

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

“El análisis estructural de un edificio multifamiliar de 5 niveles con piscina para optimizar el diseño sismorresistente de los elementos estructurales, Amarilis - Huánuco -2023”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR: Contreras Davila, Hanssel Renzzo

ASESORA: Trujillo Ariza, Yelen Lisseth

HUÁNUCO – PERÚ

2025

U

D

H



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 Ingeniero Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

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

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 75136966

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 70502371

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

Código ORCID: 0000-0002-5650-3745

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Navarro Jara, Luis Fernando	Maestro en ingeniería con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible	18206328	0000-0003-4008-7633
2	Valdivieso Echevarría, Martin Cesar	Maestro en gestión pública	22416570	0000-0002-0579-5135
3	Arteaga Espinoza, Ingrid Delia Dignarda	Máster en dirección de proyectos	73645168	0009-0001-0745-5433



UNIVERSIDAD DE HUANUCO
Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

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

En la ciudad de Huánuco, siendo las 16:45 horas del día **lunes 03 de febrero 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. LUIS FERNANDO NARRO JARA | PRESIDENTE |
| ❖ MG. MARTIN CESAR VALDIVIESO ECHEVARRIA | SECRETARIO |
| ❖ MG. INGRID DELIA DIGNARDA ARTEAGA ESPINOZA | VOCAL |

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN No 0125-2025-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: "EL ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 5 NIVELES CON PISCINA PARA OPTIMIZAR EL DISEÑO SISMORRESISTENTE DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES, AMARILIS - HUÁNUCO -2023", presentado por el (la) Bachiller. **Bach. Hanssel Renzzo CONTRERAS DAVILA**, 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 **unanimidad** con el calificativo cuantitativo de **11** y cualitativo de **Suficiente** (Art. 47).

Siendo las **18** horas del día **03 del mes de febrero** del año 2025, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

MG. LUIS FERNANDO NARRO JARA

DNI: 18206328

ORCID: 0000-0003-4008-7633

PRESIDENTE

MG. MARTIN CESAR VALDIVIESO ECHEVARRIA

DNI: 22416570

ORCID: 0000-0002-0579-5135

SECRETARIO (A)

MG. INGRID DELIA DIGNARDA ARTEAGA ESPINOZA

DNI: 73645168

ORCID: 0009-0001-0745-5433

VOCAL



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: HANSSEL RENZZO CONTRERAS DAVILA, de la investigación titulada “El análisis estructural de un edificio multifamiliar de 5 niveles con piscina para optimizar el diseño sismorresistente de los elementos estructurales, Amarilis - Huánuco -2023”, con asesor(a) YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 1503-2024-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 15 % 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, 26 de noviembre 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

51. CONTRERAS DAVILA HANSSEL RENZZO.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

15%	14%	2%	5%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	4%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
3	pdfcoffee.com Fuente de Internet	2%
4	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	<1%
5	repositorio.ucv.edu.pe 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 familiares: su apoyo y amor incondicional han sido mi mayor fortaleza. A mi preciosa hija Anngelique gracias por ser mi roca, mi inspiración y la razón de mi vida. Su amor es mi motor y mi guía en cada paso que doy.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por su guía y a los docentes de la Universidad de Huánuco por su dedicación y conocimiento. Su apoyo y enseñanzas han sido fundamentales en mi formación académica y profesional. Valoraré siempre su influencia en mi vida y en mi camino hacia el éxito.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
RESUMEN.....	VIII
ABSTRACT.....	IX
INTRODUCCIÓN.....	X
CAPÍTULO I.....	12
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	12
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	12
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	13
1.2.1 PROBLEMA GENERAL.....	13
1.2.2 PROBLEMA ESPECÍFICO	13
1.3 OBJETIVO GENERAL.....	14
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	14
1.5.1 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.....	14
1.5.2 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA	14
1.5.3 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA	15
1.6 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
1.7 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	16
CAPÍTULO II.....	17
MARCO TEÓRICO	17
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	17
2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	17
2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES.....	18
2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES.....	20
2.2 BASES TEÓRICAS	21
2.2.1 CONCEPTOS DEL DISEÑO ESTRUCTURAL.....	21
2.2.2 INGENIERÍA SÍSMICA	32

2.2.3 DISEÑO SISMORRESISTENTE	39
2.3 DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	42
2.4 HIPÓTESIS	44
2.4.1 HIPÓTESIS GENERAL	44
2.5 VARIABLES.....	44
2.5.1 VARIABLE DEPENDIENTE.....	44
2.5.2 VARIABLE INDEPENDIENTE	44
2.6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	45
CAPÍTULO III.....	46
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	46
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	46
3.1.1 ENFOQUE.....	46
3.1.2 ALCANCE O NIVEL.....	46
3.1.3 DISEÑO.....	46
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	47
3.2.1 POBLACIÓN.....	47
3.2.2 MUESTRA	47
3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.	47
3.3.1 PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	47
3.3.2 PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS	48
3.3.3 PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS	48
CAPÍTULO IV.....	49
RESULTADOS.....	49
4.1 PROCESAMIENTO DE DATOS.....	49
4.2 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS	73
CAPÍTULO V.....	75
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	75
CONCLUSIONES	77
RECOMENDACIONES.....	78
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79
ANEXOS.....	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables	45
Tabla 2 Generalidades de la edificación	49
Tabla 3 Elementos predimensionados.....	53
Tabla 4 Análisis de derivas y desplazamientos reales de la edificación	58
Tabla 5 Secciones mejoradas.....	60
Tabla 6 Análisis de fuerza cortante tomada por placas	61
Tabla 7 Determinación de valores de coeficiente de cortante en base.....	63
Tabla 8 Determinación del factor de escala del espectro	64
Tabla 9 Verificación de deriva y desplazamiento real	67
Tabla 10 Matriz de Consistencia.....	84
Tabla 11 Desplazamiento de centro de masa.....	91
Tabla 12 Secciones del modelo	91
Tabla 13 Valores de espectro de respuesta	92
Tabla 14 Casos de carga.....	93
Tabla 15 Casos de combinación de cargas	93
Tabla 16 Propiedades de materiales	94
Tabla 17 Ratios de participación modal.....	94
Tabla 18 Derivas de entrepiso	95
Tabla 19 Esfuerzos por piso	96
Tabla 20 Desplazamiento centro de masa – Modificado	97
Tabla 21 Secciones - Modificado.....	98
Tabla 22 Espectro – Modificado.....	99
Tabla 23 Casos de carga – Modificado.....	100
Tabla 24 Combinaciones de carga - Modificado.....	100
Tabla 25 Propiedad de materiales – Modificado.....	101
Tabla 26 Participación de masa – Modificado.....	101
Tabla 27 Derivas de entrepiso – Modificado.....	102
Tabla 28 Esfuerzos de corte	103

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Planteamiento de distribución de edificación 1	51
Figura 2 Planteamiento de distribución de edificación 2	52
Figura 3 áreas tributarias de cargas	53
Figura 4 Modelo estructural ETABS – predimensionado	54
Figura 5 Espectro sísmico ingresado	55
Figura 6 Periodo de desplazamiento de la edificación	55
Figura 7 Desplazamientos modales	56
Figura 8 Determinación de los desplazamientos y derivas	57
Figura 9 Modelo analizado – ETABS	59
Figura 10 Esfuerzos de corte en la edificación	61
Figura 11 Espectro modificado	62
Figura 12 Verificación preliminar de vibración	63
Figura 13 Determinación de las fuerzas de corte dinámicos y estáticos.....	64
Figura 14 Verificación final del periodo de la edificación	65
Figura 15 Desplazamientos modales de la edificación	66
Figura 16 Derivas y desplazamientos de la edificación modificada	67
Figura 17 Comportamiento de deformaciones y desplazamientos	69
Figura 18 Verificación del ingreso de cargas de empuje y peso del agua	70
Figura 19 Diseño por flexión de base de piscina	70
Figura 20 Verificación de diseño de losa X.....	71
Figura 21 Verificación de diseño de losa X.....	71
Figura 22 Diseño de muro de piscina A.....	72
Figura 23 Diseño de muro de piscina B.....	72
Figura 24 Diseño por flexión de base de piscina	73
Figura 25 Diseño de muro de piscina A	74
Figura 26 Localización de terreno.....	86
Figura 27 Arquitectura 1	87
Figura 28 Arquitectura 2	88
Figura 29 Estructuras 1.....	89
Figura 30 Estructuras 2.....	90

RESUMEN

El estudio aborda la necesidad de garantizar la seguridad estructural de edificaciones en zonas sísmicas como Huánuco, especialmente en proyectos con características particulares como la inclusión de piscinas. El auge inmobiliario en la región ha impulsado el desarrollo de este tipo de edificaciones, lo que exige un análisis estructural detallado para optimizar el diseño sismorresistente.

El objetivo principal es realizar un análisis detallado del comportamiento de los elementos estructurales de un edificio de 5 niveles con piscina, empleando modelos tridimensionales y técnicas de elementos finitos. Para ello, se consideran cargas hidrostáticas e hidrodinámicas, aplicando la normativa ACI 350.3-06, y se evalúa la respuesta sísmica mediante análisis lineales y no lineales. Los resultados permitirán identificar áreas críticas en el diseño y proponer mejoras para optimizar la resistencia sísmica.

La investigación es de enfoque cuantitativo, con un alcance descriptivo y diseño no experimental. Se basa en la observación, modelado en software ETABS, y la aplicación de normativas peruanas. Los resultados muestran que es posible mejorar la seguridad y estabilidad de la estructura aplicando estas técnicas, confirmando la hipótesis planteada.

Palabras claves: Análisis estructural, Diseño sismorresistente, Modelado matemático, Cargas hidrostáticas, Técnicas de elementos finitos.

ABSTRACT

The study addresses the need to guarantee the structural safety of buildings in seismic zones such as Huánuco, especially in projects with particular characteristics such as the inclusion of swimming pools. The real estate boom in the region has driven the development of this type of buildings, which requires a detailed structural analysis to optimize the earthquake-resistant design.

The main objective is to carry out a detailed analysis of the behavior of the structural elements of a 5-story building with a swimming pool, using three-dimensional models and finite element techniques. To do this, hydrostatic and hydrodynamic loads are considered, applying ACI 350.3-06 regulations, and the seismic response is evaluated through linear and non-linear analyses. The results will allow identifying critical areas in the design and proposing improvements to optimize seismic resistance.

The research has a quantitative approach, with a descriptive scope and non-experimental design. It is based on observation, modeling in ETABS software, and the application of Peruvian regulations. The results show that it is possible to improve the safety and stability of the structure by applying these techniques, confirming the proposed hypothesis.

Keywords: Structural analysis; Seismic-resistant design; Mathematical modeling; Hydrostatic loads; Finite element techniques.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento acelerado del sector inmobiliario en Perú, impulsado por factores económicos y sociales, ha generado una demanda constante de infraestructuras residenciales y comerciales en diversas regiones del país. Este auge ha llevado a un aumento significativo en la construcción de proyectos, incluyendo edificaciones con características específicas como piscinas, las cuales no solo agregan valor estético y funcional a las propiedades, sino que también se han convertido en un elemento de demanda creciente en el mercado inmobiliario, especialmente tras la pandemia que ha aumentado la búsqueda de comodidades y espacios al aire libre en los hogares.

En este contexto, el análisis estructural detallado de edificios con piscina se vuelve crucial, especialmente en zonas como Amarilis, Huánuco, donde el desarrollo económico y la estabilidad política han impulsado un notable crecimiento del sector inmobiliario. Sin embargo, la seguridad sísmica es una preocupación clave debido a la ubicación geográfica propensa a eventos sísmicos.

El presente estudio se enfoca en abordar esta problemática, centrándose en la optimización del diseño sismorresistente de los elementos estructurales de un edificio con piscina en Amarilis, Huánuco, mediante un análisis estructural detallado. Para ello, se emplearán modelos matemáticos tridimensionales, técnicas de elementos finitos, análisis lineal elástico y no lineal, así como la aplicación de normativas como la ACI 350.3-06 para cargas hidrostáticas e hidrodinámicas.

Los objetivos específicos incluyen el modelado matemático de los elementos estructurales, la evaluación del impacto de la piscina en la respuesta sísmica, y la identificación de mejoras necesarias en el diseño sismorresistente. Esta investigación no solo tiene una justificación práctica y teórica sólida, sino que también es viable gracias al acceso a recursos tecnológicos, normativas locales y apoyo institucional en ingeniería civil y estructural en Perú.

Este estudio busca contribuir al conocimiento en ingeniería estructural, proporcionando información valiosa para el diseño y construcción segura de

edificaciones con piscina en áreas sísmicas como Amarilis, Huánuco, en aras de garantizar la seguridad y estabilidad de las estructuras ante eventos sísmicos de alta magnitud.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El crecimiento inmobiliario en Perú ha sido notable, impulsado por factores como el crecimiento económico y la estabilidad política. Se ha observado un aumento significativo en la construcción de proyectos residenciales y comerciales, especialmente en áreas urbanas como Lima, Arequipa y Trujillo. Este crecimiento se debe en parte a la creciente demanda de viviendas y espacios comerciales por parte de la clase media y el aumento del poder adquisitivo de la población. Sin embargo, el sector enfrenta desafíos como la calidad de la construcción, la disponibilidad de terrenos y el equilibrio entre la oferta y la demanda. A pesar de estos desafíos, el sector inmobiliario en Perú sigue siendo atractivo para inversores y desarrolladores, quienes buscan aprovechar las oportunidades de crecimiento en el mercado. Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2021).

En el estudio realizado por Medina & Rumipamba (2021), se desarrollaron modelos matemáticos tridimensionales de un edificio porticado de 12 niveles en concreto reforzado, considerando y excluyendo los efectos hidrodinámicos para comparar. Las cargas hidrostáticas e hidrodinámicas se aplicaron según la Norma ACI 350.3-06 y el modelo de Newmark-Rosenblueth. Para la demanda sísmica se usó el espectro de diseño NEC-SE-DS 2015 y acelerogramas ajustados. Se compararon análisis lineales elásticos (FLE y modal-espectral) con análisis no lineales de respuesta en el tiempo (NLRHA). Al incluir los efectos hidrodinámicos, se observaron cambios significativos en los parámetros modales, aumentando fuerzas y daños, y afectando la respuesta estructural. Esto resalta la importancia de considerar los efectos hidrodinámicos en el diseño y análisis de edificios sujetos a cargas sísmicas.

Nautilus (s.f.), destaca que la piscina agrega valor estético y funcional a una propiedad, haciéndola más atractiva para compradores potenciales. Además, señala que el disfrute personal de una piscina influye en la percepción de lujo y estilo de vida. También menciona que, debido a la pandemia, la demanda de propiedades con piscina ha aumentado, ya que

más personas buscan comodidades y espacios al aire libre en sus hogares. En conclusión, el artículo argumenta que tener una piscina puede ser una inversión rentable para aumentar el valor de una propiedad en el mercado inmobiliario.

En los últimos años el crecimiento del sector inmobiliario en Amarilis, se debe principalmente a varios factores clave. En primer lugar, el desarrollo económico y la estabilidad política en la región han generado un aumento en la demanda de viviendas y proyectos comerciales. Además, la creciente urbanización y el aumento de la población han generado la necesidad de más infraestructura residencial y comercial. Por otro lado, la disponibilidad de terrenos y el interés de inversores en la zona también han contribuido significativamente al crecimiento del sector inmobiliario en Amarilis.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es el método más eficiente para llevar a cabo un análisis estructural detallado que permita identificar áreas de mejora en el diseño sismorresistente de sus elementos estructurales para un edificio con piscina en Amarilis, Huánuco?

1.2.2 PROBLEMA ESPECÍFICO

¿Cómo se puede desarrollar un modelo matemático tridimensional de los elementos estructurales del edificio y la piscina utilizando técnicas de elementos finitos para simular su respuesta ante cargas sísmicas?

¿Cuál es el procedimiento adecuado para aplicar las cargas hidrostáticas e hidrodinámicas según las normativas como la ACI 350?3-06 en el modelo estructural del edificio con piscina, y cómo se pueden identificar las áreas críticas de diseño en términos de respuesta sísmica?

¿Cuál es la metodología más adecuada para comparar y analizar los resultados del análisis estructural bajo cargas sísmicas utilizando técnicas de análisis lineal elástico y no lineal, y cómo se pueden identificar las mejoras necesarias en el diseño sismorresistente de los elementos estructurales del edificio?

1.3 OBJETIVO GENERAL

Realizar el análisis estructural de un edificio con piscina para optimizar el diseño sismorresistente de los elementos estructurales en Amarilis, Huánuco, en 2023.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Modelar matemáticamente los elementos estructurales del edificio multifamiliar, incluyendo la piscina, mediante técnicas de elementos finitos para comprender su comportamiento bajo cargas sísmicas.

Aplicar cargas hidrostáticas e hidrodinámicas según las normativas pertinentes, como la ACI 350.3-06, para evaluar el impacto de la piscina en la respuesta sísmica del edificio y determinar áreas críticas de diseño.

Comparar y analizar los resultados del análisis estructural bajo cargas sísmicas utilizando técnicas de análisis lineal elástico y no lineal, identificando mejoras necesarias en el diseño sismorresistente de los elementos estructurales del edificio.

1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

Desde un punto de vista teórico, este estudio contribuirá al conocimiento en el campo de la ingeniería estructural. Al desarrollar modelos matemáticos tridimensionales y aplicar técnicas de análisis estructural bajo cargas sísmicas, se avanzará en la comprensión de cómo los efectos hidrodinámicos de una piscina pueden afectar la respuesta sísmica de un edificio. Esto permitirá identificar áreas de mejora en el diseño sismorresistente de los elementos estructurales, agregando conocimiento a la disciplina y mejorando las prácticas de diseño.

1.5.2 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

El análisis estructural detallado de un edificio con piscina en Amarilis, Huánuco, tiene una relevancia práctica significativa. En esta región, el crecimiento del sector inmobiliario ha sido notable, lo que ha generado una mayor demanda de viviendas y proyectos comerciales. Sin embargo, la seguridad sísmica es una preocupación fundamental debido a la ubicación geográfica del lugar. Por lo tanto, este estudio proporcionará información valiosa para mejorar el diseño

sismorresistente de los elementos estructurales en edificaciones con piscina, garantizando la seguridad de los residentes y usuarios.

1.5.3 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

La metodología propuesta en este estudio combina herramientas avanzadas de modelado y análisis estructural, como las técnicas de elementos finitos y el análisis lineal elástico y no lineal. Al aplicar normativas peruanas y estándares como la ACI 350.3-06, se garantiza la rigurosidad y validez de los resultados obtenidos. La comparación de diferentes análisis y la identificación de áreas críticas de diseño contribuirán a mejorar la eficiencia y efectividad de los procesos de diseño sismorresistente en edificaciones con piscina, brindando a los profesionales herramientas prácticas y confiables para la toma de decisiones en proyectos similares.

1.6 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Limitación Económica:

La realización de un análisis estructural detallado y completo puede requerir recursos financieros significativos, especialmente para la adquisición de software especializado, equipos de cómputo de alto rendimiento y la contratación de personal capacitado en ingeniería estructural. Esto puede limitar la capacidad de llevar a cabo análisis más complejos o extensos debido a restricciones presupuestarias.

Limitación de Tiempo:

El tiempo disponible para la investigación y el desarrollo del estudio puede ser una limitación importante. El análisis estructural detallado y la recopilación de datos precisos pueden llevar mucho tiempo, especialmente cuando se trata de modelos matemáticos tridimensionales y la aplicación de diversas técnicas de análisis. Las restricciones de tiempo pueden afectar la profundidad y alcance del análisis realizado.

Limitación de Bibliografía Especializada en español:

La disponibilidad de bibliografía especializada en español específicamente relacionada con el análisis estructural detallado de edificios con piscina y diseño sismorresistente puede ser limitada. Esto puede dificultar la recopilación de información relevante y actualizada en el idioma español, lo que podría afectar la revisión teórica y el respaldo bibliográfico de la

investigación. Es posible que se requiera recurrir a fuentes en otros idiomas, lo que podría generar barreras adicionales en términos de comprensión y acceso a la información.

1.7 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación es viable debido a varios factores. En primer lugar, existen recursos tecnológicos y normativas disponibles que respaldan el análisis estructural detallado de edificios con piscina en el contexto peruano. Además, la información necesaria, como planos arquitectónicos, normativas locales y datos sísmicos, está accesible y disponible para la investigación.

Asimismo, el apoyo institucional de instituciones académicas y profesionales en ingeniería civil y estructural en Perú facilita la colaboración y el acceso a expertos en el campo, lo que contribuye a la calidad y validez de la investigación.

Además, la relevancia de la investigación en términos de seguridad estructural y las demandas del mercado, dadas las condiciones de crecimiento del sector inmobiliario en la región de Amarilis, hacen que el estudio sea pertinente y valioso tanto desde el punto de vista práctico como académico.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Chila & Lopez (2021), en su trabajo de integración curricular titulado: *“Análisis y diseño estructural del pabellón UPSE extensión Manglaralto reforzada con FRP (Fibra De Vidrio) aplicando el código ACI 318-14 comparada con la estructura actual del pabellón UPSE extensión Manglaralto”* desarrollado en la Universidad Estatal Península De Santa Elena, La Libertad, Ecuador. Tiene como objetivo principal analizar y diseñar estructuralmente el pabellón de la extensión Manglaralto utilizando refuerzos de FRP (Fibra de Vidrio), comparando este diseño con la estructura existente del mismo pabellón. La investigación se llevó a cabo aplicando el código ACI 318-14, el cual es una normativa estadounidense ampliamente utilizada para el diseño de estructuras de concreto armado. En cuanto a la metodología, se realizó una revisión detallada del estado actual de la estructura del pabellón mediante inspecciones técnicas y el análisis estructural basado en modelos computacionales para simular las condiciones de carga. Posteriormente, se diseñó el refuerzo estructural con materiales FRP, evaluando su desempeño y resistencia frente a las condiciones de servicio esperadas. El estudio comparó los resultados del refuerzo con FRP con la estructura actual sin reforzar, tomando en cuenta parámetros como la capacidad de carga, la deformación y la seguridad estructural. Los resultados indicaron que el uso de refuerzos de FRP mejoró significativamente el desempeño de la estructura, incrementando su capacidad de resistencia y disminuyendo las deformaciones ante cargas extremas. Además, se observó que el refuerzo con FRP es una solución efectiva y eficiente para mejorar la durabilidad de las estructuras en zonas expuestas a condiciones ambientales adversas, como las presentes en la región costera de Ecuador. Las conclusiones del estudio destacan la viabilidad técnica y económica del uso de FRP para el refuerzo estructural, sugiriendo su aplicación en proyectos similares donde sea necesario

mejorar la capacidad de resistencia sin recurrir a la demolición o reconstrucción total de la estructura existente.

Duarte (2019), trabajo de grado titulado: *“Apoyo en el seguimiento técnico de la construcción del edificio Ventus multifamiliar en la etapa de ejecución del proyecto, en la ciudad de Tunja Boyacá.”* desarrollado en la Universidad Santo Tomas Seccional Tunja, en la ciudad de Tunja Boyacá. tiene como objetivo principal brindar apoyo en el seguimiento técnico durante la construcción del edificio multifamiliar Ventus en la ciudad de Tunja, Boyacá, específicamente en la etapa de ejecución del proyecto. La metodología empleada incluyó la supervisión directa de las actividades de construcción, el control de calidad de los materiales y procedimientos, y la verificación del cumplimiento de las normativas y estándares técnicos establecidos. Durante la ejecución, se realizaron inspecciones diarias, se revisaron los planos estructurales y arquitectónicos, y se llevaron a cabo reuniones con el equipo de obra para asegurar el adecuado avance del proyecto. Los resultados mostraron que el seguimiento técnico permitió identificar y corregir desviaciones en tiempo real, garantizando que el proyecto se ejecutara conforme a los planes y con una alta calidad constructiva. Las conclusiones del estudio destacan que el seguimiento técnico adecuado en obras de construcción es crucial para minimizar errores, optimizar los recursos y asegurar que la edificación cumpla con los plazos establecidos y las normativas técnicas, contribuyendo a una gestión eficiente y efectiva del proyecto de construcción.

2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES

Portugal (2022), en su tesis titulado: *“Análisis comparativo estructural para vivienda multifamiliar usando softwares de elementos finitos, Urb. Santa Rosa, distrito San Sebastián, Cusco – 2022”* desarrollado en la Universidad César Vallejo, Lima - Perú. tiene como objetivo principal realizar un análisis comparativo estructural de una vivienda multifamiliar ubicada en la Urbanización Santa Rosa, distrito de San Sebastián, Cusco, utilizando diferentes softwares de elementos finitos. La metodología consistió en modelar y analizar la estructura de la vivienda multifamiliar mediante el uso de varios programas de cálculo

estructural basados en el método de elementos finitos, evaluando aspectos clave como la distribución de cargas, los desplazamientos y la resistencia de los materiales ante diferentes escenarios de carga. Se utilizó un conjunto de parámetros y normativas vigentes para la región de Cusco, lo que permitió establecer una comparación detallada entre los resultados obtenidos con cada software. Los resultados revelaron diferencias significativas en el comportamiento estructural según el software utilizado, especialmente en lo que respecta a la precisión en la distribución de cargas y los niveles de desplazamiento bajo cargas sísmicas. Las conclusiones destacan que, aunque todos los softwares evaluados proporcionan resultados confiables, algunos mostraron una mayor eficiencia y precisión en la simulación de condiciones sísmicas, lo que resalta la importancia de seleccionar el software adecuado según las características específicas del proyecto. Asimismo, se concluyó que el uso de herramientas basadas en elementos finitos es fundamental para garantizar la seguridad y estabilidad estructural de edificaciones multifamiliares en zonas de alta sismicidad como Cusco.

Murga (2021), en su tesis titulado: *“Diseño estructural del modelo dinámico de una vivienda multifamiliar de cinco niveles – San Luis – Lima”* desarrollado en la Universidad Peruana Los Andes, Huancayo – Perú. tiene como objetivo principal el diseño estructural del modelo dinámico de una vivienda multifamiliar de cinco niveles ubicada en el distrito de San Luis, Lima. La metodología empleada se basó en el análisis dinámico de la estructura, utilizando software especializado para modelar el comportamiento ante cargas sísmicas, debido a la alta actividad sísmica de la zona. Se realizaron cálculos detallados de las cargas gravitacionales y laterales, considerando la normativa sismorresistente vigente en Perú. Asimismo, se llevó a cabo una modelación estructural tridimensional para simular los efectos de los movimientos sísmicos en la estructura, permitiendo evaluar su desempeño frente a diferentes intensidades de sismo. Los resultados indicaron que el diseño estructural propuesto cumple con los criterios de seguridad y estabilidad necesarios para garantizar la integridad de la edificación ante sismos de alta magnitud. Se observó que las

deformaciones y desplazamientos máximos se mantuvieron dentro de los límites permisibles, lo que valida la eficiencia del modelo dinámico utilizado. En las conclusiones, se destacó que el diseño dinámico aplicado a viviendas multifamiliares de cinco niveles es crucial para asegurar su resistencia sísmica en zonas de alto riesgo como Lima, y se recomendó la implementación de este tipo de análisis en futuros proyectos para mejorar la seguridad estructural de edificaciones.

Rafael & Osorio (2020), en su tesis titulado: *“Análisis comparativo de un edificio de muros de ductilidad limitada de 5 niveles con otro de albañilería distrito de Pucusana.”* desarrollado en la Universidad Ricardo Palma, Lima – Perú. El objetivo principal del estudio es evaluar el comportamiento estructural de ambos tipos de construcción en términos de resistencia sísmica y estabilidad. La metodología incluyó la modelación de ambos edificios utilizando software de análisis estructural, considerando factores como cargas sísmicas, gravedad y condiciones de terreno. Se realizaron simulaciones para diferentes escenarios sísmicos y se compararon los resultados en términos de desplazamientos, esfuerzos y posibles daños. Los resultados mostraron que el edificio con muros de ductilidad limitada presentó un comportamiento estructural más favorable frente a las cargas sísmicas en comparación con el edificio de albañilería, evidenciando menor deformación y mayor capacidad de absorción de energía. Las conclusiones del estudio indican que los muros de ductilidad limitada ofrecen una mejor respuesta sísmica y una mayor seguridad estructural en zonas propensas a sismos, recomendando su uso en futuros proyectos de construcción para mejorar la resiliencia de las edificaciones en áreas de alta actividad sísmica como Pucusana.

2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES

Hasta la fecha no hay trabajos de investigación a nivel local, aplicados en la ciudad de Huánuco.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 CONCEPTOS DEL DISEÑO ESTRUCTURAL

2.2.1.1 TEORÍA DE LA ELASTICIDAD Y PLASTICIDAD

Elasticidad

La elasticidad es un concepto fundamental en la ingeniería de materiales y estructuras que describe la capacidad de un material para deformarse reversiblemente cuando se le aplica una carga externa y luego regresar a su forma original una vez que se elimina la carga. Este fenómeno es esencial para comprender el comportamiento de los materiales bajo diferentes condiciones de carga y es crucial en el diseño y la construcción de estructuras seguras y eficientes.

En el contexto de la ingeniería, la elasticidad se rige por los principios establecidos por Robert Hooke, un físico y matemático inglés del siglo XVII. La ley de Hooke establece que la deformación de un material es directamente proporcional a la fuerza aplicada, siempre que la deformación se mantenga dentro del rango elástico del material. Esto significa que mientras la carga aplicada no supere el límite elástico del material, la relación entre la fuerza aplicada y la deformación resultante sigue siendo lineal.

La relación entre la tensión aplicada y la deformación resultante es fundamental para comprender la elasticidad de un material. La tensión se define como la fuerza por unidad de área y puede manifestarse en diferentes formas, como tensión normal, tensión tangencial, o una combinación de ambas, dependiendo de la dirección de la carga aplicada y la geometría del material. Por otro lado, la deformación es el cambio relativo en las dimensiones de un material debido a la aplicación de una carga externa.

Una medida importante de la elasticidad de un material es el módulo de elasticidad, también conocido como módulo de Young. Este parámetro describe la rigidez del material y se define como la relación entre la tensión aplicada y la deformación resultante en el rango elástico. Cuanto mayor sea el módulo de elasticidad de un

material, más rígido será y menos se deformará bajo una carga dada. (Cuadros, 2015).

Principios de Hooke: son fundamentales en el campo de la física y la ingeniería, especialmente en lo que respecta al comportamiento de los materiales bajo carga. Estos principios establecen la relación entre la fuerza aplicada a un material y la deformación resultante, y son esenciales para comprender la elasticidad de los materiales.

La ley de Hooke establece que la deformación producida en un material es directamente proporcional a la fuerza aplicada, siempre y cuando la deformación se mantenga dentro del rango elástico del material. En otras palabras, cuando se aplica una carga a un material elástico, este se deforma en proporción a la fuerza aplicada y, cuando se elimina la carga, el material regresa a su forma original. Esta relación lineal entre la fuerza y la deformación es una característica clave de los materiales elásticos y se puede expresar matemáticamente como $F = k * \Delta x$, donde F es la fuerza aplicada, k es la constante de elasticidad del material y Δx es la deformación resultante.

La ley de Hooke se aplica a una amplia variedad de materiales, desde metales hasta polímeros y materiales compuestos. Sin embargo, es importante tener en cuenta que esta ley es válida solo dentro del rango elástico del material, más allá del cual se pueden producir deformaciones permanentes o incluso la ruptura del material.

Los principios de Hooke tienen importantes aplicaciones en ingeniería, especialmente en el diseño de estructuras y componentes mecánicos. Por ejemplo, en el diseño de un resorte, la ley de Hooke se utiliza para calcular la fuerza necesaria para producir una cierta deformación, o viceversa. Del mismo modo, en el diseño de estructuras, como puentes o edificios, la ley de Hooke se aplica para determinar cómo responden los materiales estructurales a las cargas aplicadas y garantizar que la estructura sea segura y estable. (Cuadros, 2015).

Tensiones y deformaciones: son conceptos fundamentales en el campo de la ingeniería de materiales y estructuras, ya que describen cómo los materiales responden a la aplicación de cargas externas. En el contexto de la ingeniería estructural, es crucial comprender cómo las tensiones y deformaciones afectan el comportamiento y la integridad de las estructuras para garantizar su seguridad y durabilidad.

La tensión se define como la fuerza interna por unidad de área que actúa dentro de un material en respuesta a una carga externa aplicada. Existen varios tipos de tensiones, como la tensión normal, que actúa perpendicularmente a la sección transversal del material, y la tensión tangencial, que actúa paralelamente a la sección transversal. Estas tensiones pueden surgir debido a fuerzas de tracción, compresión, corte o flexión, dependiendo de la naturaleza de la carga aplicada y la geometría del material.

Por otro lado, la deformación se refiere al cambio en la forma o dimensiones de un material debido a la aplicación de una carga externa. La deformación puede manifestarse en diferentes formas, como elongación, compresión, corte o flexión, y puede ser elástica, plástica o viscosa, dependiendo de la capacidad del material para recuperar su forma original después de que se elimina la carga.

La relación entre las tensiones y las deformaciones se describe mediante la ley de Hooke, que establece que la deformación producida en un material es directamente proporcional a la tensión aplicada, siempre y cuando la deformación se mantenga dentro del rango elástico del material. Esta relación lineal entre la tensión y la deformación es una característica fundamental de los materiales elásticos y se puede expresar matemáticamente como $\sigma = E * \epsilon$, donde σ es la tensión, ϵ es la deformación y E es el módulo de elasticidad del material. (Cuadros, 2015)

Módulo de elasticidad: El módulo de elasticidad es un parámetro fundamental en la ingeniería de materiales que describe la rigidez de un material y su capacidad para resistir la deformación bajo la aplicación de una carga externa. También conocido como

módulo de Young, este concepto es esencial para comprender el comportamiento elástico de los materiales y su respuesta ante fuerzas aplicadas. En el contexto de la ingeniería estructural, el módulo de elasticidad juega un papel crucial en el diseño y análisis de estructuras, ya que influye en su capacidad para soportar cargas y deformaciones sin experimentar fallas.

El módulo de elasticidad se define como la relación entre la tensión aplicada a un material y la deformación resultante dentro del rango elástico del material. Esta relación se expresa matemáticamente como $E = \sigma/\epsilon$, donde E es el módulo de elasticidad, σ es la tensión aplicada y ϵ es la deformación resultante. Cuanto mayor sea el valor del módulo de elasticidad de un material, más rígido será y menos se deformará bajo una carga dada. (Cuadros, 2015)

Plasticidad

Se define como la propiedad de un material que permite deformaciones permanentes sin fractura después de que la tensión aplicada supera el límite elástico. En términos simples, un material plástico puede cambiar de forma y mantener esa nueva forma cuando se retira la carga aplicada. Esto contrasta con el comportamiento elástico, donde el material retorna a su forma original una vez eliminada la carga. (Rojas Vargas, 2018)

Modelos de Plasticidad: Para modelar el comportamiento plástico de los materiales, se utilizan diferentes teorías y criterios. Uno de los más comunes es el criterio de Von Mises, que se basa en la energía de distorsión, y el criterio de Tresca, que se centra en la máxima tensión cortante. Ambos modelos permiten predecir cuándo un material comenzará a fluir plásticamente bajo diversas condiciones de carga.

En la literatura peruana, se han desarrollado y aplicado estos modelos para entender mejor el comportamiento de los materiales utilizados en la construcción, especialmente en contextos sísmicos. Por ejemplo, en "Ingeniería Estructural y Sísmica: Fundamentos y Aplicaciones" de José Rojas Vargas, se exploran estos conceptos

en detalle, proporcionando ejemplos prácticos y estudios de caso específicos del entorno peruano.

La plasticidad es crucial en el diseño de estructuras resistentes a terremotos. En zonas sísmicas como Perú, las estructuras deben ser capaces de absorber y disipar grandes cantidades de energía sin colapsar. Los materiales que exhiben buena plasticidad, como ciertos aceros y concretos reforzados, son preferidos porque pueden deformarse considerablemente antes de fallar, proporcionando una mayor seguridad y resiliencia estructural.

Rojas Vargas destaca que el diseño basado en la capacidad (capacity design) es una metodología que se aprovecha de la plasticidad de los materiales. Este enfoque asegura que ciertas partes de la estructura, denominadas "fusibles", se deformen plásticamente y disipen energía durante un sismo, protegiendo así las partes críticas de la estructura. Este concepto es ampliamente utilizado en la normativa peruana de construcción sismo-resistente, como se refleja en las Normas Técnicas de Edificación E-030, que incorporan principios de diseño basados en la plasticidad para garantizar la seguridad estructural en eventos sísmicos. (Rojas, 2018).

Comportamiento no lineal: se refiere a la respuesta de los materiales y estructuras que no siguen una relación directa de proporcionalidad entre las fuerzas aplicadas y las deformaciones resultantes. En otras palabras, cuando las cargas aplicadas a una estructura superan ciertos límites, las deformaciones no aumentan linealmente con las cargas, lo que implica que las estructuras experimentan cambios significativos en su rigidez y resistencia.

Uno de los textos más destacados sobre este tema es "Análisis Estructural No Lineal para el Diseño Sismo-Resistente" de Mario Sánchez y Ana Rodríguez. Este libro proporciona una base sólida para entender los principios fundamentales del comportamiento no lineal, incluyendo aspectos como la plasticidad, el pandeo, y la degradación de rigidez. Los autores destacan que,

en el contexto peruano, es esencial considerar estos efectos no lineales para el diseño de estructuras que puedan resistir los movimientos sísmicos (Fernández, y Pérez, 2021).

Modelos y Métodos de Análisis: El análisis no lineal puede realizarse mediante varios métodos, siendo los más comunes el análisis estático no lineal (pushover) y el análisis dinámico no lineal. En el análisis estático no lineal, se aplica un incremento de cargas horizontales a la estructura hasta alcanzar una condición límite, observando cómo se desarrollan las deformaciones plásticas y cómo se distribuyen las fuerzas internas. Este método es útil para evaluar la capacidad última y la ductilidad de las estructuras.

El análisis dinámico no lineal, por otro lado, simula la respuesta de una estructura bajo cargas sísmicas reales, utilizando registros históricos de terremotos. Este método es más complejo y computacionalmente intensivo, pero proporciona una imagen más precisa del comportamiento estructural bajo eventos sísmicos. (Fernández y Pérez, 2021)

Teoría de Fluencia: Es el fenómeno por el cual un material sufre deformaciones plásticas continuas y progresivas cuando se le somete a una carga constante por un período prolongado. Esta deformación es dependiente del tiempo, y ocurre a temperaturas relativamente altas, aunque puede también observarse en condiciones ambientales para ciertos materiales. En el contexto de la ingeniería estructural, la fluencia es particularmente importante en materiales como el acero y el concreto, que son comúnmente utilizados en la construcción.

Según los estudios realizados por ingenieros peruanos, se ha identificado que la fluencia en el concreto, por ejemplo, puede llevar a deformaciones significativas que deben ser consideradas en el diseño estructural. Las investigaciones realizadas en la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) de Lima han demostrado que la fluencia del concreto puede ser modelada utilizando leyes constitutivas específicas que toman en cuenta factores como la

humedad, la temperatura y la edad del concreto al momento de la aplicación de la carga (Martínez, 2010)

Teoría de Endurecimiento: se refiere a la capacidad de un material de aumentar su resistencia y dureza como resultado de la deformación plástica. Este fenómeno es crucial en el diseño de componentes metálicos, ya que permite que los materiales mejoren su rendimiento bajo cargas repetitivas. En la teoría del endurecimiento, se distingue entre el endurecimiento por deformación y el endurecimiento por envejecimiento.

El endurecimiento por deformación se produce cuando un material se deforma plásticamente y experimenta un aumento en su densidad de dislocaciones, lo que dificulta el movimiento de las mismas y, por ende, aumenta la resistencia del material. Esta teoría ha sido ampliamente estudiada en el Instituto de Materiales de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), donde se han realizado experimentos para caracterizar el comportamiento del acero estructural bajo cargas cíclicas, demostrando que el endurecimiento por deformación puede mejorar significativamente la vida útil de los componentes (González, 2015).

El endurecimiento por envejecimiento, en cambio, ocurre cuando un material, después de haber sido deformado plásticamente, es sometido a un tratamiento térmico que facilita la precipitación de partículas en la matriz del material. Este tratamiento resulta en un aumento de la resistencia y la dureza del material. Investigaciones en la Universidad de Piura han explorado el uso de técnicas de endurecimiento por envejecimiento en aleaciones de aluminio, mostrando que este proceso puede mejorar considerablemente las propiedades mecánicas de las aleaciones utilizadas en la industria aeroespacial, (Ramírez, 2018).

2.2.1.2 ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Métodos de Análisis

Análisis estático

Es una herramienta esencial en el campo de la ingeniería estructural que permite evaluar cómo las estructuras reaccionan bajo cargas aplicadas de manera constante en el tiempo. Este tipo de análisis es crucial para garantizar la seguridad y estabilidad de edificaciones y otras estructuras, asegurando que puedan soportar las cargas sin sufrir fallos estructurales, (Vargas, 2017).

Conceptos Fundamentales del Análisis Estático

El análisis estático implica el estudio de la distribución de esfuerzos y deformaciones en una estructura cuando se encuentra sometida a cargas estáticas, es decir, cargas que no cambian con el tiempo. Estas cargas pueden incluir el peso propio de la estructura, cargas vivas (como personas y muebles en un edificio), cargas de viento y nieve, entre otras. El objetivo principal es determinar si la estructura puede soportar estas cargas sin experimentar fallos, deformaciones excesivas o inestabilidades, (Vargas, 2017).

Procedimientos y Métodos Utilizados

En el análisis estático, se emplean diversos métodos y procedimientos para evaluar la respuesta de las estructuras. Entre los métodos más comunes se encuentran:

Método de los Elementos Finitos (MEF): Este método es ampliamente utilizado en el análisis estructural debido a su precisión y versatilidad. Consiste en dividir la estructura en pequeños elementos finitos, facilitando la resolución de ecuaciones complejas que describen el comportamiento de cada elemento bajo carga. En Perú, la aplicación del MEF ha sido intensamente investigada y utilizada en proyectos de ingeniería civil. Por ejemplo, en la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), se ha desarrollado software específico para el análisis estructural utilizando MEF, permitiendo optimizar el diseño de estructuras complejas, (Vargas, 2017).

Método de las Fuerzas y Desplazamientos: Estos métodos se utilizan para resolver estructuras hiperestáticas (estructuras con más de una redundancia estática). El método de las fuerzas implica resolver las ecuaciones de equilibrio estático, mientras que el método de los desplazamientos se enfoca en resolver las ecuaciones de compatibilidad de desplazamientos. En la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), se ha investigado la aplicación de estos métodos en la evaluación de puentes y edificaciones históricas, asegurando su conservación y estabilidad, (Carrillo, 2015).

Análisis Matricial de Estructuras: Este enfoque se basa en la utilización de matrices para representar las propiedades de la estructura y las cargas aplicadas. Permite resolver sistemas complejos de ecuaciones de manera eficiente. En la Universidad de Piura, se ha trabajado en la optimización de algoritmos de análisis matricial, mejorando la precisión y rapidez en la evaluación de grandes estructuras, (Medina, 2019).

El análisis dinámico

Es una técnica esencial en la ingeniería estructural para evaluar cómo las estructuras responden a cargas que varían con el tiempo, como fuerzas sísmicas, vientos, y cargas móviles. Esta metodología es fundamental para garantizar la seguridad y la integridad de las estructuras en regiones propensas a desastres naturales. (Martínez, 2018)

Conceptos Fundamentales del Análisis Dinámico

El análisis dinámico se diferencia del análisis estático en que considera las fuerzas inerciales y las variaciones temporales de las cargas. Este tipo de análisis se aplica para entender el comportamiento de estructuras cuando son sometidas a cargas que no son constantes y que pueden incluir movimientos sísmicos, vibraciones causadas por maquinaria, y otras fuerzas dinámicas. (Martínez, 2018).

Tipos de Análisis Dinámico

Existen varios métodos de análisis dinámico que se utilizan dependiendo de la complejidad de la estructura y la naturaleza de las cargas aplicadas:

Análisis Modal: Este método implica la determinación de los modos de vibración de una estructura. Cada modo de vibración corresponde a una frecuencia natural y a una forma específica en la que la estructura tiende a vibrar. El análisis modal es fundamental para comprender cómo una estructura puede resonar en respuesta a fuerzas dinámicas. En la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), se han realizado estudios detallados sobre la aplicación del análisis modal en puentes y edificios históricos, con el objetivo de identificar posibles vulnerabilidades ante eventos sísmicos (Martínez, 2018).

Análisis Espectral: Este método utiliza el espectro de respuesta, que es una representación gráfica de las máximas respuestas de una estructura a un rango de frecuencias sísmicas. Este análisis es crucial para diseñar estructuras que puedan soportar las fuerzas inducidas por terremotos. La Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) ha implementado este método en la evaluación y diseño de edificaciones en Lima, una ciudad que se encuentra en una zona altamente sísmica (González, 2020).

Análisis de Respuesta en el Tiempo: Este método implica la simulación directa de la respuesta de una estructura a cargas dinámicas en función del tiempo. Es especialmente útil para evaluar el comportamiento de estructuras bajo cargas sísmicas reales. En la Universidad de Piura, se ha utilizado este enfoque para estudiar el comportamiento de estructuras de gran altura y su resistencia a sismos severos (Ramírez, 2019).

Análisis en el dominio del tiempo y frecuencia: Es fundamental en diversas áreas de la ingeniería, especialmente en el análisis de señales y sistemas dinámicos. Estas técnicas permiten a los ingenieros y científicos entender y predecir el comportamiento de sistemas complejos bajo diferentes

condiciones operativas y ambientales. En el contexto peruano, estas metodologías se han aplicado extensamente en el campo de la ingeniería civil y la geofísica para abordar desafíos específicos como la actividad sísmica y la integridad estructural. (Vargas, 2018)

Análisis en el Dominio del Tiempo

Implica el estudio de cómo una señal o sistema responde a lo largo del tiempo. Esta técnica es esencial para entender el comportamiento dinámico de estructuras y sistemas bajo condiciones cambiantes. (Vargas, 2018).

Análisis en el Dominio de la Frecuencia

El análisis en el dominio de la frecuencia, por otro lado, se centra en cómo una señal o sistema responde a diferentes frecuencias de excitación. Esta técnica es crucial para identificar las frecuencias naturales de un sistema y entender su comportamiento vibratorio. (Vargas, 2018).

Aplicaciones en Geofísica

En el campo de la geofísica, el análisis en el dominio de la frecuencia se utiliza para estudiar las propiedades de las ondas sísmicas y la respuesta del suelo. En la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), se han llevado a cabo investigaciones sobre la resonancia del suelo y su impacto en la amplificación de ondas sísmicas. Estos estudios han permitido identificar las zonas de mayor riesgo sísmico en Lima y otras ciudades, proporcionando información vital para el diseño sismorresistente (González J. , 2019).

Comparación y Complementariedad

Ambos enfoques, en el dominio del tiempo y de la frecuencia, son complementarios y, a menudo, se utilizan conjuntamente para proporcionar una visión más completa del comportamiento de sistemas dinámicos. Mientras que el análisis en el dominio del tiempo es ideal para estudiar la respuesta inmediata y transitoria de una estructura, el análisis en el dominio de la frecuencia es excelente para identificar problemas de resonancia y comportamiento a largo plazo. (Ramírez, 2020).

Análisis Combinado en Ingeniería Estructural

En la Universidad de Piura, se ha implementado un enfoque combinado para el análisis de puentes. Utilizando registros temporales de movimientos sísmicos y transformaciones de Fourier, los ingenieros pueden evaluar tanto la respuesta inmediata como las características de resonancia de los puentes. Este enfoque ha sido fundamental para diseñar puentes que no solo resistan los sismos, sino que también minimicen las vibraciones perjudiciales (Ramírez, 2020).

2.2.2 INGENIERÍA SÍSMICA

2.2.1.3 SISMICIDAD Y PELIGRO SÍSMICO

Zonificación Sísmica

Zonificación Sísmica en el Perú

La zonificación sísmica es una herramienta crucial en el diseño y la planificación urbana, especialmente en países como Perú, donde la actividad sísmica es una amenaza constante debido a su ubicación geográfica en el Cinturón de Fuego del Pacífico. La zonificación sísmica consiste en la división de un territorio en zonas con diferentes niveles de peligro sísmico, basado en estudios geológicos, geofísicos y sismológicos. Este proceso es fundamental para establecer normas de construcción que minimicen los riesgos y daños causados por los terremotos. (García, 2017)

Importancia de la Zonificación Sísmica en Perú

Perú es uno de los países con mayor actividad sísmica en el mundo. Esta alta actividad se debe a la convergencia de las placas tectónicas de Nazca y Sudamericana, lo que provoca frecuentes terremotos de gran magnitud. La zonificación sísmica en Perú tiene como objetivo principal la mitigación de los efectos destructivos de estos eventos naturales, protegiendo tanto a la población como a la infraestructura del país.

La zonificación sísmica en Perú se ha desarrollado a través de la recopilación y análisis de datos históricos de sismos, estudios

de suelos y modelos geofísicos. Estos estudios permiten identificar las áreas más susceptibles a sufrir daños severos en caso de un terremoto. Con esta información, se pueden establecer normativas de construcción más estrictas en las zonas de mayor riesgo, promoviendo edificaciones que puedan resistir movimientos sísmicos. (García, 2017)

Metodología de Zonificación Sísmica

Para llevar a cabo la zonificación sísmica, se consideran varios factores:

Análisis Histórico de Terremotos: Se estudian los registros históricos de terremotos para identificar patrones y recurrencias en la actividad sísmica. En Perú, este análisis ha revelado zonas con alta recurrencia de terremotos significativos, como la región costera. (García, 2017).

Geología y Geomorfología: La composición y estructura del suelo juegan un papel crucial en la amplificación de las ondas sísmicas. Áreas con suelos blandos, como arcillas y limos, pueden experimentar una amplificación mayor de las ondas sísmicas comparadas con áreas de roca firme.

Modelación Geofísica: Se utilizan técnicas de modelación para simular el comportamiento del suelo y las estructuras durante un sismo. Estas simulaciones ayudan a prever los posibles efectos de futuros terremotos y a delinear las zonas más vulnerables.

Microzonificación: En áreas urbanas densamente pobladas, se realiza una microzonificación sísmica, que implica un análisis detallado a nivel de manzana o incluso de edificio. Este enfoque permite diseñar edificaciones con características específicas que respondan adecuadamente a las condiciones locales de suelo y peligro sísmico. (García, 2017)

Aplicaciones de la Zonificación Sísmica

La zonificación sísmica en Perú ha sido aplicada en diversas áreas, entre ellas:

Planificación Urbana: Las municipalidades utilizan los mapas de zonificación sísmica para orientar el desarrollo urbano,

evitando la construcción en áreas de alto riesgo y promoviendo el uso de terrenos más seguros.

Normativas de Construcción: Basado en la zonificación, se desarrollan y actualizan normas de construcción sismorresistente. Estas normativas establecen los requisitos técnicos para el diseño y construcción de edificaciones capaces de soportar movimientos sísmicos, reduciendo así el riesgo de colapsos y daños graves.

Gestión de Desastres: La información proporcionada por la zonificación sísmica es esencial para la elaboración de planes de respuesta y mitigación de desastres. Permite a las autoridades y organismos de emergencia identificar áreas que necesitan una atención prioritaria en caso de un terremoto. (García, 2017).

Movimiento del Terreno

Espectro de respuesta: Es una representación gráfica que muestra cómo responde un sistema oscilante simple (como una estructura) a diferentes frecuencias de excitación sísmica. Se obtiene a partir de un acelerograma y se utiliza para determinar las máximas respuestas de desplazamiento, velocidad y aceleración de una estructura en función de su periodo natural de vibración. En términos prácticos, el espectro de respuesta permite a los ingenieros evaluar cómo se comportará una estructura específica bajo diferentes condiciones sísmicas.

En Perú, los espectros de respuesta se calculan utilizando datos obtenidos de acelerogramas registrados durante terremotos pasados. La norma técnica peruana de diseño sismorresistente, E.030, proporciona guías detalladas sobre cómo deben construirse y utilizarse estos espectros para el diseño estructural. Esta norma se basa en estudios extensivos de sismicidad regional y en modelos geofísicos específicos de las diferentes zonas sísmicas del país.

Acelerograma: Es un registro del movimiento del suelo durante un terremoto, capturado por acelerógrafos, dispositivos que miden la aceleración del suelo en función del tiempo. Estos registros son fundamentales para la ingeniería sísmica, ya que

proporcionan datos precisos sobre la intensidad y duración de un terremoto, información que es crucial para el diseño de estructuras sismorresistentes.

En Perú, los acelerogramas son recopilados y analizados por diversas instituciones, como el Instituto Geofísico del Perú (IGP). Estos registros permiten entender las características del movimiento sísmico en diferentes regiones del país, lo cual es vital para el desarrollo de espectros de respuesta precisos y para la evaluación de la seguridad estructural.

Importancia en el Diseño Estructural

La combinación de espectros de respuesta y acelerogramas permite a los ingenieros diseñar estructuras que puedan soportar los efectos de los terremotos. En el proceso de diseño, se utilizan acelerogramas representativos de la sismicidad esperada en una región específica para generar espectros de respuesta. Estos espectros son luego utilizados para determinar las fuerzas sísmicas que actuarán sobre la estructura, permitiendo diseñar componentes estructurales que puedan resistir esas fuerzas.

El diseño basado en espectros de respuesta garantiza que las estructuras tengan una respuesta adecuada frente a las excitaciones sísmicas. Por ejemplo, se pueden diseñar edificaciones que eviten resonancias perjudiciales, ajustando sus características dinámicas para minimizar las amplificaciones de movimiento. Además, el uso de acelerogramas permite realizar simulaciones y análisis dinámicos detallados, proporcionando una visión más realista del comportamiento estructural durante un terremoto.

2.2.1.4 RESPUESTA SÍSMICA DE EDIFICIOS

Modos de Vibración

Análisis modal

Es una técnica de ingeniería estructural que se utiliza para evaluar las propiedades dinámicas de las edificaciones y otras infraestructuras. En el contexto sísmico peruano, donde la actividad sísmica es frecuente debido a la ubicación geográfica del país en

el Cinturón de Fuego del Pacífico, esta técnica es crucial para el diseño de estructuras seguras y resistentes. El análisis modal permite a los ingenieros comprender cómo responderá una estructura bajo condiciones dinámicas, especialmente durante un terremoto. (Gómez, 2017).

Conceptos Básicos del Análisis Modal

Se basa en el principio de que cualquier estructura puede describirse como un sistema compuesto por masas, rigideces y amortiguamientos distribuidos. Al resolver las ecuaciones de movimiento de este sistema, se pueden determinar las frecuencias naturales y los modos de vibración. Las frecuencias naturales son las tasas a las cuales una estructura tiende a vibrar cuando es perturbada, mientras que los modos de vibración son los patrones específicos de deformación que la estructura adopta en estas frecuencias.

El análisis modal permite identificar estos modos y frecuencias, lo cual es esencial para entender cómo una estructura responderá a excitaciones dinámicas, como las inducidas por un sismo. Esta información es utilizada para diseñar estructuras que puedan resistir movimientos sísmicos, evitando resonancias destructivas y garantizando la integridad estructural. (Gómez, 2017).

Proceso del Análisis Modal

El proceso del análisis modal generalmente sigue estos pasos:

Modelado de la Estructura: Se crea un modelo matemático de la estructura que incluye sus propiedades de masa, rigidez y amortiguamiento. Este modelo puede ser en dos dimensiones (2D) o tres dimensiones (3D), dependiendo de la complejidad de la estructura.

Cálculo de Frecuencias Naturales y Modos de Vibración: Se resuelven las ecuaciones de movimiento de la estructura para encontrar los valores propios y vectores propios del sistema. Estos corresponden a las frecuencias naturales y las formas modales, respectivamente.

Identificación de Modos Significativos: No todos los modos de vibración son relevantes para el análisis. Se identifican aquellos modos que tienen una mayor influencia en la respuesta dinámica de la estructura.

Análisis y Evaluación de Resultados: Los resultados obtenidos se interpretan para entender el comportamiento dinámico de la estructura. Esta información se utiliza para optimizar el diseño, asegurando que la estructura tenga un buen desempeño bajo cargas sísmicas. (Gómez, 2017)

Modos de vibración naturales.

Son un concepto fundamental en la ingeniería estructural, particularmente en el diseño y análisis de edificaciones y puentes en regiones sísmicas. Estos modos representan las diferentes formas en que una estructura puede deformarse y vibrar cuando es excitada por fuerzas externas, como las producidas por un terremoto. Entender los modos de vibración naturales es crucial para diseñar estructuras que puedan resistir y minimizar los daños durante eventos sísmicos.

Fundamentos de los Modos de Vibración Naturales

Un modo de vibración natural es una forma específica de movimiento oscilatorio que una estructura adopta cuando vibra a una frecuencia particular, conocida como frecuencia natural. Cada estructura tiene múltiples modos de vibración, cada uno asociado con una frecuencia natural distinta. Estos modos y frecuencias dependen de las propiedades físicas de la estructura, como su masa, rigidez y geometría.

Cuando una estructura es perturbada, como por un terremoto, comienza a vibrar en varios de sus modos naturales. La respuesta total de la estructura puede entenderse como una combinación de estas vibraciones modales. Los modos de vibración naturales son importantes porque cada modo puede amplificar la respuesta de la estructura en distintas partes, y algunas de estas amplificaciones pueden ser destructivas si no se diseñan adecuadamente.

Aplicación de los Modos de Vibración en la Ingeniería

El análisis de los modos de vibración naturales se realiza mediante un proceso llamado análisis modal. Este análisis implica la modelización matemática de la estructura y la resolución de sus ecuaciones de movimiento para identificar las frecuencias naturales y las formas modales. Estas formas modales muestran los patrones de desplazamiento de la estructura en cada modo de vibración.

Damping y Amortiguamiento

Tipos de amortiguamiento

El amortiguamiento es un fenómeno crucial en la dinámica estructural, especialmente en la ingeniería sísmica. En términos generales, el amortiguamiento es el mecanismo que disipa la energía de vibración en una estructura, reduciendo su respuesta ante excitaciones dinámicas como los terremotos. Existen varios tipos de amortiguamiento, pero dos de los más comunes y estudiados en ingeniería estructural son el amortiguamiento viscoso y el amortiguamiento histerético. A continuación, se describen estos tipos de amortiguamiento, sus características, aplicaciones y su importancia en el contexto de la ingeniería estructural peruana. (Rojas, 2018).

Amortiguamiento Viscoso

El amortiguamiento viscoso es uno de los modelos más utilizados para representar la disipación de energía en sistemas estructurales. Este tipo de amortiguamiento se caracteriza porque la fuerza de amortiguamiento es proporcional a la velocidad de deformación. Matemáticamente, la fuerza de amortiguamiento F_d se puede expresar como: $F_d = c \cdot \dot{x}$ donde c es el coeficiente de amortiguamiento viscoso y \dot{x} es la velocidad de la deformación.

El amortiguamiento viscoso se utiliza ampliamente en el análisis y diseño estructural debido a su simplicidad y a la facilidad con la que se puede incorporar en modelos matemáticos y simulaciones. En el contexto de la ingeniería estructural, el

amortiguamiento viscoso se puede encontrar en diversos dispositivos como amortiguadores viscosos y en la interacción fluido-estructura en sistemas donde hay líquidos involucrados. (Rojas, 2018)

Amortiguamiento Histerético

El amortiguamiento histerético, por otro lado, está relacionado con la disipación de energía debido a la deformación inelástica de los materiales. Este tipo de amortiguamiento se produce cuando una estructura experimenta deformaciones plásticas, y la energía se disipa a través de ciclos de carga y descarga que generan bucles de histéresis en la curva esfuerzo-deformación.

El comportamiento histerético es típico en materiales como el acero y el concreto, que exhiben deformaciones plásticas bajo cargas cíclicas. La cantidad de energía disipada depende de la amplitud de la deformación y de las propiedades del material. En la ecuación matemática, el amortiguamiento histerético no tiene una forma tan simple como el viscoso, ya que implica la consideración de la historia de carga y la relación no lineal entre esfuerzo y deformación. (Rojas, 2018).

2.2.3 DISEÑO SISMORRESISTENTE

2.2.1.5 ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Pórticos: Son estructuras compuestas por vigas y columnas que forman un marco capaz de soportar cargas verticales y horizontales. Estos marcos son esenciales para proporcionar estabilidad lateral y resistencia a las cargas sísmicas y de viento. Los pórticos se clasifican en dos tipos principales: pórticos rígidos y pórticos arriostrados.

Pórticos Rígidos: En estos pórticos, las conexiones entre vigas y columnas son rígidas, lo que significa que pueden transferir momentos flectores y resistir desplazamientos laterales. Los pórticos rígidos son comunes en edificios de acero y concreto armado debido a su capacidad para distribuir cargas y controlar la deformación.

Pórticos Arriostrados: Estos pórticos incluyen elementos diagonales llamados arriostramientos que proporcionan rigidez adicional y mejoran la capacidad de la estructura para resistir cargas laterales. Los arriostramientos pueden ser de acero o de concreto, y se utilizan en edificios de gran altura para mejorar su estabilidad. (Rojas, 2018)

Muros de Corte

Son elementos estructurales verticales diseñados para resistir fuerzas laterales causadas por terremotos y vientos. Estos muros actúan como barreras rígidas que distribuyen las cargas sísmicas a lo largo de su altura, minimizando el desplazamiento lateral de la estructura.

Función y Diseño: Los muros de corte están diseñados para absorber y disipar la energía sísmica, reduciendo el daño a otros componentes estructurales. Su diseño incluye una distribución adecuada de refuerzos horizontales y verticales para aumentar su resistencia y ductilidad.

Materiales: Generalmente, los muros de corte están hechos de concreto armado debido a su alta resistencia y capacidad para soportar grandes cargas. Sin embargo, también pueden construirse con mampostería reforzada o acero. (Rojas, 2018).

Diafragmas: Son elementos estructurales horizontales, como losas y cubiertas, que actúan como distribuidores de cargas horizontales hacia los elementos verticales de la estructura, como pórticos y muros de corte. Estos componentes son cruciales para la integridad estructural, ya que aseguran una distribución uniforme de las fuerzas sísmicas y de viento.

Tipos de Diafragmas: Los diafragmas pueden ser rígidos o flexibles, dependiendo de su capacidad para distribuir las cargas. Los diafragmas rígidos, como las losas de concreto, son muy eficaces en la transferencia de fuerzas, mientras que los diafragmas flexibles, como los sistemas de techos de madera, requieren un diseño cuidadoso para asegurar su eficacia.

Función y Diseño: El diseño de diafragmas incluye la consideración de su espesor, refuerzo y conexión con los elementos verticales. Un diseño adecuado asegura que los diafragmas puedan transferir eficazmente las cargas horizontales a los muros de corte y pórticos, evitando deformaciones excesivas y fallos estructurales. (Rojas, 2018).

Conexiones rígidas: Son aquellas en las que la transferencia de carga entre los elementos estructurales es prácticamente perfecta, sin deformaciones significativas en la conexión. En este tipo de conexión, la resistencia y rigidez son altas, lo que significa que la estructura puede comportarse como un sistema monolítico.

Características: Las conexiones rígidas son capaces de transmitir momentos flectores y cortantes sin deformaciones apreciables en la unión. Estas conexiones se logran mediante soldadura, pernos de alta resistencia o combinaciones de ambos.

Aplicaciones: Las conexiones rígidas se utilizan en estructuras donde se requiere una alta resistencia y rigidez, como puentes, torres de comunicación y edificios de gran altura. Estas conexiones permiten a la estructura resistir cargas dinámicas y estáticas de manera eficiente. (Rodríguez, 2018).

Conexiones Semirrígidas: Son aquellas en las que se permiten ciertas deformaciones en la conexión, lo que resulta en una distribución más uniforme de las cargas entre los elementos estructurales. A diferencia de las conexiones rígidas, las conexiones semirrígidas permiten cierta rotación y desplazamiento relativo entre los elementos.

Características: Las conexiones semirrígidas exhiben una rigidez intermedia entre las conexiones rígidas y las articuladas. Permiten cierta rotación y desplazamiento relativo, lo que puede reducir las concentraciones de esfuerzos y mejorar la capacidad de disipación de energía.

Aplicaciones: Las conexiones semirrígidas son comunes en estructuras de acero y concreto armado, donde se requiere una

cierta flexibilidad para adaptarse a las deformaciones inducidas por cargas dinámicas como los sismos y el viento. Estas conexiones se utilizan en edificios de varios pisos, puentes y estructuras industriales. (Rodríguez, 2018).

Conexiones Articuladas

Son aquellas en las que se permite una rotación significativa entre los elementos estructurales. En este tipo de conexión, los elementos están unidos mediante dispositivos que permiten el movimiento relativo, lo que reduce las restricciones y las concentraciones de esfuerzos.

Características: Las conexiones articuladas son flexibles y permiten una rotación libre en la conexión. Esto significa que los elementos pueden moverse independientemente en respuesta a las cargas, lo que reduce las fuerzas internas y mejora la capacidad de disipación de energía.

Aplicaciones: Las conexiones articuladas se utilizan en estructuras donde se requiere una alta capacidad de disipación de energía y resistencia a cargas dinámicas. Estas conexiones son comunes en edificios prefabricados, estructuras metálicas expuestas a movimientos sísmicos y puentes de gran longitud. (Rodríguez, 2018).

2.3 DEFINICIONES CONCEPTUALES

2.3.1 ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Es un proceso utilizado en ingeniería para evaluar la estabilidad y resistencia de estructuras ante diferentes cargas, (Zavala, 2018).

2.3.2 DISEÑO SISMORRESISTENTE

Es una disciplina crucial en ingeniería estructural que busca mitigar los efectos de los terremotos en las construcciones, (Zavala, 2018).

2.3.3 ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Son las partes fundamentales de una construcción que soportan cargas y proporcionan estabilidad. Incluyen vigas, columnas, losas y muros, diseñados para resistir fuerzas y transmitirlos de manera eficiente, (Gómez, 2020).

2.3.4 MODELO MATEMÁTICO

Es una representación simplificada de un fenómeno o sistema real utilizando ecuaciones y variables matemáticas, (Martínez, 2019).

2.3.5 ELEMENTOS FINITOS

Es una técnica utilizada en ingeniería para analizar y resolver problemas estructurales mediante la subdivisión de una estructura en elementos más pequeños, (Vargas, 2017).

2.3.6 CARGA SÍSMICA

Se refiere a las fuerzas generadas por un terremoto que actúan sobre las estructuras. Estas fuerzas pueden causar daños significativos si no se tienen en cuenta en el diseño y construcción de edificaciones, (Torres, 2018).

2.3.7 CARGA HIDROSTÁTICA

Es la presión ejercida por un fluido en reposo, como el agua, sobre las paredes de un recipiente o estructura sumergida, (Gómez, 2020).

2.3.8 CARGA HIDRODINÁMICA

Se refiere a las fuerzas ejercidas por el movimiento del agua en estructuras sumergidas o expuestas a corrientes, (Sánchez, 2019).

2.3.9 RESPUESTA SÍSMICA

Se refiere al comportamiento dinámico de las estructuras durante un terremoto. Este fenómeno se estudia para comprender cómo las construcciones resisten y se ven afectadas por las fuerzas sísmicas, (Vargas, 2017).

2.3.10 ANÁLISIS LINEAL

Es una técnica de ingeniería estructural que evalúa el comportamiento de una estructura asumiendo que las deformaciones son proporcionales a las cargas aplicadas, (Martínez, 2019).

2.3.11 ANÁLISIS NO LINEAL

A diferencia del análisis lineal, este método permite capturar fenómenos como la plastificación y el pandeo, ofreciendo una evaluación más precisa del rendimiento de las estructuras bajo cargas extremas, (Martínez, 2019).

2.4 HIPÓTESIS

2.4.1 HIPÓTESIS GENERAL

Hi: Al aplicar técnicas de análisis lineal elástico y no lineal en el estudio del comportamiento sísmico de un edificio con piscina en Amarilis, Huánuco, se identificarán áreas críticas de diseño que podrán ser mejoradas para optimizar la seguridad y estabilidad de la estructura ante eventos sísmicos de alta magnitud.

H0: Al aplicar técnicas de análisis lineal elástico y no lineal en el estudio del comportamiento sísmico de un edificio con piscina en Amarilis, Huánuco, se identificarán áreas críticas de diseño que no podrán ser mejoradas para optimizar la seguridad y estabilidad de la estructura ante eventos sísmicos de alta magnitud.

2.5 VARIABLES

2.5.1 VARIABLE DEPENDIENTE

Diseño sismorresistente

2.5.2 VARIABLE INDEPENDIENTE

Modelo matemático.

2.6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 1

Operacionalización de variables

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICIÓN
V. dependiente Diseño sismorresistente	Respuesta sísmica	<ul style="list-style-type: none"> • Deformaciones estructurales • Esfuerzos y tensiones generados • Desplazamientos en elementos críticos. • Amplificación de fuerzas. • Interacción suelo-estructura 	Cuantitativa	Discreta
	Impacto de la piscina	<ul style="list-style-type: none"> • Vulnerabilidad de elementos estructurales. • Áreas críticas de diseño. • Recomendaciones para aumentar la resistencia sísmica 		
	Diseño sismorresistente	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluación de la seguridad estructural ante distintos niveles de sismicidad • Modelos de elementos finitos. 		
V. independiente Modelo Matemático	Tipo de modelo matemático	<ul style="list-style-type: none"> • Modelos de análisis lineal elástico. • Modelos de análisis no lineal. 	Cuantitativa	Discreta

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1 ENFOQUE

Las investigaciones con enfoque cuantitativo, según Stockemer (2019), se concentran en utilizar, organizar y analizar datos, para estudiar hipótesis o variables y encontrar patrones, permitiendo generalizar los resultados a partir de una muestra representativa de la población estudiada.

El enfoque aplicado para esta tesis fue el cuantitativo, por lo que se recopilaron y analizaron datos relacionados con el comportamiento estructural de una edificación de 5 niveles que cuenta con piscina, utilizando distintos dispositivos para conseguir resultados y poder aplicarlos a la población general.

3.1.2 ALCANCE O NIVEL

El alcance descriptivo, según Stockemer (2019), Se enfoca observar y analizar detalladamente al objeto de estudio, como puede ser algún fenómeno o una población, para poder describir sus características, sin establecer relaciones causales.

El alcance o nivel de esta tesis fue descriptivo, debido a que se observaron y describieron detalladamente las características estructurales de la edificación y su respuesta sísmica. Obteniendo así una imagen precisa del desempeño de los elementos estructurales bajo condiciones sísmicas.

3.1.3 DISEÑO

Las investigaciones cuyo diseño es no experimental, según Stockemer (2019), se encargan de observar y analizar al objeto de estudio sin realizar ningún tipo de manipulación o cambio en el mismo. Dentro de este tipo de investigaciones se encuentran los estudios observacionales y correlacionales, donde se examinan relaciones y asociaciones entre variables en su entorno natural sin intervención del investigador.

El diseño aplicado en esta tesis fue el no experimental, esto debido a que se observaron y analizaron las variables estructurales del edificio sin manipularlas.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1 POBLACIÓN

La población, según Walliman (2021), se refiere al conjunto completo de individuos, objetos o eventos que comparten una característica común, y que son el objeto de estudio. La población abarca a todos los posibles sujetos de interés que cumplen con ciertos criterios definidos para el estudio.

La población elegida para esta tesis consistió en el diseño estructural de una edificación ubicada en Huánuco, Amarilis, y que cuenta con 5 niveles y una piscina.

3.2.2 MUESTRA

Una muestra, según Walliman (2021), es un subgrupo característico de toda la población. Este subgrupo es seleccionado utilizando técnicas de muestreo adecuadas para asegurar que los resultados obtenidos sean generalizables a toda la población.

La muestra seleccionada específicamente para el presente estudio consistió en el diseño estructural de una edificación ubicada en Huánuco, Amarilis, y que cuenta con 5 niveles y una piscina.

3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

3.3.1 PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Debido a la característica no experimental de este trabajo se utilizó como principal técnica para la recolección de datos a la observación. La técnica de observación según Walliman (2021), permite obtener información importante y arbitraria mediante la recolección y análisis de datos, que son obtenidos directamente de la observación del comportamiento del objeto de estudio en su entorno natural. Para esta tesis la observación permitió conocer datos sobre las medidas y características del terreno y también permitió reconocer las medidas y realizar análisis a la estructura estudiada.

Para la recolección de datos también se dio uso de dispositivos electrónicos en donde se utilizaron programas de software que

permitieron realizar el modelado y todos los análisis correspondientes a la edificación siguiendo la normativa peruana; también se dio uso de distintas herramientas que permitieron obtener y organizar mejor la información, como las fichas de recolección de datos y las herramientas mecánicas que se utilizaron para realizar estudios físicos.

3.3.2 PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

La presentación de los datos se realizó en dos instancias, la primera de manera física, donde se analizó el terreno en el que se encuentra la edificación, realizando un estudio topográfico de la zona y un estudio de suelos, la información que se obtuvo del estudio topográfico permitió crear un plano de ubicación en el programa AutoCAD, mientras que la información obtenida durante el estudio de suelos se recopiló y organizó para utilizarla durante el análisis estructural. La segunda instancia consistió en el dimensionamiento de los elementos estructurales de la edificación que se realizó en el programa Excel, por último, con toda la información obtenida se realizó el modelado de la estructura en el programa ETABS donde se realizó el análisis sísmico para comprobar la capacidad de carga de los elementos estructurales, todo esto siguiendo lo establecido en las normas E030 Y E060.

3.3.3 PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

El análisis de datos se llevó a cabo mediante el modelado en ETABS, donde se evaluó la resistencia sísmica, según lo establecido en la normativa peruana, de los elementos estructurales dimensionados previamente. Los resultados del análisis indicaron el comportamiento las estructuras bajo condiciones sísmicas, permitiendo así identificar puntos críticos y áreas de mejora. El diseño final de los elementos estructurales se optimizó dentro del mismo programa, asegurando que todas las partes del edificio cumplan con los requisitos de seguridad y normativa vigentes.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 PROCESAMIENTO DE DATOS

4.1.1 GENERALIDADES DE LA EDIFICACIÓN

Para la elaboración del análisis se tomó en cuenta una edificación compuesta por 5 niveles ubicado en el distrito de Amarilis, y en un nivel superior se planteó la colocación de una piscina la cual fue analizada para su comportamiento adecuado frente a cargas sísmicas.

Tabla 2

Generalidades de la edificación

GENERALIDADES DE LA EDIFICACIÓN		
UBICACIÓN		
DEPARTAMENTO	=	HUÁNUCO
PROVINCIA	=	HUÁNUCO
DISTRITO	=	AMARILIS
AVENIDA	=	AV. ESTEBAN PAVLETICH
CARACTERÍSTICAS ARQUITECTÓNICAS		
LARGO DEL TERRENO	=	14.90 m
ANCHO DEL TERRENO	=	5.65 m
PERÍMETRO DEL TERRENO	=	41.10 m
ÁREA DEL TERRENO	=	84.19 m ²
CANTIDAD DE NIVELES	=	5
DISTANCIA DE ENTREPISO	=	2.80 m
ALTURA DE LA EDIFICACIÓN	=	14.00 m

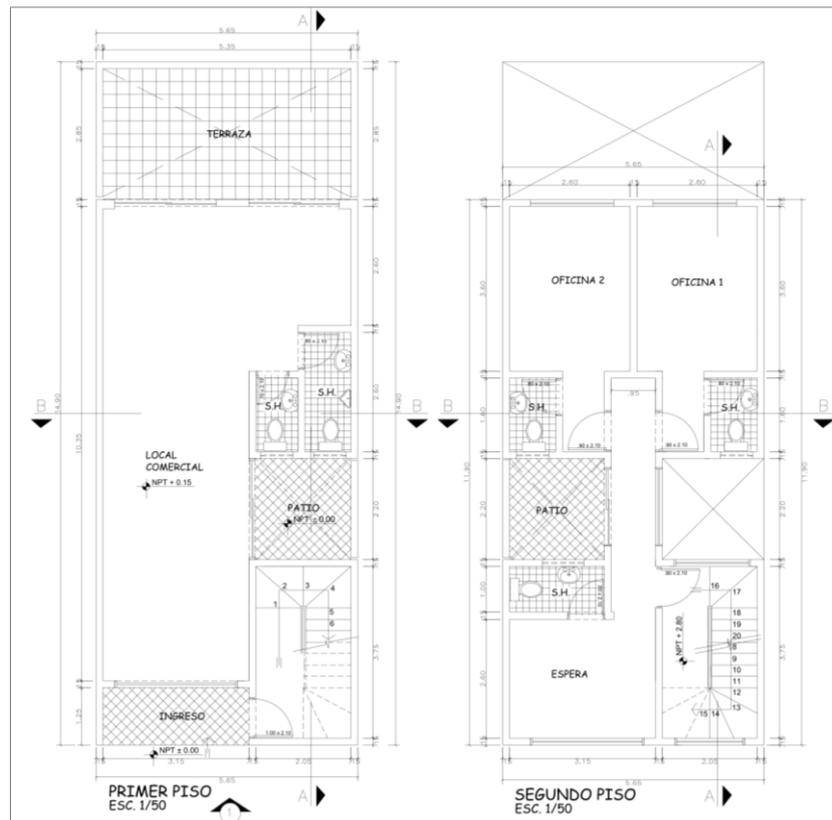
PARÁMETROS DE DISEÑO

CATEGORÍA DE EDIFICACIÓN	=	COMÚN
ZONA SÍSMICA	=	2 - HUÁNUCO
TIPO DE SUELO	=	S2 - INTERMEDIO
PERIODO FUNDAMENTAL	=	1
U	=	1
Z	=	0.25
TP	=	0.6
S	=	1.15
CT	=	35
T	=	0.4
C	=	2.5
ZUCS	=	0.72

Nota. La edificación se encuentra en el distrito de Amarilis en la Av. Esteban Pavletich, el terreno donde se planteó la edificación cuenta con un largo de 14.90 m, un ancho de 5.65 m, el área total de la edificación es de 84.19 m², la edificación se compone de 05 niveles, cada nivel cuenta con una altura de entrepiso de 2.80, determinando así que la edificación cuenta con una altura total de 14.00 m. Según la ubicación de la edificación y el uso que se le va a dar la edificación se categoriza como Común, correspondiente a una Zona Sísmica 2, de la identificación del suelo del terreno se pudo determinar que es un suelo intermedio (S2), la edificación presenta un periodo fundamental de 1 y así como se muestra en la tabla anterior se identifican los parámetros sísmicos del diseño en la edificación.

Figura 1

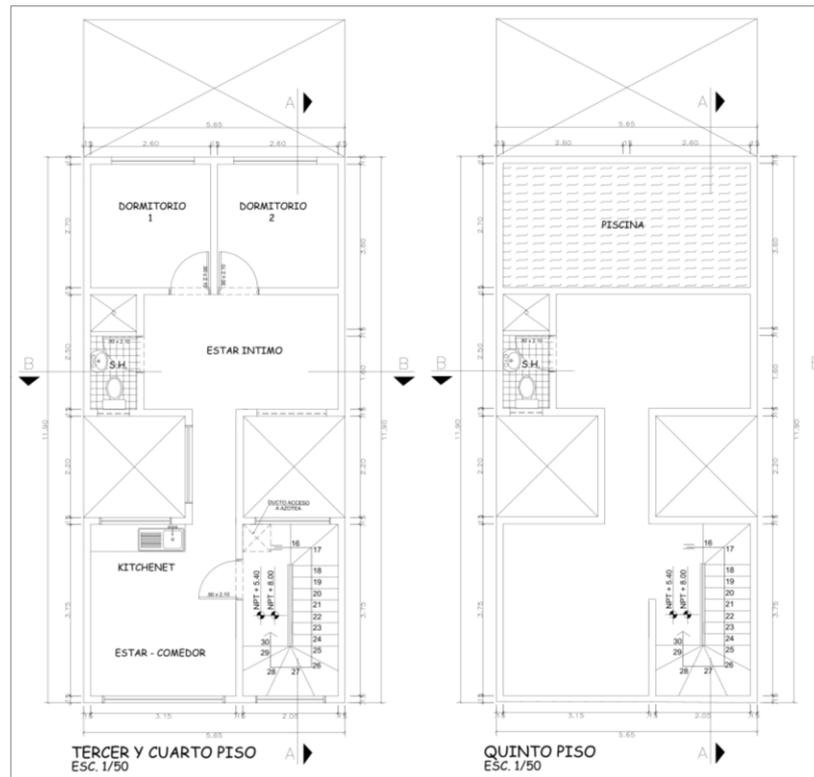
Planteamiento de distribución de edificación 1



Nota. En el planteamiento arquitectónico para la edificación se tomó en cuenta que el primer nivel de la edificación se compondrá de un local comercial y una terraza, el segundo nivel de la edificación se compone de 02 oficinas y una sala de espera.

Figura 2

Planteamiento de distribución de edificación 2

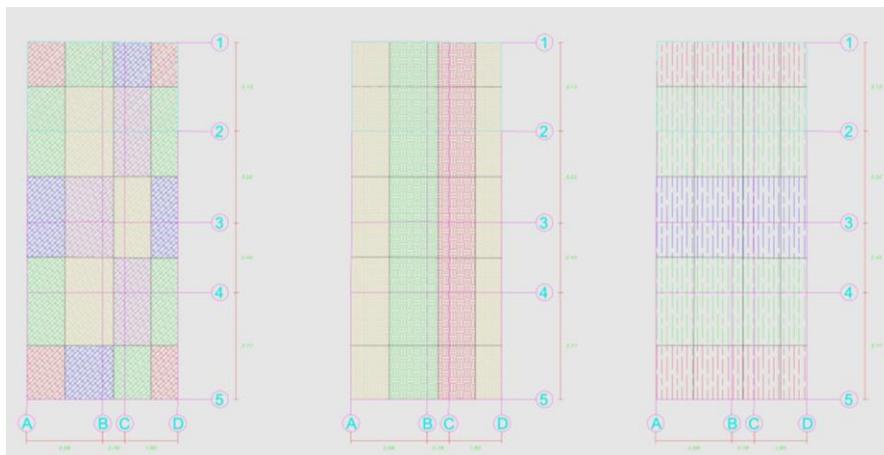


Nota. La edificación a partir del tercer nivel se compone de un departamento que cuenta con 02 dormitorios y los servicios básicos de la misma, en el último nivel de la edificación se colocó un SSH y una piscina en la parte posterior de una altura de 1.40 m. Partiendo de las distribuciones arquitectónicas se establecieron las distribuciones de carga para el Predimensionamiento inicial de la edificación.

4.1.2 PREDIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURAL

Figura 3

Áreas tributarias de cargas



Nota. Para el predimensionamiento de los elementos estructurales que preliminarmente se calcularon para la edificación se tomaron en cuenta las áreas tributarias de las columnas, vigas principales y secundarias teniendo en cuenta que entre los ejes 1 y 2 se planteó la piscina sienta en esta zona preliminarmente la que requiera de más elementos estructurales para soportar las cargas acuáticas en la zona.

Tabla 3

Elementos predimensionados

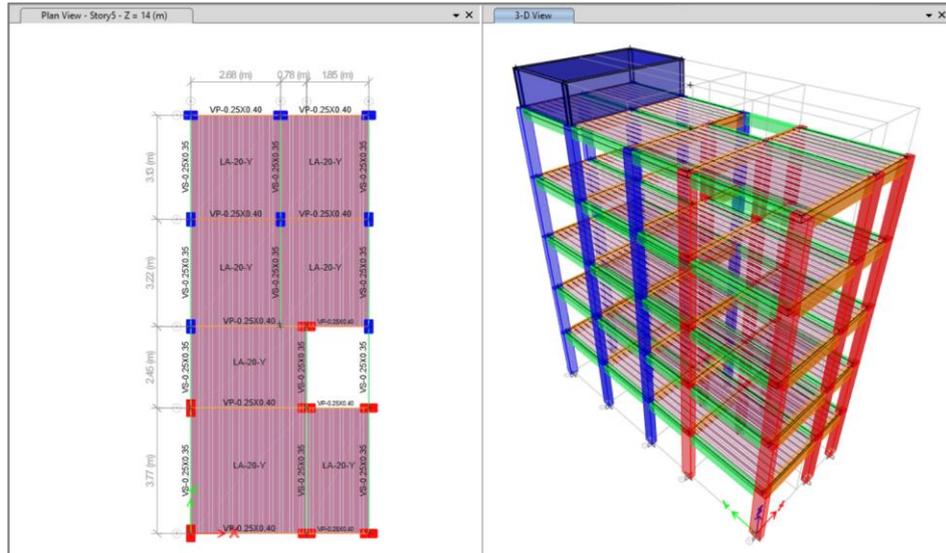
ELEMENTOS PREDIMENSIONADOS		
COLUMNAS		
C-1	=	0.40 X 0.25
C-2	=	0.25 X 0.50
C-3	=	0.25 X 0.25
VIGAS		
V-1	=	0.15 X 0.20
V-2	=	0.25 X 0.40
V-3	=	0.25 X 0.45
LOSAS		
LOSA ALIGERADA	=	e= 20 cm
LOSA MACIZA	=	e= 20 cm

Nota. Del análisis de las áreas tributarias y las cargas asignadas para cada zona se pudo determinar que para las columnas se predimensionaron 3 tipos con secciones de

0.40x0.25, 0.25x0.50 y 0.25x0.25 m, las vigas determinadas para la estructura fueron de 0.15x0.20, 0.25x0.40 y 0.25x0.45 m y en la composición de las losas se consideraron losas aligeradas en una dirección con un espesor de 0.20 m y una losa maciza de espesor 0.20 m.

Figura 4

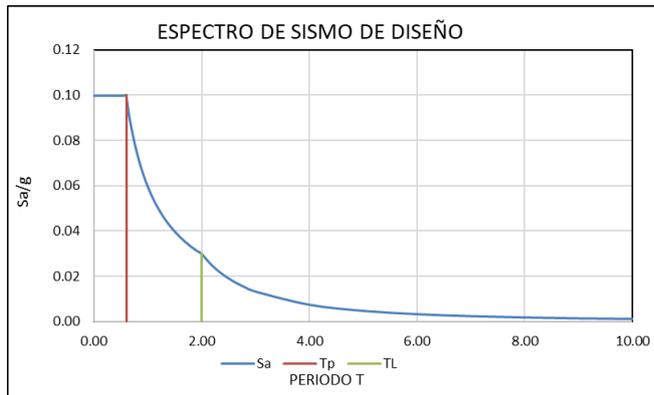
Modelo estructural ETABS – predimensionado



Nota. El modelo inicial ejecutado en el software ETABS se elaboró a partir de las secciones predimensionadas en la tabla anterior, en dicho modelo también se consideró una piscina de altura de 1.40 m en el último nivel a fin de lograr analizar los comportamientos sísmicos de la edificación, en la zona de la piscina preliminarmente solo se consideró una losa aligerada a fin de determinar su comportamiento estructural.

Figura 5

Espectro sísmico ingresado



Nota. Para el análisis de la edificación se determinó el espectro sísmico aplicable a la edificación teniendo en cuenta la zona 2 de ubicación, el tipo de suelo tipo S2, la categoría de la edificación “Común”, el tipo de sistema estructural elegido para la edificación fue inicialmente concreto armado tipo pórtico, se identificó una irregularidad en planta de tipo esquinas entrantes, con lo cual se identificaron los valores de espectro sísmico ingresados en la edificación.

Figura 6

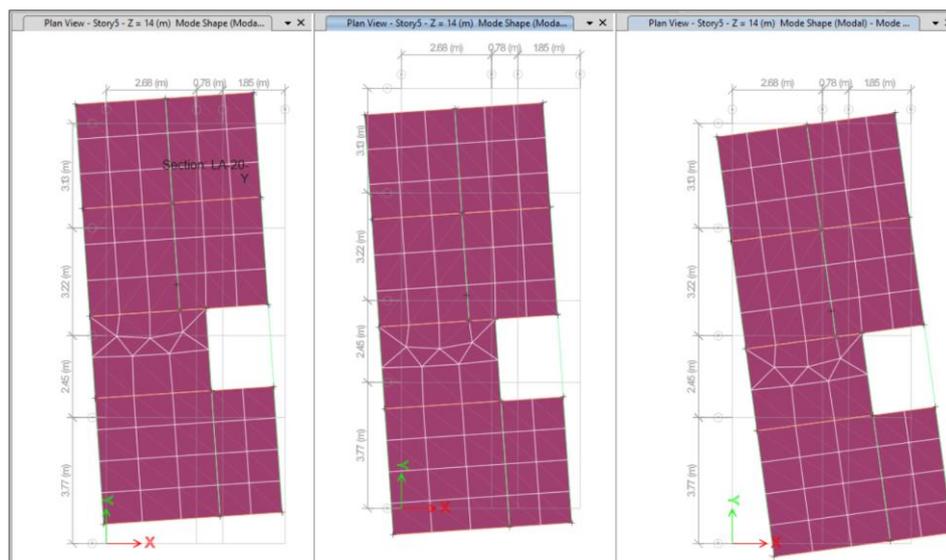
Periodo de desplazamiento de la edificación

Case	Mode	Period sec	UX	UY	SumUX	SumUY	RZ	SumRZ
Modal	1	0.428	0.2376	0.5097	0.2376	0.5097	0.0945	0.0945
Modal	2	0.421	0.4097	0.3293	0.6473	0.839	0.099	0.1934
Modal	3	0.333	0.1787	0.0022	0.826	0.8412	0.6394	0.8329
Modal	4	0.136	0.0028	0.0979	0.8288	0.939	0.0021	0.835
Modal	5	0.13	0.0895	0.0044	0.9182	0.9434	0.0178	0.8528
Modal	6	0.104	0.0256	0.0004	0.9438	0.9438	0.0913	0.9441
Modal	7	0.077	0.0005	0.0351	0.9443	0.9789	0.0005	0.9446
Modal	8	0.071	0.0284	0.0011	0.9727	0.98	0.006	0.9506
Modal	9	0.057	0.0078	0.0001	0.9804	0.98	0.0304	0.981
Modal	10	0.054	0.0005	0.0147	0.9809	0.9848	0.0001	0.9811
Modal	11	0.049	0.0117	0.0007	0.9926	0.9955	0.002	0.983
Modal	12	0.043	0.0001	0.0038	0.9927	0.9993	0.0002	0.9833
Modal	13	0.04	0.0012	0.0005	0.9939	0.9998	0.0028	0.9861
Modal	14	0.039	0.0051	0.0001	0.999	0.9999	0.0104	0.9965
Modal	15	0.031	0.001	0.0001	1	1	0.0035	1
Modal	16	0.015	0	0	1	1	0	1
Modal	17	0.012	0	0	1	1	0	1
Modal	18	0.008	0	0	1	1	0	1

Nota. Del análisis de la edificación con elementos estructurales predimensionadas arrojó que el periodo de vibración máximo de la edificación es de 0.428 s, dicho valor es un valor aceptable debido a que al analizar una edificación de 05 niveles este debería presentar un periodo fundamental máximo de 0.50 s, con ello se demuestra que el comportamiento preliminar de la edificación es óptimo en cuanto a periodo fundamental.

Figura 7

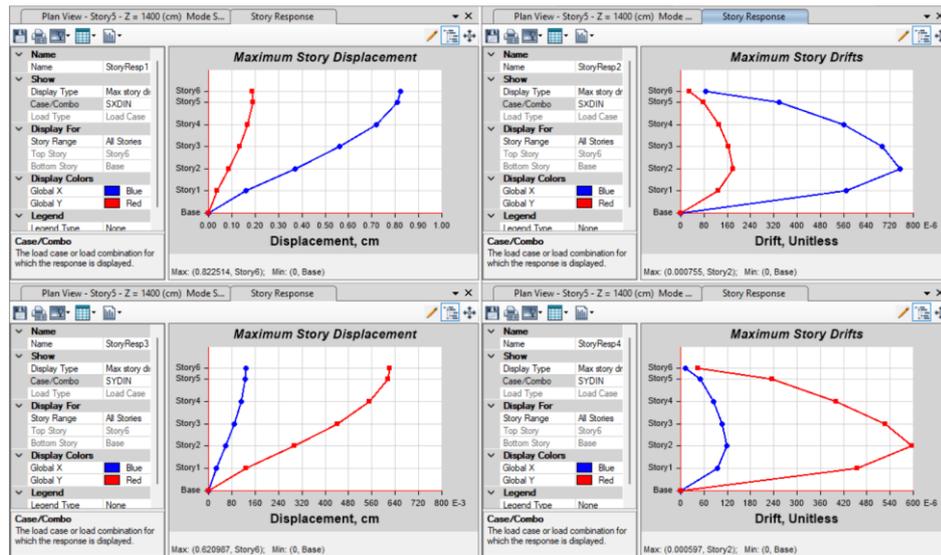
Desplazamientos modales



Nota. La edificación en sus 03 primeros comportamientos modales evidencia que se generan rotaciones en los tres casos iniciales, esto se evidencia de manera numérica con la tabla anterior en la cual se pudo determinar que el comportamiento en el primer caso modal es de traslación en X con una participación modal de 0.2376, el desplazamiento en Y con una participación modal de 0.5097 y una rotación en Z con una participación modal de 0.0945. Para el segundo caso modal se pudo identificar que la traslación en X presenta una participación modal de 0.4097, para la traslación en Y se presenta una participación modal de 0.3293 y la rotación en Z presenta una participación modal de 0.099. Para el tercer caso analizado se pudo estimar que la traslación en X presenta una participación modal de 0.1787, la traslación en Y presenta una participación modal de 0.0022 y la rotación en Z presenta una participación modal de 0.6394. Analizando los tres comportamientos modales iniciales se pudo identificar que la edificación requiere de un confinamiento frente a las rotaciones ya que este comportamiento es el más crítico de la edificación.

Figura 8

Determinación de los desplazamientos y derivas



Nota. En la edificación preliminar se tomó como un nivel adicional el que se compone con una altura de 1.40 el que corresponde a la piscina a diseñar en la estructura, de ahí se pudo determinar que el máximo desplazamiento de la edificación en el sentido X es de 0.82 cm y la deriva para el correspondiente sentido es de 0.000755, mientras que para el sentido Y el máximo desplazamiento es de 0.62 cm y su respectiva deriva para dicho sentido es de 0.000597.

Tabla 4*Análisis de derivas y desplazamientos reales de la edificación*

DERIVAS Y DESPLAZAMIENTOS		
SENTIDO X		
REGULARIDAD ESTRUCTURAL	TIPO REGULAR	
COEFICIENTE DE DESPLAZAMIENTO	0.75	
R	8	
ALTURA DE PISO	280.00 cm	
MÁXIMO DESPLAZAMIENTO EN X	0.822514 cm	
MÁXIMO DESPLAZAMIENTO REAL X	4.935084	
MÁXIMA DERIVA DE PISO X	0.000755	
VERIFICACIÓN DE DERIVA X	0.0045	0.007
VERIFICACIÓN DE DESPLAZAMIENTO X	1.27 cm	1.96 cm
SENTIDO Y		
REGULARIDAD ESTRUCTURAL	TIPO REGULAR	
COEFICIENTE DE DESPLAZAMIENTO	0.75	
R	8	
ALTURA DE PISO	280.00 cm	
MÁXIMO DESPLAZAMIENTO EN Y	0.620987 cm	
MÁXIMO DESPLAZAMIENTO REAL Y	3.725922	

MÁXIMA DERIVA DE PISO Y		0.000597
VERIFICACIÓN DE DERIVA Y	0.0036	0.007
VERIFICACIÓN DE DESPLAZAMIENTO Y	1.00 cm	1.96 cm

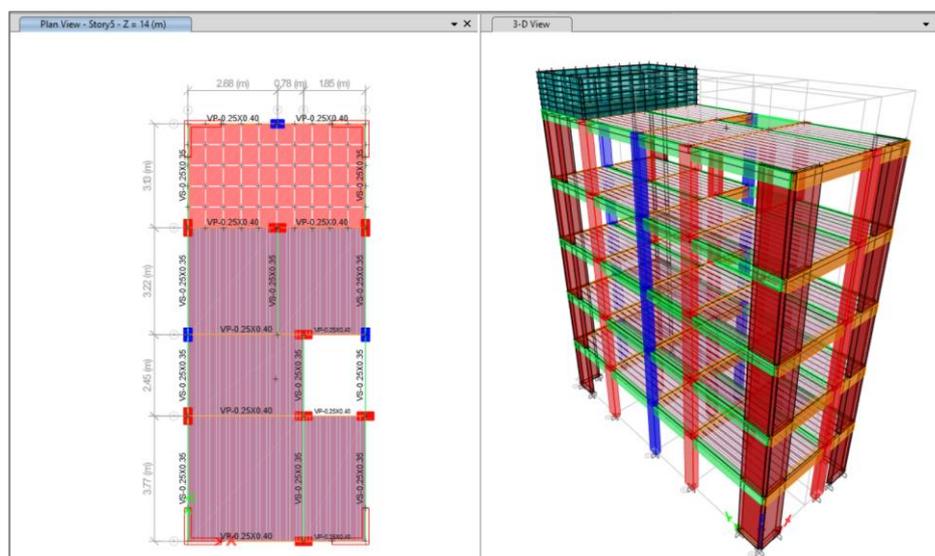
Nota. Con el análisis de los desplazamientos y derivas estimadas en la figura anterior se lograron estimar los valores de reales de deriva y desplazamiento de la edificación, de ello se obtuvo que para el sentido X de la edificación la deriva estimada es de 0.0045 y el desplazamiento en ese sentido es de 1.27 cm siendo dichos valores inferiores a los límites de 0.007 y 1.96 cm determinados para la deriva y el desplazamiento respectivamente. En el caso del sentido Y de la edificación se estimó que su deriva es de 0.0036 y el desplazamiento real estimado fue de 1.00 cm siendo menores a los límites calculados para la edificación de 0.007 y 1.96 cm para la deriva y el desplazamiento respectivamente.

Con el modelo preliminar se determinó que las secciones de la edificación requieren un reajuste mínimo solo para el control de las rotaciones presentadas en los comportamientos modales, adicionalmente a ello se identificó que el desplazamiento en el eje Z de la edificación en la zona de la piscina planteada es crítico con lo cual en el siguiente modelo se plantearon las mejoras para la edificación.

4.1.3 ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LA EDIFICACIÓN

Figura 9

Modelo analizado – ETABS



Nota. En la edificación mejorada se tomó en cuenta la aplicación de una losa maciza en el último nivel que corresponde a la zona donde se encuentra la piscina planteada,

adicionalmente a ello se tomó en cuenta la inclusión de placas en los extremos con la finalidad de mejorar el comportamiento rotacional de la edificación.

Tabla 5

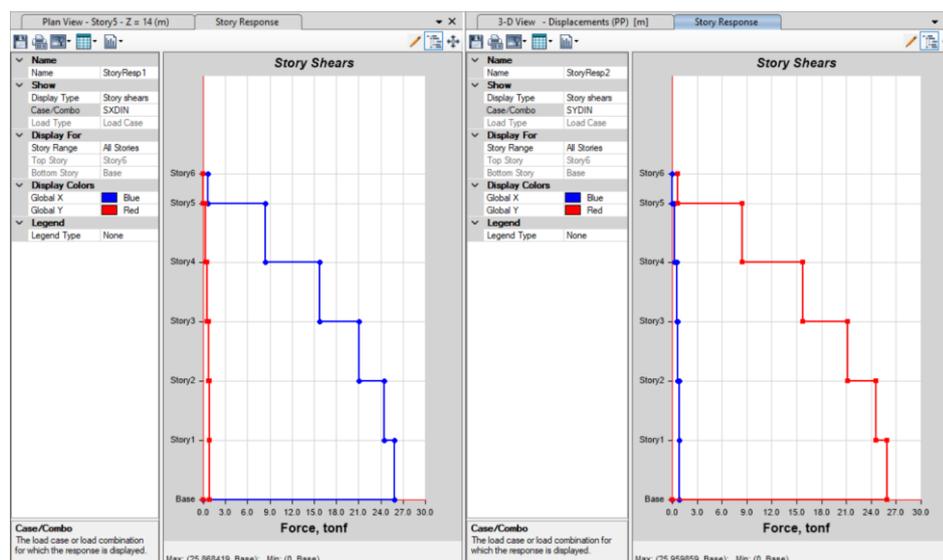
Secciones mejoradas

ELEMENTOS MEJORADOS		
COLUMNAS		
C-1	=	0.40 X 0.25
C-2	=	0.50 X 0.25
C-3	=	0.25 X 0.25
VIGAS		
V-1	=	0.15 X 0.20
V-2	=	0.25 X 0.40
V-3	=	0.25 X 0.35
LOSAS		
LOSA ALIGERADA	=	e= 20 cm
LOSA MACIZA	=	e= 20 cm
PLACAS		
PL-1	=	e= 20 cm
PL-2	=	e= 15 cm

Nota. De la estructura anterior al tener un comportamiento casi adecuado en cuanto a sus elementos estructurales solo hizo falta el control de las rotaciones en la edificación, con lo cual se plantearon dos tipos de placas de 15 y 20 cm siendo el primero íntegramente para el planteamiento de la piscina de 1.40 m y el segundo siendo para el control de rotaciones de la edificación.

Figura 10

Esfuerzos de corte en la edificación



Nota. Del modelo ejecutado en el software ETABS se pudo determinar que el esfuerzo de corte en la base de la edificación es de 25.86 tonf y 25.95 tonf en los sentidos X e Y del sismo dinámico respectivamente, con dichos valores se analizó la cantidad de esfuerzo cortante absorbido por las placas con la finalidad de determinar qué tipo de sistema estructura predomina en la edificación.

Tabla 6

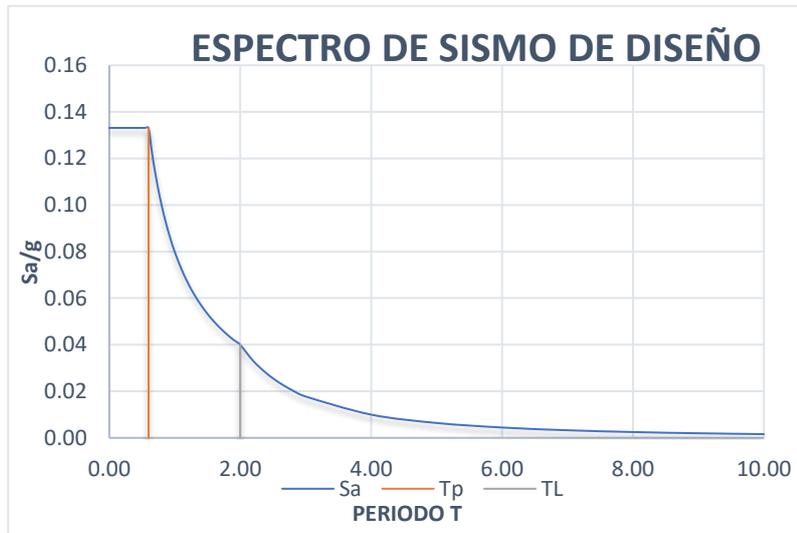
Análisis de fuerza cortante tomada por placas

ANÁLISIS DE FUERZAS CORTANTES	
FUERZA CORTANTE TOTAL X	25.868 tonf
FUERZA CORTANTE TOTAL Y	25.960 tonf
FUERZA CORTANTE TOMADA POR PLACAS X	19.930 tonf
FUERZA CORTANTE TOMADA POR PLACAS Y	19.946 tonf
PORCENTAJE TOMADO X	77.04%
PORCENTAJE TOMADO Y	76.83%

Nota. De la estructura se planteó un análisis de absorción de placas con la finalidad de determinar el tipo de sistema estructural que predomina en los sentidos X e Y de la edificación, según la Normativa E.030, se especifica que si la fuerza cortante es absorbida por las placas en al menos un 70% se considera un sistema de “Muros Estructurales”, el cual es el caso de la presente edificación ya que en ambos sentidos de la edificación las placas absorben un 77.04% y 76.83% para los sentidos X e Y respectivamente.

Figura 11

Espectro modificado



Nota. Debido a que el tipo de sistema estructural cambió en la identificación de las fuerzas de corte absorbidas por las placas el espectro sísmico en su parámetro de reducción sísmica se redujo a 6 que corresponde al sistema de “Muros Estructurales”.

Figura 12

Verificación preliminar de vibración

Case	Mode	Period sec	UX	UY	SumUX	SumUY	RZ	SumRZ
Modal	1	0.341	0.0008	0.7723	0.0008	0.7723	6.569E-06	6.569E-06
Modal	2	0.303	0.769	0.0007	0.7698	0.7731	0.0071	0.0072
Modal	3	0.212	0.0044	9.349E-06	0.7742	0.7731	0.7582	0.7653
Modal	4	0.091	0.0002	0.1322	0.7745	0.9053	5.903E-07	0.7653
Modal	5	0.082	0.137	0.0004	0.9115	0.9056	0.0003	0.7656
Modal	6	0.055	0.0001	2.555E-05	0.9115	0.9057	0.1421	0.9077
Modal	7	0.042	0.0001	0.0522	0.9116	0.9578	1.904E-05	0.9077
Modal	8	0.038	0.0509	0.0001	0.9625	0.9579	0.0003	0.9081
Modal	9	0.032	0	0.0004	0.9625	0.9583	0	0.9081
Modal	10	0.03	5.883E-07	0.0028	0.9625	0.9611	1.514999999...	0.9081
Modal	11	0.025	0.0003	4.119E-05	0.9628	0.9612	0.0521	0.9602
Modal	12	0.023	5.179E-06	0.0264	0.9628	0.9676	0.0001	0.9603
Modal	13	0.023	0.0176	1.332E-05	0.9804	0.9876	0.0001	0.9604
Modal	14	0.021	0.0085	0	0.9888	0.9876	0.0019	0.9623
Modal	15	0.016	2.611E-05	0.0124	0.9888	1	0	0.9623
Modal	16	0.015	0.0109	2.802E-05	0.9998	1	0.0002	0.9625
Modal	17	0.014	0.0002	3.898E-06	1	1	0.013	0.9755
Modal	18	0.01	5.41E-07	6.061E-06	1	1	0.0001	0.9756

Nota. Con la finalidad de determinar los coeficientes de cortante basal para el análisis de sismo estático de la edificación se identificaron los periodos de vibración para los sentidos X e Y de la edificación, de este análisis modal preliminar se pudo determinar que los periodos de vibración son de 0.341 s y 0.303 s para los sentidos X e Y respectivamente.

Tabla 7

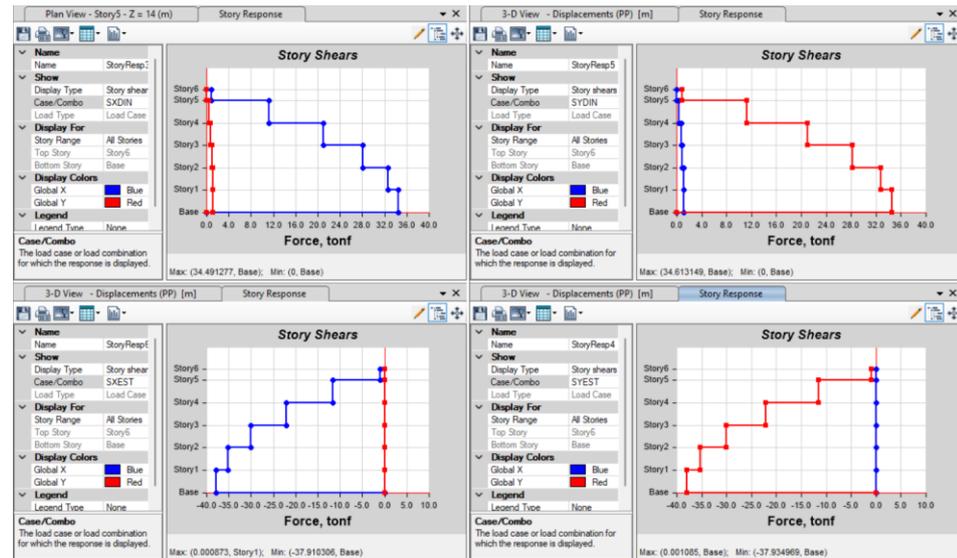
Determinación de valores de coeficiente de cortante en base

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DEL ANÁLISIS ESTÁTICO POR FUERZAS ESTÁTICAS EQUIVALENTES			
CÁLCULO DEL FACTOR DE AMPLIFICACIÓN SISMICA: C			
$C = 2.5 \left(\frac{T_p}{T} \right), C \leq 2.5$	Modo.- Tx =	0.303 seg	↔ C = 4.950 > 2.5
	Modo.- Ty =	0.341 seg	↔ C = 4.399 > 2.5
USAR:	Cx =	2.50	; Cy = 2.50
EVALUANDO: C/R ≥ 0.125 (para E.030-2016) o C/R ≥ 0.11 (para E.030-2018)			
0.417 > 0.110	↔	0.417	Seismic X dir+Ecc
0.417 > 0.110	↔	0.417	Seismic Y dir+Ecc
COEFICIENTE DEL CORTANTE EN LA BASE =		0.1198	0.1198

Nota. Con los periodos de vibración de la edificación en los sentidos X e Y se pudo determinar que el coeficiente de cortante en la base para los sentidos X e Y de la edificación son de 0.1196 para ambos sentidos.

Figura 13

Determinación de las fuerzas de corte dinámicas y estáticas



Nota. Con la corrección del coeficiente de corte en base se determinaron los comportamientos dinámicos y estáticos de la edificación en la cual se determinó que para el caso estático las fuerzas de corte en la base son de 37.91 tonf y 37.93 tonf para los sentidos X e Y respectivamente, mientras que para el caso de sismo dinámico las fuerzas de corte en la base son de 34.49 tonf y 34.61 tonf para los sentidos X e Y respectivamente, con dichos valores se determinaron los valores de reajuste para la escala del espectro sísmico.

Tabla 8

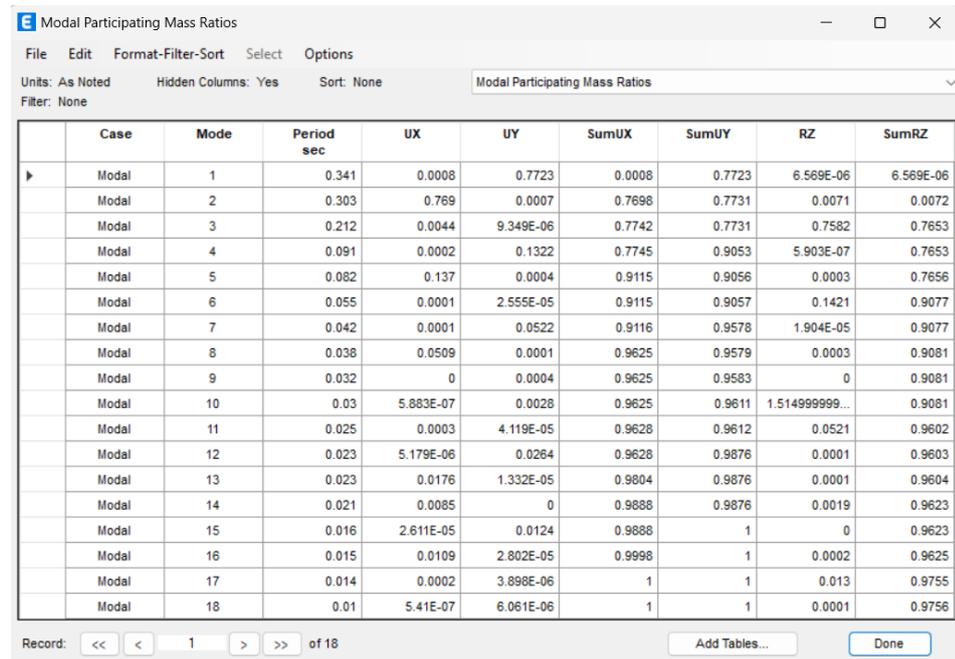
Determinación del factor de escala del espectro

Piso	Caso de Carga	Cortante Dinámica (CD)		Cortante Estática (CE)		Comparación CD/CE	0.9°CE (Irregular)	Factor E/D
		Cortante X	Cortante Y	Cortante X	Cortante e Y			
		tonf	tonf	tonf	tonf			
NIVEL 1	Sismo X	34.49		37.91		0.91	34.12	0.989
NIVEL 1	Sismo Y		34.61		37.94	0.91	34.14	0.986

Nota. Con la determinación de las fuerzas cortantes se pudo determinar que el factor de escala para el espectro es menor a 1 siendo que para el sentido X se determinó en 0.989 y para el sentido Y se estimó en 0.986, de los valores se pudo concluir que el espectro no requiere de un reajuste en el espectro planteado.

Figura 14

Verificación final del periodo de la edificación



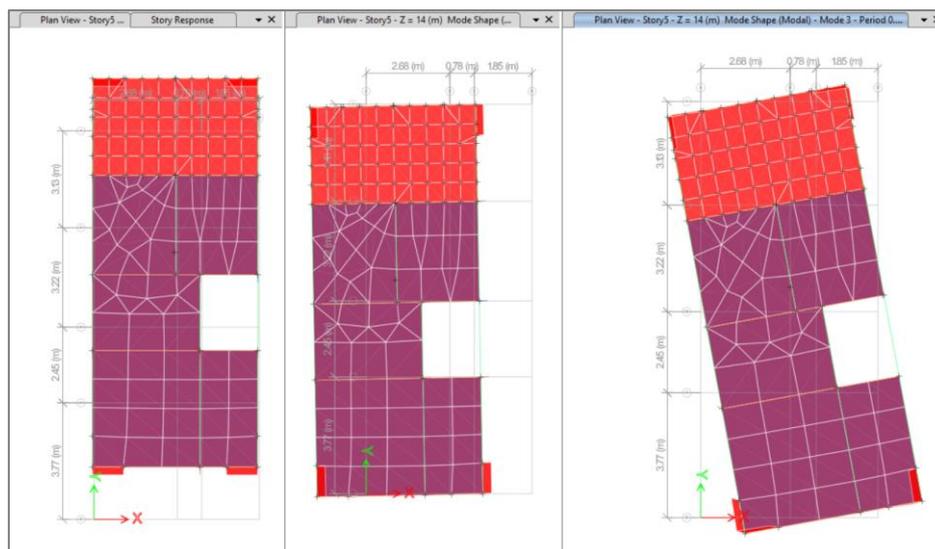
The screenshot shows a software window titled "Modal Participating Mass Ratios" with a menu bar (File, Edit, Format-Filter-Sort, Select, Options) and a toolbar. Below the toolbar, it displays "Units: As Noted", "Hidden Columns: Yes", "Sort: None", and a dropdown menu set to "Modal Participating Mass Ratios". The main area contains a table with 10 columns: Case, Mode, Period sec, UX, UY, SumUX, SumUY, RZ, and SumRZ. The table lists 18 modal cases. The first row (Case 1) has a period of 0.341 seconds. The bottom of the window shows "Record: 1 of 18" and buttons for "Add Tables..." and "Done".

Case	Mode	Period sec	UX	UY	SumUX	SumUY	RZ	SumRZ
Modal	1	0.341	0.0008	0.7723	0.0008	0.7723	6.569E-06	6.569E-06
Modal	2	0.303	0.769	0.0007	0.7698	0.7731	0.0071	0.0072
Modal	3	0.212	0.0044	9.349E-06	0.7742	0.7731	0.7582	0.7653
Modal	4	0.091	0.0002	0.1322	0.7745	0.9053	5.903E-07	0.7653
Modal	5	0.082	0.137	0.0004	0.9115	0.9056	0.0003	0.7656
Modal	6	0.055	0.0001	2.555E-05	0.9115	0.9057	0.1421	0.9077
Modal	7	0.042	0.0001	0.0522	0.9116	0.9578	1.904E-05	0.9077
Modal	8	0.038	0.0509	0.0001	0.9625	0.9579	0.0003	0.9081
Modal	9	0.032	0	0.0004	0.9625	0.9583	0	0.9081
Modal	10	0.03	5.883E-07	0.0028	0.9625	0.9611	1.514999999...	0.9081
Modal	11	0.025	0.0003	4.119E-05	0.9628	0.9612	0.0521	0.9602
Modal	12	0.023	5.179E-06	0.0264	0.9628	0.9876	0.0001	0.9603
Modal	13	0.023	0.0176	1.332E-05	0.9804	0.9876	0.0001	0.9604
Modal	14	0.021	0.0085	0	0.9888	0.9876	0.0019	0.9623
Modal	15	0.016	2.611E-05	0.0124	0.9888	1	0	0.9623
Modal	16	0.015	0.0109	2.802E-05	0.9998	1	0.0002	0.9625
Modal	17	0.014	0.0002	3.898E-06	1	1	0.013	0.9755
Modal	18	0.01	5.41E-07	6.061E-06	1	1	0.0001	0.9756

Nota. Con el reajuste del espectro sísmico de la edificación se determinó que el periodo fundamental final de la edificación es de 0.34 s, este valor es mucho menor al estimado con el modelo con elementos predimensionadas con lo cual se verifica que el modelo se comporta de manera más rígida que el anterior.

Figura 15

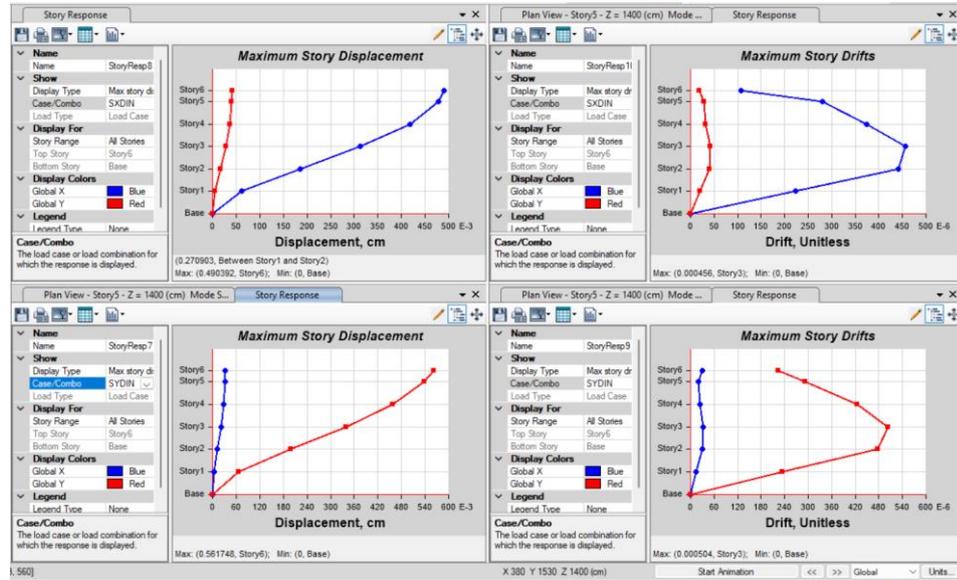
Desplazamientos modales de la edificación



Nota. La edificación modificada en sus 03 primeros comportamientos modales evidencia que se generan traslaciones y rotaciones en los tres casos iniciales, esto se evidencia de manera numérica con la tabla anterior en la cual se pudo determinar que el comportamiento en el primer caso modal es de traslación en Y con una participación modal de 0.7723, el desplazamiento en X con una participación modal de 0.0008 y una rotación en Z insignificante. Para el segundo caso modal se pudo identificar que la traslación en X presenta una participación modal de 0.7690, para la traslación en Y se presenta una participación modal de 0.0007 y la rotación en Z presenta una participación modal de 0.072. Para el tercer caso analizado se pudo estimar que la traslación en X presenta una participación modal de 0.0044, la traslación en Y presenta una participación modal insignificante y la rotación en Z presenta una participación modal de 0.7653. Analizando los tres comportamientos modales iniciales se pudo identificar que la edificación tiene un comportamiento más adecuado que el anterior ya que sus tres primeros desplazamientos cumplen con lo establecido en la norma E.030 en cuanto a la masa participativa de la edificación teniendo solo traslaciones notables en X e Y en los dos primeros modos y en el tercer modo una rotación en el eje Z.

Figura 16

Derivas y desplazamientos de la edificación modificada



Nota. En la edificación modificada se tomó como un nivel adicional el que se compone con una altura de 1.40 el que corresponde a la piscina a diseñar en la estructura, de ahí se pudo determinar que el máximo desplazamiento de la edificación en el sentido X es de 0.49 cm y la deriva para el correspondiente sentido es de 0.000456, mientras que para el sentido Y el máximo desplazamiento es de 0.56 cm y su respectiva deriva para dicho sentido es de 0.000504.

Tabla 9

Verificación de deriva y desplazamiento real

DERIVAS Y DESPLAZAMIENTOS	
SENTIDO X	
REGULARIDAD ESTRUCTURAL	TIPO REGULAR
COEFICIENTE DE DESPLAZAMIENTO	0.75
R	6
ALTURA DE PISO MÁXIMO	280.00 cm
DESPLAZAMIENTO EN X MÁXIMO	0.490392 cm
DESPLAZAMIENTO REAL X	2.206764

MÁXIMA DERIVA DE PISO X		0.000456
VERIFICACIÓN DE DERIVA X	0.0021	0.007
VERIFICACIÓN DE DESPLAZAMIENTO X	0.57 cm	1.96 cm

SENTIDO Y

REGULARIDAD ESTRUCTURAL	TIPO REGULAR	
COEFICIENTE DE DESPLAZAMIENTO R		0.75 6
ALTURA DE PISO MÁXIMO	280.00 cm	
DESPLAZAMIENTO EN Y MÁXIMO	0.561748 cm	
DESPLAZAMIENTO REAL Y	2.527866	
MÁXIMA DERIVA DE PISO Y		0.000504
VERIFICACIÓN DE DERIVA Y	0.0023	0.007
VERIFICACIÓN DE DESPLAZAMIENTO Y	0.64 cm	1.96 cm

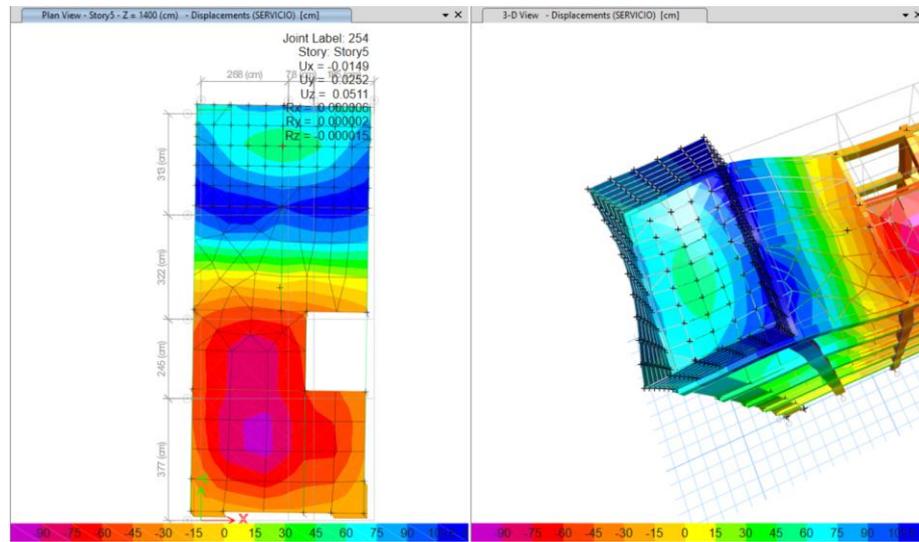
Nota. Con el análisis de los desplazamientos y derivas estimadas en la figura anterior se lograron estimar los valores de reales de deriva y desplazamiento de la edificación, de ello se obtuvo que para el sentido X de la edificación la deriva estimada es de 0.0021 y el desplazamiento en ese sentido es de 0.57 cm siendo dichos valores inferiores a los límites de 0.007 y 1.96 cm determinados para la deriva y el desplazamiento respectivamente. En el caso del sentido Y de la edificación se estimó que su deriva es de 0.0023 y el desplazamiento real estimado fue de 0.64 cm siendo menores a los límites calculados para la edificación de 0.007 y 1.96 cm para la deriva y el desplazamiento respectivamente.

Del modelo modificado se pudo asegurar la estabilidad y seguridad de la edificación con lo cual se procedió a especificar el diseño de la piscina situada en el último nivel de la edificación.

4.1.4 DISEÑO DE PISCINA

Figura 17

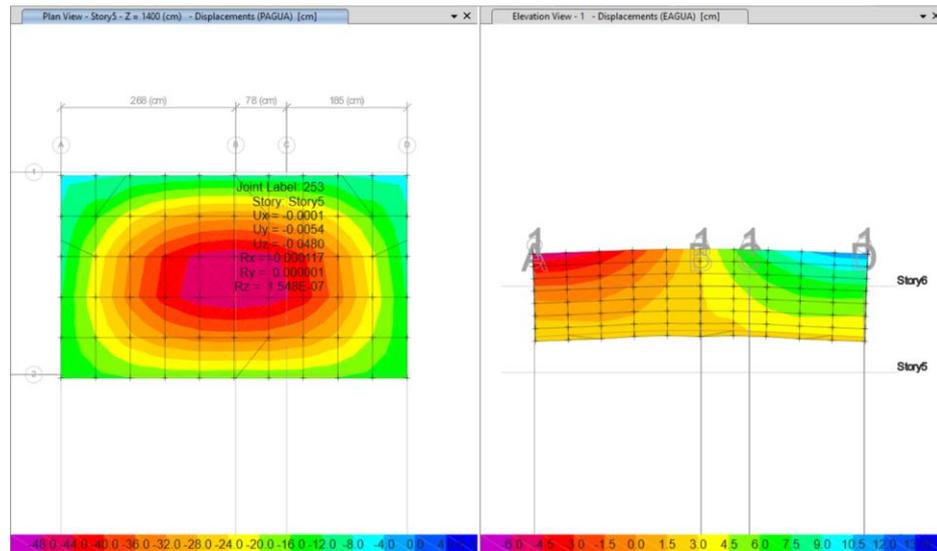
Comportamiento de deformaciones y desplazamientos



Nota. A partir del análisis de la combinación de servicio en la cual se tuvo en cuenta la presión y empuje del agua en la zona posterior del último nivel se pudo identificar que el desplazamiento más crítico en la zona de la piscina es de 0.0511 cm con lo cual se evidencia el adecuado comportamiento de la edificación.

Figura 18

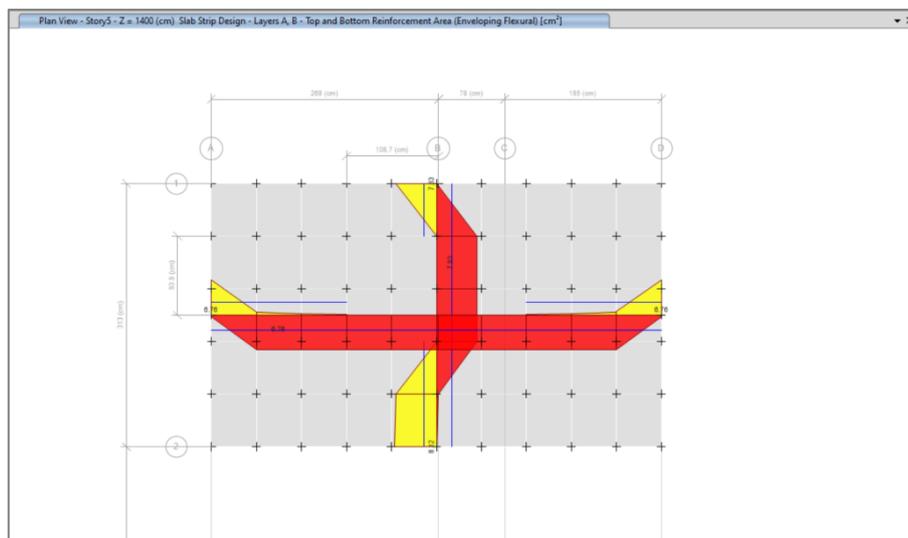
Verificación del ingreso de cargas de empuje y peso del agua



Nota. Se aisló en la vista la piscina con la finalidad de solo obtener los resultados para el diseño de esta, en la parte izquierda de la figura se observan los efectos de las cargas de peso de agua en la losa maciza de la base de la piscina en la cual se observa que el mayor desplazamiento se da en la parte central el cual es de 0.048 cm, mientras que en la parte derecha de la figura se observa la distribución de presiones del agua el cual incrementa a medida que haya más profundidad de agua.

Figura 19

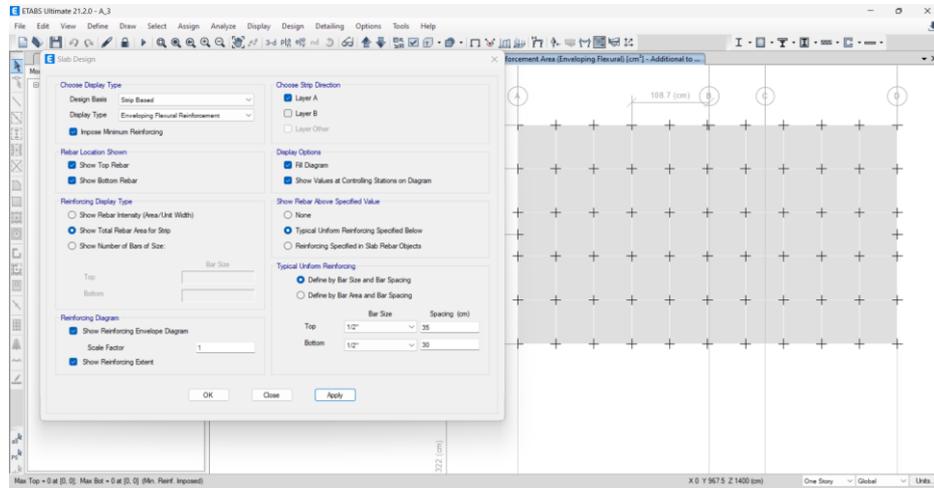
Diseño por flexión de base de piscina



Nota. Del modelo ejecutado se pudo determinar que para el sentido X de la losa se requiere de un área de acero superior de 6.76 cm², para la parte inferior de la losa se requiere un área de acero de 6.76 cm², para el sentido Y de la losa se requiere de un área de acero en la parte superior de 7.83 cm² y para la parte inferior de la losa se requiere de un área de acero de 7.83 cm².

Figura 20

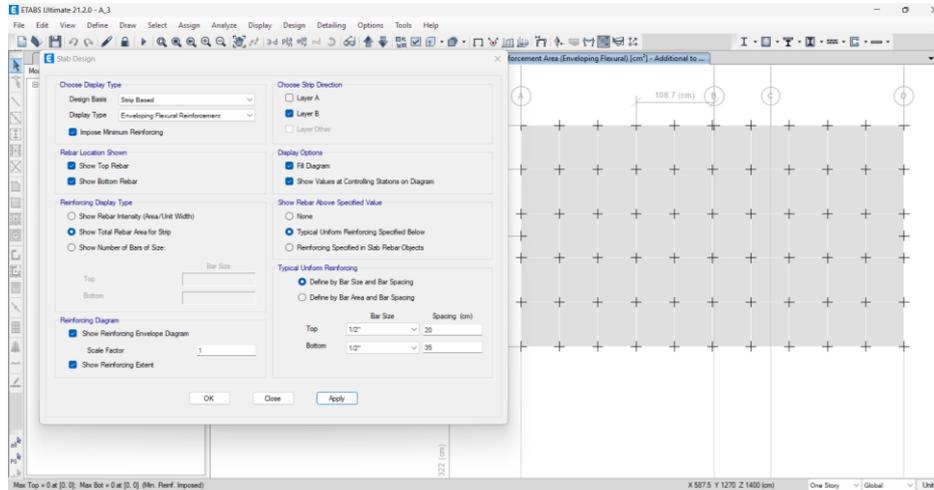
Verificación de diseño de losa X



Nota. Del modelo de la losa se pudo determinar que en la parte superior se requiere un refuerzo de acero de 1/2" @ 35 cm, mientras que para la parte inferior de la losa se requiere acero de 1/2" @ 30 cm. Con dichos refuerzos se asegura el ideal comportamiento de la losa para la piscina.

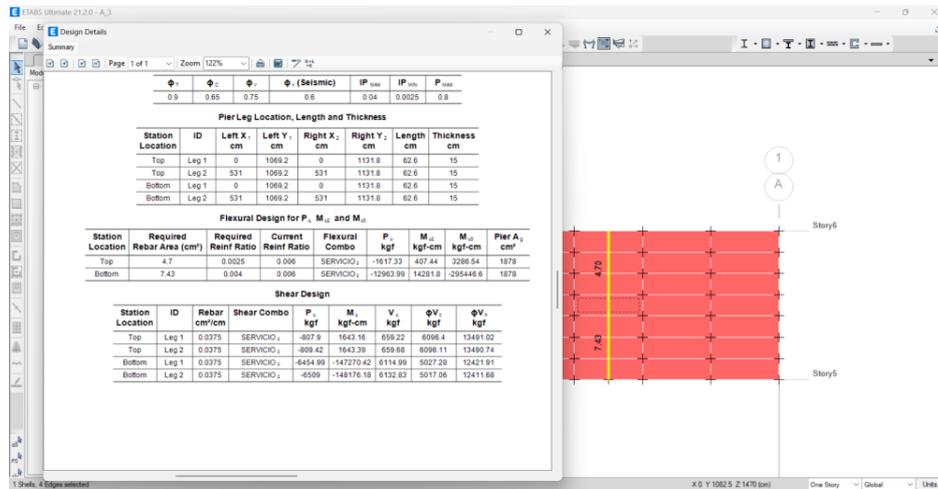
Figura 21

Verificación de diseño de losa X



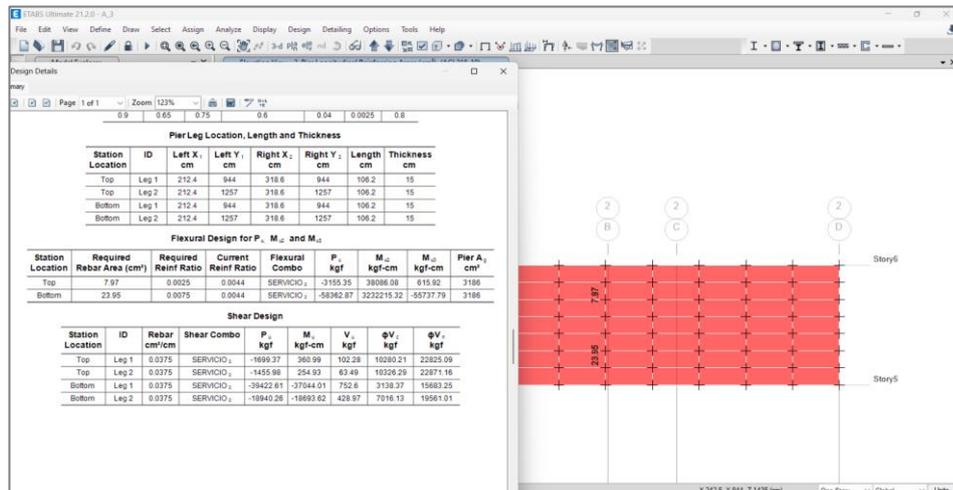
Nota. Del modelo de la losa se pudo determinar que en la parte superior se requiere un refuerzo de acero de 1/2" @ 20 cm, mientras que para la parte inferior de la losa se requiere acero de 1/2" @ 35 cm. Con dichos refuerzos se asegura el ideal comportamiento de la losa para la piscina.

Figura 22
Diseño de muro de piscina A



Nota. Del modelo de Pier se pudo determinar que la estructura requiere de un área de acero crítico de 7.43 cm² en un ancho de 0.62 m con lo cual se determinó que colocar aceros de 5/8" @ 15 cm, con lo cual se asegura la estabilidad del muro.

Figura 23
Diseño de muro de piscina B



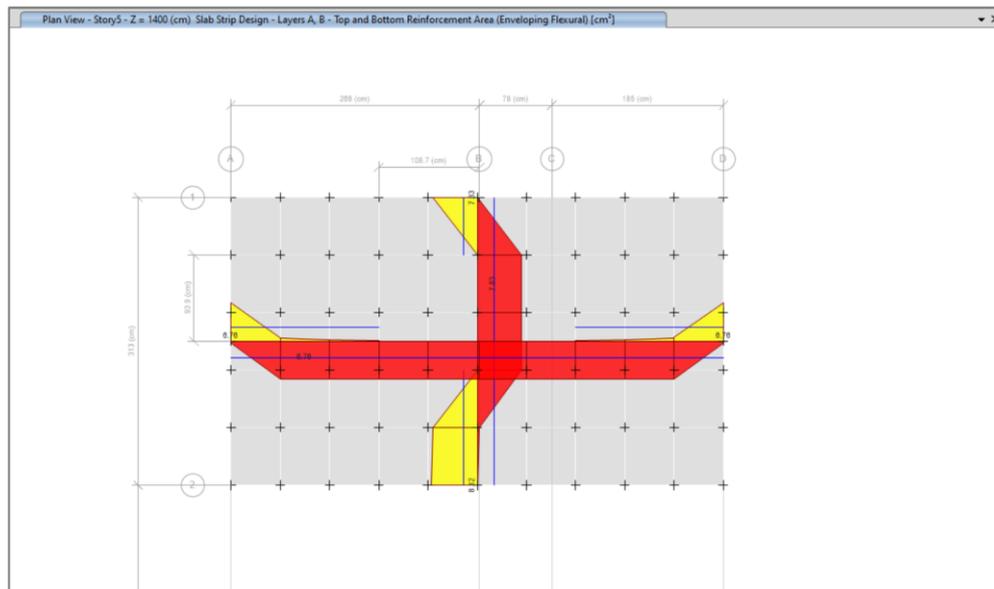
Nota. Del modelo de Pier se pudo determinar que la estructura requiere de un área de acero crítico de 23.95 cm² en un ancho de 1.00 m con lo cual se determinó que colocar aceros de 3/4" @ 10 cm, con lo cual se asegura la estabilidad del muro. Con los valores de cuantía se lograron diseñar los refuerzos de acero que necesita la piscina con lo cual se asegura la estabilidad de la edificación por completo teniendo en cuenta los efectos de peso de agua que presenta la piscina analizada.

4.2 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

Hp: Al aplicar técnicas de análisis lineal elástico y no lineal en el estudio del comportamiento sísmico de un edificio con piscina en Amarilis, Huánuco, se identificarán áreas críticas de diseño que podrán ser mejoradas para optimizar la seguridad y estabilidad de la estructura ante eventos sísmicos de alta magnitud.

Figura 24

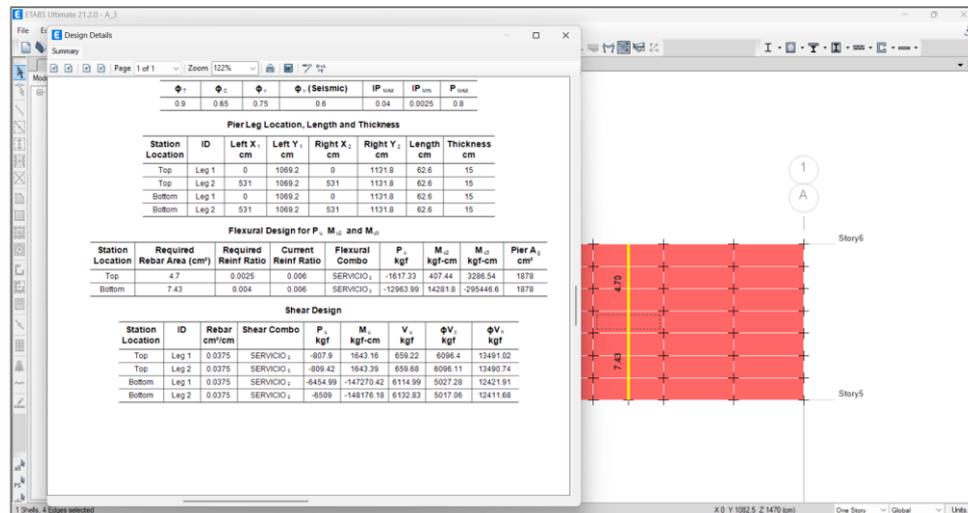
Diseño por flexión de base de piscina



Aplicando las técnicas de análisis tanto lineal como no lineal de la edificación se aseguró tanto la estabilidad de la edificación como los parámetros de cuantía requeridos para la base de la piscina y los elementos de concreto armado utilizados para la estructuración de la edificación analizada que comprende los 5 niveles con una piscina en el nivel superior.

Figura 25

Diseño de muro de piscina A



Así como se aseguró la estabilidad de la base de la piscina que será sometida a cargas vivas y a la carga de la propia agua se pudo identificar las áreas de refuerzo requeridas en los muros perimetrales de la piscina, la cual será sometida a cargas de presión debido al agua acumulada.

Con ello se pudo demostrar que aplicando técnicas de análisis elástico lineal y no lineal se lograron determinar los esfuerzos críticos de la edificación obteniendo así las cuantías necesarias para la estructuración de los refuerzos, demostrando así que la hipótesis planteada en la investigación es verdadera y se acepta su planteamiento.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para Murga (2021), en su investigación se pudo determinar que para el modelo desarrollado se obtuvo una fuerza de corte de 13.08 tonf para el primer modelo, 12.882 tonf para el segundo modelo y 14.303 tonf para el tercer modelo en el sentido X de sistema global planteado, en el caso de los desplazamientos se pudo determinar que en el sentido X fue de 1.068 cm y en Y fue de 0.12 cm para el primer modelo, para el segundo modelo fue de 0.989 cm en X y en Y fue de 0.13 cm y en el tercer modelo fue de en 1.276 cm en el sentido X y para el sentido Y fue de 0.115 cm. Los valores de deriva críticos para la edificación fueron de 0.0094 en el sentido Y de la edificación del primer modelo, de 0.00094 en el eje X de la edificación del segundo modelo y para el tercer modelo fue de 0.0068 en el sentido Y del sistema global. Para la presente investigación solo se tomó en cuenta 02 modelos, pero el primer modelo fue descartado por el mal comportamiento que presentó con respecto a los desplazamientos por casos modales, quedando así solo el último modelo como válido, de ello se pudo determinar que la edificación presenta los valores reales de deriva y desplazamiento de la edificación, de ello se obtuvo que para el sentido X de la edificación la deriva estimada es de 0.0021 y el desplazamiento en ese sentido es de 0.57 cm siendo dichos valores inferiores a los límites de 0.007 y 1.96 cm determinados para la deriva y el desplazamiento respectivamente. En el caso del sentido Y de la edificación se estimó que su deriva es de 0.0023 y el desplazamiento real estimado fue de 0.64 cm siendo menores a los límites calculados para la edificación de 0.007 y 1.96 cm para la deriva y el desplazamiento respectivamente.

Según Portugal (2022), en su investigación pudo concluir que en el análisis determinado los calores de deriva máxima para un concreto 210 kg/cm² fueron de 0.003 en el sentido X y de 0.002 para el sentido Y de la edificación mientras que para un concreto de 200 kg/cm² de resistencia se obtuvieron derivas de 0.003 en el sentido X y de 0.002 en el sentido Y del análisis de la edificación, para la presente investigación solo se diseñó a partir de un concreto 280 kg/cm², con ello se determinó que las derivas máximas

en los sentidos X e Y son de 0.0021 y 0.0023 respectivamente si bien los valores son similares esto se debe a que en la investigación de referencia la edificación cuenta con menos niveles y no aplican placas en su diseño mientras que para la presente investigación si se tomaron en cuenta placas de corte.

CONCLUSIONES

Se lograron aplicar los análisis estructurales a la edificación mejorando así su comportamiento estático y dinámico frente a sismos de la edificación, adicionalmente a ello se lograron determinar las cuantías de diseño para una piscina ubicada en el último nivel de la edificación asegurando la estabilidad de esta.

Se obtuvo que para el sentido X de la edificación la deriva estimada es de 0.0021 y el desplazamiento en ese sentido es de 0.57 cm. En el caso del sentido Y de la edificación se estimó que su deriva es de 0.0023 y el desplazamiento real estimado fue de 0.64 cm siendo menores a los límites calculados para la edificación de 0.007 y 1.96 cm para la deriva y el desplazamiento respectivamente.

Del modelo de la losa se pudo determinar que en la parte superior se requiere un refuerzo de acero de $\frac{1}{2}$ " @ 35 cm, mientras que para la parte inferior de la losa se requiere acero de $\frac{1}{2}$ " @ 30 cm. Con dichos refuerzos se asegura el ideal comportamiento de la losa para la piscina en el sentido X. Del modelo de la losa se pudo determinar que en la parte superior se requiere un refuerzo de acero de $\frac{1}{2}$ " @ 20 cm, mientras que para la parte inferior de la losa se requiere acero de $\frac{1}{2}$ " @ 35 cm. Con dichos refuerzos se asegura el ideal comportamiento de la losa para la piscina en el sentido Y.

Aplicando las técnicas de análisis tanto lineal como no lineal de la edificación se aseguró tanto la estabilidad de la edificación como los parámetros de cuantía requeridos para la base de la piscina y los elementos de concreto armado utilizados para la estructuración de la edificación analizada que comprende los 5 niveles con una piscina en el nivel superior.

RECOMENDACIONES

Implementar un monitoreo continuo del comportamiento sísmico de la edificación mediante sensores y sistemas de registro, para validar y ajustar los análisis estructurales aplicados. Adicionalmente, realizar inspecciones periódicas y mantenimiento de la estructura y la piscina para garantizar su estabilidad a lo largo del tiempo.

Continuar con la evaluación periódica de los desplazamientos y derivas estructurales mediante inspecciones y análisis estructurales adicionales, especialmente después de eventos sísmicos significativos. Además, revisar y actualizar los procedimientos de emergencia y evacuación basados en el comportamiento dinámico observado de la estructura.

Asegurar que la construcción del refuerzo de la losa siga estrictamente las especificaciones de diseño, y llevar a cabo inspecciones regulares durante la construcción para verificar la correcta colocación del acero de refuerzo. Además, realizar pruebas de carga y resistencia en la losa una vez finalizada para confirmar su comportamiento adecuado en ambos sentidos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Carrillo, J. (2015). *Métodos de Fuerzas y Desplazamientos en la Evaluación de Edificaciones Históricas*. LIMA: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Chila Rodríguez , M. A., & Lopez Puglla , D. F. (2021). *Análisis y diseño estructural del pabellón UPSE extensión Manglaralto reforzada con FRP (Fibra De Vidrio) aplicando el código ACI 318-14 comparada con la estructura actual del pabellón UPSE extensión Manglaralto*. La Libertad, Ecuador: Universidad Estatal .
- Cuadros Samaniego, M. (2015). *"Mecánica de Materiales"*. LIMA: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Duarte Gallo, J. A. (2019). *Apoyo en el seguimiento técnico de la construcción del edificio Ventus multifamiliar en la etapa de ejecución del proyecto, en la ciudad de Tunja Boyacá*. Tunya: Universidad Santo Tomas Seccional Tunja.
- Fernández, Luis y Pérez, Carlos. (2021). *Evaluación del Comportamiento No Lineal de Edificaciones de Concreto Armado*. LIMA: Lima, Editorial PUCP.
- García, L. (2017). *Normativas de construcción sismorresistente en zonas de alto riesgo en Perú*. CUSCO: Editorial Técnica Peruana.
- Gómez Ruiz, J. (2020). *"Manual de Diseño de Estructuras"*. LIMA: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Gómez, R. (2017). *Análisis Modal y su Aplicación en el Diseño Sismorresistente en Perú*. LIMA: Editorial Ingeniería Sísmica Peruana.
- González, J. (2019). *Estudio de la Resonancia del Suelo y su Impacto en la Amplificación de Ondas Sísmicas*. LIMA: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- González, L. (2015). *Estudio del Endurecimiento por Deformación en Acero Estructural Bajo Cargas Cíclicas*. LIMA: Pontificia Universidad .
- González, L. (2020). *Implementación del Análisis Espectral en el Diseño de Edificaciones en Lima*. LIMA: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática . (2018). *Manual de Metodología de Investigación Aplicada*. Lima: INEI.

- Martínez González, L. (2019). *"Introducción a la Modelación Matemática"*. LIMA: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Martínez, J. (2010). *Fluencia del Concreto en Condiciones Ambientales Variables*. LIMA: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Martínez, J. (2018). *Aplicación del Análisis Modal en la Evaluación de Puentes y Edificios Históricos*. LIMA: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Medina Robalino, W. S., & Rumipamba Pullugando, V. E. (2021). *Análisis del efecto hidrodinámico de líquidos en movimiento aplicado a edificios con piscinas en azoteas sometidos a sismos intensos*. Ambato: Repositorio Universidad Técnica de Ambato .
- Medina, R. (2019). *Optimización de Algoritmos de Análisis Matricial para Grandes Estructuras*. PIURA: Universidad de Piura.
- Murga Espinoza, L. Á. (2021). *Diseño estructural del modelo dinámico de una vivienda multifamiliar de cinco niveles – San Luis-lima*. Huancayo – Perú: Universidad Peruana Los Andes.
- Murga, L. (2021). *Diseño estructural del modelo dinámico de una vivienda multifamiliar de cinco niveles-San Luis-Lima*. Universidad Peruana los Andes.
- Nautilus Business. (s.f.). ¿Por qué una propiedad con piscina tiene más valor de mercado? *Nautilus Business*, Recuperado de <https://nautilusbr.com/es/blog/por-que-una-propiedad-con-piscina-tiene-mas-valor-de-mercado/>.
- Portugal Morales, L. A. (2022). *Análisis comparativo estructural para vivienda multifamiliar usando softwares de elementos finitos, Urb. Santa Rosa, distrito San Sebastián, Cusco - 2022*. Lima - Perú: Universidad César Vallejo.
- Portugal, L. (2022). *Análisis comparativo estructural para vivienda multifamiliar usando softwares de elementos finitos, Urb. Santa Rosa, distrito San Sebastián, Cusco - 2022*. Universidad Cesar Vallejo.
- Rafael Junior, N. G., & Osorio Obregon, M. G. (2020). *Análisis comparativo de un edificio de muros de ductilidad limitada de 5 niveles con otro de albañilería distrito de Pucusana*. Lima - Perú: Universidad Ricardo Palma.

- Ramírez, P. (2018). *Técnicas de Endurecimiento por Envejecimiento en Aleaciones de Aluminio*. PIURA: Universidad de Piura.
- Ramírez, P. (2019). *Estudio del Comportamiento de Estructuras de Gran Altura Bajo Cargas Sísmicas*. PIURA: Universidad de Piura.
- Ramírez, P. (2020). *Análisis Combinado de Puentes Utilizando Registros Temporales y Transformaciones de Fourier*. PIURA: Universidad de Piura.
- Rodríguez, M. (2018). *Conexiones en la Ingeniería Estructural: Principios y Aplicaciones*. LIMA: Editorial Ingeniería Sismorresistente.
- Rojas Vargas, J. (2018). *Ingeniería Estructural y Sísmica: Fundamentos y Aplicaciones*. LIMA: Editorial UNI.
- Rojas, E. (2018). *Amortiguamiento en Ingeniería Estructural: Teoría y Aplicaciones en Perú*. LIMA: Editorial Ingeniería Sismorresistente.
- Rojas, E. (2018). *Elementos de la Ingeniería Estructural: Pórticos, Muros de Corte y Diafragmas*. LIMA: Editorial Ingeniería Sismorresistente.
- Sánchez López, R. (2019). *"Ingeniería Costera y Portuaria"*. LIMA: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Stockemer, D. (2019). *Métodos cuantitativos para las ciencias sociales: una introducción práctica con ejemplos en SPSS y Stata*. Springer .
- Torres Cáceres, J. (2018). *"Diseño Sismorresistente de Estructuras"*. LIMA: Instituto de Ingenieros de Perú.
- Vargas Soto, M. (2017). *"Métodos Numéricos en Ingeniería Estructural"*. LIMA: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Vargas, L. (2017). *Aplicación del Método de los Elementos Finitos en el Análisis Estructural*. LIMA: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Vargas, L. (2018). *Metodología para el Análisis Dinámico de Edificaciones Utilizando Registros Sísmicos*. LIMA: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Walliman, N. (2021). *Métodos de búsqueda, los básicos (3era ed.)*. <https://es.slideshare.net/slideshow/research-methods-nicholas-walliman/246430703>
- Zavala López, C. (2018). *Diseño Sismorresistente de Edificaciones*. Instituto de Ingenieros de Perú.

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Contreras Davila, H. (2025). *El análisis estructural de un edificio multifamiliar de 5 niveles con piscina para optimizar el diseño sismorresistente de los elementos estructurales*, Amarilis - Huánuco 2023. [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio institucional UDH. url: <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla 10

Matriz de Consistencia

TÍTULO: EL ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 5 NIVELES CON PISCINA PARA OPTIMIZAR EL DISEÑO SISMORRESISTENTE DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES, AMARILIS - HUÁNUCO -2023					
Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología	Población y muestra
<p>Problema general: ¿Cuál es el método más eficiente para llevar a cabo un análisis estructural detallado que permita identificar áreas de mejora en el diseño sismorresistente de sus elementos estructurales para un edificio con piscina en Amarilis, Huánuco?</p> <p>Problema específico: ¿Cómo se puede desarrollar un modelo matemático tridimensional de los elementos estructurales del edificio y la piscina utilizando técnicas de elementos finitos para simular su respuesta ante cargas sísmicas? ¿Cuál es el procedimiento adecuado para aplicar las cargas hidrostáticas e hidrodinámicas</p>	<p>Objetivo General Realizar el análisis estructural de un edificio con piscina para optimizar el diseño sismorresistente de los elementos estructurales en Amarilis, Huánuco, en 2023.</p> <p>Objetivos específicos Modelar matemáticamente los elementos estructurales del edificio multifamiliar, incluyendo la piscina, mediante técnicas de elementos finitos para comprender su comportamiento bajo cargas sísmicas. Aplicar cargas hidrostáticas e hidrodinámicas según las normativas pertinentes, como la ACI 350.3-06, para evaluar el impacto de la piscina en la</p>	<p>Hipótesis General Hi: Al aplicar técnicas de análisis lineal elástico y no lineal en el estudio del comportamiento sísmico de un edificio con piscina en Amarilis, Huánuco, se identificarán áreas críticas de diseño que podrán ser mejoradas para optimizar la seguridad y estabilidad de la estructura ante eventos sísmicos de alta magnitud.</p> <p>H0: Al aplicar técnicas de análisis lineal elástico y no lineal en el estudio del comportamiento sísmico de un edificio con piscina</p>	<p>Variable dependiente: Diseño sismorresistente</p> <p>Variable independiente: Modelo Matemático</p>	<p>Enfoque Será cuantitativo</p> <p>Alcance o nivel El alcance del proyecto es descriptivo.</p> <p>Diseño Es no experimental</p>	<p>Población La población para el presente proyecto está constituida por el diseño estructural del edificio de 5 niveles con piscina, Amarilis - Huánuco -2023.</p> <p>Muestra La Muestra para el presente proyecto está constituida por el diseño estructural del edificio de 5 niveles con piscina, Amarilis - Huánuco -2023.</p>

según las normativas como la ACI 350?3-06 en el modelo estructural del edificio con piscina, y cómo se pueden identificar las áreas críticas de diseño en términos de respuesta sísmica?

¿Cuál es la metodología más adecuada para comparar y analizar los resultados del análisis estructural bajo cargas sísmicas utilizando técnicas de análisis lineal elástico y no lineal, y cómo se pueden identificar las mejoras necesarias en el diseño sismorresistente de los elementos estructurales del edificio?

respuesta sísmica del edificio y determinar áreas críticas de diseño.

Comparar y analizar los resultados del análisis estructural bajo cargas sísmicas utilizando técnicas de análisis lineal elástico y no lineal, identificando mejoras necesarias en el diseño sismorresistente de los elementos estructurales del edificio.

en Amarilis, Huánuco, se identificarán áreas críticas de diseño que no podrán ser mejoradas para optimizar la seguridad y estabilidad de la estructura ante eventos sísmicos de alta magnitud.

ANEXO 2

PLANOS DE LOCALIZACIÓN DE TERRENO

Figura 26

Localización de terreno



Figura 27
Arquitectura 1

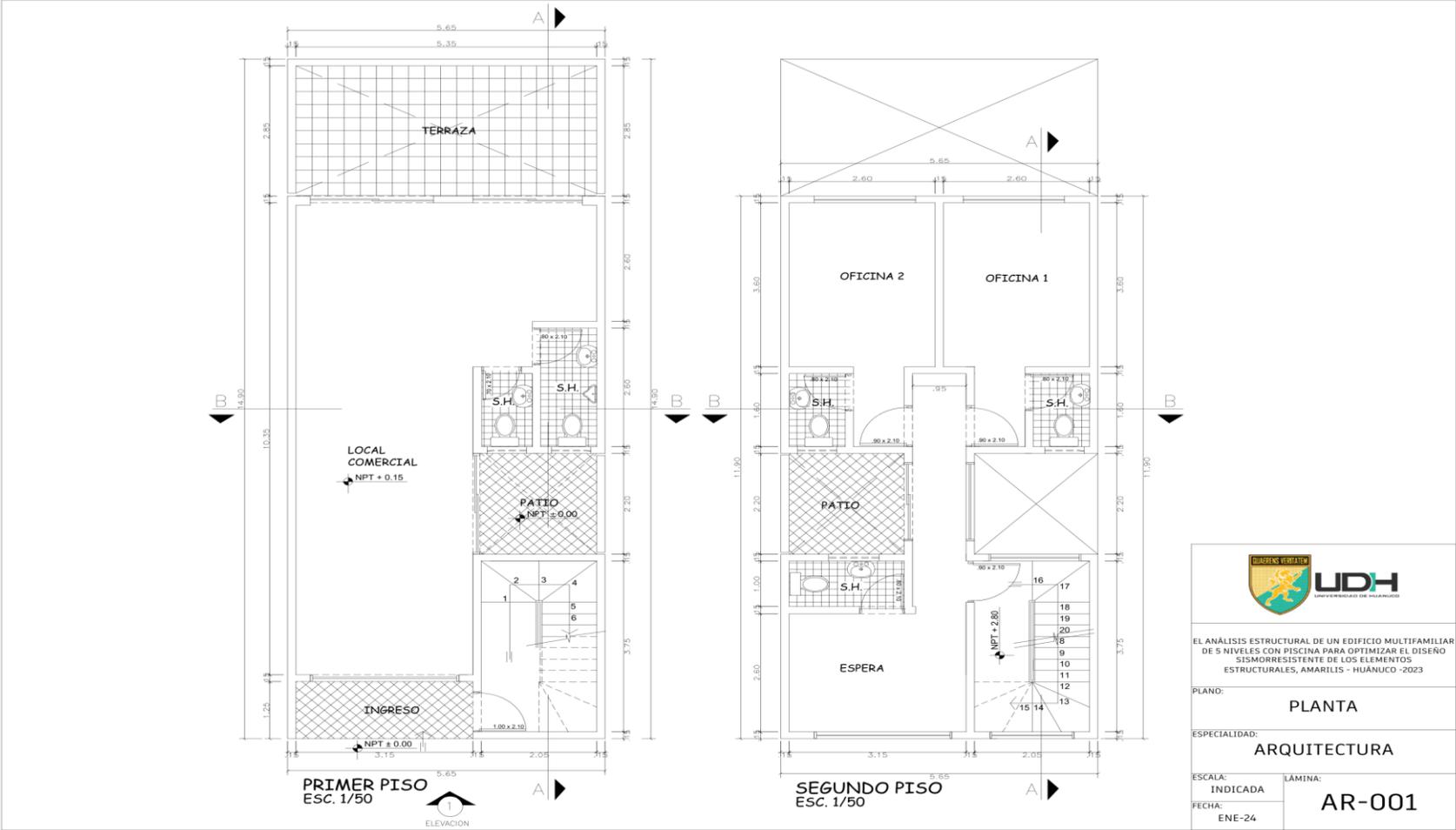


Figura 28
Arquitectura 2

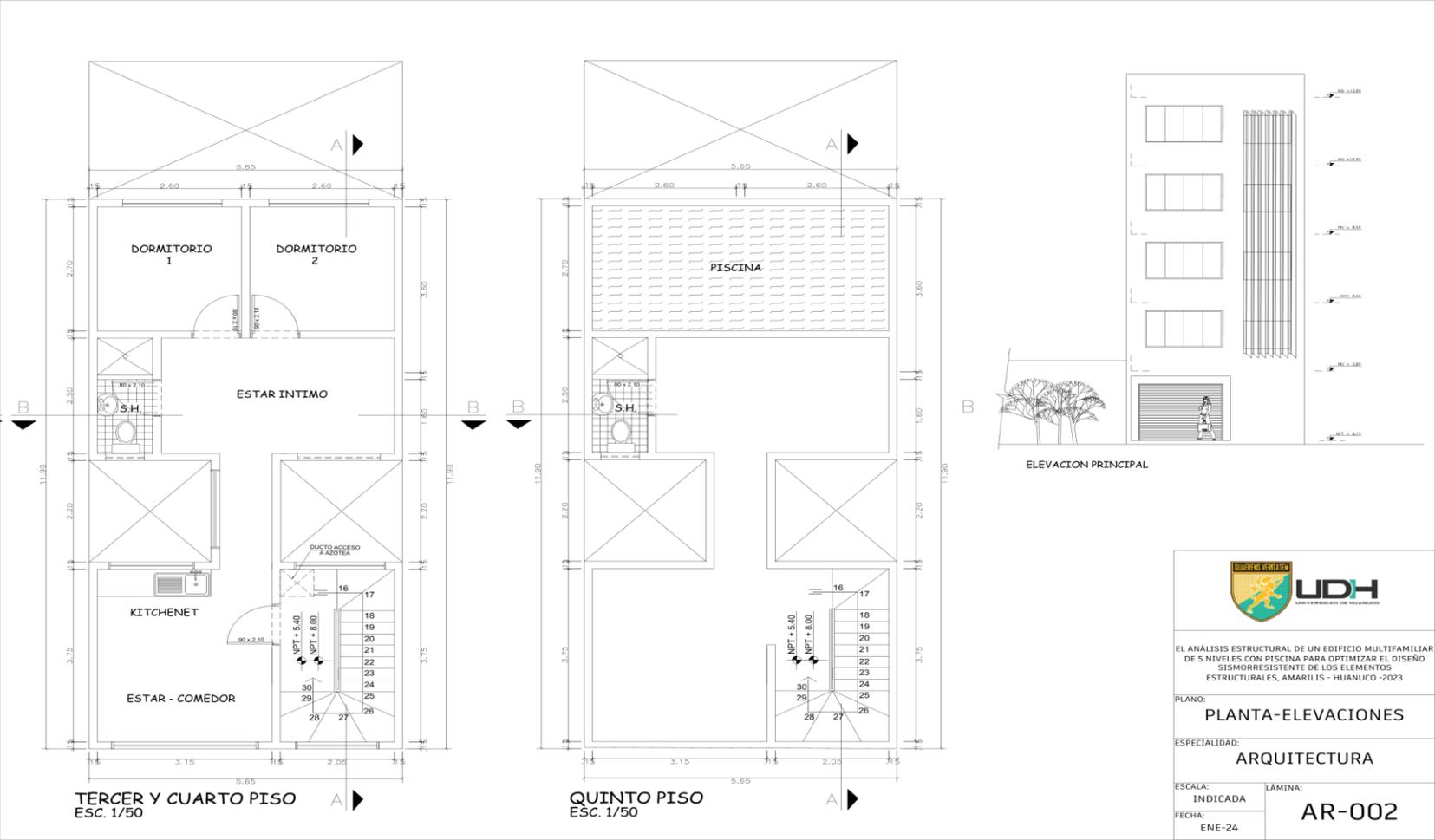


Figura 29
Estructuras 1

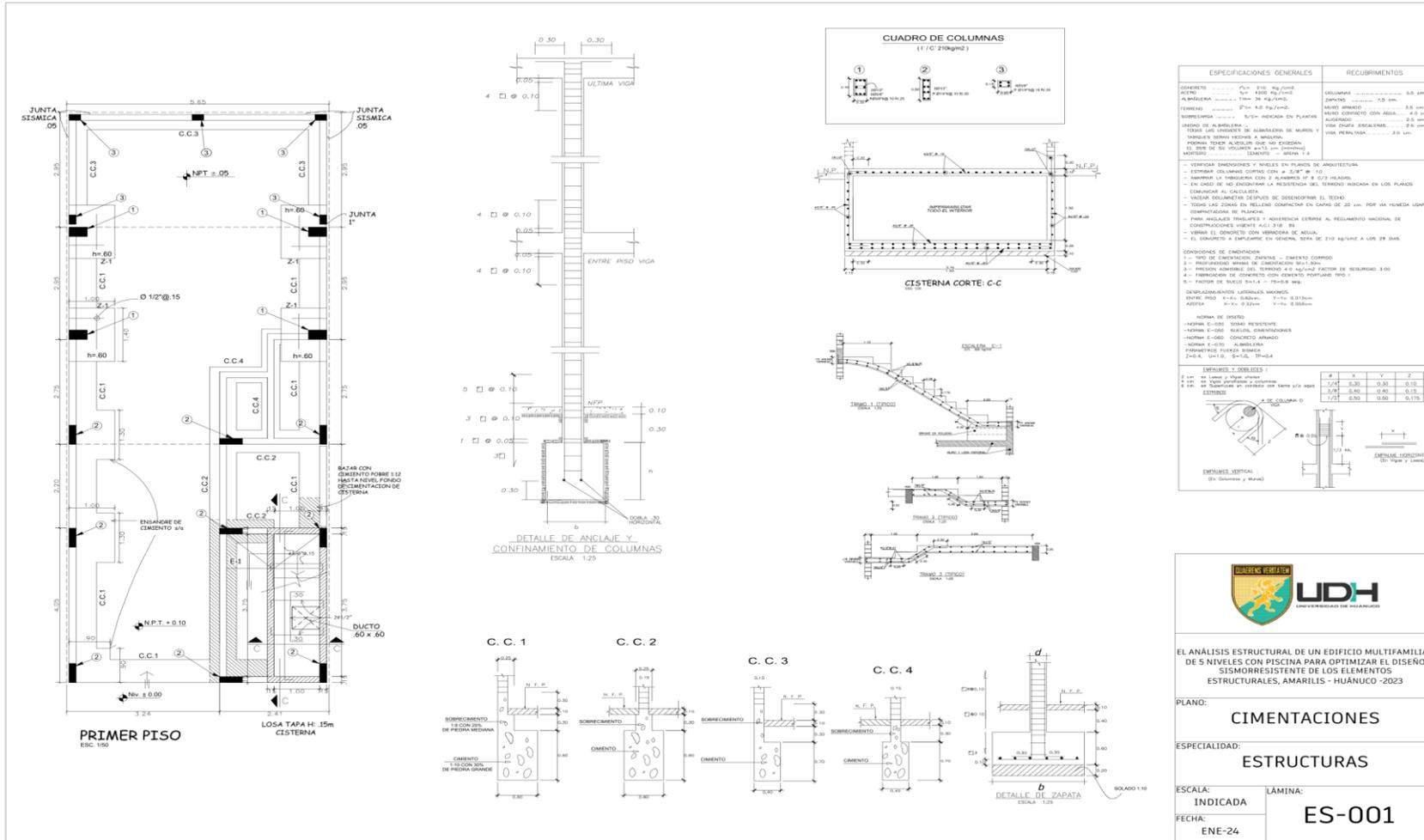
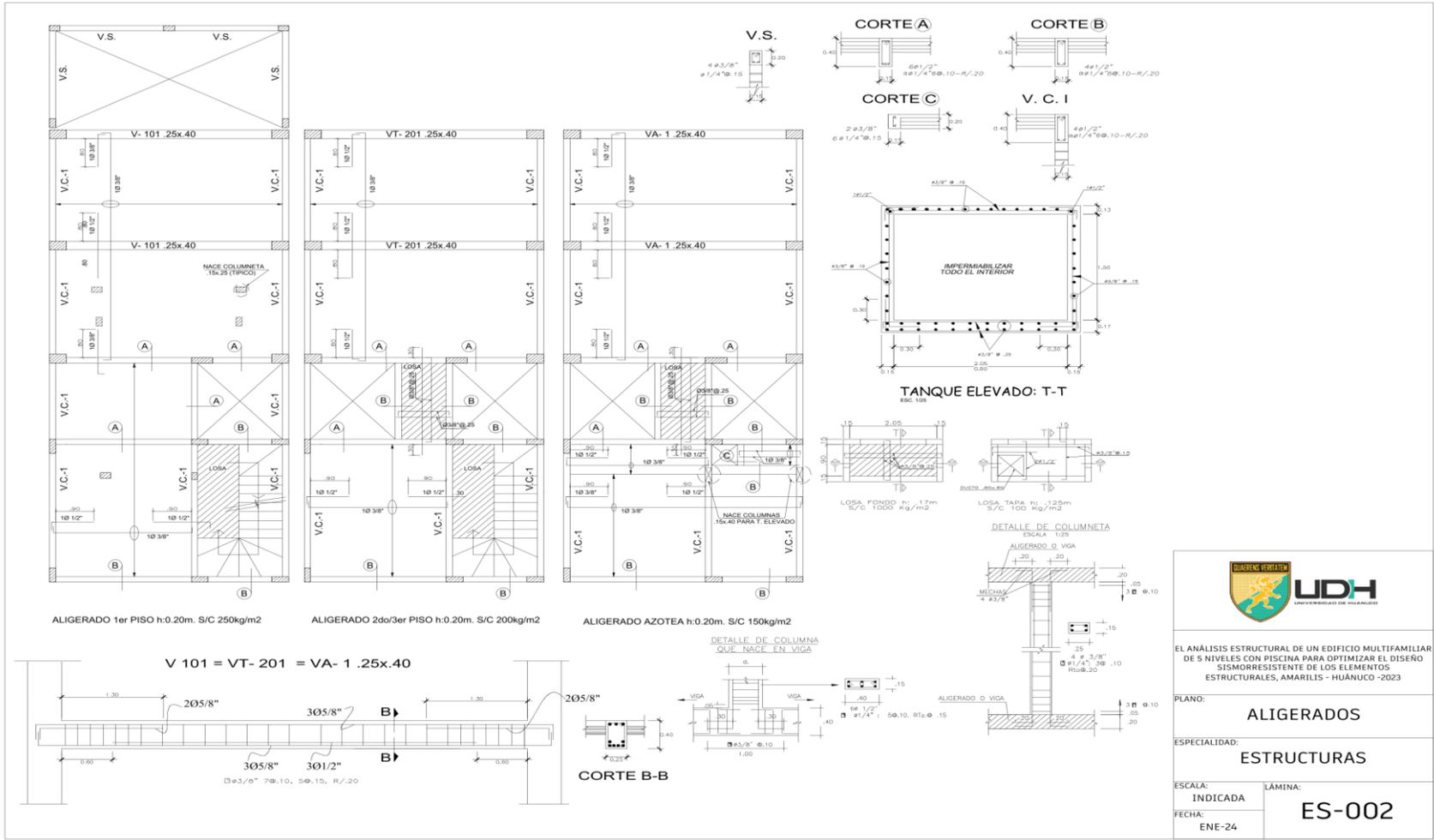


Figura 30
Estructuras 2



EL ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 5 NIVELES CON PISCINA PARA OPTIMIZAR EL DISEÑO SISMORRESISTENTE DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES, AMARILIS - HUÁNUCO - 2023	
PLANO:	ALIGERADOS
ESPECIALIDAD:	ESTRUCTURAS
ESCALA: INDICADA	LÁMINA: ES-002
FECHA: ENE-24	

Tabla 11

Desplazamiento de Centro de Masa

TABLE: Diaphragm Center Of Mass Displacements											
Story	Diaphragm	Output Case	Case Type	Step Type	UX	UY	RZ	Point	X	Y	Z
					m	m	rad		m	m	m
Story 5	D5	SXDIN	LinRespSpec	Max	0.005027	0.000526	0.000653	29	2.6558	6.993	14
Story 5	D5	SYDIN	LinRespSpec	Max	0.000595	0.005852	0.000144	29	2.6558	6.993	14
Story 4	D4	SXDIN	LinRespSpec	Max	0.004099	0.000471	0.000582	30	2.6824	6.2601	11.2
Story 4	D4	SYDIN	LinRespSpec	Max	0.000464	0.005246	0.000129	30	2.6824	6.2601	11.2
Story 3	D3	SXDIN	LinRespSpec	Max	0.003196	0.000376	0.000458	36	2.6824	6.2601	8.4
Story 3	D3	SYDIN	LinRespSpec	Max	0.000363	0.004192	0.000103	36	2.6824	6.2601	8.4
Story 2	D2	SXDIN	LinRespSpec	Max	0.002085	0.000251	0.000302	42	2.6824	6.2601	5.6
Story 2	D2	SYDIN	LinRespSpec	Max	0.000238	0.002795	0.000069	42	2.6824	6.2601	5.6
Story 1	D1	SXDIN	LinRespSpec	Max	0.000886	0.000109	0.000103	48	2.6824	6.2601	2.8
Story 1	D1	SYDIN	LinRespSpec	Max	0.000102	0.001205	0.000032	48	2.6824	6.2601	2.8

Tabla 12

Secciones del Modelo

TABLE: Frame Section Property Definitions - Summary																		
Name	Material	Shape	Color	Area	J	I33	I22	I23	As2	As3	S33P	S33N	S22P	S22N	Z33	Z22	R33	R22
				m ²	m ⁴	m ⁴	m ⁴	m ⁴	m ²	m ²	m ³	m	m					
C1-0.40X0.25	F ^c 280	Concrete Rectangular	Blue	0.100	0.001	0.001	0.000	0.000	0.083	0.083	0.067	0.067	0.042	0.042	0.010	0.006	0.015	0.072
C2-0.50X0.25	F ^c 280	Concrete Rectangular	Red	0.125	0.001	0.000	0.002	0.000	0.040	0.040	0.052	0.052	0.104	0.104	0.008	0.006	0.020	0.044
C3-0.25X0.25	F ^c 280	Concrete Rectangular	Orange	0.167	0.000	0.000	0.000	0.000	0.052	0.052	0.026	0.026	0.026	0.026	0.003	0.003	0.072	0.072
VP-0.25X0.40	F ^c 280	Concrete Rectangular	Orange	0.100	0.001	0.001	0.000	0.000	0.083	0.083	0.067	0.067	0.042	0.042	0.010	0.006	0.015	0.072

VS-	F _c 280	Concrete	167	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
0.15X		Rectangul	444	30	00	00	00	00	25	25	0.0	0.0	0.0	0.0	01	01	57	43
0.20		ar	48	0	1	1	1	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	5	1	7	3
VS-	F _c 280	Concrete	425	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0
0.25X		Rectangul	958	87	01	00	00	00	72	72	0.0	0.0	0.0	0.0	07	05	01	72
0.35		ar	4	5	0	9	5	0	9	9	0.0	0.0	0.0	0.0	7	5	0	2

Tabla 13

Valores de Espectro de Respuesta

TABLE: Functions - Response Spectrum - Peru NTE E030 2014									
Name	Period	Value	Seismic Zone	Occupation Category	Soil Type	Ia	Ip	R0	Damping Ratio
	sec								
E030-X	0	0.104167	2	C	S2	1	0.9	8	0.05
E030-X	0.1	0.104167							
E030-X	0.2	0.104167							
E030-X	0.3	0.104167							
E030-X	0.4	0.104167							
E030-X	0.5	0.104167							
E030-X	0.6	0.104167							
E030-X	0.7	0.089286							
E030-X	0.8	0.078125							
E030-X	0.9	0.069444							
E030-X	1	0.0625							
E030-X	1.2	0.052083							
E030-X	1.5	0.041667							
E030-X	1.7	0.036765							
E030-X	2	0.03125							
E030-X	2.5	0.02							
E030-X	3	0.013889							
E030-X	3.5	0.010204							
E030-X	4	0.007813							
E030-X	5	0.005							
E030-X	8	0.001953							
E030-X	11	0.001033							
E030-X	15	0.000556							
E030-Y	0	0.104167	2	C	S2	1	0.9	8	0.05
E030-Y	0.1	0.104167							
E030-Y	0.2	0.104167							
E030-Y	0.3	0.104167							
E030-Y	0.4	0.104167							
E030-Y	0.5	0.104167							
E030-Y	0.6	0.104167							
E030-Y	0.7	0.089286							
E030-Y	0.8	0.078125							
E030-Y	0.9	0.069444							
E030-Y	1	0.0625							
E030-Y	1.2	0.052083							
E030-Y	1.5	0.041667							
E030-Y	1.7	0.036765							

E030-Y	2	0.03125
E030-Y	2.5	0.02
E030-Y	3	0.013889
E030-Y	3.5	0.010204
E030-Y	4	0.007813
E030-Y	5	0.005
E030-Y	8	0.001953
E030-Y	11	0.001033
E030-Y	15	0.000556

Tabla 14

Casos de Carga

TABLE: Load Case Definitions - Summary	
Name	Type
PP	Linear Static
CV	Linear Static
Modal	Modal - Ritz
CM	Linear Static
CVT	Linear Static
SXDIN	Response Spectrum
SYDIN	Response Spectrum

Tabla 15

Casos de Combinación de Cargas

TABLE: Load Combination Definitions					
Name	Type	Is Auto	Load Name	SF	Notes
ENVOL	Envelope	No	UDConS1	1	
ENVOL			UDConS2	1	
ENVOL			UDConS3	1	
ENVOL			UDConS4	1	
ENVOL			UDConS5	1	
ENVOL			UDConS6	1	
ENVOL			UDConS7	1	
ENVOL			UDConS8	1	
UDConS1	Linear Add	No	PP	1.4	Dead [Strength]
UDConS1			CM	1.4	
UDConS2	Linear Add	No	PP	1.2	Dead + Live [Strength]
UDConS2			CV	1.6	
UDConS2			CM	1.2	
UDConS3	Linear Add	No	PP	1.2	Dead + Live + Roof Live [Strength]
UDConS3			CV	1.6	
UDConS3			CM	1.2	
UDConS3			CVT	0.5	

UDConS4	Linear Add	No	PP	1.2	Dead + Live + Roof Live [Strength]
UDConS4			CV	1	
UDConS4			CM	1.2	
UDConS4			CVT	1.6	
UDConS5	Linear Add	No	PP	1.3	Dead + Live + Response Spectrum [Strength]
UDConS5			CV	1	
UDConS5			CM	1.3	
UDConS5			SXDIN	1	
UDConS6	Linear Add	No	PP	1.3	Dead + Live + Response Spectrum [Strength]
UDConS6			CV	1	
UDConS6			CM	1.3	
UDConS6			SYDIN	1	
UDConS7	Linear Add	No	PP	0.8	Dead (min) + Response Spectrum [Strength]
UDConS7			CM	0.8	
UDConS7			SXDIN	1	
UDConS8	Linear Add	No	PP	0.8	Dead (min) + Response Spectrum [Strength]
UDConS8			CM	0.8	
UDConS8			SYDIN	1	

Tabla 16

Propiedades de Materiales

TABLE: Material Properties - General					
Material	Type	SymType	Grade	Color	Notes
F'c280	Concrete	Isotropic	f'c 4000 psi	Magenta	
F'y4200	Rebar	Uniaxial	Grade 60	Yellow	

Tabla 17

Ratios de Participación Modal

TABLE: Modal Participating Mass Ratios														
Case	Mode	Period	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY	Sum UZ	RX	RY	RZ	Sum RX	Sum RY	Sum RZ
		sec												
Moda I	1	0.428	0.238	0.510	0.000	0.238	0.510	0.000	0.118	0.075	0.095	0.118	0.075	0.095
Moda I	2	0.421	0.079	0.129	0.000	0.647	0.839	0.000	0.079	0.129	0.095	0.197	0.201	0.193
Moda I	3	0.333	0.009	0.022	0.000	0.826	0.841	0.000	0.009	0.022	0.639	0.197	0.221	0.833
Moda I	4	0.136	0.004	0.018	0.000	0.829	0.939	0.000	0.004	0.018	0.000	0.811	0.237	0.835
Moda I	5	0.130	0.006	0.048	0.000	0.918	0.943	0.000	0.006	0.048	0.018	0.837	0.723	0.853

Moda	6	0.104	0.02	0.00	0.00	0.944	0.944	0.000	0.00	0.11	0.09	0.839	0.837	0.944
			6	0	0				2	3	1			
Moda	7	0.077	0.00	0.03	0.00	0.944	0.979	0.000	0.07	0.00	0.00	0.914	0.838	0.945
			1	5	0				4	1	1			
Moda	8	0.071	0.02	0.00	0.00	0.973	0.980	0.000	0.00	0.06	0.00	0.916	0.900	0.951
			8	1	0				2	3	6			
Moda	9	0.057	0.00	0.00	0.00	0.980	0.980	0.000	0.00	0.02	0.03	0.916	0.920	0.981
			8	0	0				0	0	0			
Moda	10	0.054	0.00	0.01	0.00	0.981	0.995	0.000	0.06	0.00	0.00	0.982	0.922	0.981
			1	5	0				6	2	0			
Moda	11	0.049	0.01	0.00	0.00	0.993	0.996	0.000	0.00	0.05	0.00	0.985	0.975	0.983
			2	1	0				3	3	2			
Moda	12	0.043	0.00	0.00	0.00	0.993	0.999	0.000	0.01	0.00	0.00	0.996	0.975	0.983
			0	4	0				1	0	0			
Moda	13	0.040	0.00	0.00	0.00	0.994	1.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.997	0.978	0.986
			1	1	0				2	3	3			
Moda	14	0.039	0.00	0.00	0.00	0.999	1.000	0.000	0.00	0.01	0.01	0.998	0.995	0.997
			5	0	0				0	7	0			
Moda	15	0.031	0.00	0.00	0.00	1.000	1.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.998	0.998	1.000
			1	0	0				0	3	4			
Moda	16	0.015	0.00	0.00	0.00	1.000	1.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.998	0.998	1.000
			0	0	0				0	0	0			
Moda	17	0.012	0.00	0.00	0.00	1.000	1.000	0.000	0.00	0.00	0.00	1.000	0.998	1.000
			0	0	0				2	0	0			
Moda	18	0.008	0.00	0.00	0.00	1.000	1.000	0.000	0.00	0.00	0.00	1.000	1.000	1.000
			0	0	0				0	2	0			

Tabla 18

Derivas de Entrepiso

TABLE: Story Drifts									
Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift	Label	X	Y	Z
							m	m	m
Story6	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.00009	3	5.31	12.57	15.40
Story6	SXDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.00003	3	5.31	12.57	15.40
Story6	SYDIN	LinRespSpec	Max	X	0.00001	1	0.00	12.57	15.40
Story6	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.00004	1	0.00	12.57	15.40
Story5	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.00034	3	5.31	12.57	14.00
Story5	SXDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.00008	16	0.00	3.77	14.00
Story5	SYDIN	LinRespSpec	Max	X	0.00005	3	5.31	12.57	14.00
Story5	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.00024	14	5.31	0.00	14.00
Story4	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.00056	3	5.31	12.57	11.20
Story4	SXDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.00013	16	0.00	3.77	11.20
Story4	SYDIN	LinRespSpec	Max	X	0.00009	3	5.31	12.57	11.20
Story4	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.00040	8	5.31	6.22	11.20
Story3	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.00069	3	5.31	12.57	8.40
Story3	SXDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.00016	1	0.00	12.57	8.40
Story3	SYDIN	LinRespSpec	Max	X	0.00011	3	5.31	12.57	8.40
Story3	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.00053	14	5.31	0.00	8.40
Story2	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.00076	3	5.31	12.57	5.60

Story2	SXDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.00018	1	0.00	12.57	5.60
Story2	SYDIN	LinRespSpec	Max	X	0.00012	3	5.31	12.57	5.60
Story2	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.00060	8	5.31	6.22	5.60
Story1	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.00057	3	5.31	12.57	2.80
Story1	SXDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.00013	1	0.00	12.57	2.80
Story1	SYDIN	LinRespSpec	Max	X	0.00010	3	5.31	12.57	2.80
Story1	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.00046	14	5.31	0.00	2.80

Tabla 19

Esfuerzos por Piso

TABLE: Story Forces										
Story	Output Case	Case Type	Step Type	Location	P	VX	VY	T	MX	MY
					kgf	kgf	kgf	kgf-m	kgf-m	kgf-m
Story 6	SXDIN	LinRespSpec	Max	Top	0	903.49	75.30	10497.06	0.00	0.00
Story 6	SXDIN	LinRespSpec	Max	Bottom	0	903.49	75.30	10497.06	105.42	1264.88
Story 6	SYDIN	LinRespSpec	Max	Top	0	110.62	788.20	2703.68	0.00	0.00
Story 6	SYDIN	LinRespSpec	Max	Bottom	0	110.62	788.20	2703.68	1103.48	154.87
Story 5	SXDIN	LinRespSpec	Max	Top	0	5479.68	579.44	52261.06	105.42	1264.88
Story 5	SXDIN	LinRespSpec	Max	Bottom	0	5479.68	579.44	52261.06	1727.81	16548.49
Story 5	SYDIN	LinRespSpec	Max	Top	0	614.14	6099.55	19414.33	1103.48	154.87
Story 5	SYDIN	LinRespSpec	Max	Bottom	0	614.14	6099.55	19414.33	18182.12	1861.94
Story 4	SXDIN	LinRespSpec	Max	Top	0	9067.50	969.49	82134.92	1727.81	16548.49
Story 4	SXDIN	LinRespSpec	Max	Bottom	0	9067.50	969.49	82134.92	4401.83	41771.89
Story 4	SYDIN	LinRespSpec	Max	Top	0	996.55	10521.93	32929.71	18182.12	1861.94
Story 4	SYDIN	LinRespSpec	Max	Bottom	0	996.55	10521.93	32929.71	47472.19	4606.65
Story 3	SXDIN	LinRespSpec	Max	Top	0	11825.97	1274.94	105171.28	4401.83	41771.89
Story 3	SXDIN	LinRespSpec	Max	Bottom	0	11825.97	1274.94	105171.28	7903.20	74458.94
Story 3	SYDIN	LinRespSpec	Max	Top	0	1291.73	14008.08	43636.21	47472.19	4606.65
Story 3	SYDIN	LinRespSpec	Max	Bottom	0	1291.73	14008.08	43636.21	86261.22	8156.81

Story 2	SXDIN	LinRespSpec	Max	Top	0	13731.44	1490.29	121130.76	7903.20	74458.94
Story 2	SXDIN	LinRespSpec	Max	Bottom	0	13731.44	1490.29	121130.76	11979.13	112223.76
Story 2	SYDIN	LinRespSpec	Max	Top	0	1495.69	16432.69	51178.40	86261.22	8156.81
Story 2	SYDIN	LinRespSpec	Max	Bottom	0	1495.69	16432.69	51178.40	131595.54	12256.17
Story 1	SXDIN	LinRespSpec	Max	Top	0	14658.97	1596.34	128907.53	11979.13	112223.76
Story 1	SXDIN	LinRespSpec	Max	Bottom	0	14658.97	1596.34	128907.53	16345.72	152514.72
Story 1	SYDIN	LinRespSpec	Max	Top	0	1596.48	17599.43	54946.24	131595.54	12256.17
Story 1	SYDIN	LinRespSpec	Max	Bottom	0	1596.48	17599.43	54946.24	180132.46	16629.05

Tabla 20

Desplazamiento Centro de Masa – Modificado

TABLE: Diaphragm Center Of Mass Displacements											
Story	Diaphragm	Output Case	Case Type	Step Type	UX	UY	RZ	Point	X	Y	Z
					cm	cm	rad		cm	cm	cm
Story 5	D5	SXDIN	LinRespSpec	Max	0.4218	0.0169	0.000113	6	263.598	694.962	1400
Story 5	D5	SYDIN	LinRespSpec	Max	0.0164	0.5305	0.000028	6	263.598	694.962	1400
Story 5	D5	SXEST	LinStatic		0.4578	0.0029	0.000082	6	263.598	694.962	1400
Story 5	D5	SYEST	LinStatic		0.0037	0.5746	0.000025	6	263.598	694.962	1400
Story 4	D4	SXDIN	LinRespSpec	Max	0.3538	0.0142	0.000109	18	263.738	634.836	1120
Story 4	D4	SYDIN	LinRespSpec	Max	0.0139	0.4511	0.000025	18	263.738	634.836	1120
Story 4	D4	SXEST	LinStatic		0.3849	0.0032	0.000087	18	263.738	634.836	1120
Story 4	D4	SYEST	LinStatic		0.0035	0.4886	0.0000218	18	263.738	634.836	1120
Story 3	D3	SXDIN	LinRespSpec	Max	0.2626	0.0104	0.000086	29	263.738	634.836	840
Story 3	D3	SYDIN	LinRespSpec	Max	0.0117	0.3347	0.000019	29	263.738	634.836	840

Story 3	D3	SXEST	LinStatic		0.2857	-	-	29	263.738	634.836	840
Story 3	D3	SYEST	LinStatic		0.0035	0.3626	0.000014	29	263.738	634.836	840
Story 2	D2	SXDIN	LinRespSpec	Max	0.155	0.0061	0.000052	30	263.738	634.836	560
Story 2	D2	SYDIN	LinRespSpec	Max	0.0067	0.196	0.000011	30	263.738	634.836	560
Story 2	D2	SXEST	LinStatic		0.169	0.0018	0.000043	30	263.738	634.836	560
Story 2	D2	SYEST	LinStatic		0.0023	0.2127	0.000008	30	263.738	634.836	560
Story 1	D5	SXDIN	LinRespSpec	Max	0.052	0.002	0.000017	36	263.738	634.836	280
Story 1	D5	SYDIN	LinRespSpec	Max	0.0022	0.0643	0.000004	36	263.738	634.836	280
Story 1	D5	SXEST	LinStatic		0.0568	0.0006	0.000015	36	263.738	634.836	280
Story 1	D5	SYEST	LinStatic		0.0007	0.0701	0.000003	36	263.738	634.836	280

Tabla 21

Secciones – Modificado

TABLE: Frame Section Property																		
Definitions – Summary																		
Name	Material	Shape	Color	Area	J	I33	I22	I23	As2	As3	S33P	S33N	S22P	S22N	Z33	Z22	R33	R22
				cm ²	cm ⁴	cm ⁴	cm ⁴	cm ⁴	cm ²	cm ²	cm ³	cm	cm					
C1-0.40X0.25	F _c 280	Concrete Rectangular	Blue	100	1270	133333	52083.3	0	833.3	833.3	6666.7	6666.7	4166.7	4166.7	1000	6250	11.7	7.17
C2-0.50X0.25	F _c 280	Concrete Rectangular	Red	100	17892.8	65104.2	260416.7	0	41.7	41.7	5208.3	5208.3	1047	1047	785	155	7.17	4.4
C3-0.25X0.25	F _c 280	Concrete Rectangular	16708	62	55033.4	32552.1	32552.1	0	520.8	520.8	2604.2	2604.2	2604.2	2604.2	3906.3	3906.3	7.17	7.17

VP-0.25X0.40	F ^c 280	Concrete Rectangular	Ora nge	1 0 0 0	127 585. 4	133 333. 3	520 83.3	0	83 3.3	83 3.3	666 6.7	666 6.7	416 6.7	416 6.7	10 00 0	62 50 7	11. 54 7	7.2 17
VS-0.15X0.20	F ^c 280	Concrete Rectangular		167 444 48	3 0 0	122 100 5	562 0	0	25 0	25 0	100 0	100 0	750 750	750	15 00	11 25	5.7 74	4.3 3
VS-0.25X0.35	F ^c 280	Concrete Rectangular		425 958 4	8 7 5	102 424. 9	893 455 22.9	455 0 72.9	72 9.2	72 9.2	510 4.2	510 4.2	364 5.8	364 5.8	76 56. 3	54 68. 8	10. 10 4	7.2 17

Tabla 22

Espectro – Modificado

TABLE: Functions – Response Spectrum – Peru NTE E030 2014									
Name	Period	Value	Seismic Zone	Occupation Category	Soil Type	Ia	Ip	R0	Damping Ratio
	sec								
E030-X	0	0.138889	2	C	S2	1	0.9	6	0.05
E030-X	0.1	0.138889							
E030-X	0.2	0.138889							
E030-X	0.3	0.138889							
E030-X	0.4	0.138889							
E030-X	0.5	0.138889							
E030-X	0.6	0.138889							
E030-X	0.7	0.119048							
E030-X	0.8	0.104167							
E030-X	0.9	0.092593							
E030-X	1	0.083333							
E030-X	1.2	0.069444							
E030-X	1.5	0.055556							
E030-X	1.7	0.04902							
E030-X	2	0.041667							
E030-X	2.5	0.026667							
E030-X	3	0.018519							
E030-X	3.5	0.013605							
E030-X	4	0.010417							
E030-X	5	0.006667							
E030-X	8	0.002604							
E030-X	11	0.001377							
E030-X	15	0.000741							
E030-Y	0	0.138889	2	C	S2	1	0.9	6	0.05
E030-Y	0.1	0.138889							
E030-Y	0.2	0.138889							
E030-Y	0.3	0.138889							
E030-Y	0.4	0.138889							
E030-Y	0.5	0.138889							
E030-Y	0.6	0.138889							
E030-Y	0.7	0.119048							
E030-Y	0.8	0.104167							
E030-Y	0.9	0.092593							

E030-Y	1	0.083333
E030-Y	1.2	0.069444
E030-Y	1.5	0.055556
E030-Y	1.7	0.04902
E030-Y	2	0.041667
E030-Y	2.5	0.026667
E030-Y	3	0.018519
E030-Y	3.5	0.013605
E030-Y	4	0.010417
E030-Y	5	0.006667
E030-Y	8	0.002604
E030-Y	11	0.001377
E030-Y	15	0.000741

Tabla 23

Casos de Carga – Modificado

TABLE: Load Case Definitions – Summary	
Name	Type
PP	Linear Static
CV	Linear Static
Modal	Modal – Ritz
CM	Linear Static
CVT	Linear Static
SXDIN	Response Spectrum
SYDIN	Response Spectrum
PAGUA	Linear Static
EAGUA	Linear Static
SXEST	Linear Static
SYEST	Linear Static

Tabla 24

Combinaciones De Carga – Modificado

TABLE: Load Combination Definitions					
Name	Type	Is Auto	Load Name	SF	Notes
ENVOL	Envelope	No	UDConS1	1	
ENVOL			UDConS2	1	
ENVOL			UDConS3	1	
ENVOL			UDConS4	1	
ENVOL			UDConS5	1	
ENVOL			UDConS6	1	
ENVOL			UDConS7	1	
ENVOL			UDConS8	1	
UDConS1	Linear Add	No	PP	1.4	Dead [Strength]
UDConS1			CM	1.4	
UDConS2	Linear Add	No	PP	1.2	Dead + Live [Strength]
UDConS2			CV	1.6	
UDConS2			CM	1.2	

UDConS3	Linear Add	No	PP	1.2	Dead + Live + Roof Live [Strength]
UDConS3			CV	1.6	
UDConS3			CM	1.2	
UDConS3			CVT	0.5	
UDConS4	Linear Add	No	PP	1.2	Dead + Live + Roof Live [Strength]
UDConS4			CV	1	
UDConS4			CM	1.2	
UDConS4			CVT	1.6	
UDConS5	Linear Add	No	PP	1.3	Dead + Live + Response Spectrum [Strength]
UDConS5			CV	1	
UDConS5			CM	1.3	
UDConS5			SXDIN	1	
UDConS6	Linear Add	No	PP	1.3	Dead + Live + Response Spectrum [Strength]
UDConS6			CV	1	
UDConS6			CM	1.3	
UDConS6			SYDIN	1	
UDConS7	Linear Add	No	PP	0.8	Dead (min) + Response Spectrum [Strength]
UDConS7			CM	0.8	
UDConS7			SXDIN	1	
UDConS8	Linear Add	No	PP	0.8	Dead (min) + Response Spectrum [Strength]
UDConS8			CM	0.8	
UDConS8			SYDIN	1	

Tabla 25

Propiedad de Materiales – Modificado

TABLE: Material Properties - General				
Material	Type	SymType	Grade	Color
F'c280	Concrete	Isotropic	f'c 4000 psi	Magenta
F'y4200	Rebar	Uniaxial	Grade 60	Yellow

Tabla 26

Participación de Masa – Modificado

TABLE: Modal Participating Mass Ratios														
Case	Mode	Period	UX	UY	UZ	Su mU X	Su mU Y	Su mU Z	RX	RY	RZ	Su mR X	Su mR Y	SumR Z
		sec												
Modal	1	0.341	0.0008	0.7723	0	0.0008	0.7723	0	0.2785	0.0002	0.0000	0.2785	0.0002	0.0000
Modal	2	0.303	0.769	0.0007	0	0.769	0.0007	0	0.0003	0.278	0.0071	0.278	0.0071	0.0072
Modal	3	0.212	0.0044	0.0000	0	0.0044	0.0000	0	0.0000	0.0000	0.7582	0.0000	0.0000	0.7582

Mo dal	4	0.09 1	0.0002	0.1322	0	0.77 45	0.90 53	0	0.4887	0.0011	5.903E -07	0.76 76	0.27 94	0.7653
Mo dal	5	0.08 2	0.137	0.0004	0	0.91 15	0.90 56	0	0.001	0.4995	0.0003	0.76 86	0.77 88	0.7656
Mo dal	6	0.05 5	0.0001	0.0000 2555	0	0.91 15	0.90 57	0	0.0000 412	0.0003	0.1421	0.76 86	0.77 92	0.9077
Mo dal	7	0.04 2	0.0001	0.0522	0	0.91 16	0.95 78	0	0.1012	0.0002	0.0000 1904	0.86 99	0.77 93	0.9077
Mo dal	8	0.03 8	0.0509	0.0001	0	0.96 25	0.95 79	0	0.0002	0.1007	0.0003	0.87 0.88	0.88	0.9081
Mo dal	9	0.03 2	0	0.0004	0	0.96 25	0.95 83	0	0.0008	0	0	0.87 08	0.88	0.9081
Mo dal	10	0.03	5.883E- 07	0.0028	0	0.96 25	0.96 11	0	0.0097	8.623E -07	0.0000 01515	0.88 05	0.88	0.9081
Mo dal	11	0.02 5	0.0003	0.0000 4119	0	0.96 28	0.96 12	0	0.0001	0.0002	0.0521	0.88 07	0.88 02	0.9602
Mo dal	12	0.02 3	0.000005 179	0.0264	0	0.96 28	0.98 76	0	0.0848	0.0000 1649	0.0001	0.96 55	0.88 02	0.9603
Mo dal	13	0.02 3	0.0176	0.0000 1332	0	0.98 04	0.98 76	0	0.0000 415	0.0616	0.0001	0.96 55	0.94 18	0.9604
Mo dal	14	0.02 1	0.0085	0	0	0.98 88	0.98 76	0	0	0.0271	0.0019	0.96 55	0.96 89	0.9623
Mo dal	15	0.01 6	0.000026 11	0.0124	0	0.98 88	1	0	0.034	0.0001	0	0.99 95	0.96 9	0.9623
Mo dal	16	0.01 5	0.0109	0.0000 2802	0	0.99 98	1	0	0.0001	0.0297	0.0002	0.99 96	0.99 87	0.9625
Mo dal	17	0.01 4	0.0002	0.0000 03898	0	1	1	0	0.0000 1739	0.0006	0.013	0.99 96	0.99 93	0.9755
Mo dal	18	0.01	0.000000 541	0.0000 06061	0	1	1	0	0.0002	0.0000 01889	0.0001	0.99 98	0.99 93	0.9756

Tabla 27

Derivas de Entrepiso – Modificado

TABLE: Story Drifts									
Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift	Label	X	Y	Z
							cm	cm	cm
Story6	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.000107	222	531	1131.8	1540
Story6	SXDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.000018	160	106.2	1257	1540
Story6	SYDIN	LinRespSpec	Max	X	0.000031	222	531	1131.8	1540
Story6	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.000223	139	265.5	1257	1540
Story6	SXEST	LinStatic		X	0.000112	222	531	1131.8	1540
Story6	SYEST	LinStatic		Y	0.000236	139	265.5	1257	1540
Story5	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.00028	33	431	0	1400
Story5	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.000291	34	531	100	1400
Story5	SXEST	LinStatic		X	0.000253	33	431	0	1400
Story5	SYEST	LinStatic		Y	0.000313	34	531	100	1400
Story4	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.000374	29	431	1257	1120
Story4	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.000424	31	0	100	1120
Story4	SXEST	LinStatic		X	0.00039	29	431	1257	1120

Story4	SYEST	LinStatic		Y	0.000456	34	531	100	1120
Story3	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.000456	29	431	1257	840
Story3	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.000504	31	0	100	840
Story3	SXEST	LinStatic		X	0.000477	29	431	1257	840
Story3	SYEST	LinStatic		Y	0.000541	34	531	100	840
Story2	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.000441	29	431	1257	560
Story2	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.000477	31	0	100	560
Story2	SXEST	LinStatic		X	0.000464	29	431	1257	560
Story2	SYEST	LinStatic		Y	0.000514	34	531	100	560
Story1	SXDIN	LinRespSpec	Max	X	0.000222	29	431	1257	280
Story1	SYDIN	LinRespSpec	Max	Y	0.000233	31	0	100	280
Story1	SXEST	LinStatic		X	0.000235	29	431	1257	280
Story1	SYEST	LinStatic		Y	0.000253	34	531	100	280

Tabla 28

Esfuerzos de Corte

TABLE: Story Forces										
Story	Output Case	Case Type	Step Type	Location	P	VX	VY	T	MX	MY
					kgf	kgf	kgf	kgf-cm	kgf-cm	kgf-cm
Story6	SXDIN	LinRespSpec	Max	Top	0	912.26	42.83	1002464.9	0	0
Story6	SXDIN	LinRespSpec	Max	Bottom	0	912.26	42.83	1002464.9	5996.33	127716.75
Story6	SYDIN	LinRespSpec	Max	Top	0	30.92	937.55	264282.23	0	0
Story6	SYDIN	LinRespSpec	Max	Bottom	0	30.92	937.55	264282.23	131257.2	4328.46
Story6	SXEST	LinStatic		Top	0	-950.06	0.01	1045559.54	0	0
Story6	SXEST	LinStatic		Bottom	0	-950.06	0.01	1045559.54	-1.09	133008.75
Story6	SYEST	LinStatic		Top	0	0.04	-950.32	252357.41	0	0
Story6	SYEST	LinStatic		Bottom	0	0.04	-950.32	252357.41	133044.71	5.52
Story5	SXDIN	LinRespSpec	Max	Top	0	11268.3	410.7	8933123.05	5996.33	127716.75
Story5	SXDIN	LinRespSpec	Max	Bottom	0	11268.3	410.7	8933123.05	119846.91	3281606.63
Story5	SYDIN	LinRespSpec	Max	Top	0	397.67	11266.3	3381990.06	131257.2	4328.46
Story5	SYDIN	LinRespSpec	Max	Bottom	0	397.67	11266.3	3381990.06	328200.48	115539.32
Story5	SXEST	LinStatic		Top	0	11565.25	0.12	9089482.54	-1.09	133008.75

Stor y5	SXEST	LinStatic		Bottom	0	- 11565. 25	0.12	9089482.5 4	-33.87	- 3371278.6 2
Stor y5	SYEST	LinStatic		Top	0	0.18	11569. 87	- 3333330.7	133044.7 1	5.52
Stor y5	SYEST	LinStatic		Bottom	0	0.18	11569. 87	- 3333330.7	3372608. 2	55.52
Stor y4	SXDIN	LinRespS pec	Max	Top	0	20946. 91	733.42	15948848. 25	119846.9 1	3281606.6 3
Stor y4	SXDIN	LinRespS pec	Max	Bottom	0	20946. 91	733.42	15948848. 25	322429.9 7	9080456.8 3
Stor y4	SYDIN	LinRespS pec	Max	Top	0	713.58	21009. 26	6316444.8 2	3282002. 48	115539.32
Stor y4	SYDIN	LinRespS pec	Max	Bottom	0	713.58	21009. 26	6316444.8 2	9089966. 86	312410.96
Stor y4	SXEST	LinStatic		Top	0	- 22094. 74	0.3	16435501. 17	-33.87	- 3371278.6 2
Stor y4	SXEST	LinStatic		Bottom	0	- 22094. 74	0.3	16435501. 17	-118.67	- 9557805.2
Stor y4	SYEST	LinStatic		Top	0	0.38	22105. 35	- 6391281.0 9	3372608. 2	55.52
Stor y4	SYEST	LinStatic		Bottom	0	0.38	22105. 35	- 6391281.0 9	9562106. 9	162.05
Stor y3	SXDIN	LinRespS pec	Max	Top	0	28049. 41	960.11	21137826. 14	322429.9 7	9080456.8 3
Stor y3	SXDIN	LinRespS pec	Max	Bottom	0	28049. 41	960.11	21137826. 14	583093.8 1	16790754. 28
Stor y3	SYDIN	LinRespS pec	Max	Top	0	943.15	28203. 99	8488659.9 1	9089966. 86	312410.96
Stor y3	SYDIN	LinRespS pec	Max	Bottom	0	943.15	28203. 99	8488659.9 1	16842775 .7	566673.19
Stor y3	SXEST	LinStatic		Top	0	- 29997. 19	0.53	21948791. 32	-118.67	- 9557805.2
Stor y3	SXEST	LinStatic		Bottom	0	- 29997. 19	0.53	21948791. 32	-267	- 17957018. 79
Stor y3	SYEST	LinStatic		Top	0	0.65	30013. 73	- 8686645.4 7	9562106. 9	162.05
Stor y3	SYEST	LinStatic		Bottom	0	0.65	30013. 73	- 8686645.4 7	17965952 .59	344.38

Stor y2	SXDIN	LinRespS pec	Max	Top	0	32613. 73	1115.5 5	24457237. 61	583093.8 1	16790754. 28
Stor y2	SXDIN	LinRespS pec	Max	Bottom	0	32613. 73	1115.5 5	24457237. 61	882593.3 1	25712199. 26
Stor y2	SYDIN	LinRespS pec	Max	Top	0	1110.3 8	32782. 14	9873981.7 8	16842775 .7	566673.19
Stor y2	SYDIN	LinRespS pec	Max	Bottom	0	1110.3 8	32782. 14	9873981.7 8	25817744 .9	861676.17
Stor y2	SXEST	LinStatic		Top	0	- 35270. 35	- 0.74	25627718. 9	-267	17957018. 79
Stor y2	SXEST	LinStatic		Bottom	0	- 35270. 35	- 0.74	25627718. 9	-474.75	27832716. 18
Stor y2	SYEST	LinStatic		Top	0	0.92	35291. 96	- 10218554. 9	17965952 .59	344.38
Stor y2	SYEST	LinStatic		Bottom	0	0.92	35291. 96	- 10218554. 9	27847700	601.25
Stor y1	SXDIN	LinRespS pec	Max	Top	0	34491. 28	1186	25794089. 72	882593.3 1	25712199. 26
Stor y1	SXDIN	LinRespS pec	Max	Bottom	0	34491. 28	1186	25794089. 72	1202445. 62	35159740. 13
Stor y1	SYDIN	LinRespS pec	Max	Top	0	1186.1 6	34613. 15	10427477. 28	25817744 .9	861676.17
Stor y1	SYDIN	LinRespS pec	Max	Bottom	0	1186.1 6	34613. 15	10427477. 28	35309123 .01	1179356
Stor y1	SXEST	LinStatic		Top	0	- 37910. 31	- 0.87	27469522. 01	-474.75	27832716. 18
Stor y1	SXEST	LinStatic		Bottom	0	- 37910. 31	- 0.87	27469522. 01	-719.25	38447601. 93
Stor y1	SYEST	LinStatic		Top	0	1.09	37934. 97	- 10985593. 15	27847700	601.25
Stor y1	SYEST	LinStatic		Bottom	0	1.09	37934. 97	- 10985593. 15	38469491 .34	905.09

ANEXO 3 INSTRUMENTOS

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO FICHA DE RECOLECCION DE DATOS					
	TESIS:				
TESISTA: BACH.					
UBICACIÓN:					
FECHA:					
ENSAYO: ANÁLISIS GRANULOMETRICO DEL SUELO					
CALICATA:					
NTP: 339.128					
TAMIZ	DIAMETRO (mm)	PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	QUE PASA (%)
3"	76.2				
1 1/2"	38.1				
1"	25.4				
3/4"	19.05				
1/2"	12.7				
3/8"	9.525				
N°4	4.76				
N°10	2				
N°16	1.3				
N°30	0.59				
N°40	0.426				
N°50	0.297				
N°60	0.25				
N°100	0.149				
N°200	0.074				
CAZOLETA					
TOTAL					

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO FICHA DE RECOLECCION DE DATOS						
	TESIS:					
TESISTA: BACH.						
UBICACIÓN:						
FECHA:						
ENSAYO: CONTENIDO DE HUMEDAD						
CALICATA:						
NTP: 339.127						
DESCRIPCIÓN	M-01	M-02	M-03	M-04	M-05	PROMEDIO
Peso de Bandeja						
Peso natural húmedo + bandeja						
Peso natural seco + bandeja						
Peso natural húmedo						
Peso natural seco						
Contenido de Humedad						

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO					
FICHA DE RECOLECCION DE DATOS					
	TESIS:				
TESISTA:	BACH.				
UBICACIÓN:					
FECHA:					
ENSAYO:	LÍMITE LÍQUIDO				
CALICATA:					
NTP:	339.129				
DESCRIPCIÓN	M-01	M-02	M-03	M-04	M-05
Peso del tarro (gr)					
Peso del tarro + suelo húmedo (gr)					
Peso del tarro + suelo seco (gr)					
Peso del suelo húmedo (gr)					
Número de golpes					
Contenido de Humedad (%)					
LÍMITE LÍQUIDO (%)					

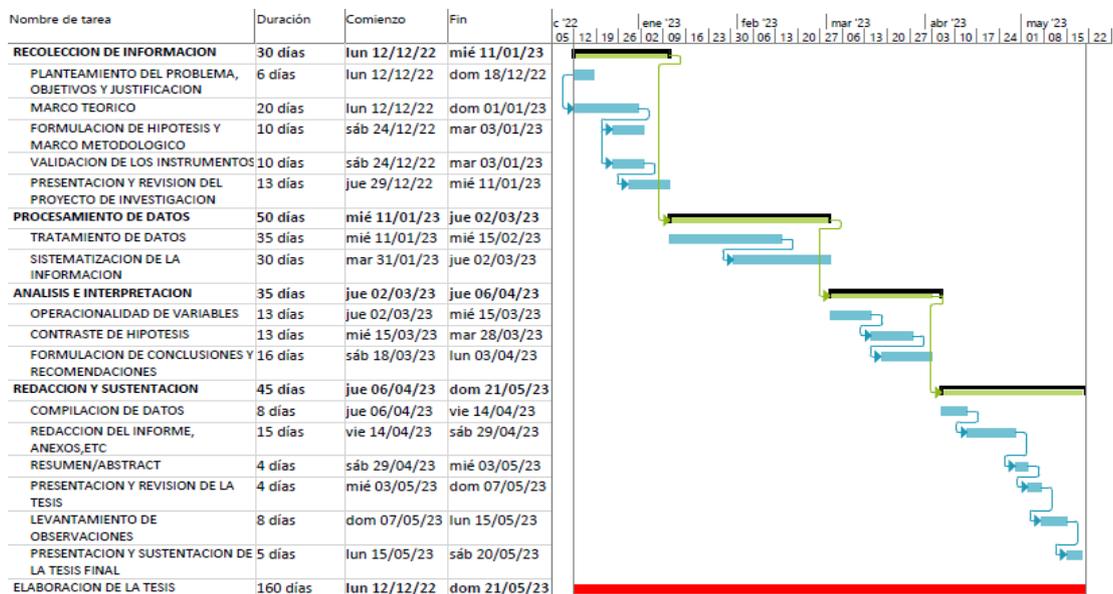
UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO					
FICHA DE RECOLECCION DE DATOS					
	TESIS:				
TESISTA:	BACH.				
UBICACIÓN:					
FECHA:					
ENSAYO:	LÍMITE PLASTICO				
CALICATA:					
NTP:	339.130				
DESCRIPCIÓN	M-01	M-02	M-03	M-04	M-05
Peso del tarro (gr)					
Peso del tarro + suelo húmedo (gr)					
Peso del tarro + suelo seco (gr)					
Peso del suelo húmedo (gr)					
Peso del suelo seco (gr)					
LÍMITE PLASTICO (%)					

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO					
FICHA DE RECOLECCION DE DATOS					
	TESIS:				
TESISTA:	BACH.				
UBICACIÓN:					
FECHA:					
ENSAYO:	PESO ESPECIFICO				
CALICATA:					
NTP:	339.131				
DESCRIPCIÓN	M-01	M-02	M-03	M-04	M-05
Peso del recipiente + muestra húmeda (gr)					
Peso del recipiente + muestra seca (gr)					
Peso del recipiente (gr)					
Peso del recipiente (gr)					
Volumen recipiente (gr)					
RESULTADOS					
Peso de la muestra húmeda (gr)					
Peso de la muestra seca (gr)					
Peso del agua (gr)					
Peso específico de la muestra húmeda (gr/m3)					
Peso específico de la muestra seca (gr/m3)					
Humedad (%)					

ANEXO 4

ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

Cronograma de Actividades



Presupuesto

RECURSOS FISICOS	
Útiles de escritorio (lapiceros, papel, reglas etc.)	S/ 100.00
Gastos alimentarios	S/ 50.00
Alquiler de internet	S/ 100.00
Libros	S/ 140.00
Otros materiales	S/ 50.00
Cámara digital	S/ 300.00
Estación total y GPS	S/ 400.00
Capacitaciones de SAFE y ETABS	S/ 350.00
Alquiler de movilidad	S/ 260.00
Estudio de suelos	S/ 800.00
Asistente de elaboración de planos	S/ 200.00
Fotocopias e impresiones, ploteos	S/ 50.00
Total, del presupuesto	S/ 2,800.00

Recursos humanos

Para la elaboración del presente trabajo investigativo se emplearon los siguientes recursos humanos:

- Asesor de tesis
- Autor de la tesis
- Ayudante de campo

Recursos materiales

Para la elaboración del presente trabajo investigativo se emplearon los siguientes recursos materiales:

- GPS
- Laptop
- Estación total
- Útiles de escritorio
- Libros y cuaderno de apuntes

Recursos financieros

Según el cuadro de presupuesto anteriormente mostrado, el gasto asciende a S/ 2,800.00 (dos mil ochocientos nuevos soles), el cual será cubierto por el autor de la tesis.

ANEXO 5 PANEL FOTOGRAFICO



En el área de estudio realizando mediciones



Realizando estacionamiento para levantamiento topográfico



Realizando mediciones dentro del área de estudio



Realizando mediciones topográficas