

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



**TESIS**

---

**“Análisis de la asimetría para calcular el efecto torsional para una edificación de concreto armado de 5 niveles, Amarilis - Huánuco -2023”**

---

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA CIVIL

AUTORA: Alvarado Santillan, Pierina Roxana

ASESORA: Cecilio Reyes, Fatima Rosaria

HUÁNUCO – PERÚ

2025

# 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, Tecnología

**Sub área:** Ingeniería civil

**Disciplina:** Ingeniería civil

**DATOS DEL PROGRAMA:**

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

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

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

**DATOS DEL AUTOR:**

Documento Nacional de Identidad (DNI): 71870007

**DATOS DEL ASESOR:**

Documento Nacional de Identidad (DNI): 47064856

Grado/Título: Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental

Código ORCID: 0009-0001-5016-5538

**DATOS DE LOS JURADOS:**

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Arteaga Espinoza, Ingrid Delia Dignarda	Máster en dirección de proyectos	73645168	0009-0001-0745-5433
2	Malpartida Valderrama, Yenerit Pamela	Grado de magíster en medio ambiente y desarrollo sostenible mención en gestión ambiental	22516875	0000-0003-2705-4300
3	Jara Trujillo, Alberto Carlos	Maestro en ingeniería, con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible	41891649	0000-0001-8392-1769

# 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 11:00 horas del día viernes 14 de marzo de 2025, 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. INGRID DELIA DIGNARDA ARTEAGA ESPINOZA	PRESIDENTE
❖ MG. YENERIT PAMELA MALPARTIDA VALDERRAMA	SECRETARIA
❖ MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO	VOCAL

Nombrados mediante RESOLUCIÓN No 0449-2025-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: "ANÁLISIS DE LA ASIMETRÍA PARA CALCULAR EL EFECTO TORSIONAL PARA UNA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO DE 5 NIVELES, AMARILIS - HUÁNUCO -2023", presentado por el (la) Bachiller. Bach. Pierina Roxana ALVARADO SANTILLAN, 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 absuelto 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 MAYORIA con el calificativo cuantitativo de 11 y cualitativo de SUFICIENTE (Art. 47).

Siendo las 12:08pm horas del día 14 del mes de marzo del año 2025, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

MG. INGRID DELIA DIGNARDA ARTEAGA ESPINOZA  
DNI: 73645168  
ORCID: 0009-0001-0745-5433  
**PRESIDENTE**

MG. YENERIT PAMELA MALPARTIDA VALDERRAMA  
DNI: 22516875  
ORCID: 0000-0003-2705-4300  
**SECRETARIO (A)**

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



## UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

### CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: PIERINA ROXANA ALVARADO SANTILLAN, de la investigación titulada "Análisis de la asimetría para calcular el efecto torsional para una edificación de concreto armado de 5 niveles, Amarilis - Huánuco -2023", con asesor(a) FATIMA ROSARIA CECILIO REYES, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 1118-2024-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 10 % 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, 18 de diciembre 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

# 55. ALVARADO SANTILLAN PIERINA ROXANA.docx

## INFORME DE ORIGINALIDAD



## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://repositorio.udh.edu.pe">repositorio.udh.edu.pe</a> Fuente de Internet	5%
2	<a href="http://repositorio.unheval.edu.pe">repositorio.unheval.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
3	<a href="http://vsip.info">vsip.info</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	<1%
5	<a href="http://lasco-www.nrl.navy.mil">lasco-www.nrl.navy.mil</a> Fuente de Internet	<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 mis queridos padres y mi amada hija, mi gratitud eterna por su inquebrantable apoyo y amor incondicional. Cada paso que doy, cada logro que alcanzo, es gracias a su guía, sacrificio y confianza en mí. A ustedes, mi fuente de inspiración y fortaleza, les dedico cada victoria y cada sueño realizado. Su amor y apoyo son el motor que impulsa mi camino, llenándolo de significado y alegría. Con infinito cariño y agradecimiento, les dedico estas palabras como un humilde homenaje a su amor y dedicación constante.

## **AGRADECIMIENTO**

A los distinguidos docentes universitarios de la Universidad de Huánuco y a mis queridos amigos de la carrera de Ingeniería Civil,

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento por su invaluable contribución a mi formación académica y personal. Sus conocimientos, orientación y dedicación han sido fundamentales en mi camino hacia la excelencia profesional. Agradezco también a mis amigos de carrera, quienes han sido compañeros leales y colaboradores en cada desafío y proyecto. Vuestra influencia positiva y apoyo continuo han marcado una diferencia significativa en mi vida y en mi desarrollo como ingeniero. ¡Gracias por ser parte de mi camino hacia el éxito!

# ÍNDICE

DEDICATORIA .....	II
AGRADECIMIENTO .....	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT.....	X
INTRODUCCIÓN.....	XI
CAPITULO I.....	12
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	12
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	12
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	14
1.2.1. PROBLEMA GENERAL.....	14
1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICO.....	14
1.3. OBJETIVOS.....	14
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	14
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.....	15
1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA.....	15
1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA.....	16
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
CAPITULO II.....	18
MARCO TEÓRICO.....	18
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	18
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES.....	20
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES.....	22
2.2. BASES TEÓRICAS.....	22
2.2.1. ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO.....	22
2.2.2. RIGIDEZ DE LA ESTRUCTURA.....	24

2.2.3.	MATRIZ DE RIGIDEZ (K) DE UNA ESTRUCTURA .....	26
2.2.4.	CALCULO DE LA MATRIZ POR ENSAMBLAJE DIRECTO...	28
2.2.5.	MATRIZ DE RIGIDEZ EN ENCALERAS .....	28
2.2.6.	MATRIZ DE RIGIDEZ ADYACENTE O CONTIGUO .....	29
2.2.7.	CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL.....	30
2.2.8.	BALANCE TORCIONAL EN EDIFICACIONES .....	30
2.2.9.	CENTRO DE MASA DE TORSION DE EDIFICACIONES.....	32
2.2.10.	MEDIO O CENTRO DEL RIGIDEZ.....	33
2.3.	DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	33
2.4.	HIPÓTESIS .....	35
2.4.1.	HIPÓTESIS GENERAL.....	35
2.5.	VARIABLES .....	35
2.5.1.	VARIABLE DEPENDIENTE.....	35
2.5.2.	VARIABLE INDEPENDIENTE .....	35
2.6.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	36
CAPITULO III.....		37
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....		37
3.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	37
3.1.1.	ENFOQUE .....	37
3.1.2.	ALCANCE O NIVEL.....	37
3.1.3.	DISEÑO .....	38
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA .....	38
3.2.1.	POBLACIÓN.....	38
3.2.2.	MUESTRA .....	38
3.3.	TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS... 38	
3.3.1.	PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	38
3.3.2.	PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS .....	39
3.3.3.	PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS 39	
CAPITULO IV.....		41
RESULTADOS.....		41
4.1.	PROCESAMIENTO DE DATOS .....	41
4.1.1.	CARACTERÍSTICAS DE LA UBICACIÓN .....	41
4.1.2.	DISTRIBUCIÓN ARQUITECTÓNICA .....	42
4.1.3.	PREDIMENSIONAMIENTO PRELIMINAR .....	44

4.1.4. ANÁLISIS ESTRUCTURAL PRELIMINAR .....	45
4.1.5. ANÁLISIS ESTRUCTURAL OPTIMIZADO .....	52
4.1.6. ANÁLISIS DE ASIMETRÍA Y EFECTO TORSIONAL .....	59
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS ..	63
CAPITULO V.....	65
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	65
CONCLUSIONES .....	67
RECOMENDACIONES.....	68
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69
ANEXOS.....	72

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables .....	36
Tabla 2 Características de la edificación .....	41
Tabla 3 Características de edificación .....	43
Tabla 4 Parámetros preliminares de análisis estructural .....	45
Tabla 5 Participación modal de masas .....	48
Tabla 6 Derivas y desplazamientos X.....	49
Tabla 7 Derivas y desplazamientos Y.....	51
Tabla 8 Parámetros modificados .....	52
Tabla 9 Participación modal caso optimizado .....	55
Tabla 10 Derivas y desplazamientos X optimizado.....	57
Tabla 11 Derivas y desplazamientos Y optimizado.....	58
Tabla 12 Efecto torsional Sismo X– Preliminar .....	59
Tabla 13 Efecto torsional Sismo Y– Preliminar .....	59
Tabla 14 Efecto torsional Sismo X– Optimizado .....	61
Tabla 15 Efecto torsional Sismo Y– Optimizado .....	61
Tabla 16 Análisis comparativo de los resultados obtenidos.....	63
Tabla 18 Comportamiento modal – Preliminar.....	79
Tabla 19 Derivas – Preliminar.....	80
Tabla 20 Diseño de elementos – Preliminar .....	81
Tabla 21 Comportamiento modal – Optimizado.....	93
Tabla 22 Derivas – Optimizado.....	95
Tabla 23 Diseño de elementos-Optimizados .....	96
Tabla 24 Análisis torsional – Preliminar .....	107
Tabla 25 Análisis torsional – Optimizado .....	108

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Componentes de desplazamiento de los extremos de un elemento .....	25
Figura 2 Componentes de las fuerzas de los extremos de un elemento .....	25
Figura 3 Relación entre vectores de cargas generalizada y movimientos generalizados.....	26
Figura 4 Pórtico en una matriz .....	29
Figura 5 Torsión de un edificio.....	31
Figura 6 Plano de planta de la distribución .....	42
Figura 7 Áreas tributarias de columnas .....	44
Figura 8 Áreas tributarias de vigas .....	44
Figura 9 Modelo de edificación en ETABS .....	46
Figura 10 Verificación de comportamiento modal.....	47
Figura 11 Derivas y desplazamientos de la edificación .....	49
Figura 12 Modelo estructural ETABS.....	53
Figura 13 Análisis modal optimizado .....	54
Figura 14 Derivas y desplazamientos optimizados .....	56
Figura 15 Análisis de torsión X - Preliminar .....	60
Figura 16 Análisis de torsión Y – Preliminar .....	60
Figura 17 Análisis de torsión X - Optimizado .....	62
Figura 18 Análisis de torsión Y – Optimizado .....	62

## RESUMEN

El estudio investigó la respuesta estructural de edificaciones frente a cargas sísmicas, centrándose en los efectos torsionales y la asimetría. El problema central fue simular de manera efectiva estos análisis en el diseño y análisis de edificaciones en Amarilis, Huánuco, en 2023. Se plantearon problemas específicos como el procedimiento de modelización en ETABS y la integración de análisis para optimizar el diseño y refuerzo. El objetivo general fue desarrollar un modelo para simular estos análisis en una edificación de cinco niveles en Amarilis, Huánuco, con objetivos específicos que incluyeron la creación de un modelo en ETABS y la comparación de resultados con normativas vigentes. Desde un punto de vista teórico, buscó ampliar el conocimiento en ingeniería estructural, mientras que prácticamente abordó la seguridad y resistencia en zonas sísmicas. Metodológicamente, se utilizaron herramientas avanzadas como ETABS, aunque se enfrentó limitaciones económicas y de acceso a bibliografía especializada. La viabilidad del estudio se respaldó en la relevancia geográfica de Amarilis, Huánuco, y en herramientas de modelado avanzadas. Las hipótesis postularon que un modelo en ETABS mejoró el análisis sismorresistente y el efecto torsional. Se empleó un enfoque cuantitativo y explicativo, con técnicas de recolección de datos como la observación y herramientas como programas de software y equipos de medición topográfica. La presentación de datos implicó la creación de planos y el análisis se realiza con herramientas como Excel y ETABS. En conclusión, el estudio demostró que un modelo optimizado en ETABS puede mejorar significativamente el comportamiento estructural frente a cargas sísmicas, recomendando su implementación en futuros proyectos en zonas sísmicas, junto con un monitoreo continuo y un análisis de costo-beneficio.

**Palabras clave:** análisis, efecto torsional, asimetría estructural, diseño, concreto armado.

## ABSTRACT

The study investigated the structural response of buildings to seismic loads, focusing on torsional effects and asymmetry. The central problem was effectively simulating these analyses in the design and analysis of buildings in Amarilis, Huánuco, in 2023. Specific problems included the modeling procedure in ETABS and the integration of analyses to optimize design and reinforcement. The general objective was to develop a model to simulate these analyses in a five-story building in Amarilis, Huánuco, with specific objectives that included creating a model in ETABS and comparing the results with current regulations. Theoretically, it aimed to expand knowledge in structural engineering, while practically addressing safety and resilience in seismic zones. Methodologically, advanced tools such as ETABS were used, although economic limitations and access to specialized literature were encountered. The feasibility of the study was supported by the geographical relevance of Amarilis, Huánuco, and advanced modeling tools. The hypotheses posited that an ETABS model improved seismic-resistant analysis and torsional effect. A quantitative and explanatory approach was employed, with data collection techniques such as observation and tools like software programs and topographic measurement equipment. Data presentation involved creating plans and analyzing them with tools such as Excel and ETABS. In conclusion, the study demonstrated that an optimized model in ETABS can significantly improve structural behavior under seismic loads, recommending its implementation in future projects in seismic zones, along with continuous monitoring and a cost-benefit analysis.

**Keywords:** analysis, torsional effect, structural asymmetry, design, reinforced concrete.

## INTRODUCCIÓN

El rápido crecimiento urbano ha generado una creciente demanda por construcciones seguras, especialmente en zonas propensas a eventos sísmicos como Amarilis, Huánuco. En este contexto, el análisis del efecto torsional en edificaciones de concreto armado se vuelve crucial para el diseño de estructuras resistentes a terremotos. Comprender cómo la torsión afecta la estabilidad de los edificios permite implementar estrategias de diseño y refuerzo que mejoren su capacidad de resistir y absorber fuerzas sísmicas, protegiendo así vidas y bienes.

Esta investigación se enfoca en el análisis detallado del efecto torsional en una edificación de concreto armado de cinco niveles en Amarilis, Huánuco, durante el año 2023. Se basa en la necesidad de desarrollar un modelo efectivo que simule el análisis sismorresistente, el efecto torsional, la asimetría estructural y la desviación lateral en el diseño y análisis de estas edificaciones.

Los estudios previos, como el *"Análisis del efecto torsional en edificaciones de concreto armado de varios niveles en zonas sísmicas de México"* de Orozco (2018) y *"Estudio comparativo de la asimetría y su impacto en el comportamiento torsional de edificaciones de concreto en Bogotá"* de Sánchez (2019), resaltan la importancia de considerar la torsión y la asimetría en el diseño estructural para mejorar la seguridad y resistencia de las edificaciones.

Esta investigación busca contribuir al conocimiento científico y técnico en ingeniería estructural, proponiendo soluciones innovadoras para optimizar la resistencia y estabilidad de edificaciones de concreto armado en zonas sísmicas. Los objetivos específicos incluyen desarrollar un modelo en ETABS, integrar análisis complejos y comparar resultados con normativas de diseño estructural, con el fin último de crear edificaciones más seguras y resistentes a eventos sísmicos en Amarilis, Huánuco, en el año 2023.

# CAPITULO I

## PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El crecimiento urbano acelerado ha generado una demanda constante de nuevas construcciones, especialmente en áreas propensas a eventos sísmicos. En este contexto, es fundamental realizar estudios sobre el efecto torsional en edificaciones de concreto armado, ya que estos análisis permiten diseñar y construir estructuras más seguras y resilientes ante situaciones de riesgo como terremotos. Al comprender mejor cómo la torsión afecta la estabilidad de los edificios, los ingenieros pueden implementar estrategias de diseño y refuerzo que mejoren la capacidad de las estructuras para resistir y absorber las fuerzas generadas por eventos sísmicos, salvaguardando así la vida y el patrimonio de las personas que habitan en estas edificaciones.

Además de la seguridad estructural, estos estudios también tienen un impacto significativo en la calidad de vida de las personas. Al construir edificaciones más seguras y resistentes a eventos sísmicos, se brinda tranquilidad y confianza a la población, reduciendo el temor y la ansiedad asociados con la posibilidad de sufrir daños graves en sus hogares o lugares de trabajo durante un terremoto. Esto contribuye a crear entornos urbanos más resilientes y sostenibles, donde las personas pueden desarrollar sus actividades diarias de manera segura y sin interrupciones causadas por eventos naturales extremos.

Estudios realizados en México como Análisis del efecto torsional en edificaciones de concreto armado de varios niveles en zonas sísmicas de México, e enfocó en analizar el efecto torsional en edificaciones de concreto armado de varios niveles en zonas sísmicas. Utilizaron modelos de elementos finitos para evaluar la respuesta de las estructuras ante cargas torsionales y consideraron diferentes configuraciones estructurales. Las conclusiones destacaron la importancia de considerar el efecto torsional en el diseño y

análisis de edificaciones en zonas sísmicas, así como la necesidad de medidas de refuerzo para mejorar la seguridad estructural. Orozco (2018)

Por otra parte, en Colombia, el Estudio comparativo de la asimetría y su impacto en el comportamiento torsional de edificaciones de concreto en Bogotá, realizado se centró en un estudio comparativo de la asimetría y su impacto en el comportamiento torsional de edificaciones de concreto en Bogotá, emplearon análisis estructurales detallados y mediciones in situ para evaluar la influencia de la asimetría en la respuesta torsional de las edificaciones. Sus conclusiones resaltaron la importancia de considerar la asimetría en el diseño estructural para reducir los efectos torsionales y mejorar la resistencia sísmica de las edificaciones en la región. Sánchez (2019)

En Perú, el estudio, Evaluación del efecto torsional en edificaciones de concreto armado en zonas de alta sismicidad en Perú, se enfocó en la evaluación del efecto torsional en edificaciones de concreto armado en zonas de alta sismicidad. Utilizaron análisis numéricos y pruebas de laboratorio para comprender mejor los mecanismos de torsión en las estructuras. Sus conclusiones destacaron la necesidad de considerar la torsión en el diseño estructural y la importancia de medidas de refuerzo para mitigar los efectos torsionales y mejorar la capacidad de resistencia ante sismos en la región (García et al., 2022).

Un análisis exhaustivo del efecto torsional en edificaciones de concreto armado en zonas sísmicas revela como una investigación de gran importancia en el campo de la ingeniería estructural. Se resalta la necesidad de considerar este fenómeno para mejorar la seguridad de las construcciones en regiones propensas a sismos. Por otro lado, investigaciones comparativas, enfatizan cómo la asimetría puede impactar significativamente la respuesta torsional, impulsando la implementación de medidas de diseño y refuerzo más efectivas. Además, la evaluación del efecto torsional en contextos específicos, contribuye tanto al conocimiento científico como a la adaptación de estrategias de construcción a condiciones geográficas particulares. En conjunto, estas investigaciones no solo buscan mejorar la seguridad estructural, sino que

también aportan al avance del campo de la ingeniería sísmica y estructural en general.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. PROBLEMA GENERAL**

¿Cómo simular el análisis sismorresistente, el efecto torsional, la asimetría estructural y la desviación lateral en el diseño y análisis de edificaciones de concreto armado en Amarilis, Huánuco, en el año 2023?

### **1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICO**

¿Cuál es el procedimiento para realizar la modelización en ETABS con el fin de calcular el efecto torsional en un edificio de cinco pisos de concreto armado, ubicado en Amarilis, Huánuco, en el año 2023?

¿Cómo integrar el análisis sismorresistente, el efecto torsional y la asimetría estructural para optimizar el diseño y refuerzo de edificaciones de concreto armado, situado en Amarilis, Huánuco, en el año 2023?

¿Cómo comparar los resultados de análisis torsionales y sísmicos con las normativas de diseño estructural, teniendo en cuenta la asimetría estructural y la desviación lateral, ubicado en Amarilis, Huánuco, en el año 2023?

## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar un modelo para simular de manera efectiva el análisis sismorresistente, el efecto torsional, la asimetría estructural y la desviación lateral en el diseño y análisis de una edificación de concreto armado ubicado en Amarilis, Huánuco, en el año 2023.

### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Desarrollar un modelo en ETABS para simular el comportamiento estructural de un edificio de cinco pisos de concreto armado ubicado en Amarilis, Huánuco, 2023.

Integrar de manera efectiva el análisis sismorresistente, el efecto torsional y la asimetría estructural en el diseño y refuerzo de edificaciones de concreto armado ubicadas en Amarilis, Huánuco, 2023.

Comparar y evaluar los resultados obtenidos de análisis torsionales y sísmicos en un edificio de concreto armado ubicado en Amarilis, Huánuco, 2023.

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

### **1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA**

Desde un punto de vista teórico, la investigación amplía el conocimiento en el campo de la ingeniería estructural al abordar la integración de análisis complejos como el sismorresistente, el efecto torsional y la asimetría estructural. Al profundizar en estos conceptos, se enriquece la comprensión de los mecanismos de respuesta de las estructuras ante diferentes cargas y eventos, proporcionando bases sólidas para el desarrollo de metodologías de diseño más avanzadas y efectivas. Asimismo, la aplicación de estas teorías en un contexto práctico como el de Amarilis, Huánuco, brinda resultados concretos que pueden ser aplicados en futuros proyectos de ingeniería en la región y más allá.

### **1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA**

La investigación tiene una relevancia práctica significativa al abordar la seguridad y resistencia de edificaciones de concreto armado en zonas sísmicas como Amarilis, Huánuco, en el año 2023. El desarrollo de un modelo efectivo para simular el análisis sismorresistente, el efecto torsional y la asimetría estructural permitirá mejorar la capacidad de las

construcciones para resistir eventos sísmicos y torsionales, garantizando la seguridad de los ocupantes y protegiendo el patrimonio estructural. Esto tiene implicaciones directas en la reducción de riesgos ante desastres naturales y en la calidad de vida de la comunidad, además de contribuir a la implementación de estándares de construcción más seguros y sostenibles en la región.

### **1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA**

Desde el punto de vista metodológico, la investigación emplea herramientas y técnicas avanzadas como el modelado en ETABS y la comparación de resultados de análisis torsionales y sísmicos. Estos enfoques metodológicos rigurosos y sistemáticos garantizan la fiabilidad y validez de los resultados obtenidos, permitiendo una evaluación objetiva y precisa de la efectividad de las estrategias de diseño y refuerzo propuestas. La utilización de normativas y estándares vigentes en el análisis comparativo asegura la pertinencia y aplicabilidad práctica de los hallazgos, respaldando la toma de decisiones en el ámbito de la ingeniería estructural y la construcción de edificaciones seguras en zonas sísmicas.

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

Limitaciones Económicas: La investigación puede enfrentar limitaciones económicas en términos de acceso a recursos financieros para la adquisición de licencias de software especializado y equipos de cómputo de alta capacidad. Esto podría afectar la escala y el alcance de las simulaciones y análisis realizados, así como la disponibilidad de personal especializado para llevar a cabo las tareas necesarias.

Bibliografía Especializada de Facilidad de Acceso: Aunque se buscará acceder a bibliografía especializada y actualizada sobre análisis sismorresistente, efecto torsional y asimetría estructural, puede haber limitaciones en el acceso a ciertas publicaciones debido a restricciones de suscripción, costos de adquisición de libros o acceso limitado a bibliotecas especializadas en la región de estudio.

Contexto Geográfico y Temporal: La investigación se centra en el contexto específico de Amarilis, Huánuco, en el año 2023, lo cual puede limitar la generalización de los resultados obtenidos a otras regiones geográficas o períodos temporales. Las condiciones geográficas y sísmicas específicas de la zona de estudio pueden influir en los hallazgos y conclusiones, lo que requiere precaución al extrapolar los resultados a otros escenarios.

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

La investigación sobre el análisis de la asimetría para calcular el efecto torsional en una edificación de concreto armado de 5 niveles en Amarilis, Huánuco, es viable debido a varios factores fundamentales que respaldan su realización y contribuyen a su importancia y relevancia.

En primer lugar, la ubicación geográfica de Amarilis en Huánuco, una región con actividad sísmica, proporciona un contexto adecuado y significativo para estudiar el comportamiento estructural de edificaciones en zonas de riesgo sísmico. Este contexto permite obtener datos y resultados aplicables y relevantes para la seguridad estructural en áreas vulnerables a eventos sísmicos.

Además, la investigación aborda un tema crítico en la ingeniería estructural, ya que el efecto torsional y la asimetría estructural son factores que pueden influir significativamente en la respuesta y resistencia de las edificaciones ante cargas sísmicas. Al comprender mejor estos fenómenos y su interacción, se pueden desarrollar estrategias de diseño y refuerzo más efectivas para mejorar la seguridad y la resistencia de las edificaciones.

Asimismo, la disponibilidad de herramientas de modelado y análisis avanzadas, como el software ETABS, facilita la realización de simulaciones precisas y detalladas del comportamiento estructural, lo que permite obtener resultados confiables y aplicables en la práctica de la ingeniería.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

##### 2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Valenzuela (2021) en su trabajo de graduación intitulado: *“Diseño de investigación para el efecto de las irregularidades en viviendas de 3 o 4 niveles con estructura tipo cajón (planta y perfil), para el departamento de Suchitepéquez.”* se propone investigar cómo las irregularidades estructurales afectan el comportamiento sísmico de viviendas de tres y cuatro niveles construidos con estructuras tipo cajón en dicha región. Los objetivos principales del estudio son identificar y analizar las diferentes formas de irregularidades que pueden presentarse en estas edificaciones y evaluar su impacto en la respuesta sísmica mediante modelaciones y simulaciones estructurales. Valenzuela busca proporcionar recomendaciones de diseño que mitiguen los efectos adversos de estas irregularidades, mejorando así la seguridad y la resiliencia de las viviendas ante sismos. Entre las conclusiones destacadas del trabajo, se observa que las irregularidades en planta y en perfil pueden aumentar significativamente la vulnerabilidad sísmica de las estructuras, provocando concentraciones de esfuerzo y desplazamientos no uniformes que comprometen la estabilidad global de las edificaciones. Las simulaciones realizadas demuestran que las estructuras con irregularidades presentan un desempeño inferior en comparación con aquellas diseñadas de manera regular, subrayando la necesidad de adherirse a criterios de diseño que promuevan la uniformidad estructural. Valenzuela concluye que es fundamental implementar estrategias de diseño específicas para cada tipo de irregularidad, como reforzamientos adicionales y detallado adecuado en zonas críticas, para garantizar la integridad estructural de las viviendas en Suchitepéquez ante eventos sísmicos.

Castañeda (2020) en su trabajo de investigación para optar el grado de Maestro en Ingeniería intitulado: *“Comportamiento sísmico de edificios asimétricos con planta baja débil.”* El objetivo principal del estudio es evaluar el comportamiento dinámico y las vulnerabilidades estructurales de estas edificaciones, utilizando modelos numéricos y simulaciones para identificar los principales factores que contribuyen a su susceptibilidad ante terremotos. Castañeda Rodríguez busca determinar cómo las irregularidades en la rigidez y resistencia, especialmente en la planta baja, influyen en la distribución de las fuerzas sísmicas y en el desarrollo de posibles modos de falla. Las conclusiones del estudio revelan que los edificios con planta baja débil y asimétrica presentan una mayor concentración de esfuerzos y deformaciones en los niveles inferiores, lo que incrementa significativamente el riesgo de colapso durante eventos sísmicos. Además, se observa que la irregularidad en planta y elevación exagera los efectos torsionales, aumentando la demanda de ductilidad en los elementos estructurales de la planta baja. Para mitigar estos riesgos, el autor sugiere reforzar la planta baja mediante el uso de sistemas de refuerzo como muros de corte y contravientos, así como mejorar la distribución de rigidez y resistencia a lo largo de la altura del edificio. Estas medidas pueden ayudar a equilibrar la respuesta sísmica y reducir las probabilidades de fallo catastrófico, mejorando la seguridad y resiliencia de las edificaciones en zonas sísmicamente activas.

Meza (2018) en su trabajo especial de grado intitulado: *“Análisis de la ductilidad local en pórticos de concreto reforzado ante cargas sísmicas.”* El objetivo principal de su trabajo es evaluar cómo la capacidad de deformación plástica en componentes específicos de los pórticos, como las vigas y columnas, contribuye al comportamiento global de la estructura durante un sismo. Meza busca identificar los factores que influyen en la ductilidad local, como el tipo y disposición del refuerzo, y cómo estos factores afectan la capacidad de los pórticos para disipar energía sin experimentar fallas catastróficas. A través de un enfoque experimental y analítico, la investigación incluye la realización

*de pruebas a escala real y simulaciones numéricas para obtener datos precisos sobre el comportamiento de los pórticos reforzados. En sus conclusiones, Meza destaca que la adecuada disposición y proporción del refuerzo longitudinal y transversal es crucial para mejorar la ductilidad local, y por ende, la resiliencia sísmica de los pórticos de concreto reforzado. Asimismo, subraya que el diseño sismo-resistente debe enfocarse en garantizar que las zonas críticas de las estructuras, donde se esperan mayores deformaciones, posean una capacidad de deformación plástica adecuada para evitar colapsos prematuros. Este estudio proporciona recomendaciones prácticas para el diseño y reforzamiento de estructuras existentes, contribuyendo significativamente al desarrollo de estrategias de mitigación de riesgos sísmicos en edificaciones.*

## **2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES**

Barja & Sotomayor (2021) en su tesis intitulo: *“Influencia de la distribución de amortiguadores de masa sintonizada ubicados en el último piso de una edificación de concreto armado de 5 niveles para la reducción de los efectos torsionales ante respuestas sísmicas mediante un análisis estructural en Lima, Perú”*. tiene como objetivo principal evaluar cómo la colocación estratégica de amortiguadores de masa sintonizada (AMS) en el último piso de una estructura de concreto armado de cinco niveles puede mitigar los efectos torsionales inducidos por eventos sísmicos. A través de un análisis estructural detallado, los autores buscan determinar la efectividad de diferentes configuraciones y distribuciones de estos dispositivos para optimizar la respuesta sísmica de la edificación. En sus conclusiones, los investigadores encontraron que la correcta distribución de los AMS en el último piso de la estructura puede significativamente reducir las deformaciones torsionales y, por ende, mejorar la estabilidad y seguridad de la edificación durante un sismo. El estudio demuestra que la incorporación de AMS no solo ayuda a controlar las vibraciones sino también a minimizar los desplazamientos

laterales, lo cual es crucial para prevenir daños estructurales graves en áreas de alta actividad sísmica como Lima.

Villafuerte (2020) en su tesis intitulado: *“Relación de la excentricidad con el efecto de torsión de un edificio destinado para vivienda multifamiliar en la provincia de Huancayo.”* Villafuerte Ramírez se propone investigar cómo la excentricidad en el diseño de edificios multifamiliares afecta el comportamiento torsional bajo cargas sísmicas. El objetivo principal del estudio es cuantificar la influencia de la excentricidad sobre la respuesta torsional de la estructura, con el fin de proporcionar recomendaciones de diseño que mitiguen estos efectos y mejoren la seguridad estructural. A través de un análisis detallado que incluye modelación computacional y simulaciones sísmicas, Villafuerte concluye que la excentricidad tiene un impacto significativo en la amplificación de los efectos torsionales, lo cual puede llevar a deformaciones excesivas y, potencialmente, al colapso estructural si no se manejan adecuadamente. Además, la investigación sugiere que la implementación de contramedidas como la distribución simétrica de masas y rigideces, así como el uso de disipadores de energía, puede reducir considerablemente los efectos negativos de la torsión. Estas conclusiones resaltan la importancia de considerar la excentricidad desde las etapas iniciales de diseño arquitectónico y estructural para garantizar la resiliencia de los edificios multifamiliares en zonas sísmicamente activas como Huancayo.

(Inga Solórzano, 2019) en su tesis intitulado: *“Análisis de la asimetría estructural de un edificio y su influencia en el efecto torsional.”* El objetivo principal del estudio es evaluar la magnitud y el impacto del comportamiento torsional en edificios asimétricos, comparándolos con estructuras simétricas bajo cargas sísmicas similares. Utilizando modelos computacionales y análisis dinámicos, Solórzano busca identificar las variaciones en la respuesta sísmica debido a la asimetría, considerando factores como la distribución de masas y rigideces. Las conclusiones del trabajo revelan que los edificios con asimetría

presentan mayores desplazamientos torsionales y fuerzas internas más altas en comparación con los edificios simétricos, lo que aumenta significativamente el riesgo de daños estructurales. Además, se destaca la importancia de implementar estrategias de diseño que mitiguen estos efectos, como una distribución más uniforme de la rigidez y la masa, y el uso de sistemas de disipación de energía. Solórzano concluye que una correcta consideración de la asimetría estructural en la fase de diseño es crucial para mejorar la seguridad y el rendimiento de las edificaciones en zonas sísmicas.

### **2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES**

Hasta el momento no existen antecedentes a nivel local.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1. ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO**

El hormigón armado ha sido ampliamente empleado a lo largo de varios años en la construcción de diversas estructuras destinadas a diferentes usos funcionales y cotidianos, adaptándose a las necesidades de diseñadores y constructores. (Abdallha, 2017)

El hormigón es una sustancia similar a la piedra que se forma al combinar cuidadosamente El hormigón se produce mediante la combinación de cemento, agua, arena y grava u otros agregados en cantidades precisas. Esta mezcla se vierte en moldes con la forma y dimensiones deseadas, donde posteriormente fragua. Su estructura se compone de agregados finos y gruesos, mientras que el cemento y el agua se combinan químicamente para unir estas partículas y crear una masa sólida. Es fundamental añadir la cantidad correcta de agua para obtener la consistencia adecuada, no solo para la reacción química, sino también para garantizar que la mezcla tenga la consistencia adecuada para llenar los moldes antes de que comience el proceso de endurecimiento.

Se pueden obtener una amplia variedad de características en el hormigón ajustando las proporciones de los materiales que lo componen. También es posible lograr un porcentaje más amplio de propiedades mediante el uso de cementos específicos, agregados específicos, aditivos y métodos particulares de curado. Estas características están influenciadas por las proporciones de la mezcla, el proceso de mezclado de los distintos materiales y las condiciones de humedad y temperatura durante el proceso de fraguado y endurecimiento. Por ejemplo, el hormigón exhibe Presenta una resistencia a la compresión elevada, similar a la de las rocas naturales, lo que lo convierte en una opción adecuada para elementos estructurales sujetos principalmente a fuerzas de compresión, como columnas o arcos. Sin embargo, al igual que las rocas naturales, el hormigón es relativamente frágil y muestra una resistencia a la tensión limitada, lo que limita su uso en elementos estructurales que experimentan fuerzas de tracción, como las vigas. Para superar esta limitación, en la segunda mitad del siglo XIX se propuso reforzar el hormigón con acero, debido a la alta resistencia a la tracción de este material, especialmente en áreas donde el hormigón presenta una baja resistencia a la tracción La inclusión de refuerzo de acero en el hormigón, que tiene superficies deformadas para mejorar la adherencia, se realiza colocando las barras de refuerzo en los encofrados antes de verter el hormigón. Una vez que las barras están completamente rodeadas por el hormigón endurecido, se convierten en una parte integral del elemento, formando así lo que se conoce como hormigón armado. Esta combinación de materiales combina muchas de las ventajas de cada uno: el hormigón ofrece un costo relativamente bajo, resistencia al clima y al fuego, buena resistencia a la compresión y capacidad de moldeo, mientras que el acero aporta alta resistencia a la tracción, ductilidad y tenacidad. Es precisamente esta combinación la que amplía enormemente las aplicaciones y posibilidades del hormigón armado en la construcción de diversos tipos de estructuras, como edificios, puentes, presas, tanques, entre otros. (Nilson, 1999)

Las propiedades fundamentales que debe poseer una estructura incluyen resistencia, rigidez, economía, estética y sostenibilidad. La resistencia se considera adecuada cuando la capacidad de resistir fuerzas externas supera a las fuerzas internas, es decir, cuando  $FR \geq FU$ . La rigidez se evalúa como adecuada cuando los desplazamientos son menores que cierta tolerancia establecida, es decir, cuando  $\Delta_{max} \leq \Delta_{tol}$ . Es importante destacar que la economía de una estructura no debe entenderse simplemente como un costo reducido, sino más bien como una adecuada relación entre costos y beneficios, garantizando la seguridad y la rigidez sin excesos innecesarios. La estética también es relevante, ya que la infraestructura refleja la identidad de las comunidades. Por último, la sostenibilidad debe ser considerada a lo largo de todo el ciclo de vida de la estructura, desde el diseño hasta la operación y el mantenimiento. En resumen, una estructura de edificio es un sistema de elementos diseñados para mantener su forma frente a cargas externas y factores ambientales, garantizando estabilidad y equilibrio para prevenir colapsos debido a fuerzas como viento, sismo, lluvia, entre otras, sin comprometer su integridad.

### **2.2.2. RIGIDEZ DE LA ESTRUCTURA**

La rigidez se define como la capacidad intrínseca de los elementos estructurales para resistir deformaciones, es decir, su habilidad para soportar cargas sin sufrir desplazamientos o deformaciones excesivas. Esta característica está determinada por el módulo de elasticidad del material del componente, así como por su momento de inercia y longitud.

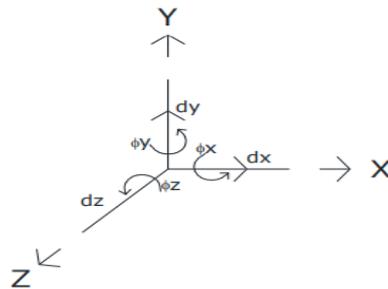
$$K = \frac{12 \cdot E \cdot I}{L^3}$$

Hernández (2005) Indica que la rigidez de un componente estructural se describe típicamente como la fuerza requerida para producir un desplazamiento unitario. No obstante, para una mayor exactitud, es esencial detallar el tipo de desplazamiento (lineal o angular) y su posición específica. Como cada componente estructural posee dos extremos, el concepto de desplazamiento alude al movimiento

generalizado de dichos extremos. En un sistema de coordenadas tridimensional, el vector que denota el desplazamiento en un punto incluye seis componentes: tres lineales y tres angulares. (Hernandez, 2005).

**Figura 1**

*Componentes de desplazamiento de los extremos de un elemento*

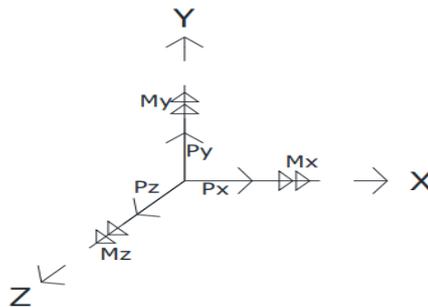


*Fuente.* Adaptado de (Hernández 2005)

Al igual que el desplazamiento, la fuerza debe ser contemplada como una magnitud generalizada que, en un sistema de coordenadas, se desglosa en seis componentes.

**Figura 2**

*Componentes de las fuerzas de los extremos de un elemento*



*Fuente.* Adaptado de (Hernández 2005)

Si hablamos el movimiento y la rudeza de manera matricial, obtenemos la siguiente representación:

$$\begin{bmatrix} dx \\ dy \\ dz \\ \phi_x \\ \phi_y \\ \phi_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ d_4 \\ d_5 \\ d_6 \end{bmatrix} \qquad \begin{bmatrix} P_x \\ P_y \\ P_z \\ M_x \\ M_y \\ M_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \\ P_4 \\ P_5 \\ P_6 \end{bmatrix}$$

Entonces, la rigidez se define como la fuerza generalizada que genera un desplazamiento unitario. Según esta fuerza generalizada, existen diversos tipos de rigideces correspondientes a diferentes elementos mecánicos, tales como la rigidez axial, de corte, de flexión y de torsión (Hernández, 2005).

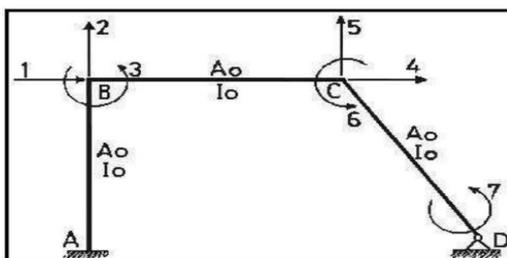
### 2.2.3. MATRIZ DE RIGIDEZ (K) DE UNA ESTRUCTURA

La matriz de rigidez  $K$  es una característica inherente del sistema estructural y permanece constante independientemente del estado de carga o las condiciones de contorno aplicadas a la estructura. Solo se cambiará si se añade algún componente extra. Cada columna de la matriz de rigidez describe las fuerzas requeridas para generar un desplazamiento unitario en el grado de libertad correspondiente asociado al índice de esa columna, manteniendo los demás grados de libertad inmóviles. Cada línea de la matriz de rigidez detalla un conjunto de estas operaciones. Al aplicar los multiplicadores en cada línea de la matriz de rigidez al vector completo de desplazamiento, se calcula la fuerza correspondiente al grado de libertad particular indicado por su índice.

Aguilar (2004), En un marco dado con en un sistema de coordenadas  $Q-q$ , se define una conexión entre el vector de cargas generalizadas  $Q$  y el vector de desplazamientos generalizados  $q$ , tal como se muestra en el esquema siguiente.

**Figura 3**

*Relación entre vectores de cargas generalizada y movimientos generalizados*



Fuente. Adaptado de (Aguilar 2004)

La interacción entre Q y q, se encuentra por medio de la matriz de rigidez K con la siguiente expresión:

### 2.2.3.1. ECUACIÓN 2.1. $Q = K * Q$

Esta expresión implica que la matriz de rigidez tiene una dimensión de (n x n), donde (n) es el encargado de número de grados de libertad de la estructura. Por lo tanto, si (x) es un vector con (n) filas y (Q) es otro vector con (q) elementos, entonces la expresión previamente presentada puede ser expresada de la siguiente manera:

Al examinar esta expresión se ve que  $K_{ij}$ , tomando como ejemplo, es el valor de la carga  $Q_i$ , correspondiente al estado de desplazamiento  $q_1 = 1$  y  $q_1 = 0$  siendo  $i \neq 1$ ; es decir,  $K_{ij}$  es el valor de  $Q_i$  en la deformada elemental  $q_i$ . Por lo que en general se tendrá que un elemento cualquiera  $K_{ij}$ , es el valor de la carga generalizada

$i$ , correspondiente a la deformada elemental  $q_i$ .

$$\begin{bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \\ \dots \\ \dots \\ Q_i \\ \dots \\ \dots \\ Q_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K_{11} & K_{12} & \dots & \dots & K_{1n} \\ K_{21} & K_{22} & \dots & \dots & K_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ K_{i1} & K_{i2} & \dots & \dots & K_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ K_{n1} & K_{n2} & \dots & \dots & K_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} q_1 \\ q_2 \\ \dots \\ \dots \\ q_i \\ \dots \\ \dots \\ q_n \end{bmatrix}$$

Donde un término cualquiera  $Q_i$  es igual a:

$$\text{Ecuación 2.2. } Q_i = K_{i1} * q_1 + K_{i2} * q_2 + \dots + K_{in} * q_n$$

Las características distintivas de una estructura estable se identifican principalmente por el hecho de que el determinante de la matriz de rigidez es positivo y no nulo. Como consecuencia de esto, la matriz de rigidez se considera regular, con todos los elementos de su diagonal principal siendo positivos. La matriz resultante es de forma cuadrada y exhibe simetría con respecto a su diagonal principal.

#### 2.2.4. CALCULO DE LA MATRIZ POR ENSAMBLAJE DIRECTO

El método de ensamblaje directo se utiliza para obtener la matriz de rigidez (K) de la estructura. Este proceso se realiza ensamblando directamente. Se obtiene la matriz de rigidez de la estructura ensamblando directamente las matrices de rigidez en coordenadas globales de todos los elementos estructurales.

Para simplificar el proceso de cálculo, se introducen los vectores de ensamblaje (VE), los cuales indican los grados de libertad relacionados con los nodos inicial y final de un elemento, conforme a la descripción previamente mencionada. (Aguiar 2004).

Estos vectores se sitúan sobre y a la derecha de la matriz de rigidez del elemento. Si alguno de los componentes del vector de conexión es cero, se elimina la fila o columna correspondiente en la matriz; si es distinto de cero, se procede con el ensamblaje. (Vilemag, 2016)

Para determinar la matriz de rigidez de la estructura a través de un proceso de ensamblaje directo, se emplea la siguiente matriz. Esta matriz se utiliza para calcular la rigidez de cada elemento individualmente, y luego se ensamblan estas matrices individuales para obtener la rigidez total de la estructura, tal como se detalló anteriormente.

$$K = \begin{matrix} & \begin{matrix} r & 0 & 0 & -r & 0 & 0 \\ 0 & t & b & 0 & -b & b \\ 0 & b & K & 0 & -t & a \\ -r & 0 & 0 & r & 0 & 0 \\ 0 & -t & -b & 0 & b & -b \\ 0 & b & a & 0 & -t & K \end{matrix} \end{matrix}$$

Donde:

$$t = \frac{12EI}{L^3} \quad b = \frac{6EI}{L^2} \quad k = \frac{4EI}{L} \quad a = \frac{2EI}{L} \quad x = \frac{EA}{L}$$

#### 2.2.5. MATRIZ DE RIGIDEZ EN ENCALERAS

Las escaleras son una serie de escalones diseñados para permitir el desplazamiento de un nivel a otro. Están compuestas por varios elementos físicos, que incluyen los peldaños, Los elementos que

componen esta parte incluyen la huella, la contrahuella y la amplitud del área de circulación, junto con los pasamanos y los descansos.

Al diseñar cualquier tipo de escalera, es fundamental considerar las normativas pertinentes, así como las definiciones y requisitos que abarcan aspectos como la huella, la contrahuella, el ancho de la zona de peatona, los barandales y los descansos x, tal como se especifica en la normativa correspondiente.

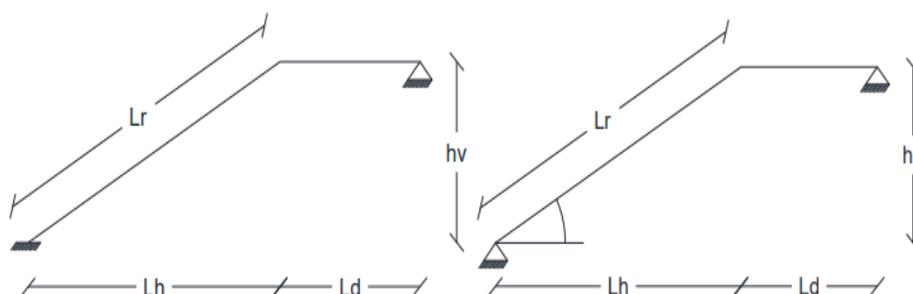
## 2.2.6. MATRIZ DE RIGIDEZ ADYACENTE O CONTIGUO

Es una herramienta fundamental en ingeniería estructural, especialmente en el análisis de sistemas estructurales. Esta matriz representa las relaciones de rigidez entre los elementos de una estructura, lo que permite modelar su comportamiento bajo cargas y deformaciones. En esencia, describe cómo las fuerzas aplicadas a un elemento afectan a los elementos adyacentes en función de sus propiedades de rigidez.

En el contexto de la ingeniería civil, esta matriz es esencial para el análisis de estructuras como puentes, edificios y otros tipos de infraestructuras. Al comprender cómo las cargas se distribuyen a través de una estructura, los ingenieros pueden diseñar de manera más efectiva para garantizar la seguridad y estabilidad de las construcciones. (Rodríguez García, 2018)

**Figura 4**

*Pórtico en una matriz*



*Fuente.* Adaptado a (Hernández, 2005)

Para derivar la matriz de rigidez lateral, se requiere emplear la siguiente expresión matemática.

$$K_L = K_{AA} - K_{AB} * K_{BB}^{-1} * K_{BA}$$

Donde  $K_L$  representa La matriz de rigidez lateral de la estructura se compone de submatrices, siendo  $K_{AA}$ ,  $K_{AB}$ ,  $K_{BB}$  y  $K_{BA}$  los términos restantes. Estas submatrices se obtienen al dividir la matriz de rigidez de la estructura, proceso que se representa de la siguiente manera:

$$K = \begin{bmatrix} K_{AA} & K_{AB} \\ K_{BA} & K_{BB} \end{bmatrix}$$

### 2.2.7. CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL

La configuración estructural se refiere al tipo, La organización, la división, la fuerza y la forma de la estructura de un edificio, y cómo estos elementos se relacionan entre sí, pueden resultar en desafíos específicos en términos de cómo la estructura responde a los terremotos. Al diseñar un edificio, es esencial tener en cuenta que uno de los factores principales que ha contribuido a los daños estructurales es la elección de diseños arquitectónicos y estructurales inadecuados. perjudiciales. En general, se puede afirmar que los sismos afectan significativamente a las estructuras que se apartan de formas y esquemas estructurales simples. (Otavalo, 2017)

### 2.2.8. BALANCE TORCIONAL EN EDIFICACIONES

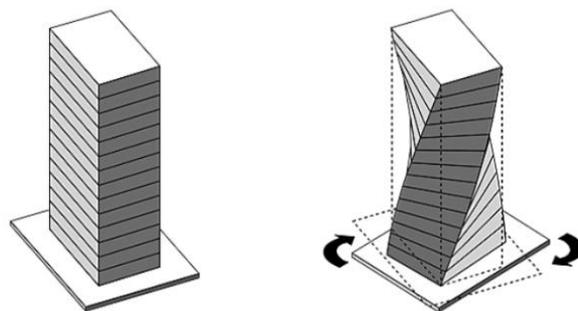
Cuando nos referimos al equilibrio torsional o torsión de una estructura, estamos hablando de la discrepancia entre el centro de masa

y el centro de gravedad del edificio. Esta discrepancia se manifiesta en situaciones La generación de torsión significativa puede originarse debido a excentricidades mayores en el sistema de fuerzas laterales de resistencia. Esta situación puede manifestarse, por ejemplo, por la presencia de una rigidez desigual en planta o por la falta de simetría en la construcción. (Sánchez et al., 2015)

Cuando se presentan desequilibrios estructurales en un edificio, pueden surgir efectos torsionales, los cuales constituyen una de las principales razones de los daños ocasionados por los terremotos en las edificaciones. Este fenómeno implica la rotación de un objeto, como un edificio, alrededor de sus dos extremos, tanto en la parte superior como en la inferior, Cada uno girando en direcciones opuestas. Por ejemplo, cuando la base de un edificio se ve afectada por una rotación debido a los efectos de un terremoto, los pisos superiores continúan experimentando movimiento en respuesta al desplazamiento del base causado por la inercia. Sin embargo, al intentar restablecer su posición relativa en la estructura, la base ya está retrocediendo debido al movimiento del suelo. Esto resulta en rotaciones opuestas en el extremo superior del edificio. (Guevara, 1998)

**Figura 5**

*Torsión de un edificio*



Las torsiones en las estructuras se originan debido a discrepancias en la distribución de la rigidez a lo largo de la edificación. Para mantener el equilibrio estructural y evitar la torsión al aplicar una fuerza horizontal, es necesario que el punto medio de masas coincida con el medio de rigidez. Si la distribución de los elementos que resisten las cargas

laterales no es simétrica, La posición del centro de rigidez se modifica, lo que produce una excentricidad en relación con el centro de masa, generando así la rotación de la estructura. Desde un punto de vista numérico, se considera que una excentricidad es notable si excede el 10% de la dimensión de la planta que se está analizando. En este caso, serán necesarios ajustes en la concepción y diseño estructural del edificio.

### 2.2.9. CENTRO DE MASA DE TORSION DE EDIFICACIONES

El punto medio de masas (CM) se define como el origen en el cual se supone que se encuentra acumulada toda la masa de cada nivel. Esta suposición implica que la masa distribuida en el piso produce los mismos efectos que si estuviera concentrada en el CM, lo que significa que el CM representa el punto geométrico donde se puede considerar que está ubicada toda la masa de un nivel de la estructura. (Zúñiga, 2015)

Para determinar el punto medio de las masas, es necesario dividir el plano en regiones de acuerdo con su modelo, y luego aplicar las siguientes fórmulas para calcular su posición:

$$\text{Ecuación 2.3. } X_{CM} = \frac{\sum \text{Área}_i \cdot X_i}{\sum \text{Área}_i}$$

$$\text{Ecuación 2.4. } Y_{CM} = \frac{\sum \text{Área}_i \cdot Y_i}{\sum \text{Área}_i}$$

Donde:

**X<sub>CM</sub>**, Son Las coordenadas representativas de la ubicación del punto medio de la masa en la dirección de X.

**Y<sub>CM</sub>**, Son Las coordenadas representativas de la ubicación del punto medio de masas en la dirección de Y

**AREA**, Se refiere a la cuantificación del área de cada subdivisión de la planta, lo que simplifica el proceso de cálculo.

**$X_i$** , Se trata de la ubicación del centro de gravedad en la dirección X de cada subdivisión de la planta, lo cual simplifica el cálculo.

**$Y_i$** , Se refiere a la ubicación del centro de gravedad en la dirección Y de cada subdivisión de la planta, lo que facilita el cálculo.

### **2.2.10.MEDIO O CENTRO DEL RIGIDEZ**

El centro de rigidez (CR) representa el punto medio de las rigideces de los componentes estructurales en un nivel específico. Este punto se localiza en el piso intermedio, y cuando se aplica una fuerza cortante, este nivel se desplaza sin rotar en relación al nivel inferior. (Velázquez & Fonten, 2015)

Se destaca que las cargas sísmicas se dirigen hacia el centro de masas (**CM**) y lo ideal sería que este coincida o esté lo más próximo posible al centro de rigidez (**CR**) para minimizar los problemas de torsión en el plano de la planta.

Para determinar el centro de rigidez (**CR**), se utilizan dos métodos: uno basado en la rigidez lateral de los pórticos de la estructura y otro en las rigideces individuales de los elementos estructurales **t**.

## **2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES**

**Modelo de simulación:** Es una representación abstracta de un sistema real que permite estudiar su comportamiento y tomar decisiones informadas. Es una herramienta valiosa en diversos campos, como la ingeniería y la gestión. (García Serrano, 2015)

**Análisis sismorresistente:** Es un proceso fundamental en la ingeniería estructural que evalúa cómo las edificaciones resisten las fuerzas sísmicas. Se basa en normativas y metodologías específicas para diseñar estructuras seguras y resistentes. (Cortés Carcelén, 2019)

**Efecto torsional:** Es un fenómeno que ocurre en estructuras sometidas a cargas torsionales, como terremotos. Provoca torsión en los elementos

estructurales, lo que puede comprometer su estabilidad. Es crucial considerarlo en el diseño estructural. (Díaz Espinoza, 2018)

**Asimetría estructural:** Se refiere a la disparidad en la distribución de masa y rigidez dentro de una estructura. Esta desigualdad puede influir en su respuesta ante cargas sísmicas y debe ser considerada en el diseño para garantizar la seguridad. (Gutiérrez Villafuerte, 2016)

**Desviación lateral:** Es el movimiento horizontal que experimentan las estructuras durante un sismo. Esta deformación puede ser crítica y debe ser considerada en el diseño sísmico para garantizar la estabilidad y seguridad de las edificaciones. (Delgado Guerra, 2019)

**Diseño de una edificación:** Es un proceso complejo que implica considerar aspectos estructurales, funcionales y estéticos. Se basa en normativas y principios de ingeniería para crear construcciones seguras, eficientes y atractivas. (Araujo González, 2020)

**Análisis de una edificación:** Implica evaluar su comportamiento bajo diversas cargas, como sismos o vientos. Se utilizan técnicas de ingeniería para garantizar su estabilidad y seguridad estructural. (Pérez Flores, 2018)

**Concreto armado:** Es un material compuesto por concreto reforzado con barras de acero. Es ampliamente utilizado en la construcción de edificaciones debido a su resistencia y durabilidad. (Gutiérrez Torres, 2017)

**ETABS:** Es un software de análisis y diseño estructural ampliamente utilizado en ingeniería civil. Permite modelar y analizar edificaciones, considerando aspectos como cargas, resistencia y estabilidad, facilitando el proceso de diseño. (Sánchez López, 2019)

**Comportamiento estructural:** Se refiere a cómo las edificaciones responden a cargas y fuerzas externas, como sismos o vientos. Su estudio y comprensión son fundamentales en ingeniería para garantizar la seguridad y estabilidad de las construcciones. (Rodríguez Cruz, 2016)

## **2.4. HIPÓTESIS**

### **2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL**

Hi: El desarrollar un modelo en ETABS para simular el comportamiento estructural mejorará el análisis sismorresistente, el efecto torsional, la asimetría estructural y la desviación lateral para una edificación de concreto armado de 5 niveles Amarilis - Huánuco -2023.

H0: El desarrollar un modelo en ETABS para simular el comportamiento estructural no mejorará el análisis sismorresistente, el efecto torsional, la asimetría estructural y la desviación lateral para una edificación de concreto armado de 5 niveles Amarilis - Huánuco -2023.

## **2.5. VARIABLES**

### **2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE**

Mejora en el análisis sismorresistente.

### **2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE**

Modelo en ETABS.

## 2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 1

Operacionalización de variables

x	DIMENSIÓN	INDICADOR	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>V. dependiente Mejora en el análisis sismorresistente</b>	Incremento en la seguridad estructural	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducción de vulnerabilidad ante cargas sísmicas.</li> <li>• Aumento de la capacidad de resistencia a torsiones y asimetrías.</li> <li>• Disminución de desplazamientos laterales.</li> </ul>	Cuantitativa	Discreta
	Optimización del diseño y refuerzo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejor distribución de cargas</li> <li>• Aumento de la resistencia global de la estructura.</li> </ul>		
	Mayor resistencia a torsiones y asimetrías.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incremento en la capacidad de resistencia a momentos torsionales.</li> <li>• Reducción de desplazamientos debidos a asimetrías.</li> </ul>		
	Reducción de desviaciones laterales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control de movimientos horizontales no deseados.</li> <li>• Minimización de desplazamientos laterales.</li> </ul>		
<b>V. independiente Modelo en ETABS</b>	Análisis sismorresistente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cálculo de fuerzas y desplazamientos sísmicos.</li> <li>• Comportamiento estructural ante cargas sísmicas.</li> </ul>	Cuantitativa	Discreta
	Efecto torsional	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis de torsiones por cargas sísmicas.</li> <li>• Evaluación de la influencia del efecto torsional en la estabilidad estructural.</li> </ul>		
	Asimetría estructural	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluación de asimetrías en masa y rigidez.</li> <li>• Efectos de la asimetría en la respuesta estructural.</li> </ul>		
	Desviación lateral.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudio de desplazamientos laterales por cargas sísmicas.</li> <li>• Análisis de la influencia de la desviación lateral en la estabilidad de la edificación.</li> </ul>		

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

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

El enfoque cuantitativo, según Zamora, Guerra, & Ferriño (2024) lo demostrado en su artículo, consiste en recopilar y analizar datos relevantes para la investigación, con el fin de descubrir patrones, validar o replantear las hipótesis. Otra característica de este enfoque que se puede apreciar en el artículo de es que se apoya en estadísticas y herramientas matemáticas para estudiar los datos, y suele involucrar encuestas, experimentos y el análisis de amplios conjuntos de datos como parte de su proceso de análisis. La tesis presente se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo con el objetivo de proporcionar una comprensión rigurosa y basada en datos sobre el efecto torsional para una edificación de concreto armado.

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

La investigación de carácter explicativo según el artículo de Zamora, Guerra, & Ferriño (2024) se enfoca en estudiar y comprender las causas y consecuencias de fenómenos específicos. Se centra en responder a las interrogantes del por qué y cómo de los eventos estudiados, buscando establecer relaciones causales entre variables.

Para la tesis presente se aplicó un alcance explicativo que permitió comprender las causas y efectos de la asimetría en el cálculo del efecto torsional en una edificación de concreto armado de 5 niveles. Se busca responder a las preguntas de por qué y cómo relacionadas con este fenómeno específico, mediante la identificación y análisis de las variables pertinentes en el contexto de la construcción y el diseño estructural.

### **3.1.3. DISEÑO**

La investigación no experimental según Zamora, Guerra, & Ferriño (2024), se distingue por observar y realizar el análisis de los fenómenos estudiados sin intervenir directamente en el mismo, es decir todos los datos recopilados son correspondientes a tal como se presentó el fenómeno estudiado en su estado natural. Para la tesis presenten no se alteró el objeto de estudio o sus variables por lo que se confirma que se dio uso de una investigación no experimental.

## **3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **3.2.1. POBLACIÓN**

En la investigación realizada por Pariachi & Cerdan (2020) en su artículo, se puede definir a la población como el conjunto total de elementos que corresponden al tema o el objeto de estudio

Para esta tesis, la población fueron todas las edificaciones de concreto armado de 5 niveles ubicadas en Amarilis, Huánuco.

### **3.2.2. MUESTRA**

En la investigación realizada por Pariachi & Cerdan (2020) en su artículo, se define a la muestra no probabilística como un subconjunto de la población que es seleccionado según criterios no aleatorios, como conveniencia o juicio experto.

Para esta tesis, la muestra consistió en edificaciones de concreto armado de 5 niveles ubicadas en Amarilis, Huánuco, en el año 2023.

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

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

Para la recolección de datos se utilizaron distintas técnicas y herramientas como la observación, que nos permitió conseguir y analizar datos, y el análisis de documentos que nos ayudó a elaborar un marco

teórico para el análisis. En cuanto a las herramientas se dio uso de, aparatos electrónicos donde se almaceno y analizo la información, programas de software como Excel en donde se compararon los datos y se predimensionaron los elementos estructurales, también se dio uso de herramientas mecánicas que nos permitieron recopilar datos topográficos y del terreno.

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

Se planteó que, para la exposición de los datos, en primer lugar, se realizara el plano de ubicación donde se situaría la estructura. Después se efectuó una comprobación del terreno y un replanteo topográfico, así como el estudio de mecánica de suelos y otros estudios complementarios.

Se elaboró un esquema del diseño arquitectónico para establecer las dimensiones de los espacios. Esto facilitó la estimación inicial del tamaño de los elementos estructurales. Posteriormente, todos estos datos fueron ingresados en el programa ETABS, utilizando los parámetros antisísmicos obtenidos, lo que permitió llevar a cabo el análisis sísmico de acuerdo con la norma E030. Además, se evaluó el efecto de torsión.

Por último, se procedió al diseño de los componentes estructurales de acuerdo con las pautas establecidas por la normativa correspondiente, la E060. Todos estos pasos fueron plasmados en un plano estructural.

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

El comienzo de este estudio consistió en identificar el área donde se erigiría la estructura. Para ello, se ejecutó un levantamiento topográfico utilizando una estación total, con el cual se creó el plano en el software AUTOCAD. Después, se procedió al estudio del suelo para determinar su capacidad portante y tipo, obteniendo así los parámetros antisísmicos según lo estipulado por la normativa E030. Luego, se

realizó el predimensionamiento de los elementos estructurales con base en el plano arquitectónico. Acto seguido, se ingresaron los valores obtenidos en el software ETABS para modelar la estructura y llevar a cabo el análisis antisísmico, incluyendo la verificación del efecto de torsión en toda la estructura. Es pertinente destacar que se siguieron las normas E020, E030, E050 y E060 para realizar este análisis. Por último, los resultados obtenidos fueron evaluados en una hoja de cálculo de Excel y se elaboró el plano estructural en el software AUTOCAD.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

##### 4.1.1. CARACTERÍSTICAS DE LA UBICACIÓN

La edificación se compone por una estructura de concreto armado de 05 niveles ubicados en el distrito de Amarilis, en la región de Huánuco.

**Tabla 2**

*Características de la edificación*

<b>CARACTERÍSTICAS DE LA EDIFICACIÓN</b>		
<b>UBICACIÓN</b>		
REGIÓN	->	HUÁNUCO
PROVINCIA	->	HUÁNUCO
DISTRITO	->	AMARILIS
<b>ALTURAS DE EDIFICACIÓN</b>		
CANTIDAD DE PISOS	->	06
ALTURA DE ENTREPISOS	->	3.00 m
ALTURA TOTAL DE LA EDIFICACIÓN	->	18.00 m
LARGO DE TERRENO	->	20.00 m
ANCHO DE TERRENO	->	10.36 m
<b>PARÁMETROS SÍSMICOS</b>		
CATEGORÍA DE LA EDIFICACIÓN	->	C
ZONA SÍSMICA	->	2
TIPO DE SUELO	->	S2
PERIODO FUNDAMENTAL	->	1
ALTURA DE EDIFICACIÓN	->	18.00 m
Máximo periodo de vibración de edificación	->	0.60 seg
U	->	1.00
Z	->	0.25
Tp (s)	->	0.60
S	->	1.15

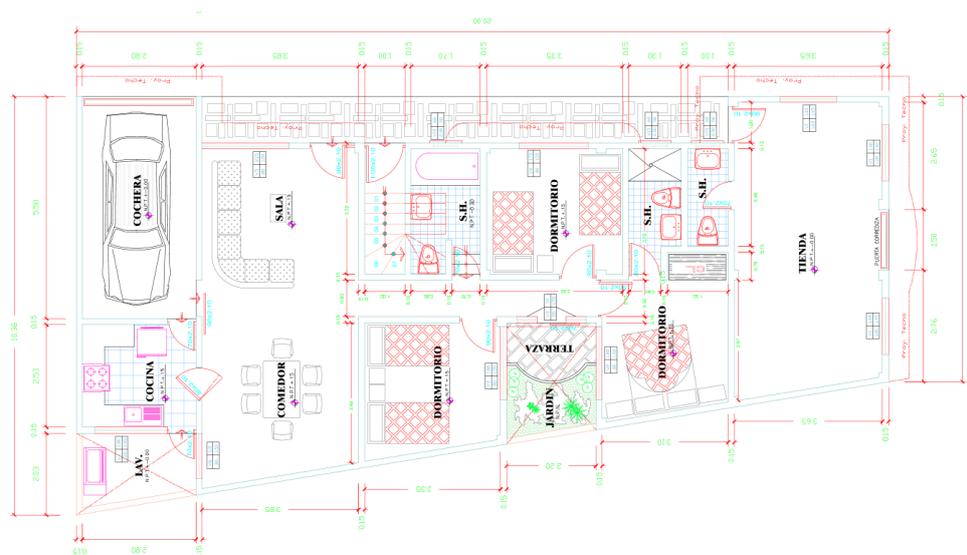
CT	->	35.00
T	->	0.43
C	->	2.50
ZUCS	->	0.72

La edificación se ubica en el distrito de Amarilis en la región de Huánuco, la edificación se compone por 05 niveles, cada altura de entrepiso entre los niveles es de 3.00 m determinando, así como altura total de la edificación de 18.00 m. De acuerdo con la ubicación y el tipo de suelo determinado en la edificación se pudo estimar que la categoría de la edificación es tipo C (común), ubicado en una zona sísmica de 02, el tipo de suelo determinado de acuerdo con la calicata es de tipo intermedio (S2), según la composición de la edificación se pudo determinar que presenta un periodo fundamental de 1.00, se determinó un máximo periodo de vibración de 0.60 seg, el factor U de la edificación es 1.00, el factor Z de la edificación es 0.25, Tp(s) es de 0.60, el factor S 1.15, el factor CT 35.00, el factor T 0.43, el factor C 2.50 y por ende el coeficiente ZUCS es de 0.72 para la edificación.

#### 4.1.2. DISTRIBUCIÓN ARQUITECTÓNICA

**Figura 6**

*Plano de planta de la distribución*



El primer nivel de la edificación se compone de una tienda y un área de vivienda, la zona de vivienda se compone por una cochera, con

cocina, zona de lavandería, 03 dormitorios y 02 SSHH. La distribución a partir del segundo nivel se modifica en su composición teniendo como modificaciones 02 áreas de estudios e incrementando un dormitorio principal. Para la composición a partir del tercer nivel hasta el quinto nivel se distribuyen de manera igual a la distribución en planta del segundo nivel.

**Tabla 3**

*Características de edificación*

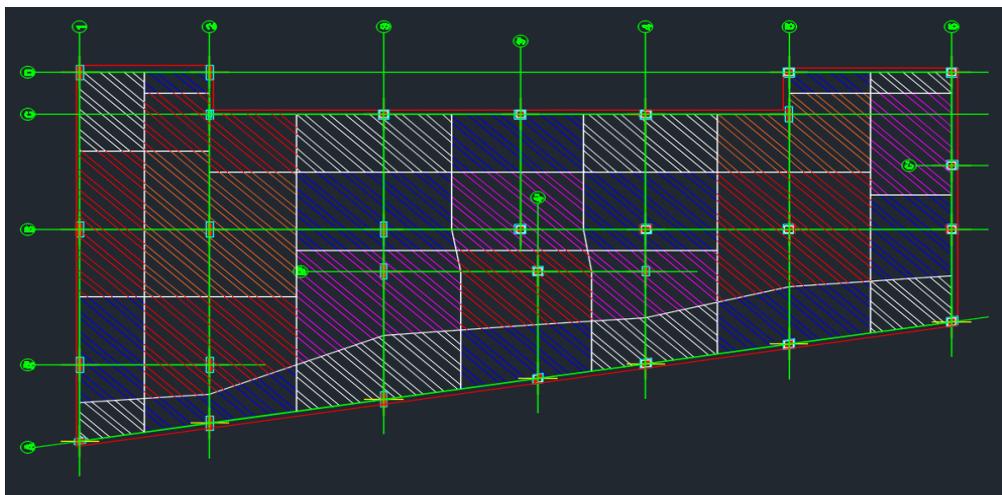
<b>DATOS DEL TERRENO</b>	
ÁREA DEL TERRENO	- 174.00
	> M2
ÁREA CONSTRUIDA	- 161.30
PRIMER PISO	> M2
ÁREA CONSTRUIDA	- 161.30
SEGUNDO PISO	> M2
ÁREA CONSTRUIDA	- 161.30
TERCER PISO	> M2
ÁREA CONSTRUIDA	- 161.30
CUARTO PISO	> M2
ÁREA CONSTRUIDA	- 161.30
QUINTO PISO	> M2
ÁREA CONSTRUIDA	- 161.30
QUINTO PISO	> M2
ÁREA TOTAL	- 967.80
CONSTRUIDA	> M2
ÁREA LIBRE	- 26.38
	> M2

El terreno de la edificación se estimó en 174.00 m<sup>2</sup>, el área construida del primer al quinto nivel presenta un área construida de 161.30 m<sup>2</sup>, en total se estimó que el área construida de la edificación es de 967.80 m<sup>2</sup> y se tiene que del terreno se estima un área libre de 26.38 m<sup>2</sup>, con lo cual se puede demostrar que la edificación se encuentra dentro de los parámetros establecidos por los reglamentos de edificaciones peruanos.

### 4.1.3. PREDIMENSIONAMIENTO PRELIMINAR

**Figura 7**

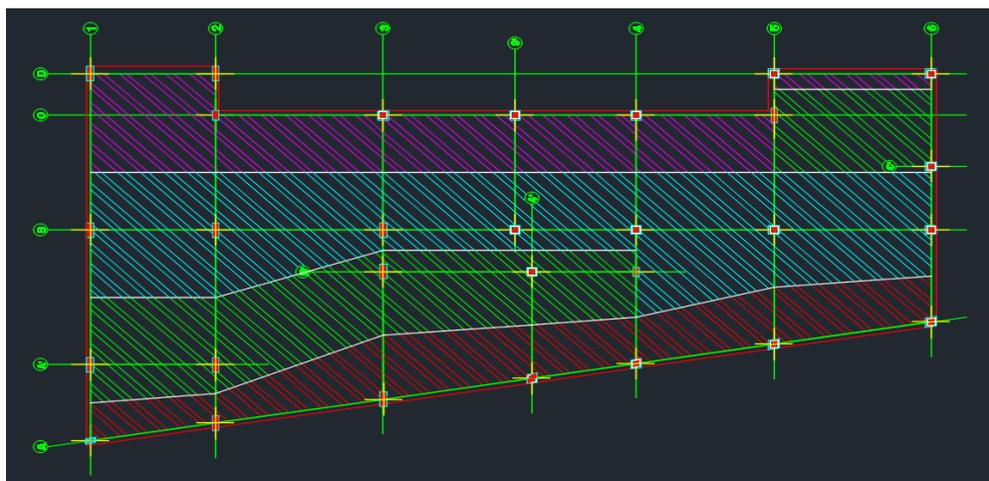
*Áreas tributarias de columnas*



Para la determinación de las áreas tributarias de las columnas se tomaron en cuenta una distribución preliminar de las columnas con lo cual se estimaron las cargas preliminares para el predimensionamiento de los elementos tipo columna, con ello también se plantearon la ubicación de los ejes estructurales para la modelación en el software ETABS.

**Figura 8**

*Áreas tributarias de vigas*



Al igual que las áreas tributarias correspondientes a las columnas se determinaron las áreas preliminares para el predimensionamiento estructural de las vigas que comprenderán a la edificación. Las

secciones preliminares fueron sometidos a un análisis de verificación en el software ETABS.

#### 4.1.4. ANÁLISIS ESTRUCTURAL PRELIMINAR

**Tabla 4**

*Parámetros preliminares de análisis estructural*

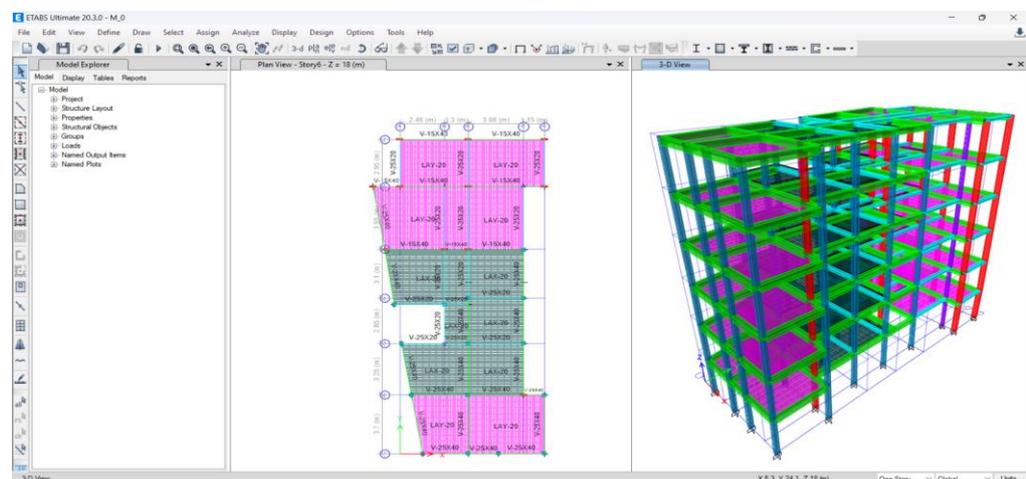
<b>PARÁMETROS DE EDIFICACIÓN</b>		
TIPO DE CONCRETO	F'C=280 kg/cm <sup>2</sup>	PE=2400kg/m <sup>3</sup>
TIPO DE ACERO	F'y=4200 kg/cm <sup>2</sup>	PE=7800 kg/m <sup>3</sup>
TIPO DE SISTEMA ESTRUCTURAL X	APORTICADO	
TIPO DE SISTEMA ESTRUCTURAL Y	APORTICADO	
CATEGORIZACIÓN DE EDIFICACIÓN	COMÚN	
ZONA SÍSMICA DE LA EDIFICACIÓN	2	
TIPO DE SUELO	S2	
CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO	4.20 kg/cm <sup>2</sup>	
REACCIÓN DEL SUELO	9.00 kg/cm <sup>3</sup>	
<b>COLUMNAS</b>		
C-1	15	40
C-2	25	25
C-3	15	25
<b>VIGAS</b>		
v-1	25	20
v-2	15	20
v-3	15	30
v-4	40	20
v-5	25	40
v-6	15	40
<b>LOSA</b>		
LOSA ALIGERADA	e= 20 cm	

Para la estructuración de la edificación se estimó que el concreto aplicado en la edificación será de resistencia de 280 kg/cm<sup>2</sup>, el acero de la edificación será el comercial de grado 60 con una resistencia de 4200 kg/cm<sup>2</sup>, para la composición estructural de la edificación en ambos sentidos se determinó que serán de tipo aporticado, a partir de la utilización de la edificación se identificó que es de categoría común, con dichas características y teniendo en cuenta las características sísmicas de la región en donde se aplica el proyecto se pudo determinar que los

valores de predimensionamiento para las columnas son de, 15x40, 25x25 y 15x25 cm, del predimensionamiento de las vigas se pudo determinar las siguientes secciones, 25x20, 15x20, 15x30, 40x20, 25x40 y 15x40 cm, del predimensionamiento de las losas se pudo determinar que serán en un solo sentido con un espesor de 20 cm. Los valores determinados en el predimensionamiento inicial fueron sometidos a un análisis estructural para la determinación del comportamiento sísmico de dichos elementos con la finalidad de reajustar las secciones de los elementos estructurales.

**Figura 9**

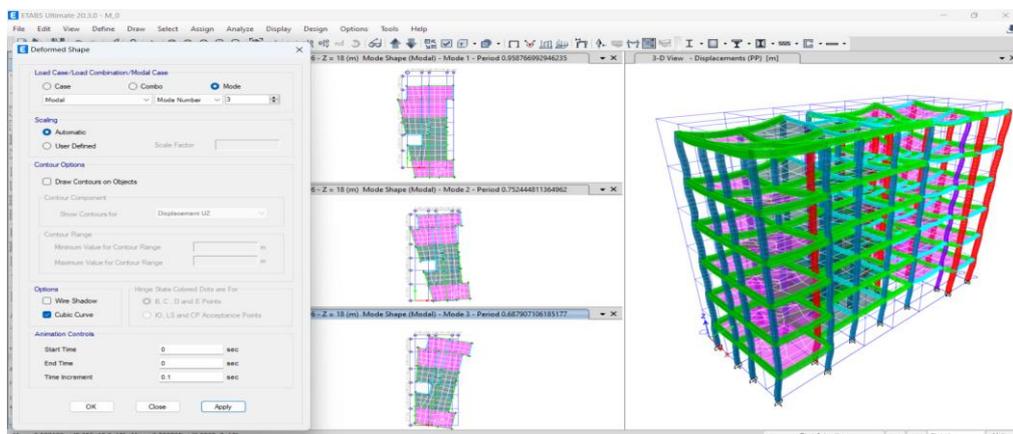
*Modelo de edificación en ETABS*



Con las dimensiones preliminares estimadas se modeló los 05 niveles de edificación, para las losas aligeradas se tomó en cuenta losas en una sola dirección siendo que en la parte central de la edificación se cambia el sentido, combinando así en la edificación las direcciones de las losas.

**Figura 10**

*Verificación de comportamiento modal*



Del análisis estructural de la edificación se pudo identificar que para el primer caso modal de la edificación se pudo determinar que el desplazamiento se da en el eje Y, para el segundo caso modal de la edificación se presenta un efecto torsional en Z y para el tercer caso modal se presentan las rotaciones normales de la edificación, con lo que se puede identificar que se requiere un reajuste de la edificación para el control de las rotaciones y esfuerzos de corte de la edificación.

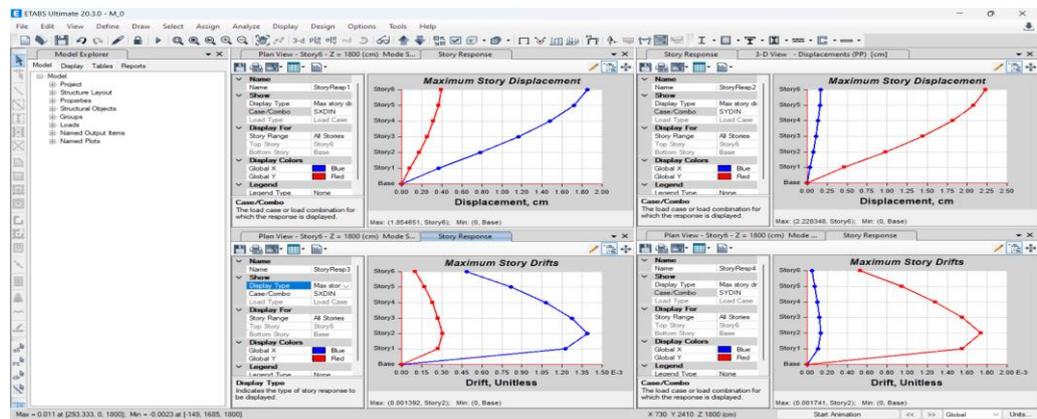
**Tabla 5***Participación modal de masas*

PARTICIPACIÓN DE MASAS MODALES												
CASO	MODO	PERIODO	UX	UY	SumUX	SumUY	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
Modal	1	0.959	0.000	0.849	0.000	0.849	0.167	0.000	0.001	0.167	0.000	0.001
Modal	2	0.752	0.681	0.000	0.681	0.849	0.000	0.147	0.159	0.167	0.147	0.160
Modal	3	0.688	0.152	0.001	0.833	0.851	0.000	0.040	0.676	0.167	0.187	0.836
Modal	4	0.318	0.000	0.097	0.833	0.947	0.674	0.000	0.000	0.841	0.187	0.836
Modal	5	0.249	0.077	0.000	0.910	0.947	0.000	0.469	0.028	0.841	0.656	0.864
Modal	6	0.221	0.031	0.000	0.941	0.947	0.001	0.168	0.076	0.842	0.824	0.941
Modal	7	0.191	0.000	0.032	0.941	0.979	0.068	0.000	0.000	0.910	0.824	0.941
Modal	8	0.148	0.022	0.000	0.963	0.979	0.000	0.050	0.011	0.910	0.874	0.952
Modal	9	0.140	-	0.014	0.963	0.993	0.068	0.000	0.000	0.979	0.874	0.952
Modal	10	0.127	0.013	0.000	0.976	0.993	0.000	0.029	0.024	0.979	0.903	0.975
Modal	11	0.114	0.000	0.006	0.976	0.999	0.015	0.000	0.000	0.994	0.903	0.976
Modal	12	0.108	0.009	0.000	0.985	0.999	0.000	0.043	0.004	0.994	0.946	0.980
Modal	13	0.101	0.000	0.001	0.985	1.000	0.006	0.000	0.000	1.000	0.946	0.980
Modal	14	0.088	0.011	-	0.996	1.000	-	0.040	0.003	1.000	0.985	0.983
Modal	15	0.083	0.000	0.000	0.996	1.000	0.000	0.000	0.011	1.000	0.986	0.994
Modal	16	0.068	0.004	0.000	1.000	1.000	0.000	0.013	0.005	1.000	0.999	0.999
Modal	17	0.051	0.000	0.000	1.000	1.000	0.000	0.001	0.000	1.000	1.000	0.999
Modal	18	0.026	-	0.000	1.000	1.000	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000	0.999

Para la edificación se hizo el análisis de 18 casos modales debido a que se cuenta con 05 niveles de edificación y por cada nivel se cuentan con tres grados de libertad, del análisis modal se pudo determinar que el periodo fundamental de la edificación es de 0.959 seg con lo cual supera el límite óptimo determinado en 0.60 seg evidenciando un mal comportamiento sísmico, se tiene que para el primer caso modal la participación rotacional en Z es de 0.0012, para el segundo caso modal la participación modal en Z es de 0.1587, siendo ambos valores muy altos para la determinación del comportamiento rotacional de la edificación.

**Figura 11**

*Derivas y desplazamientos de la edificación*



Con el análisis de las derivas y desplazamiento de la edificación se pudo determinar que el máximo desplazamiento de fueron de 1.85 y 2.22 cm en sentidos X y Y respectivamente, las derivas máximas en la edificación son de 0.0013 y 0.0017 para los sentidos X y Y respectivamente.

**Tabla 6**

*Derivas y desplazamientos X*

DERIVAS Y DESPLAZAMIENTOS EN X	
COEFICIENTE DE DESPLAZAMIENTO LATERAL	0.85
R	7.00
ALTURA DE ENTREPISO (CM)	300
DESPLAZAMIENTO X-X	

ELEVACIÓN	DIR-X	DIR-Y
1800	1.8547	0.3927
1500	1.7162	0.3656
1200	1.4810	0.3176
900	1.1638	0.2516
600	0.7843	0.1714
300	0.3676	0.0814
0	0.0000	0.0000
DERIVAS X-X		
ELEVACIÓN	DIR-X	DIR-Y
1800	0.00049	0.00010
1500	0.00082	0.00017
1200	0.00108	0.00023
900	0.00128	0.00027
600	0.00139	0.00030
300	0.00123	0.00027
0	0.00000	0.00000
MÁXIMO DESPLAZAMIENTO X-X	1.8547	
DESPLAZAMIENTO REAL X-X	11.035465	
MÁXIMA DERIVA X-X	0.00139	
MÁXIMA DERIVA DE PISO	0.008	0.007
MÁXIMO DESPLAZAMIENTO RELATIVO	2.485	2.100
CONCLUSIÓN	<b>NO CUMPLE</b>	

De la edificación se pudo determinar que el desplazamiento máximo identificado en la edificación fue de 1.8547 cm, en la estimación del desplazamiento real se determinó que es de 11.03 cm, se identificó que la máxima deriva de la edificación es de 0.00139, con ello se pudo determinar que la máxima deriva de piso es de 0.008 y el máximo desplazamiento de la edificación es de 2.485 cm. Con los resultados obtenidos se pudo determinar que la edificación no cumple con el comportamiento sísmico adecuado para la zona de caracterización en el sentido X.

**Tabla 7**

*Derivas y desplazamientos Y*

<b>DERIVAS Y DESPLAZAMIENTOS EN Y</b>		
<b>COEFICIENTE DE DESPLAZAMIENTO LATERAL</b>	0.85	
<b>R</b>	7.00	
<b>ALTURA DE ENTREPISO (CM)</b>	300	
<b>DESPLAZAMIENTO X-X</b>		
<b>ELEVACIÓN</b>	<b>DIR-X</b>	<b>DIR-Y</b>
1800	0.1719	2.2283
1500	0.1596	2.0838
1200	0.1382	1.8170
900	0.1085	1.4440
600	0.0724	0.9849
300	0.0321	0.4641
0	0.0000	0.0000
<b>DERIVAS X-X</b>		
<b>ELEVACIÓN</b>	<b>DIR-X</b>	<b>DIR-Y</b>
1800	0.00004	0.00053
1500	0.00008	0.00095
1200	0.00010	0.00128
900	0.00012	0.00155
600	0.00014	0.00174
300	0.00011	0.00155
0	0.00000	0.00000
<b>MÁXIMO DESPLAZAMIENTO X-X</b>	2.2283	
<b>DESPLAZAMIENTO REAL X-X</b>	13.258385	
<b>MÁXIMA DERIVA X-X</b>	0.00174	
<b>MÁXIMA DERIVA DE PISO</b>	0.010	0.007
<b>MÁXIMO DESPLAZAMIENTO RELATIVO</b>	3.108	2.100
<b>CONCLUSIÓN</b>	<b>NO CUMPLE</b>	

De la edificación se pudo determinar que el desplazamiento máximo identificado en la edificación fue de 2.2283 cm, en la estimación del desplazamiento real se determinó que es de 13.25 cm, se identificó que la máxima deriva de la edificación es de 0.00174, con ello se pudo determinar que la máxima deriva de piso es de 0.010 y el máximo

desplazamiento de la edificación es de 3.108 cm. Con los resultados obtenidos se pudo determinar que la edificación no cumple con el comportamiento sísmico adecuado para la zona de caracterización en el sentido Y.

#### 4.1.5. ANÁLISIS ESTRUCTURAL OPTIMIZADO

**Tabla 8**

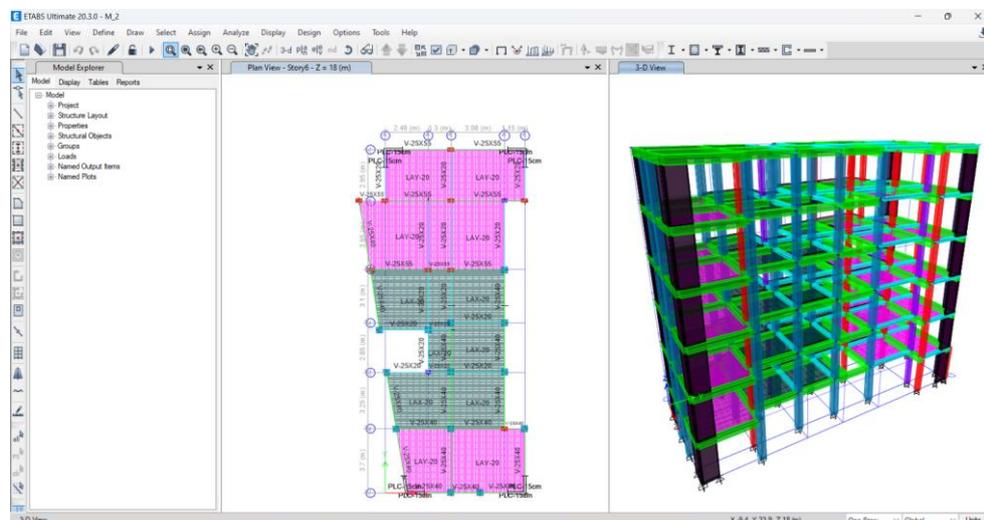
*Parámetros modificados*

<b>PARÁMETROS DE EDIFICACIÓN</b>		
TIPO DE CONCRETO	F'C=280 kg/cm <sup>2</sup>	PE=2400kg/m <sup>3</sup>
TIPO DE ACERO	F'y=4200 kg/cm <sup>2</sup>	PE=7800 kg/m <sup>3</sup>
TIPO DE SISTEMA ESTRUCTURAL X	APORTICADO	
TIPO DE SISTEMA ESTRUCTURAL Y	APORTICADO	
CATEGORIZACIÓN DE EDIFICACIÓN	COMÚN	
ZONA SÍSMICA DE LA EDIFICACIÓN	2	
TIPO DE SUELO	S2	
CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO	4.20 kg/cm <sup>2</sup>	
REACCIÓN DEL SUELO	9.00 kg/cm <sup>3</sup>	
<b>COLUMNAS</b>		
C-1	25	25
C-2	25	35
C-3	25	40
<b>VIGAS</b>		
v-1	25	20
v-2	25	30
v-3	25	40
v-4	25	50
v-5	25	55
v-6	40	20

<b>LOSA</b>	
LOSA ALIGERADA	e= 20 cm
<b>PLACA</b>	
PLACA DE CORTE	e= 20 cm

Para la estructuración de la edificación se estimó que el concreto aplicado en la edificación será de resistencia de 280 kg/cm<sup>2</sup>, el acero de la edificación será el comercial de grado 60 con una resistencia de 4200 kg/cm<sup>2</sup>, para la composición estructural de la edificación en ambos sentidos se determinó que serán de tipo aporticado, a partir de la utilización de la edificación se identificó que es de categoría común, con dichas características y teniendo en cuenta las características sísmicas de la región en donde se aplica el proyecto se pudo determinar que las secciones para las columnas son de, 25x25, 25x35 y 25x40 cm, del predimensionamiento de las vigas se pudo determinar las siguientes secciones, 25x20, 25x30, 25x40, 25x50, 25x55 y 40x20 cm, del predimensionamiento de las losas se pudo determinar que serán en un solo sentido con un espesor de 20 cm, se determinó que para el control de la torsión en la edificación se ejecuten elementos de corte como placas con un espesor de 20 cm. Con la reestructuración de los elementos estructurales se lograron realizar nuevos procedimientos de estabilidad sísmica con las cuales se obtuvieron los siguientes resultados.

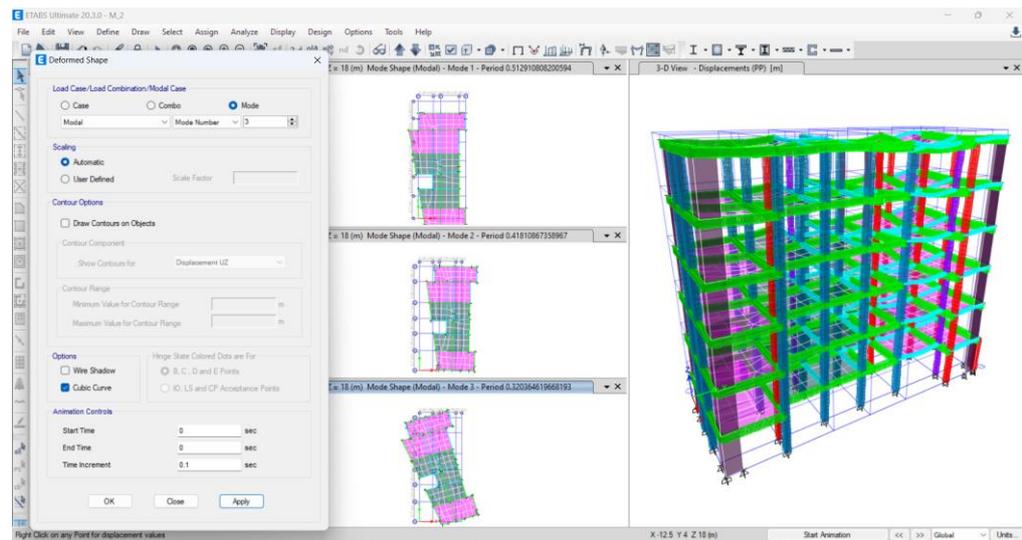
**Figura 12**  
*Modelo estructural ETABS*



Con las dimensiones optimizadas se modeló la edificación de 05 niveles, para las losas aligeradas se tomó en cuenta losas en una sola dirección siendo que en la parte central de la edificación se cambia el sentido, combinando así en la edificación las direcciones de las losas.

**Figura 13**

*Análisis modal optimizado*



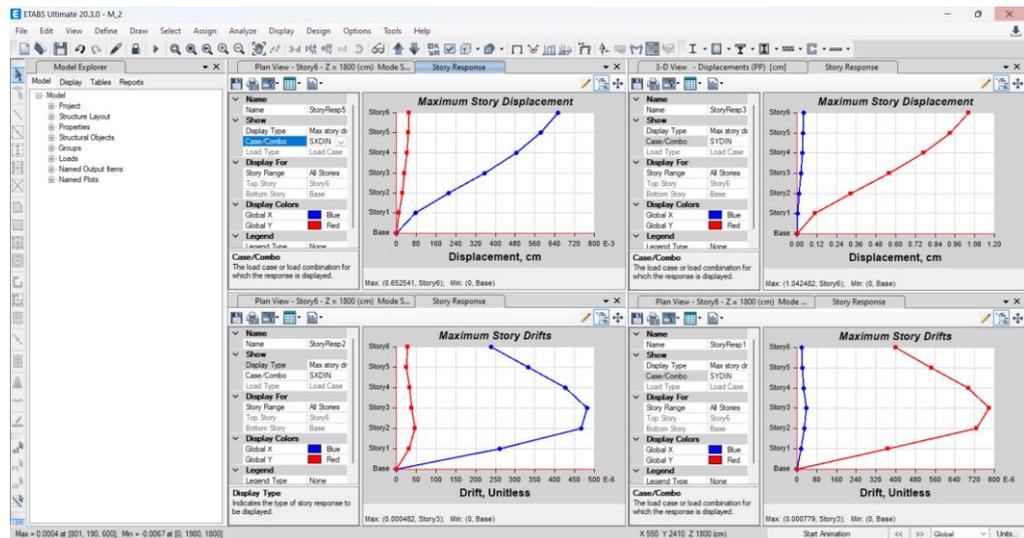
Con el modelo estructural mejorado se pudo determinar que los comportamientos modales fueron optimizados tendiendo así que para el primer caso modal un integro desplazamiento en Y, para el segundo caso modal un desplazamiento en sentido X y para el tercer caso modal un comportamiento rotacional en el sentido Z.

**Tabla 9***Participación modal caso optimizado*

PARTICIPACIÓN DE MASAS MODALES												
CASO	MODO	PERIODO	UX	UY	SumUX	SumUY	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
Modal	1	0.513	0.001	0.777	0.001	0.777	0.272	0.000	0.000	0.272	0.000	0.000
Modal	2	0.418	0.785	0.001	0.786	0.777	0.000	0.257	0.005	0.273	0.257	0.005
Modal	3	0.320	0.005	0.000	0.790	0.777	0.000	0.001	0.765	0.273	0.258	0.770
Modal	4	0.153	0.000	0.120	0.790	0.897	0.472	0.001	0.000	0.745	0.259	0.770
Modal	5	0.133	0.119	0.000	0.909	0.897	0.001	0.508	0.000	0.746	0.767	0.770
Modal	6	0.095	0.000	0.000	0.910	0.897	0.000	0.000	0.126	0.746	0.767	0.896
Modal	7	0.078	0.037	0.000	0.947	0.898	0.001	0.072	0.000	0.747	0.839	0.896
Modal	8	0.077	0.000	0.051	0.947	0.949	0.102	0.000	0.000	0.848	0.840	0.896
Modal	9	0.062	0.000	0.000	0.947	0.949	0.000	-	0.000	0.848	0.840	0.897
Modal	10	0.055	0.021	0.000	0.968	0.949	0.000	0.074	0.001	0.848	0.913	0.897
Modal	11	0.050	0.001	0.001	0.970	0.950	0.002	0.003	0.035	0.851	0.917	0.933
Modal	12	0.048	0.000	0.027	0.970	0.977	0.083	0.000	0.001	0.934	0.917	0.933
Modal	13	0.040	0.015	0.000	0.985	0.977	0.000	0.038	0.002	0.934	0.956	0.935
Modal	14	0.035	0.000	0.015	0.985	0.992	0.042	0.000	0.000	0.976	0.956	0.935
Modal	15	0.030	0.009	0.000	0.993	0.992	0.000	0.024	0.001	0.976	0.980	0.936
Modal	16	0.029	0.000	0.006	0.993	0.998	0.018	0.000	0.000	0.995	0.980	0.936
Modal	17	0.018	0.006	0.000	0.999	0.998	0.000	0.018	0.002	0.995	0.998	0.937
Modal	18	0.012	0.000	0.002	0.999	1.000	0.004	0.000	0.001	0.999	0.998	0.939

Del modelo estructural modelado se pudo determinar que el periodo fundamental de la edificación es de 0.513 seg dicho valor es menor al límite óptimo determinado en 0.60 seg con lo cual se comprueba en un adecuado comportamiento sísmico, de la participación modal de la edificación se pudo determinar que para el primer caso la participación de la rotación es de 0.001 y para el segundo caso modal el comportamiento rotacional en Z participa en 0.0051 y para el tercer caso la participación rotacional en Z es de 0.7648, evidenciando que una participación rotacional significativa se da inicialmente en el tercer caso modal ya que para los dos primeros es despreciable el comportamiento rotacional.

**Figura 14**  
*Derivas y desplazamientos optimizados*



Con el análisis de las derivas y desplazamiento de la edificación se pudo determinar que el máximo desplazamiento de fueron de 0.65 y 1.04 cm en sentidos X y Y respectivamente, las derivas máximas en la edificación son de 0.00048 y 0.00078 para los sentidos X y Y respectivamente.

**Tabla 10***Derivas y desplazamientos X optimizado*

<b>DERIVAS Y DESPLAZAMIENTOS EN X</b>		
<b>COEFICIENTE DE DESPLAZAMIENTO LATERAL</b>	0.85	
<b>R</b>	7.00	
<b>ALTURA DE ENTREPISO (CM)</b>	300	
<b>DESPLAZAMIENTO X-X</b>		
<b>ELEVACIÓN</b>	<b>DIR-X</b>	<b>DIR-Y</b>
1800	0.6525	0.0511
1500	0.5824	0.0489
1200	0.4835	0.0424
900	0.3566	0.0331
600	0.2127	0.0231
300	0.0786	0.0097
0	0.0000	0.0000
<b>DERIVAS X-X</b>		
<b>ELEVACIÓN</b>	<b>DIR-X</b>	<b>DIR-Y</b>
1800	0.00024	0.00003
1500	0.00033	0.00003
1200	0.00043	0.00003
900	0.00048	0.00004
600	0.00047	0.00005
300	0.00026	0.00003
0	0.00000	0.00000
<b>MÁXIMO DESPLAZAMIENTO X-X</b>	0.6525	
<b>DESPLAZAMIENTO REAL X-X</b>	3.882375	
<b>MÁXIMA DERIVA X-X</b>	0.00048	
<b>MÁXIMA DERIVA DE PISO</b>	0.003	0.007
<b>MÁXIMO DESPLAZAMIENTO RELATIVO</b>	0.860	2.100
<b>CONCLUSIÓN</b>	<b>SI CUMPLE</b>	

De la edificación se pudo determinar que el desplazamiento máximo identificado en la edificación fue de 0.652 cm, en la estimación del desplazamiento real se determinó que es de 3.88 cm, se identificó que la máxima deriva de la edificación es de 0.00048, con ello se pudo determinar que la máxima deriva de piso es de 0.003 y el máximo desplazamiento de la edificación es de 0.860 cm. Con los resultados

obtenidos se pudo determinar que la edificación cumple con el comportamiento sísmico adecuado para la zona de caracterización en el sentido X.

**Tabla 11**

*Derivas y desplazamientos Y optimizado*

<b>DERIVAS Y DESPLAZAMIENTOS EN Y</b>		
<b>COEFICIENTE DE DESPLAZAMIENTO LATERAL</b>	0.85	
<b>R</b>	7.00	
<b>ALTURA DE ENTREPISO (CM)</b>	300	
<b>DESPLAZAMIENTO X-X</b>		
<b>ELEVACIÓN</b>	<b>DIR-X</b>	<b>DIR-Y</b>
1800	0.0418	1.0425
1500	0.0380	0.9288
1200	0.0318	0.7672
900	0.0236	0.5602
600	0.0141	0.3273
300	0.0052	0.1107
0	0.0000	0.0000
<b>DERIVAS X-X</b>		
<b>ELEVACIÓN</b>	<b>DIR-X</b>	<b>DIR-Y</b>
1800	0.00002	0.00040
1500	0.00002	0.00055
1200	0.00003	0.00070
900	0.00004	0.00078
600	0.00003	0.00073
300	0.00002	0.00037
0	0.00000	0.00000
<b>MÁXIMO DESPLAZAMIENTO X-X</b>	1.0425	
<b>DESPLAZAMIENTO REAL X-X</b>	6.202875	
<b>MÁXIMA DERIVA X-X</b>	0.00078	
<b>MÁXIMA DERIVA DE PISO</b>	0.005	0.007
<b>MÁXIMO DESPLAZAMIENTO RELATIVO</b>	1.391	2.100
<b>CONCLUSIÓN</b>	<b>SI CUMPLE</b>	

De la edificación se pudo determinar que el desplazamiento máximo identificado en la edificación fue de 1.0425 cm, en la estimación

del desplazamiento real se determinó que es de 6.20 cm, se identificó que la máxima deriva de la edificación es de 0.00078, con ello se pudo determinar que la máxima deriva de piso es de 0.005 y el máximo desplazamiento de la edificación es de 1.391 cm. Con los resultados obtenidos se pudo determinar que la edificación cumple con el comportamiento sísmico adecuado para la zona de caracterización en el sentido Y.

#### 4.1.6. ANÁLISIS DE ASIMETRÍA Y EFECTO TORSIONAL

**Tabla 12**

*Efecto torsional Sismo X- Preliminar*

PISO	CASO	TIPO	EFECTO TORSIONAL				
			TIPO DE VALOR	DIRECCIÓN	Maximum	Average	Ratio
Story6	SXDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.00507	0.0027	1.87
Story5	SXDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.0047	0.0025	1.87
Story4	SXDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.00407	0.0022	1.869
Story3	SXDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.00323	0.0017	1.867
Story2	SXDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.0022	0.0012	1.863
Story1	SXDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.00107	0.0006	1.852

Del análisis estructural de la edificación se pudo determinar que el comportamiento torsional de la edificación inicial presenta efectos de torsión por asimetría en todos los niveles siendo la ratio mayor a 1.3 en cada uno de los pisos analizados en sentido X.

**Tabla 13**

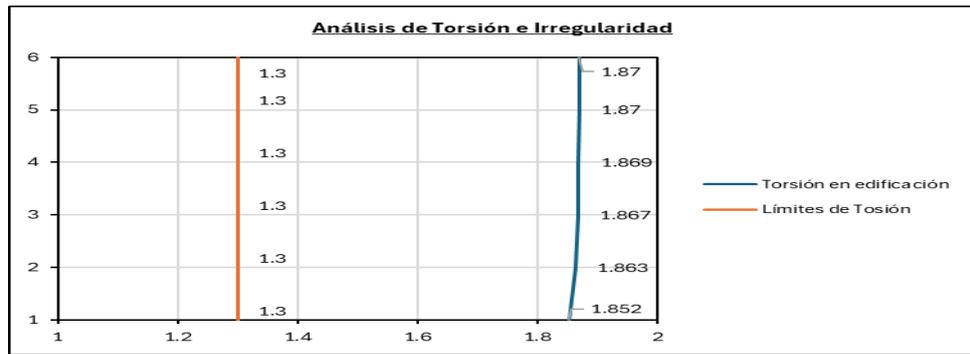
*Efecto torsional Sismo Y- Preliminar*

PISO	CASO	TIPO	EFECTO TORSIONAL				
			TIPO DE VALOR	DIRECCIÓN	Maximum	Average	Ratio
Story6	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.02124	0.0207	1.027
Story5	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.01985	0.0193	1.027
Story4	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.01732	0.0169	1.027
Story3	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.01379	0.0134	1.027
Story2	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.00946	0.0092	1.027
Story1	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.00454	0.0044	1.027

Del análisis estructural de la edificación se pudo determinar que el comportamiento torsional de la edificación inicial no presenta efectos de torsión por asimetría siendo la ratio menor a 1.3 en cada uno de los pisos analizados en sentido Y.

**Figura 15**

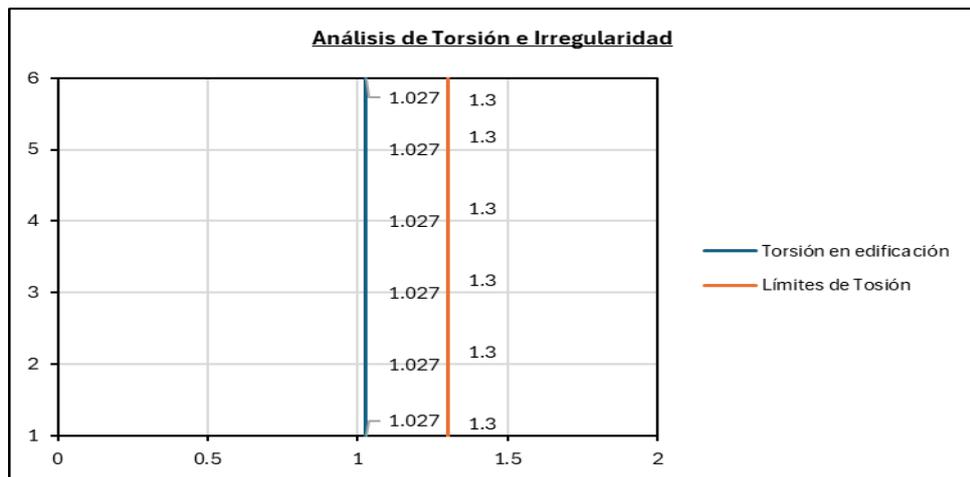
*Análisis de torsión X - Preliminar*



Con la identificación torsional en el eje X se pudo identificar que existe una irregularidad y torsión en ese eje por lo cual se necesita realizar una mejora con respecto a los elementos estructurales, siendo la ratio más crítica el de 1.87 y siendo el límite aceptable de 1.3.

**Figura 16**

*Análisis de torsión Y - Preliminar*



Con la identificación torsional en el eje Y se pudo identificar que no existe una irregularidad y torsión en ese eje por lo cual no se necesita realizar una mejora con respecto a los elementos estructurales, siendo la ratio más crítica el de 1.027 y siendo el límite aceptable de 1.3.

**Tabla 14***Efecto torsional Sismo X- Optimizado*

EFECTO TORSIONAL							
PISO	CASO	TIPO	TIPO DE VALOR	DIRECCIÓN	Maximum	Average	Ratio
Story6	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.00643	0.0058	1.109
Story5	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.00574	0.0052	1.109
Story4	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.00478	0.0043	1.109
Story3	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.00353	0.0032	1.109
Story2	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.00212	0.0019	1.106
Story1	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.00074	0.0007	1.1

Del análisis estructural de la edificación se pudo determinar que el comportamiento torsional de la edificación inicial no presenta efectos de torsión por asimetría siendo la ratio mayor a 1.3 en cada uno de los pisos analizados en sentido X.

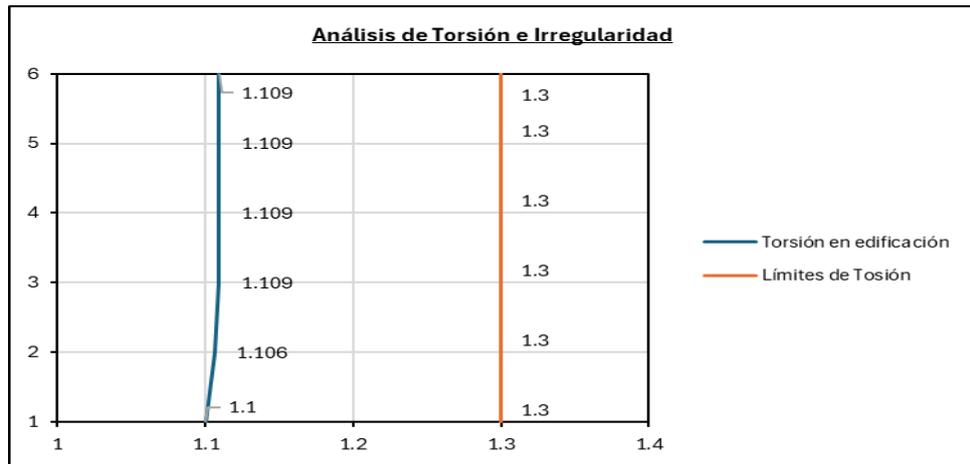
**Tabla 15***Efecto torsional Sismo Y- Optimizado*

EFECTO TORSIONAL							
PISO	CASO	TIPO	TIPO DE VALOR	DIRECCIÓN	Maximum	Average	Ratio
Story6	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.00941	0.0093	1.012
Story5	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.0084	0.0083	1.012
Story4	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.00698	0.0069	1.012
Story3	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.00512	0.0051	1.013
Story2	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.00302	0.003	1.013
Story1	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.00102	0.001	1.013

Del análisis estructural de la edificación se pudo determinar que el comportamiento torsional de la edificación inicial no presenta efectos de torsión por asimetría siendo la ratio mayor a 1.3 en cada uno de los pisos analizados en sentido Y.

**Figura 17**

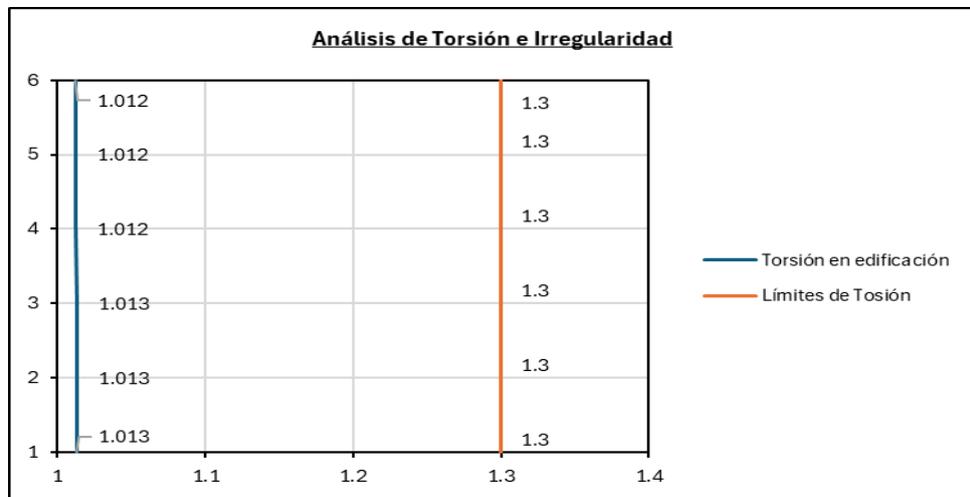
*Análisis de torción X - Optimizado*



Con la identificación torsional en el eje X se pudo identificar que no existe una irregularidad y torsión en ese eje por lo cual no se necesita realizar una mejora con respecto a los elementos estructurales, siendo la ratio más crítica el de 1.109 y siendo el límite aceptable de 1.3.

**Figura 18**

*Análisis de torción Y – Optimizado*



Con la identificación torsional en el eje Y se pudo identificar que no existe una irregularidad y torsión en ese eje por lo cual no se necesita realizar una mejora con respecto a los elementos estructurales, siendo la ratio más crítica el de 1.013 y siendo el límite aceptable de 1.3.

## 4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

$H_A$ : El desarrollar un modelo en ETABS para simular el comportamiento estructural mejorará el análisis sismorresistente, el efecto torsional, la asimetría estructural y la desviación lateral para una edificación de concreto armado de 5 niveles Amarilis – Huánuco -2023.

$H_0$ : El desarrollar un modelo en ETABS para simular el comportamiento estructural no mejorará el análisis sismorresistente, el efecto torsional, la asimetría estructural y la desviación lateral para una edificación de concreto armado de 5 niveles Amarilis - Huánuco -2023.

**Tabla 16**

*Análisis comparativo de los resultados obtenidos*

COMPARATIVA PARA HIPÓTESIS			
ÍTEM	MODELO PRELIMINAR	MODELO OPTIMIZADO	LÍMITE ACEPTADO
DERIVA MÁXIMA x-x	0.0083	0.0029	0.0070
DERIVA MÁXIMA y-y	0.0104	0.0046	0.0070
desplazamiento máximo X-X	2.4847	0.8604	2.1000
desplazamiento máximo Y-Y	3.1077	1.3905	2.1000
MÁXIMA TORSIÓN EN X-X	1.8700	1.1090	1.3000
MÁXIMA TORSIÓN EN Y-Y	1.0270	1.0130	1.3000

De la determinación de los resultados de comportamiento sísmico de la edificación se pudo simular comportamiento obteniendo que para un modelo preliminar con elementos predimensionadas la deriva obtenida fue de 0.0083 en sentido X, un valor de 0.0104 en sentido Y, con relación a los desplazamientos se pudo determinar que para el sentido X es de 2.4847 cm, para el sentido Y fue de 3.1077 cm y con relación a los efectos de torsiones se identificó que en el sentido X la máxima torsión es de 1.87, mientras que para el sentido Y la máxima torsión es de 1.0270. Por otro lado, para el modelo optimizado se obtuvieron valores de 0.0029 en sentido X, un valor de 0.0046 en sentido Y, con relación a los desplazamientos se pudo determinar que para el sentido X es de 0.8604 cm, para el sentido Y fue de 1.3905 cm y con relación a los efectos de torsiones se identificó que en el sentido X la máxima torsión es de 1.109, mientras que para el sentido Y la máxima torsión es de 1.013.

Con lo obtenido en la tabla anterior se puede demostrar que la edificación optimizada presenta mejor comportamiento sísmico ya que se encuentra dentro de los límites aceptables.

Con lo determinado se pudo demostrar que al realizar un modelo ETABS para la simulación del comportamiento estructural se mejora de manera significativa los comportamientos sismorresistentes de la edificación corrigiendo así los efectos torsionales y de asimetría estructural que se presenten en la edificación, con ello se demuestra que la hipótesis es verdadera y se rechaza la hipótesis nula planteada para la investigación.

## CAPITULO V

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para Villafuerte (2020), en su investigación se pudo determinar que la influencia de la excentricidad es significativa, del análisis del primer modelo elaborado se determinó que las excentricidades en el sentido Y-Y supera al valor de la unidad, dicha excentricidad genera en la edificación en los modos de vibración no presente un adecuado comportamiento en cuanto a los desplazamientos laterales, para el tercer modelo ejecutado se pudo estimar que el valor de la excentricidad disminuye pero se generó una irregularidad torsional y para el segundo modelo ejecutado se pudo determinar que los valores de la excentricidad en ambos sentidos son menores a 1 m y con el análisis estructural se pudo determinar que no se presenta un efecto torsional en la edificación. De los resultados obtenidos se pudo determinar que en el segundo y tercer modelo se pudo calcular que el comportamiento estructural con respecto a los desplazamientos de la edificación en los sentidos X y Y se encuentran dentro de los límites aceptables para el comportamiento estructural de concreto armado los efectos torsionales no se presentan ya que de la masa participativa evaluada se comporta de manera adecuada y la excentricidad en ambos sentidos es menor a la unidad. En la presente investigación se pudo determinar que el segundo modelo con la aplicación de placas estructurales en su composición mejoran los efectos torsionantes con lo cual se determinaron valores torsionales de 1.109, estando este valor dentro de los límites permisibles según la normativa peruana pero siendo mayores a lo determinado en la tesis de referencia, esta variación en los resultados obtenidos se basa en que la investigación de referencia se compone de menos niveles que la elaborada en la presente investigación dando así paso a que los efectos torsionantes en la edificación de referencia sean menores a los de la presente investigación.

Según Inga (2019), en la determinación de los resultados de la investigación se pudo determinar que el modelo 4 presenta un desplazamiento en su centro de rigidez teniendo como valor de 11.29 m con lo cual se determinó que es el mayor valor dentro de la comparación de los centros de

rigideces, la mayor excentricidad determinada es de 1.72m para el quinto modelo determinado mientras que para los modelos 1, 2, 3, 4 la excentricidades determinadas son de 0.403, 0.37, 0.349 y 0.348 m respectivamente con lo cual se pudo determinar que los primero 4 modelos analizados se comportaran de manera adecuada frente a los sismos modelados, mientras que para el quinto modelo su comportamiento sísmico no es el más adecuado y requiere de un reajuste en sus elementos estructurales. Para los modelos 1, 2 y 3 se pudo determinar que los desplazamientos determinados son 0.0049, 0.0049 y 0.0046 respectivamente con lo cual se puede identificar que dichos valores son menores a lo establecido por la normativa de concreto armado el cual establece que el máximo desplazamiento para la edificación es de 0.007, sin embargo el modelo 5 al tener un valor de excentricidad considerable se calcula que el desplazamiento en la edificación es de 0.0061 con lo cual se evidencia que es mucho a mayor a lo determinado para los modelos precedentes. En la presente investigación se determinaron que para un modelo optimizado el máximo desplazamiento es de 1.3905 cm con la deriva máxima de 0.0046 con lo cual se puede demostrar cierta similitud con lo determinado en la investigación de referencia, sin embargo, esto no evidencia que ambos modelos sean iguales ya que la investigación de referencia presenta una distribución diferente y un tipo de suelo distinto al determinado en esta investigación, con ello se demuestra que los modelos estructurales aplicados mejoran los comportamientos sísmicos de las edificaciones en el proceso de planeamiento de la edificación.

## CONCLUSIONES

La aplicación de un modelo estructural aplicado en el software ETABS facilitó la optimización de elementos estructurales en una edificación de 05 niveles en el distrito de Amarilis a partir del análisis torsional y de asimetría, considerando desviaciones y derivas laterales.

Para un modelo preliminar con elementos predimensionadas la deriva obtenida fue de 0.0083 en sentido X, un valor de 0.0104 en sentido Y, con relación a los desplazamientos se pudo determinar que para el sentido X es de 2.4847 cm, para el sentido Y fue de 3.1077 cm y con relación a los efectos de torsiones se identificó que en el sentido X la máxima torsión es de 1.87, mientras que para el sentido Y la máxima torsión es de 1.0270.

Para el modelo optimizado se obtuvieron valores de 0.0029 en sentido X, un valor de 0.0046 en sentido Y, con relación a los desplazamientos se pudo determinar que para el sentido X es de 0.8604 cm, para el sentido Y fue de 1.3905 cm y con relación a los efectos de torsiones se identificó que en el sentido X la máxima torsión es de 1.109, mientras que para el sentido Y la máxima torsión es de 1.013.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda la implementación de modelos optimizados como el desarrollado en ETABS en futuros proyectos de edificaciones para asegurar un mejor comportamiento estructural, especialmente en zonas sísmicas. Así mismo se puede plantear para este tipo de edificaciones análisis de Push Over con la finalidad de optimizar los periodos de utilidad de las edificaciones.

Realizar un monitoreo continuo y validación del modelo estructural durante la construcción y uso de la edificación, para asegurar que los valores teóricos de derivas, desplazamientos y torsiones se mantengan dentro de los límites aceptables.

Incluir en el análisis estructural la variabilidad de cargas y condiciones ambientales para mejorar la precisión del modelo y su adaptabilidad a diferentes escenarios. Realizar un análisis de costo-beneficio para evaluar el impacto económico de implementar modelos estructurales optimizados y justificar la inversión adicional en diseño y materiales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araujo González, M. (2020). *Diseño Estructural de Edificaciones*. Lima: Universidad Nacional de Ingenier.
- Barja Rosas, X. M., & Sotomayor Cerron, A. E. (2021). *Influencia de la distribución de amortiguadores de masa sintonizada ubicados en el último piso de una edificación de concreto armado de 5 niveles para la reducción de los efectos torsionales ante respuestas sísmicas mediante un análisis estructural en Lim*. Lima: Universidad Peruana De Ciencias Aplicadas.
- Castañeda Rodríguez, C. A. (2020). *Comportamiento sísmico de edificios asimétricos con planta baja débil*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Cortés Carcelén, G. (2019). *Análisis Sismorresistente de Edificaciones*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Delgado Guerra, C. (2019). *Ingeniería Sísmica: Conceptos Fundamentales y Aplicaciones*. Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Díaz Espinoza, J. (2018). *Diseño Sísmico de Estructuras de Concreto Armado*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- García Serrano, A. (2015). *Simulación de Sistemas: Aplicaciones en Ingeniería y Gestión*. Piura: Universidad de Piura.
- Gutiérrez Torres, L. (2017). *Concreto Armado: Diseño y Construcción*. Lima: Fondo Editorial de la Universidad Nacional de Ingeniería.
- Gutiérrez Villafuerte, R. (2016). *Diseño Sísmico de Edificaciones de Concreto Armado*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Hernandez. (2005). *Libros de Ingeniería civil*. Chile.

- Inga Solórzano, R. P. (2019). *Análisis de la asimetría estructural de un edificio y su influencia en el efecto torsional*. Huancayo: Universidad Peruana Los Andes.
- Inga, R. (2019). *Análisis de la asimetría estructural de un edificio y su influencia en el efecto torsional*. Universidad Peruana Los Andes.
- Lavado Enríquez, J. M., Quinde Chunga, E. R., García García, P. R., Villón Prieto, C. R., Armas Murrieta, D., Cordova Vasquez, A., . . . Contreras Julian, R. (2023). Gestión de procesos de proyectos de inversión pública regional en la mejora de la infraestructura vial en una región de Perú. *Revista de Climatología*, 1-22.
- Meza, M. A. (2018). *Análisis de la ductibilidad local en pórticos de concreto reforzado ante cargas sísmicas*. Caracas: Universidad Católica Andrés Bello.
- Orozco, J. (2018). *Análisis del efecto torsional en edificaciones de concreto armado de varios niveles en zonas sísmicas de México*. Ciudad de México.
- Pérez Flores, J. (2018). *Análisis Estructural de Edificaciones*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- RNE. (2019). *Norma E.030*. Obtenido de Norma E.030: <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/normas-legales/259580-043-2019-vivienda>
- Rodríguez Cruz, L. (2016). *Comportamiento Estructural de Edificaciones*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Rodríguez García, J. (2018). *Análisis Estructural: Teoría y Práctica*. Lima: Editorial San Marcos.
- Sánchez López, C. (2019). *Modelado y Análisis Estructural con ETABS*. Lima: Editorial San Marcos.

Sánchez, M. (2019). *Estudio comparativo de la asimetría y su impacto en el comportamiento torsional de edificaciones de concreto en Bogotá*. Bogotá.

Valenzuela, E. D. (2021). *Diseño de investigación para el efecto de las irregularidades en viviendas de 3 o 4 niveles con estructura tipo cajón (planta y perfil), para el departamento de Suchitepéquez*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.

Villafuerte Ramirez, A. S. (2020). *Relación de la excentricidad con el efecto de torsión de un edificio destinado para vivienda multifamiliar en la provincia de Huancayo*. Huancayo: Universidad Peruana Los Andes.

Villafuerte, A. (2020). *Relación de la excentricidad con el efecto de torsión de un edificio destinado para vivienda multifamiliar en la provincia de Huancayo*. Universidad Peruana Los Andes.

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

Alvarado Santillan, P. (2025). *Análisis de la asimetría para calcular el efecto torsional para una edificación de concreto armado de 5 niveles, Amarilis - Huánuco -2023* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

## **ANEXOS**

## ANEXO 1

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: ANÁLISIS DE LA ASIMETRÍA PARA CALCULAR EL EFECTO TORSIONAL PARA UNA EDIFICACIÓN DE CONCRETO ARMADO DE 5 niveles,					
Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología	Población y muestra
<p><b>Problema general:</b> ¿Cómo simular el análisis sismorresistente, el efecto torsional, la asimetría estructural y la desviación lateral en el diseño y análisis de edificaciones de concreto armado en Amarilis, Huánuco, en el año 2023?</p> <p><b>Problema específico:</b> ¿Cuál es el procedimiento para realizar la modelización en ETABS con el fin de calcular el efecto torsional en un edificio de cinco pisos de concreto armado, ubicado en Amarilis, Huánuco, en el año 2023?</p>	<p><b>Objetivo General</b> Desarrollar un modelo para simular de manera efectiva el análisis sismorresistente, el efecto torsional, la asimetría estructural y la desviación lateral en el diseño y análisis de una edificación de concreto armado ubicado en Amarilis, Huánuco, en el año 2023.</p> <p><b>Objetivos específicos</b> Desarrollar un modelo en ETABS para simular el comportamiento estructural de un edificio de cinco pisos de concreto armado ubicado en Amarilis, Huánuco, 2023.</p>	<p><b>Hipótesis General</b> Hi: El desarrollar un modelo en ETABS para simular el comportamiento estructural mejorará el análisis sismorresistente, el efecto torsional, la asimetría estructural y la desviación lateral para una edificación de concreto armado de 5 niveles Amarilis - Huánuco -2023.</p> <p>H0: El desarrollar un modelo en ETABS para simular el comportamiento estructural no mejorará el</p>	<p><b>Variable dependiente:</b> Mejora en el análisis sismorresistente.</p> <p><b>Variable independiente:</b> Modelo en ETABS.</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> La población para el presente proyecto está constituida por el diseño sismorresistente del edificio de 5 niveles, Amarilis - Huánuco - 2023</p> <p><b>Muestra</b> La muestra para el presente proyecto está constituida por el diseño sismorresistente del edificio de 5 niveles, Amarilis - Huánuco - 2023</p>

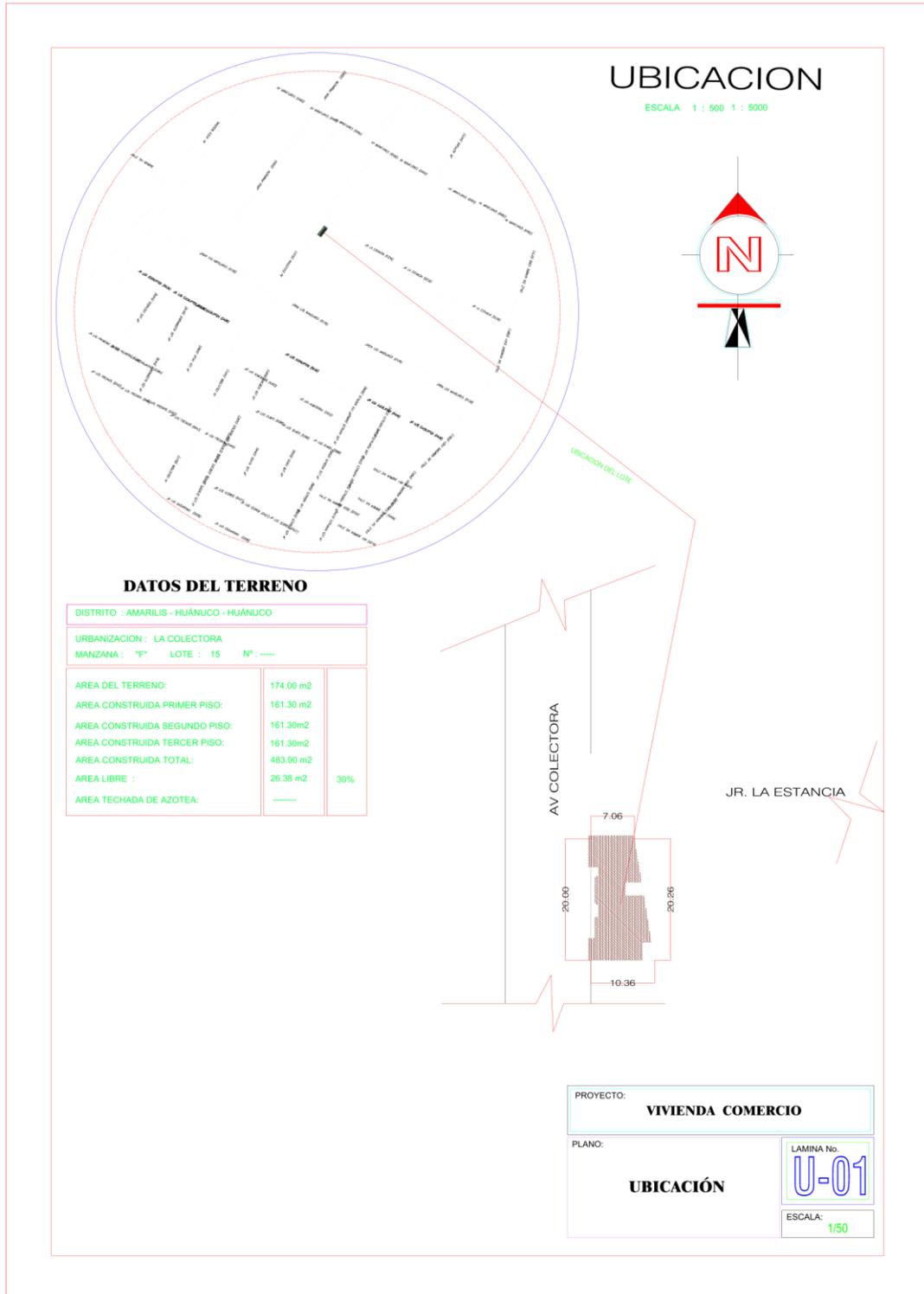
---

<p>¿Cómo integrar el análisis sismorresistente, el efecto torsional y la asimetría estructural para optimizar el diseño y refuerzo de edificaciones de concreto armado, situado en Amarilis, Huánuco, en el año 2023?</p>	<p>Integrar de manera efectiva el análisis sismorresistente, el efecto torsional y la asimetría estructural en el diseño y refuerzo de edificaciones de concreto armado ubicadas en Amarilis, Huánuco, 2023.</p>	<p>análisis sismorresistente, el efecto torsional, la asimetría estructural y la desviación lateral para una edificación de concreto armado de 5 niveles Amarilis - Huánuco -2023.</p>
<p>¿Cómo comparar los resultados de análisis torsionales y sísmicos con las normativas de diseño estructural, teniendo en cuenta la asimetría estructural y la desviación lateral, ubicado en Amarilis, Huánuco, en el año 2023?</p>	<p>Comparar y evaluar los resultados obtenidos de análisis torsionales y sísmicos en un edificio de concreto armado ubicado en Amarilis, Huánuco, 2023.</p>	

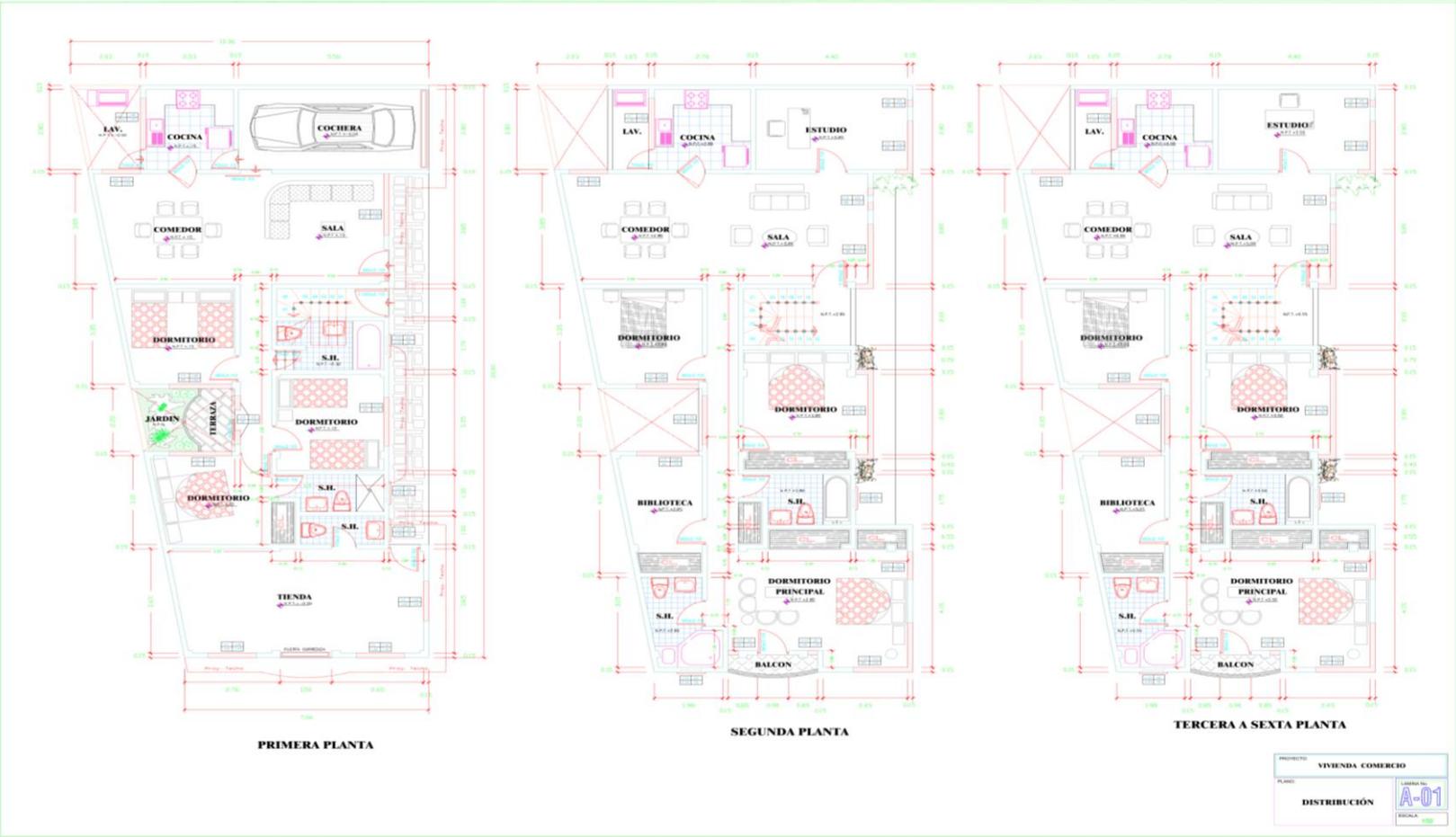
---

# ANEXO 2 EVIDENCIAS

## Ubicación de proyecto

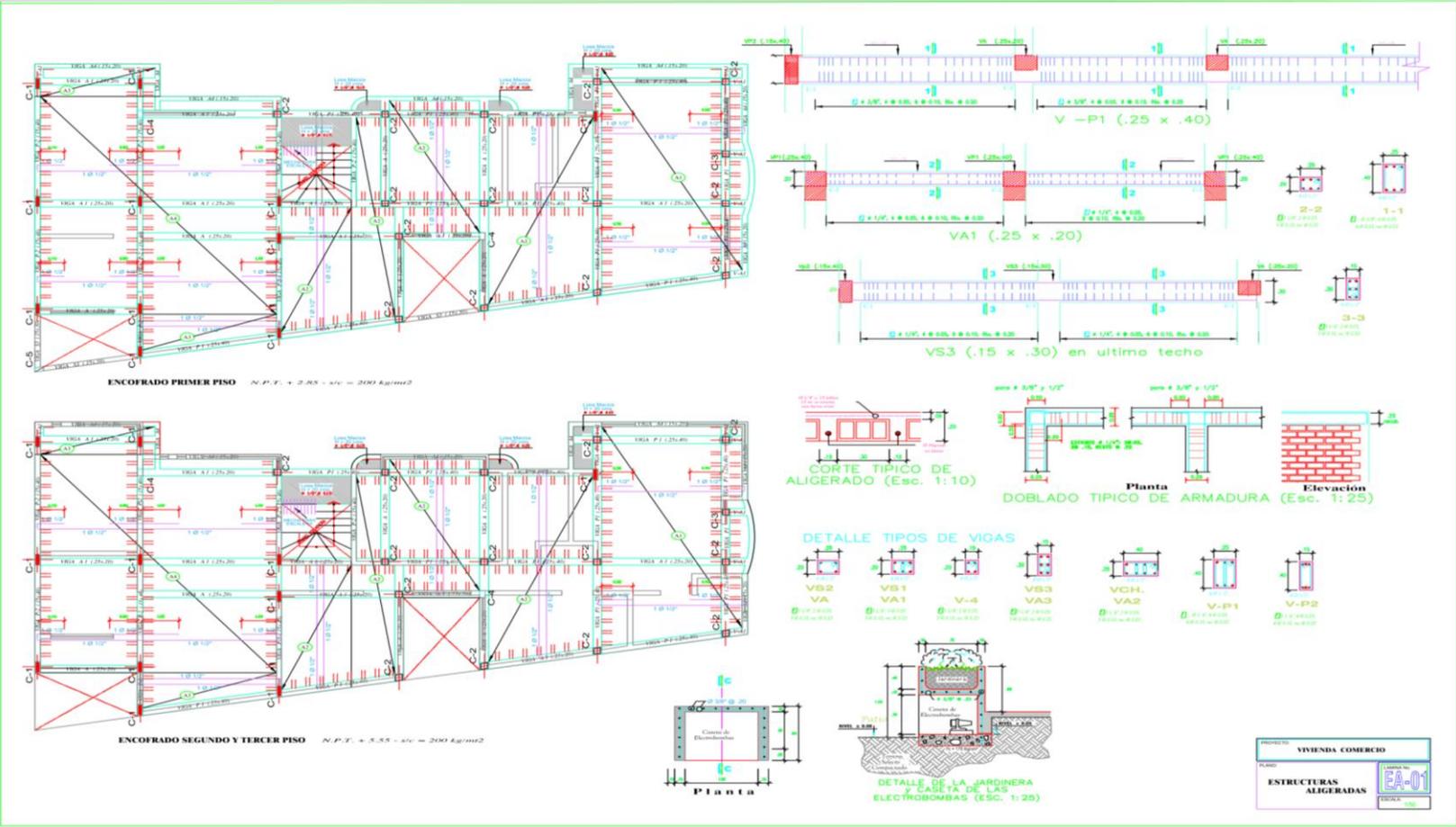


Plano planta





Plano de losa



**Tabla 17**

*Comportamiento modal – Preliminar*

<b>TABLE: Modal Participating Mass Ratios</b>														
<b>Case</b>	<b>Mode</b>	<b>Period</b>	<b>UX</b>	<b>UY</b>	<b>U Z</b>	<b>SumU X</b>	<b>SumU Y</b>	<b>SumU Z</b>	<b>RX</b>	<b>RY</b>	<b>RZ</b>	<b>SumR X</b>	<b>SumRY</b>	<b>SumR Z</b>
		sec												
Modal	1	0.959	0.0001	0.8492	0	0.0001	0.8492	0	0.1667	0.000033	0.0012	0.1667	0.000033	0.0012
Modal	2	0.752	0.6808	0.00002247	0	0.6809	0.8492	0	0.00002812	0.1472	0.1587	0.1667	0.1472	0.1599
Modal	3	0.688	0.152	0.0012	0	0.8329	0.8505	0	0.0002	0.0398	0.6764	0.1669	0.187	0.8362
Modal	4	0.318	0.00002148	0.0968	0	0.8329	0.9473	0	0.6744	0.00001355	0.0001	0.8413	0.187	0.8363
Modal	5	0.249	0.077	0.00001672	0	0.9099	0.9473	0	0.0001	0.4693	0.0279	0.8413	0.6562	0.8642
Modal	6	0.221	0.0306	0.0001	0	0.9405	0.9474	0	0.0007	0.1677	0.0764	0.8421	0.8239	0.9406
Modal	7	0.191	0.000002523	0.032	0	0.9405	0.9794	0	0.0683	0.00000998	0.0001	0.9103	0.8239	0.9407
Modal	8	0.148	0.0222	0.00001295	0	0.9626	0.9794	0	0.00001791	0.0502	0.0109	0.9104	0.8742	0.9516
Modal	9	0.14	0	0.0137	0	0.9626	0.9931	0	0.0682	0.00000239	0.00000489	0.9786	0.8742	0.9516
Modal	10	0.127	0.013	0.00001887	0	0.9757	0.9931	0	0.00003	0.0286	0.0238	0.9786	0.9028	0.9754
Modal	11	0.114	7.838E-07	0.0055	0	0.9757	0.9986	0	0.0151	0.00000455	0.00002051	0.9938	0.9028	0.9755
Modal	12	0.108	0.0092	0.00002288	0	0.9849	0.9986	0	0.0001	0.0432	0.0044	0.9939	0.9459	0.9798

Modal	13	0.101	0.000005031	0.0013	0	0.9849	1	0	0.0061	0.00003654	8.203E-07	0.9999	0.946	0.9798
Modal	14	0.088	0.0108	0	0	0.9957	1	0	0	0.0395	0.0033	0.9999	0.9854	0.9831
Modal	15	0.083	0.000005605	0.00001175	0	0.9957	1	0	0.00003771	0.00001108	0.0111	1	0.9855	0.9942
Modal	16	0.068	0.0039	8.351E-07	0	0.9996	1	0	0.00000167 8	0.013	0.0045	1	0.9985	0.9986
Modal	17	0.051	0.0004	0.00000199 6	0	1	1	0	0.00000879 1	0.0012	0.0004	1	0.9996	0.9991
Modal	18	0.026	0	0.00000317 1	0	1	1	0	0.00001118	0.00001464	0.0002	1	0.9997	0.9992

**Tabla 18**

*Derivas – Preliminar*

TABLE: Story Drifts									
Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift	Label	X	Y	Z
							m	m	m
Story6	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.000488	31	1.24	0	18
Story6	SXDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.000102	24	-1.49	16.85	18
Story6	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.000529	24	-1.49	16.85	18
Story5	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.000815	44	3.78	0	15
Story5	SXDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.000172	24	-1.49	16.85	15
Story5	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.000945	24	-1.49	16.85	15
Story4	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.00108	44	3.78	0	12
Story4	SXDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.000229	24	-1.49	16.85	12

Story4	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.001283	24	-1.49	16.85	12
Story3	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.001277	44	3.78	0	9
Story3	SXDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.000273	24	-1.49	16.85	9
Story3	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.00155	24	-1.49	16.85	9
Story2	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.001392	31	1.24	0	6
Story2	SXDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.000304	24	-1.49	16.85	6
Story2	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.001741	24	-1.49	16.85	6
Story1	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.001225	10	5.46	0	3
Story1	SXDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.000271	24	-1.49	16.85	3
Story1	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.001547	24	-1.49	16.85	3

**Tabla 19**

*Diseño de elementos – Preliminar*

TABLE: Concrete Beam Design																				
Summary - ACI 318-19																				
Sto	La	Unique	Desig	Stat	Statu	AsTop	AsMi	AsT	AsBot	VR	TLng	TLng	TTTrn	AsTo	AtTr					
ry	bel	Name	nSect	ion	s	Combo	nTop	op	Comb	AsMi	AsB	VCo	Reba	Comb	Reba	TTTrnC	Reba	pTota	AsBo	nTot
						m <sup>2</sup>		m <sup>2</sup>		m <sup>2</sup>		m <sup>2</sup>		m <sup>2</sup> /m		m <sup>2</sup>		m <sup>2</sup>		m <sup>2</sup> /m
					No	0.00		0.00		0.0							0.000	0.000	0.000	
Sto		V-		Messa		0.000	018	ENVO	0.00	018	ENV	002	ENVO		ENVO			0.000	0.000	0.000
ry6	B1	212	15X40	0.2	ge	ENVOL	181	1	L	0181	1	OL	6	L	0	L	0	181	181	26

				No		0.00			0.00		0.0									
Sto			V-	0.57	Messa	0.000	018	ENVO	0.00	018	ENV	002	ENVO	ENVO	0.000	0.000	0.000			
ry6	B1	212	15X40	25	ge	ENVOL	181	1	L	0181	1	OL	5	L	0	L	0	181	181	25
				No		0.00			0.00		0.0									
Sto			V-	0.94	Messa	0.000	018	ENVO	0.00	018	ENV	002	ENVO	ENVO	0.000	0.000	0.000			
ry6	B1	212	15X40	5	ge	ENVOL	181	1	L	0181	1	OL	4	L	0	L	0	181	181	24
				No		0.00			0.00		0.0									
Sto			V-	0.94	Messa	0.000	018	ENVO	0.00	018	ENV	002	ENVO	ENVO	0.000	0.000	0.000			
ry6	B1	212	15X40	5	ge	ENVOL	181	1	L	0181	1	OL	1	L	0	L	0	181	181	21
				No		0.00			0.00		0.0									
Sto			V-	1.41	Messa	0.000	018	ENVO	0.00	018	ENV	001	ENVO	ENVO	0.000	0.000	0.000			
ry6	B1	212	15X40	75	ge	ENVOL	181	1	L	0181	1	OL	3	L	0	L	0	181	181	13
				No		0.00			0.00		0.0									
Sto			V-		Messa	0.000	018	ENVO	0.00	018	ENV	001	ENVO	ENVO	0.000	0.000	0.000			
ry6	B1	212	15X40	1.89	ge	ENVOL	181	1	L	0181	1	OL	3	L	0	L	0	181	181	13
				No		0.00			0.00		0.0									
Sto			V-		Messa	0.000	018	ENVO	0.00	018	ENV	001	ENVO	ENVO	0.000	0.000	0.000			
ry6	B1	212	15X40	1.89	ge	ENVOL	181	1	L	0181	1	OL	3	L	0	L	0	181	181	13
				No		0.00			0.00		0.0									
Sto			V-	2.36	Messa	0.000	018	ENVO	0.00	018	ENV	001	ENVO	ENVO	0.000	0.000	0.000			
ry6	B1	212	15X40	25	ge	ENVOL	181	1	L	0181	1	OL	3	L	0	L	0	181	181	13

				No		0.00		0.00		0.0										
Sto			V-	2.83	Messa	0.000	018	ENVO	0.00	018	ENV	001	ENVO	ENVO	0.000	0.000	0.000			
ry6	B1	212	15X40	5	ge	ENVOL	181	1	L	0181	1	OL	3	L	0	L	0	181	181	13
				No		0.00		0.00		0.0										
Sto			V-	2.83	Messa	0.000	018	ENVO	0.00	018	ENV	001	ENVO	ENVO	0.000	0.000	0.000			
ry6	B1	212	15X40	5	ge	ENVOL	181	1	L	0181	1	OL	3	L	0	L	0	181	181	13
				No		0.00		0.00		0.0										
Sto			V-	3.20	Messa	0.000	018	ENVO	0.00	018	ENV	001	ENVO	ENVO	0.000	0.000	0.000			
ry6	B1	212	15X40	75	ge	ENVOL	181	1	L	0181	1	OL	3	L	0	L	0	181	181	13
				No		0.00		0.00		0.0										
Sto			V-		Messa	0.000	018	ENVO	0.00	018	ENV	001	ENVO	ENVO	0.000	0.000	0.000			
ry6	B1	212	15X40	3.58	ge	ENVOL	181	1	L	0181	1	OL	3	L	0	L	0	181	181	13
				No		0.00		0.00		0.0										
Sto			V-		Messa	0.000	018	ENVO	0.00	018	ENV	003	ENVO	ENVO	0.000	0.000	0.000			
ry6	B5	236	15X40	0.2	ge	ENVOL	181	1	L	0181	1	OL	2	L	0	L	0	181	181	32
				No		0.00		0.00		0.0										
Sto			V-	0.54	Messa	0.000	018	ENVO	0.00	018	ENV	003	ENVO	ENVO	0.000	0.000	0.000			
ry6	B5	236	15X40	667	ge	ENVOL	181	1	L	0181	1	OL	2	L	0	L	0	181	181	32
				No		0.00		0.00		0.0										
Sto			V-	0.89	Messa	0.000	018	ENVO	0.00	018	ENV	003	ENVO	ENVO	0.000	0.000	0.000			
ry6	B5	236	15X40	333	ge	ENVOL	181	1	L	0181	1	OL	1	L	0	L	0	181	181	31

					No		0.00		0.00	0.0										
Sto			V-		Messa		0.000	018	ENVO	0.00	018	ENV	001	ENVO	ENVO	0.000	0.000	0.000		
ry6	B5	236	15X40	1.24	ge	ENVOL	181	1	L	0181	1	OL	3	L	0	L	0	181	181	13
					No		0.00		0.00	0.0										
Sto			V-		Messa		0.000	018	ENVO	0.00	018	ENV	001	ENVO	ENVO	0.000	0.000	0.000		
ry6	B5	236	15X40	1.24	ge	ENVOL	181	1	L	0181	1	OL	3	L	0	L	0	181	181	13
					No		0.00		0.00	0.0										
Sto			V-	1.65	Messa		0.000	018	ENVO	0.00	018	ENV	001	ENVO	ENVO	0.000	0.000	0.000		
ry6	B5	236	15X40	333	ge	ENVOL	181	1	L	0181	1	OL	3	L	0	L	0	181	181	13
					No		0.00		0.00	0.0										
Sto			V-	2.06	Messa		0.000	018	ENVO	0.00	018	ENV	001	ENVO	ENVO	0.000	0.000	0.000		
ry6	B5	236	15X40	667	ge	ENVOL	181	1	L	0181	1	OL	3	L	0	L	0	181	181	13
					No		0.00		0.00	0.0										
Sto			V-		Messa		0.000	018	ENVO	0.00	018	ENV	001	ENVO	ENVO	0.000	0.000	0.000		
ry6	B5	236	15X40	2.48	ge	ENVOL	181	1	L	0181	1	OL	3	L	0	L	0	181	181	13
					No		0.00		0.00	0.0										
Sto			V-		Messa		0.000	018	ENVO	0.00	018	ENV	001	ENVO	ENVO	0.000	0.000	0.000		
ry6	B5	236	15X40	2.48	ge	ENVOL	181	1	L	0181	1	OL	3	L	0	L	0	181	181	13
					No		0.00		0.00	0.0										
Sto			V-	2.80	Messa		0.000	018	ENVO	0.00	018	ENV	001	ENVO	ENVO	0.000	0.000	0.000		
ry6	B5	236	15X40	5	ge	ENVOL	181	1	L	0181	1	OL	3	L	0	L	0	181	181	13

					No			0.00			0.00		0.0									
Sto			V-		Messa			0.000	018	ENVO	0.00	018	ENV	001	ENVO		ENVO		0.000	0.000	0.000	
ry6	B5	236	15X40	3.13	ge	ENVOL	181	1	L		0181	1	OL	3	L		0	L	0	181	181	13
					No			0.00			0.00		0.0									
Sto			V-		Messa			0.000	018	ENVO	0.00	018	ENV	001	ENVO		ENVO		0.000	0.000	0.000	
ry6	B5	236	15X40	3.13	ge	ENVOL	181	1	L		0181	1	OL	3	L		0	L	0	181	181	13
					No			0.00			0.00		0.0									
Sto			V-		Messa			0.000	018	ENVO	0.00	018	ENV	001	ENVO		ENVO		0.000	0.000	0.000	
ry6	B5	236	15X40	3.58	ge	ENVOL	181	1	L		0181	1	OL	3	L		0	L	0	181	181	13
					No			0.00			0.00		0.0									
Sto			V-		Messa			0.000	018	ENVO	0.00	018	ENV	005	ENVO		ENVO		0.000	0.000	0.000	
ry6	B6	242	15X40	0.2	ge	ENVOL	181	1	L		0181	1	OL	8	L		0	L	0	181	181	58
					No			0.00			0.00		0.0									
Sto			V-	0.47	Messa			0.000	018	ENVO	0.00	018	ENV	005	ENVO		ENVO		0.000	0.000	0.000	
ry6	B6	242	15X40	25	ge	ENVOL	181	1	L		0181	1	OL	8	L		0	L	0	181	181	58
					No			0.00			0.00		0.0									
Sto			V-	0.74	Messa			0.000	018	ENVO	0.00	018	ENV	005	ENVO		ENVO		0.000	0.000	0.000	
ry6	B6	242	15X40	5	ge	ENVOL	181	1	L		0181	1	OL	7	L		0	L	0	181	181	57
					No			0.00			0.00		0.0									
Sto			V-	0.74	Messa			0.000	018	ENVO	0.00	018	ENV	005	ENVO		ENVO		0.000	0.000	0.000	
ry6	B6	242	15X40	5	ge	ENVOL	181	1	L		0181	1	OL	4	L		0	L	0	181	181	54

				No		0.00		0.00		0.0										
Sto			V-	1.01	Messa	0.000	018	ENVO	0.00	018	ENV	002	ENVO		ENVO	0.000	0.000	0.000		
ry6	B6	242	15X40	75	ge	ENVOL	181	1	L	0181	1	OL	2	L	0	L	0	181	181	22
				No		0.00		0.00		0.0										
Sto			V-		Messa	0.000	018	ENVO	0.00	018	ENV	002	ENVO		ENVO	0.000	0.000	0.000		
ry6	B6	242	15X40	1.29	ge	ENVOL	181	1	L	0181	1	OL	2	L	0	L	0	181	181	22
				No		0.00		0.00		0.0										
Sto			V-	0.07	Messa	0.000	030	ENVO	0.00	030	ENV	003	ENVO		ENVO	0.000	0.000	0.000		
ry6	B7	248	25X40	831	ge	ENVOL	301	1	L	0301	1	OL	2	L	0	L	0	301	301	32
				No		0.00		0.00		0.0										
Sto			V-	0.54	Messa	0.000	030	ENVO	0.00	030	ENV	003	ENVO		ENVO	0.000	0.000	0.000		
ry6	B7	248	25X40	592	ge	ENVOL	301	1	L	0301	1	OL	1	L	0	L	0	301	301	31
				No		0.00		0.00		0.0										
Sto			V-	1.01	Messa	0.000	030	ENVO	0.00	030	ENV	002	ENVO		ENVO	0.000	0.000	0.000		
ry6	B7	248	25X40	352	ge	ENVOL	301	1	L	0301	1	OL	1	L	0	L	0	301	301	21
				No		0.00		0.00		0.0										
Sto			V-	1.01	Messa	0.000	030	ENVO	0.00	030	ENV	002	ENVO		ENVO	0.000	0.000	0.000		
ry6	B7	248	25X40	352	ge	ENVOL	301	1	L	0301	1	OL	1	L	0	L	0	301	301	21
				No		0.00		0.00		0.0										
Sto			V-	1.35	Messa	0.000	030	ENVO	0.00	030	ENV	002	ENVO		ENVO	0.000	0.000	0.000		
ry6	B7	248	25X40	136	ge	ENVOL	301	1	L	0301	1	OL	1	L	0	L	0	301	301	21

			No		0.00		0.00	0.0												
Sto	V-	1.68	Messa	0.000	030	ENVO	0.00	030	ENV	002	ENVO	ENVO	0.000	0.000	0.000					
ry6	B7	248	25X40	92	ge	ENVOL	301	1	L	0301	1	OL	1	L	0	L	0	301	301	21
			No		0.00		0.00													
Sto	V-	2.02	Messa	0.000	030	ENVO	0.00	030	ENV		ENVO	ENVO	0.000	0.000						
ry6	B7	248	25X40	704	ge	ENVOL	301	1	L	0301	1	OL	0	L	0	L	0	301	301	0
			No		0.00		0.00													
Sto	V-	2.02	Messa	0.000	030	ENVO	0.00	030	ENV		ENVO	ENVO	0.000	0.000						
ry6	B7	248	25X40	704	ge	ENVOL	301	1	L	0301	1	OL	0	L	0	L	0	301	301	0
			No		0.00		0.00													
Sto	V-	2.36	Messa	0.000	030	ENVO	0.00	030	ENV		ENVO	ENVO	0.000	0.000						
ry6	B7	248	25X40	488	ge	ENVOL	301	1	L	0301	1	OL	0	L	0	L	0	301	301	0
			No		0.00		0.00	0.0												
Sto	V-	2.70	Messa	0.000	030	ENVO	0.00	030	ENV	002	ENVO	ENVO	0.000	0.000	0.000					
ry6	B7	248	25X40	272	ge	ENVOL	301	1	L	0301	1	OL	1	L	0	L	0	301	301	21
			No		0.00		0.00	0.0												
Sto	V-	3.04	Messa	0.000	030	ENVO	0.00	030	ENV	002	ENVO	ENVO	0.000	0.000	0.000					
ry6	B7	248	25X40	056	ge	ENVOL	301	1	L	0301	1	OL	1	L	0	L	0	301	301	21
			No		0.00		0.00	0.0												
Sto	V-	3.04	Messa	0.000	030	ENVO	0.00	030	ENV	002	ENVO	ENVO	0.000	0.000	0.000					
ry6	B7	248	25X40	056	ge	ENVOL	301	1	L	0301	1	OL	1	L	0	L	0	301	301	21

			No			0.00			0.00		0.0									
Sto		V-	3.50	Messa		0.000	030	ENVO	0.00	030	ENV	002	ENVO		ENVO		0.000	0.000	0.000	
ry6	B7	248	25X40	817	ge	ENVOL	301	1	L	0301	1	OL	1	L	0	L	0	301	301	21
			No			0.00			0.00		0.0									
Sto		V-	3.97	Messa		0.000	030	ENVO	0.00	030	ENV	002	ENVO		ENVO		0.000	0.000	0.000	
ry6	B7	248	25X40	577	ge	ENVOL	301	1	L	0301	1	OL	1	L	0	L	0	301	301	21
			No			0.00			0.00		0.0									
Sto		V-	0.07	Messa		0.000	030	ENVO	0.00	030	ENV	003	ENVO		ENVO		0.000	0.000	0.000	
ry6	B8	254	25X40	757	ge	ENVOL	301	1	L	0301	1	OL	9	L	0	L	0	301	301	39
			No			0.00			0.00		0.0									
Sto		V-	0.43	Messa		0.000	030	ENVO	0.00	030	ENV	003	ENVO		ENVO		0.000	0.000	0.000	
ry6	B8	254	25X40	905	ge	ENVOL	301	1	L	0301	1	OL	8	L	0	L	0	301	301	38
			No			0.00			0.00		0.0									
Sto		V-	0.80	Messa		0.000	030	ENVO	0.00	030	ENV	003	ENVO		ENVO		0.000	0.000	0.000	
ry6	B8	254	25X40	053	ge	ENVOL	301	1	L	0301	1	OL	7	L	0	L	0	301	301	37
			No			0.00			0.00		0.0									
Sto		V-	1.16	Messa		0.000	030	ENVO	0.00	030	ENV	002	ENVO		ENVO		0.000	0.000	0.000	
ry6	B8	254	25X40	201	ge	ENVOL	301	1	L	0301	1	OL	1	L	0	L	0	301	301	21
			No			0.00			0.00		0.0									
Sto		V-	1.16	Messa		0.000	030	ENVO	0.00	030	ENV	002	ENVO		ENVO		0.000	0.000	0.000	
ry6	B8	254	25X40	201	ge	ENVOL	301	1	L	0301	1	OL	1	L	0	L	0	301	301	21

				No			0.00			0.00		0.0								
Sto			V-	1.54	Messa		0.000	030	ENVO	0.00	030	ENV	002	ENVO		ENVO		0.000	0.000	0.000
ry6	B8	254	25X40	935	ge	ENVOL	301	1	L	0301	1	OL	1	L	0	L	0	301	301	21
				No			0.00			0.00		0.0								
Sto			V-	1.93	Messa		0.000	030	ENVO	0.00	030	ENV	002	ENVO		ENVO		0.000	0.000	0.000
ry6	B8	254	25X40	669	ge	ENVOL	301	1	L	0301	1	OL	1	L	0	L	0	301	301	21
				No			0.00			0.00		0.0								
Sto			V-	2.32	Messa		0.000	030	ENVO	0.00	030	ENV	002	ENVO		ENVO		0.000	0.000	0.000
ry6	B8	254	25X40	403	ge	ENVOL	301	1	L	0301	1	OL	1	L	0	L	0	301	301	21
				No			0.00			0.00		0.0								
Sto			V-	2.32	Messa		0.000	030	ENVO	0.00	030	ENV	002	ENVO		ENVO		0.000	0.000	0.000
ry6	B8	254	25X40	403	ge	ENVOL	301	1	L	0301	1	OL	1	L	0	L	0	301	301	21
				No			0.00			0.00		0.0								
Sto			V-	2.66	Messa		0.000	030	ENVO	0.00	030	ENV	002	ENVO		ENVO		0.000	0.000	0.000
ry6	B8	254	25X40	97	ge	ENVOL	301	1	L	0301	1	OL	1	L	0	L	0	301	301	21
				No			0.00			0.00		0.0								
Sto			V-	3.01	Messa		0.000	030	ENVO	0.00	030	ENV	002	ENVO		ENVO		0.000	0.000	0.000
ry6	B8	254	25X40	537	ge	ENVOL	301	1	L	0301	1	OL	1	L	0	L	0	301	301	21
				No			0.00			0.00		0.0								
Sto			V-	3.36	Messa		0.000	030	ENVO	0.00	030	ENV	002	ENVO		ENVO		0.000	0.000	0.000
ry6	B8	254	25X40	104	ge	ENVOL	301	1	L	0301	1	OL	1	L	0	L	0	301	301	21

				No		0.00		0.00												
Sto	B1		V-	0.07	Messa	0.000	013	ENVO	0.00	013	ENV	0.0	ENVO		ENVO		0.000	0.000	0.000	
ry6	2	278	25X20	5	ge	ENVOL	134	4	L	0134	4	OL	002	L	0	L	0	134	134	2
				No		0.00		0.00												
Sto	B1		V-	0.52	Messa	0.000	013	ENVO	0.00	013	ENV		ENVO		ENVO		0.000	0.000		
ry6	2	278	25X20	917	ge	ENVOL	134	4	L	0134	4	OL	0	L	0	L	0	134	134	0
				No		0.00		0.00												
Sto	B1		V-	0.98	Messa	0.000	013	ENVO	0.00	013	ENV		ENVO		ENVO		0.000	0.000		
ry6	2	278	25X20	333	ge	ENVOL	134	4	L	0134	4	OL	0	L	0	L	0	134	134	0
				No		0.00		0.00												
Sto	B1		V-	0.98	Messa	0.000	013	ENVO	0.00	013	ENV		ENVO		ENVO		0.000	0.000		
ry6	2	278	25X20	333	ge	ENVOL	134	4	L	0134	4	OL	0	L	0	L	0	134	134	0
				No		0.00		0.00												
Sto	B1		V-	1.47	Messa	0.000	013	ENVO	0.00	013	ENV		ENVO		ENVO		0.000	0.000		
ry6	2	278	25X20	5	ge	ENVOL	134	4	L	0134	4	OL	0	L	0	L	0	134	134	0
				No		0.00		0.00												
Sto	B1		V-	1.96	Messa	0.000	013	ENVO	0.00	013	ENV		ENVO		ENVO		0.000	0.000		
ry6	2	278	25X20	667	ge	ENVOL	134	4	L	0134	4	OL	0	L	0	L	0	134	134	0
				No		0.00		0.00												
Sto	B1		V-	1.96	Messa	0.000	013	ENVO	0.00	013	ENV		ENVO		ENVO		0.000	0.000		
ry6	2	278	25X20	667	ge	ENVOL	134	4	L	0134	4	OL	0	L	0	L	0	134	134	0

				No		0.00		0.00										
Sto	B1		V-	2.42	Messa	0.000	013	ENVO	0.00	013	ENV	ENVO	ENVO	0.000	0.000			
ry6	2	278	25X20	083	ge	ENVOL	134	4 L	0134	4 OL	0 L	0 L	0	134	134	0		
				No		0.00		0.00										
Sto	B1		V-	2.87	Messa	0.000	013	ENVO	0.00	013	ENV	ENVO	ENVO	0.000	0.000			
ry6	2	278	25X20	5	ge	ENVOL	134	4 L	0134	4 OL	0 L	0 L	0	134	134	0		
				No		0.00		0.00			0.0							
Sto	B1		V-	0.07	Messa	0.000	013	ENVO	0.00	013	ENV	001 ENVO	ENVO	0.000	0.000	0.000		
ry6	3	284	25X20	5	ge	ENVOL	134	4 L	0134	4 OL	9 L	0 L	0	134	134	19		
				No		0.00		0.00										
Sto	B1		V-	0.53	Messa	0.000	013	ENVO	0.00	013	ENV	ENVO	ENVO	0.000	0.000			
ry6	3	284	25X20	75	ge	ENVOL	134	4 L	0134	4 OL	0 L	0 L	0	134	134	0		
				No		0.00		0.00										
Sto	B1		V-		Messa	0.000	013	ENVO	0.00	013	ENV	ENVO	ENVO	0.000	0.000			
ry6	3	284	25X20	1	ge	ENVOL	134	4 L	0134	4 OL	0 L	0 L	0	134	134	0		
				No		0.00		0.00										
Sto	B1		V-		Messa	0.000	013	ENVO	0.00	013	ENV	ENVO	ENVO	0.000	0.000			
ry6	3	284	25X20	1	ge	ENVOL	134	4 L	0134	4 OL	0 L	0 L	0	134	134	0		
				No		0.00		0.00										
Sto	B1		V-		Messa	0.000	013	ENVO	0.00	013	ENV	ENVO	ENVO	0.000	0.000			
ry6	3	284	25X20	1.5	ge	ENVOL	134	4 L	0134	4 OL	0 L	0 L	0	134	134	0		

				No			0.00			0.00									
Sto	B1		V-	Messa		0.000	013	ENVO	0.00	013	ENV	ENVO	ENVO	0.000	0.000				
ry6	3	284	25X20	2 ge	ENVOL	134	4	L	0134	4	OL	0	L	0	L	0	134	134	0
				No			0.00			0.00									
Sto	B1		V-	Messa		0.000	013	ENVO	0.00	013	ENV	ENVO	ENVO	0.000	0.000				
ry6	3	284	25X20	2 ge	ENVOL	134	4	L	0134	4	OL	0	L	0	L	0	134	134	0
				No			0.00			0.00									
Sto	B1		V-	Messa		0.000	013	ENVO	0.00	013	ENV	ENVO	ENVO	0.000	0.000				
ry6	3	284	25X20	2.5 ge	ENVOL	134	4	L	0134	4	OL	0	L	0	L	0	134	134	0
				No			0.00			0.00									
Sto	B1		V-	Messa		0.000	013	ENVO	0.00	013	ENV	ENVO	ENVO	0.000	0.000				
ry6	3	284	25X20	3 ge	ENVOL	134	4	L	0134	4	OL	0	L	0	L	0	134	134	0
				No			0.00			0.00									
Sto	B1		V-	Messa		0.000	013	ENVO	0.00	013	ENV	ENVO	ENVO	0.000	0.000				
ry6	3	284	25X20	3 ge	ENVOL	134	4	L	0134	4	OL	0	L	0	L	0	134	134	0
				No			0.00			0.00									
Sto	B1		V-	Messa		0.000	013	ENVO	0.00	013	ENV	ENVO	ENVO	0.000	0.000				
ry6	3	284	25X20	3.46 ge	ENVOL	134	4	L	0134	4	OL	0	L	0	L	0	134	134	0

**Tabla 20**

*Comportamiento modal – Optimizado*

<b>TABLE: Modal Participating Mass Ratios</b>														
Case	Mode	Period	UX	UY	U			SumU			SumR			
					Z	X	Y	Z	RX	RY	RZ	X	Y	Z
sec														
Modal	1	0.513	0.0006	0.7767	0	0.0006	0.7767	0	0.2724	2	0.0001	0.2724	0.0002	0.0001
Modal	2	0.418	0.7849	0.0007	0	0.7855	0.7774	0	0.0002	8	0.0051	0.2725	0.257	0.0052
Modal	3	0.32	0.0046	0.00002761	0	0.7901	0.7774	0	0.00000327	9	0.001	0.7648	0.2725	0.2583
Modal	4	0.153	0.0003	0.1196	0	0.7904	0.8969	0	0.4723	1	0.00002606	0.7448	0.2594	0.7701
Modal	5	0.133	0.119	0.0003	0	0.9094	0.8972	0	0.0011	6	0.0001	0.746	0.7671	0.7702
Modal	6	0.095	0.0002	0.00004865	0	0.9096	0.8972	0	0.0001	4	0.1263	0.7461	0.7674	0.8964
Modal	7	0.078	0.0372	0.0003	0	0.9467	0.8976	0	0.0006	8	0.00000420	0.7467	0.8392	0.8964
Modal	8	0.077	0.0001	0.0512	0	0.9469	0.9488	0	0.1016	3	0.00002475	0.8484	0.8395	0.8964

			0.00000455					0.00000461						
Modal	9	0.062	0.0001	1	0	0.947	0.9488	0	1	0	0.0001	0.8484	0.8395	0.8966
										0.073				
Modal	10	0.055	0.0213	0.00001344	0	0.9683	0.9488	0	0.00004857	9	0.0006	0.8484	0.9134	0.8972
										0.003				
Modal	11	0.05	0.0014	0.0007	0	0.9697	0.9496	0	0.0022	4	0.0353	0.8507	0.9168	0.9325
										0.000				
Modal	12	0.048	0.0002	0.0271	0	0.9698	0.9767	0	0.0832	4	0.0006	0.9338	0.9172	0.9331
										0.038				
Modal	13	0.04	0.0146	0.0001	0	0.9845	0.9767	0	0.0002	4	0.0016	0.934	0.9557	0.9347
										0.000				
Modal	14	0.035	0.0001	0.0153	0	0.9846	0.992	0	0.0423	2	0.00001531	0.9763	0.9559	0.9348
										0.024				
Modal	15	0.03	0.0089	0.00000222	6	0.9934	0.9921	0	0.00000287	7	0.001	0.9763	0.9803	0.9357
										0.000				
Modal	16	0.029	0.00002064	0.0061	0	0.9934	0.9981	0	0.0184	1	0.00001208	0.9947	0.9804	0.9357
										0.017				
Modal	17	0.018	0.0059	0.0001	0	0.9993	0.9983	0	0.0004	6	0.0017	0.9951	0.9979	0.9374
										0.000				
Modal	18	0.012	0.0001	0.0015	0	0.9994	0.9997	0	0.0041	2	0.0011	0.9992	0.9981	0.9385

**Tabla 21**

*Derivas – Optimizado*

TABLE: Story Max Over Avg Drifts							
Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Max Drift	Avg Drift	Ratio
					cm	cm	
Story6	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.0716	0.0651	1.099
Story6	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.1197	0.1173	1.02
Story5	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.1	0.0915	1.094
Story5	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.1638	0.1628	1.007
Story4	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.1277	0.1159	1.102
Story4	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.2084	0.2072	1.006
Story3	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.1446	0.1303	1.11
Story3	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.2336	0.2316	1.008
Story2	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.1397	0.1256	1.112
Story2	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.2187	0.2161	1.012
Story1	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.0784	0.0688	1.139
Story1	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.1107	0.107	1.034

**Tabla 22**

*Diseño de elementos-Optimizados*

TABLE: Concrete Beam Design Summary - ACI 318-19																					
Sto	La	Unique	Design	Stat	Statu	AsTop	AsMi	To	AsBot	Comb	AsMi	Bo	VCo	Reba	TLngC	TLng	TTrnC	Reba	pTota	AsBo	AtTrn
ry	bel	Name	Sect	ion	s	Combo	nTop	p	o	nBot	t	mbo	r	ombo	Rebar	ombo	r	l	tTotal	Total	
				cm	cm <sup>2</sup>			cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>		cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	cm	cm <sup>2</sup>	/cm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup> /c		cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup> /c
Sto			V-		No			4.2			4.2	ENV	0.0	ENVO		ENVO	0.015				0.070
ry6	B1	212	25X55	0	Messa	ENVOL	4.27	7	ENVOL	4.27	7	OL	393	L	5.33	L	5	4.27	4.27		3
Sto			V-		No			4.2			4.2	ENV	0.0	ENVO		ENVO	0.015				0.069
ry6	B1	212	25X55	50	Messa	ENVOL	4.27	7	ENVOL	4.27	7	OL	387	L	5.33	L	5	4.27	4.27		8
Sto			V-		No			4.2			4.2	ENV	0.0	ENVO		ENVO	0.015				0.071
ry6	B1	212	25X55	100	Messa	ENVOL	4.27	7	ENVOL	4.27	7	OL	402	L	5.33	L	5	4.27	4.27		2
Sto			V-		No			4.2			4.2	ENV	0.0	ENVO		ENVO	0.009				0.068
ry6	B1	212	25X55	100	Messa	ENVOL	4.27	7	ENVOL	4.27	7	OL	489	L	5.96	L	9	4.72	4.27		7

No																				
Sto			V-	146.	Messa		4.2		4.2	ENV	0.0	ENVO		ENVO	0.009				0.020	
ry6	B1	212	25X55	333	ge	ENVOL	4.27	7	ENVOL	4.27	7	OL	011	L	5.96	L	9	4.27	4.27	9
No																				
Sto			V-	192.	Messa		4.2		4.2	ENV	0.0	ENVO		ENVO	0.009				0.020	
ry6	B1	212	25X55	667	ge	ENVOL	4.27	7	ENVOL	4.27	7	OL	011	L	5.96	L	9	4.27	4.27	9
No																				
Sto			V-	192.	Messa		4.2		4.2	ENV	0.0	ENVO		ENVO					0.020	
ry6	B1	212	25X55	667	ge	ENVOL	4.27	7	ENVOL	4.27	7	OL	209	L	0	L	0	4.27	4.27	9
No																				
Sto			V-		Messa		4.2		4.2	ENV	0.0	ENVO		ENVO					0.020	
ry6	B1	212	25X55	239	ge	ENVOL	4.27	7	ENVOL	4.27	7	OL	209	L	0	L	0	4.27	4.27	9
No																				
Sto			V-	285.	Messa		4.2		4.2	ENV	0.0	ENVO		ENVO					0.020	
ry6	B1	212	25X55	333	ge	ENVOL	4.27	7	ENVOL	4.27	7	OL	209	L	0	L	0	4.27	4.27	9
No																				
Sto			V-	285.	Messa		4.2		4.2	ENV	0.0	ENVO		ENVO					0.020	
ry6	B1	212	25X55	333	ge	ENVOL	4.27	7	ENVOL	4.27	7	OL	209	L	0	L	0	4.27	4.27	9
No																				
Sto			V-	321.	Messa		4.2		4.2	ENV	0.0	ENVO		ENVO					0.020	
ry6	B1	212	25X55	667	ge	ENVOL	4.27	7	ENVOL	4.27	7	OL	209	L	0	L	0	4.27	4.27	9

Sto				No	Messa	4.2		4.2	ENV	0.0	ENVO	ENVO						0.020		
ry6	B1	212	V-	25X55	358 ge	ENVOL	4.27	7	ENVOL	4.27	7	OL	209	L	0	L	0	4.27	4.27	9
Sto				No	Messa	4.2		4.2	ENV	0.0	ENVO	ENVO						0.056		
ry6	B5	236	V-	25X55	20 ge	ENVOL	4.27	7	ENVOL	4.27	7	OL	568	L	0	L	0	4.27	4.27	8
Sto				No	Messa	4.2		4.2	ENV	0.0	ENVO	ENVO						0.055		
ry6	B5	236	V-	25X55	54.6 67 ge	ENVOL	4.27	7	ENVOL	4.27	7	OL	558	L	0	L	0	4.27	4.27	8
Sto				No	Messa	4.2		4.2	ENV	0.0	ENVO	ENVO						0.054		
ry6	B5	236	V-	25X55	89.3 33 ge	ENVOL	4.27	7	ENVOL	4.27	7	OL	548	L	0	L	0	4.27	4.27	8
Sto				No	Messa	4.2		4.2	ENV	0.0	ENVO	ENVO						0.053		
ry6	B5	236	V-	25X55	124 ge	ENVOL	4.27	7	ENVOL	4.27	7	OL	538	L	0	L	0	4.27	4.27	8
Sto				No	Messa	4.2		4.2	ENV	0.0	ENVO	ENVO						0.045		
ry6	B5	236	V-	25X55	124 ge	ENVOL	4.27	7	ENVOL	4.27	7	OL	457	L	0	L	0	4.27	4.27	7
Sto				No	Messa	4.2		4.2	ENV	0.0	ENVO	ENVO						0.020		
ry6	B5	236	V-	25X55	165. 333 ge	ENVOL	4.27	7	ENVOL	4.27	7	OL	209	L	0	L	0	4.27	4.27	9

No																				
Sto			V-	206.	Messa		4.2		4.2	ENV	0.0	ENVO		ENVO				0.020		
ry6	B5	236	25X55	667	ge	ENVOL	4.27	7	ENVOL	4.27	7	OL	209	L	0	L	0	4.27	4.27	9
No																				
Sto			V-		Messa		4.2		4.2	ENV	0.0	ENVO		ENVO				0.020		
ry6	B5	236	25X55	248	ge	ENVOL	4.27	7	ENVOL	4.27	7	OL	209	L	0	L	0	4.27	4.27	9
No																				
Sto			V-		Messa		4.2		4.2	ENV	0.0	ENVO		ENVO				0.020		
ry6	B5	236	25X55	248	ge	ENVOL	4.27	7	ENVOL	4.27	7	OL	209	L	0	L	0	4.27	4.27	9
No																				
Sto			V-	280.	Messa		4.2		4.2	ENV	0.0	ENVO		ENVO				0.020		
ry6	B5	236	25X55	5	ge	ENVOL	4.27	7	ENVOL	4.27	7	OL	209	L	0	L	0	4.27	4.27	9
No																				
Sto			V-		Messa		4.2		4.2	ENV	0.0	ENVO		ENVO				0.020		
ry6	B5	236	25X55	313	ge	ENVOL	4.27	7	ENVOL	4.27	7	OL	209	L	0	L	0	4.27	4.27	9
No																				
Sto			V-		Messa		4.2		4.2	ENV	0.0	ENVO		ENVO				0.020		
ry6	B5	236	25X55	358	ge	ENVOL	4.27	7	ENVOL	4.27	7	OL	209	L	0	L	0	4.27	4.27	9

Sto				No																	
ry6	B6	242	V-	25X55	20	Messa	4.2		4.2	ENV	0.1	ENVO		ENVO					0.129		
						ge	ENVOL	4.27	7	ENVOL	4.27	7	OL	297	L	0	L	0	4.27	4.27	7
Sto				No																	
ry6	B6	242	V-	25X55	47.2	Messa	4.2		4.2	ENV	0.1	ENVO		ENVO					0.128		
					5	ge	ENVOL	4.27	7	ENVOL	4.27	7	OL	289	L	0	L	0	4.27	4.27	9
Sto				No																	
ry6	B6	242	V-	25X55	74.5	Messa	4.2		4.2	ENV	0.1	ENVO		ENVO					0.128		
						ge	ENVOL	4.27	7	ENVOL	4.27	7	OL	281	L	0	L	0	4.27	4.27	1
Sto				No																	
ry6	B6	242	V-	25X55	74.5	Messa	4.2		4.2	ENV	0.1	ENVO		ENVO					0.125		
						ge	ENVOL	4.27	7	ENVOL	4.27	7	OL	258	L	0	L	0	4.27	4.27	8
Sto				No																	
ry6	B6	242	V-	25X55	101.	Messa	4.2		4.2	ENV	0.1	ENVO		ENVO					0.126		
					75	ge	ENVOL	4.27	7	ENVOL	4.27	7	OL	266	L	0	L	0	4.27	4.27	6
Sto				No																	
ry6	B6	242	V-	25X55	129	Messa	4.2		4.2	ENV	0.1	ENVO		ENVO					0.127		
						ge	ENVOL	4.27	7	ENVOL	4.27	7	OL	274	L	0	L	0	4.27	4.27	4
Sto				No																	
ry6	B7	248	V-	25X40	12.6	Messa	3.0		3.0	ENV	0.0	ENVO		ENVO					0.032		
					99	ge	ENVOL	3.01	1	ENVOL	3.01	1	OL	326	L	0	L	0	3.01	3.01	6

No																				
Sto			V-	57.0	Messa		3.0			3.0	ENV	0.0	ENVO		ENVO			0.031		
ry6	B7	248	25X40	25	ge	ENVOL	3.01	1	ENVOL	3.01	1	OL	313	L	0	L	0	3.01	3.01	3
No																				
Sto			V-	101.	Messa		3.0			3.0	ENV	0.0	ENVO		ENVO			0.020		
ry6	B7	248	25X40	352	ge	ENVOL	3.01	1	ENVOL	3.01	1	OL	209	L	0	L	0	3.01	3.01	9
No																				
Sto			V-	101.	Messa		3.0			3.0	ENV	0.0	ENVO		ENVO			0.020		
ry6	B7	248	25X40	352	ge	ENVOL	3.01	1	ENVOL	3.01	1	OL	209	L	0	L	0	3.01	3.01	9
No																				
Sto			V-	135.	Messa		3.0			3.0	ENV	0.0	ENVO		ENVO			0.020		
ry6	B7	248	25X40	136	ge	ENVOL	3.01	1	ENVOL	3.01	1	OL	209	L	0	L	0	3.01	3.01	9
No																				
Sto			V-	168.	Messa		3.0			3.0	ENV	0.0	ENVO		ENVO			0.020		
ry6	B7	248	25X40	92	ge	ENVOL	3.01	1	ENVOL	3.01	1	OL	209	L	0	L	0	3.01	3.01	9
No																				
Sto			V-	202.	Messa		3.0			3.0	ENV	0.0	ENVO		ENVO			0.020		
ry6	B7	248	25X40	704	ge	ENVOL	3.01	1	ENVOL	3.01	1	OL	209	L	0	L	0	3.01	3.01	9
No																				
Sto			V-	202.	Messa		3.0			3.0	ENV		ENVO		ENVO					
ry6	B7	248	25X40	704	ge	ENVOL	3.01	1	ENVOL	3.01	1	OL	0	L	0	L	0	3.01	3.01	0

No																				
Sto			V-	236.	Messa		3.0			3.0	ENV		ENVO		ENVO					
ry6	B7	248	25X40	488	ge	ENVOL	3.01	1	ENVOL	3.01	1	OL	0	L	0	L	0	3.01	3.01	0
No																				
Sto			V-	270.	Messa		3.0			3.0	ENV	0.0	ENVO		ENVO				0.020	
ry6	B7	248	25X40	272	ge	ENVOL	3.01	1	ENVOL	3.01	1	OL	209	L	0	L	0	3.01	3.01	9
No																				
Sto			V-	304.	Messa		3.0			3.0	ENV	0.0	ENVO		ENVO				0.020	
ry6	B7	248	25X40	056	ge	ENVOL	3.01	1	ENVOL	3.01	1	OL	209	L	0	L	0	3.01	3.01	9
No																				
Sto			V-	304.	Messa		3.0			3.0	ENV	0.0	ENVO		ENVO				0.020	
ry6	B7	248	25X40	056	ge	ENVOL	3.01	1	ENVOL	3.01	1	OL	209	L	0	L	0	3.01	3.01	9
No																				
Sto			V-	348.	Messa		3.0			3.0	ENV	0.0	ENVO		ENVO				0.020	
ry6	B7	248	25X40	383	ge	ENVOL	3.01	1	ENVOL	3.01	1	OL	209	L	0	L	0	3.01	3.01	9
No																				
Sto			V-	392.	Messa		3.0			3.0	ENV	0.0	ENVO		ENVO				0.020	
ry6	B7	248	25X40	71	ge	ENVOL	3.01	1	ENVOL	3.01	1	OL	209	L	0	L	0	3.01	3.01	9
No																				
Sto			V-	12.6	Messa		3.0			3.0	ENV	0.0	ENVO		ENVO					
ry6	B8	254	25X40	54	ge	ENVOL	3.01	1	ENVOL	3.01	1	OL	39	L	0	L	0	3.01	3.01	0.039

No																				
Sto			V-	47.1	Messa		3.0		3.0	ENV	0.0	ENVO		ENVO						
ry6	B8	254	25X40	7	ge	ENVOL	3.01	1	ENVOL	3.01	1	OL	38	L	0	L	0	3.01	3.01	0.038
No																				
Sto			V-	81.6	Messa		3.0		3.0	ENV	0.0	ENVO		ENVO						
ry6	B8	254	25X40	86	ge	ENVOL	3.01	1	ENVOL	3.01	1	OL	37	L	0	L	0	3.01	3.01	0.037
No																				
Sto			V-	116.	Messa		3.0		3.0	ENV	0.0	ENVO		ENVO						
ry6	B8	254	25X40	201	ge	ENVOL	3.01	1	ENVOL	3.01	1	OL	209	L	0	L	0	3.01	3.01	0.020
No																				
Sto			V-	116.	Messa		3.0		3.0	ENV	0.0	ENVO		ENVO						
ry6	B8	254	25X40	201	ge	ENVOL	3.01	1	ENVOL	3.01	1	OL	209	L	0	L	0	3.01	3.01	0.020
No																				
Sto			V-	154.	Messa		3.0		3.0	ENV	0.0	ENVO		ENVO						
ry6	B8	254	25X40	935	ge	ENVOL	3.01	1	ENVOL	3.01	1	OL	209	L	0	L	0	3.01	3.01	0.020
No																				
Sto			V-	193.	Messa		3.0		3.0	ENV	0.0	ENVO		ENVO						
ry6	B8	254	25X40	669	ge	ENVOL	3.01	1	ENVOL	3.01	1	OL	209	L	0	L	0	3.01	3.01	0.020
No																				
Sto			V-	232.	Messa		3.0		3.0	ENV	0.0	ENVO		ENVO						
ry6	B8	254	25X40	403	ge	ENVOL	3.01	1	ENVOL	3.01	1	OL	209	L	0	L	0	3.01	3.01	0.020

No																				
Sto			V-	232.	Messa		3.0		3.0	ENV		ENVO		ENVO	0.012				0.024	
ry6	B8	254	25X40	403	ge	ENVOL	3.01	1	ENVOL	3.01	1	OL	0	L	4.13	L	2	3.01	3.01	3
No																				
Sto			V-	280.	Messa		3.0		3.0	ENV		ENVO		ENVO	0.012				0.024	
ry6	B8	254	25X40	504	ge	ENVOL	3.01	1	ENVOL	3.01	1	OL	0	L	4.13	L	2	3.01	3.01	3
No																				
Sto			V-	328.	Messa		3.0		3.0	ENV		ENVO		ENVO	0.012				0.024	
ry6	B8	254	25X40	604	ge	ENVOL	3.01	1	ENVOL	3.01	1	OL	0	L	4.13	L	2	3.2	3.01	3
No																				
Sto	B1		V-		Messa		1.3		1.3	ENV	0.0	ENVO		ENVO					0.019	
ry6	2	278	25X20	12.5	ge	ENVOL	1.34	4	ENVOL	1.34	4	OL	195	L	0	L	0	1.34	1.34	5
No																				
Sto	B1		V-	55.4	Messa		1.3		1.3	ENV		ENVO		ENVO						
ry6	2	278	25X20	17	ge	ENVOL	1.34	4	ENVOL	1.34	4	OL	0	L	0	L	0	1.34	1.34	0
No																				
Sto	B1		V-	98.3	Messa		1.3		1.3	ENV		ENVO		ENVO						
ry6	2	278	25X20	33	ge	ENVOL	1.34	4	ENVOL	1.34	4	OL	0	L	0	L	0	1.34	1.34	0
No																				
Sto	B1		V-	98.3	Messa		1.3		1.3	ENV		ENVO		ENVO						
ry6	2	278	25X20	33	ge	ENVOL	1.34	4	ENVOL	1.34	4	OL	0	L	0	L	0	1.34	1.34	0

No																				
Sto	B1		V-	147.	Messa		1.3		1.3	ENV	ENVO	ENVO								
ry6	2	278	25X20	5	ge	ENVOL	1.34	4	ENVOL	1.34	4	OL	0	L	0	L	0	1.34	1.34	0
No																				
Sto	B1		V-	196.	Messa		1.3		1.3	ENV	ENVO	ENVO								
ry6	2	278	25X20	667	ge	ENVOL	1.34	4	ENVOL	1.34	4	OL	0	L	0	L	0	1.34	1.34	0
No																				
Sto	B1		V-	196.	Messa		1.3		1.3	ENV	ENVO	ENVO								
ry6	2	278	25X20	667	ge	ENVOL	1.34	4	ENVOL	1.34	4	OL	0	L	0	L	0	1.34	1.34	0
No																				
Sto	B1		V-	239.	Messa		1.3		1.3	ENV	ENVO	ENVO								
ry6	2	278	25X20	583	ge	ENVOL	1.34	4	ENVOL	1.34	4	OL	0	L	0	L	0	1.34	1.34	0
No																				
Sto	B1		V-	282.	Messa		1.3		1.3	ENV	ENVO	ENVO								
ry6	2	278	25X20	5	ge	ENVOL	1.34	4	ENVOL	1.34	4	OL	0	L	0	L	0	1.34	1.34	0
No																				
Sto	B1		V-		Messa		1.3		1.3	ENV	0.0 ENVO	ENVO								
ry6	3	284	25X20	12.5	ge	ENVOL	1.34	4	ENVOL	1.34	4	OL	18	L	0	L	0	1.34	1.34	0.018
No																				
Sto	B1		V-	56.2	Messa		1.3		1.3	ENV	ENVO	ENVO								
ry6	3	284	25X20	5	ge	ENVOL	1.34	4	ENVOL	1.34	4	OL	0	L	0	L	0	1.34	1.34	0

					No															
Sto	B1		V-		Messa		1.3		1.3	ENV		ENVO		ENVO						
ry6	3	284	25X20	100	ge	ENVOL	1.34	4	ENVOL	1.34	4	OL	0	L	0	L	0	1.34	1.34	0
					No															
Sto	B1		V-		Messa		1.3		1.3	ENV		ENVO		ENVO						
ry6	3	284	25X20	100	ge	ENVOL	1.34	4	ENVOL	1.34	4	OL	0	L	0	L	0	1.34	1.34	0
					No															
Sto	B1		V-		Messa		1.3		1.3	ENV		ENVO		ENVO						
ry6	3	284	25X20	150	ge	ENVOL	1.34	4	ENVOL	1.34	4	OL	0	L	0	L	0	1.34	1.34	0
					No															
Sto	B1		V-		Messa		1.3		1.3	ENV		ENVO		ENVO						
ry6	3	284	25X20	200	ge	ENVOL	1.34	4	ENVOL	1.34	4	OL	0	L	0	L	0	1.34	1.34	0
					No															
Sto	B1		V-		Messa		1.3		1.3	ENV		ENVO		ENVO						
ry6	3	284	25X20	200	ge	ENVOL	1.34	4	ENVOL	1.34	4	OL	0	L	0	L	0	1.34	1.34	0
					No															
Sto	B1		V-		Messa		1.3		1.3	ENV		ENVO		ENVO						
ry6	3	284	25X20	250	ge	ENVOL	1.34	4	ENVOL	1.34	4	OL	0	L	0	L	0	1.34	1.34	0
					No															
Sto	B1		V-		Messa		1.3		1.3	ENV		ENVO		ENVO						
ry6	3	284	25X20	300	ge	ENVOL	1.34	4	ENVOL	1.34	4	OL	0	L	0	L	0	1.34	1.34	0

No																				
Sto	B1		V-		Messa		1.3		1.3	ENV		ENVO		ENVO						
ry6	3	284	25X20	300	ge	ENVOL	1.34	4	ENVOL	1.34	4	OL	0	L	0	L	0	1.34	1.34	0
No																				
Sto	B1		V-	343.	Messa		1.3		1.3	ENV		ENVO		ENVO						
ry6	3	284	25X20	75	ge	ENVOL	1.34	4	ENVOL	1.34	4	OL	0	L	0	L	0	1.34	1.34	0
No																				
Sto	B1		V-	387.	Messa		1.3		1.3	ENV		ENVO		ENVO						
ry6	3	284	25X20	5	ge	ENVOL	1.34	4	ENVOL	1.34	4	OL	0	L	0	L	0	1.34	1.34	0

**Tabla 23**

*Análisis torsional – Preliminar*

TABLE: Story Max Over Avg							
Displacements							
Output				Step			
Story	Case	Case Type	Type	Direction	Maximum	Average	Ratio
					m	m	
Story6	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.01999	0.016426	1.217
Story6	SXDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.005065	0.002708	1.87
Story5	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.01847	0.015116	1.222
Story5	SXDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.0047	0.002514	1.87
Story4	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.015938	0.012985	1.227
Story4	SXDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.004074	0.00218	1.869

Story3	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.012553	0.01016	1.236
Story3	SXDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.003225	0.001727	1.867
Story2	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.008528	0.006822	1.25
Story2	SXDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.002203	0.001183	1.863
Story1	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.0041	0.003189	1.285
Story1	SXDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.001068	0.000577	1.852
Story6	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.02124	0.020675	1.027
Story5	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.019851	0.019323	1.027
Story4	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.017317	0.016858	1.027
Story3	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.013787	0.013422	1.027
Story2	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.009455	0.009205	1.027
Story1	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.004542	0.004424	1.027

**Tabla 24**

*Análisis torsional – Optimizado*

TABLE: Story Max Over Avg							
Displacements							
Output			Step				
Story	Case	Case Type	Type	Direction	Maximum	Average	Ratio
					m	m	
Story6	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.006427	0.005798	1.109
Story5	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.005744	0.005178	1.109
Story4	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.004778	0.004306	1.109

Story3	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.003533	0.003187	1.109
Story2	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.002119	0.001916	1.106
Story1	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.000742	0.000674	1.1
Story6	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.009411	0.009298	1.012
Story5	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.008403	0.008301	1.012
Story4	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.006976	0.00689	1.012
Story3	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.005121	0.005057	1.013
Story2	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.003015	0.002978	1.013
Story1	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.001015	0.001002	1.013