

**UNIVERSIDAD DE HUANUCO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL**



**TESIS**

---

**“Comportamiento sismorresistente de una estructura  
utilizando vigas de sección variable para una edificación de  
cinco niveles, Amarilis - Huánuco -2023”**

---

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR: Huaman Jurado, Rolando Yonatan

ASESOR: Huaman Cuespan, Carlos Esteban

HUÁNUCO – PERÚ

2024

# U

**TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:**

- Tesis ( X )
- Trabajo de Suficiencia Profesional ( )
- Trabajo de Investigación ( )
- Trabajo Académico ( )

**LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:** Estructuras

**AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)**

**CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:**

**Área:** Ingeniería

**Sub área:** Ingeniería Civil

**Disciplina:** Ingeniería Civil

**DATOS DEL PROGRAMA:**

Nombre del Grado/Título a recibir: Título Profesional de Ingeniero Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

- Propio ( X )
- UDH ( )
- Fondos Concursables ( )

**DATOS DEL AUTOR:**

Documento Nacional de Identidad (DNI): 72104522

**DATOS DEL ASESOR:**

Documento Nacional de Identidad (DNI): 42289817

Grado/Título: Doctor en ciencias ambientales y desarrollo sostenible

Código ORCID: 0000-0002-9668-6670

**DATOS DE LOS JURADOS:**

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Jara Trujillo, Alberto Carlos	Maestro en ingeniería, con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible	41891649	0000-0001-8392-1769
2	Aguilar Alcantara, Leonel Marlo	Maestro en ingeniería civil con mención en dirección de empresas de la construcción	43415813	0000-0002-0877-5922
3	Trujillo Ariza, Yelen Lisseth	Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental	70502371	0000-0002-5650-3745

# D

# H



# UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

## Facultad de Ingeniería

### PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

#### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A) CIVIL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 16:30 horas del día **jueves 19 de setiembre de 2024**, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los **Jurados Calificadores** integrado por los docentes:

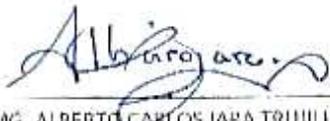
- |                                      |              |
|--------------------------------------|--------------|
| ❖ MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO   | - PRESIDENTE |
| ❖ MG. LEONEL MARLO AGUILAR ALCANTARA | - SECRETARIO |
| ❖ MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA   | - VOCAL      |

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN No 2029-2024-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: "COMPORTAMIENTO SISMORRESISTENTE DE UNA ESTRUCTURA EMPLEANDO VIGAS DE SECCIÓN VARIABLE PARA UNA EDIFICACIÓN DE 5 NIVELES, AMARILIS – HUÁNUCO -2023", presentado por el (la) Bachiller. Bach. Rolando Yonatan HUAMAN JURADO, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absueito las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) *Aprobado* por *Unanimidad* con el calificativo cuantitativo de *1.2* y cualitativo de *Suficiente* (Art. 47).

Siendo las *17:30* horas del día **19 del mes de setiembre** del año 2024, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

  
\_\_\_\_\_  
MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO  
DNI: 41891649  
ORCID: 0000-0001-8392-1769  
**PRESIDENTE**

  
\_\_\_\_\_  
MG. LEONEL MARLO AGUILAR ALCANTARA  
DNI: 43415813  
ORCID: 0000-0002-0877-5922  
**SECRETARIO (A)**

  
\_\_\_\_\_  
MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA  
DNI: 70502371  
ORCID: 0000-0002-5650-3745  
**VOCAL**



# UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

## CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: ROLANDO YONATAN HUAMAN JURADO, de la investigación titulada "Comportamiento sismorresistente de una estructura utilizando vigas de sección variable para una edificación de cinco niveles, Amarilis – Huánuco - 2023", con asesor CARLOS ESTEBAN HUAMÁN CUESPÁN, designado mediante documento: RESOLUCIÓN N° 0167-2024-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 14 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 07 de agosto de 2024



RICHARD J. SOLIS TOLEDO  
D.N.I.: 47074047  
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO  
D.N.I.: 40618286  
cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

## 6. HUAMAN JURADO, ROLANDO YONATAN.docx

### INFORME DE ORIGINALIDAD

14%

INDICE DE SIMILITUD

13%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

1	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	4%
2	<b>Submitted to Universidad Cesar Vallejo</b> Trabajo del estudiante	1%
3	<b>edoc.pub</b> Fuente de Internet	1%
4	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<1%
5	<b>Submitted to University of Hong Kong</b> Trabajo del estudiante	<1%



RICHARD J. SOLIS TOLEDO,  
D.N.I.: 47074047  
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO  
D.N.I.: 40618286  
cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

## **DEDICATORIA**

A Jesús nuestro Dios, fuente de sabiduría y guía eterna, agradezco por iluminar mi camino durante esta travesía académica. También deseo expresar mi profunda gratitud a mis padres, quienes con amor incondicional y sacrificio han sido mi apoyo constante. Su ejemplo de perseverancia y valores ha sido mi inspiración para alcanzar este logro. Este trabajo está dedicado a ustedes, Jesús nuestro Señor y mis queridos padres, por su inquebrantable fe y amor que han enriquecido mi vida en cada paso del camino.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco profundamente a mis profesores de colegio y universidad por su invaluable orientación y enseñanzas que han sido fundamentales en la realización de esta tesis. Su dedicación y conocimiento han sido la base de mi formación académica y profesional. Su apoyo ha sido crucial en este camino hacia el éxito. Gracias por su compromiso y sabiduría.

# ÍNDICE

DEDICATORIA .....	II
AGRADECIMIENTO .....	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
RESUMEN.....	X
ABSTRACT.....	XII
INTRODUCCIÓN.....	XIV
CAPITULO I.....	15
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	15
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	15
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	16
1.2.1. PROBLEMA GENERAL.....	16
1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICO .....	17
1.3. OBJETIVOS .....	17
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	17
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.....	18
1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA.....	18
1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA.....	19
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
1.5.1. LIMITACIONES ECONÓMICAS .....	19
1.5.2. ESCASA BIBLIOGRAFÍA ESPECIALIZADA EN ESPAÑOL.....	19
1.5.3. DISPONIBILIDAD LIMITADA DE ESPECIALISTAS EN ESTRUCTURAS.....	20
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
CAPITULO II.....	22
MARCO TEÓRICO .....	22
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	22
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES .....	22
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES.....	24

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES .....	26
2.2. BASES TEÓRICAS .....	28
2.2.1. INTRODUCCIÓN A LA SISMORRESISTENCIA.....	28
2.2.2. COMPORTAMIENTO DINÁMICO DE LAS ESTRUCTURAS ....	33
2.2.3. CONCEPTOS DE INGENIERÍA SISMORRESISTENTE .....	39
2.2.4. VIGAS DE SECCIÓN VARIABLE .....	50
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	54
2.4. HIPÓTESIS .....	55
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	55
2.5. VARIABLES.....	56
2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE .....	56
2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE .....	56
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	57
CAPITULO III.....	58
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	58
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	58
3.1.1. ENFOQUE .....	58
3.1.2. ALCANCE O NIVEL.....	58
3.1.3. DISEÑO .....	58
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	59
3.2.1. POBLACIÓN .....	59
3.2.2. MUESTRA .....	59
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS .	60
3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS .....	60
3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS .....	60
3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS ...	60
CAPITULO IV.....	62
RESULTADOS.....	62
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS.....	62
4.1.1. PLANTEAMIENTO DE DISTRIBUCIÓN .....	62
4.1.2. PREDIMENSIONAMIENTO Y VERIFICACIÓN DE ESTRUCTURA .....	63
4.1.3. ESTRUCTURA OPTIMIZADA.....	75

4.1.4. PREDIMENSIONAMIENTO DE VIGAS DE SECCIÓN VARIABLE .....	82
4.1.5. MODELO MEJORADO: VIGAS DE SECCIÓN VARIABLE Y ....	84
4.1.6. MODELO MEJORADO: VIGAS DE SECCIÓN VARIABLE X ....	90
4.1.7. MODELO MEJORADO: VIGAS DE SECCIÓN VARIABLE X-Y.	95
4.1.8. COMPARACIÓN DE MODELOS .....	100
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS	100
CAPITULO V.....	102
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	102
CONCLUSIONES .....	103
RECOMENDACIONES.....	105
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	106
ANEXOS.....	109

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables .....	57
Tabla 2 Predimensionamiento de losas .....	64
Tabla 3 Predimensionamiento de viga principal.....	65
Tabla 4 Predimensionamiento de viga secundaria .....	66
Tabla 5 Predimensionamiento de columnas .....	67
Tabla 6 Análisis de derivas y desplazamientos X .....	71
Tabla 7 Análisis de derivas y desplazamientos Y .....	72
Tabla 8 Periodo de desplazamiento y participación modal .....	74
Tabla 9 Análisis de derivas y desplazamientos X .....	78
Tabla 10 Análisis de derivas y desplazamientos Y .....	79
Tabla 11 Periodo de desplazamiento y participación modal .....	81
Tabla 12 Predimensionamiento en sentido principal.....	82
Tabla 13 Predimensionamiento en sentido secundario .....	83
Tabla 14 Análisis de derivas y desplazamientos X .....	86
Tabla 15 Análisis de derivas y desplazamientos Y .....	87
Tabla 16 Periodo de desplazamiento y participación modal .....	88
Tabla 17 Análisis de derivas y desplazamientos X .....	92
Tabla 18 Análisis de derivas y desplazamientos Y .....	93
Tabla 19 Periodo de desplazamiento y participación modal .....	94
Tabla 20 Análisis de derivas y desplazamientos X .....	97
Tabla 21 Análisis de derivas y desplazamientos Y .....	98
Tabla 22 Periodo de desplazamiento y participación modal .....	99
Tabla 23 Comparación de periodo, deriva y desplazamiento .....	100
Tabla 24 Comparación de periodo, deriva y desplazamiento .....	100
Tabla 25 Desplazamiento edificación – Estado inicial .....	116
Tabla 26 Derivas edificación – Estado inicial.....	116
Tabla 27 Desplazamiento edificación – Estado optimizado .....	117
Tabla 28 Derivas edificación – Estado optimizado.....	118
Tabla 29 Desplazamiento edificación – Sección variable Y.....	118
Tabla 30 Derivas edificación – Sección variable Y .....	119
Tabla 31 Desplazamiento edificación – Sección variable X.....	121
Tabla 32 Derivas edificación – Sección variable X .....	121

Tabla 33 Desplazamiento edificación – Sección variable X-Y .....	124
Tabla 34 Derivas edificación – Sección variable X-Y .....	124

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Distribución de niveles .....	62
Figura 2 Áreas tributarias de columnas .....	63
Figura 3 Ancho tributario de vigas principales .....	63
Figura 4 Ancho tributario de vigas secundarias .....	64
Figura 5 Modelo básico ETABS .....	69
Figura 6 Análisis de desplazamientos y derivas .....	70
Figura 7 Análisis de desplazamiento modal.....	73
Figura 8 Modelo optimizado ETABS .....	76
Figura 9 Análisis de desplazamientos y derivas .....	77
Figura 10 Análisis de desplazamiento modal.....	80
Figura 11 Modelo sección variable Y ETABS .....	84
Figura 12 Análisis de desplazamientos y derivas .....	85
Figura 13 Modelo sección variable X ETABS .....	90
Figura 14 Análisis de desplazamientos y derivas .....	91
Figura 15 Modelo sección variable X-Y ETABS.....	95
Figura 16 Análisis de desplazamientos y derivas .....	96
Figura 17 Ubicación de edificación .....	112
Figura 18 Arquitectura .....	113
Figura 19 Detalles de zapatas .....	114
Figura 20 Detalles de aligerado .....	115
Figura 21 Análisis de desplazamiento modal.....	120
Figura 22 Análisis de desplazamiento modal.....	123
Figura 23 Análisis de desplazamiento modal.....	126

## RESUMEN

El trabajo de investigación titulado “Comportamiento sismorresistente de una estructura utilizando vigas de sección variable para una edificación de cinco niveles, Amarilis – Huánuco -2023” aborda la evaluación de la resistencia sísmica de una edificación de cinco niveles mediante el uso de vigas de sección variable. La problemática central se enfoca en cómo estas vigas influyen en la capacidad de la estructura para resistir eventos sísmicos, una preocupación global debido a la creciente vulnerabilidad de las edificaciones. Diversos estudios internacionales resaltan la necesidad de análisis detallados para identificar y reforzar puntos débiles en las construcciones, destacando la importancia de considerar factores como la ubicación geográfica, el tipo de suelo y las normativas de diseño sísmico. El objetivo general de la investigación es evaluar el comportamiento sismorresistente de la edificación utilizando estas vigas, mientras que los objetivos específicos incluyen modelar la estructura con el software ETABS, realizar un análisis sismorresistente considerando las normativas vigentes y determinar la influencia del ángulo de variación de las vigas en el comportamiento estructural. La metodología empleada es cuantitativa, explicativa y de diseño no experimental y transversal. Se recolectaron datos a través de observaciones directas de simulaciones sísmicas y se utilizó el software ETABS para modelar y analizar la estructura. La investigación se centró en una muestra no probabilística de una edificación específica en Amarilis, Huánuco. Los resultados indican que las vigas de sección variable mejoran significativamente la capacidad sismorresistente de la estructura. Esto se debe a su capacidad para distribuir de manera más eficiente las cargas sísmicas, reduciendo deformaciones y daños potenciales durante eventos sísmicos. Además, la investigación subraya la importancia del análisis del suelo y de la estructura geométrica en el diseño sísmico. En particular, se observa que la aplicación de muros de corte estabiliza las rotaciones de la edificación, comparando favorablemente con estudios previos en áreas de suelo similar. En conclusión, el uso de vigas de sección variable, junto con un diseño estructural adecuado y un análisis detallado del suelo, puede significativamente mejorar la resistencia sísmica de edificaciones en zonas

sísmicas, ofreciendo una solución viable para mitigar los riesgos asociados a los terremotos en áreas vulnerables como Amarilis, Huánuco.

**Palabras claves:** comportamiento sismorresistente, vigas de sección variable, edificación, análisis, estructural.

## ABSTRACT

The research work entitled “Seismic-resistant behavior of a structure using variable section beams for a five-level building, Amarilis – Huánuco - 2023” addresses the evaluation of the seismic resistance of a five-level building through the use of variable section beams. The central problem focuses on how these beams influence the structure's ability to resist seismic events, a global concern due to the increasing vulnerability of buildings. Various international studies highlight the need for detailed analyzes to identify and reinforce weak points in constructions, highlighting the importance of considering factors such as geographical location, soil type and seismic design regulations. The general objective of the research is to evaluate the seismic behavior of the building using these beams, while the specific objectives include modeling the structure with the ETABS software, performing a seismic analysis considering current regulations and determining the influence of the angle of variation of the beams in structural behavior. The methodology used is quantitative, explanatory and non-experimental and transversal in design. Data was collected through direct observations of seismic simulations and ETABS software was used to model and analyze the structure. The research focused on a non-probabilistic sample of a specific building in Amarilis, Huánuco. The results indicate that variable section beams significantly improve the earthquake-resistant capacity of the structure. This is due to its ability to more efficiently distribute seismic loads, reducing deformations and potential damage during seismic events. Furthermore, the research highlights the importance of soil analysis and geometric structure in seismic design. In particular, it is observed that the application of shear walls stabilizes the building rotations, comparing favorably with previous studies in areas of similar soil. In conclusion, the use of variable section beams, together with an adequate structural design and a detailed soil analysis, can significantly improve the seismic resistance of buildings in seismic zones, offering a viable solution to mitigate the risks associated with earthquakes in areas vulnerable like Amaryllis, Huánuco.

**Keywords:** seismic-resistant behavior, variable section beams, building, analysis, structural.

## INTRODUCCIÓN

La investigación sobre el comportamiento sismorresistente de una estructura utilizando vigas de sección variable en una edificación de cinco niveles en Amarilis, Huánuco - 2023, surge como respuesta a la necesidad imperante de evaluar la seguridad y resistencia de las edificaciones ante eventos sísmicos. Este problema es global y se evidencia en estudios realizados en distintos países como España, México y Chile, donde se resalta la importancia de implementar medidas para mejorar la capacidad sismorresistente de las estructuras existentes. Sin embargo, se enfrentan limitaciones económicas, escasa bibliografía especializada en español y disponibilidad limitada de especialistas en estructuras, lo que genera la necesidad de realizar investigaciones detalladas en esta área.

La justificación práctica de este estudio radica en la importancia de garantizar la seguridad de las edificaciones en zonas sísmicas activas como Amarilis, Huánuco, donde el crecimiento urbano acelerado y la exposición a riesgos sísmicos medio-altos demandan análisis detallados para mitigar riesgos y proteger a la población. Desde el punto de vista teórico, este estudio contribuirá al conocimiento existente en el campo de la ingeniería estructural, específicamente en el diseño sismorresistente, al utilizar vigas de sección variable, un enfoque innovador que requiere comprensión detallada y metodologías avanzadas de evaluación.

La viabilidad de esta investigación se fundamenta en la relevancia y el impacto potencial en el diseño y construcción de estructuras seguras y resilientes ante sismos, así como en el interés de autoridades y profesionales del sector. En resumen, este estudio busca aportar conocimientos y soluciones prácticas para mejorar la capacidad sismorresistente de las edificaciones en Amarilis, Huánuco - 2023, en un contexto de creciente conciencia sobre la vulnerabilidad estructural y la importancia de la seguridad en zonas sísmicas.

# CAPITULO I

## PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El comportamiento sismorresistente de las edificaciones es un tema de vital importancia a nivel global, dada la creciente conciencia sobre la vulnerabilidad de las estructuras ante eventos sísmicos. A través de investigaciones realizadas en distintos países, se evidencia la necesidad imperante de realizar análisis sismorresistentes de las edificaciones para garantizar su seguridad y resistencia frente a sismos.

En España, un estudio titulado “Análisis de la vulnerabilidad sísmica de edificios existentes: caso de estudio en España”, resalta la importancia de evaluar la vulnerabilidad de las edificaciones existentes ante sismos. Esta investigación revela que muchas estructuras presentan deficiencias en su diseño y construcción, lo que las hace más susceptibles a sufrir daños severos durante eventos sísmicos. Los resultados obtenidos subrayan la necesidad de realizar análisis detallados para identificar posibles puntos débiles y tomar medidas de refuerzo o diseño adecuado que mejoren su capacidad sismorresistente. Sánchez Silva & et al. (2019)

Por otro lado, en México, el artículo “Comportamiento estructural ante sismos de edificaciones en zonas de riesgo: lecciones aprendidas en México”, analiza las lecciones aprendidas a partir de sismos históricos en el país. Esta investigación destaca cómo dichos eventos han evidenciado la importancia de implementar sistemas estructurales sismorresistentes en las edificaciones, especialmente en zonas de riesgo sísmico. El estudio resalta la necesidad de considerar factores como la ubicación geográfica, el tipo de suelo y las normativas de diseño sísmico al evaluar la vulnerabilidad de las edificaciones, así como la relevancia de implementar medidas de refuerzo y diseño adecuado para mejorar su comportamiento ante sismos. Pérez Cabrera (2020)

Asimismo, en Chile, el trabajo “Análisis comparativo de métodos de evaluación de la vulnerabilidad sísmica en edificaciones: caso de estudio en Chile” realizado por González-Rivera en 2021, aborda la importancia de utilizar metodologías avanzadas para evaluar la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones. Este estudio compara diferentes métodos de evaluación y destaca cómo cada enfoque puede proporcionar resultados más precisos y detallados, lo que es fundamental para implementar medidas de mitigación y diseño adecuadas que mejoren la capacidad sismorresistente de las estructuras. González Rivera, (2021)

De igual forma en el estudio Análisis del comportamiento sísmico de edificaciones en San Juan de Lurigancho, Lima, es crucial debido a su alta densidad poblacional, exposición a riesgos sísmicos medio-altos y diversidad de construcciones. Resalta la importancia de evaluar la respuesta sísmica de estas estructuras ante posibles eventos sísmicos. El crecimiento urbano acelerado también contribuye a la diversidad de situaciones que deben ser estudiadas para mejorar la seguridad y resistencia de las edificaciones ante sismos, siendo imperativo realizar análisis detallados para mitigar riesgos y proteger a la población. Torres López (2018)

Las investigaciones realizadas en distintos países coinciden en la importancia crítica de realizar análisis sismorresistentes de las edificaciones. Estos estudios muestran cómo la vulnerabilidad estructural es una preocupación común en zonas sísmicas y cómo es fundamental considerar diversos factores, como la ubicación geográfica, el tipo de suelo, las normativas de diseño sísmico y la implementación de metodologías avanzadas de evaluación, para garantizar la seguridad y resistencia de las edificaciones ante eventos sísmicos.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. PROBLEMA GENERAL**

¿Cómo Evaluar el comportamiento sismorresistente de una edificación al emplear vigas de sección variable en una edificación de cinco niveles, Amarilis – Huánuco -2023?

## **1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICO**

- ¿Cómo Realizar un modelamiento utilizando el software ETABS, para incorporar las vigas de sección variable en el diseño y análisis estructural en una edificación de cinco niveles en Amarilis, Huánuco - 2023?
- ¿Cómo realizar el análisis sismorresistente de la estructura, considerando cargas sísmicas de acuerdo con las normativas y especificaciones vigentes, en una edificación de cinco niveles en Amarilis, Huánuco - 2023?
- ¿Como determinar la influencia del ángulo de variación de las vigas de sección variable en el comportamiento estructural de la edificación de cinco niveles en Amarilis, Huánuco - 2023?

## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el comportamiento sismorresistente de una edificación al emplear vigas de sección variable en una edificación de cinco niveles, Amarilis – Huánuco -2023.

### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar un modelamiento utilizando el software ETABS, para incorporar las vigas de sección variable en el diseño y análisis estructural en una edificación de cinco niveles en Amarilis, Huánuco – 2023.
- Realizar el análisis sismorresistente de la estructura, considerando cargas sísmicas de acuerdo con las normativas y especificaciones vigentes en una edificación de cinco niveles en Amarilis, Huánuco - 2023.

- Determinar la influencia del ángulo de variación de las vigas de sección variable en el comportamiento estructural de la edificación de cinco niveles en Amarilis, Huánuco – 2023.

## **1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA**

Desde el punto de vista teórico, este estudio contribuirá significativamente al conocimiento existente en el campo de la ingeniería estructural, específicamente en el diseño sismorresistente. La utilización de vigas de sección variable es un enfoque relativamente novedoso que requiere una comprensión detallada de sus efectos en el comportamiento estructural ante cargas sísmicas. Al investigar cómo estos elementos afectan la capacidad de la estructura para resistir y disipar las fuerzas sísmicas, se añadirá información valiosa al cuerpo de conocimientos disponibles en la ingeniería sismorresistente. Esto permitirá mejorar las prácticas de diseño y construcción en zonas sísmicas y contribuirá al desarrollo de estructuras más seguras y resistentes.

### **1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA**

El estudio del comportamiento sismorresistente de una estructura utilizando vigas de sección variable en una edificación de cinco niveles en Amarilis, Huánuco - 2023, tiene una justificación práctica crucial en términos de seguridad y eficiencia estructural. Dicha zona se encuentra en una región sísmica activa, lo que aumenta el riesgo de posibles eventos sísmicos. Por lo tanto, comprender cómo estas vigas de sección variable pueden mejorar la capacidad sismorresistente de las edificaciones es fundamental para garantizar la seguridad de los habitantes y la integridad de la infraestructura. Además, el crecimiento urbano en la región y la demanda de construcciones resistentes a sismos hacen que este estudio sea de gran relevancia para ingenieros civiles, arquitectos y autoridades locales en términos de diseño y construcción de estructuras seguras y funcionales.

### **1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA**

En cuanto a la justificación metodológica, el uso de un enfoque integrado que incluya modelamiento en software especializado, análisis sismorresistente detallado y estudio de la influencia del ángulo de variación de las vigas, proporcionará resultados rigurosos y confiables. El modelamiento en software como ETABS permitirá simular el comportamiento de la estructura en diferentes escenarios sísmicos, mientras que el análisis sismorresistente detallado evaluará la capacidad de la edificación para resistir estas cargas. El estudio de la influencia del ángulo de variación de las vigas aportará información valiosa sobre cómo este parámetro afecta la respuesta estructural ante sismos. Esta metodología robusta garantizará la calidad y validez de los resultados obtenidos, contribuyendo así a la solidez científica de la investigación.

## **1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

Este estudio presenta las siguientes limitaciones

### **1.5.1. LIMITACIONES ECONÓMICAS**

La realización de estudios detallados sobre el comportamiento sismorresistente puede implicar costos significativos, especialmente en términos de adquisición de software especializado, equipos de laboratorio y materiales para pruebas. La disponibilidad de recursos financieros puede limitar la amplitud y profundidad de la investigación, así como la capacidad para realizar pruebas experimentales o adquirir datos relevantes.

### **1.5.2. ESCASA BIBLIOGRAFÍA ESPECIALIZADA EN ESPAÑOL**

Existe una limitación en la cantidad de literatura científica y técnica especializada en español sobre el tema específico de vigas de sección variable y su comportamiento sismorresistente. Esto puede dificultar el acceso a información relevante y actualizada, así como la comparación con estudios internacionales.

### **1.5.3. DISPONIBILIDAD LIMITADA DE ESPECIALISTAS EN ESTRUCTURAS**

La participación de especialistas en estructuras, especialmente aquellos con experiencia en el diseño y análisis de vigas de sección variable, puede ser limitada debido a sus agendas ocupadas y la demanda de sus servicios en proyectos profesionales. Esto puede afectar la disponibilidad de asesoramiento y orientación experta durante la investigación, así como la realización de pruebas o análisis adicionales

## **1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN**

La investigación es viable por varias razones fundamentales. En primer lugar, la zona de estudio se encuentra en una región sísmica activa, lo que realza la relevancia de comprender cómo las vigas de sección variable pueden mejorar la resistencia estructural ante eventos sísmicos, lo cual tiene implicaciones directas en términos de seguridad y mitigación de riesgos.

Además, la disponibilidad de herramientas y software avanzados en el campo de la ingeniería civil y estructural facilita la realización de modelamientos y análisis sismorresistentes detallados, permitiendo simular y evaluar el comportamiento de la estructura ante diversas condiciones sísmicas. Esto hace que la investigación sea factible desde un punto de vista técnico y metodológico.

Otro aspecto relevante es el impacto potencial en el diseño y la construcción de edificaciones en zonas sísmicas. Los resultados obtenidos de esta investigación podrían tener un impacto significativo en la mejora del diseño sismorresistente y, por ende, en la seguridad de las construcciones futuras en la región estudiada.

Además, la contribución al conocimiento científico y técnico es relevante, ya que la investigación enriquecerá el cuerpo de conocimientos en ingeniería civil y estructural, específicamente en el área de diseño sismorresistente. Los hallazgos obtenidos podrían ser útiles para futuras investigaciones y

proyectos relacionados con la mejora de la resistencia sísmica de las estructuras.

Finalmente, el interés potencial de las autoridades, profesionales del sector de la construcción y entidades gubernamentales en los resultados y recomendaciones de la investigación también es un factor que hace viable y relevante esta investigación. La posibilidad de difundir y aplicar los hallazgos en la práctica podría generar un impacto positivo en términos de seguridad pública y construcción de estructuras más resilientes ante sismos.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

##### 2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

(Infante Chaparro, 2022) en su trabajo de investigación intitulado: *“Influencia del Comportamiento Dinámico de una Edificación Regular para la Selección del Método de Análisis de Resistencia Sísmica”* se enfoca en evaluar cómo el comportamiento dinámico de edificios regulares influye en la selección del método adecuado para el análisis de su resistencia sísmica. El objetivo principal de la investigación es determinar cuáles son los métodos más efectivos y precisos para analizar la respuesta sísmica de edificaciones con características regulares, considerando diversos parámetros dinámicos como la rigidez, la masa y la altura del edificio. La investigación busca identificar las ventajas y desventajas de diferentes métodos de análisis, como el análisis estático lineal, el análisis modal espectral y el análisis dinámico no lineal, y establecer recomendaciones para ingenieros estructurales en la práctica profesional. En sus conclusiones, Infante Chaparro destaca que el comportamiento dinámico de los edificios juega un papel crucial en la selección del método de análisis sísmico. El estudio revela que los métodos de análisis dinámico no lineal proporcionan resultados más precisos para edificaciones altas y con configuraciones complejas, mientras que los métodos estáticos y modales pueden ser suficientes para edificios de baja altura y geometría simple. Además, la investigación subraya la importancia de realizar un análisis preliminar adecuado para determinar las características dinámicas específicas de cada edificio antes de seleccionar el método de análisis más apropiado. Así, se concluye que una correcta comprensión del comportamiento dinámico no solo mejora la precisión del análisis sísmico, sino que también optimiza el diseño estructural y la seguridad de las edificaciones en zonas sísmicas.

(Franco Rojas, González Díaz, Milanés, Félix López, & Calderín Mestre, 2022) en su artículo científico intitulado: *“Mampostería confinada vs pórticos de hormigón: Selección de alternativas para viviendas por esfuerzos propios en Cuba”* tiene como objetivo principal comparar dos sistemas constructivos populares en Cuba: la mampostería confinada y los pórticos de hormigón armado. Los autores buscan determinar cuál de estos métodos es más adecuado para la construcción de viviendas por esfuerzos propios, es decir, aquellas construidas por los propios residentes con recursos limitados. El estudio se centra en evaluar aspectos técnicos, económicos y de sostenibilidad de ambos sistemas. Como conclusión, se establece que la mampostería confinada presenta ventajas significativas en términos de costos y simplicidad de construcción, lo cual la hace más accesible para las familias que buscan construir sus viviendas de manera independiente. No obstante, los pórticos de hormigón ofrecen una mayor resistencia y durabilidad, lo que los hace preferibles en zonas con mayor riesgo sísmico. Así, los autores sugieren que la elección entre estos dos sistemas debe basarse en las condiciones específicas del lugar y las necesidades de los constructores, promoviendo un enfoque contextualizado y flexible en la planificación de viviendas en Cuba.

(Tena Colunga, 2019) en su artículo científico intitulado: *“Rigideces efectivas de vigas de concreto reforzado para diseño sísmico: mitos y realidades”* tiene como objetivo principal analizar y clarificar las discrepancias y confusiones existentes en la determinación de las rigideces efectivas de las vigas de concreto reforzado utilizadas en el diseño sísmico de estructuras. El autor busca desmitificar ciertas prácticas comunes y proporciona una evaluación crítica de los métodos y parámetros comúnmente adoptados en la ingeniería estructural. A través de un análisis exhaustivo, Tena Colunga concluye que las rigideces efectivas de las vigas de concreto reforzado pueden ser significativamente diferentes de las asumidas en muchos diseños, lo que puede llevar a resultados inadecuados o incluso peligrosos en la respuesta sísmica de las edificaciones. El estudio resalta la necesidad

de una revisión y actualización de las normativas de diseño, sugiriendo que se adopten enfoques más precisos y realistas basados en investigaciones empíricas y modelos más avanzados. Además, se subraya la importancia de la capacitación continua de los ingenieros estructurales para asegurar que las prácticas de diseño reflejen los últimos avances y conocimientos en la materia. En resumen, el artículo busca fomentar una comprensión más profunda y precisa de las rigideces efectivas, promoviendo mejoras en la seguridad y eficiencia del diseño sísmico.

### **2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES**

(Carrasco Oblitas, 2021) en su trabajo de investigación intitulado: *“Influencia de Suelos Intermedios en el Diseño de una Edificación de cinco niveles de Concreto Armado, Alto Qosqo - Cusco 2020”* se planteó como objetivo principal analizar cómo las características de los suelos intermedios afectan el diseño estructural de una edificación de cinco niveles en concreto armado ubicada en Alto Qosqo, Cusco. El estudio se centró en evaluar la capacidad portante y las deformaciones de los suelos intermedios, así como su influencia en la estabilidad y seguridad del diseño estructural de la edificación. A través de ensayos de campo y laboratorio, se obtuvieron datos precisos sobre las propiedades mecánicas del suelo, que luego se utilizaron para modelar y simular el comportamiento de la estructura bajo diversas condiciones de carga. Las conclusiones del estudio destacaron que los suelos intermedios presentes en la zona de Alto Qosqo poseen características que, si bien no son las óptimas, pueden ser adecuadamente manejadas mediante un diseño estructural meticuloso y el uso de técnicas de mejora de suelos. Se subrayó la importancia de una evaluación geotécnica detallada en la etapa de diseño para mitigar posibles problemas de asentamientos y garantizar la seguridad y durabilidad de la edificación. En resumen, el trabajo de Carrasco Oblitas demuestra que, con un entendimiento adecuado y un enfoque cuidadoso, los desafíos presentados por suelos intermedios pueden ser superados para desarrollar construcciones

seguras y eficientes en regiones con condiciones geotécnicas complejas.

(Huiza Borda & Mayhua Calderón, 2019) en su trabajo de investigación intitulado: “Grado de vulnerabilidad sísmica con la aplicación del método italiano en el colegio nacional la victoria de Ayacucho- Huancavelica, 2019” tiene como objetivo principal evaluar el grado de vulnerabilidad sísmica del Colegio Nacional La Victoria de Ayacucho, ubicado en la región de Huancavelica, utilizando el método italiano, conocido por su enfoque en la evaluación estructural y la identificación de debilidades en edificaciones escolares frente a eventos sísmicos. Para alcanzar este objetivo, los autores llevaron a cabo una serie de análisis y evaluaciones detalladas que incluyeron inspecciones visuales, estudios estructurales y la aplicación de parámetros específicos del método italiano, tales como la identificación de elementos críticos y la evaluación de la resistencia de los materiales utilizados en la construcción de la escuela. Las conclusiones del estudio indican que el Colegio Nacional La Victoria presenta un grado significativo de vulnerabilidad sísmica. Los resultados muestran que, debido a las características constructivas y el estado actual de la infraestructura, el colegio no cumple con los estándares mínimos necesarios para garantizar la seguridad de los estudiantes y el personal en caso de un sismo. En particular, se identificaron deficiencias en los materiales de construcción y en la configuración estructural de los edificios, lo que aumenta el riesgo de colapso o daños severos durante un terremoto. Los autores subrayan la necesidad urgente de implementar medidas de reforzamiento y adecuación estructural para mitigar estos riesgos y mejorar la seguridad sísmica del colegio. Además, sugieren la adopción de políticas y programas de prevención que incluyan la capacitación del personal en gestión del riesgo y la actualización de las normativas de construcción para edificaciones escolares en regiones sísmicamente activas.

(Tasayco Vargas, 2019) en su trabajo de investigación intitulado: *“Influencia en las edificaciones ante los cambios de la norma E0.30 Diseño sismorresistente del distrito de Yanacancha, Pasco 2017-2018”* se centra en evaluar cómo las modificaciones recientes en la normativa sismorresistente E0.30 afectan a las construcciones en el distrito de Yanacancha, Pasco. El objetivo principal de la investigación es analizar el impacto de estas nuevas disposiciones normativas en la seguridad y resistencia de las edificaciones frente a eventos sísmicos. Para ello, se realiza una comparación entre las edificaciones diseñadas bajo la normativa anterior y las que cumplen con los nuevos requisitos, evaluando aspectos como la capacidad estructural, el comportamiento dinámico y la seguridad general de las estructuras. Las conclusiones del estudio indican que la implementación de los cambios en la norma E0.30 ha resultado en una mejora significativa en la capacidad de las edificaciones para resistir sismos. Las construcciones diseñadas bajo la nueva normativa muestran un mejor desempeño estructural y una mayor seguridad en comparación con las que se basaron en la normativa anterior. Además, se destaca la necesidad de actualizar y reforzar las edificaciones existentes para alinearlas con los nuevos estándares, subrayando la importancia de la normativa sismorresistente en la mitigación de riesgos y la protección de vidas humanas en zonas sísmicamente activas. En resumen, el estudio de Tasayco Vargas resalta la efectividad de las nuevas regulaciones en la mejora de la resistencia sísmica de las edificaciones en Yanacancha y enfatiza la importancia de su aplicación rigurosa para garantizar la seguridad estructural.

### **2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES**

(Lopez Pajuelo, 2022) en su tesis intitulado: *“Propuesta de diseño estructural de un reservorio aplicando el software sap2000 para el servicio de agua potable del centro poblado de Matibamba, Amarilis-2022”* se centra en desarrollar un diseño estructural detallado para un reservorio de agua potable, utilizando el software SAP2000 como

herramienta principal de análisis y modelado. El objetivo principal del estudio es garantizar la provisión adecuada y sostenible de agua potable para el centro poblado de Matibamba, en el distrito de Amarilis, a través de una infraestructura eficiente y segura. López Pajuelo busca, mediante su propuesta, optimizar el diseño estructural del reservorio considerando las normativas vigentes y las particularidades geotécnicas y sismológicas de la región. En sus conclusiones, el autor destaca que la aplicación de SAP2000 permite realizar un análisis preciso de las cargas y las tensiones a las que estará sometida la estructura, lo que resulta en un diseño más robusto y confiable. Además, enfatiza que el uso de este software facilita la identificación de posibles fallas y permite la optimización del uso de materiales, lo cual no solo garantiza la seguridad del reservorio, sino que también representa un ahorro significativo en los costos de construcción. En resumen, la tesis no solo valida la eficacia del SAP2000 en el diseño de estructuras hidráulicas, sino que también presenta una solución práctica y efectiva para mejorar la infraestructura de servicios básicos en comunidades rurales.

(Tolentino Penadillo, 2022) en su tesis intitolado: *“Influencia de los aisladores sísmicos en la disipación de energía para el desempeño estructural por desplazamiento de una edificación de 5 niveles, Amarilis - Huánuco -2022”* se centra en evaluar cómo el uso de aisladores sísmicos afecta la capacidad de una estructura de cinco niveles para disipar energía y mejorar su desempeño durante eventos sísmicos. El principal objetivo del estudio es analizar la eficacia de estos dispositivos en la reducción de desplazamientos y fuerzas internas, comparando una estructura convencional con una que incorpora aisladores sísmicos. Tolentino utiliza modelos numéricos y simulaciones para evaluar el comportamiento de ambas configuraciones bajo diferentes escenarios sísmicos. Las conclusiones del estudio indican que la implementación de aisladores sísmicos puede reducir significativamente los desplazamientos y esfuerzos en la estructura, mejorando así su desempeño y aumentando la seguridad durante un sismo. En resumen, el estudio demuestra que los aisladores sísmicos son una herramienta

efectiva para mitigar el impacto de los terremotos en edificios, proporcionando una alternativa viable para mejorar la resistencia sísmica de las edificaciones en regiones propensas a terremotos como Amarilis, Huánuco.

(Cusicuna Gonzales, 2019) en su tesis intitulado: *“Estudio de la influencia en la percepción de acciones de mejora en la seguridad de la integridad física y la propuesta de un nuevo diseño de infraestructura del complejo policial Amarilis-huánuco-2018.”* tiene como objetivo principal evaluar cómo las acciones implementadas para mejorar la seguridad física afectan la percepción de seguridad entre los usuarios del complejo policial de Amarilis, en Huánuco. La investigación se centra en identificar las deficiencias actuales en la infraestructura del complejo policial y en proponer un diseño nuevo y mejorado que responda a estas necesidades. Cusicuna Gonzales busca determinar si las mejoras en infraestructura pueden influir positivamente en la percepción de seguridad tanto del personal policial como de la comunidad que interactúa con la institución. En sus conclusiones, el autor destaca que una infraestructura deficiente no solo afecta la operatividad del personal policial, sino también la percepción de seguridad de los ciudadanos. Se concluye que las mejoras en infraestructura propuestas no solo incrementarían la eficiencia y efectividad de las operaciones policiales, sino que también generarían un impacto positivo en la percepción de seguridad pública. El estudio subraya la importancia de una infraestructura adecuada y bien diseñada como un componente crítico para la seguridad y la confianza en las instituciones policiales.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1. INTRODUCCIÓN A LA SISMORRESISTENCIA**

#### **2.2.1.1. SISMORRESISTENCIA**

Es un concepto crucial en la ingeniería civil, especialmente en países como el Perú, que se encuentra en una zona de alta actividad sísmica debido a su ubicación en el Cinturón de Fuego

del Pacífico. La sismorresistencia se refiere a la capacidad de las estructuras para resistir y mitigar los efectos destructivos de los terremotos, garantizando la seguridad de sus ocupantes y minimizando los daños estructurales y económicos. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2020)

#### ❖ **Fundamentos de la Sismorresistencia**

El diseño sismorresistente se basa en varios principios fundamentales que buscan asegurar que las estructuras puedan soportar las fuerzas inducidas por los movimientos sísmicos. Uno de los principios más importantes es la ductilidad, que es la capacidad de una estructura para deformarse plásticamente sin colapsar. La ductilidad permite que las estructuras disipen la energía sísmica a través de deformaciones controladas, reduciendo así las fuerzas internas que podrían llevar al colapso.

Otro concepto clave es la capacidad de disipación de energía, que se logra mediante el diseño de elementos estructurales capaces de absorber y disipar energía durante un sismo. Esto puede incluir el uso de amortiguadores sísmicos, conexiones flexibles y sistemas de aislamiento de base que desacoplan la estructura del movimiento del suelo. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2020)

#### ❖ **Normativas y Códigos de Diseño**

En el Perú, la Reglamentación Nacional de Edificaciones (RNE) establece los requisitos y directrices para el diseño sismorresistente de edificaciones. Este reglamento se basa en investigaciones científicas y en las lecciones aprendidas de terremotos anteriores, tanto a nivel nacional como internacional. Las normas peruanas consideran diversos aspectos, como las características sísmicas del sitio, las propiedades de los materiales y las configuraciones estructurales adecuadas.

El RNE incluye especificaciones detalladas para el diseño y construcción de estructuras sismorresistentes, abarcando desde viviendas unifamiliares hasta edificios de gran altura. Por ejemplo, se promueve el uso de concreto reforzado y acero estructural debido a sus propiedades favorables de resistencia y ductilidad. Además, el reglamento requiere que los diseños estructurales incluyan un análisis detallado de las cargas sísmicas y una evaluación de la respuesta sísmica de la estructura. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2020)

### ❖ **Técnicas y Estrategias de Diseño**

Para lograr la sismorresistencia, se emplean diversas técnicas y estrategias de diseño. Una de ellas es el diseño por capacidad, que implica diseñar ciertos elementos estructurales para que sean más fuertes y rígidos que otros, permitiendo que las deformaciones se concentren en áreas específicas donde se pueda controlar mejor el comportamiento plástico.

Otra técnica es el uso de sistemas de aislamiento sísmico, que desacoplan la estructura del movimiento del suelo, reduciendo las fuerzas sísmicas transmitidas a la edificación. Los aisladores sísmicos, generalmente ubicados en la base de la estructura, permiten que el edificio se mueva de manera independiente del suelo, disminuyendo las aceleraciones y desplazamientos inducidos por el sismo. Además, los disipadores de energía son dispositivos que se integran en la estructura para absorber y disipar la energía sísmica, protegiendo así los elementos estructurales principales. Estos dispositivos pueden ser viscosos, metálicos o de fricción, y se diseñan para activarse bajo ciertas condiciones de carga. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2020)

### ❖ **Desafíos y Avances en el Perú**

La implementación efectiva de la sismorresistencia en el Perú enfrenta varios desafíos, entre los que destacan la variabilidad en

la calidad de los materiales de construcción y la necesidad de una capacitación continua de los profesionales del sector. Sin embargo, el país ha realizado avances significativos en la adopción de tecnologías modernas y en la actualización de sus normativas para reflejar los últimos avances en ingeniería sísmica.

Instituciones académicas y de investigación en el Perú, como la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) y el Instituto Nacional de Investigación y Capacitación de Telecomunicaciones (INICTEL-UNI), han desempeñado un papel crucial en el desarrollo y la difusión de conocimientos sobre sismorresistencia. Estas instituciones llevan a cabo investigaciones sobre el comportamiento de materiales y estructuras bajo cargas sísmicas, y desarrollan nuevas técnicas y tecnologías para mejorar la resiliencia sísmica de las edificaciones. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2020)

#### **2.2.1.2. IMPORTANCIA EN EL DISEÑO ESTRUCTURAL**

El diseño estructural es una disciplina fundamental dentro de la ingeniería civil, encargada de asegurar que las edificaciones y otras infraestructuras no solo cumplan con sus funciones estéticas y de uso, sino que también sean seguras y duraderas. En el contexto peruano, la importancia del diseño estructural se magnifica debido a la alta sismicidad del país, lo que requiere que las estructuras sean especialmente robustas y resistentes a los terremotos. (Torres, 2017)

##### **❖ Seguridad y Protección de Vidas**

Uno de los aspectos más críticos del diseño estructural es la seguridad. En un país como el Perú, donde los terremotos son frecuentes, el diseño estructural debe garantizar que los edificios puedan soportar movimientos sísmicos sin colapsar. Esto es vital para proteger la vida de los ocupantes y minimizar las pérdidas humanas durante eventos sísmicos. Las estructuras bien

diseñadas no solo previenen colapsos catastróficos, sino que también limitan los daños, facilitando la evacuación segura de los ocupantes.

El Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) del Perú establece los estándares y normativas que deben seguirse para asegurar que las edificaciones sean seguras frente a diversas cargas, incluyendo las sísmicas. Estas normativas están basadas en investigaciones científicas y en la experiencia acumulada a lo largo de los años, integrando lecciones aprendidas de terremotos pasados. (Torres, 2017)

#### ❖ **Durabilidad y Economía**

Otro aspecto importante del diseño estructural es la durabilidad de las construcciones. Las estructuras deben diseñarse para resistir no solo los eventos sísmicos, sino también otras cargas como el viento, las inundaciones y las cargas operacionales diarias. Un diseño estructural adecuado prolonga la vida útil de una edificación, reduciendo la necesidad de reparaciones y mantenimiento frecuentes. Esto, a su vez, se traduce en un ahorro significativo en costos a largo plazo para los propietarios y la sociedad en general.

Además, un diseño estructural eficiente optimiza el uso de materiales, lo cual es crucial desde una perspectiva económica y ambiental. Al utilizar la cantidad justa de materiales necesarios para alcanzar la resistencia y rigidez requeridas, se minimizan los costos de construcción y se reduce el impacto ambiental asociado con la extracción y procesamiento de materiales de construcción. (Torres, 2017)

#### ❖ **Innovación y Sostenibilidad**

El diseño estructural en el Perú también está avanzando hacia la incorporación de prácticas sostenibles. La innovación en

materiales y técnicas de construcción permite la creación de estructuras que no solo son seguras y duraderas, sino también respetuosas con el medio ambiente. Por ejemplo, el uso de concreto de alto desempeño y acero reciclado son tendencias que están siendo adoptadas para mejorar la sostenibilidad de las construcciones.

La integración de tecnologías modernas, como el modelado de información de construcción (BIM), está transformando la manera en que se conciben y ejecutan los proyectos estructurales. BIM permite una planificación y gestión más eficiente de los recursos, mejora la precisión en el diseño y facilita la colaboración entre los diferentes actores involucrados en el proyecto. (Torres, 2017)

#### ❖ **Responsabilidad Social y Legal**

El diseño estructural también tiene una dimensión de responsabilidad social y legal. Los ingenieros estructurales deben cumplir con las regulaciones y normativas vigentes, garantizando que sus diseños sean aprobados por las autoridades competentes. La no conformidad puede llevar a sanciones legales y, más gravemente, a la pérdida de vidas y bienes.

El compromiso ético de los ingenieros estructurales incluye diseñar con integridad y profesionalismo, siempre priorizando la seguridad y bienestar de las personas. Las fallas en el diseño, ya sean por negligencia o falta de conocimiento, pueden tener consecuencias desastrosas. (Torres, 2017)

## **2.2.2. COMPORTAMIENTO DINÁMICO DE LAS ESTRUCTURAS**

### **2.2.2.1. ANÁLISIS DINÁMICO**

Es una técnica esencial en la ingeniería estructural, especialmente en el contexto de regiones con alta actividad sísmica como el Perú. Este tipo de análisis se centra en cómo las

estructuras responden a las fuerzas dinámicas, tales como las generadas por terremotos, vientos fuertes o impactos. Dado que el Perú se encuentra en el Cinturón de Fuego del Pacífico, el análisis dinámico se convierte en una herramienta fundamental para garantizar la seguridad y resiliencia de las edificaciones. (González Salazar, 2018)

#### ❖ **Fundamentos del Análisis Dinámico**

El análisis dinámico se basa en la teoría de la vibración de estructuras, que estudia cómo éstas responden a las cargas que varían con el tiempo. Este análisis considera tanto las propiedades de los materiales como las características geométricas de la estructura. Los parámetros clave incluyen la masa, la rigidez y la amortiguación de la estructura, que determinan su comportamiento bajo cargas dinámicas.

Uno de los conceptos más importantes en el análisis dinámico es el de los modos de vibración. Cada estructura tiene modos naturales de vibración, que son patrones específicos de deformación que ocurren a ciertas frecuencias. Identificar estos modos y sus frecuencias naturales es crucial, ya que una estructura resonará si las frecuencias del movimiento sísmico coinciden con sus frecuencias naturales, amplificando las respuestas y aumentando el riesgo de daños. (González Salazar, 2018)

#### ❖ **Métodos de Análisis Dinámico**

Existen varios métodos para realizar un análisis dinámico, y la elección del método depende de la complejidad de la estructura y de los requisitos específicos del proyecto. Los dos métodos más comunes son el análisis modal espectral y el análisis de historia temporal.

**Análisis Modal Espectral:** Este método se basa en descomponer la respuesta de la estructura en sus modos de

vibración. Primero se realiza un análisis modal para identificar los modos naturales y sus frecuencias. Luego, se utiliza un espectro de respuesta para calcular las respuestas modales y combinarlas para obtener la respuesta total de la estructura. Este método es eficiente y adecuado para estructuras con comportamiento lineal.

**Análisis de Historia Temporal:** Este método implica la aplicación directa de registros de aceleraciones sísmicas a la estructura modelo y el cálculo de su respuesta en el tiempo. Es más preciso que el análisis modal espectral, ya que puede capturar efectos no lineales y transitorios, pero es computacionalmente más intensivo. Este método es particularmente útil para estructuras complejas y para el diseño de sistemas de control de vibraciones. (González Salazar, 2018)

#### ❖ **Beneficios y Desafíos**

El análisis dinámico ofrece numerosos beneficios, entre los que se incluyen una mayor precisión en la predicción del comportamiento estructural y una mejor capacidad para diseñar estructuras seguras y eficientes. Sin embargo, también presenta desafíos significativos. La precisión del análisis depende de la calidad de los datos de entrada, como las propiedades de los materiales y los registros sísmicos. Además, los métodos de análisis más avanzados requieren un alto nivel de experiencia y recursos computacionales.

En el contexto peruano, la formación continua de ingenieros y la actualización de las normativas son esenciales para mantener y mejorar la capacidad de realizar análisis dinámicos efectivos. Las investigaciones locales y la colaboración internacional también juegan un papel crucial en el desarrollo de métodos y tecnologías más avanzadas para el análisis dinámico. (González Salazar, 2018)

### **2.2.2.2. MODOS DE VIBRACIÓN**

Son un concepto fundamental en el análisis dinámico de estructuras, especialmente en el contexto de la ingeniería sismorresistente. Se refieren a los patrones específicos en los que una estructura puede deformarse o moverse cuando está sujeta a excitaciones dinámicas, como terremotos o vientos. En el Perú, debido a su ubicación en el Cinturón de Fuego del Pacífico y la alta actividad sísmica, comprender y analizar los modos de vibración de las estructuras es esencial para diseñar edificaciones seguras y resistentes a los terremotos. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Reglamento Nacional de Edificaciones, 2023)

#### **❖ Definición y Conceptos Básicos**

Un modo de vibración es una forma específica de movimiento que una estructura adopta cuando vibra a una frecuencia natural. Cada estructura tiene múltiples modos de vibración, cada uno asociado con una frecuencia natural específica. La primera frecuencia natural corresponde al modo de vibración fundamental, mientras que las frecuencias más altas corresponden a modos superiores. Estos modos y sus frecuencias dependen de las propiedades físicas de la estructura, como su masa, rigidez y distribución de masa. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Reglamento Nacional de Edificaciones, 2023)

#### **❖ Importancia de los Modos de Vibración**

Los modos de vibración son cruciales para entender cómo una estructura responderá a excitaciones dinámicas. En el contexto de los terremotos, conocer los modos de vibración ayuda a prever cómo se distribuirán las fuerzas sísmicas en la estructura y dónde se concentrarán las mayores deformaciones. Esto permite diseñar estructuras que puedan resistir estas fuerzas sin sufrir daños significativos.

En el análisis sísmico, la resonancia es un fenómeno particularmente importante. Si la frecuencia de un terremoto coincide con una de las frecuencias naturales de la estructura, la amplitud de las vibraciones puede incrementarse significativamente, causando potenciales daños o colapsos. Por lo tanto, el diseño estructural debe evitar que las frecuencias naturales de las estructuras coincidan con las frecuencias predominantes de los terremotos esperados en la región. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Reglamento Nacional de Edificaciones, 2023)

#### ❖ **Métodos de Análisis de Modos de Vibración**

Existen varios métodos para analizar los modos de vibración de una estructura. Los más comunes son el análisis modal y el análisis de elementos finitos.

**Análisis Modal:** Este método implica la solución de las ecuaciones de movimiento de la estructura para determinar sus modos de vibración y frecuencias naturales. El análisis modal proporciona información sobre las formas de vibración y las frecuencias asociadas, lo cual es esencial para el diseño y evaluación sísmica.

**Análisis de Elementos Finitos (FEA):** Utilizado para estructuras más complejas, el análisis de elementos finitos divide la estructura en pequeños elementos finitos y resuelve las ecuaciones de movimiento para cada uno de ellos.

Este método permite obtener una representación detallada de los modos de vibración y es especialmente útil para estructuras con geometrías complicadas o materiales heterogéneos. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Reglamento Nacional de Edificaciones, 2023)

## ❖ **Aplicación en el Diseño Sismorresistente**

En el Perú, la normativa del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) exige el análisis dinámico de las estructuras para asegurar su comportamiento adecuado durante los sismos. Parte de este análisis incluye la identificación y evaluación de los modos de vibración. El conocimiento de los modos de vibración permite a los ingenieros estructurales optimizar el diseño de las edificaciones para mejorar su desempeño sísmico.

Por ejemplo, en el diseño de edificios altos, se presta especial atención a los modos de vibración que involucran desplazamientos laterales y torsionales. Estos modos son críticos porque los desplazamientos laterales excesivos pueden causar daños a elementos no estructurales y afectar la estabilidad global del edificio. La torsión puede generar concentraciones de esfuerzo en partes específicas de la estructura, lo que también puede ser peligroso. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Reglamento Nacional de Edificaciones, 2023)

## ❖ **Investigaciones y Estudios en el Perú**

Instituciones peruanas como la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) y el Instituto Nacional de Investigación y Capacitación de Telecomunicaciones (INICTEL-UNI) han realizado investigaciones significativas sobre los modos de vibración de diversas estructuras. Estas investigaciones incluyen estudios experimentales y numéricos que ayudan a mejorar la comprensión del comportamiento sísmico de las estructuras en el contexto peruano.

Estas investigaciones han contribuido a la actualización y mejora de las normativas de diseño sismorresistente en el Perú. Por ejemplo, se han desarrollado métodos para mejorar la precisión del análisis modal y técnicas para mitigar los efectos de la resonancia, como el uso de amortiguadores sísmicos y sistemas de

aislamiento de base. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Reglamento Nacional de Edificaciones, 2023)

### **2.2.3. CONCEPTOS DE INGENIERÍA SISMORRESISTENTE**

#### **2.2.3.1. DUCTILIDAD**

Es una propiedad mecánica fundamental en el diseño de estructuras sismorresistentes. En términos simples, se refiere a la capacidad de un material o estructura para sufrir deformaciones significativas antes de alcanzar su punto de falla. Esta característica es crucial para asegurar que las edificaciones puedan absorber y disipar la energía sísmica durante un terremoto, evitando colapsos catastróficos y protegiendo la vida de los ocupantes. En el contexto peruano, donde los terremotos son frecuentes y severos, la ductilidad adquiere una importancia aún mayor. (Ramírez, 2019)

#### **❖ Importancia de la Ductilidad en el Diseño Sismorresistente**

En ingeniería estructural, especialmente en regiones sísmicamente activas como el Perú, la ductilidad es un criterio de diseño clave. Los materiales y sistemas constructivos deben ser capaces de deformarse sin perder su capacidad de carga para disipar la energía liberada durante un sismo. Esto evita la concentración de esfuerzos en puntos específicos que podrían llevar al fallo repentino de la estructura.

El diseño sismorresistente se basa en la premisa de que es preferible que una estructura se deforme de manera controlada y predecible en lugar de fallar de manera abrupta. Esto permite que las estructuras soporten cargas sísmicas superiores a las previstas inicialmente, proporcionando un margen adicional de seguridad. La ductilidad permite a las edificaciones experimentar grandes deformaciones sin colapsar, lo cual es vital para la evacuación

segura de los ocupantes y la protección de la propiedad. (Ramírez, 2019)

### ❖ **Materiales y Sistemas Constructivos**

La ductilidad depende en gran medida de los materiales utilizados en la construcción. Los materiales dúctiles, como el acero y el concreto reforzado, son preferidos en el diseño sismorresistente debido a su capacidad para deformarse significativamente antes de romperse.

**Acero:** El acero es conocido por su alta ductilidad. Las estructuras de acero pueden soportar grandes deformaciones plásticas, lo que les permite absorber y disipar una cantidad considerable de energía sísmica. Además, las conexiones en estructuras de acero pueden diseñarse para comportarse de manera dúctil, contribuyendo a la resistencia global de la edificación.

**Concreto Reforzado:** El concreto por sí solo es un material frágil; sin embargo, cuando se combina con refuerzos de acero, se convierte en un material dúctil. Las barras de acero dentro del concreto actúan como elementos de refuerzo, proporcionando resistencia adicional y capacidad de deformación. El diseño adecuado del refuerzo es esencial para asegurar que las estructuras de concreto reforzado tengan la ductilidad necesaria. (Ramírez, 2019)

#### **2.2.3.2. CAPACIDAD DE DISIPACIÓN DE ENERGÍA**

Es un concepto crucial en el diseño sismorresistente de estructuras. Esta capacidad se refiere a la habilidad de una estructura para absorber y disipar la energía inducida por fuerzas dinámicas, como los terremotos, a través de deformaciones controladas y mecanismos específicos. En el contexto peruano, donde la actividad sísmica es intensa y frecuente, asegurar que las

edificaciones tengan una alta capacidad de disipación de energía es fundamental para minimizar daños y proteger vidas humanas. (Torres, 2017)

#### ❖ **Fundamentos de la Disipación de Energía**

Durante un terremoto, las estructuras están sujetas a movimientos del suelo que generan fuerzas dinámicas significativas. Estas fuerzas pueden causar deformaciones y, eventualmente, daños si no se gestionan adecuadamente. La capacidad de disipación de energía de una estructura determina cómo esta energía se distribuye y se absorbe a lo largo del tiempo, reduciendo el riesgo de fallos estructurales.

La disipación de energía se logra principalmente a través de deformaciones inelásticas en los materiales estructurales y mediante el uso de dispositivos y sistemas de control de vibraciones. Los materiales dúctiles, como el acero y el concreto reforzado, son especialmente eficaces en la disipación de energía debido a su capacidad para sufrir grandes deformaciones plásticas sin colapsar. (Torres, 2017)

#### ❖ **Estrategias y Técnicas para Mejorar la Disipación de Energía**

Existen varias estrategias y técnicas que los ingenieros estructurales pueden emplear para mejorar la capacidad de disipación de energía de una estructura:

**Diseño por Capacidad:** Este enfoque implica diseñar ciertos elementos estructurales para que sean más resistentes y rígidos, permitiendo que otros elementos se deformen y disipen la energía. Por ejemplo, las vigas pueden diseñarse para que sufran deformaciones plásticas antes que las columnas, concentrando así la energía en áreas donde puede ser manejada de manera segura.

**Amortiguadores Sísmicos:** Los amortiguadores sísmicos son dispositivos que se instalan en las estructuras para absorber y disipar la energía sísmica. Existen varios tipos, incluyendo amortiguadores viscosos, amortiguadores metálicos y amortiguadores de fricción. Estos dispositivos funcionan mediante la conversión de la energía cinética del movimiento en energía térmica, que se disipa en el medio circundante.

**Sistemas de Aislamiento de Base:** Estos sistemas desacoplan la estructura del movimiento del suelo mediante la instalación de aisladores en la base de la edificación. Los aisladores de base permiten que la estructura se mueva de manera independiente al suelo, reduciendo las fuerzas sísmicas transmitidas a la edificación y mejorando su capacidad de disipación de energía.

**Conexiones y Detalles Constructivos:** Las conexiones entre elementos estructurales y los detalles constructivos juegan un papel crucial en la disipación de energía. Las conexiones dúctiles permiten que las fuerzas sísmicas se distribuyan de manera más uniforme y se disipen eficazmente. El diseño y construcción adecuados de estas conexiones son esenciales para mejorar la capacidad de disipación de energía de la estructura. (Torres, 2017)

#### ❖ **Aplicación en el Perú**

En el Perú, el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) establece directrices claras sobre la importancia de la capacidad de disipación de energía en el diseño de edificaciones. Estas normativas están diseñadas para asegurar que las estructuras puedan soportar las fuerzas sísmicas esperadas y disipar la energía de manera eficiente, minimizando así el riesgo de daños estructurales graves.

El RNE incluye especificaciones para el uso de materiales dúctiles, la implementación de sistemas de control de vibraciones y

el diseño adecuado de conexiones y detalles constructivos. Estas normativas se basan en investigaciones científicas y en la experiencia acumulada de terremotos anteriores, tanto a nivel nacional como internacional. (Torres, 2017)

#### ❖ **Investigaciones y Avances en el Perú**

Instituciones académicas y de investigación en el Perú, como la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) y el Instituto Nacional de Investigación y Capacitación de Telecomunicaciones (INICTEL-UNI), han realizado estudios extensivos sobre la capacidad de disipación de energía de diversas estructuras. Estos estudios incluyen ensayos experimentales y simulaciones numéricas que evalúan el comportamiento de los materiales y sistemas constructivos bajo cargas sísmicas.

Los resultados de estas investigaciones han llevado al desarrollo de nuevas técnicas y tecnologías para mejorar la disipación de energía en las estructuras peruanas. Por ejemplo, se han desarrollado métodos para optimizar el diseño de amortiguadores sísmicos y sistemas de aislamiento de base, así como para mejorar la ductilidad de los materiales utilizados en la construcción. (Torres, 2017)

#### ❖ **Los dispositivos de amortiguación**

Los dispositivos de amortiguación son componentes esenciales en el diseño de estructuras sismorresistentes. Su función principal es reducir las vibraciones inducidas por eventos sísmicos y otras cargas dinámicas, protegiendo así la integridad estructural y mejorando la seguridad de las edificaciones. En un país como el Perú, donde los terremotos son frecuentes y potencialmente devastadores, la implementación de estos dispositivos es crucial para la protección de vidas y bienes. (Torres, 2017)

## ❖ Tipos de Dispositivos de Amortiguación

Existen varios tipos de dispositivos de amortiguación, cada uno con sus propias características y mecanismos de funcionamiento. Los más comunes son los amortiguadores viscosos, amortiguadores metálicos, amortiguadores de fricción y sistemas de aislamiento de base.

**Amortiguadores Viscosos:** Estos dispositivos utilizan un fluido viscoso para disipar la energía sísmica. Cuando una estructura se mueve debido a un terremoto, el fluido en el amortiguador se desplaza a través de pequeños orificios, generando una resistencia que disipa la energía cinética en forma de calor. Los amortiguadores viscosos son eficaces para reducir tanto las aceleraciones como los desplazamientos de la estructura, proporcionando una amortiguación adicional que mejora el comportamiento dinámico de la edificación.

**Amortiguadores Metálicos:** Estos dispositivos están diseñados para deformarse plásticamente bajo cargas sísmicas, absorbiendo y disipando energía en el proceso. Los amortiguadores metálicos suelen estar hechos de acero o aleaciones especiales que pueden soportar deformaciones significativas sin perder su capacidad estructural. Son particularmente útiles en estructuras donde se requiere una alta capacidad de disipación de energía y una rápida recuperación después de un evento sísmico.

**Amortiguadores de Fricción:** Estos dispositivos funcionan mediante la fricción generada entre superficies en contacto. Durante un terremoto, las fuerzas sísmicas inducen deslizamientos controlados entre estas superficies, disipando energía a través de la fricción. Los amortiguadores de fricción son efectivos para limitar los desplazamientos y reducir las fuerzas internas en la estructura, mejorando su desempeño global durante un sismo.

**Sistemas de Aislamiento de Base:** Aunque no son estrictamente dispositivos de amortiguación, los sistemas de aislamiento de base desacoplan la estructura del movimiento del suelo, reduciendo significativamente las fuerzas sísmicas transmitidas a la edificación. Estos sistemas utilizan materiales flexibles y deslizantes para permitir que la estructura se mueva de manera independiente al suelo, mitigando así los efectos de los terremotos. (Torres, 2017)

#### ❖ **Aplicación y Beneficios en el Perú**

En el Perú, la implementación de dispositivos de amortiguación es parte integral de las estrategias de diseño sismorresistente, conforme a las normas establecidas en el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). Estas normativas incluyen directrices específicas para la selección, diseño e instalación de amortiguadores en diversas tipologías estructurales, desde edificios residenciales hasta infraestructuras críticas como puentes y hospitales.

Los beneficios de utilizar dispositivos de amortiguación en las edificaciones peruanas son numerosos. Entre ellos destacan la reducción de daños estructurales y no estructurales durante los terremotos, la disminución de los costos de reparación y mantenimiento post-sismo, y la mejora de la seguridad y habitabilidad de las edificaciones durante y después de un evento sísmico. (Torres, 2017)

#### ❖ **Estudios e Investigaciones en el Perú**

Instituciones peruanas como la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) y el Instituto Nacional de Investigación y Capacitación de Telecomunicaciones (INICTEL-UNI) han llevado a cabo extensas investigaciones sobre el uso y efectividad de diversos dispositivos de amortiguación. Estas investigaciones incluyen estudios experimentales y simulaciones numéricas que

evalúan el comportamiento de diferentes tipos de amortiguadores bajo condiciones sísmicas representativas del contexto peruano.

Por ejemplo, se han realizado ensayos en laboratorio para evaluar la eficacia de los amortiguadores viscosos en edificios altos y puentes, demostrando su capacidad para reducir significativamente las vibraciones y mejorar la resiliencia estructural. Asimismo, estudios sobre amortiguadores metálicos han mostrado que estos dispositivos pueden proporcionar una disipación de energía efectiva incluso en estructuras de materiales tradicionales como el adobe y la mampostería reforzada, comunes en las zonas rurales del Perú. (Torres, 2017)

#### ❖ **comportamiento inelástico de los materiales.**

Es un aspecto crucial en la ingeniería estructural, especialmente en el diseño de edificaciones sismorresistentes. Este término se refiere a la capacidad de un material para deformarse permanentemente bajo cargas aplicadas sin volver a su forma original cuando estas cargas se eliminan. En otras palabras, cuando un material se deforma más allá de su límite elástico, entra en una fase de deformación plástica o inelástica. (Torres, 2017)

#### ❖ **Fundamentos del Comportamiento Inelástico**

Los materiales estructurales exhiben diferentes comportamientos bajo cargas. Inicialmente, al aplicar una carga, el material responde de manera elástica, es decir, las deformaciones son proporcionales a las cargas y son completamente reversibles. Sin embargo, cuando la carga supera un cierto umbral conocido como límite elástico, el material comienza a deformarse plásticamente, y estas deformaciones ya no son reversibles.

El comportamiento inelástico es fundamental para el diseño sismorresistente porque permite que las estructuras absorban y

disipen una gran cantidad de energía sísmica a través de deformaciones permanentes, evitando un colapso abrupto. La capacidad de un material para soportar deformaciones inelásticas sin fallar es una medida de su ductilidad, una propiedad esencial en la ingeniería sísmica. (Torres, 2017)

#### ❖ **Materiales Comunes y su Comportamiento Inelástico**

**Acero:** Es uno de los materiales más dúctiles y muestra un comportamiento inelástico altamente predecible. Bajo cargas sísmicas, el acero puede deformarse significativamente, absorbiendo grandes cantidades de energía a través de la formación de zonas plásticas en elementos estructurales como vigas y columnas. Este comportamiento es aprovechado en el diseño de estructuras sismorresistentes, donde se permiten deformaciones plásticas controladas para proteger la integridad de la estructura global. (Torres, 2017)

**Concreto Reforzado:** El concreto por sí solo es un material frágil con baja ductilidad. Sin embargo, cuando se combina con refuerzos de acero, el concreto reforzado puede exhibir un comportamiento inelástico mejorado. Las barras de acero dentro del concreto actúan como refuerzos que pueden deformarse plásticamente, proporcionando capacidad adicional de disipación de energía. El diseño adecuado del refuerzo y la disposición de los elementos estructurales son cruciales para asegurar un comportamiento inelástico favorable en estructuras de concreto reforzado. (Torres, 2017)

**Mampostería Reforzada:** En el contexto peruano, la mampostería reforzada es común en muchas edificaciones. La inclusión de refuerzos verticales y horizontales en las paredes de mampostería puede mejorar significativamente su capacidad inelástica, permitiendo que estas estructuras soporten deformaciones plásticas sin colapsar. Esto es especialmente

importante en zonas rurales y urbanas donde este tipo de construcción es prevalente. (Torres, 2017)

### **2.2.3.3. FACTOR DE REDUCCIÓN SÍSMICA (R)**

Es un parámetro fundamental en el diseño de estructuras sismorresistentes. Este factor se utiliza para reducir la fuerza sísmica calculada de acuerdo con los análisis estructurales, con el fin de tener en cuenta la capacidad real de las estructuras para disipar energía durante un terremoto. En el contexto peruano, donde los terremotos son una amenaza constante, comprender y aplicar adecuadamente el factor de reducción sísmica es esencial para garantizar la seguridad y la estabilidad de las edificaciones. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Reglamento Nacional de Edificaciones, 2023)

#### **❖ Función del Factor de Reducción Sísmica**

Durante un terremoto, las estructuras están sujetas a fuerzas sísmicas que pueden exceder significativamente las cargas de diseño estático. Estas fuerzas dinámicas pueden causar daños graves a las estructuras si no se tienen en cuenta adecuadamente en el diseño. El factor de reducción sísmica (R) se introduce en los cálculos para reducir las fuerzas sísmicas calculadas, reflejando la capacidad real de la estructura para resistir el impacto de un terremoto.

El propósito principal de R es simular el efecto de la amortiguación y la capacidad de disipación de energía de la estructura durante un evento sísmico. Esto se logra multiplicando la fuerza sísmica calculada por el factor de reducción, lo que efectivamente reduce la magnitud de las fuerzas que actúan sobre la estructura en el análisis. De esta manera, se asegura que las edificaciones estén diseñadas para soportar adecuadamente las fuerzas sísmicas esperadas, teniendo en cuenta su capacidad real para resistir la acción de un terremoto. (Ministerio de Vivienda,

Construcción y Saneamiento, Reglamento Nacional de Edificaciones, 2023)

#### ❖ **Determinación del Factor de Reducción Sísmica**

El factor de reducción sísmica ( $R$ ) se determina principalmente en función del tipo de sistema estructural y del nivel de confiabilidad deseado. En el Perú, el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) establece valores específicos de  $R$  para diferentes tipos de estructuras y niveles de riesgo sísmico. Estos valores se basan en estudios geotécnicos, análisis de registros sísmicos históricos y experiencias de terremotos anteriores en la región.

Por ejemplo, para estructuras de acero y concreto, el RNE proporciona valores de  $R$  que reflejan la capacidad inherente de estos materiales para resistir fuerzas sísmicas. Estos valores pueden variar dependiendo de factores como la altura de la estructura, la ubicación geográfica y el nivel de amenaza sísmica. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Reglamento Nacional de Edificaciones, 2023)

#### ❖ **Importancia en el Diseño Sismorresistente en el Perú**

En el Perú, un país con una alta actividad sísmica, el factor de reducción sísmica desempeña un papel crucial en el diseño de edificaciones seguras y resistentes a los terremotos. Al aplicar adecuadamente el factor de reducción sísmica, los ingenieros pueden garantizar que las estructuras estén diseñadas para soportar de manera efectiva las fuerzas sísmicas esperadas, minimizando así el riesgo de daños estructurales y protegiendo la vida de los ocupantes.

El uso adecuado del factor de reducción sísmica también es fundamental para cumplir con las normativas y estándares de construcción establecidos en el RNE. Estas normativas son

desarrolladas por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento y están diseñadas para garantizar que las edificaciones en el Perú cumplan con los requisitos de seguridad y resiliencia frente a los terremotos. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Reglamento Nacional de Edificaciones, 2023)

#### ❖ **Investigación y Desarrollo Continuo**

La determinación del factor de reducción sísmica es el resultado de investigaciones continuas y análisis de datos sísmicos. Instituciones peruanas como el Instituto Geofísico del Perú (IGP) y la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) llevan a cabo investigaciones para mejorar la comprensión de la actividad sísmica en el país y desarrollar métodos más precisos para calcular el factor de reducción sísmica.

Además, se realizan estudios para evaluar el desempeño de estructuras existentes durante terremotos reales, lo que proporciona información invaluable para ajustar y mejorar los valores de  $R$  en el futuro. Estos esfuerzos de investigación y desarrollo continuo son fundamentales para garantizar que las edificaciones en el Perú estén diseñadas y construidas de manera segura y resistente a los terremotos. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Reglamento Nacional de Edificaciones, 2023)

### **2.2.4. VIGAS DE SECCIÓN VARIABLE**

#### **2.2.4.1. DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS**

Las vigas de sección variable son elementos estructurales que presentan cambios en su geometría a lo largo de su longitud. Estos cambios pueden ser graduales o abruptos y se realizan con el propósito de optimizar el comportamiento estructural de la viga en función de las cargas aplicadas, las restricciones de espacio y

otros factores de diseño. En el contexto de la ingeniería estructural peruana, las vigas de sección variable son una herramienta versátil y eficaz para mejorar la eficiencia y la economía en el diseño de estructuras.

El diseño de vigas de sección variable se basa en la premisa de adaptar la geometría de la viga a las demandas estructurales específicas a lo largo de su longitud. Esto se logra mediante la variación de la altura, el ancho o la forma de la sección transversal de la viga. Los cambios en la sección transversal pueden realizarse de manera continua, como una función lineal o no lineal, o mediante secciones discretas con transiciones abruptas entre ellas.

La principal ventaja de las vigas de sección variable es su capacidad para distribuir mejor las tensiones y deformaciones a lo largo de la viga, minimizando así los puntos críticos de concentración de esfuerzos y mejorando la resistencia y la rigidez estructural. Además, estas vigas pueden adaptarse a condiciones locales específicas, como la presencia de apoyos irregulares o cargas concentradas, lo que permite un diseño más eficiente y económico de la estructura. (Rojas, 2020)

#### ❖ **Tipos Comunes de Vigas de Sección Variable**

Existen varios tipos de vigas de sección variable que se utilizan en la práctica de la ingeniería estructural peruana, cada uno con sus propias características y aplicaciones específicas:

##### **Vigas con Variación Gradual de la Sección Transversal:**

En este tipo de vigas, la sección transversal cambia gradualmente a lo largo de la longitud de la viga. Por ejemplo, la altura o el ancho de la viga pueden aumentar o disminuir de manera uniforme o no uniforme. Estas vigas se utilizan comúnmente en estructuras donde se requiere una distribución uniforme de esfuerzos y deformaciones, como puentes y edificios de gran altura.

**Vigas con Secciones Discretas:** En este tipo de vigas, la sección transversal cambia de manera abrupta en puntos específicos a lo largo de la longitud de la viga. Estos cambios pueden realizarse mediante la incorporación de elementos adicionales, como refuerzos o extensiones, en la viga. Las vigas con secciones discretas se utilizan en situaciones donde se requiere una distribución no uniforme de esfuerzos, como en vigas empotradas o vigas que soportan cargas concentradas.

**Vigas con Sección Variable en Altura y Ancho:** Algunas vigas de sección variable presentan cambios tanto en la altura como en el ancho de la sección transversal a lo largo de su longitud. Estas vigas se diseñan para optimizar la resistencia y la rigidez estructural en diferentes puntos de la viga, adaptándose a las demandas específicas de carga y geometría de la estructura. (Rojas, 2020)

#### **2.2.4.2. VENTAJAS EN EL DISEÑO SISMORRESISTENTE**

Las vigas de sección variable ofrecen una serie de ventajas significativas en el diseño de estructuras sismorresistentes en el contexto peruano. Estas ventajas se derivan de la capacidad de las vigas de adaptar su geometría a las demandas específicas de carga y condiciones sísmicas, mejorando así la eficiencia, la resistencia y la seguridad de las edificaciones. A continuación, se destacan algunas de las principales ventajas de las vigas de sección variable en el diseño sismorresistente: (Valverde, 2021)

##### **❖ Adaptabilidad a las Demandas de Carga Sísmica**

Una de las ventajas clave de las vigas de sección variable es su capacidad para adaptarse a las demandas específicas de carga sísmica en diferentes partes de la estructura. Durante un terremoto, las fuerzas sísmicas pueden variar significativamente a lo largo de la longitud de una edificación, dependiendo de factores como la ubicación geográfica, la magnitud del terremoto y la geometría de

la estructura. Las vigas de sección variable pueden ajustar su geometría para redistribuir las cargas de manera más eficiente, minimizando así los efectos de las fuerzas sísmicas y reduciendo el riesgo de daños estructurales. (Valverde, 2021)

#### ❖ **Optimización de la Rigidez y la Flexibilidad**

Otra ventaja importante de las vigas de sección variable es su capacidad para optimizar la rigidez y la flexibilidad de la estructura en diferentes áreas. En zonas donde se requiere una mayor rigidez para resistir fuerzas sísmicas, las vigas pueden diseñarse con secciones transversales más robustas y materiales más resistentes. Por otro lado, en áreas donde se necesita flexibilidad para absorber y disipar energía sísmica, las vigas pueden tener secciones transversales más delgadas y materiales más flexibles. Esta capacidad de optimización permite a los ingenieros diseñar estructuras que puedan soportar de manera eficiente las cargas sísmicas, minimizando al mismo tiempo los efectos de los terremotos. (Valverde, 2021)

#### ❖ **Reducción de Costos y Materiales**

El uso de vigas de sección variable también puede resultar en una reducción significativa de costos y materiales en el diseño y la construcción de estructuras sismorresistentes. Al adaptar la geometría de la viga a las demandas específicas de carga, se pueden utilizar materiales de manera más eficiente, reduciendo así los costos de construcción y minimizando el desperdicio de materiales. Además, al optimizar la rigidez y la flexibilidad de la estructura, se pueden reducir los costos de mantenimiento a largo plazo y aumentar la durabilidad de la edificación. (Valverde, 2021)

#### ❖ **Mejora de la Resiliencia Estructural**

Finalmente, las vigas de sección variable pueden contribuir a mejorar la resiliencia estructural de las edificaciones frente a

terremotos y otros eventos sísmicos. Al adaptar la geometría de la viga para optimizar la resistencia y la flexibilidad de la estructura, se pueden minimizar los daños estructurales y reducir el riesgo de colapso durante un terremoto. Esto puede ayudar a proteger vidas humanas y reducir los costos asociados con la reparación y reconstrucción de las edificaciones después de un evento sísmico. (Valverde, 2021)

### 2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

**Sismorresistente:** Se refiere a la capacidad de una estructura para soportar y minimizar los daños durante un terremoto, garantizando la seguridad y estabilidad mediante un diseño que distribuye y absorbe las fuerzas sísmicas de manera eficiente. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2020)

**Edificación:** Es una estructura construida para albergar actividades humanas, incluyendo viviendas, oficinas, y otros usos. Su diseño y construcción deben cumplir con normativas técnicas y de seguridad para garantizar la funcionalidad y durabilidad. (González Salazar, 2018)

**Vigas:** Son elementos estructurales horizontales diseñados para soportar cargas, distribuyéndolas hacia otros componentes de la estructura, como columnas o muros. Son esenciales en la construcción de edificios y puentes, proporcionando estabilidad y resistencia. (Torres, 2017)

**Sección variable:** Se refiere a componentes cuyas dimensiones transversales cambian a lo largo de su longitud. Esto permite optimizar la distribución de esfuerzos y mejorar la eficiencia estructural en respuesta a cargas y condiciones específicas. (Torres, 2017)

**Modelamiento:** implica la creación de representaciones matemáticas y computacionales de estructuras para analizar su comportamiento bajo diversas cargas. Esto permite prever su desempeño y optimizar el diseño antes de la construcción. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2020)

**ETABS:** Es un software especializado para el análisis y diseño de estructuras de edificios. Permite modelar, analizar y dimensionar edificaciones complejas, proporcionando herramientas avanzadas para la evaluación de cargas sísmicas y la optimización del diseño estructural. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2020)

**Análisis estructural:** Es el proceso de evaluar el comportamiento de una estructura bajo diversas cargas, incluyendo fuerzas estáticas y dinámicas. Este análisis permite determinar las tensiones, deformaciones y desplazamientos, garantizando la seguridad y estabilidad de la edificación. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Reglamento Nacional de Edificaciones, 2023)

**Cargas sísmicas:** Son fuerzas inducidas en las estructuras debido a la actividad sísmica. Estas cargas deben ser consideradas en el diseño estructural para garantizar que las edificaciones puedan resistir y mantenerse estables durante y después de un terremoto. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2020)

**Angulo de variación:** Se refiere a la inclinación o cambio en la orientación de un elemento estructural a lo largo de su longitud, utilizado para optimizar la distribución de esfuerzos y mejorar el rendimiento estructural. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2020)

## **2.4. HIPÓTESIS**

### **2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL**

Hi: La utilización de vigas de sección variable mejora significativamente la capacidad sismorresistente en una edificación de cinco niveles en Amarilis, Huánuco – 2023.

H0: La utilización de vigas de sección variable no mejora significativamente la capacidad sismorresistente en una edificación de cinco niveles en Amarilis, Huánuco – 2023.

## **2.5. VARIABLES**

### **2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE**

Comportamiento sismorresistente

### **2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE**

Vigas de sección variable

## 2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 1

*Operacionalización de variables*

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>V. independiente</b> <b>Vigas de sección variable</b>	Viga de concreto armado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Luz libre</li> <li>• Variación del peralte</li> <li>• Ángulo de variación</li> <li>• Resistencia a la compresión</li> </ul>	Cuantitativa	Discreta
<b>V. dependiente</b> <b>Comportamiento sismorresistente</b>	Análisis dinámico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aceleración espectral</li> <li>• Modos de vibración</li> <li>• Derivas</li> </ul>	Cuantitativa	Discreta
	Análisis estático	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuerza sísmica</li> <li>• Cortante basal</li> <li>• Periodo de vibración</li> </ul>		

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

##### **3.1.1. ENFOQUE**

La investigación cuantitativa es la recopilación de datos numéricos de un tema específico, que nos permitirán aplicar métodos para medir las variables examinadas. (Petrasch, Vos, & Vansteenkiste, 2020).

Gracias a esta definición se concluyó que el enfoque de la tesis es cuantitativo, esto debido a que utiliza un análisis numérico de datos para comprender cómo varía la resistencia sísmica en función de las características de las vigas.

##### **3.1.2. ALCANCE O NIVEL**

La investigación explicativa se refiere al tipo de investigación que busca comprender y explicar las causas y los mecanismos subyacentes detrás de los fenómenos estudiados. Este enfoque implica identificar variables clave y desarrollar teorías explicativas que ayuden a la investigación. (Elster, 2015).

Teniendo en cuenta esta definición, se afirmó que para la presente tesis se dio uso de una investigación explicativa, donde se identificó y analizó las variables que influyeron en el comportamiento sismorresistente de la estructura con vigas de sección variable en distintos escenarios.

##### **3.1.3. DISEÑO**

Según Mayta (2018) Una investigación de diseño no experimental y transversal consiste en una investigación donde no se manipulan las variables deliberadamente y solamente se realiza el análisis de las variables en una única ocasión.

Teniendo en cuenta esta definición, se determinó que el diseño utilizado en esta tesis era de carácter no experimental y transversal, donde se recolectaron los datos sobre el comportamiento sismorresistente de la estructura con vigas de sección variable en un momento específico y sin manipular ninguna variable. Se analizarían las variables relevantes en ese momento para comprender mejor el fenómeno estudiado.

## **3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **3.2.1. POBLACIÓN**

La definición de Pimienta Lastra (2000) sobre la población sostiene que la población es un grupo de elementos que exhiben características específicas que pueden ser definidos según su ubicación geográfica y el período de tiempo específico considerado para el estudio.

Considerando esta definición, se determinó a las edificaciones hechas con concreto armado que cuentan con un sistema aporticada y se encuentren en Amarilis, como la población para esta tesis.

### **3.2.2. MUESTRA**

Según Pimienta Lastra (2000), la muestra no probabilista significa el estudio de elementos específicos de la población, que no son seleccionados aleatoriamente.

Considerando esta definición se determinó a la muestra en esta tesis como no probabilística y que consisten en únicamente una edificación de concreto armado con un sistema aporticada de cinco niveles en Amarilis.

### **3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

#### **3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS**

La técnica de observación según Matos (2008) consiste en registrar de manera sistemática, válida y confiable el comportamiento o las acciones visibles, que se captan de manera objetiva.

Se utilizó la técnica de observación en esa tesis, se realizaron observaciones directas del comportamiento de la estructura durante eventos sísmicos simulados. Se registraron detalles como movimientos, deformaciones y daños para analizar el desempeño de las vigas de sección variable, de igual manera se analizaron las características físicas del terreno donde está ubicado.

Se dio uso de distintos instrumentos como regulaciones técnicas, softwares de procesamientos, fuentes biográficas, fichas de recopilación de datos y otros materiales necesarios para el análisis de suelos.

#### **3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS**

El proceso de presentación de datos comenzó con la definición de la inclinación variable en las vigas y el predimensionamiento de los elementos estructurales. Luego, se analizó el comportamiento sísmico de la estructura según la normativa 030, para esto se introdujeron los datos junto con los factores de resistencia sísmica en la aplicación ETABS para su modelado.

#### **3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS**

El proceso de análisis y presentación de datos comenzó con el levantamiento topográfico del área y el estudio del suelo para determinar su capacidad de carga y tipo de suelo. Luego se utilizaron los datos obtenidos para diseñar la estructura según las normas A010 y A020. Posteriormente, se realizó el dimensionamiento utilizando Excel y se creó el modelo estructural en ETABS, donde se introdujeron los parámetros sísmicos necesarios para evaluar la capacidad antisísmica

del diseño. Finalmente, se compararon los resultados mediante gráficos comparativos.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS

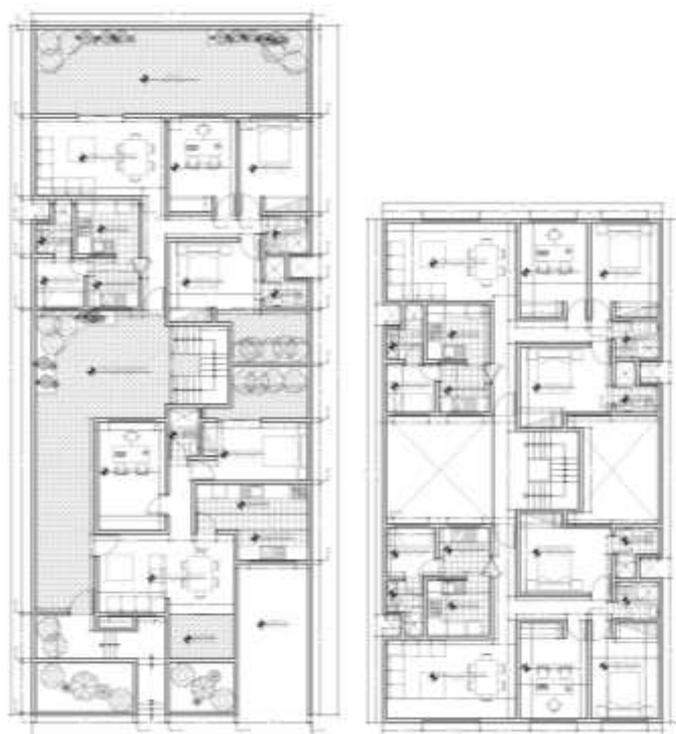
#### 4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

##### 4.1.1. PLANTEAMIENTO DE DISTRIBUCIÓN

En el desarrollo de esta tesis se tomó en cuenta una edificación que se compone de 5 niveles, la edificación se encuentra en la región de Huánuco en el distrito de Amarilis, la edificación se planteó íntegramente como una edificación multifamiliar.

**Figura 1**

*Distribución de niveles*



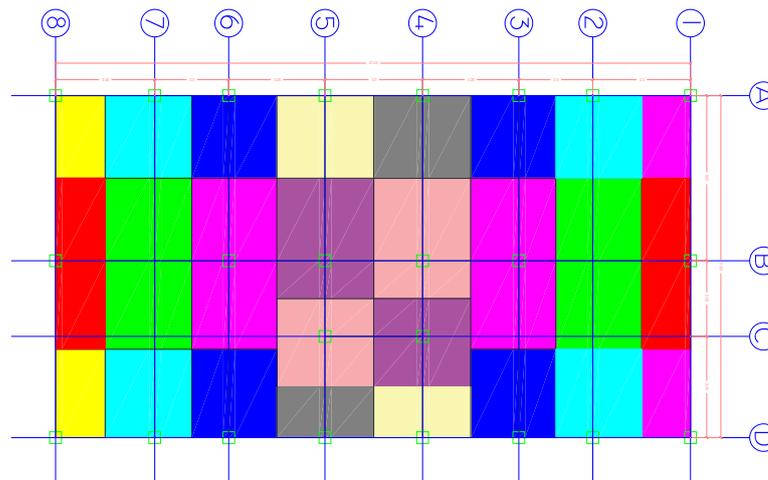
Nota. En el primer nivel de la edificación se consideró una entrada general para la edificación, se compone de la misma forma de 02 departamentos contiguos con acceso a terrazas y un patio, se plante de la misma forma un espacio para los garajes de los departamentos, la composición de los departamentos se compone de 2 habitaciones 1 sala de escritorio, 1 cuarto de servicio, 3 baños y 1 sala comedor. A partir del segundo nivel se componen de manera similar que el piso precedente con la misma distribución con diferencia que no se cuentan con patios. El primer nivel de la edificación cuenta con un área construida de 293.36 m<sup>2</sup>, a partir del segundo nivel se tiene un área

construida de 220.84 m<sup>2</sup>, el terreno identificado tiene un área total de 361.50 m<sup>2</sup> con un área libre de 68.14 m<sup>2</sup>, la altura total de la edificación es de 13.50 m cada entrepiso tiene una medida de 2.70 m.

#### 4.1.2. PREDIMENSIONAMIENTO Y VERIFICACIÓN DE ESTRUCTURA

**Figura 2**

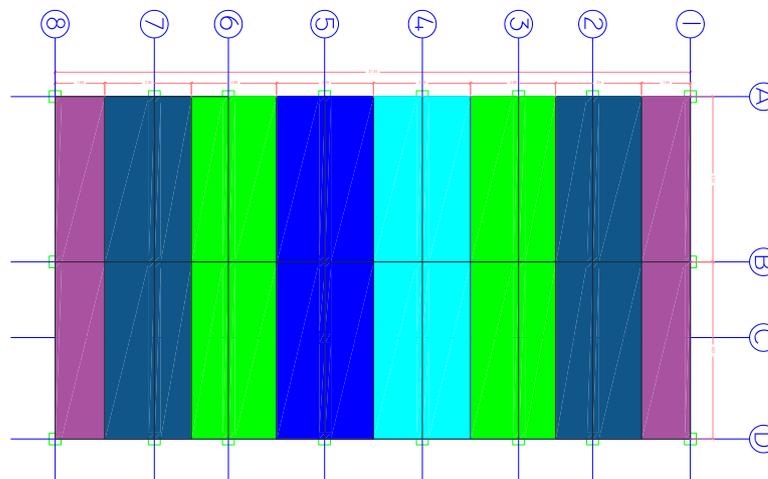
*Áreas tributarias de columnas*



Nota. Con la delimitación de las áreas tributarias de cada una de las columnas se pudo determinar que las áreas más críticas para el predimensionamiento de columnas fueron de 5.05 m<sup>2</sup>, 9.21 m<sup>2</sup> y 16.89 m<sup>2</sup> para las columnas de esquina, laterales y centrales respectivamente.

**Figura 3**

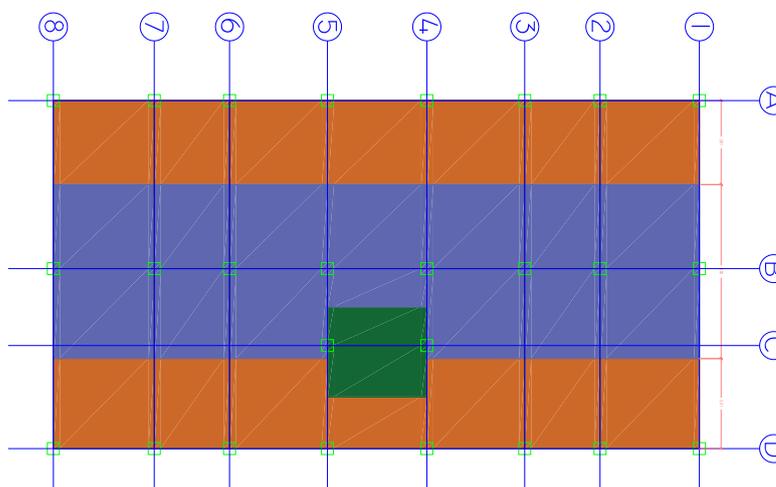
*Ancho tributario de vigas principales*



Nota. Se pudo determinar a partir del siguiente análisis de luces que para la viga principal la luz crítica de 6.03m con un ancho tributario de 3.28 m, con dichas dimensiones críticas se determinó las secciones de las vigas principales.

**Figura 4**

*Ancho tributario de vigas secundarias*



Nota. A partir del planteamiento de distribución arquitectónica, y con la identificación de la ubicación de las losas se pudo determinar que la viga secundaria presenta una longitud de luz crítica de 3.35 m con ancho tributario de 5.83 m en estado crítico, con lo cual se determinaron los valores de la sección de las vigas.

**Tabla 2**

*Predimensionamiento de losas*

PREDIMENSIONAMIENTO DE LOSAS			
ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	DIMENSIÓN PREDIMENSIONADA	DIMENSIÓN DETERMINADA
<b>LOSA</b>	LOSA ALIGERADA	LOSA ALIGERADA	LOSA ALIGERADA
		EN DOS DIRECCIONES	EN DOS DIRECCIONES
<b>MATERIAL</b>	COMPOSICIÓN DE ELEMENTOS DE LOSA ALIGERADA	CONCRETO F'c 210 kg/cm <sup>2</sup>	CONCRETO F'c 210 kg/cm <sup>2</sup>
		ACERO F'y 4200 kg/cm <sup>2</sup>	ACERO F'y 4200 kg/cm <sup>2</sup>
<b>ESPESOR DE LOSA</b>	ESPESOR TOTAL DE LA LOSA ALIGERADA	5 cm	5 cm
<b>ALTURA TOTAL</b>	ALTURA TOTAL DESDE LA PARTE	20 cm	POR VERIFICAR

	SUPERIOR DE LA LOSA		
<b>CARGA VIVA</b>	CARGA VIVA CARACTERÍSTICA	100 kg/m <sup>2</sup>	100 kg/m <sup>2</sup>
<b>CARGA MUERTA</b>	CARGA MUERTA CARACTERÍSTICA	1008 kg/m <sup>2</sup>	1008 kg/m <sup>2</sup>
<b>SOBRECARGA</b>	SOBRECARGA CARACTERÍSTICA	250 kg/m <sup>2</sup>	250 kg/m <sup>2</sup>
<b>LUZ DE LOSA</b>	DISTANCIA ENTRE APOYOS	3.35 m	3.35 m

Nota. Inicialmente para la estructura se elaboró el predimensionamiento de la losa aligerada en 2 direcciones del cual se pudo determinar que el espesor de la losa aligerada en total es de 20 cm, teniendo en cuenta concreto de resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup> y un acero de refuerzo de resistencia 4200 kg/cm<sup>2</sup>, con un total de carga viva de 100 kgf/m<sup>2</sup>, una carga muerta estimada de 1008 kgf/m<sup>2</sup> y una sobrecarga de 250 kgf/m<sup>2</sup>, esta losa fue diseñada para una luz crítica de 3.35 m.

**Tabla 3**

*Predimensionamiento de viga principal*

<b>PREDIMENSIONAMIENTO DE VIGAS PRINCIPALES</b>			
<b>ELEMENTO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>DIMENSIÓN PREDIMENSIONADA</b>	<b>DIMENSIÓN DETERMINADA</b>
	DE ACUERDO A		
<b>TIPO DE VIGA</b>	LA DIRECCIÓN DE VIGUETAS	PRINCIPAL	PRINCIPAL
<b>MATERIAL</b>	COMPOSICIÓN DE ELEMENTOS DE VIGA	CONCRETO F'c 210 kg/cm <sup>2</sup> ACERO F'y 4200 kg/cm <sup>2</sup>	CONCRETO F'c 210 kg/cm <sup>2</sup> ACERO F'y 4200 kg/cm <sup>2</sup>
<b>PERALTE</b>	LONGITUD TOTAL DESDE LA BASE A LA CARA SUPERIOR	60 cm	POR VERIFICAR
<b>BASE</b>	LONGITUD DE BASE DE VIGA	30 cm	POR VERIFICAR
<b>LUZ CRÍTICA</b>	DISTANCIA ENTRE APOYOS	6.03 m	6.03 m
<b>CARGA VIVA</b>	CARGA VIVA CARACTERÍSTICA	100 kg/m <sup>2</sup>	100 kg/m <sup>2</sup>

<b>CARGA MUERTA</b>	CARGA MUERTA CARACTERÍSTICA	820 kg/m <sup>2</sup>	820 kg/m <sup>2</sup>
<b>SOBRECARGA</b>	SOBRECARGA CARACTERÍSTICA	250 kg/m <sup>2</sup>	250 kg/m <sup>2</sup>

Nota. Para el predimensionamiento de las vigas principales se pudo determinar que a partir de un concreto de resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup> y una resistencia del acero de 4200 kg/cm<sup>2</sup>, las dimensiones de la sección de la viga principal fue de 30 x 60 cm, dichas dimensiones se determinaron a partir de la determinación de las cargas las cuales fueron de 100, 820 y 250 kg/m<sup>2</sup> para las cargas vivas, cargas muertas y sobrecarga característica respectivamente.

**Tabla 4**  
*Predimensionamiento de viga secundaria*

<b>PREDIMENSIONAMIENTO DE VIGAS SECUNDARIAS</b>			
<b>ELEMENTO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>DIMENSIÓN PREDIMENSIONADA</b>	<b>DIMENSIÓN DETERMINADA</b>
	DE ACUERDO A		
<b>TIPO DE VIGA</b>	LA DIRECCIÓN DE VIGUETAS	SECUNDARIA	SECUNDARIA
<b>MATERIAL</b>	COMPOSICIÓN DE ELEMENTOS DE VIGA	CONCRETO F'c 210 kg/cm <sup>2</sup> ACERO F'y 4200 kg/cm <sup>2</sup>	CONCRETO F'c 210 kg/cm <sup>2</sup> ACERO F'y 4200 kg/cm <sup>2</sup>
<b>PERALTE</b>	LONGITUD TOTAL DESDE LA BASE A LA CARA SUPERIOR	35 cm	POR VERIFICAR
<b>BASE</b>	LONGITUD DE BASE DE VIGA	30 cm	POR VERIFICAR
<b>LUZ CRÍTICA</b>	DISTANCIA ENTRE APOYOS	3.35 m	3.35 m
<b>CARGA VIVA</b>	CARGA VIVA CARACTERÍSTICA	100 kg/m <sup>2</sup>	100 kg/m <sup>2</sup>
<b>CARGA MUERTA</b>	CARGA MUERTA CARACTERÍSTICA	820 kg/m <sup>2</sup>	820 kg/m <sup>2</sup>
<b>SOBRECARGA</b>	SOBRECARGA CARACTERÍSTICA	250 kg/m <sup>2</sup>	250 kg/m <sup>2</sup>

Nota. Para el predimensionamiento de las vigas principales se pudo determinar que a partir de un concreto de resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup> y una resistencia del acero de 4200

kg/cm<sup>2</sup>, las dimensiones de la sección de la viga principal fue de 30 x 35 cm, dichas dimensiones se determinaron a partir de la determinación de las cargas las cuales fueron de 100, 820 y 250 kg/m<sup>2</sup> para las cargas vivas, cargas muertas y sobrecarga característica respectivamente.

**Tabla 5**

*Predimensionamiento de columnas*

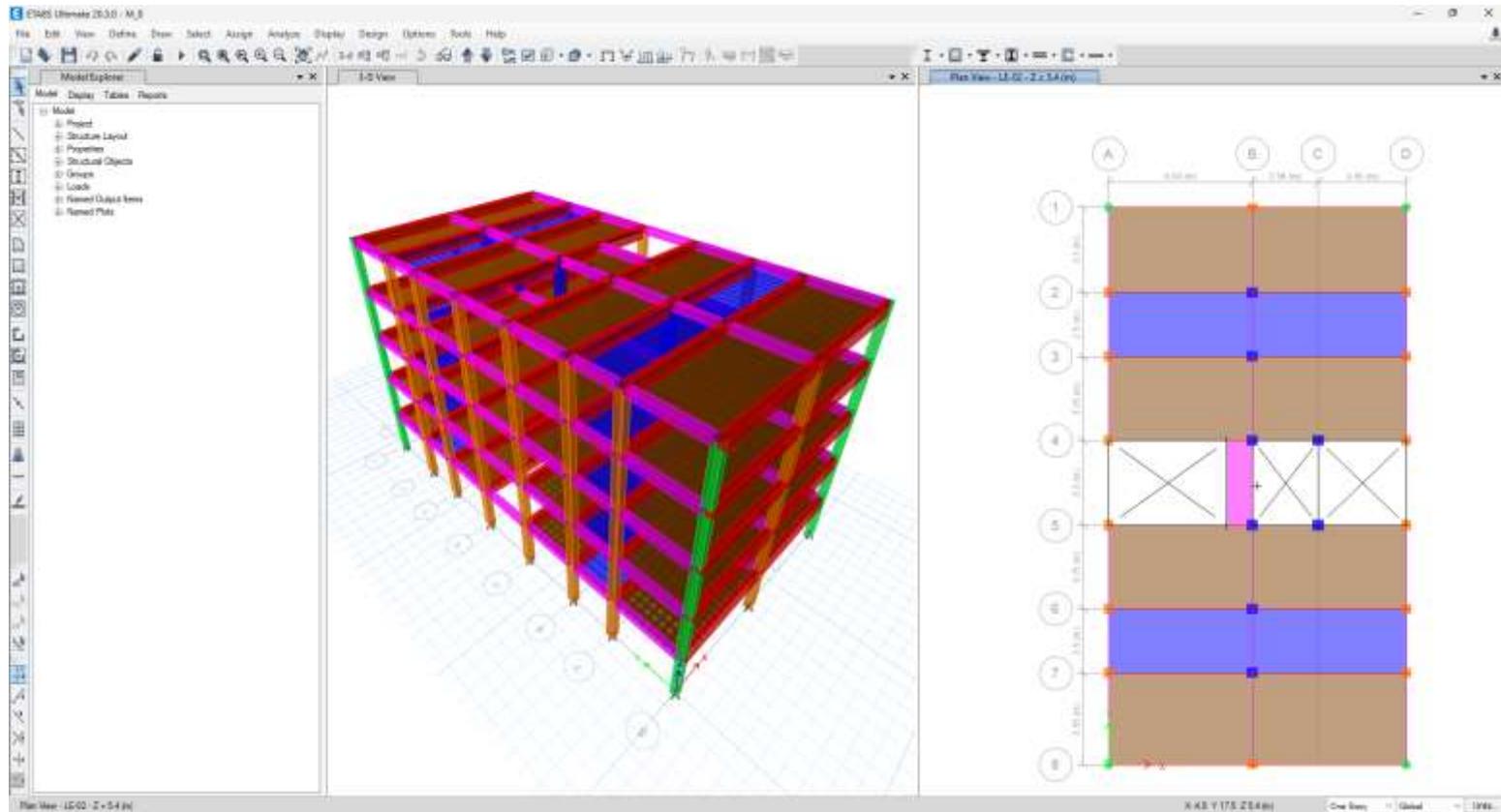
<b>PREDIMENSIONAMIENTO DE COLUMNAS</b>			
<b>ELEMENTO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>DIMENSIÓN PREDIMENSIONADA</b>	<b>DIMENSIÓN DETERMINADA</b>
<b>CATEGORÍA DE LA EDIFICACIÓN</b>	EDIFICACIÓN MULTIFAMILIAR	C	C
<b>ZONA SÍSMICA</b>	AMARILIS - HUÁNUCO	2	2
<b>TIPO DE SUELO</b>	SUELO INTERMEDIO	S2	S2
<b>PERIODO FUNDAMENTAL</b>	TIEMPO QUE TARDA EN DAR UNA VIBRACIÓN	1.00	1.00
<b>ALTURA</b>	PISOS * ALTURA DE ENTREPISO	13.50 m	13.50 m
<b>P. U</b>	COEFICIENTE DE CATEGORÍA	1.00	1.00
<b>P. Z</b>	COEFICIENTE DE ZONA	0.25	0.25
<b>TP</b>	PERIODO POR TIPO DE SUELO	0.60	0.60
<b>S</b>	COEFICIENTE DE SUELO	1.15	1.15
<b>CT</b>	-	35.00	35.00
<b>T</b>	-	0.39	0.39
<b>C</b>	FACTOR DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA	2.50	2.50
<b>ZUCS</b>	FUERZA CORTANTE	0.72	0.72
<b>MATERIAL</b>		CONCRETO F'c 210 kg/cm <sup>2</sup>	CONCRETO F'c 210 kg/cm <sup>2</sup>

	COMPOSICIÓN DE ELEMENTOS DE COLUMNA	ACERO F'y 4200 kg/cm <sup>2</sup>	ACERO F'y 4200 kg/cm <sup>2</sup>
<b>CARGA VIVA</b>	CARGA VIVA CARACTERÍSTICA	100 kg/m <sup>2</sup>	100 kg/m <sup>2</sup>
<b>CARGA MUERTA</b>	CARGA MUERTA CARACTERÍSTICA	1010 kg/m <sup>2</sup>	1010 kg/m <sup>2</sup>
<b>SOBRECARGA</b>	SOBRECARGA CARACTERÍSTICA	250 kg/m <sup>2</sup>	250 kg/m <sup>2</sup>
<b>TIPO DE COLUMNA</b>	DE ACUERDO A LA POSICIÓN DE LA COLUMNA	<i>ESQUINA</i>	<i>ESQUINA</i>
<b>LARGO</b>	LARGO DE COLUMNA	30 cm	POR VERIFICAR
<b>ANCHO</b>	ANCHO DE COLUMNA	35 cm	POR VERIFICAR
<b>TIPO DE COLUMNA</b>	DE ACUERDO A LA POSICIÓN DE LA COLUMNA	<i>LATERAL</i>	<i>LATERAL</i>
<b>LARGO</b>	LARGO DE COLUMNA	40 cm	POR VERIFICAR
<b>ANCHO</b>	ANCHO DE COLUMNA	35 cm	POR VERIFICAR
<b>TIPO DE COLUMNA</b>	DE ACUERDO CON LA POSICIÓN DE LA COLUMNA	<i>CENTRAL</i>	<i>CENTRAL</i>
<b>LARGO</b>	LARGO DE COLUMNA	40 cm	POR VERIFICAR
<b>ANCHO</b>	ANCHO DE COLUMNA	45 cm	POR VERIFICAR

Nota. Según el tipo de edificación y el uso que se le va a dar de multifamiliar se categoriza como una edificación C, según la ubicación del proyecto que es en la región de Huánuco se pudo identificar que se encuentran en una zona sísmica 2, a partir de la caracterización del suelo se determinó que es un suelo intermedio de tipo S2, a partir de la vibración de la edificación se determinó que es de tipo 1, según la distribución arquitectónica se pudo determinar que la altura total de la edificación es de 13.50 m, el coeficiente de cortante para la edificación es de 0.72, con los parámetros presentados y teniendo en cuenta las cargas que afectarían a las columnas se pudo determinar las secciones de las columnas las cuales fueron de 30x35, 40x35 y 40x45 cm para las columnas de esquina, lateral y central respectivamente.

**Figura 5**

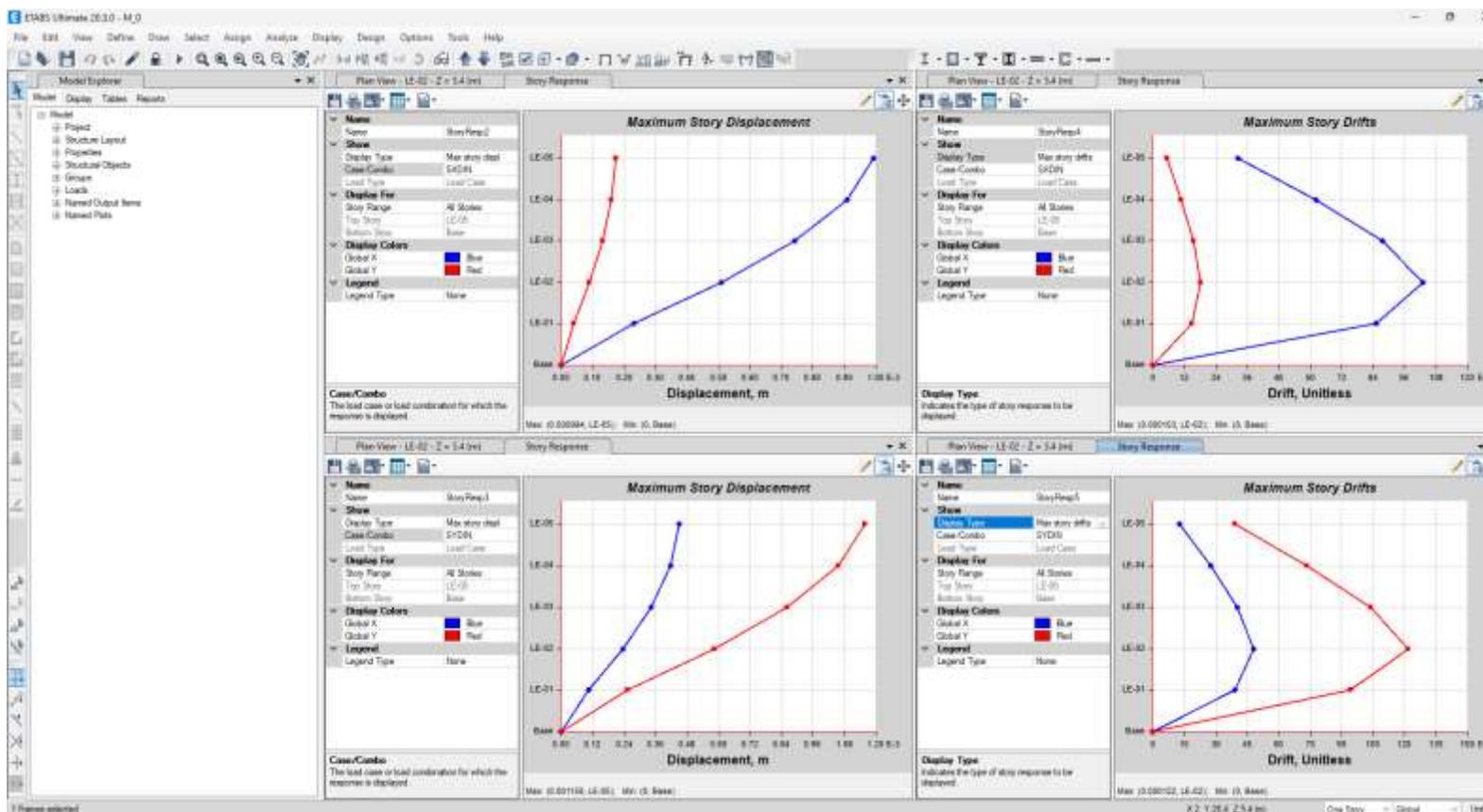
*Modelo básico ETABS*



Nota. Se elaboró un modelo de la edificación con las dimensiones predimensionadas anteriormente con la finalidad de identificar el comportamiento de la edificación, dentro del modelo se recargaron los valores de cargas y sobrecargas, así como el espectro de sismo planteado por el reglamento peruano.

**Figura 6**

*Análisis de desplazamientos y derivas*



Nota. A partir del espectro sísmico de diseño se pudo determinar los resultados de la deriva y desplazamiento de la edificación, dichos resultados fueron analizados para determinar las derivas máximas.

**Tabla 6***Análisis de derivas y desplazamientos X*

<b>ANÁLISIS DE DESPLAZAMIENTOS Y DERIVAS</b>							
<b>X-X</b>							
<b>PISO</b>	<b>ELEVACIÓN</b>	<b>DESP-1</b>	<b>DESP-2</b>	<b>DERV-1</b>	<b>DERV-2</b>	<b>MAX-DESP-1</b>	<b>MAX-DESP-2</b>
LE-05	1350	0.0994	0.0173	0.000033	0.000005	0.67592	0.11764
LE-04	1080	0.0908	0.0159	0.000062	0.000011	0.61744	0.10812
LE-03	810	0.0743	0.013	0.000088	0.000015	0.50524	0.0884
LE-02	540	0.0508	0.0089	0.000103	0.000018	0.34544	0.06052
LE-01	270	0.023	0.004	0.000085	0.000015	0.1564	0.0272
Base	0	0	0	0	0	0	0
<b>MÁXIMA DERIVA</b>							0.0007004
<b>MÁXIMO DESPLAZAMIENTO</b>							0.189108

Nota. Con la determinación de los desplazamiento y derivas en el sentido X-X de la edificación se pudo determinar que el desplazamiento máximo de la edificación es de 0.0094 cm, la deriva máxima de la edificación es de 0.000103, partiendo de la caracterización de los parámetros de diseño de concreto armado se determinó que la máxima deriva es de 0.0007 y el máximo desplazamiento de la edificación es de 0.189 cm, dichos valores se encuentran dentro de los límites para la deriva de elementos de concreto armado que es de 0.007 y un máximo desplazamiento de 1.89 cm.

**Tabla 7**

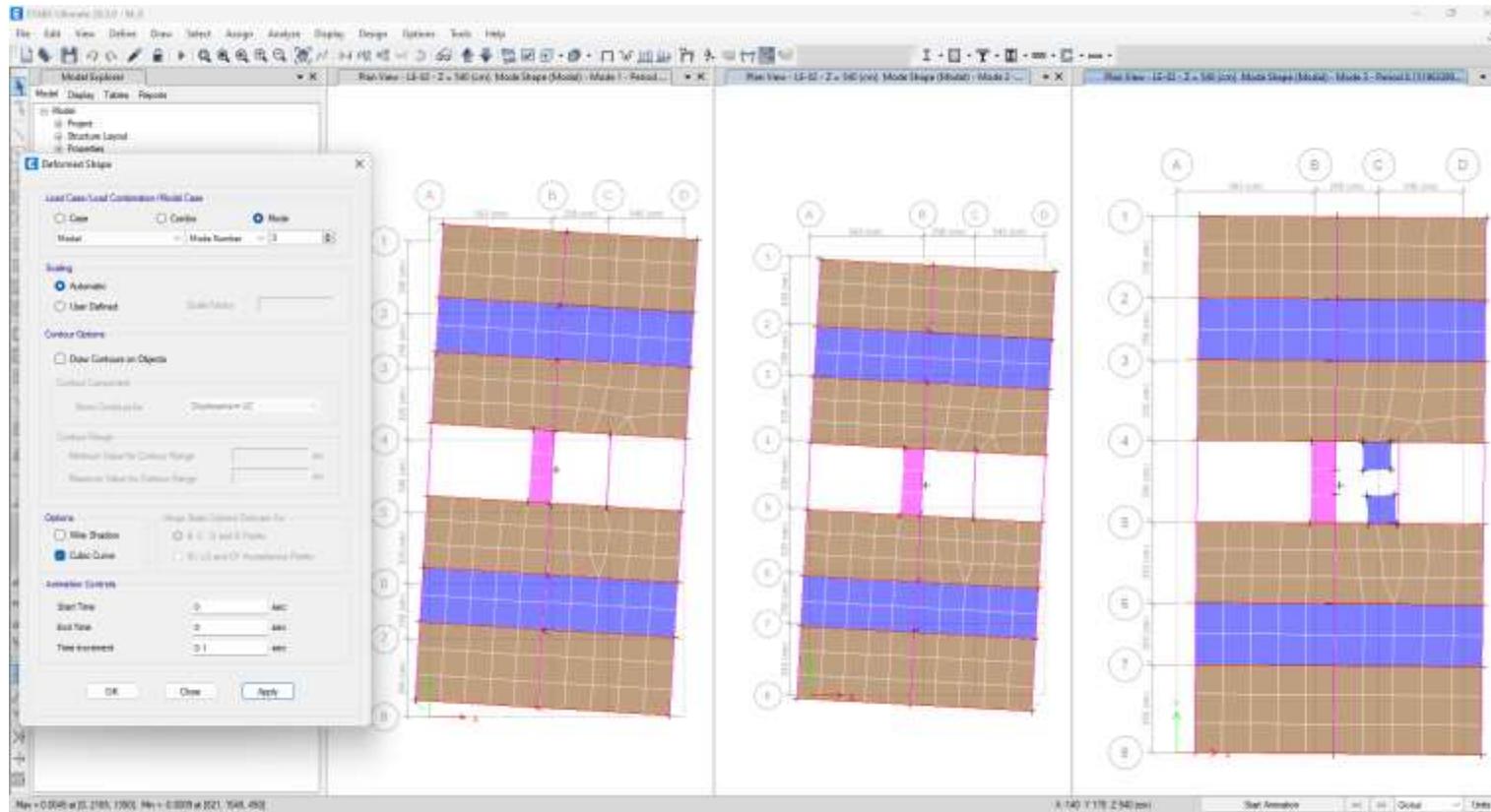
Análisis de derivas y desplazamientos Y

ANÁLISIS DE DESPLAZAMIENTOS Y DERIVAS							
Y-Y							
PISO	ELEVACIÓN	DESP-1	DESP-2	DERV-1	DERV-2	MAX-DESP-1	MAX-DESP-2
LE-05	1350	0.0449	0.1158	0.000013	0.000039	0.000039	0.78744
LE-04	1080	0.0416	0.1056	0.000027	0.000073	0.000073	0.71808
LE-03	810	0.0343	0.0861	0.00004	0.000104	0.000104	0.58548
LE-02	540	0.0235	0.0583	0.000048	0.000122	0.000122	0.39644
LE-01	270	0.0105	0.0254	0.000039	0.000094	0.000094	0.17272
Base	0	0	0	0	0	0	0
<b>MÁXIMA DERIVA</b>							0.0008296
<b>MÁXIMO DESPLAZAMIENTO</b>							0.223992

Nota. Con la determinación de los desplazamiento y derivas en el sentido Y-Y de la edificación se pudo determinar que el desplazamiento máximo de la edificación es de 0.1158 cm, la deriva máxima de la edificación es de 0.000122, partiendo de la caracterización de los parámetros de diseño de concreto armado se determinó que la máxima deriva es de 0.0008 y el máximo desplazamiento de la edificación es de 0.223 cm, dichos valores se encuentran dentro de los límites para la deriva de elementos de concreto armado que es de 0.007 y un máximo desplazamiento de 1.89 cm.

**Figura 7**

*Análisis de desplazamiento modal*



Nota. Otro parámetro de análisis del comportamiento sísmico de la edificación es la determinación de los comportamientos modales para lo cual se establece que los 3 primeros modos se deben desplazar en los ejes X, Y y rotación en Z, con lo cual se pudo evidenciar que el primer modo presenta una rotación al igual que el segundo modo de análisis, con lo cual se indica el mal comportamiento de la edificación.

**Tabla 8**

*Periodo de desplazamiento y participación modal*

TABLE: Modal Participating Mass Ratios												
Case	Mode	Period	UX	UY	SumUX	SumUY	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
		sec										
Modal	1	0.171	0.0012	0.3843	0.0012	0.3843	0.0774	0.0002	0.4624	0.0774	0.0002	0.4624
Modal	2	0.165	0.0065	0.4555	0.0077	0.8399	0.0944	0.0013	0.3827	0.1717	0.0015	0.8451
Modal	3	0.152	0.8407	0.0013	0.8483	0.8412	0.0003	0.1632	0.0064	0.172	0.1647	0.8515
Modal	4	0.056	0.0002	0.0508	0.8485	0.892	0.3332	0.0014	0.0491	0.5052	0.1661	0.9006
Modal	5	0.054	0.0006	0.051	0.8491	0.943	0.3331	0.0036	0.0487	0.8384	0.1697	0.9494
Modal	6	0.05	0.102	0.00003846	0.9511	0.943	0.0002	0.689	0.0007	0.8386	0.8588	0.9501
Modal	7	0.033	0.0001	0.0124	0.9512	0.9554	0.0255	0.0002	0.0219	0.8641	0.859	0.972
Modal	8	0.032	0.0001	0.0242	0.9514	0.9796	0.051	0.0002	0.0113	0.9151	0.8593	0.9833
Modal	9	0.03	0.0325	0.00001248	0.9839	0.9796	0.00003994	0.0667	0.0003	0.9152	0.9259	0.9835
Modal	10	0.024	0.0001	0.0017	0.984	0.9813	0.008	0.0005	0.0115	0.9231	0.9264	0.995
Modal	11	0.023	0.0002	0.0141	0.9842	0.9954	0.0633	0.001	0.0014	0.9865	0.9274	0.9965
Modal	12	0.022	0.0126	0.0001	0.9968	0.9955	0.0005	0.064	0.0002	0.987	0.9913	0.9967
Modal	13	0.02	0.00002964	0.0002	0.9968	0.9958	0.0006	0.0001	0.0031	0.9876	0.9914	0.9998
Modal	14	0.018	0.002	0.0018	0.9988	0.9975	0.0052	0.0053	0.00002673	0.9928	0.9967	0.9998
Modal	15	0.018	0.0012	0.0025	1	1	0.0072	0.0033	0.0002	1	1	1

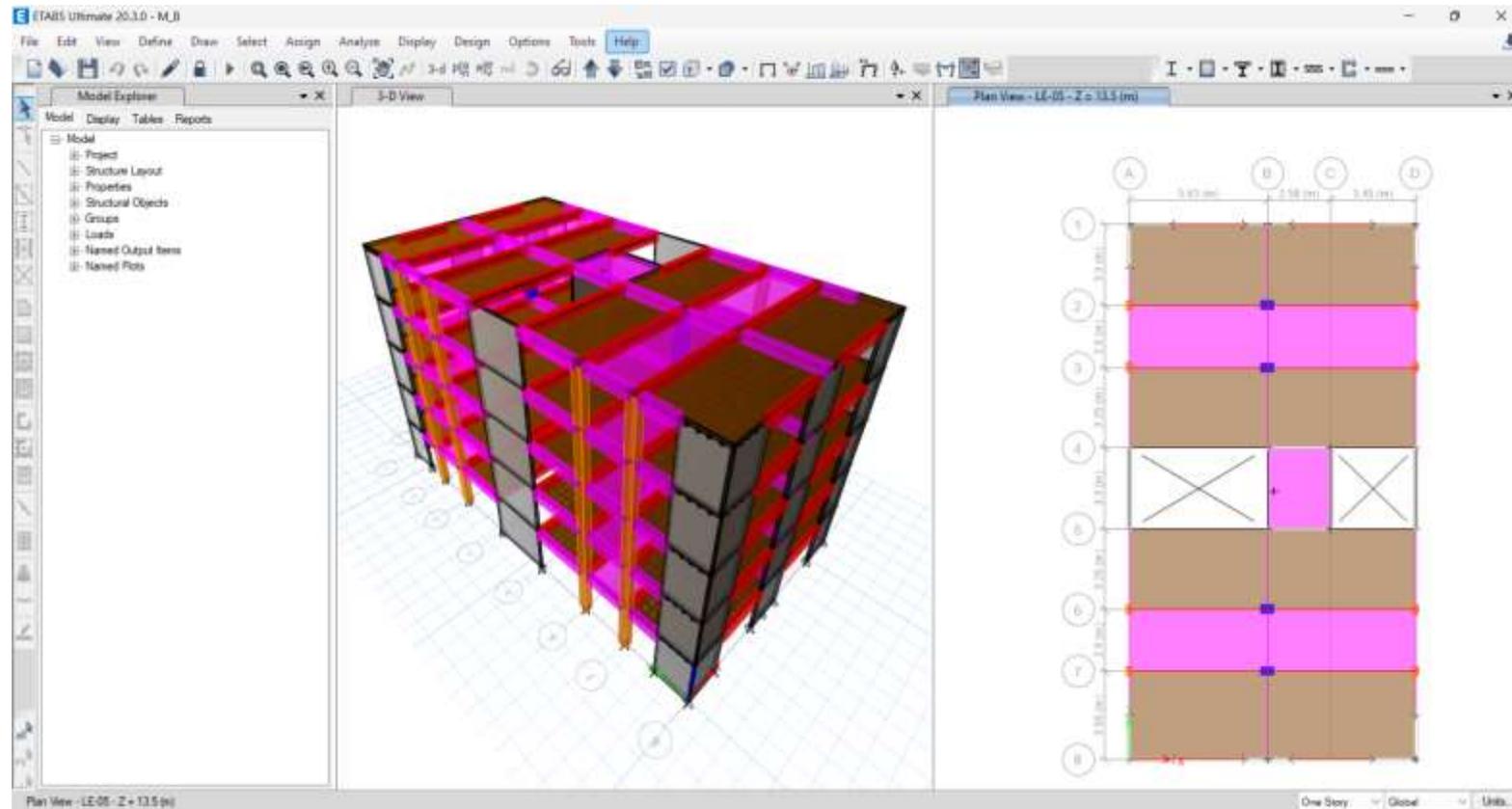
Nota. A partir de la información recolectada del modelo en el software ETABS se pudo determinar que el periodo de vibración de la edificación es 0.17 seg. del comportamiento modal se pudo identificar que en los 3 primeros modos se presenta una rotación el cual no evidencia un comportamiento adecuado de acuerdo con un análisis modal de la edificación.

#### **4.1.3. ESTRUCTURA OPTIMIZADA**

Con la identificación de las deficiencias estructurales que presenta la edificación se pudo mejorar el comportamiento sísmico teniendo en cuenta el incremento de placas de 20 cm de espesor para el control de la rotación, el redimensionamiento de las columnas teniendo secciones de 40x55, 30x35 y 45x35 cm, las dimensiones de las vigas fueron redimensionadas a 30x45 ambos incluyendo losas macizas y losas aligeradas en 2 direcciones. Con lo cual se pudo determinar lo siguiente:

**Figura 8**

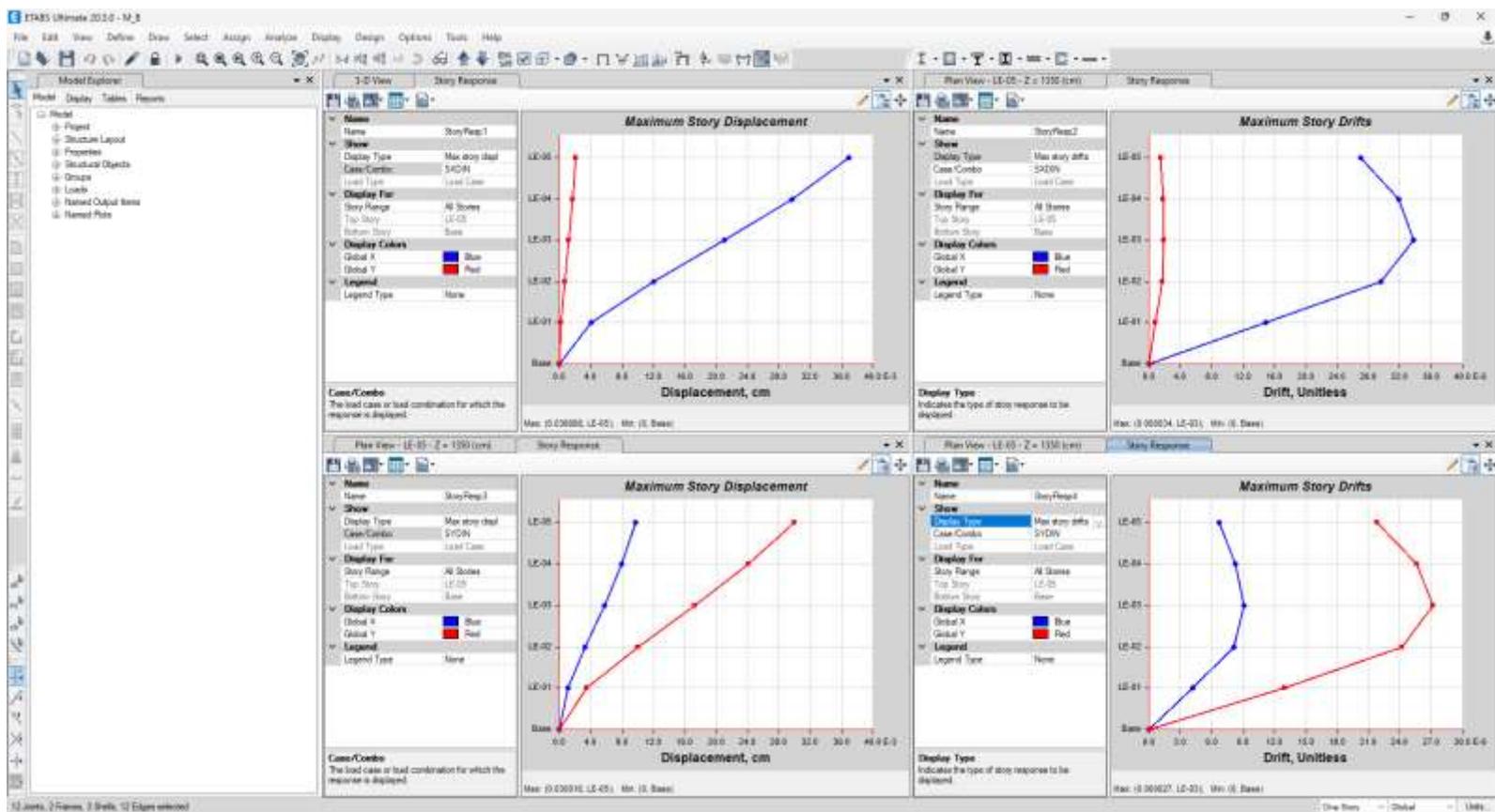
*Modelo optimizado ETABS*



Nota. Se elaboró un modelo de la edificación con las dimensiones modificadas anteriormente con la finalidad de mejorar el comportamiento de la edificación, dentro del modelo se recargaron los valores de cargas y sobrecargas, así como el espectro de sismo planteado por el reglamento peruano.

Figura 9

Análisis de desplazamientos y derivas



Nota. A partir del espectro sísmico de diseño se pudo determinar los resultados de la deriva y desplazamiento de la edificación, dichos resultados fueron analizados para determinar las derivas máximas.

**Tabla 9***Análisis de derivas y desplazamientos X*

ANÁLISIS DE DESPLAZAMIENTOS Y DERIVAS							
X-X							
PISO	ELEVACIÓN	DESP-1	DESP-2	DERV-1	DERV-2	MAX-DESP-1	MAX-DESP-2
LE-05	1350	0.0369	0.0021	0.000027	0.000001	0.25092	0.01428
LE-04	1080	0.0296	0.0017	0.000032	0.000002	0.20128	0.01156
LE-03	810	0.0211	0.0012	0.000034	0.000002	0.14348	0.00816
LE-02	540	0.012	0.0007	0.00003	0.000002	0.0816	0.00476
LE-01	270	0.004	0.0002	0.000015	0.000001	0.0272	0.00136
Base	0	0	0	0	0	0	0
<b>MÁXIMA DERIVA</b>							0.0002312
<b>MÁXIMO DESPLAZAMIENTO</b>							0.062424

Nota. Con la determinación de los desplazamiento y derivas en el sentido X-X de la edificación se pudo determinar que el desplazamiento máximo de la edificación es de 0.0369 cm, la deriva máxima de la edificación es de 0.000034, partiendo de la caracterización de los parámetros de diseño de concreto armado se determinó que la máxima deriva es de 0.0002 y el máximo desplazamiento de la edificación es de 0.062 cm, dichos valores se encuentran dentro de los límites para la deriva de elementos de concreto armado que es de 0.007 y un máximo desplazamiento de 1.89 cm.

**Tabla 10**

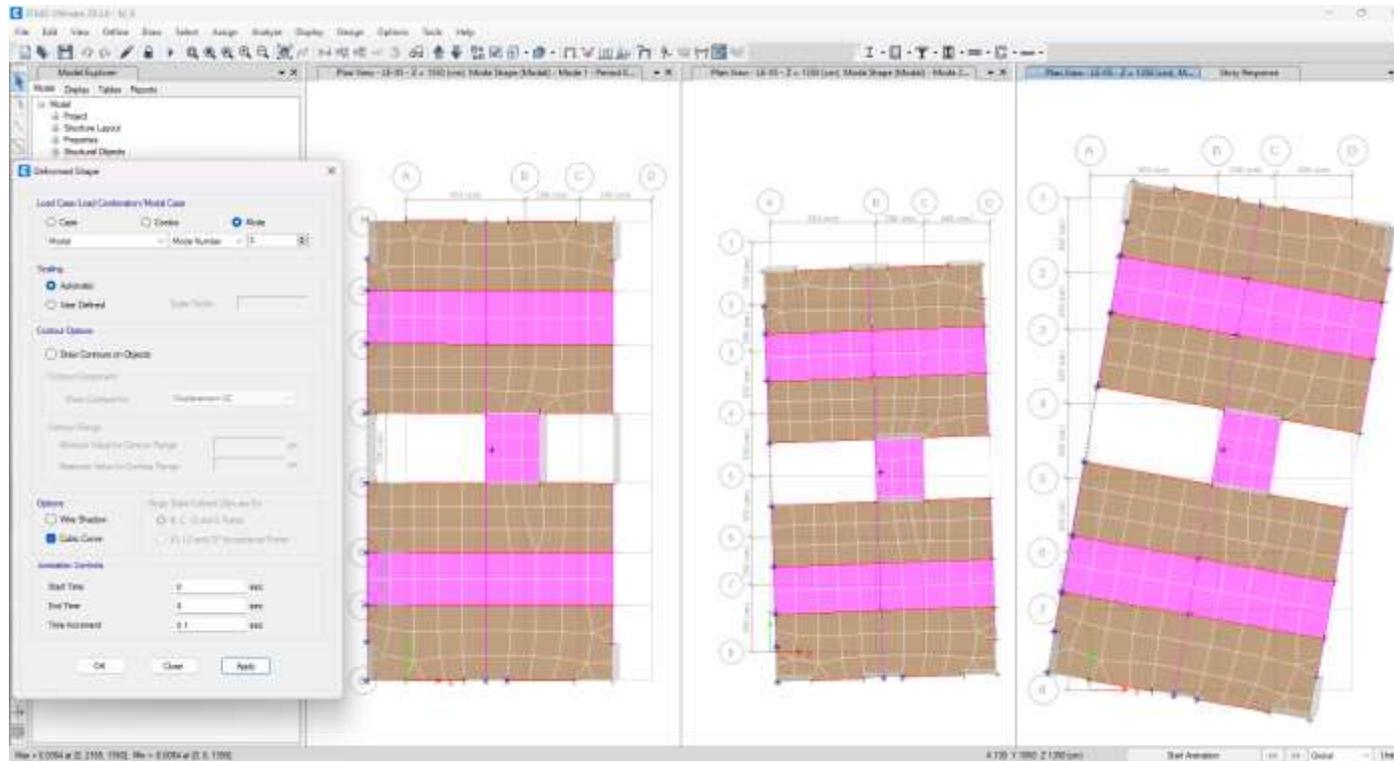
Análisis de derivas y desplazamientos Y

ANÁLISIS DE DESPLAZAMIENTOS Y DERIVAS							
Y-Y							
PISO	ELEVACIÓN	DESP-1	DESP-2	DERV-1	DERV-2	MAX-DESP-1	MAX-DESP-2
LE-05	1350	0.0098	0.03	0.000007	0.000022	0.000039	0.204
LE-04	1080	0.008	0.0242	0.000008	0.000026	0.000073	0.16456
LE-03	810	0.0058	0.0173	0.000009	0.000027	0.000104	0.11764
LE-02	540	0.0033	0.01	0.000008	0.000024	0.000122	0.068
LE-01	270	0.0011	0.0035	0.000004	0.000013	0.000094	0.0238
Base	0	0	0	0	0	0	0
<b>MÁXIMA DERIVA</b>							0.0001836
<b>MÁXIMO DESPLAZAMIENTO</b>							0.049572

Nota. Con la determinación de los desplazamiento y derivas en el sentido Y-Y de la edificación se pudo determinar que el desplazamiento máximo de la edificación es de 0.03 cm, la deriva máxima de la edificación es de 0.000027, partiendo de la caracterización de los parámetros de diseño de concreto armado se determinó que la máxima deriva es de 0.00018 y el máximo desplazamiento de la edificación es de 0.049 cm, dichos valores se encuentran dentro de los límites para la deriva de elementos de concreto armado que es de 0.007 y un máximo desplazamiento de 1.89 cm.

**Figura 10**

*Análisis de desplazamiento modal*



Nota. Otro parámetro de análisis del comportamiento sísmico de la edificación es la determinación de los comportamientos modales para lo cual se establece que los 3 primeros modos se deben desplazar en los ejes X, Y y rotación en Z, con lo cual se pudo evidenciar que los comportamientos modales están de acuerdo con lo indicado en la normativa peruana.

**Tabla 11**

*Periodo de desplazamiento y participación modal*

TABLE: Modal Participating Mass Ratios												
Case	Mode	Period	UX	UY	SumUX	SumUY	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
		sec										
Modal	1	0.096	0.7459	0	0.7459	0	0	0.2918	0.00003488	0	0.2918	0.00003488
Modal	2	0.079	0.0000027	0.7217	0.7459	0.7217	0.2732	0.000001151	0.031	0.2732	0.2918	0.00004856
Modal	3	0.063	0.00002871	0.0303	0.7459	0.7519	0.0124	0.00001171	0.723	0.2856	0.2918	0.754
Modal	4	0.025	0.1628	0	0.9088	0.7519	0.00000157	0.4646	0.000004027	0.2856	0.7564	0.754
Modal	5	0.022	6.576E-07	0.1605	0.9088	0.9124	0.4713	0.000004676	0.0053	0.7569	0.7564	0.7594
Modal	6	0.017	0.000004353	0.0068	0.9088	0.9193	0.0192	0.00001271	0.1539	0.7761	0.7564	0.9133
Modal	7	0.012	0.0597	0	0.9684	0.9193	0	0.1435	0.000001856	0.7761	0.8999	0.9133
Modal	8	0.011	0	0.0528	0.9684	0.9721	0.1329	0	0.0018	0.909	0.8999	0.915
Modal	9	0.008	0.000001572	0.0013	0.9684	0.9734	0.0036	0.000003957	0.0558	0.9126	0.8999	0.9709
Modal	10	0.007	0.0245	0	0.993	0.9734	0	0.0785	0.000001089	0.9126	0.9784	0.9709
Modal	11	0.007	0	0.0208	0.993	0.9942	0.0691	5.058E-07	0.0005	0.9817	0.9784	0.9714
Modal	12	0.006	0.007	0	1	0.9942	0	0.0216	0	0.9817	1	0.9714
Modal	13	0.006	0	0.0056	1	0.9998	0.0178	0	0.000002282	0.9995	1	0.9714
Modal	14	0.005	0	0.0001	1	1	0.0004	8.039E-07	0.0226	0.9999	1	0.994
Modal	15	0.004	0	0.00003383	1	1	0.0001	0	0.006	1	1	1

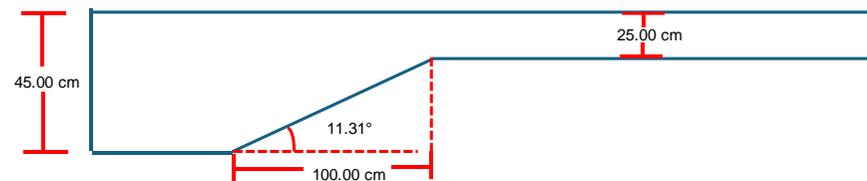
Nota. A partir de la información recolectada del modelo en el software ETABS se pudo determinar que el periodo de vibración de la edificación es 0.09 seg. del comportamiento modal se pudo identificar que en los 2 primeros modos se presenta una rotación ínfima que se puede despreciar con lo cual se evidencia un comportamiento adecuado de la edificación.

#### 4.1.4. PREDIMENSIONAMIENTO DE VIGAS DE SECCIÓN VARIABLE

Tabla 12

*Predimensionamiento en sentido principal*

PREDIMENSIONAMIENTO DE VIGAS SECCIÓN VARIABLE			
ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	MÁXIMO	MÍNIMO
LUZ	DISTANCIA ENTRE PUNTOS DE APOYO	450.00 cm	
LÍMITES DE PERALTE INICIAL	DIMENSIÓN INICIAL DE VIGA	45.00 cm	67.50 cm
PERALTE INICIAL	DIMENSIÓN INICIAL DE VIGA	45.00 cm	
LÍMITES PRERALTE DE DESARROLLO	DIMENSIÓN DE DESARROLLO	22.50 cm	38.25 cm
PERALTE DE DESARROLLO	DIMENSIÓN DE DESARROLLO	25.00 cm	
LÍMITES DE DISTANCIA DE DESARROLLO	LONGITUD HORIZONTAL DE DESVIACIÓN	90.00 cm	180.00 cm
DISTANCIA DE DESARROLLO	LONGITUD HORIZONTAL DE DESVIACIÓN	100.00 cm	
ÁNGULO	INCLINACIÓN DE DESARROLLO	11.31°	
BASE DE VIGA	DIMENSIÓN DE BASE DE VIGA	30.00 cm	30.00 cm



Nota. Para el predimensionamiento de las vigas de sección variable en dirección principal se determinó que la luz crítica es de 450 cm, con ello se pudo determinar que el peralte inicial de la sección de la viga es de 45 cm, el peralte de la zona de desarrollo se estimó en 25 cm y la distancia horizontal de la inclinación es de 100 cm, con lo cual se determina que el ángulo de inclinación de perfil cambiante es de 11.31°.

**Tabla 13**

*Predimensionamiento en sentido secundario*

PREDIMENSIONAMIENTO DE VIGAS SECCIÓN VARIABLE			
ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	MÁXIMO	MÍNIMO
LUZ	DISTANCIA ENTRE PUNTOS DE APOYO		355.00 cm
LÍMITES DE PERALTE INICIAL	DIMENSIÓN INICIAL DE VIGA	35.50 cm	53.25 cm
PERALTE INICIAL	DIMENSIÓN INICIAL DE VIGA		40.00 cm
LÍMITES PRERALTE DE DESARROLLO	DIMENSIÓN DE DESARROLLO	20.00 cm	34.00 cm
PERALTE DE DESARROLLO	DIMENSIÓN DE DESARROLLO		20.00 cm
LÍMITES DE DISTANCIA DE DESARROLLO	LONGITUD HORIZONTAL DE DESVIACIÓN	71.00 cm	142.00 cm
DISTANCIA DE DESARROLLO	LONGITUD HORIZONTAL DE DESVIACIÓN		80.00 cm
ÁNGULO	INCLINACIÓN DE DESARROLLO		14.04°
BASE DE VIGA	DIMENSIÓN DE BASE DE VIGA	30.00 cm	30.00 cm

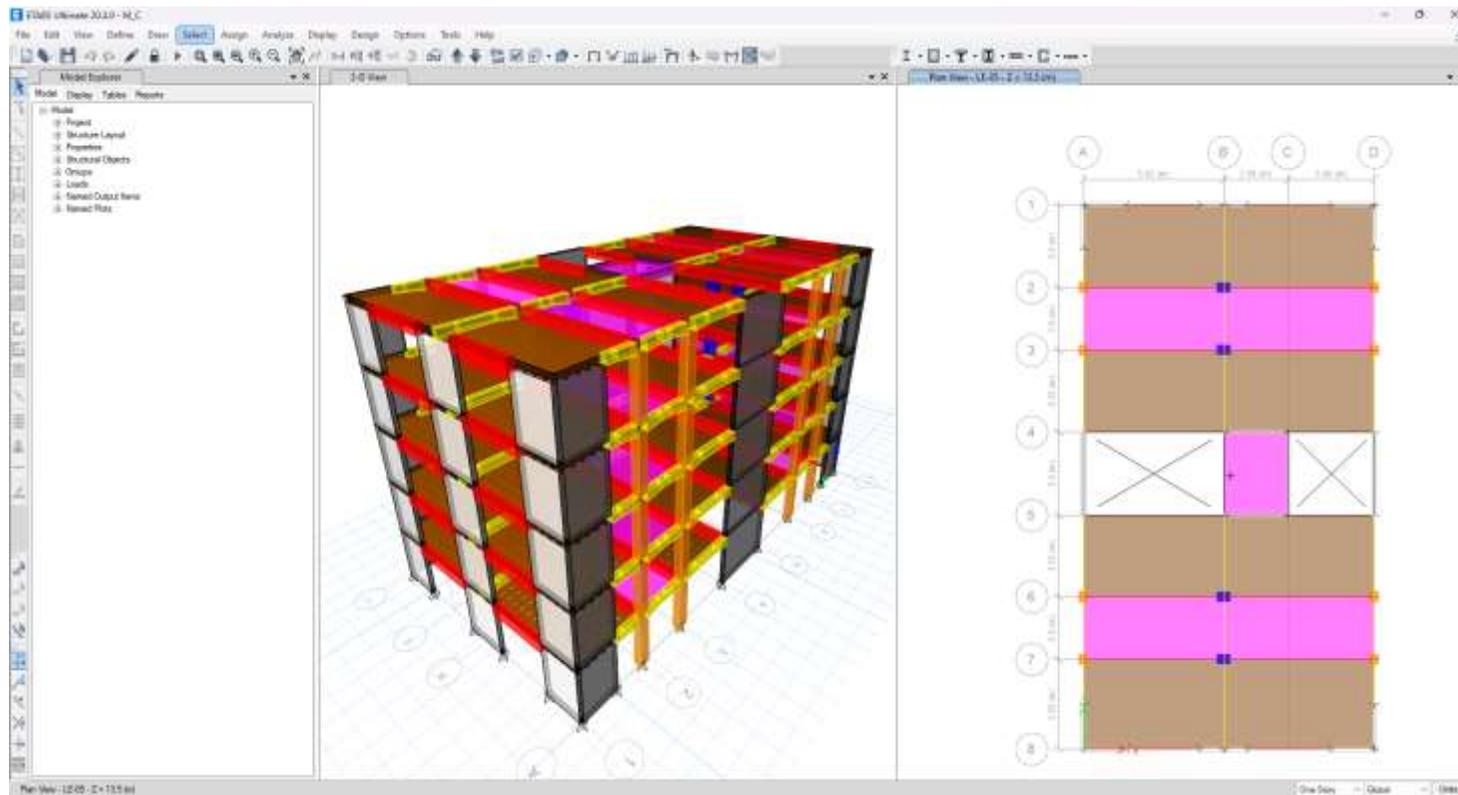
  

Nota. Para el predimensionamiento de las vigas de sección variable en dirección secundaria se determinó que la luz crítica es de 355 cm, con ello se pudo determinar que el peralte inicial de la sección de la viga es de 40 cm, el peralte de la zona de desarrollo se estimó en 20 cm y la distancia horizontal de la inclinación es de 80 cm, con lo cual se determina que el ángulo de inclinación de perfil cambiante es de 14.04°.

#### 4.1.5. MODELO MEJORADO: VIGAS DE SECCIÓN VARIABLE Y

Figura 11

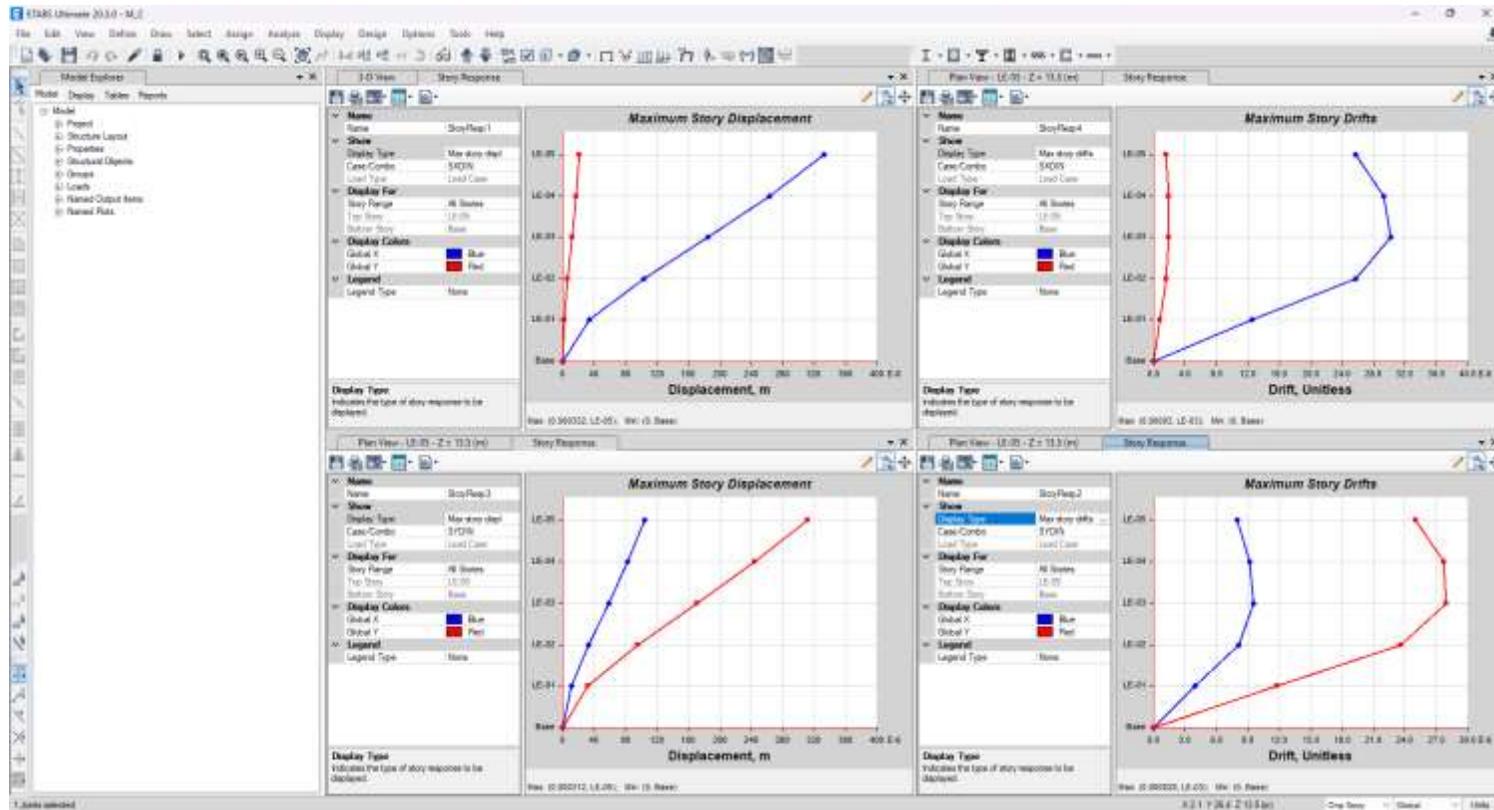
Modelo sección variable Y ETABS



Nota. Se elaboró el modelo de la edificación con las vigas de sección variable en el sentido Y de la edificación con lo cual se elaboraron los análisis de desempeño de la edificación, con ello se determinaron las derivas, desplazamientos y periodo de vibración de la edificación.

**Figura 12**

*Análisis de desplazamientos y derivas*



Nota. A partir del espectro sísmico de diseño se pudo determinar los resultados de la deriva y desplazamiento de la edificación, dichos resultados fueron analizados para determinar las derivas máximas.

**Tabla 14***Análisis de derivas y desplazamientos X*

X-X							
PISO	ELEVACIÓN	DESP-1	DESP-2	DERV-1	DERV-2	MAX-DESP-1	MAX-DESP-2
LE-05	1350	0.000332	0.000021	0.000026	0.000002	0.0022576	0.0001428
LE-04	1080	0.000263	0.000016	0.000029	0.000002	0.0017884	0.0001088
LE-03	810	0.000184	0.000011	0.00003	0.000002	0.0012512	0.0000748
LE-02	540	0.000103	0.000006	0.000026	0.000002	0.0007004	0.0000408
LE-01	270	0.000034	0.000002	0.000013	0.000001	0.0002312	0.0000136
Base	0	0	0	0	0	0	0
<b>MÁXIMA DERIVA</b>							0.000204
<b>MÁXIMO DESPLAZAMIENTO</b>							0.05508

Nota. Con la determinación de los desplazamiento y derivas en el sentido X-X de la edificación se pudo determinar que el desplazamiento máximo de la edificación es de 0.000332 cm, la deriva máxima de la edificación es de 0.00003, partiendo de la caracterización de los parámetros de diseño de concreto armado se determinó que la máxima deriva es de 0.000204 y el máximo desplazamiento de la edificación es de 0.05508 cm, dichos valores se encuentran dentro de los límites para la deriva de elementos de concreto armado que es de 0.007 y un máximo desplazamiento de 1.89 cm.

**Tabla 15**

*Análisis de derivas y desplazamientos Y*

ANÁLISIS DE DESPLAZAMIENTOS Y DERIVAS							
Y-Y							
PISO	ELEVACIÓN	DESP-1	DESP-2	DERV-1	DERV-2	MAX-DESP-1	MAX-DESP-2
LE-05	1350	0.000104	0.000312	0.000008	0.000025	0.000039	0.0021216
LE-04	1080	0.000083	0.000245	0.000009	0.000028	0.000073	0.001666
LE-03	810	0.000058	0.00017	0.000009	0.000028	0.000104	0.001156
LE-02	540	0.000032	0.000095	0.000008	0.000024	0.000122	0.000646
LE-01	270	0.000011	0.000032	0.000004	0.000012	0.000094	0.0002176
Base	0	0	0	0	0	0	0
<b>MÁXIMA DERIVA</b>							0.0001904
<b>MÁXIMO DESPLAZAMIENTO</b>							0.051408

Nota. Con la determinación de los desplazamiento y derivas en el sentido Y-Y de la edificación se pudo determinar que el desplazamiento máximo de la edificación es de 0.000312 cm, la deriva máxima de la edificación es de 0.000028, partiendo de la caracterización de los parámetros de diseño de concreto armado se determinó que la máxima deriva es de 0.0001904 y el máximo desplazamiento de la edificación es de 0.051408 cm, dichos valores se encuentran dentro de los límites para la deriva de elementos de concreto armado que es de 0.007 y un máximo desplazamiento de 1.89 cm.

**Tabla 16**

*Periodo de desplazamiento y participación modal*

TABLE: Modal Participating Mass Ratios												
Case	Mode	Period sec	UX	UY	SumU X	SumUY	RX	RY	RZ	SumRX	SumR Y	SumRZ
Modal	1	0.09	0.7364	0.00000145 4	0.7364	0.00000145 4	0.00000117 9	0.3087	0.00004129	0.00000117 9	0.3087	0.0000412 9
Modal	2	0.08	0.00000679	0.7002	0.7365	0.7002	0.2975	0.00000302 1	0.0336	0.2975	0.3087	0.000337
Modal	3	0.062	0.00003312	0.033	0.7365	0.7332	0.0147	0.00001362	0.7051	0.3122	0.3087	0.7387
Modal	4	0.023	0.1701	9.419E-07	0.9066	0.7332	0.00000275	0.4443	0.00000499 6	0.3122	0.753	0.7387
Modal	5	0.02	0.000001446	0.173	0.9066	0.9062	0.4328	0.00000665 9	0.0067	0.745	0.753	0.7454
Modal	6	0.016	0.000004153	0.0083	0.9066	0.9144	0.0206	0.00001146	0.1638	0.7657	0.753	0.9093
Modal	7	0.011	0.0612	0	0.9678	0.9144	6.431E-07	0.1469	0.00000171 1	0.7657	0.8999	0.9093
Modal	8	0.01	0	0.0559	0.9678	0.9704	0.1411	0.00000102 7	0.002	0.9067	0.8999	0.9112
Modal	9	0.007	0.000001444	0.0014	0.9678	0.9718	0.0038	0.00000358 6	0.0585	0.9106	0.8999	0.9697

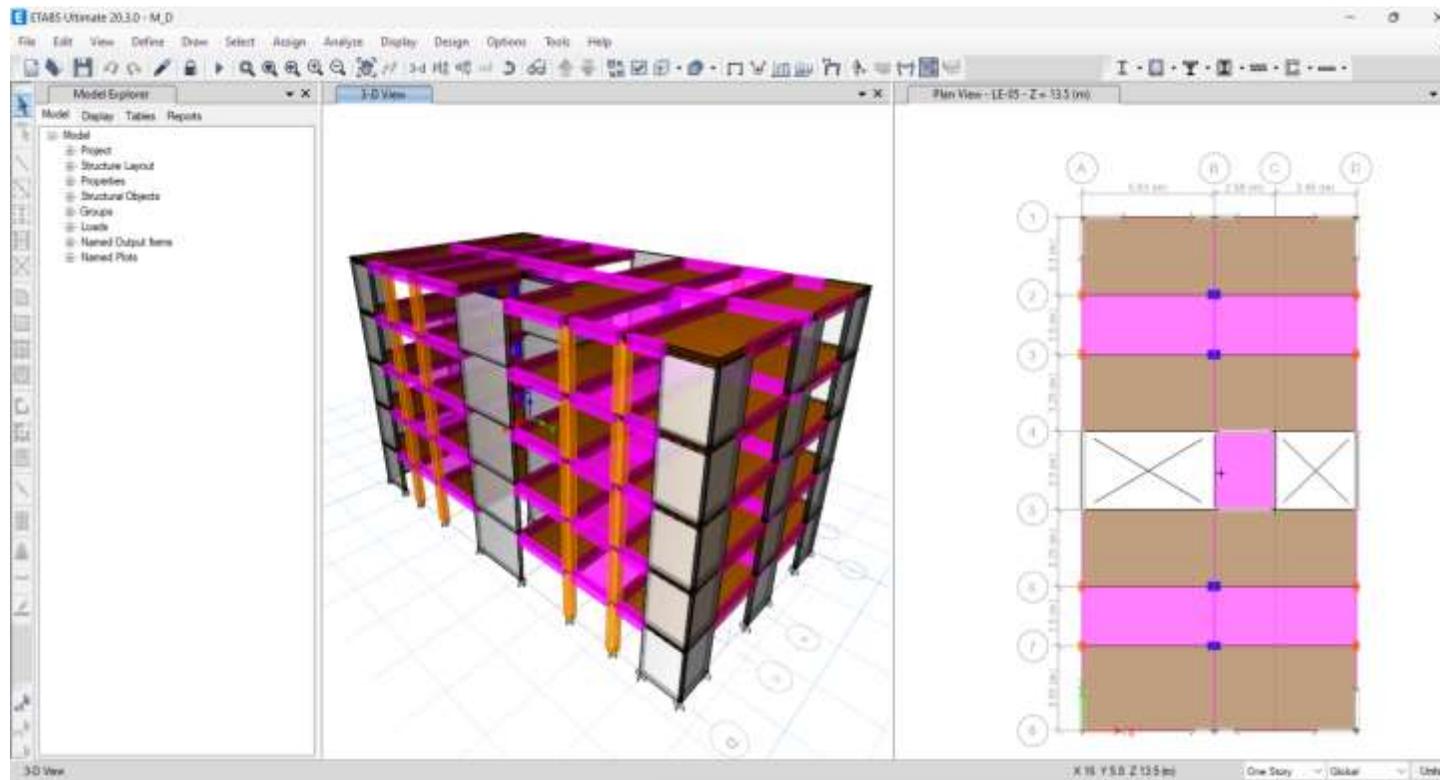
Modal	10	0.007	0.025	0	0.9928	0.9718	0	0.0781	9.996E-07	0.9106	0.978	0.9697
Modal	11	0.006	0	0.022	0.9928	0.9938	0.0699	6.545E-07	0.0006	0.9805	0.978	0.9703
Modal	12	0.005	0.0072	0	1	0.9938	0	0.022	0	0.9805	1	0.9703
Modal	13	0.005	0	0.0061	1	0.9999	0.019	0	9.439E-07	0.9995	1	0.9703
Modal	14	0.005	0	0.0001	1	1	0.0003	5.052E-07	0.0234	0.9999	1	0.9937
Modal	15	0.004	0	0.00003448	1	1	0.0001	0	0.0063	1	1	1

Nota. A partir de la información recolectada del modelo en el software ETABS se pudo determinar que el periodo de vibración de la edificación es 0.09 seg. del comportamiento modal se pudo identificar que en los 2 primeros modos se presenta una rotación ínfima que se puede despreciar con lo cual se evidencia un comportamiento adecuado de la edificación.

#### 4.1.6. MODELO MEJORADO: VIGAS DE SECCIÓN VARIABLE X

Figura 13

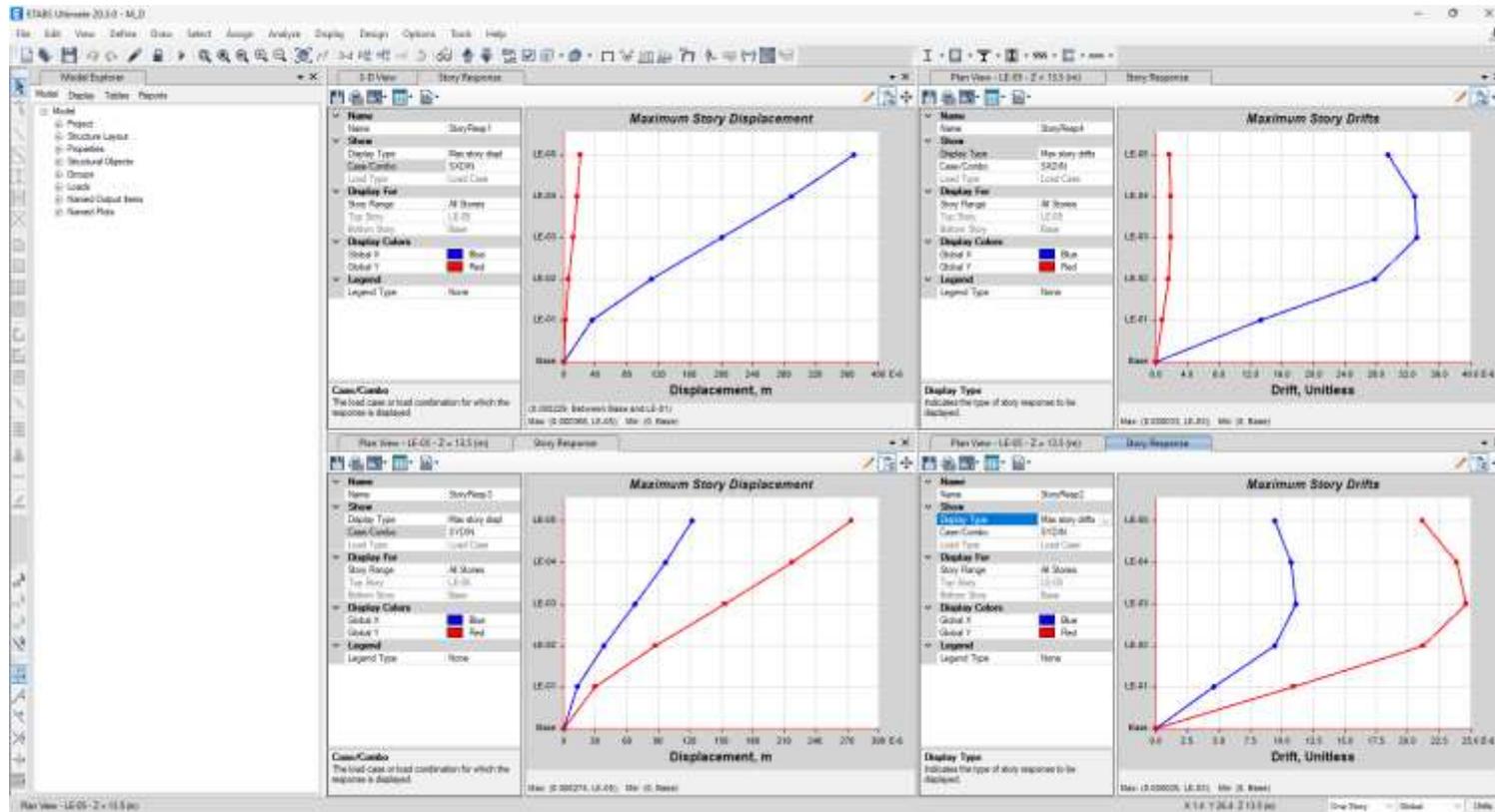
Modelo sección variable X ETABS



Nota. Se elaboró el modelo de la edificación con las vigas de sección variable en el sentido X de la edificación con lo cual se elaboraron los análisis de desempeño de la edificación, con ello se determinaron las derivas, desplazamientos y periodo de vibración de la edificación.

**Figura 14**

*Análisis de desplazamientos y derivas*



Nota. A partir del espectro sísmico de diseño se pudo determinar los resultados de la deriva y desplazamiento de la edificación, dichos resultados fueron analizados para determinar las derivas máximas.

**Tabla 17***Análisis de derivas y desplazamientos X*

<b>ANÁLISIS DE DESPLAZAMIENTOS Y DERIVAS</b>							
<b>X-X</b>							
<b>PISO</b>	<b>ELEVACIÓN</b>	<b>DESP-1</b>	<b>DESP-2</b>	<b>DERV-1</b>	<b>DERV-2</b>	<b>MAX-DESP-1</b>	<b>MAX-DESP-2</b>
LE-05	1350	0.000368	0.000021	0.00003	0.000002	0.0025024	0.0001428
LE-04	1080	0.000289	0.000017	0.000033	0.000002	0.0019652	0.0001156
LE-03	810	0.0002	0.000011	0.000033	0.000002	0.00136	0.0000748
LE-02	540	0.000111	0.000006	0.000028	0.000002	0.0007548	0.0000408
LE-01	270	0.000036	0.000002	0.000013	0.000001	0.0002448	0.0000136
Base	0	0	0	0	0	0	0
<b>MÁXIMA DERIVA</b>							0.0002244
<b>MÁXIMO DESPLAZAMIENTO</b>							0.060588

Nota. Con la determinación de los desplazamiento y derivas en el sentido X-X de la edificación se pudo determinar que el desplazamiento máximo de la edificación es de 0.000368 cm, la deriva máxima de la edificación es de 0.000033, partiendo de la caracterización de los parámetros de diseño de concreto armado se determinó que la máxima deriva es de 0.0002244 y el máximo desplazamiento de la edificación es de 0.060588 cm, dichos valores se encuentran dentro de los límites para la deriva de elementos de concreto armado que es de 0.007 y un máximo desplazamiento de 1.89 cm.

**Tabla 18***Análisis de derivas y desplazamientos Y*

<b>ANÁLISIS DE DESPLAZAMIENTOS Y DERIVAS</b>							
<b>Y-Y</b>							
<b>PISO</b>	<b>ELEVACIÓN</b>	<b>DESP-1</b>	<b>DESP-2</b>	<b>DERV-1</b>	<b>DERV-2</b>	<b>MAX-DESP-1</b>	<b>MAX-DESP-2</b>
LE-05	1350	0.000122	0.000274	0.000009	0.000021	0.000039	0.0018632
LE-04	1080	0.000097	0.000217	0.000011	0.000024	0.000073	0.0014756
LE-03	810	0.000068	0.000153	0.000011	0.000025	0.000104	0.0010404
LE-02	540	0.000038	0.000087	0.000009	0.000021	0.000122	0.0005916
LE-01	270	0.000012	0.000029	0.000005	0.000011	0.000094	0.0001972
Base	0	0	0	0	0	0	0
<b>MÁXIMA DERIVA</b>							0.00017
<b>MÁXIMO DESPLAZAMIENTO</b>							0.0459

Nota. Con la determinación de los desplazamiento y derivas en el sentido Y-Y de la edificación se pudo determinar que el desplazamiento máximo de la edificación es de 0.000274 cm, la deriva máxima de la edificación es de 0.000025, partiendo de la caracterización de los parámetros de diseño de concreto armado se determinó que la máxima deriva es de 0.00017 y el máximo desplazamiento de la edificación es de 0.0459 cm, dichos valores se encuentran dentro de los límites para la deriva de elementos de concreto armado que es de 0.007 y un máximo desplazamiento de 1.89 cm.

**Tabla 19**

*Periodo de desplazamiento y participación modal*

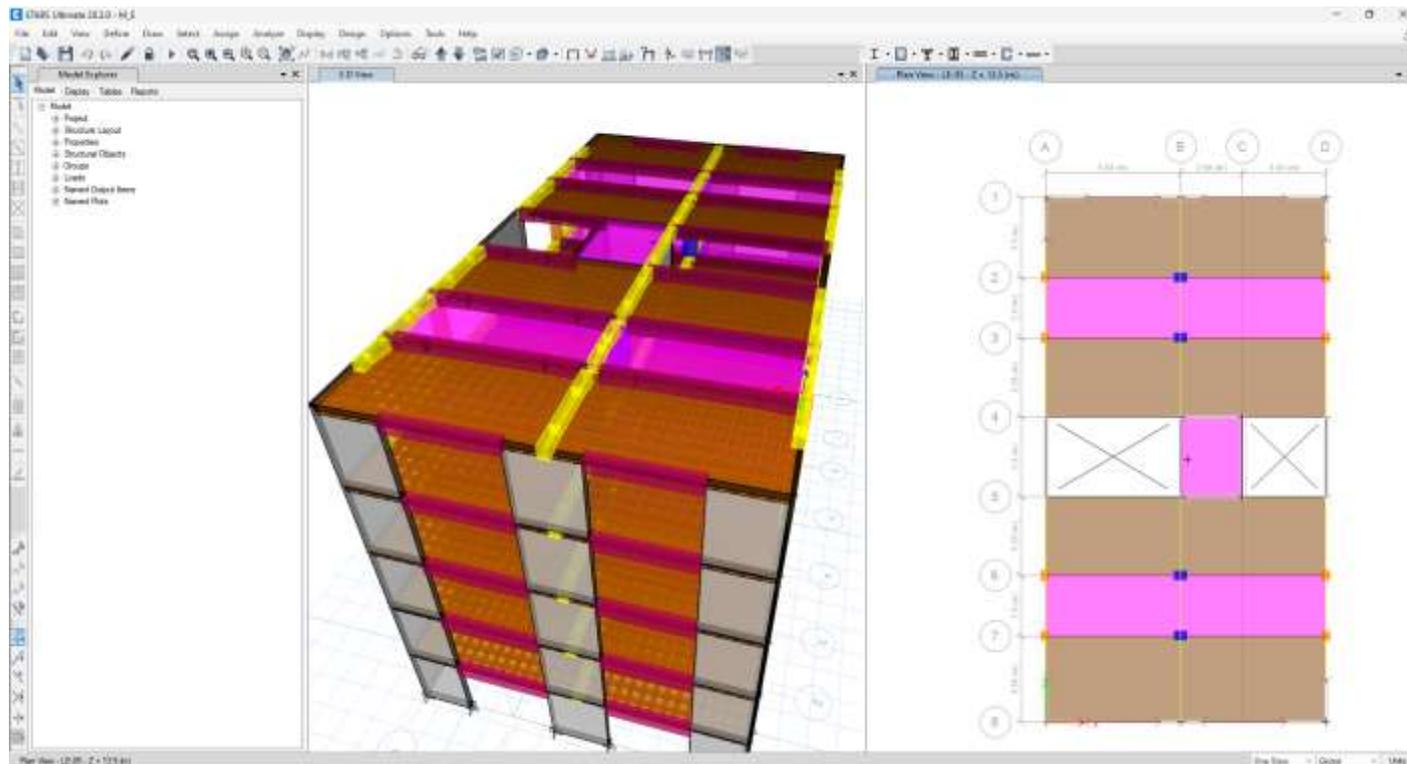
<b>TABLE: Modal Participating Mass Ratios</b>												
Case	Mode	Period sec	UX	UY	SumUX	SumUY	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
Modal	1	0.10	0.73	0.00	0.73	0.00	0.00	0.32	0.00	0.00	0.32	0.00
Modal	2	0.08	0.00	0.67	0.73	0.67	0.27	0.00	0.07	0.27	0.32	0.07
Modal	3	0.06	0.00	0.07	0.73	0.74	0.03	0.00	0.67	0.30	0.32	0.74
Modal	4	0.02	0.18	0.00	0.91	0.74	0.00	0.43	0.00	0.30	0.75	0.74
Modal	5	0.02	0.00	0.16	0.91	0.91	0.44	0.00	0.01	0.74	0.75	0.75
Modal	6	0.02	0.00	0.01	0.91	0.92	0.03	0.00	0.16	0.77	0.75	0.91
Modal	7	0.01	0.06	0.00	0.97	0.92	0.00	0.15	0.00	0.77	0.90	0.91
Modal	8	0.01	0.00	0.05	0.97	0.97	0.14	0.00	0.00	0.91	0.90	0.91
Modal	9	0.01	0.00	0.00	0.97	0.97	0.00	0.00	0.06	0.91	0.90	0.97
Modal	10	0.01	0.03	0.00	0.99	0.97	0.00	0.08	0.00	0.91	0.98	0.97
Modal	11	0.01	0.00	0.02	0.99	0.99	0.07	0.00	0.00	0.98	0.98	0.97
Modal	12	0.01	0.01	0.00	1.00	0.99	0.00	0.02	0.00	0.98	1.00	0.97
Modal	13	0.01	0.00	0.01	1.00	1.00	0.02	0.00	0.00	1.00	1.00	0.97
Modal	14	0.01	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.02	1.00	1.00	0.99
Modal	15	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.01	1.00	1.00	1.00

Nota. A partir de la información recolectada del modelo en el software ETABS se pudo determinar que el periodo de vibración de la edificación es 0.10 seg. del comportamiento modal se pudo identificar que en los 2 primeros modos se presenta una rotación ínfima que se puede despreciar con lo cual se evidencia un comportamiento adecuado de la edificación.

#### 4.1.7. MODELO MEJORADO: VIGAS DE SECCIÓN VARIABLE X-Y

Figura 15

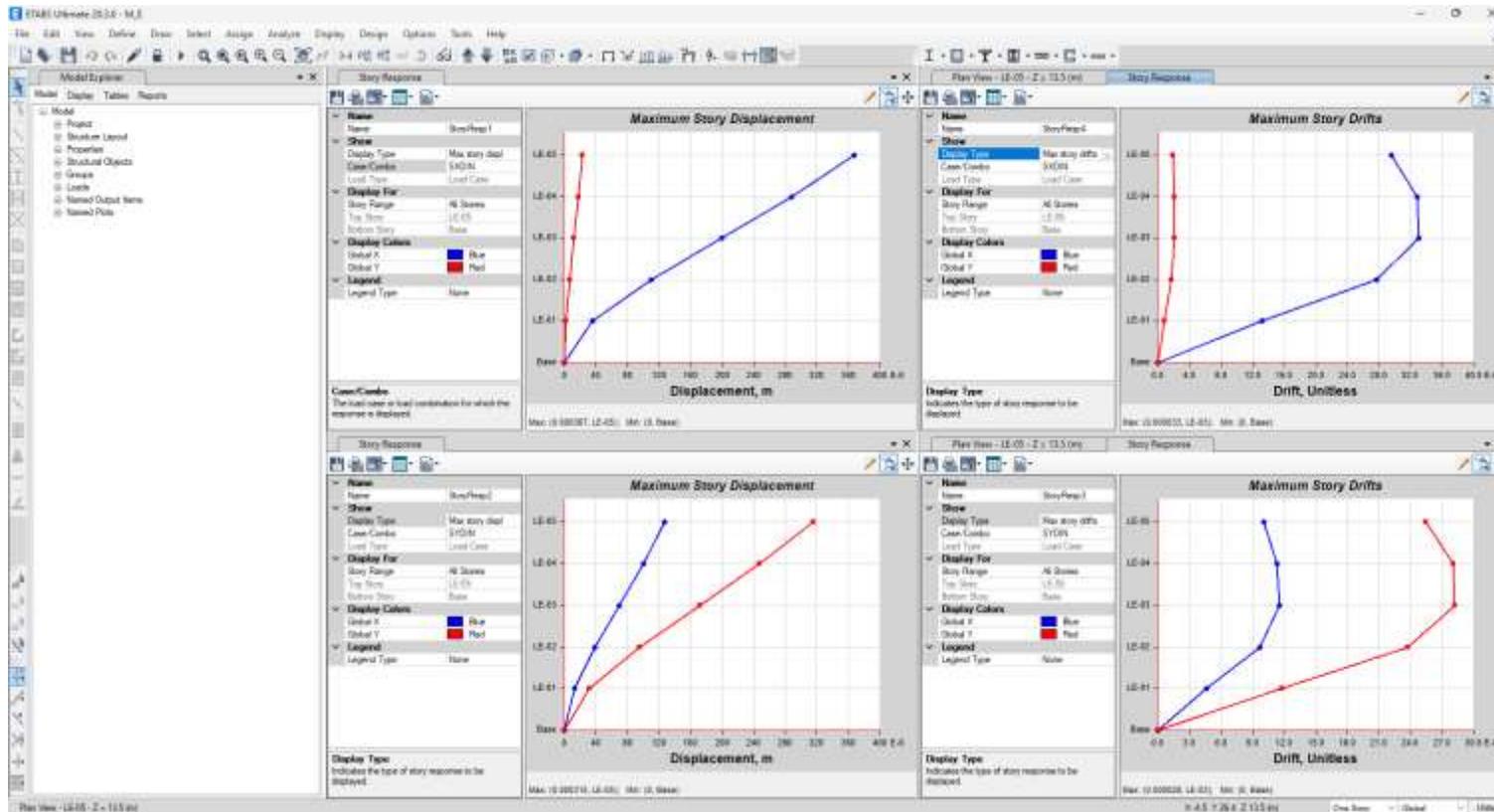
Modelo sección variable X-Y ETABS



Nota. Se elaboró el modelo de la edificación con las vigas de sección variable en el sentido X-Y de la edificación con lo cual se elaboraron los análisis de desempeño de la edificación, con ello se determinaron las derivas, desplazamientos y periodo de vibración de la edificación.

Figura 16

Análisis de desplazamientos y derivas



Nota. A partir del espectro sísmico de diseño se pudo determinar los resultados de la deriva y desplazamiento de la edificación, dichos resultados fueron analizados para determinar las derivas máximas.

**Tabla 20**

Análisis de derivas y desplazamientos X

ANÁLISIS DE DESPLAZAMIENTOS Y DERIVAS							
X-X							
PISO	ELEVACIÓN	DESP-1	DESP-2	DERV-1	DERV-2	MAX-DESP-1	MAX-DESP-2
LE-05	1350	0.000367	0.000023	0.00003	0.000002	0.0024956	0.0001564
LE-04	1080	0.000288	0.000018	0.000033	0.000002	0.0019584	0.0001224
LE-03	810	0.000199	0.000012	0.000033	0.000002	0.0013532	0.0000816
LE-02	540	0.00011	0.000007	0.000028	0.000002	0.000748	0.0000476
LE-01	270	0.000036	0.000002	0.000013	0.000001	0.0002448	0.0000136
Base	0	0	0	0	0	0	0
<b>MÁXIMA DERIVA</b>							0.0002244
<b>MÁXIMO DESPLAZAMIENTO</b>							0.060588

Nota. Con la determinación de los desplazamiento y derivas en el sentido X-X de la edificación se pudo determinar que el desplazamiento máximo de la edificación es de 0.000367 cm, la deriva máxima de la edificación es de 0.00003, partiendo de la caracterización de los parámetros de diseño de concreto armado se determinó que la máxima deriva es de 0.0002244 y el máximo desplazamiento de la edificación es de 0.060588 cm, dichos valores se encuentran dentro de los límites para la deriva de elementos de concreto armado que es de 0.007 y un máximo desplazamiento de 1.89 cm.

**Tabla 21**

Análisis de derivas y desplazamientos Y

ANÁLISIS DE DESPLAZAMIENTOS Y DERIVAS							
Y-Y							
PISO	ELEVACIÓN	DESP-1	DESP-2	DERV-1	DERV-2	MAX-DESP-1	MAX-DESP-2
LE-05	1350	0.000127	0.000315	0.00001	0.000025	0.000039	0.002142
LE-04	1080	0.0001	0.000247	0.000011	0.000028	0.000073	0.0016796
LE-03	810	0.00007	0.000172	0.000012	0.000028	0.000104	0.0011696
LE-02	540	0.000038	0.000096	0.00001	0.000024	0.000122	0.0006528
LE-01	270	0.000012	0.000032	0.000005	0.000012	0.000094	0.0002176
Base	0	0	0	0	0	0	0
<b>MÁXIMA DERIVA</b>							0.0001904
<b>MÁXIMO DESPLAZAMIENTO</b>							0.051408

Nota. Con la determinación de los desplazamiento y derivas en el sentido Y-Y de la edificación se pudo determinar que el desplazamiento máximo de la edificación es de 0.000315 cm, la deriva máxima de la edificación es de 0.000028, partiendo de la caracterización de los parámetros de diseño de concreto armado se determinó que la máxima deriva es de 0.0001904 y el máximo desplazamiento de la edificación es de 0.051408 cm, dichos valores se encuentran dentro de los límites para la deriva de elementos de concreto armado que es de 0.007 y un máximo desplazamiento de 1.89 cm.

**Tabla 22**

*Periodo de desplazamiento y participación modal*

<b>TABLE: Modal Participating Mass Ratios</b>												
Case	Mode	Period sec	UX	UY	SumUX	SumUY	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
Modal	1	0.09	0.73	0.00	0.73	0.00	0.00	0.32	0.00	0.00	0.32	0.00
Modal	2	0.08	0.00	0.68	0.73	0.68	0.29	0.00	0.05	0.29	0.32	0.05
Modal	3	0.07	0.00	0.05	0.73	0.73	0.02	0.00	0.68	0.31	0.32	0.73
Modal	4	0.02	0.18	0.00	0.91	0.73	0.00	0.43	0.00	0.31	0.75	0.73
Modal	5	0.02	0.00	0.17	0.91	0.90	0.43	0.00	0.01	0.74	0.75	0.74
Modal	6	0.02	0.00	0.01	0.91	0.91	0.03	0.00	0.17	0.77	0.75	0.91
Modal	7	0.01	0.06	0.00	0.97	0.91	0.00	0.15	0.00	0.77	0.90	0.91
Modal	8	0.01	0.00	0.06	0.97	0.97	0.14	0.00	0.00	0.91	0.90	0.91
Modal	9	0.01	0.00	0.00	0.97	0.97	0.00	0.00	0.06	0.91	0.90	0.97
Modal	10	0.01	0.03	0.00	0.99	0.97	0.00	0.08	0.00	0.91	0.98	0.97
Modal	11	0.01	0.00	0.02	0.99	0.99	0.07	0.00	0.00	0.98	0.98	0.97
Modal	12	0.01	0.01	0.00	1.00	0.99	0.00	0.02	0.00	0.98	1.00	0.97
Modal	13	0.01	0.00	0.01	1.00	1.00	0.02	0.00	0.00	1.00	1.00	0.97
Modal	14	0.01	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.02	1.00	1.00	0.99
Modal	15	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.01	1.00	1.00	1.00

Nota. A partir de la información recolectada del modelo en el software ETABS se pudo determinar que el periodo de vibración de la edificación es 0.09 seg. del comportamiento modal se pudo identificar que en los 2 primeros modos se presenta una rotación ínfima que se puede despreciar con lo cual se evidencia un comportamiento adecuado de la edificación.

#### 4.1.8. COMPARACIÓN DE MODELOS

Tabla 23

Comparación de periodo, deriva y desplazamiento

COMPARACIÓN DE MODELOS								
	MODE LO 1-X	MODE LO 1-Y	MODE LO 2-X	MODE LO 2-Y	MODE LO 3-X	MODE LO 3-Y	MODE LO 4-X	MODE LO 4-Y
<b>PERIODO</b>	0.10		0.09		0.10		0.09	
<b>DERIVA</b>	0.0002 31	0.0001 84	0.0070 00	0.0070 00	0.0002 24	0.0001 70	0.0002 24	0.0001 90
<b>DESPLAZ AMIENTO</b>	0.06	0.05	1.89	1.89	0.06	0.05	0.06	0.05

Nota. De la comparación de los resultados obtenidos se pudo determinar que el modelo más adecuado es la utilización de vigas de sección variable en ambos sentidos ya que de ella se obtuvieron los periodos, derivas y desplazamientos menores.

#### 4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

H<sub>0</sub>: La utilización de vigas de sección variable mejora significativamente la capacidad sismorresistente en una edificación de cinco niveles en Amarilis, Huánuco – 2023.

Tabla 24

Comparación de periodo, deriva y desplazamiento

COMPARACIÓN DE MODELOS								
	MODEL O 1-X	MODEL O 1-Y	MODEL O 2-X	MODEL O 2-Y	MODEL O 3-X	MODEL O 3-Y	MODEL O 4-X	MODEL O 4-Y
<b>PERIODO</b>	0.10		0.09		0.10		0.09	
<b>DERIVA</b>	0.00023 1	0.00018 4	0.00700 0	0.00700 0	0.00022 4	0.00017 0	0.00022 4	0.00019 0
<b>DESPLAZA AMIENTO</b>	0.06	0.05	1.89	1.89	0.06	0.05	0.06	0.05

De la elaboración de los modelos de ejecución se pudo determinar que para un modelo convencional (Modelo 1) se estimó un periodo de 0.10 seg. con una deriva máxima en el sentido X con 0.000231 y un desplazamiento de 0.06 cm, para un modelo con vigas de sección variable en el sentido Y (Modelo 2) se estimó un periodo de 0.09 seg. con una deriva máxima en el sentido X

con 0.0070 y un desplazamiento de 1.89 cm, para un modelo con vigas de sección variable en el sentido X (Modelo 3) se estimó un periodo de 0.10 seg. con una deriva máxima en el sentido X con 0.000224 y un desplazamiento de 0.06 cm y para un modelo con vigas de sección variable en ambos sentidos (Modelo 4) se estimó un periodo de 0.09 seg. con una deriva máxima en el sentido X con 0.000224 y un desplazamiento de 0.06 cm. Se pudo caracterizar que el mejor comportamiento de la edificación se da con la utilización de vigas de sección variable en ambos sentidos de la edificación.

Con lo presentado se pudo afirmar que la utilización de vigas de sección variable mejora significativamente la capacidad sismorresistente en una edificación de cinco niveles, siendo así que se afirma la hipótesis planteada.

## CAPITULO V

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Según Carrasco (2021), en su investigación pudo determinar que los resultados de la investigación indican que los suelos intermedios juegan un papel fundamental en el diseño de edificaciones de cinco niveles de concreto armado, mostrando variaciones significativas en su comportamiento según su clasificación estratigráfica y capacidad portante, según los ensayos de laboratorio realizados. Se observa que en Alto Qosqo - Cusco, las características físico-mecánicas del suelo, como la presencia de gravas pobremente graduadas y gravas arcillosas (GP-GC), influyen directamente en el tipo de cimentación requerida, así como en los costos asociados y los asentamientos previstos. Además, se destaca la importancia de la selección del diseño estructural, donde el sistema de cimiento corrido y muros estructurales muestra un mejor desempeño en análisis estático y dinámico, así como una reducción significativa en los asentamientos en comparación con otras alternativas evaluadas. Para la presente investigación se pudo determinar que en la estabilización de las rotaciones de la edificación de 5 niveles se hizo necesaria la aplicación de muros de corte al igual que en la estructura de la tesis de referencia, con lo cual se puede identificar que los tipos de suelos de ambas investigaciones son similares.

Para Huiza (2019), en el desarrollo de su investigación pudo determinar que las evaluaciones realizadas mediante el Método Italiano revelan un Índice de Vulnerabilidad que oscila entre niveles medio y bajo en todos los bloques analizados del Colegio Nacional La Victoria de Ayacucho. Se evidencia que tanto el Sistema Estructural como el Constructivo y Geométrico ejercen una influencia en el Método Italiano, siendo el Sistema Constructivo y Geométrico los de mayor impacto. Estos dos últimos sistemas inciden significativamente en un mayor porcentaje en comparación con el Sistema Estructural en la determinación del Índice de Vulnerabilidad, especialmente en los bloques del I al VII y IX, en la presente investigación se pudo evidenciar que el uso de las vigas de sección variable de manera geométrica se comporta de mejor manera al aplicar una geometría simétrica en su estructuración.

## CONCLUSIONES

Con el análisis realizado para vigas de sección variable se pudo determinar que el comportamiento más adecuado se da cuando se usan las vigas de sección variable en ambos sentidos de la edificación de 5 niveles. Del modelo convencional (Modelo 1) se estimó un periodo de 0.10 seg. con una deriva máxima en el sentido X con 0.000231 y un desplazamiento de 0.06 cm, para un modelo con vigas de sección variable en el sentido Y (Modelo 2) se estimó un periodo de 0.09 seg. con una deriva máxima en el sentido X con 0.0070 y un desplazamiento de 1.89 cm, para un modelo con vigas de sección variable en el sentido X (Modelo 3) se estimó un periodo de 0.10 seg. con una deriva máxima en el sentido X con 0.000224 y un desplazamiento de 0.06 cm y para un modelo con vigas de sección variable en ambos sentidos (Modelo 4) se estimó un periodo de 0.09 seg. con una deriva máxima en el sentido X con 0.000224 y un desplazamiento de 0.06 cm.

En el modelado de la edificación se predimensionado vigas de sección variables las cuales fueron vigas de sección variable en dirección se pudo determinar que el peralte inicial de la sección de la viga es de 45 cm, el peralte de la zona de desarrollo se estimó en 25 cm y la distancia horizontal de la inclinación es de 100 cm, con lo cual se determina que el ángulo de inclinación de perfil cambiante es de  $11.31^\circ$ . Para el predimensionamiento en dirección secundaria se determinó que el peralte inicial de la sección de la viga es de 40 cm, el peralte de la zona de desarrollo se estimó en 20 cm y la distancia horizontal de la inclinación es de 80 cm, con lo cual se determina que el ángulo de inclinación de perfil cambiante es de  $14.04^\circ$ .

Se determinó que del análisis sismorresistente de la edificación todos los modelos se encuentran dentro de los límites de derivas y desplazamientos establecido en la normativa sismorresistente de la edificación.

Se pudo identificar que si se emplean las vigas de sección variable en el sentido Y tienen un comportamiento más crítico en comparación con los modelos restantes analizados con lo cual se pudo identificar que el ángulo de

inclinación presenta una influencia directa en las derivas y desplazamientos de la edificación.

## RECOMENDACIONES

Basado en los resultados, se recomienda utilizar vigas de sección variable en ambos sentidos de la edificación. Este enfoque proporciona un comportamiento estructural adecuado en términos de periodos, derivas máximas y desplazamientos. Además, al mantener una consistencia estructural en ambas direcciones, se puede optimizar la resistencia sísmica global de la edificación.

Es esencial tener en cuenta el ángulo de inclinación de las vigas de sección variable, ya que se ha demostrado que tiene una influencia significativa en las derivas y desplazamientos de la edificación. Se sugiere realizar análisis detallados para determinar el ángulo de inclinación óptimo que minimice los efectos sísmicos adversos, manteniendo al mismo tiempo la eficiencia estructural.

Aunque todos los modelos analizados cumplen con los límites de derivas y desplazamientos establecidos por la normativa sísmica, se recomienda realizar una validación adicional de los resultados utilizando métodos y criterios específicos de diseño sísmico. Esto garantizará que la edificación cumpla con los estándares de seguridad sísmica requeridos y estará adecuadamente protegida contra eventos sísmicos.

Dado que el modelo con vigas de sección variable en el sentido Y muestra un comportamiento más crítico, se sugiere prestar especial atención al diseño en dirección secundaria. Es necesario revisar y posiblemente ajustar los parámetros de diseño, como el peralte inicial, la zona de desarrollo y la inclinación, para mejorar la respuesta sísmica de las vigas en esta dirección y garantizar la estabilidad global de la estructura.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Carrasco Oblitas, J. K. (2021). *Influencia de Suelos Intermedios en el Diseño de una Edificación de cinco niveles de Concreto Armado, Alto Qosqo - Cusco 2020*. Lima: Universidad César Vallejo.
- Carrasco, J. (2021). *Influencia de Suelos Intermedios en el Diseño de una Edificación de cinco niveles de Concreto Armado, Alto Qosqo*. Universidad Cesar Vallejo.
- Cusicuna Gonzales, J. E. (2019). *Estudio de la influencia en la percepción de acciones de mejora en la seguridad de la integridad física y la propuesta de un nuevo diseño de infraestructura del complejo policial Amarillis-huánuco-2018*. Huánuco: Universidad de Huánuco.
- Elster, J. (2015). *Explicando el Comportamiento Social: Más Elementos Básicos para las Ciencias Sociales*. Cambridge University Press.
- Franco Rojas, Y., González Díaz, L., Milanés, C. B., Félix López, N. S., & Calderín Mestre, F. (2022). Mampostería confinada vs pórticos de hormigón: Selección de alternativas para viviendas por esfuerzos propios en Cuba. 1-122.
- Gonzales, M. (2022). *Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica en Infraestructuras Críticas*. Lima: Andina.
- González Salazar, A. (2018). *Análisis Sísmico de Edificaciones de Múltiples Niveles con Vigas de Sección Variable*. Quito: Universidad Politécnica Nacional.
- Huiza Borda, W. E., & Mayhua Calderón, J. (2019). “Grado de vulnerabilidad sísmica con la aplicación del método italiano en el colegio nacional la victoria de Ayacucho- Huancavelica, 2019”. Huancavelica: Universidad Nacional De Huancavelica.
- Huiza, W. (2019). *Grado de vulnerabilidad sísmica con la aplicación del método italiano en el colegio nacional La Victoria de Ayacucho- Huancavelica*. Universidad Nacional de Huancavelica.
- Infante Chaparro, Á. S. (2022). *Influencia del Comportamiento Dinámico de una Edificación Regular para la Selección del Método de Análisis de Resistencia Sísmica*. Tunja: Universidad Santo Tomás, Seccional Tunja.

- Lopez Pajuelo, J. G. (2022). *“Propuesta de diseño estructural de un reservorio aplicando el software sap2000 para el servicio de agua potable del centro poblado de Matibamba, Amarilis-2022”*. Huánuco: Universidad de Huánuco.
- Matos, Y. &. (2008). LA OBSERVACIÓN, DISCUSIÓN Y DEMOSTRACIÓN: TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN EN EL AULA. *Laurus*, 33-57.
- Mayta, C. &. (2018). USO DE HERRAMIENTAS TIC EN INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA DE LOS. *Revista Investigación y Amazonía de la Universidad Nacional Agraria de la Selva*, 40-47.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2020). *Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE)*. LIMA: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2023). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. LIMA: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- Pérez Cabrera, J. (2020). Comportamiento estructural ante sismos de edificaciones en zonas de riesgo: lecciones aprendidas en México. *Revista de Ingeniería Civil*, 38(4), 102-115.
- Petrasch, H., Vos, N., & Vansteenkiste, M. (2020). El impacto del apoyo a la autonomía del maestro en la motivación del estudiante: Un meta-análisis. *Educational Psychology Review*.
- PimientaLastra, R. (2000). Encuestas probabilísticas vs. no probabilísticas. *Política y Cultura*, 263-276.
- Ramírez, J. (2019). *Diseño y Evaluación de Vigas de Sección Variable en Estructuras Sismorresistentes*. Bogotá: Instituto Colombiano de Ingeniería Civil.
- Rojas, M. (2020). *Impacto de Vigas de Sección Variable en el Comportamiento Sísmico de Edificaciones*. Santiago: Editorial Chilena de Ingeniería Civil.
- Sánchez Silva, M., & et al. (2019). Análisis de la vulnerabilidad sísmica de edificios existentes: caso de estudio en España. *Revista de Ingeniería Sísmica*, 25(2), 45-59.
- Tasayco Vargas, M. E. (2019). *Influencia en las edificaciones ante los cambios de la “norma E0.30 Diseño sismorresistente” del distrito de*

*Yanacancha, Pasco 2017-2018*. Cerro de Pasco: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.

Tena Colunga, A. (2019). Rigideces efectivas de vigas de concreto reforzado para diseño sísmico: mitos y realidades. 1-38.

Tolentino Penadillo, C. J. (2022). *“Influencia de los aisladores sísmicos en la disipación de energía para el desempeño estructural por desplazamiento de una edificación de 5 niveles, Amarilis - Huánuco -2022”*. Huánuco: Universidad Nacional Hermilio Valdizan.

Torres López, C. (2018). *Análisis del comportamiento sísmico de edificaciones de concreto armado en el distrito de San Juan de Lurigancho - Lima*. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Torres, L. (2017). *Comportamiento Sismorresistente de Estructuras de Concreto Armado con Vigas de Sección Variable*. LIMA: Editorial de Ingeniería Estructural Peruana.

Valverde, E. (2021). *Optimización del Diseño Sismorresistente en Edificaciones de Cinco Niveles con Vigas de Sección Variable*. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería.

## **COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

Huaman Jurado, R. (2024). *Comportamiento sismorresistente de una estructura utilizando vigas de sección variable para una edificación de cinco niveles, Amarilis – Huánuco -2023* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

# **ANEXOS**

## ANEXO 1

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: COMPORTAMIENTO SISMORRESISTENTE DE UNA ESTRUCTURA UTILIZANDO VIGAS DE SECCIÓN VARIABLE PARA UNA EDIFICACIÓN DE CINCO NIVELES. AMARILIS – HUÁNUCO -2023					
Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología	Población y muestra
<p><b>Problema general:</b> ¿Cómo evaluar el comportamiento sismorresistente de una edificación al emplear vigas de sección variable en una edificación de cinco niveles, Amarilis – Huánuco -2023?</p> <p><b>Problema específico:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cómo realizar un modelamiento utilizando el software ETABS, para incorporar las vigas de sección variable en el diseño y análisis estructural en una edificación de cinco niveles en Amarilis, Huánuco - 2023?</li> <li>• ¿Cómo realizar el análisis sismorresistente de la estructura, considerando cargas sísmicas de acuerdo con las normativas y especificaciones vigentes en una edificación de</li> </ul>	<p><b>Objetivo General</b> Evaluar el comportamiento sismorresistente de una edificación al emplear vigas de sección variable en una edificación de cinco niveles, Amarilis – Huánuco -2023.</p> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar un modelamiento utilizando el software ETABS, para incorporar las vigas de sección variable en el diseño y análisis estructural en una edificación de cinco niveles en Amarilis, Huánuco – 2023.</li> <li>• Realizar el análisis sismorresistente de la estructura, considerando cargas sísmicas de acuerdo con las normativas y especificaciones vigentes en una edificación de cinco niveles en Amarilis, Huánuco - 2023.</li> </ul>	<p><b>Hipótesis General</b> Hi: La utilización de vigas de sección variable mejora significativamente la capacidad sismorresistente en una edificación de cinco niveles en Amarilis, Huánuco – 2023.</p> <p>H0: La utilización de vigas de sección variable no mejora significativamente la capacidad sismorresistente en una edificación de cinco niveles en Amarilis, Huánuco – 2023.</p>	<p><b>Variable dependiente:</b> Comportamiento sismorresistente</p> <p><b>Variable independiente:</b> Vigas de sección variable</p>	<p><b>Enfoque</b> Será cuantitativo</p> <p><b>Alcance o nivel</b> El alcance del proyecto es explicativo.</p> <p><b>Diseño</b> Es no experimental</p>	<p><b>Población</b> En el presente proyecto es considerado como la población de edificaciones aporticadas de concreto armado, Amarilis – Huánuco-2023.</p> <p><b>Muestra</b> La muestra será una edificación de 5 niveles de concreto armado, Amarilis – Huánuco-2023.</p>

---

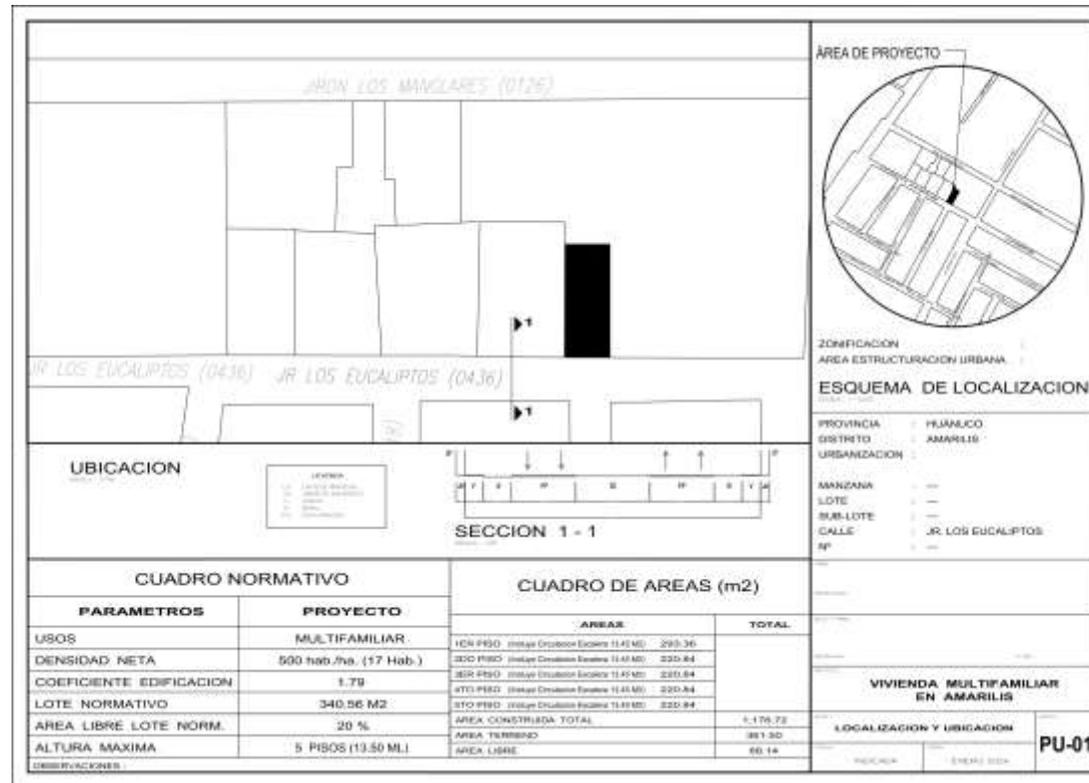
cinco niveles en Amarilis, Huánuco - 2023?

• ¿Como determinar la influencia del ángulo de variación de las vigas de sección variable en el comportamiento estructural de la edificación de cinco niveles en Amarilis, Huánuco - 2023?

• Determinar la influencia del ángulo de variación de las vigas de sección variable en el comportamiento estructural de la edificación de cinco niveles en Amarilis, Huánuco – 2023.

## ANEXO 2 EVIDENCIAS

**Figura 17**  
*Ubicación de edificación*

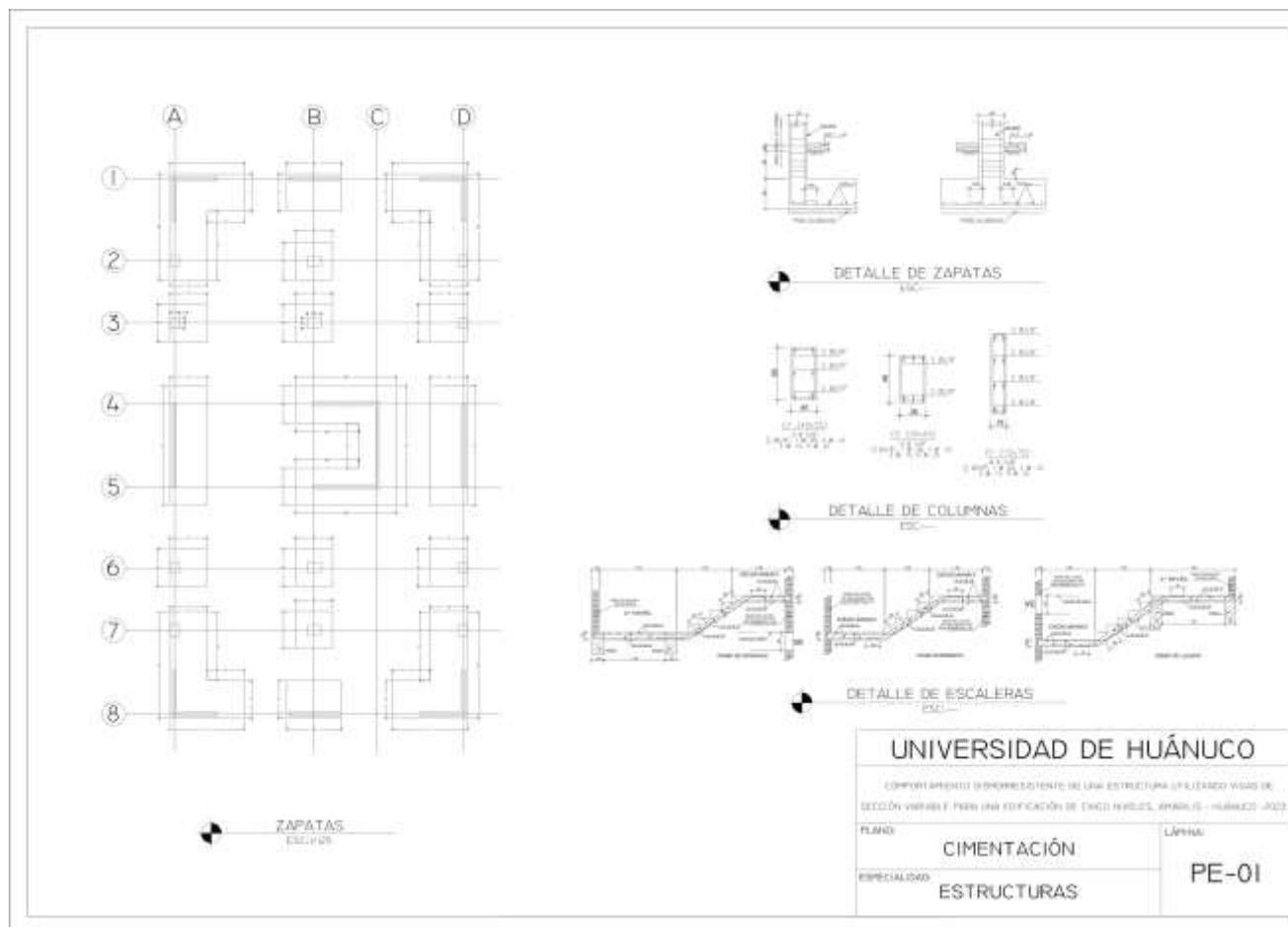


**Figura 18**  
*Arquitectura*



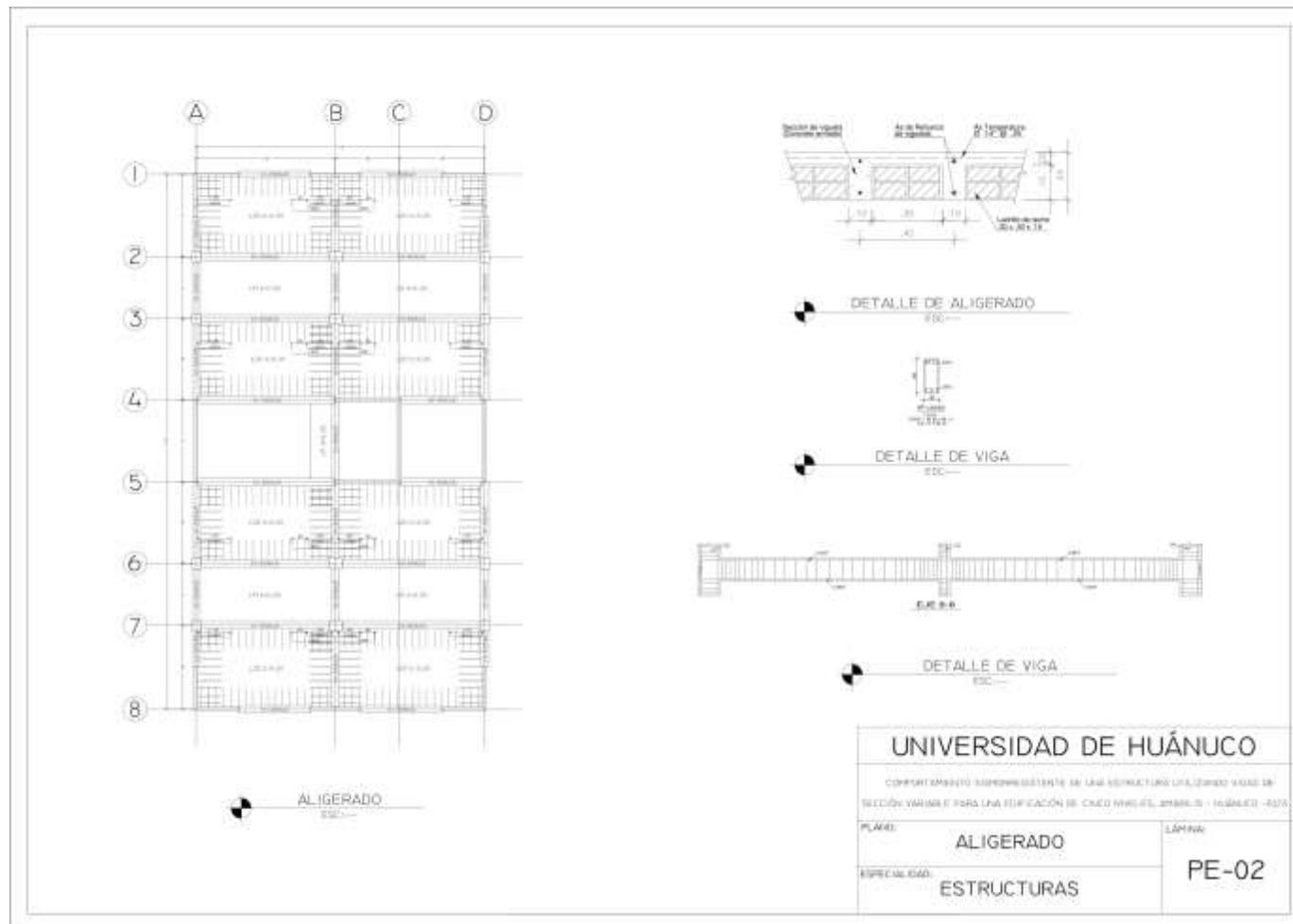
**Figura 19**

*Detalles de zapatas*



**Figura 20**

*Detalles de aligerado*



**Tabla 25**

*Desplazamiento edificación – Estado inicial*

TABLE: Story Max Over Avg Displacements							
Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Maximum	Average	Ratio
					cm	cm	
LE-05	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.0994	0.0897	1.108
LE-05	SXDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.0173	0.0105	1.653
LE-04	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.0908	0.0812	1.119
LE-04	SXDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.0159	0.0096	1.655
LE-03	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.0743	0.0664	1.119
LE-03	SXDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.013	0.0079	1.657
LE-02	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.0508	0.0454	1.119
LE-02	SXDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.0089	0.0054	1.659
LE-01	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.023	0.0206	1.118
LE-01	SXDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.004	0.0024	1.663
LE-05	SYDIN	LinRespSpec	Max	X	0.0449	0.0263	1.711
LE-05	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.1158	0.1111	1.042
LE-04	SYDIN	LinRespSpec	Max	X	0.0416	0.0228	1.828
LE-04	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.1056	0.1012	1.044
LE-03	SYDIN	LinRespSpec	Max	X	0.0343	0.0187	1.832
LE-03	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.0861	0.0824	1.045
LE-02	SYDIN	LinRespSpec	Max	X	0.0235	0.0128	1.833
LE-02	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.0583	0.0558	1.045
LE-01	SYDIN	LinRespSpec	Max	X	0.0105	0.0057	1.836
LE-01	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.0254	0.0243	1.047

**Tabla 26**

*Derivas edificación – Estado inicial*

TABLE: Story Max Over Avg Drifts							
Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Max Drift	Avg Drift	Ratio
					cm	cm	
LE-05	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.0088	0.008	1.097
LE-05	SXDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.0014	0.0009	1.623
LE-05	SYDIN	LinRespSpec	Max	X	0.0035	0.002	1.715
LE-05	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.0106	0.0103	1.027
LE-04	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.0168	0.0152	1.105

LE-04	SXDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.0029	0.0017	1.648
LE-04	SYDIN	LinRespSpec	Max	X	0.0074	0.0043	1.712
LE-04	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.0198	0.0191	1.04
LE-03	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.0236	0.0213	1.108
LE-03	SXDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.0041	0.0025	1.652
LE-03	SYDIN	LinRespSpec	Max	X	0.0108	0.0063	1.71
LE-03	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.028	0.0269	1.043
LE-02	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.0278	0.0251	1.11
LE-02	SXDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.0049	0.003	1.655
LE-02	SYDIN	LinRespSpec	Max	X	0.013	0.0076	1.709
LE-02	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.0329	0.0315	1.044
LE-01	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.023	0.0208	1.108
LE-01	SXDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.004	0.0024	1.663
LE-01	SYDIN	LinRespSpec	Max	X	0.0105	0.0061	1.712
LE-01	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.0254	0.0243	1.047

**Tabla 27**

*Desplazamiento edificación – Estado optimizado*

TABLE: Story Max Over Avg Displacements							
Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Maximum	Average	Ratio
					cm	cm	
LE-05	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.0369	0.0354	1.041
LE-04	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.0296	0.0283	1.046
LE-03	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.0211	0.0202	1.046
LE-02	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.012	0.0115	1.047
LE-01	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.004	0.0038	1.047
LE-05	SYDIN	LinRespSpec	Max	X	0.0098	0.0056	1.757
LE-05	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.03	0.0265	1.134
LE-04	SYDIN	LinRespSpec	Max	X	0.008	0.0041	1.937
LE-04	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.0242	0.0213	1.137
LE-03	SYDIN	LinRespSpec	Max	X	0.0058	0.003	1.936
LE-03	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.0173	0.0152	1.139
LE-02	SYDIN	LinRespSpec	Max	X	0.0033	0.0017	1.936
LE-02	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.01	0.0088	1.139
LE-01	SYDIN	LinRespSpec	Max	X	0.0011	0.0006	1.935
LE-01	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.0035	0.0031	1.133

**Tabla 28**

*Derivas edificación – Estado optimizado*

<b>TABLE: Story Max Over Avg Drifts</b>							
<b>Story</b>	<b>Output Case</b>	<b>Case Type</b>	<b>Step Type</b>	<b>Direction</b>	<b>Max Drift</b>	<b>Avg Drift</b>	<b>Ratio</b>
					cm	cm	
LE-05	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.0073	0.007	1.04
LE-05	SYDIN	LinRespSpec	Max	X	0.0018	0.001	1.758
LE-05	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.0059	0.0053	1.121
LE-04	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.0086	0.0083	1.041
LE-04	SYDIN	LinRespSpec	Max	X	0.0022	0.0013	1.758
LE-04	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.0069	0.0061	1.131
LE-03	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.0091	0.0087	1.041
LE-03	SYDIN	LinRespSpec	Max	X	0.0024	0.0014	1.757
LE-03	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.0073	0.0064	1.139
LE-02	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.008	0.0077	1.042
LE-02	SYDIN	LinRespSpec	Max	X	0.0022	0.0012	1.756
LE-02	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.0065	0.0057	1.142
LE-01	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.004	0.0039	1.043
LE-01	SYDIN	LinRespSpec	Max	X	0.0011	0.0006	1.755
LE-01	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.0035	0.0031	1.133

**Tabla 29**

*Desplazamiento edificación – Sección variable Y*

<b>TABLE: Story Max Over Avg Displacements</b>							
<b>Story</b>	<b>Output Case</b>	<b>Case Type</b>	<b>Step Type</b>	<b>Direction</b>	<b>Maximum</b>	<b>Average</b>	<b>Ratio</b>
					m	m	
LE-05	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.000332	0.000318	1.045
LE-04	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.000263	0.000251	1.05
LE-03	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.000184	0.000176	1.049
LE-02	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.000103	0.000098	1.049
LE-01	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.000034	0.000032	1.05
LE-05	SYDIN	LinRespSpec	Max	X	0.000104	0.000059	1.758
LE-05	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.000312	0.000272	1.145
LE-04	SYDIN	LinRespSpec	Max	X	0.000083	0.000043	1.938
LE-04	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.000245	0.000213	1.148
LE-03	SYDIN	LinRespSpec	Max	X	0.000058	0.00003	1.938

LE-03	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.00017	0.000148	1.15
LE-02	SYDIN	LinRespSpec	Max	X	0.000032	0.000017	1.937
LE-02	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.000095	0.000083	1.15
LE-01	SYDIN	LinRespSpec	Max	X	0.000011	0.000005	1.938
LE-01	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.000032	0.000028	1.143

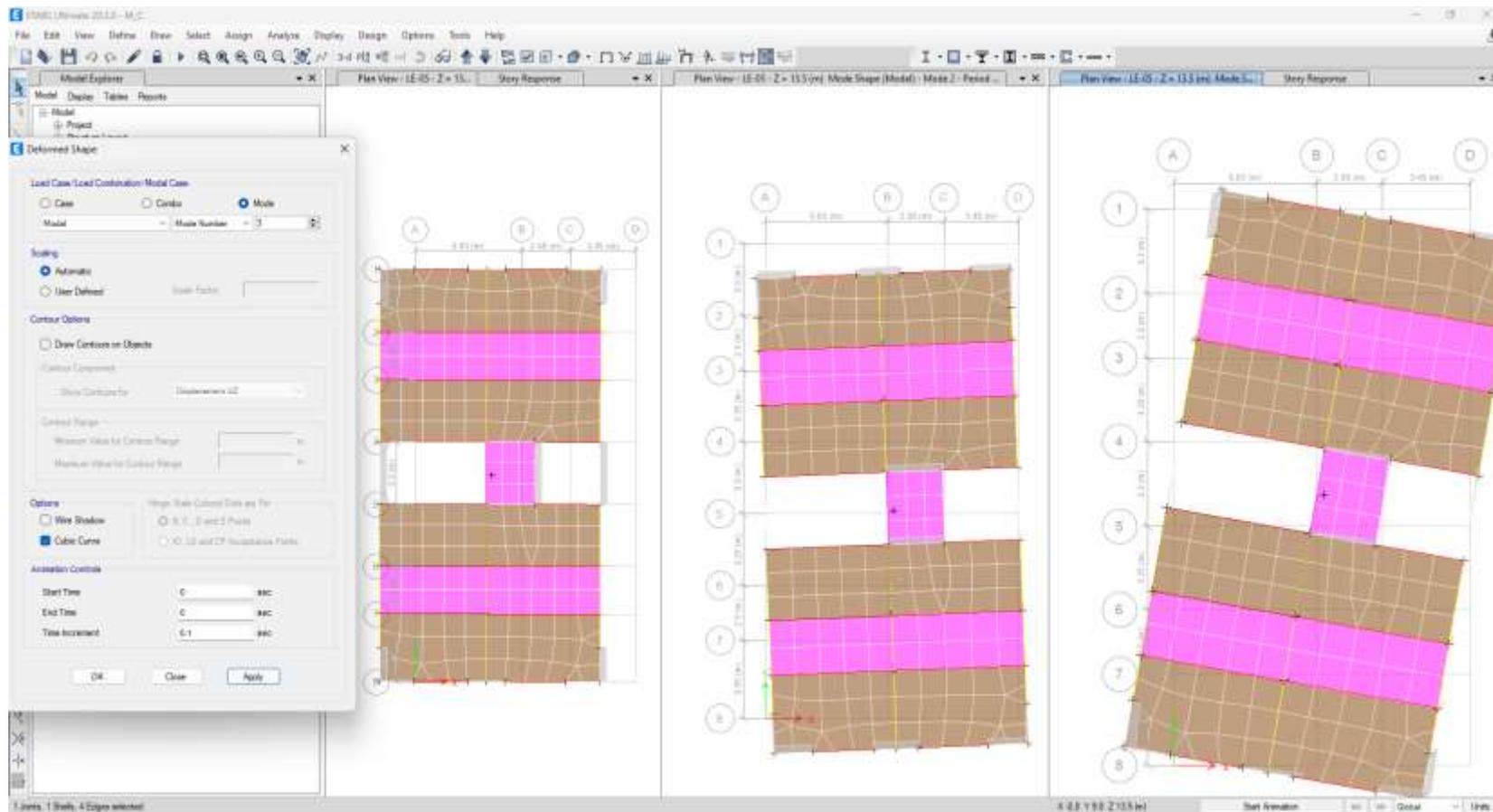
**Tabla 30**

*Derivas edificación – Sección variable Y*

<b>TABLE: Story Max Over Avg Drifts</b>							
<b>Story</b>	<b>Output Case</b>	<b>Case Type</b>	<b>Step Type</b>	<b>Direction</b>	<b>Max Drift</b>	<b>Avg Drift</b>	<b>Ratio</b>
					m	m	
LE-05	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.00007	0.000067	1.045
LE-05	SYDIN	LinRespSpec	Max	X	0.000021	0.000012	1.759
LE-05	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.000068	0.00006	1.136
LE-04	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.000079	0.000076	1.045
LE-04	SYDIN	LinRespSpec	Max	X	0.000025	0.000014	1.759
LE-04	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.000075	0.000065	1.144
LE-03	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.000081	0.000078	1.045
LE-03	SYDIN	LinRespSpec	Max	X	0.000026	0.000015	1.758
LE-03	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.000075	0.000065	1.15
LE-02	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.000069	0.000066	1.045
LE-02	SYDIN	LinRespSpec	Max	X	0.000022	0.000012	1.757
LE-02	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.000064	0.000055	1.153
LE-01	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.000034	0.000032	1.045
LE-01	SYDIN	LinRespSpec	Max	X	0.000011	0.000006	1.758
LE-01	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.000032	0.000028	1.143

Figura 21

Análisis de desplazamiento modal



**Tabla 31**

*Desplazamiento edificación – Sección variable X*

<b>TABLE: Story Max Over Avg Displacements</b>							
Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Maximum	Average	Ratio
					m	m	
LE-05	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.000368	0.000353	1.042
LE-04	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.000289	0.000276	1.046
LE-03	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.0002	0.000191	1.046
LE-02	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.000111	0.000106	1.047
LE-01	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.000036	0.000034	1.047
LE-05	SYDIN	LinRespSpec	Max	X	0.000122	0.000069	1.757
LE-05	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.000274	0.000232	1.178
LE-04	SYDIN	LinRespSpec	Max	X	0.000097	0.00005	1.937
LE-04	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.000217	0.000184	1.179
LE-03	SYDIN	LinRespSpec	Max	X	0.000068	0.000035	1.936
LE-03	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.000153	0.00013	1.179
LE-02	SYDIN	LinRespSpec	Max	X	0.000038	0.00002	1.936
LE-02	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.000087	0.000074	1.176
LE-01	SYDIN	LinRespSpec	Max	X	0.000012	0.000006	1.936
LE-01	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.000029	0.000025	1.166

**Tabla 32**

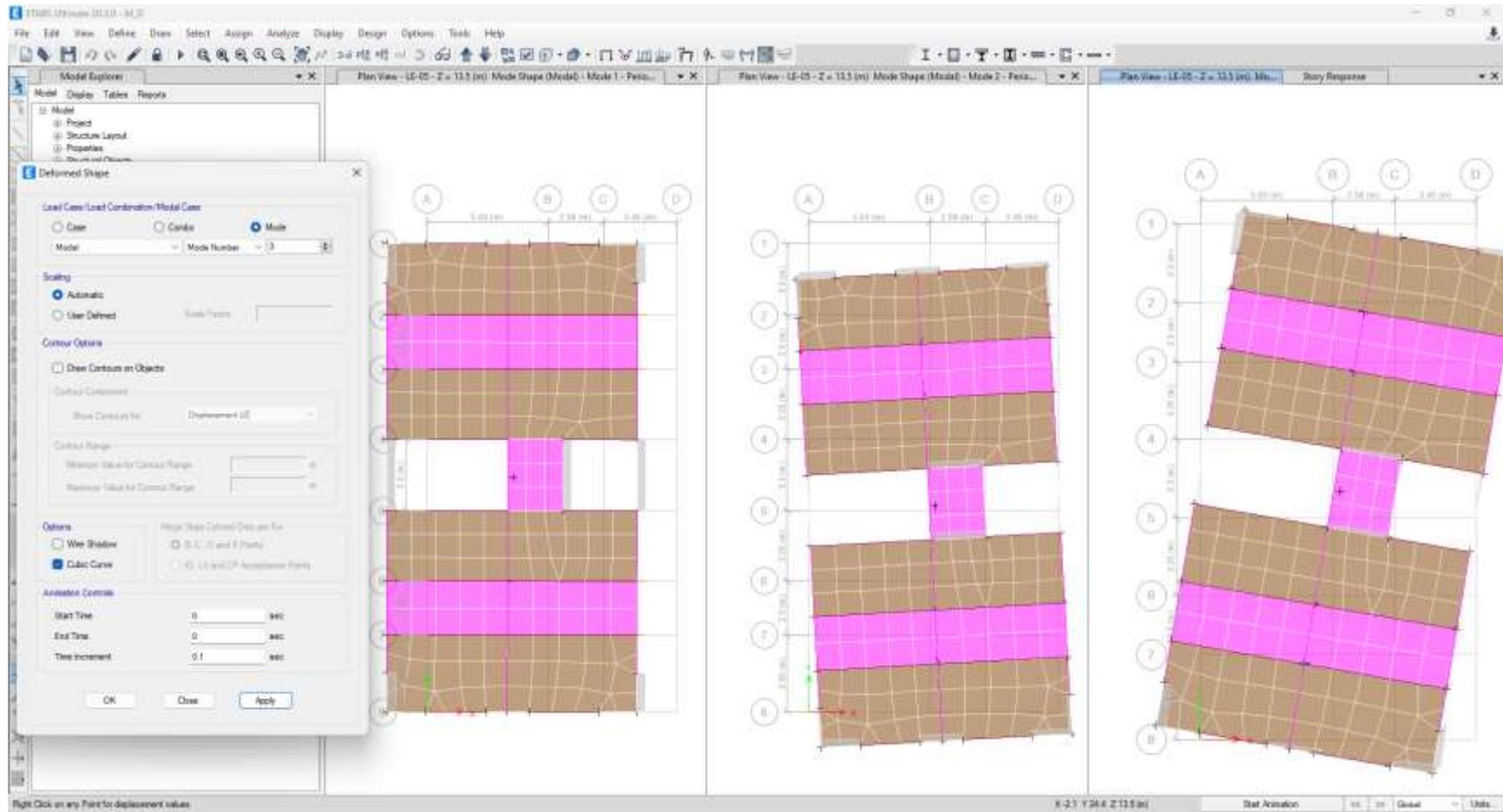
*Derivas edificación – Sección variable X*

<b>TABLE: Story Max Over Avg Drifts</b>							
Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Max Drift	Avg Drift	Ratio
					m	m	
LE-05	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.00008	0.000077	1.041
LE-05	SYDIN	LinRespSpec	Max	X	0.000025	0.000014	1.758
LE-05	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.000057	0.000049	1.174
LE-04	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.000089	0.000085	1.041
LE-04	SYDIN	LinRespSpec	Max	X	0.000029	0.000016	1.758
LE-04	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.000065	0.000055	1.179
LE-03	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.00009	0.000086	1.042
LE-03	SYDIN	LinRespSpec	Max	X	0.00003	0.000017	1.757
LE-03	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.000066	0.000056	1.183
LE-02	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.000075	0.000072	1.042

LE-02	SYDIN	LinRespSpec	Max	X	0.000025	0.000015	1.756
LE-02	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.000057	0.000049	1.181
LE-01	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.000036	0.000034	1.043
LE-01	SYDIN	LinRespSpec	Max	X	0.000012	0.000007	1.756
LE-01	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.000029	0.000025	1.166

Figura 22

Análisis de desplazamiento modal



**Tabla 33**

*Desplazamiento edificación – Sección variable X-Y*

<b>TABLE: Story Max Over Avg</b>							
<b>Displacements</b>							
<b>Story</b>	<b>Output Case</b>	<b>Case Type</b>	<b>Step Type</b>	<b>Direction</b>	<b>Maximum</b>	<b>Average</b>	<b>Ratio</b>
					m	m	
LE-05	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.000367	0.000351	1.045
LE-04	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.000288	0.000274	1.049
LE-03	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.000199	0.00019	1.049
LE-02	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.00011	0.000105	1.049
LE-01	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.000036	0.000034	1.05
LE-05	SYDIN	LinRespSpec	Max	X	0.000127	0.000072	1.759
LE-05	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.000315	0.000269	1.173
LE-04	SYDIN	LinRespSpec	Max	X	0.0001	0.000052	1.939
LE-04	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.000247	0.00021	1.174
LE-03	SYDIN	LinRespSpec	Max	X	0.00007	0.000036	1.938
LE-03	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.000172	0.000146	1.175
LE-02	SYDIN	LinRespSpec	Max	X	0.000038	0.00002	1.938
LE-02	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.000096	0.000082	1.173
LE-01	SYDIN	LinRespSpec	Max	X	0.000012	0.000006	1.938
LE-01	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.000032	0.000027	1.164

**Tabla 34**

*Derivas edificación – Sección variable X-Y*

<b>TABLE: Story Max Over Avg</b>							
<b>Drifts</b>							
<b>Story</b>	<b>Output Case</b>	<b>Case Type</b>	<b>Step Type</b>	<b>Direction</b>	<b>Max Drift</b>	<b>Avg Drift</b>	<b>Ratio</b>
					m	m	
LE-05	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.00008	0.000076	1.045
LE-05	SYDIN	LinRespSpec	Max	X	0.000027	0.000015	1.759
LE-05	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.000069	0.000059	1.167
LE-04	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.000089	0.000085	1.045
LE-04	SYDIN	LinRespSpec	Max	X	0.000031	0.000017	1.759
LE-04	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.000076	0.000065	1.173
LE-03	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.000089	0.000085	1.045
LE-03	SYDIN	LinRespSpec	Max	X	0.000031	0.000018	1.758

LE-03	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.000076	0.000065	1.177
LE-02	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.000075	0.000071	1.045
LE-02	SYDIN	LinRespSpec	Max	X	0.000026	0.000015	1.758
LE-02	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.000064	0.000054	1.177
LE-01	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.000036	0.000034	1.045
LE-01	SYDIN	LinRespSpec	Max	X	0.000012	0.000007	1.758
LE-01	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.000032	0.000027	1.164

Figura 23

Análisis de desplazamiento modal

