [Consulta: 11 abril 2022]. ISBN 978-953-51-2886-1. Disponible en: <https://www.intechopen.com/chapters/52524>.

**ZHIQUAN, D., ZHIZHAO, W. y BO, L., 2021.** General Comparison of Seismic Design between the Chinese Code and the European code. E3S Web of Conferences, vol. 276, pp. 01031. ISSN 2267-1242. DOI 10.1051/e3sconf/202127601031.

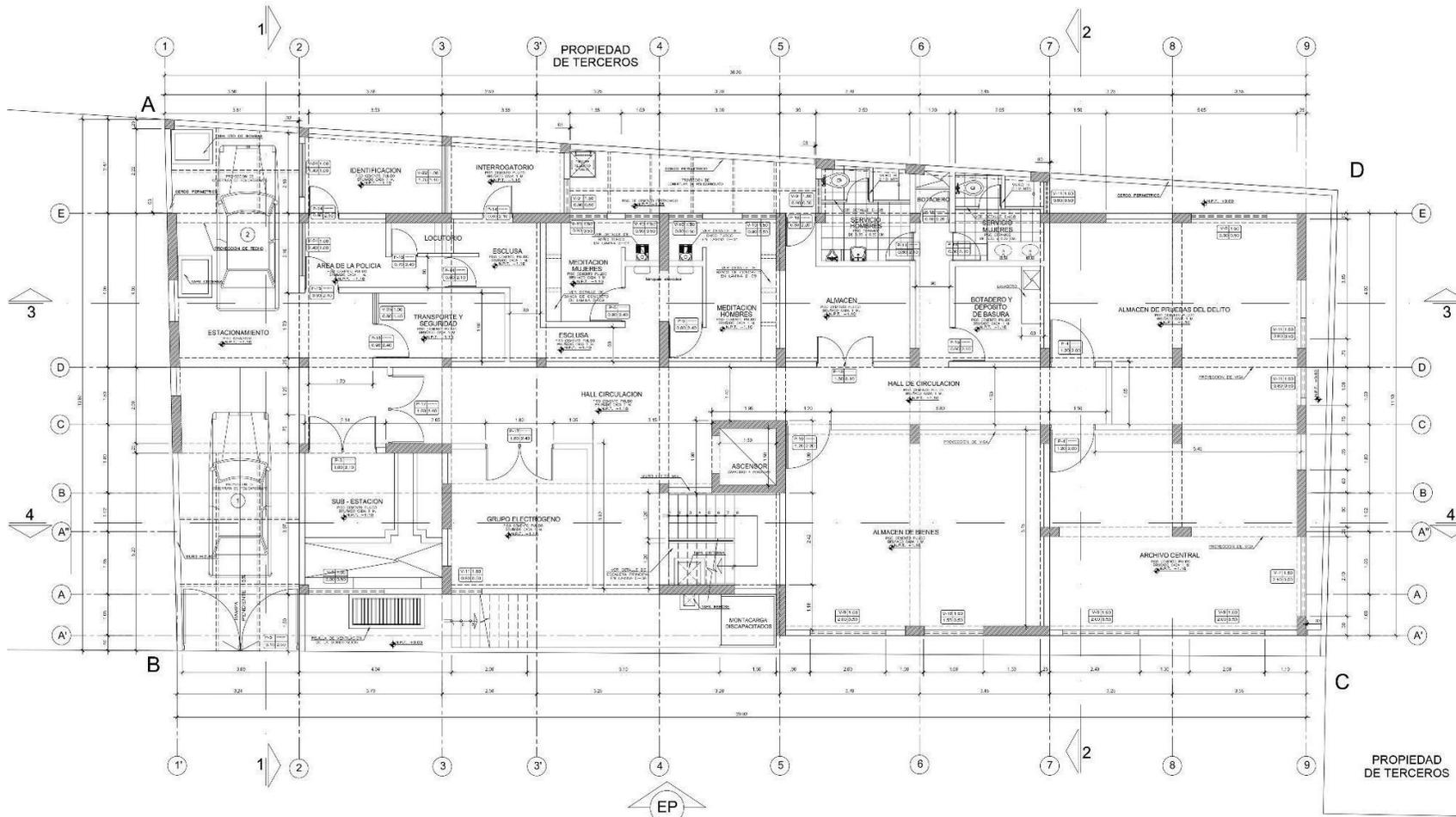
**ANEXOS**

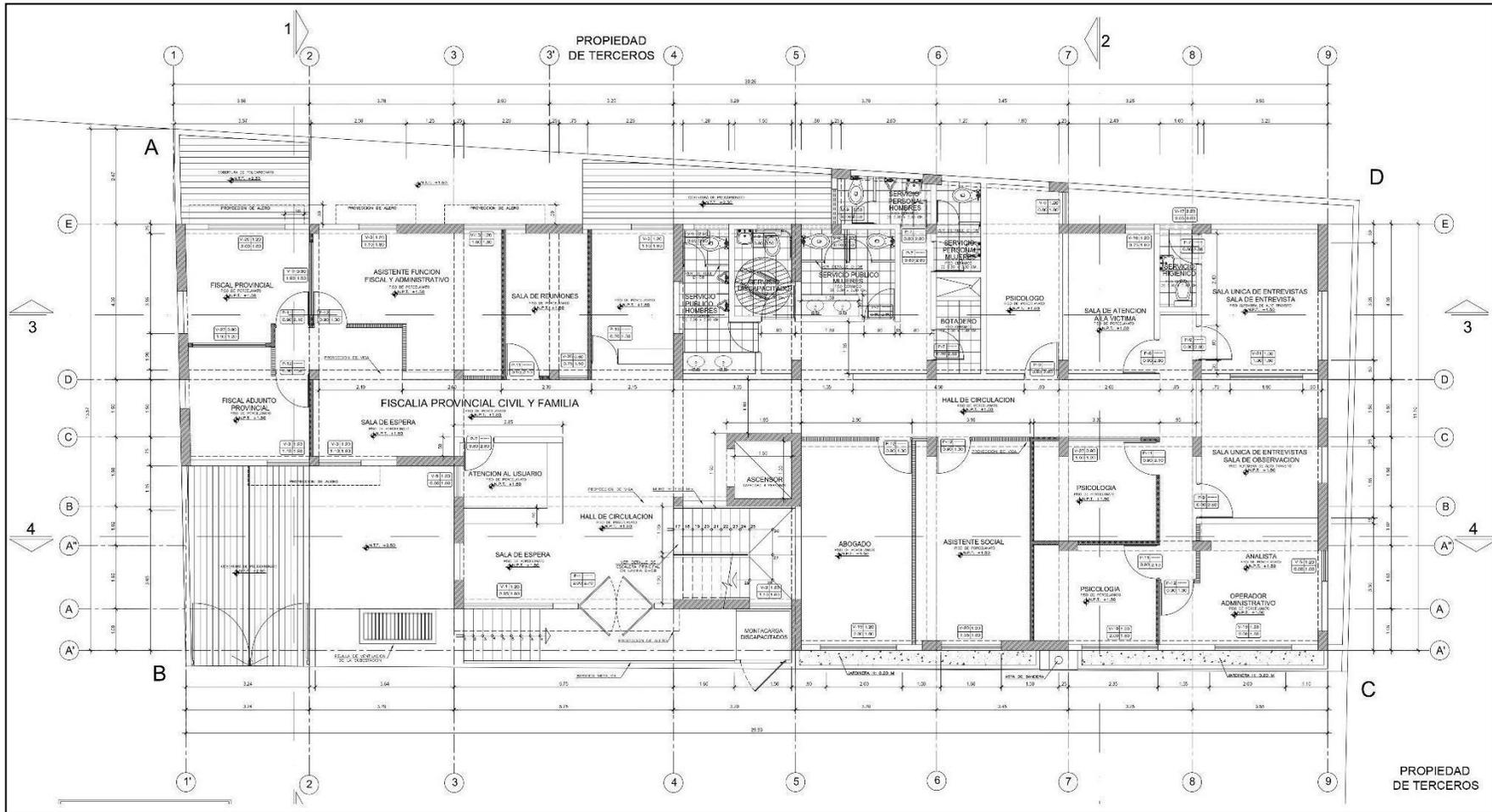
**Tabla 11. Operacionalización de variables**

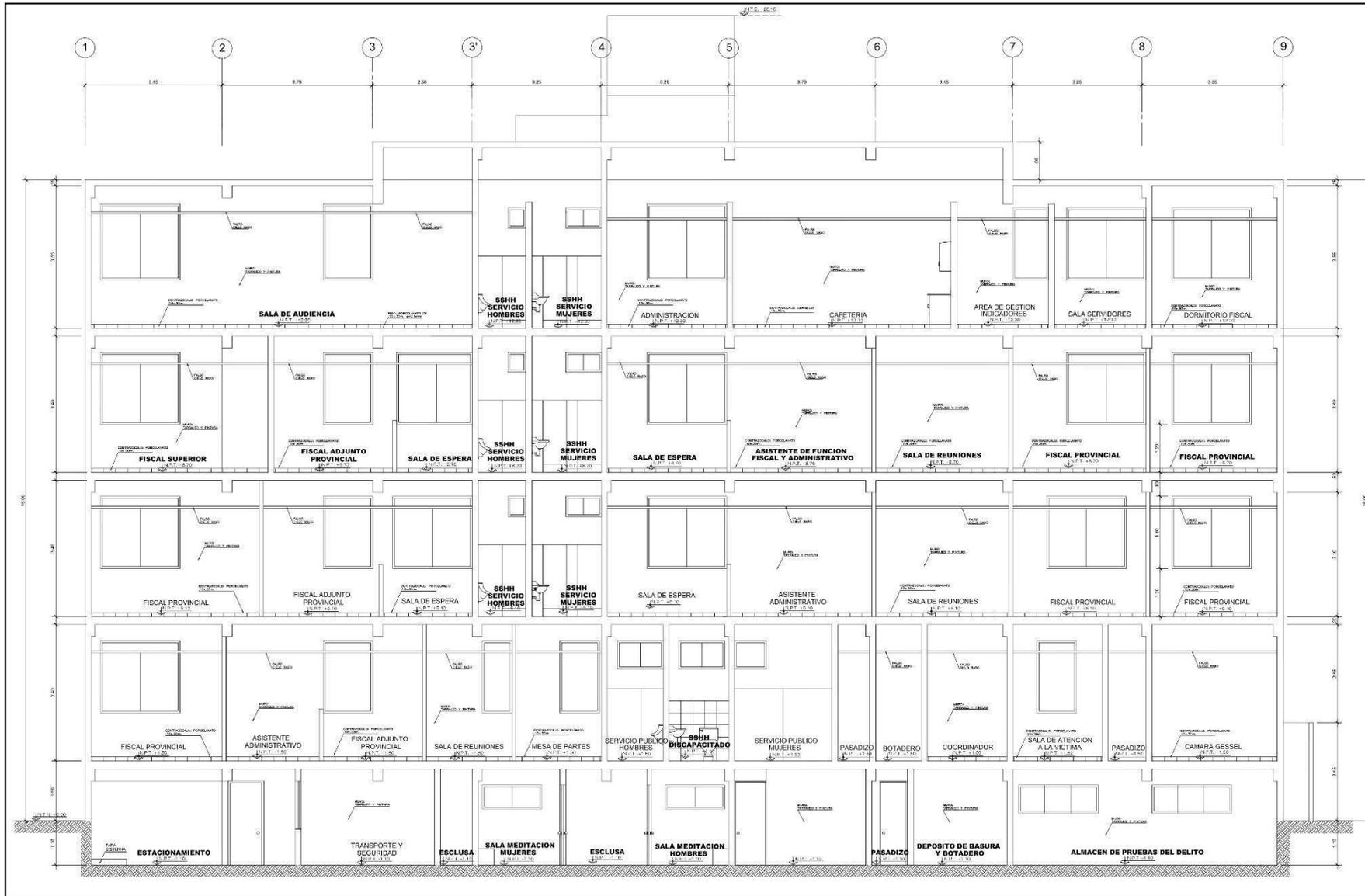
Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
<b>Variable independiente: análisis sísmico</b>	Documento de carácter técnico contenido de los criterios y requisitos mínimos para el diseño de edificaciones sismorresistentes, cuya aplicación es de carácter obligatorio en el territorio nacional, con el fin de asegurar la calidad a obtener en la edificación (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016)	Define el significado y valores de los parámetros que intervienen en el análisis sísmico de una edificación, así como los procedimientos a aplicar y valores de tolerancia en los resultados a obtener (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016)	Estudio Topográfico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planos de ubicación</li> <li>• Plano de localización</li> </ul>	de razón
			Estudio de Planos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plano en planta</li> <li>• Plano de Estructuras</li> <li>• Plano de Elevaciones</li> </ul>	de razón
			Análisis Sísmico Estático	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Norma Peruana</li> <li>• Norma Chilena</li> </ul>	de razón
			Análisis Sísmico Dinámico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Norma Peruana</li> <li>• Norma Chilena</li> </ul>	de razón
<b>Variable dependiente: Comportamiento sismorresistente</b>	Es la respuesta que manifiesta una estructura sometida a los efectos de un evento sísmico, frecuentemente expresada en términos de desplazamientos y aceleraciones (Chopra, 2020)	Se refiere a la valoración de indicadores que describen la respuesta de la estructura frente a un evento sísmico, cuyo proceso de cálculo y valores referenciales está contenido en las normas de diseño, como es el caso del cortante mínimo en la base y las derivas laterales máximas permisibles (Chopra, 2020)	Comparación de Resultados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Norma Peruana</li> <li>• Norma Chilena</li> </ul>	de razón

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 2. Planos de la Fiscalía de Jaén















**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, MEZA RIVAS JORGE LUIS, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Análisis comparativo entre la normativa peruana y chilena para el diseño sismorresistente de la fiscalía de Jaén.", cuyo autor es ALBITRES GUEVARA JAMPIER JHONN SMIT, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 21.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 06 de Diciembre del 2022

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
MEZA RIVAS JORGE LUIS <b>DNI:</b> 17902304 <b>ORCID:</b> 0000-0002-4258-4097	Firmado electrónicamente por: JLMEZAR el 09-12- 2022 04:45:37

Código documento Trilce: TRI - 0475333