

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



**TESIS**

---

**“Evaluación del diseño sismoresistente con Cype 3D para la  
gestión de construcción de viviendas multifamiliares, Amarilis  
Huánuco – 2025”**

---

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA CIVIL

AUTORA: Acharte Funegra, Arlyn Amarish Arlety

ASESOR: Valdivieso Echevarria, Martin Cesar

HUÁNUCO – PERÚ

2026

# 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 Ingeniera Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

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

**DATOS DEL AUTOR:**

Documento Nacional de Identidad (DNI): 48055575

**DATOS DEL ASESOR:**

Documento Nacional de Identidad (DNI): 22416570

Grado/Título: Maestro en gestión pública

Código ORCID: 0000-0002-0579-5135

**DATOS DE LOS JURADOS:**

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Trujillo Ariza, Yelen Lisseth	Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental	70502371	0000-0002-5650-3745
2	Davila Herrera, Percy Mello	Maestro en ingeniería, con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible	41050949	0000-0001-5484-6982
3	Jara Trujillo, Alberto Carlos	Maestro en ingeniería, con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible	41891649	0000-0001-8392-1769



# UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

## Facultad de Ingeniería

### PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

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

En la ciudad de Huánuco, siendo las 15:00 horas del día viernes 27 de febrero de 2026, 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. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA	PRESIDENTE
❖ MG. PERCY MELLO DAVILA HERRERA	SECRETARIO
❖ MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO	VOCAL

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN No 0217-2026-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: "EVALUACIÓN DEL DISEÑO SISMORRESISTENTE CON CYPE 3D PARA LA GESTIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS MULTIFAMILIARES, AMARILIS – HUÁNUCO – 2025" presentado por el (la) Bachiller. Bach: Arlyn Amarish Arley ACHARTE FUNEGRA, 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 **13** y cualitativo de **SUFICIENTE** (Art. 47).

Siendo las **16:00** horas del día 27 del mes de febrero del año 2026, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

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

  
MG. PERCY MELLO DAVILA HERRERA  
DNI: 41050949  
ORCID: 0000-0001-5484-6982  
**SECRETARIO (A)**

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



## UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

### CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: ARLYN AMARISH ARLETY ACHARTE FUNEGRA, de la investigación titulada "EVALUACION DEL DISEÑO SISMORESISTENTE CON CYPE 3D PARA LA GESTIÓN DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS MULTIFAMILIARES, AMARILIS - HUÁNUCO - 2025", con asesor(a) MARTIN CESAR VALDIVIESO ECHEVARRIA, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 1129-2024-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 25 % 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, 27 de noviembre de 2025



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



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA  
D.N.I.: 71345687  
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

# 249. Acharte Funegra, Arlyn Amarish Arlety.docx

## INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>25%</b>	<b>25%</b>	<b>3%</b>	<b>9%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>repositorio.udh.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>5%</b>
<b>2</b>	<b>repositorio.unheval.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>5%</b>
<b>3</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>4%</b>
<b>4</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>4%</b>
<b>5</b>	<b>repositorio.upao.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>



RICHARD J. SOLIS TOLEDO  
D.N.I.: 47074047

cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA  
D.N.I.: 71345687

cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

## **DEDICATORIA**

Dedico esta investigación a mi madre, quien ha sido mi principal fuente de inspiración y motivación para alcanzar todas mis metas. Su enseñanza sobre la perseverancia me ha guiado a lo largo de mi carrera universitaria, ayudándome a superar los desafíos y a mantener el enfoque en mis objetivos.

También quiero expresar mi gratitud a Dios por brindarme la oportunidad de llevar a cabo este trabajo. Su apoyo ha sido fundamental en este camino, y reconozco que cada logro es el resultado de su guía y bendiciones. Esta tesis es un reflejo de los valores y principios que me han acompañado en mi desarrollo personal y académico.

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mis padres y hermanos, quienes siempre me han respaldado en cada una de mis decisiones profesionales. Su apoyo incondicional ha sido un pilar fundamental en mi trayectoria académica y personal.

Asimismo, quiero agradecerme a mi misma por demostrar valentía y perseverancia en el transcurso de mi vida universitaria, empleando esas mismas cualidades en mi vida laboral.

Finalmente, agradezco a mi asesor por su dedicación y orientación a lo largo del proceso de elaboración de mi tesis. Su disposición para compartir su tiempo y conocimientos ha sido invaluable y ha enriquecido significativamente mi trabajo.

# ÍNDICE

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO .....	III
ÍNDICE .....	IV
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
RESUMEN.....	XII
ABSTRACT .....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XIV
CAPÍTULO I.....	16
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	16
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	16
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	17
1.2.1. PROBLEMA GENERAL .....	17
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	17
1.3. OBJETIVOS .....	18
1.3.1. OBJETIVO GENERAL .....	18
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	18
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
1.4.1. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA .....	18
1.4.2. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA .....	19
1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA .....	19
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN .....	20
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
CAPÍTULO II.....	21
MARCO TEÓRICO .....	21
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	21
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES .....	23
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES.....	25
2.2. BASES TEÓRICAS .....	26
2.2.1. COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL .....	26
2.2.2. ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO.....	27

2.2.3. METRADO DE CARGAS .....	32
2.2.4. ANÁLISIS SISMORRESISTENTE.....	33
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES .....	71
2.4. HIPÓTESIS .....	72
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	72
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECIFICAS .....	72
2.5. VARIABLES .....	73
2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE .....	73
2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE.....	73
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	74
CAPÍTULO III.....	75
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	75
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	75
3.1.1. ENFOQUE .....	75
3.1.2. ALCANCE O NIVEL.....	75
3.1.3. DISEÑO.....	75
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	76
3.2.1. POBLACIÓN.....	76
3.2.2. MUESTRA .....	76
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	78
3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	78
3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS.....	79
3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS ....	80
CAPÍTULO IV .....	82
RESULTADOS .....	82
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS.....	82
4.1.1. ARQUITECTURA.....	82
4.1.2. PREDIMENSIONAMIENTO .....	88
4.1.3. MODELAMIENTO Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL.....	95
4.1.4. ANÁLISIS SISMORRESISTENTE.....	112
4.1.5. DISEÑO SISMORRESISTENTE .....	128
4.1.6. ANÁLISIS COMPARATIVO DE TIEMPO-COSTO .....	138

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	149
CAPÍTULO V .....	152
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	152
5.1. PRESENTAR LA CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	152
CONCLUSIONES .....	157
RECOMENDACIONES.....	158
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	159
ANEXOS .....	163

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Combinaciones de carga según ACI 318 .....	30
Tabla 2 Combinaciones de carga según N.T.E. E.060.....	31
Tabla 3 Cargas vivas mínimas según uso. ....	40
Tabla 4 Conceptos estructurales .....	44
Tabla 5 Planos para presentación de proyecto .....	45
Tabla 6 Factor de suelo .....	49
Tabla 7 Periodo TP y TL.....	49
Tabla 8 Sistemas Estructurales y Coeficiente Básico de Reducción .....	53
Tabla 9 Factor de Irregularidad estructural en altura.....	55
Tabla 10 Factor de Irregularidad estructural en planta.....	56
Tabla 11 Categoría y regularidad de las edificaciones.....	57
Tabla 12 Estimación del peso .....	58
Tabla 13 Valores máximos de la distorsión del entrepiso.....	63
Tabla 14 Sistema de variables-dimensiones e indicadores.....	74
Tabla 15 Peralte para Losas Aligeradas .....	90
Tabla 16 Variación de dimensiones Predimensionadas y optimizadas .....	106
Tabla 17 Datos generales de diseño .....	114
Tabla 18 Zonificación de diseño .....	115
Tabla 19 Factor de suelo "S" .....	115
Tabla 20 Periodos Tp y Tl.....	115
Tabla 21 Categoría de las edificaciones y factor de uso (U) .....	115
Tabla 22 Resumen de los parámetros .....	116
Tabla 23 Resumen de los parámetros .....	116
Tabla 24 Parámetros de cálculo en dirección X-X .....	116
Tabla 25 Parámetros de cálculo en dirección Y-Y .....	117
Tabla 26 Verificación de irregularidad de rigidez X-X.....	118
Tabla 27 Verificación de irregularidad de rigidez Y-Y.....	119
Tabla 28 Verificación de irregularidad de resistencia X-X .....	119
Tabla 29 Verificación de irregularidad de resistencia Y-Y .....	120
Tabla 30 Verificación de irregularidad de masa o peso.....	120
Tabla 31 Verificación de irregularidad de torsional en X-X.....	121
Tabla 32 Verificación de irregularidad de torsional en Y-Y.....	121

Tabla 33 Resumen de irregularidad en planta .....	121
Tabla 34 Resumen de irregularidad en altura .....	121
Tabla 35 Resumen de irregularidad en altura .....	122
Tabla 36 Verificación del sistema estructural X-X .....	123
Tabla 37 Verificación del sistema estructural Y-Y .....	123
Tabla 38 Tabla de periodos de la estructura .....	125
Tabla 39 Deriva máxima inelástica de piso .....	128
Tabla 40 Gestión de proyecto - sin CYPE 3D vs con CYPE 3D .....	148
Tabla 41 Gestión de proyecto - sin CYPE 3D vs con CYPE 3D .....	149
Tabla 42 Gestión de proyecto - sin CYPE 3D vs con CYPE 3D .....	152

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Sistema de pórtico mediante la acción de fuerzas .....	27
Figura 2 Zonificación sísmica .....	47
Figura 3 Para la presentación de datos .....	80
Figura 4 Diseño Arquitectónico del 1er nivel.....	85
Figura 5 Diseño Arquitectónico del 2do nivel .....	86
Figura 6 Diseño Arquitectónico del 3,4 y 5 nivel .....	87
Figura 7 Predimensionamiento de las columnas.....	91
Figura 8 Predimensionamiento de columna de 50X45.....	92
Figura 9 Predimensionamiento de columna de 50X35.....	93
Figura 10 Datos generales CYPE 3D .....	95
Figura 11 Normativas para el diseño sismorresistente.....	97
Figura 12 Espectro de cálculo E030 .....	97
Figura 13 Rejillas para el modelo en CYPE 3D.....	98
Figura 14 Vista 3D de las grillas en CYPE 3D .....	99
Figura 15 Propiedades de columna de 50X45-CYPE 3D.....	100
Figura 16 Propiedades de columna de 50x35-CYPE 3D .....	100
Figura 17 Propiedades de viga de 45x30- CYPE 3D .....	101
Figura 18 Propiedades de viga de 30x60-CYPE 3D .....	101
Figura 19 Propiedades de viga borde 20x20- CYPE 3D .....	102
Figura 20 Propiedades de losa aligerada unidireccional de 20cm - CYPE 3D .....	102
Figura 21 Propiedades de escalera de 17.5 cm.....	103
Figura 22 Vista 3D del modelamiento .....	104
Figura 23 Restricciones de la edificación.....	105
Figura 24 Espectro de respuesta en XX y YY .....	106
Figura 25 Cargas para la estructura .....	107
Figura 26 Cargas viva y muerta en los entresijos .....	108
Figura 27 Carga aplicada a las vigas.....	108
Figura 28 Carga sísmica.....	109
Figura 29 Combinaciones de carga .....	110
Figura 30 Brazos rígidos.....	111
Figura 31 Sismo en X-X y Y-Y .....	112

Figura 32 Vista frontal y lateral de la edificación .....	113
Figura 33 Planta Estructural 1er nivel / 4to nivel .....	113
Figura 34 Planta estructural de la azotea.....	113
Figura 35 Espectro de pseudo - aceleraciones X-X .....	117
Figura 36 Espectro de pseudo - aceleraciones Y-Y .....	118
Figura 37 Desplazamiento del modo 1.....	124
Figura 38 Desplazamiento del modo 2.....	124
Figura 39 Desplazamiento del modo 3.....	125
Figura 40 Deriva máximo elástica de entrepiso X-X.....	126
Figura 41 Deriva máximo elástica de entrepiso Y-Y.....	127
Figura 42 Resultados del diseño estructural .....	130
Figura 43 Vista 3D de las cimentaciones de la estructura.....	131
Figura 44 Vista en planta de las cimentaciones de la estructura.....	132
Figura 45 Verificación por punzonamiento de la estructura.....	133
Figura 46 Verificación por capacidad portante de la estructura.....	134
Figura 47 Verificación del acero longitudinal y transversal de la cimentación .....	135
Figura 48 Distribución del acero longitudinal y transversal de la cimentación .....	136
Figura 49 Tiempo de análisis estructural - sin CYPE 3D vs con CYPE 3D	139
Figura 50 Tiempo de diseño estructural - sin CYPE 3D vs con CYPE 3D..	141
Figura 51 Tiempo de elaboración de planos - sin CYPE 3D vs con CYPE 3D .....	142
Figura 52 Tiempo de elaboración de memoria de cálculo - sin CYPE 3D vs con CYPE 3D .....	144
Figura 53 Costo de elaboración de planos - sin CYPE 3D vs con CYPE 3D .....	145
Figura 54 Costo de elaboración de memoria de cálculo - sin CYPE 3D vs con CYPE 3D .....	147
Figura 55 tiempo de análisis estructural.....	149
Figura 56 Tiempo de diseño estructural.....	150
Figura 57 Tiempo de elaboración de planos .....	150
Figura 58 Tiempo de elaboración de memoria de calculo .....	150
Figura 59 Tiempo de costo de planos .....	151

Figura 60 Tiempo de costo de memoria de calculo.....	151
Figura 61 Resultados del diseño estructural .....	172

## RESUMEN

La presente tesis tuvo como objetivo general realizar el diseño estructural utilizando el software CYPE 3D, con el fin de optimizar la calidad en la gestión de la construcción de una vivienda multifamiliar en la ciudad de Huanuco. A partir de esta premisa, se llevó a cabo una exhaustiva investigación sobre el uso del CYPE 3D, encontrándose una escasa disponibilidad de recursos y documentación relacionada con este sistema en el ámbito local. Para el desarrollo del proyecto, se definió inicialmente la estructura de un edificio de cinco niveles y se procedió a predimensionar los elementos estructurales, basándose en los criterios establecidos por ingenieros expertos en el área. Se identificaron los parámetros sismorresistentes aplicables al sitio de construcción, de acuerdo con lo indicado en la norma E030. A continuación, se llevó a cabo el modelado estructural del edificio utilizando CYPE 3D, empleando el software tanto para la fase de modelado inicial como para el análisis estático y dinámico de la estructura. Posteriormente, se utilizó CYPE 3D para el diseño detallado de los elementos estructurales. Todo el proceso se desarrolló en estricta conformidad con las normativas nacionales de edificación, incluyendo la norma E030 (diseño sismorresistente), la norma E060 (estabilidad de estructuras) y la norma E020 (requisitos generales para el diseño estructural). De este modo, se garantizó que el proyecto no solo fuera viable desde el punto de vista estructural, sino que también cumpliera con los estándares de seguridad y eficiencia exigidos en el ámbito de la construcción. Como resultado, se concluyó que el uso de CYPE 3D permitió una reducción del 23.25% en el tiempo requerido para realizar el análisis sismorresistente. Además, el diseño sismorresistente mediante este software logró una disminución del 81.33% en el tiempo de ejecución. La elaboración de los planos estructurales también experimentó una disminución del 87.07% en el tiempo de desarrollo, mientras que el costo asociado a la elaboración de los mismos se redujo en un 68.42%.

**Palabras clave:** CYPE 3D, costo, tiempo, gestión de la construcción, calidad, análisis, diseño.

## ABSTRACT

This thesis aimed to carry out the structural design using the CYPE 3D software to enhance the quality of construction management for a multifamily housing project in the city of Huanuco. Based on this premise, an extensive investigation was conducted on the use of CYPE 3D, revealing a notable lack of resources and documentation related to this system in the local context. For the project development, the structure of a five-story building was initially defined, and the structural elements were preliminarily sized based on criteria proposed by expert engineers in the field. The seismic-resistant parameters applicable to the construction site were identified, in accordance with the provisions of standard E030. Subsequently, the structural modeling of the building was carried out using CYPE 3D, with the software being employed for both the initial modeling phase and the static and dynamic analysis of the structure. CYPE 3D was then used for the detailed design of the structural elements. The entire process was developed in strict compliance with national building regulations, including standard E030 (seismic-resistant design), standard E060 (structural stability), and standard E020 (general requirements for structural design). This ensured that the project was not only structurally feasible but also met the safety and efficiency standards required in the construction industry. As a result, it was concluded that the use of CYPE 3D reduced the time required for seismic analysis by 23.25%. Additionally, the seismic-resistant design achieved a significant time reduction of 81.33%. The preparation of structural drawings also saw an 87.07% reduction in development time, while the cost of producing these drawings was reduced by 68.42%.

**Keywords:** CYPE 3D, cost, time, construction management, quality, analysis, design.

## INTRODUCCIÓN

En la ciudad de Huánuco, muchas empresas constructoras emplean software de diseño que, aunque es esencial, a menudo puede extender considerablemente los tiempos necesarios para el análisis, diseño, y la elaboración de planos y memorias de cálculo. Este incremento en los tiempos de gestión puede dar lugar a retrasos significativos y a un aumento en los costos del proyecto. Para mitigar esta problemática, esta tesis propone la implementación del software CYPE 3D para el diseño sismorresistente, con el objetivo de optimizar la gestión de la construcción de viviendas multifamiliares. Este software no solo promete reducir el tiempo y los costos asociados a la elaboración de proyectos, sino que también asegura la seguridad y el cumplimiento de las normativas de análisis sismorresistente, como la norma E030 y la norma E060.

La investigación se estructura en seis capítulos:

Capítulo 1: Se presentará la situación problemática en la que se enmarca la investigación, formulando tanto los problemas específicos como el problema general. También se establecerán los objetivos y se justificará la relevancia de la investigación en tres niveles. Se planteará la hipótesis general y específica, así como las variables dependientes e independientes.

Capítulo 2: Este capítulo abordará los conceptos teóricos relevantes para la investigación, además de examinar antecedentes a nivel nacional, internacional y local que servirán como base para el estudio.

Capítulo 3: Aquí se describirá la población y la muestra de la investigación, el enfoque adoptado, el alcance del estudio, el diseño metodológico, así como los métodos y técnicas utilizados para la recolección de datos.

Capítulo 4: Se presentarán los resultados, comenzando con el diseño arquitectónico y continuando con el predimensionamiento de los elementos estructurales. Se definirán los parámetros sismorresistentes pertinentes al área de estudio, se modelará la estructura en el software CYPE 3D, se llevará

a cabo el análisis estructural y finalmente, se realizará el diseño de la estructura. Este capítulo también incluirá un análisis comparativo entre los resultados obtenidos al utilizar CYPE 3D y los resultados sin su uso.

Capítulo 5: En este capítulo se presentarán las conclusiones derivadas del análisis realizado y se ofrecerán recomendaciones prácticas basadas en los hallazgos de la investigación.

# CAPÍTULO I

## PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En el ámbito de la ingeniería civil, los proyectos frecuentemente enfrentan contratiempos durante su elaboración y ejecución, lo que puede llevar a un incremento en el presupuesto final y alteraciones en el cronograma previamente establecido. Estas complicaciones suelen deberse a la falta de criterio profesional o a imprevistos durante la fase de planificación, lo que podría provocar problemas futuros en la programación del proyecto (Villavicencio, 2020).

En el Perú, tanto las empresas inmobiliarias como las constructoras necesitan una gestión estratégica eficaz para manejar los riesgos y desafíos que afectan sus proyectos de construcción. Sin embargo, muchas de estas empresas enfrentan problemas en su gestión, como deficiencias en la planificación, capacidades constructivas inadecuadas, falta de seguridad en los sitios de trabajo, y problemas de comunicación y coordinación. Estas deficiencias pueden generar riesgos que afectan el cumplimiento de los objetivos del proyecto (Herrera, 2018).

En cuanto a la duración, los proyectos estructurales para edificaciones generalmente requieren un tiempo considerable para completarse adecuadamente en el campo. Estos proyectos se diseñan con herramientas especializadas como SAP2000 y ETABS, mientras que los planos se crean usando AUTOCAD. Debido a la complejidad de estos proyectos, a menudo se necesita contratar a varios diseñadores para cumplir con los plazos establecidos. Los informes técnicos, que se generan manualmente en Word y Excel, son parte del proceso estándar. Es importante señalar que, durante el diseño, los planos arquitectónicos pueden experimentar cambios frecuentes, lo que puede causar retrasos. Estas modificaciones deben evaluarse nuevamente e integrarse en los modelos computacionales para asegurar que los diseños se ajusten a las nuevas condiciones (Herrera, 2018).

Además, las incompatibilidades en los planos suelen ocurrir debido a representaciones gráficas erróneas o a falta de claridad en los detalles de los elementos, lo que genera discrepancias entre diferentes planos. Esto puede causar incertidumbre en el proceso de construcción, pérdida de tiempo y conflictos entre el cliente y el diseñador, resultando en pérdidas económicas (Ingunza, 2019).

La ciudad de Amarilis enfrenta una situación similar, ya que la mayoría de las constructoras en la región utilizan software de diseño que, aunque necesario, puede prolongar significativamente los tiempos de análisis y diseño, así como la elaboración de planos y memorias de cálculo. Este aumento en los tiempos de gestión de proyectos puede llevar a retrasos y mayores costos. En respuesta a esta problemática, el presente proyecto de tesis propone la implementación del software CYPE 3D para el diseño sismorresistente para mejorar la gestión de construcción de una vivienda multifamiliar. Este software tiene el potencial de optimizar el tiempo y los costos en la elaboración de proyectos, sin comprometer la seguridad y el cumplimiento de las normativas de análisis sismorresistente, como la norma E030 y la norma E060.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. PROBLEMA GENERAL**

¿Cómo implementar el software CYPE 3D para el diseño sismorresistente para mejorar la gestión de construcción de una vivienda multifamiliar, Amarilis – Huánuco – 2024?

### **1.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

¿Cómo realizar el análisis sismorresistente implementando el software CYPE 3D para mejorar la gestión de construcción de una vivienda multifamiliar, Amarilis – Huánuco – 2024?

¿Cómo realizar el diseño estructural implementando el software CYPE 3D para mejorar la gestión de construcción de una vivienda multifamiliar, Amarilis – Huánuco – 2024?

¿Cómo identificar el tiempo y costo implementando el software CYPE 3D para mejorar la gestión de construcción de una vivienda multifamiliar, Amarilis – Huánuco – 2024?

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Implementar el software CYPE 3D para el diseño sismorresistente para mejorar la gestión de construcción de una vivienda multifamiliar, Amarilis – Huánuco – 2024.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Realizar el análisis sismorresistente implementando el software CYPE 3D para mejorar la gestión de construcción de una vivienda multifamiliar, Amarilis – Huánuco – 2024.

Realizar el diseño estructural implementando el software CYPE 3D para mejorar la gestión de construcción de una vivienda multifamiliar, Amarilis – Huánuco – 2024.

Identificar el tiempo y costo implementando el software CYPE 3D para mejorar la gestión de construcción de una vivienda multifamiliar, Amarilis – Huánuco – 2024.

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

#### **1.4.1. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA**

El presente trabajo de investigación buscará mejorar y resolver los diversos problemas que actualmente afectan a los proyectos de edificación. La implementación del software CYPE 3D no solo contribuirá a elevar la calidad del análisis y diseño estructural de los proyectos, sino que también permitirá reducir el tiempo y los costos asociados con la elaboración de planos y memorias de cálculo.

Este software facilitará un diseño más preciso y eficiente,

optimizando el proceso de planificación y ejecución. A pesar de las mejoras en eficiencia, se mantendrá un enfoque riguroso en la calidad y seguridad requeridas para garantizar que las edificaciones sean sostenibles durante su vida útil. La investigación se centrará en cómo estas mejoras tecnológicas pueden integrarse de manera efectiva para asegurar que los proyectos no solo cumplan con los requisitos técnicos y normativos, sino que también optimicen los recursos y costos sin comprometer la integridad estructural y la durabilidad de las construcciones.

#### **1.4.2. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA**

El presente trabajo de investigación se basará en los conocimientos establecidos por las normas E030 y E060, y aplicará métodos teóricos y matemáticos alineados con estas normativas. La investigación generará una comprensión profunda y aplicada de las prácticas en obra, específicamente en la realización del diseño de edificios mediante el uso del software CYPE 3D.

El estudio analizará cómo los principios teóricos se traducen en soluciones prácticas y cómo el software puede optimizar el diseño estructural conforme a las normativas vigentes. Además, se abordará la integración de estos conocimientos en el proceso de diseño y ejecución, proporcionando una perspectiva integral que abarcará desde la planificación hasta la implementación en campo.

Este enfoque no solo aportará al desarrollo técnico y científico en el ámbito de la ingeniería civil, sino que también mejorará la gestión de proyectos al facilitar una aplicación más efectiva y precisa de las normativas. La investigación contribuirá a la optimización de recursos, la mejora de la calidad del diseño y la eficiencia en la ejecución, promoviendo una gestión más avanzada y eficaz en proyectos civiles.

#### **1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA**

Con el presente trabajo de indagación se pretende consolidar lo

aprendido en clases, con la finalidad de diseñar edificios con el Software CYPE 3D en la cual se contribuirá con la Gestión estratégica en proyectos en edificaciones, ahorrando tiempo, asegurando calidad y disminuyendo costos en su elaboración.

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

La principal limitante que se presentara será el factor económico, ya que la investigación requiere gastos los cuales se detallaran en el cuadro de presupuestos.

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

El presente trabajo de investigación aportará significativamente a la gestión estratégica en proyectos civiles, al implementar el software CYPE 3D. Este software no solo ofrecerá un análisis y diseño de alta calidad, alineado con las normas E030 y E060 actualizadas, sino que también optimizará el proceso de elaboración de planos y memorias de cálculo. La integración de estas herramientas permitirá reducir notablemente el tiempo requerido para estas tareas, facilitando una mayor eficiencia en la fase de planificación.

Además, al reducir el tiempo de procesamiento, se logrará una mejor gestión del cronograma del proyecto, permitiendo una ejecución más ágil y efectiva. En el contexto de la ejecución de proyectos civiles, donde el tiempo es un recurso extremadamente valioso y limitado, esta mejora en la eficiencia será crucial para cumplir con los plazos establecidos y minimizar los costos asociados. De esta manera, la investigación contribuirá a una gestión más eficiente y estratégica de los proyectos, optimizando recursos y mejorando la calidad de los resultados finales.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

##### 2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Ethel (2019) en su tesis titulado: “*Impacto económico y medio ambiental del diseño de estructuras en edificios de hormigón armado*”; presentada a la Universidad Central del Ecuador; el presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal realizar un análisis exhaustivo de los cálculos, costos y presupuestos de la superestructura de dos edificios, con el fin de evaluar su viabilidad estructural y económica. Para ello, se llevarán a cabo verificaciones detalladas de la calidad del hormigón armado, del área de acero y otros aspectos relevantes, con un análisis del impacto de estos factores tanto en los costos del proyecto como en el medio ambiente. En cuanto a las conclusiones del estudio, se establece que la evaluación de diversas alternativas para el diseño y análisis de la estructura, mediante el uso del software CYPE 3D, permitirá optimizar los diseños desde múltiples perspectivas. Este enfoque considera no solo la factibilidad técnica, sino también la eficiencia económica y, fundamentalmente, la sostenibilidad ambiental de los proyectos. Además, el desarrollo de este trabajo facilitará la incorporación de herramientas de software profesional en la práctica diaria de la ingeniería civil, lo que potenciará la formación académica y técnica de los involucrados. La experiencia adquirida en la formulación de modelos estructurales servirá como un valioso recurso para futuras iniciativas, al permitir a los ingenieros abordar desafíos complejos de manera más efectiva y responsable. En resumen, este trabajo no solo busca contribuir al avance del conocimiento técnico en el diseño estructural, sino también fomentar una cultura de sostenibilidad y responsabilidad social en la ingeniería civil, asegurando que las futuras edificaciones no solo sean viables desde el punto de vista estructural y económico, sino que también respeten y protejan el entorno en el que se

ubican.

Román (2020) en su tesis titulado: “*Diseño sismorresistente de un edificio de hormigón armado con el sistema de losa prefabricada con vigas peraltadas utilizando el programa SAP2000 y comparación de resultados con el programa CYPE*”; presentada a la Universidad Central del Ecuador; el objetivo principal de este trabajo de investigación es diseñar un dormitorio para una ciudadela universitaria en la región de Urququí, provincia de Imbabura. La estructura constará de 32 columnas, dos entresijos, una terraza sin pino y un techo inclinado. El diseño se llevará a cabo utilizando dos programas de cálculo estructural, en los cuales se ingresarán los mismos datos iniciales, parámetros geométricos y criterios de diseño para generar modelos informáticos consistentes. El diseño sísmico se ajustará a las normativas de construcción ecuatorianas, incluyendo NECSEDS (riesgo sísmico), NECSECG (carga no sísmica), NECSEHM (concreto reforzado) y el código ACI 31808 para requisitos de construcción en concreto estructural. A partir del análisis de los resultados, se obtienen las siguientes conclusiones: la carga reactiva total de la estructura, evaluada mediante cálculos manuales y los programas de software, será aproximadamente de 1,100 toneladas. Esta carga genera un cortante base estático de 200 toneladas y un cortante base dinámico de 175 toneladas, con ligeras variaciones entre ambos métodos. Los resultados obtenidos de ambos programas mostrarán consistencia, con una participación de masa acumulada que superará el 99% en la tercera participación vibratoria en ambas direcciones. No obstante, se notarán diferencias en las duraciones fundamentales calculadas en cada programa, ya que el software CYPE únicamente incorpora la norma NEC11 en su base de datos. Para alinearse con el estándar NECSEDS, será necesario determinar los factores de corrección y aplicarlos al espectro de respuesta ingresado en CYPE, de modo que se ajuste adecuadamente esta discrepancia. Este enfoque integral asegurará un diseño sólido y seguro que cumpla con las normativas vigentes, garantizando la estabilidad de la edificación frente a eventos sísmicos.

Cachipiendo (2020) en su tesis titulado: “*Diseño sismorresistente del edificio de oficinas en hormigón armado*”; presentada a la Universidad Politécnica Salesiana; el presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal llevar a cabo el diseño sismorresistente de un edificio de concreto armado de cinco niveles, destinado a oficinas, ubicado en Magdalena, en el Distrito Metropolitano de Quito, Ecuador. En este estudio, se calcularán las dimensiones de la sección transversal de los componentes estructurales del edificio, considerando las cargas gravitacionales. Posteriormente, se utilizará el software CYPE 3D para diseñar los pórticos de la edificación, siguiendo las normativas ecuatorianas NEC y la normativa internacional ACI. Las conclusiones de este trabajo son las siguientes: el cálculo estructural inicial de las secciones transversales, basado en las cargas gravitacionales, permitió ingresar las dimensiones predimensionadas en el software CYPE 3D. Este programa realizará el análisis y diseño sismorresistente de la estructura. Sin embargo, se identificó la necesidad de ajustar algunas dimensiones de los elementos estructurales para cumplir completamente con las normas NEC y ACI. Tras realizar estos ajustes y utilizando nuevamente el software CYPE 3D, se verificó que todas las modificaciones cumplieran con las normativas vigentes, garantizando así la seguridad y estabilidad del edificio frente a posibles eventos sísmicos.

### **2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES**

Saavedra (2019) en su tesis titulado: “*Diseño con CYPE 3D para la gestión estratégica de proyectos en edificaciones*”; presentada a la Universidad Cesar Vallejo; El presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal contribuir a la Dirección Estratégica de Proyectos mediante el diseño de un edificio de cinco niveles, utilizando el software CYPE 3D en el contexto de la empresa INMOBILIARIA CAPELLI S.A.C. en Chiclayo. Se identifica como problema central el desafío relacionado con la gestión del tiempo, costo y calidad en la elaboración de planos, informes de cálculo y análisis de diseño estructural, lo que afecta la confiabilidad de los proyectos de ingeniería. Este estudio, de tipo

aplicado-descriptivo, emplea estimaciones descriptivas para evaluar la propuesta. La información relevante se recopilará mediante herramientas de campo, con el objetivo de resaltar y demostrar el impacto de la propuesta. Las conclusiones de este trabajo son las siguientes: la implementación del software CYPE 3D en el diseño del edificio de cinco niveles mejora significativamente el análisis y diseño de la estructura, así como la elaboración de memorias de cálculo y la planificación del proyecto. Esta herramienta contribuye a una mayor fiabilidad de los resultados, logrando reducir los tiempos de diseño en 80,67 horas y los costos en 1,583.33 nuevos soles, todo mientras asegura la calidad en la interacción suelo-estructura, el análisis y diseño estructural, y la confiabilidad del resultado. La aplicación del software CYPE 3D optimiza la gestión del tiempo y los costos tanto en el diseño como en la ejecución, residencia y supervisión de la obra.

Ingunza (2019) en su tesis titulado: “*Gestión de proyectos para la reducción de riesgos en la planificación de edificios multifamiliares*”; presentada a la Universidad de San Martín de Porres; el presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal gestionar un proyecto centrado en la reducción de riesgos en la planificación del edificio Velasco Astete en San Borja, utilizando los Lineamientos del PMBOK. Las Directrices del PMBOK (2012) actúan como una herramienta de referencia para las mejores prácticas en la gestión, administración y dirección de proyectos, y se han aplicado en el proceso de planificación de la gestión de riesgos. Las conclusiones de este trabajo son las siguientes: durante el análisis de riesgos, se identificó que el 50% de los riesgos son significativos, el 30% son moderados y el 20% son aceptables. En el proceso de planificación de las respuestas a los riesgos, se estima que el 45% de los riesgos se podrán evitar, el 39% se minimizarán y el 20% se aceptarán. En consecuencia, la planificación de la gestión de riesgos puede optimizarse mediante una definición clara de la dirección del proyecto, el desarrollo de un acta de constitución y el establecimiento de un registro de partes interesadas. Además, se observó que el 44% del proceso de planificación se implementó de

manera efectiva en el proyecto.

Mandujano (2021) en su tesis titulado: “*Gestión estratégica para lograr ventaja competitiva. Caso sector inmobiliario*”; presentada a la Universidad Nacional de Educación; el presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal posicionar favorablemente a las empresas en el mercado, contribuyendo a su supervivencia y competitividad. Para lograr un crecimiento óptimo en el entorno comercial, es esencial que las empresas implementen herramientas que faciliten este proceso. Una de las estrategias recomendadas es la dirección estratégica, que proporciona un enfoque integral para analizar, comprender y mejorar los procesos organizacionales de manera más humana. A partir del análisis del caso de estudio, se obtuvieron las siguientes conclusiones: se identificaron varias falencias que sugieren la necesidad de que futuros investigadores estudien la aplicación de estrategias de gestión estratégica para crear ventajas competitivas en contextos organizacionales específicos. Este enfoque permitirá identificar herramientas efectivas para diagnosticar y resolver los problemas que enfrentan las organizaciones. Además, se recomienda fomentar la mejora continua del talento humano dentro de la empresa. El personal debe ser capaz de identificar y atraer a los mejores profesionales del sector de la construcción, incluidos graduados de universidades. Esta estrategia fortalecerá a la empresa con individuos capacitados y comprometidos con la visión y misión organizacional, impulsando así la innovación continua. Como resultado, se logrará reducir el tiempo de construcción y el costo por metro cuadrado, mejorando la eficiencia y competitividad de la organización.

### **2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES**

Actualmente, la Universidad Nacional Hermilio Valdizán (Unheval) y la Universidad de Huánuco (UDH), las principales instituciones de educación superior en la región de Huánuco, no cuentan con tesis ni estudios específicos relacionados con el tema de investigación tratado en este trabajo. Esta falta de investigaciones previas resalta la necesidad

de llevar a cabo un estudio exhaustivo y actualizado sobre el tema, lo que permitirá cerrar un vacío en la literatura académica local y contribuir al desarrollo del conocimiento en la región.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1. COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL**

De acuerdo con la norma E030 (2019), el desplazamiento lateral relativo se define como la diferencia de desplazamiento lateral entre dos niveles consecutivos de una estructura, y es un factor crítico a considerar durante el análisis de respuesta sísmica. Este desplazamiento se calcula utilizando la siguiente expresión:

$$\Delta i = \delta_i - \delta_{i-1}$$

Donde:

$\Delta i$ : desplazamiento lateral relativo del nivel  $i$ .

$\delta_i$ ,  $\delta_{i-1}$ : desplazamientos laterales en los niveles  $i$  e  $i-1$ , respectivamente.

El análisis del desplazamiento lateral relativo es fundamental para entender cómo se comporta la estructura bajo las fuerzas sísmicas, ya que permite identificar las deformaciones entre diferentes niveles y, por ende, evaluar la integridad estructural.

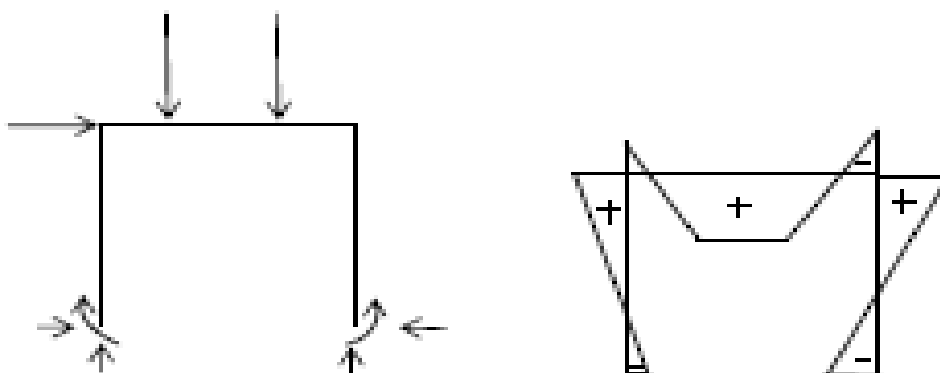
Asimismo, la norma E030 (2019) establece que el comportamiento estructural de una edificación es una representación idealizada de su respuesta ante cargas y condiciones mecánicas. Esta representación se obtiene a partir de un modelo matemático diseñado específicamente para cada tipo de estructura. A través de este modelo, es posible calcular los esfuerzos y deformaciones internas que se generan en la estructura durante un evento sísmico.

La implementación de estos modelos matemáticos permite a los ingenieros civiles simular escenarios de carga y evaluar cómo diferentes

elementos estructurales responderán ante estas solicitaciones, lo que es crucial para garantizar la seguridad y funcionalidad de las edificaciones en zonas sísmicamente activas. Este enfoque basado en la norma E030 asegura que las estructuras sean diseñadas con un nivel adecuado de seguridad, cumpliendo con los estándares establecidos para la mitigación de riesgos sísmicos.

**Figura 1**

*Sistema de pórtico mediante la acción de fuerzas*



*Fuente. Singer (1987)*

## 2.2.2. ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO

Según la Norma E030 (2019), todos los elementos de hormigón armado o concreto armado que integran un sistema estructural sísmico deben cumplir con lo establecido en la NTE E060 Concreto Armado.

### **Pórticos**

Conforme a la Norma E030 (2019), las columnas que conforman los pórticos experimentan un esfuerzo cortante significativo, alcanzando al menos el 80% de su capacidad en la zona inferior. En el caso de que la estructura incluya muros, estos deben ser diseñados para absorber una fracción del impacto sísmico total, en función de su rigidez. Esto garantiza que los muros colaboren de manera efectiva en la resistencia general de la estructura ante cargas sísmicas.

### **Muros Estructurales**

La Norma E030 (2019) establece que en sistemas estructurales

donde los muros son los principales elementos de resistencia sísmica, estos deben ser capaces de soportar al menos el 70% del esfuerzo cortante basal. Este enfoque resalta la importancia de los muros en la absorción de fuerzas sísmicas, asegurando que la estructura mantenga su integridad durante un evento sísmico.

### **Sistema Dual**

De acuerdo con la Norma E030 (2019), en los edificios con un sistema dual, la resistencia a los efectos sísmicos es proporcionada por una combinación de pórticos y muros estructurales. En este caso, la fuerza de corte que actúa sobre las paredes se distribuye entre el 20% y el 70% en la parte inferior del edificio. Además, se requiere que los pórticos estén diseñados para soportar al menos el 30% del cortante basal, asegurando una adecuada capacidad de carga y estabilidad.

### **Edificaciones con Muros de Ductilidad Limitada**

Según la Norma E030 (2019), se define como edificaciones de muros de ductilidad limitada aquellas que cuentan con un sistema estructural donde la resistencia a las cargas sísmicas y gravitacionales es proporcionada por muros delgados de hormigón armado. Este sistema se caracteriza por la ausencia de extremos finitos y por contar con armaduras verticales dispuestas en una única capa. Este enfoque constructivo permite la edificación de estructuras de hasta 8 niveles, optimizando el uso de materiales mientras se cumple con las exigencias de seguridad.

Este marco normativo establece directrices claras que permiten a los ingenieros diseñar edificaciones seguras y eficientes, capaces de soportar las fuerzas sísmicas, protegiendo así la vida y los bienes en zonas de riesgo.

### **Solicitaciones Directas e Indirectas de Cargas**

Según la Norma E030 (2019), una sollicitación es una acción que crea tensión en la estructura. El término carga o carga directa se refiere

a las fuerzas concentradas o distribuidas que resultan del peso propio de una estructura y su contenido, o de la presión del viento, el agua o la tierra. Las tensiones indirectas o las deformaciones impuestas son movimientos o deformaciones que inducen tensiones en una estructura y no como resultado de las cargas aplicadas.

Algunos ejemplos son el asentamiento diferencial en el apoyo de una viga continua y la retracción del hormigón cuando la viga es desplazable axialmente.

### **Estructuración**

De acuerdo con la Norma E030 (2019), una estructura debe ser entendida como un sistema integral que consiste en múltiples partes y componentes interconectados, los cuales trabajan en conjunto para cumplir funciones específicas. El diseño de este sistema comienza con una definición clara de los objetivos que se buscan alcanzar y las condiciones de contorno que deben ser consideradas. Este proceso es cíclico e iterativo; inicia con un enfoque general y se refina progresivamente a medida que se recopila más información sobre los desafíos y requerimientos del proyecto.

El objetivo primordial del diseño estructural es la optimización del sistema, buscando identificar soluciones que maximicen el rendimiento. Aunque puede ser difícil, si no imposible, lograr una solución absolutamente óptima en la práctica, es esencial orientarse hacia la optimización de criterios fundamentales, como el peso de los elementos estructurales o los costos asociados a la construcción. No obstante, es crucial tener en cuenta que no siempre existe una solución clara y definitiva. Cada decisión de diseño conlleva consideraciones y compromisos que deben ser evaluados cuidadosamente, ya que el equilibrio entre diferentes factores, como seguridad, funcionalidad y economía, es clave para el éxito del proyecto.

## Resistencia Requerida

De acuerdo con la ACI 318-14 (2016), el factor asignado a cada carga en una estructura está directamente relacionado con el nivel de precisión en el cálculo de dicha carga y las variaciones esperadas a lo largo de la vida útil del edificio. Así, las cargas muertas, que son más predecibles y menos variables, reciben factores de carga más bajos en comparación con las cargas vivas, que son más inciertas.

Los factores de carga no solo reflejan la variabilidad en el análisis estructural, sino que también se aplican a combinaciones específicas de carga. En este contexto, se tiene en cuenta la probabilidad de que diferentes cargas coexistan al mismo tiempo. Aunque el reglamento incluye las combinaciones de carga más comunes, es esencial que los diseñadores no asuman que todos los posibles escenarios están contemplados. Esto subraya la importancia de un análisis exhaustivo y cuidadoso en el diseño estructural, garantizando así la seguridad y funcionalidad de la edificación a lo largo del tiempo.

**Tabla 1**

*Combinaciones de carga según ACI 318*

<b>Combinaciones de Carga</b>	<b>Carga Primaria</b>
$U = 1.4D$	D
$U = 1.2D + 1.6L + 0.5(L_r \text{ o } S + R)$	L
$U = 1.2D + 1.6(L_r \text{ o } S \text{ o } R) + (1.0L \text{ o } 0.5W)$	Lr o S o R
$U = 1.2D + 1.0W + 0.5(L_r \text{ o } S + R)$	W
$U = 1.2D + 1.0E + 1.0L + 0.2S$	E
$U = 0.9D + 1.0W$	W
$U = 0.9D + 1.0E$	E

*Fuente.* ACI 318 (2014)

De acuerdo con la Norma E060 (2019), los requisitos de resistencia de una estructura se determinan a partir de la aplicación de cargas que se han combinado de manera estratégica. Este proceso implica la consideración de diversas cargas, como cargas muertas, cargas vivas, y cargas ambientales, todas ellas moduladas de forma adecuada para reflejar las condiciones reales que la estructura enfrentará.

El valor resultante de estas combinaciones se expresa como la resistencia requerida, denotada como  $S_u$ . Esta resistencia es crucial para el diseño, ya que el objetivo principal es asegurar que la estructura no solo cumpla con su función, sino que lo haga con un nivel de seguridad que minimice el riesgo de fallos.

La resistencia estructural, también conocida como resistencia de confiabilidad, se refiere a la capacidad de la estructura para soportar las cargas aplicadas sin sufrir daños significativos o colapsar. Este aspecto del diseño es vital, ya que considera factores como la durabilidad de los materiales, las condiciones ambientales, y las posibles variaciones en las cargas a lo largo del tiempo.

Además, el diseño debe incluir márgenes de seguridad que permitan manejar imprevistos, como cargas extremas o condiciones adversas. La implementación de estos márgenes se traduce en un análisis exhaustivo, que puede incluir simulaciones y modelado estructural para prever el comportamiento de la edificación bajo distintas circunstancias. En resumen, la Norma E060 establece un marco claro para definir los requisitos de resistencia de las estructuras, enfatizando la importancia de un diseño que priorice la seguridad y la eficacia frente a las cargas anticipadas. Esto garantiza que las edificaciones no solo sean funcionales, sino que también protejan a sus ocupantes y bienes materiales, cumpliendo así con las normativas de construcción actuales.

**Tabla 2**

*Combinaciones de carga según N.T.E. E.060*

<b>Combinaciones de Carga</b>
<b><math>U = 1,4 CM + 1,7 CV</math></b>
<b><math>U = 1,25 (CM + CV \pm CVi)</math></b>
<b><math>U = 0,9 CM \pm 1,25 CVi</math></b>
<b><math>U = 1,25 (CM + CV) \pm CS</math></b>
<b><math>U = 0,9 CM \pm CS</math></b>
<b><math>U = 1,4 CM + 1,7 CV + 1,7 CE</math></b>
<b><math>U = 0,9 CM + 1,7 CE</math></b>
<b><math>U = 1,4 CM + 1,7 CV + 1,4 CL</math></b>

*Fuente.* Norma Técnica de Edificación (2019)

### **2.2.3. METRADO DE CARGAS**

Previo a entrar a la fase del estudio estructural, se necesita conceptualizar a que cargas se va a dominar la composición. (E020, 2019)

#### **CARGA MUERTA**

La carga muerta está compuesta mayormente por el peso real de los materiales que componen y los que debería tolerar la construcción. Donde pudimos encontrar los recursos estructurales como por ejemplo vigas, losas, etcétera.; tabiques fijos y acabados del piso. (E020, 2019)

#### **CARGA VIVA**

La carga viva es esas que se generan debido al uso u ocupación de la obra, donde se integran personas, objetos móviles o divisiones que logren modificar de lugar. Principalmente trabajan a lo largo de períodos cortos de la vida de la composición. Además, integran el efecto. Gracias a la complejidad de evaluarlas, de consenso con la regla, se estima que ocupan toda la zona del piso como cargas uniformes, aunque en algunas ocasiones logren estar concentradas en un área específica. (E020, 2019)

#### **Modelo Estructural Computarizado**

Actualmente existe un constante desarrollo de la tecnología en cada una de las ramas de la ciencia, y en la situación de la ingeniería estructural, no es una distinción, ya que hay varios softwares que facilitan el cálculo estructural. (E020, 2019)

#### **CONFIGURACIÓN DEL ENTORNO DE TRABAJO**

Para comenzar a hacer el modelo, se necesita configurar el ámbito de trabajo, de tal forma que éste se ajuste a los requerimientos del plan y de esta forma el ingeniero logre plasmar la composición correctamente en el programa. (E020, 2019)

## **Sistema de Unidades**

El programa por defecto usa el sistema de unidades de U.S. No obstante, en nuestro medio la ingeniería estructural usa el sistema MKS. Para eso se tendrá que configurar el sistema de unidades del programa, que se localiza en la parte inferior derecha, y modificar las unidades en el sistema que se ha estado haciendo un trabajo. (E020, 2019)

## **Sistema de Ejes**

Los planos de estructuración hechos permanecen hechos con base a un sistema de ejes coordenados, el cual permite la localización de los recursos estructurales. (E020, 2019)

### **2.2.4. ANÁLISIS SISMORRESISTENTE**

Según la Norma E030 (2019), por diseño estructural se entiende la disposición de los elementos estructurales realizada de acuerdo con la arquitectura propuesta según criterios como el uso, la demanda y el presupuesto.

Para asegurar la integridad y el rendimiento óptimo de una estructura, es fundamental que ciertos principios de diseño sean cuidadosamente considerados y aplicados, tal como lo sugiere el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). Si bien es posible que algunas partes del diseño se modifiquen, se recomienda mantener intactos los siguientes aspectos esenciales:

- Simetría en la distribución de masas y rigideces: La simetría es crucial para lograr un comportamiento estructural equilibrado. Una distribución uniforme de las masas y rigideces minimiza el riesgo de torsiones y deformaciones indeseadas, lo que contribuye a la estabilidad general de la edificación, especialmente durante eventos sísmicos.
- Peso mínimo, particularmente en los niveles superiores: Un diseño que prioriza la reducción del peso en los pisos superiores ayuda a disminuir las fuerzas internas generadas durante la carga sísmica.

Esto no solo mejora la eficiencia estructural, sino que también reduce el requerimiento de materiales, optimizando los costos y el uso de recursos.

- Selección y uso adecuado de materiales de construcción: Es esencial elegir materiales que no solo cumplan con los estándares de resistencia, sino que también sean apropiados para las condiciones ambientales específicas del sitio. Esto asegura la durabilidad de la estructura y minimiza el riesgo de fallos a largo plazo.
- Resistencia adecuada: El diseño debe contemplar una resistencia suficiente para soportar tanto las cargas permanentes como las temporales, incluyendo las cargas sísmicas y de viento. La resistencia debe ser evaluada mediante cálculos estructurales precisos y respaldada por normativas vigentes.
- Continuidad de la estructura en planta y en elevación: La continuidad estructural es vital para garantizar que las cargas se transfieran adecuadamente a través de los elementos de la estructura. Esto implica que no debe haber discontinuidades que puedan comprometer la integridad del sistema estructural.
- Ductilidad: La capacidad de la estructura para deformarse sin fallar es esencial, especialmente en áreas propensas a terremotos. Un diseño dúctil permite que la estructura absorba y disipe energía, reduciendo así el riesgo de colapso en condiciones extremas.
- Deformación limitada: Se deben establecer límites en las deformaciones para asegurar que las deflexiones no comprometan el uso funcional del edificio ni afecten la estética arquitectónica. Esto implica un análisis cuidadoso de los desplazamientos y las vibraciones bajo cargas esperadas.
- Consideración de las condiciones locales: Es importante tener en cuenta las características geológicas, climáticas y urbanas del entorno donde se construirá la estructura. Estas condiciones pueden influir en el diseño y la selección de materiales, así como en las técnicas de construcción utilizadas.

- Buena práctica constructiva e inspección estructural rigurosa: La implementación de prácticas constructivas adecuadas, junto con una supervisión y control de calidad rigurosos durante la construcción, son fundamentales para garantizar que la estructura se ejecute de acuerdo con los planos y especificaciones. Esto ayuda a prevenir errores que podrían comprometer la seguridad y la funcionalidad de la edificación.

En conclusión, al seguir estas recomendaciones, los ingenieros civiles pueden diseñar estructuras que no solo cumplan con los requisitos normativos, sino que también aseguren la seguridad y la satisfacción de los usuarios a lo largo de la vida útil del edificio.

### **Concepción estructural de cargas muertas y vivas**

De acuerdo con la Norma E030 (2019), el soporte estructural de una edificación, encargado de absorber tanto las cargas vivas como las muertas, se logra mediante el uso de placas de diferentes características, que pueden ser ligeras o pesadas. Estas placas actúan como elementos estructurales clave, ya que están diseñadas para resistir y absorber fuerzas que actúan de manera perpendicular al plano de la placa.

Las placas, al ser sometidas a cargas, transfieren estas fuerzas a las vigas transversales. Estas vigas, que son elementos horizontales de soporte, tienen la función de redistribuir las cargas que reciben de las placas hacia las columnas. En este proceso, las vigas no solo ayudan a soportar las cargas verticales, sino que también contribuyen a la estabilidad lateral de la estructura.

Una vez que las vigas transfieren las cargas a las columnas, estas últimas, junto con las losas de los elementos verticales, son responsables de llevar las cargas hacia el suelo. Las columnas, como elementos verticales de compresión, están diseñadas para soportar grandes esfuerzos y garantizar que las cargas se distribuyan de manera segura al terreno, evitando que se exceda la capacidad portante del

suelo.

Es importante destacar que todos estos elementos estructurales—placas, vigas y columnas—están fabricados con hormigón armado. Este material es ideal para estas aplicaciones, ya que combina la resistencia a compresión del hormigón con la alta resistencia a tracción del acero, lo que proporciona un sistema estructural robusto y duradero. El hormigón armado es particularmente efectivo para resistir las sollicitaciones que se producen durante el uso normal del edificio, así como ante eventos extraordinarios como sismos o fuertes vientos.

En resumen, el diseño y la correcta interacción de estos elementos estructurales son fundamentales para asegurar la estabilidad y la seguridad de la edificación, cumpliendo con los requerimientos establecidos en la Norma E030.

### **Concepción estructural de cargas sísmicas**

De acuerdo con la Norma E030 (2019), los elementos estructurales fundamentales, como las vigas y las columnas, desempeñan un papel crucial en el refuerzo de la estructura frente a las exigencias impuestas por eventos sísmicos. Las columnas, que son componentes verticales esenciales, se apoyan en aisladores elastoméricos con núcleo de plomo. Estos aisladores son dispositivos diseñados para atenuar las fuerzas sísmicas, permitiendo que la estructura se desplace sin transmitir toda la energía sísmica a la misma. Este enfoque es especialmente relevante en edificaciones que no cuentan con sótano, ya que aumenta la capacidad de la estructura para resistir los movimientos del terreno durante un sismo.

Una vez que se han definido y comprendido los conceptos fundamentales relacionados con las cargas, que incluyen la carga muerta (el peso propio de la estructura y los elementos permanentes), la carga viva (las cargas temporales como ocupantes y muebles) y la carga sísmica (las fuerzas generadas por movimientos del suelo), se procede a la fase de estructuración. Esta fase es un proceso crítico que implica

la distribución y disposición de los elementos estructurales, tales como columnas, vigas y losas, con el fin de garantizar el correcto funcionamiento de la estructura en su totalidad.

La estructuración no es simplemente una cuestión de colocar los elementos; implica una cuidadosa consideración de cómo interactúan entre sí bajo diversas condiciones de carga. Las columnas deben posicionarse de manera que distribuyan eficientemente las cargas hacia las fundaciones, mientras que las vigas deben ser diseñadas para soportar las cargas transferidas por las losas y, a su vez, transmitir esas cargas a las columnas. Las losas, que son losas horizontales que constituyen los pisos y techos del edificio, deben ser lo suficientemente resistentes para manejar tanto las cargas vivas como las muertas.

Este proceso de estructuración se basa en un análisis exhaustivo de las condiciones del sitio, las características del material y los requerimientos de diseño, garantizando así que la estructura no solo sea capaz de soportar las cargas esperadas, sino que también cumpla con los estándares de seguridad y eficiencia establecidos en la normativa. En última instancia, una adecuada estructuración asegura que la edificación opere de manera segura y eficiente a lo largo de su vida útil.

### **Importancia de la configuración estructural en el comportamiento sísmico**

De acuerdo con la Norma E030 (2019), es común que gran parte del tiempo dedicado al diseño estructural de un edificio se concentre en los procesos de análisis y dimensionamiento, mientras que los aspectos conceptuales y estructurales a menudo reciben una atención superficial. Esta tendencia puede resultar especialmente problemática desde la perspectiva del diseño sísmico. Un edificio que está mal concebido desde el inicio, independientemente de cuán sofisticados sean los métodos de análisis y dimensionamiento aplicados, es susceptible de fallar en condiciones de terremoto. Por el contrario, numerosos eventos sísmicos han demostrado que las estructuras bien planificadas y

detalladas pueden comportarse adecuadamente incluso sin cálculos extremadamente complejos, a menudo basándose en el estricto cumplimiento de normas y reglas de diseño.

En este sentido, la Norma E030 (2019) destaca la importancia de elegir una configuración estática apropiada para el edificio, lo que incluye la geometría tanto en planta como en elevación, así como la distribución y ubicación de los elementos estructurales que constituyen el esqueleto del edificio. Es evidente que la composición estructural de un edificio está estrechamente vinculada al proyecto de construcción; por lo tanto, es fundamental que haya un diálogo efectivo entre el arquitecto y el ingeniero estructural durante esta fase del diseño.

Es esencial que el ingeniero estructural tenga una comprensión clara de los requisitos mínimos de rigidez, resistencia y regularidad que la estructura debe cumplir. También debe considerar las implicaciones que ciertas decisiones arquitectónicas pueden tener sobre el comportamiento estructural del edificio. Si bien muchas recomendaciones para la construcción en zonas sísmicas promueven la creación de edificaciones regulares y robustas, esto puede restringir significativamente la capacidad de los diseñadores para explorar formas creativas y audaces, así como para ofrecer flexibilidad en el uso de los espacios interiores.

Por lo tanto, el desafío que enfrentan los diseñadores es encontrar un equilibrio entre los requisitos arquitectónicos y estructurales, logrando un proyecto que sea funcional, seguro y estéticamente atractivo al mismo tiempo. Este proceso implica determinar cómo una estructura responderá a diversas condiciones y esfuerzos específicos, lo que se cuantifica a través de un diagrama de fuerza-deformación. La evaluación de la respuesta estructural se descompone según el tipo de carga aplicada, considerando tanto la estática de cargas permanentes como la de cargas sísmicas.

En resumen, la integración de los principios de diseño arquitectónico y estructural es fundamental para asegurar que el edificio no solo cumpla con las normativas vigentes, sino que también sea capaz de resistir las exigencias del entorno, garantizando así su seguridad y funcionalidad a largo plazo.

### **Análisis estructural para cargas de gravedad**

Este estudio se lleva a cabo para determinar las fuerzas internas que se producen en los compuestos debido a las cargas gravitatorias (cargas muertas y vivas) que actúan sobre la estructura. (NORMA E.030, 2019)

#### **Cargas**

Para utilizar las cargas al modelo computarizado se debería conceptualizar los patrones de carga que corresponden al tipo de estudio. (NORMA E.020, 2019)

- **Carga Muerta.** La carga muerta representa el peso de los recursos fijos en estructuras que se integran en columnas, vigas, losas, losas, tabiques, escaleras, superficies e instalaciones de hormigón. En el modelo asistido por computadora, el controlador de carga correspondiente es TOT, que tiene en cuenta el peso muerto de estructuras, tabiques de ladrillo y escalera. (NORMA E.020, 2019)
- **Carga Viva.** Las cargas útiles representan elementos móviles que estructuran la casa, como personas, muebles y equipos. En la situación del edificio que se considera, el peso del ascensor no se tiene en cuenta porque está soportado. Con estructura de acero libre provista de un único carril para el ascensor. (NORMA E.020, 2019)

**Tabla 3***Cargas vivas mínimas según uso.*

<b>OCUPACIÓN O USO</b>	<b>CARGAS REPARTIDAS kPa (Kgf/m<sup>2</sup>)</b>
<b>Almacenaje</b>	5,0 (500)
<b>Baños</b>	Igual a la carga principal del resto del área, sin que sea necesario que exceda de 3,0 (300)
<b>Salas de lectura</b>	3,0 (300)
<b>Salas de Almacenaje con estantes fijos (no apilables)</b>	7,5 (750)
<b>Corredores y escaleras</b>	4,0 (400)
<b>Centros de Educación</b>	
<b>Aulas</b>	2,5 (250)
<b>Talleres</b>	3,5 (350) Ver 6,4
<b>Auditorios, Gimnasios, etc.</b>	De acuerdo a lugares de asambleas
<b>Laboratorios</b>	3,0 (300) Ver 6.4
<b>Corredores y escaleras</b>	4,0 (400)
<b>Garajes</b>	
<b>Para parqueo exclusivo de vehículos de pasajeros, con altura de entrada menor que 2,40 m</b>	2,5 (250)
<b>Para otros vehículos</b>	Ver 9.3
<b>Hospitales</b>	
<b>Salas de operación, laboratorios, y áreas de servicio</b>	3,0 (300)
<b>Cuartos</b>	2,0 (200)
<b>Corredores y escaleras</b>	4,0 (400)
<b>Hoteles</b>	
<b>Cuartos</b>	2,0 (200)
<b>Salas Públicas</b>	De acuerdo a lugares de asambleas
<b>Almacenaje y servicios</b>	5,0 (500)
<b>Corredores y escaleras</b>	4,0 (400)
<b>Celdas y zona de habitación</b>	2,0 (200)
<b>Zonas públicas</b>	De acuerdo a lugares de asamblea
<b>Corredores y escaleras</b>	4,0 (400)
<b>Lugares de Asamblea</b>	
<b>Con asientos fijos</b>	3,0 (300)
<b>Con asientos móviles</b>	4,0 (400)

<b>Salones de baile, restaurantes, museos, gimnasios y vestíbulos de teatros y cines</b>	4,0 (400)
<b>Graderías y tribunas</b>	5,0 (500)
<b>Corredores y escaleras</b>	5,0 (500)
<b>Oficinas (*)</b>	
<b>Exceptuando salas de archivo y computación</b>	2,5 (250)
<b>Salas de archivo</b>	5,0 (500)
<b>Salas de computación</b>	2,5 (250)
<b>Corredores y escaleras</b>	4,0 (400)
<b>Teatros</b>	
<b>Vestidores</b>	2,0 (200)
<b>Cuarto de Proyección</b>	3,0 (300)
<b>Escenario</b>	750
<b>Zonas Públicas</b>	De acuerdo a lugares de asamblea
<b>Tiendas</b>	5,0 (500)
<b>Corredores y escaleras</b>	5,0 (500)
<b>Viviendas</b>	2,0 (200)
<b>Corredores y escaleras</b>	2,0 (200)

*Fuente.* RNE (2019)

## **Análisis Estructural Para Cargas Sísmicas**

Este estudio se lleva a cabo para determinar las fuerzas resultantes internas generadas por el desplazamiento oscilatorio de una extensión de la Tierra que se mueve a lo largo del movimiento sísmico. (NORMA E.030, 2019)

### **Criterios para el Análisis Sísmico**

a) El movimiento del suelo que se emplea para calcular las fuerzas sísmicas en el diseño estructural está basado en las especificaciones de la Norma Técnica de Edificaciones (NTE) E030. Según esta norma, se establece que la aceleración máxima del terreno, que es un parámetro clave para el análisis sísmico, puede ser superada con una probabilidad de 10% en un período de 50 años. Esto significa que durante este intervalo, existe una posibilidad significativa de que ocurran movimientos sísmicos que excedan los niveles de aceleración establecidos, lo que

debe ser considerado en el diseño para garantizar la seguridad y la integridad estructural de los edificios.

b) En el ámbito del análisis sísmico, se reconocen tres tipos fundamentales de enfoques. Uno de estos es el análisis sísmico estático, que consiste en representar el movimiento del suelo mediante un conjunto de fuerzas que se aplican a cada componente estructural de forma masiva. Este método simplifica la respuesta dinámica del edificio al transformar las acciones sísmicas en fuerzas equivalentes que actúan sobre las masas de los elementos estructurales. Sin embargo, el uso de este tipo de análisis está restringido por las normativas establecidas en la NTE E030, lo que implica que su aplicación debe hacerse con precaución y solo en casos donde se considere apropiado.

En resumen, el análisis sísmico estático proporciona una aproximación valiosa para entender el comportamiento de las estructuras bajo cargas sísmicas, pero debe complementarse con otros métodos más detallados en situaciones donde la complejidad del comportamiento dinámico de la estructura lo requiera.

#### Estudio sísmico dinámico

Además, el Estudio Sísmico Modal Espectral es el método más ampliamente utilizado a nivel mundial para analizar la respuesta de estructuras ante movimientos sísmicos. En este procedimiento, se emplea el espectro de diseño, que representa las demandas sísmicas en función de la frecuencia natural de la estructura. A partir de este espectro, se determinan los modos de vibración del edificio, y mediante un criterio de combinación adecuado —como el método de raíz cuadrada de la suma de cuadrados (SRSS) o el método de combinación modal— se calculan las fuerzas que actúan sobre la estructura debido al movimiento sísmico especificado. Este enfoque permite una evaluación precisa de cómo una edificación responderá a las fuerzas sísmicas, considerando sus características dinámicas y su rigidez. (NORMA E.030, 2019)

Por otro lado, el Análisis Tiempo-Historia es un método que se utiliza como complemento a los estudios sísmicos dinámicos, proporcionando una evaluación más detallada del comportamiento de la estructura durante un evento sísmico. Este análisis implica el uso de registros de aceleración que han sido obtenidos de sismos pasados en la zona de estudio. A partir de estos datos, se simula la respuesta de los elementos estructurales a lo largo del tiempo, considerando las variaciones de las fuerzas sísmicas durante el evento. Este enfoque permite observar cómo los componentes de la estructura interactúan y responden a las aceleraciones específicas registradas en el terreno, lo que brinda una comprensión más completa del comportamiento dinámico y de posibles puntos de falla. (NORMA E.030, 2019)

En resumen, tanto el Estudio Modal Espectral como el Análisis Tiempo-Historia son herramientas cruciales en el diseño sísmico, cada una con sus particularidades y ventajas, que permiten a los ingenieros estructurales garantizar la seguridad y estabilidad de las edificaciones frente a eventos sísmicos.

c) Los estudios sísmicos se pueden realizar teniendo en cuenta que las fuerzas sísmicas totales actúan de manera independiente en las dos direcciones ortogonales que prevalecen en el modelo estructural. (NORMA E.030, 2019)

### **Concepción Estructural Sismorresistente**

El Reglamento Nacional de Edificaciones (2019) establece una serie de consideraciones fundamentales que deben ser tenidas en cuenta en el proceso de diseño y construcción de edificaciones. A continuación, se presenta una tabla que resume estas consideraciones clave, las cuales son esenciales para asegurar que las estructuras cumplan con los estándares de seguridad, funcionalidad y durabilidad. Estas directrices abordan aspectos como las cargas que las edificaciones deben soportar, los requisitos de materiales, la distribución de elementos estructurales y otros factores críticos que influyen en el

rendimiento general de la construcción. Es importante que todos los profesionales involucrados en el diseño y la ejecución de obras se familiaricen con estas pautas para garantizar la integridad y sostenibilidad de las edificaciones:

**Tabla 4**

*Conceptos estructurales*

<b>Simetría</b>	<b>En la distribución de masas como de rigideces</b>
<b>Peso mínimo</b>	En los pisos altos
<b>Selección y uso</b>	Uso adecuado de los materiales
<b>Resistencia</b>	Frente a las cargas laterales
<b>Continuidad</b>	Tanto en planta como en altura
<b>Ductilidad</b>	Capacidad de deformación de la estructura
<b>Deformada</b>	Debe ser limitada
<b>Condiciones locales</b>	Consideración de las condiciones locales
<b>Supervisión</b>	Supervisión estructural rigurosa

*Fuente.* RNE (2019)

### **Presentación del Proyecto:**

De acuerdo con las directrices establecidas por el Ministerio de Vivienda, es esencial que los planos correspondientes a nuestro proyecto contengan una serie de elementos fundamentales. Estos elementos no solo son cruciales para la correcta visualización y comprensión del diseño, sino que también aseguran que la construcción cumpla con las normativas vigentes y los estándares de calidad requeridos. A continuación, se detallan los puntos clave que deben ser incluidos en los planos:

**Planta arquitectónica:** Debe mostrar la distribución de los espacios, incluyendo las dimensiones y el uso de cada área. Es fundamental para entender cómo se interrelacionan las distintas partes del edificio.

**Cortes y elevaciones:** Estos dibujos proporcionan una vista en sección y en elevación de la estructura, permitiendo visualizar la altura, proporciones y acabados exteriores de la edificación.

**Detalles constructivos:** Especifican la forma en que se deben

ejecutar los diferentes elementos constructivos, como muros, columnas, y conexiones, asegurando que se sigan las mejores prácticas en la obra.

Instalaciones eléctricas y sanitarias: Los planos deben incluir la disposición de las instalaciones eléctricas, de fontanería y de desagüe, así como los puntos de suministro y descarga, para garantizar la funcionalidad de la edificación.

Estructura: Deben estar claramente representados los elementos estructurales, como vigas, columnas y losas, junto con las especificaciones de materiales y dimensiones, para asegurar la resistencia y estabilidad del edificio.

Normativas y especificaciones técnicas: Es necesario incluir las referencias a las normativas aplicables y cualquier especificación técnica que deba cumplirse durante la construcción.

Incluir estos puntos en los planos no solo facilitará la comprensión del proyecto por parte de los diversos profesionales involucrados, sino que también ayudará a evitar problemas durante la ejecución de la obra, garantizando así un resultado final que cumpla con las expectativas de calidad y seguridad:

**Tabla 5**

*Planos para presentación de proyecto*

<b>Sistema estructural sismorresistente.</b>
<b>Período fundamental de vibración en ambas direcciones principales de la edificación.</b>
<b>Parámetros para definir la fuerza sísmica o el espectro de diseño.</b>
<b>Fuerza cortante en la base empleada para el diseño, en ambas direcciones de la edificación.</b>
<b>Desplazamiento máximo del último nivel y el máximo desplazamiento relativo de entrepiso.</b>

*Fuente.* RNE (2019)

## **Parámetros Para El Espectro De Diseño**

### **a) Zonificación**

Conocido también como el componente de la región, este costo se refiere a la aceleración máxima horizontal que se espera durante un terremoto de diseño específico. Esta aceleración se expresa como un múltiplo de la aceleración debida a la gravedad ( $g$ ), lo que permite establecer una relación directa entre las fuerzas sísmicas y la gravedad terrestre. Este enfoque es fundamental para el diseño sísmico, ya que proporciona una base cuantitativa para evaluar el impacto de las fuerzas sísmicas en una estructura.

La aceleración máxima horizontal se determina considerando diversos factores, como la ubicación geográfica, la sismicidad del área y las características del terreno. Este valor es crucial para el cálculo de las fuerzas que actuarán sobre los elementos estructurales durante un evento sísmico, y se utiliza para dimensionar adecuadamente las estructuras, asegurando que puedan resistir los esfuerzos generados por el movimiento del suelo.

Al tener en cuenta este componente en el diseño, se busca no solo cumplir con las normativas establecidas, sino también garantizar la seguridad y estabilidad de la edificación, minimizando el riesgo de daños en caso de un terremoto. Así, el componente de la región juega un papel esencial en la planificación y ejecución de proyectos de construcción en zonas sísmicamente activas.

**Figura 2**

*Zonificación sísmica*



*Fuente.* RNE (2019)

### **b) Condiciones Geotécnicas**

Para calcular el espectro del movimiento del suelo de diseño, es esencial contar con un perfil del suelo que tenga una composición bien definida. Según la NTE E030, los perfiles de suelo se clasifican en cinco categorías distintas:

- Piedras duras: Formaciones rocosas muy resistentes.

- Rocas o suelos bastante duros: Terrenos con una consistencia fuerte y capacidad de carga elevada.
- Suelos medios: Aquellos que presentan características intermedias entre suelos duros y blandos.
- Suelos blandos: Terrenos con baja resistencia y alta deformabilidad.
- Suelos con condiciones especiales: Suelos que presentan características atípicas que pueden influir en su comportamiento ante cargas.

El análisis del perfil del suelo incluye la funcionalidad de la velocidad de propagación de la onda de corte ( $\bar{V}_s$ ), el promedio ponderado de los resultados de las pruebas de penetración estándar ( $\bar{N}_{60}$ ) y el promedio ponderado de la resistencia al corte en condiciones no drenadas ( $\bar{s}_u$ ). Estos parámetros son cruciales para entender cómo se comportará el suelo bajo condiciones de carga dinámica, como las que se producen durante un terremoto.

En este caso particular, se determinó que la condición del sitio de estudio corresponde a un suelo arenoso grueso a medio, lo que se alinea con el perfil tipo S2, que se clasifica como suelos intermedios. Este perfil es relevante para la evaluación del comportamiento del suelo ante cargas sísmicas, ya que influye directamente en la magnitud de las fuerzas que se transmitirán a la estructura durante un evento sísmico. Por lo tanto, una correcta identificación y clasificación del perfil del suelo son pasos fundamentales para el diseño estructural seguro y eficiente, tal como se indica en la norma E.030 (2019).

### **c) Parámetros de Sitio**

Los límites mencionados se refieren específicamente al componente S, así como a las etapas de periodo de retorno  $T_p$  y periodo de vida  $T_l$ , las cuales pueden determinarse al conocer tanto el sector sísmico en el que se ubica el proyecto como el perfil del suelo en el que se asentará la estructura. Estos factores son esenciales para la

evaluación del comportamiento sísmico de la edificación, ya que el sector sísmico proporciona información sobre la intensidad y la frecuencia de los movimientos sísmicos esperados en la zona, mientras que el perfil del suelo influye en la transmisión de esas fuerzas a la estructura.

La Norma E.030 (2019) establece que, al conocer estas variables, es posible calcular con precisión los límites adecuados para el diseño sísmico, lo que a su vez permite establecer estrategias de diseño que aseguren la estabilidad y resistencia de la construcción ante posibles eventos sísmicos. Por lo tanto, es fundamental que los ingenieros civiles realicen un análisis exhaustivo de estas condiciones previas a la elaboración de los planos estructurales, garantizando así que las edificaciones sean seguras y cumplan con los requisitos normativos establecidos para la protección de vidas y bienes en zonas propensas a terremotos.

**Tabla 6**

*Factor de suelo*

<b>FACTOR DE SUELO "S"</b>				
<b>SUELO</b>	S0	S1	S2	S3
<b>Z4</b>	0.80	1.00	1.05	1.10
<b>Z3</b>	0.80	1.00	1.15	1.20
<b>Z2</b>	0.80	1.00	1.20	1.40
<b>Z1</b>	0.80	1.00	1.60	2.00

*Fuente.* RNE (2019)

**Tabla 7**

*Periodo TP y TL*

<b>PERIODOS "TP" Y "TL"</b>				
<b>Perfil de suelo</b>				
	S0	S1	S2	S3
<b>TP (s)</b>	0.30	0.40	0.60	1.00
<b>TL (s)</b>	3.00	2.50	2.00	1.60

*Fuente.* RNE (2019)

#### d) Elemento de Amplificación Sísmica

Este elemento se refiere a la amplificación de la aceleración del suelo que se transfiere a la estructura, un fenómeno que es crítico en el análisis sísmico. La ganancia en la aceleración se determina por una serie de factores que incluyen las características dinámicas de la estructura, la naturaleza del suelo subyacente y la intensidad del movimiento sísmico.

Cuando se produce un sismo, la aceleración del suelo no se transfiere de manera uniforme a todas las estructuras, ya que esta transferencia está influenciada por las propiedades elásticas y la masa de los materiales de construcción. La forma en que la estructura responde a la aceleración del suelo depende en gran medida de su diseño, rigidez y configuración geométrica. Por ejemplo, estructuras más rígidas tienden a experimentar menores amplificaciones de la aceleración, mientras que aquellas con menor rigidez pueden sufrir una amplificación considerable, lo que aumenta el riesgo de fallas estructurales.

Es fundamental que los ingenieros estructurales evalúen cuidadosamente estas condiciones previas y durante el proceso de diseño. Esto incluye realizar análisis dinámicos que consideren los modos de vibración de la estructura, así como un estudio del suelo que permita entender su comportamiento bajo condiciones sísmicas. Al hacerlo, se pueden implementar estrategias de diseño que minimicen los efectos adversos de la amplificación de la aceleración, asegurando así la integridad estructural y la seguridad de la edificación en caso de un evento sísmico:

$$\begin{aligned} T < T_P ; C &= 2.5 \\ T_P < T < T_L; C &= 2.5 \times \frac{T_P}{T} \\ T > T_L; C &= 2.5 \times \frac{T_P \times T_L}{T^2} \end{aligned}$$

Este elemento será fundamental en etapas posteriores del análisis, ya que el movimiento sísmico de diseño está íntimamente relacionado con el período de vibración crítico de la estructura. En términos estructurales, el período de vibración es el tiempo que tarda la estructura en completar un ciclo de oscilación después de ser perturbada por una fuerza externa, como la que se genera durante un terremoto.

La relación entre el movimiento sísmico y el período de vibración es esencial para comprender cómo responderá la edificación ante un evento sísmico. Las características del movimiento sísmico, incluyendo su amplitud y frecuencia, deben ser evaluadas en función del período de vibración de la estructura para garantizar que el diseño sea adecuado y que la respuesta dinámica sea controlada de manera eficaz.

Un período de vibración que coincide con las frecuencias predominantes del movimiento sísmico puede resultar en resonancia, aumentando significativamente las fuerzas que actúan sobre la estructura y, por ende, el riesgo de daño o colapso. Por lo tanto, es crucial que este elemento sea cuidadosamente considerado durante la fase de diseño y análisis, asegurando que se implementen las medidas necesarias para mitigar los efectos negativos del movimiento sísmico y garantizar la seguridad y estabilidad de la estructura.

#### **e) Categoría de la edificación y factor de uso**

La clasificación de las construcciones se realiza en función de su valor y el uso previsto, conforme a lo establecido por la NTE E030. Esta norma distingue cuatro tipos de edificaciones: fundamentales, relevantes, habituales y temporales.

En este contexto, las construcciones fundamentales son aquellas que desempeñan un papel crucial en la infraestructura de una región y cuya falla podría tener consecuencias significativas. Las construcciones relevantes, por otro lado, son importantes, aunque no críticas. Las habituales se refieren a aquellas que se utilizan de manera regular y en diversos contextos, mientras que las temporales son estructuras que

tienen un carácter provisional, destinadas a un uso limitado en el tiempo.

La edificación en cuestión está destinada específicamente a la utilización como oficinas. Este tipo de construcción se caracteriza por la necesidad de albergar un gran número de personas en un espacio relativamente reducido, lo que requiere consideraciones adicionales en cuanto a diseño estructural, seguridad y funcionalidad. Por ejemplo, se debe tener en cuenta la capacidad de carga del edificio, la distribución de espacios, la ventilación y la iluminación adecuadas, así como la implementación de sistemas de seguridad que garanticen el bienestar de todos los ocupantes. La planificación y ejecución cuidadosa de estos aspectos son fundamentales para asegurar que la edificación cumpla con los requisitos establecidos por la normativa y proporcione un entorno seguro y eficiente para sus usuarios.

#### **f) Sistema Estructural y Coeficiente Básico de Reducción de Fuerzas Sísmicas ( $R_o$ )**

Un factor de reducción importante para las fuerzas sísmicas ( $R_o$ ) representa la ductilidad que ofrece una composición frente a un evento sísmico, lo que permite realizar diseños de acuerdo con las filosofías de diseño sísmico. (NORMA E.030, 2019)

En el análisis estructural de la edificación considerada, se evalúan las capacidades de los materiales compuestos y los sistemas estructurales diseñados para resistir las fuerzas sísmicas en diversas direcciones. Es fundamental entender cómo se comportan estos materiales y sistemas durante un evento sísmico, ya que esto influye en la seguridad y estabilidad de la estructura. En el caso específico de la edificación en cuestión, se utiliza hormigón armado como material principal de construcción. Este material es reconocido por su alta resistencia y durabilidad, lo que lo convierte en una elección común para estructuras que deben soportar cargas significativas, incluidas las generadas por movimientos sísmicos.

El sistema estructural más destacado en esta construcción es el

muro de carga, que no solo proporciona soporte vertical a la edificación, sino que también juega un papel crucial en la absorción y disipación de las fuerzas sísmicas. Los muros de carga están diseñados para actuar como barreras rígidas que resisten el empuje lateral generado por los sismos, ayudando así a mantener la integridad estructural.

De acuerdo con la tabla N°7 de la NTE E030, se establecen parámetros específicos que determinan el comportamiento esperado de la estructura bajo condiciones sísmicas. Estos parámetros incluyen las características del material, la disposición de los elementos estructurales y las propiedades del sistema de muros de carga, lo que permite realizar un análisis exhaustivo de la capacidad de la edificación para resistir eventos sísmicos. Estos datos son fundamentales para garantizar que la estructura cumpla con los requisitos de seguridad y funcionalidad establecidos por la normativa:

**Tabla 8**

*Sistemas Estructurales y Coeficiente Básico de Reducción*

<b>Sistema Estructural</b>	<b>Coeficiente Básico de Reducción R0 (*)</b>
<b>Acero:</b>	
<b>Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)</b>	8
<b>Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)</b>	7
<b>Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)</b>	6
<b>Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)</b>	8
<b>Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)</b>	6
<b>Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)</b>	8
<b>Concreto Armado:</b>	
<b>Pórticos</b>	8
<b>Dual</b>	7
<b>De muros estructurales</b>	6
<b>Muros de ductilidad limitada</b>	4
<b>Albañilería Armada o Confinada.</b>	3
<b>Madera (Por esfuerzos admisibles)</b>	7

*Fuente. RNE (2019)*

## **g) Factores de Irregularidad**

Para lograr una estimación precisa del costo asociado al coeficiente sísmico, es fundamental tener en cuenta que el costo del parámetro "Ro" en condiciones de construcción irregulares está sujeto a penalizaciones según lo estipulado por la Norma E030 (2019). Esta norma establece directrices claras para abordar las variaciones que pueden afectar el comportamiento estructural durante eventos sísmicos.

En el contexto de la estructura bajo análisis, se identifican dos tipos principales de irregularidades estructurales: la irregularidad en elevación (denominada  $I_a$ ) y la irregularidad en planta (denominada  $I_p$ ). La Tabla 8 proporciona una guía detallada que permite identificar estas irregularidades y sus respectivos elementos, facilitando así una evaluación más completa de la estructura.

Para la edificación en estudio, se realizó una evaluación preliminar del sistema estructural sismorresistente, teniendo en cuenta los tipos de irregularidades presentes. Estas irregularidades pueden manifestarse en la distribución de las masas, en la rigidez de los elementos o en la configuración geométrica de la estructura, y son críticas para entender cómo la edificación responderá a las fuerzas sísmicas.

Identificar y clasificar estas irregularidades es esencial no solo para cumplir con los requisitos normativos, sino también para garantizar la seguridad y estabilidad de la estructura en caso de un sismo. Las consideraciones específicas relacionadas con cada tipo de irregularidad permiten a los ingenieros estructurales diseñar soluciones que mitiguen los efectos adversos de las condiciones irregulares y aseguren el rendimiento adecuado de la edificación.

Para la obra en análisis, de manera inicial, según el reparto del sistema estructural sismorresistente, se consideró los próximos tipos de irregularidad: (NORMA E.030, 2019)

**Tabla 9**

*Factor de Irregularidad estructural en altura*

<b>IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA</b>	<b>Factor de Irregularidad la</b>
<p style="text-align: center;"><b>Irregularidad de Rigidez – Piso Blando</b></p> <p>Existe irregularidad de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la distorsión de entrepiso (deriva) es mayor que 1,4 veces el correspondiente valor en el entrepiso inmediato superior, o es mayor que 1,25 veces el promedio de las distorsiones de entrepiso en los tres niveles superiores adyacentes. La distorsión de entrepiso se calculará como el promedio de las distorsiones en los extremos del entrepiso.</p>	0,75
<p style="text-align: center;"><b>Irregularidades de Resistencia – Piso Débil</b></p> <p>Existe irregularidad de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 80 % de la resistencia del entrepiso inmediato superior.</p>	
<p style="text-align: center;"><b>Irregularidad Extrema de Rigidez</b></p> <p>Se considera que existe irregularidad extrema en la rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la distorsión de entrepiso (deriva) es mayor que 1,6 veces el correspondiente valor del entrepiso inmediato superior, o es mayor que 1,4 veces el promedio de las distorsiones de entrepiso en los tres niveles superiores adyacentes. La distorsión de entrepiso se calculará como el promedio de las distorsiones en los extremos del entrepiso.</p>	0.5
<p style="text-align: center;"><b>Irregularidad Extrema de Resistencia</b></p> <p>Existe irregularidad extrema de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 65 % de la resistencia del entrepiso inmediato superior.</p>	
<p style="text-align: center;"><b>Irregularidad de Masa o Peso</b></p> <p>Se tiene irregularidad de masa (o peso) cuando el peso de un piso, determinado según el numeral 4.3, es mayor que 1,5 veces el peso de un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos</p>	0.9
<p style="text-align: center;"><b>Irregularidad Geométrica Vertical</b></p> <p>La configuración es irregular cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 1,3 veces la correspondiente dimensión en un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.</p>	0.9
<p style="text-align: center;"><b>Discontinuidad en los Sistemas Resistentes</b></p> <p>Se califica a la estructura como irregular cuando en cualquier elemento que resista más de 10 % de la fuerza cortante se tiene un desalineamiento vertical, tanto por un cambio de orientación, como por un desplazamiento del eje de magnitud mayor que 25 % de la correspondiente dimensión del elemento.</p>	0.8
<p style="text-align: center;"><b>Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes</b></p> <p>Existe discontinuidad extrema cuando la fuerza cortante que resisten los elementos discontinuos según se describen en el ítem anterior, supere el 25 % de la fuerza cortante total.</p>	0.6

*Fuente. RNE (2019)*

**Tabla 10**

*Factor de Irregularidad estructural en planta.*

<b>IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA</b>	<b>Factor de Irregularidad <math>I_p</math></b>
<b>Irregularidad Torsional</b>	
Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, calculado incluyendo excentricidad accidental ( $\Delta m_{\acute{a}x}$ ), es mayor que 1,2 veces el desplazamiento relativo del centro de masas del mismo entrepiso para la misma condición de carga ( $\Delta CM$ ). Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50 % del desplazamiento permisible	0.75
<b>Irregularidad Torsional Extrema</b>	
Existe irregularidad torsional extrema cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, calculado incluyendo excentricidad accidental ( $\Delta m_{\acute{a}x}$ ), es mayor que 1,5 veces el desplazamiento relativo del centro de masas del mismo entrepiso para la misma condición de carga ( $\Delta CM$ ). Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50 % del desplazamiento permisible	0.6
<b>Esquinas Entrantes</b>	
La estructura se califica como irregular cuando tiene esquinas entrantes cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores que 20 % de la correspondiente dimensión total en planta.	0.9
<b>Discontinuidad del Diafragma</b>	
La estructura se califica como irregular cuando los diafragmas tienen discontinuidades abruptas o variaciones importantes en rigidez, incluyendo aberturas mayores que 50 % del área bruta del diafragma. También existe irregularidad cuando, en cualquiera de los pisos y para cualquiera de las direcciones de análisis, se tiene alguna sección transversal del diafragma con un área neta resistente menor que 25 % del área de la sección transversal total de la misma dirección calculada con las dimensiones totales de la planta.	0.85
<b>Sistemas no Paralelos</b>	
Se considera que existe irregularidad cuando en cualquiera de las direcciones de análisis los elementos resistentes a fuerzas laterales no son paralelos. No se aplica si los ejes de los pórticos o muros forman ángulos menores que 30° ni cuando los elementos no paralelos resisten menos que 10 % de la fuerza cortante del piso.	0.9

*Fuente. RNE (2019)*

### **Restricciones de irregularidades**

Según la norma E030 nos indica que dependiendo de la categoría y la zona donde se ubique la edificación se debe tomar en cuenta las

siguientes irregularidades: (NORMA E.030, 2019)

**Tabla 11**

*Categoría y regularidad de las edificaciones.*

<b>CATEGORÍA Y REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES</b>		
<b>Categoría de la Edificación</b>	<b>Zona</b>	<b>Restricciones</b>
<b>A1 y A2</b>	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades
	1	No se permiten irregularidades extremas
<b>B</b>	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades extremas
	1	Sin restricciones
<b>C</b>	4 y 3	No se permiten irregularidades extremas
	2	No se permiten irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8 m de altura total
	1	Sin restricciones

*Fuente.* RNE (2019)

### **Coeficiente de Reducción de las Fuerzas Sísmicas (R)**

De acuerdo con la Norma E030, el cálculo del coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas debe realizarse considerando de manera precisa los valores correspondientes a las irregularidades en elevación  $I_a$ , y en planta  $I_p$ . Estos coeficientes son fundamentales para determinar la capacidad de una estructura para resistir las fuerzas generadas por un evento sísmico, ya que permiten ajustar las fuerzas de diseño de acuerdo con la respuesta esperada de la edificación ante un sismo.

El coeficiente de reducción se utiliza para adaptar las fuerzas sísmicas calculadas a partir de un análisis teórico, teniendo en cuenta las características específicas de la estructura y su comportamiento dinámico. Esto significa que, al evaluar  $I_a$ ,  $I_p$ . se pueden identificar las irregularidades estructurales que podrían comprometer la estabilidad y resistencia de la edificación durante un sismo.

Por lo tanto, el uso adecuado de estos coeficientes no solo garantiza el cumplimiento normativo, sino que también es crucial para

diseñar estructuras que sean más seguras y resilientes. Al integrar estos factores en el proceso de diseño, se optimiza la capacidad de la estructura para disipar las fuerzas sísmicas, lo que se traduce en una mayor protección para los ocupantes y los bienes materiales en caso de un evento sísmico.  $I_a, I_p$ .

$$R = R_o \times I_a \times I_p$$

### **Estimación del Peso (P):**

Según la norma E030 nos indica que el peso de la edificación se calculara realizando la adición de la carga viva y la carga muerta, para ello se contara con un porcentaje de la carga viva como se detalla en la siguiente tabla:

**Tabla 12**

*Estimación del peso*

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

*Fuente.* RNE (2019)

### **h) Espectro de Diseño**

El espectro de diseño, también llamado aceleración espectral, es una curva derivada de los valores máximos de aceleración que pueden dañar varios diseños en relación con la función del sistema estructural, la actividad sísmica local y las condiciones locales del terreno. La NTE E030 proporciona las siguientes fórmulas para calcular el espectro de diseño en todas las direcciones a partir de las diversas limitaciones anteriores. (NORMA E.030, 2019)

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

## **Análisis Dinámico Modal Espectral Computarizado**

Según la norma (NORMA E.030, 2019) actualmente, debido a la dificultad del estudio modal, puesto que necesita del uso de grandes matrices para obtener los resultados, es que se usa diferentes softwares, que sirven como un instrumento en el campo de la ingeniería estructural. Para la presente tesis, se ha estado haciendo un trabajo con el programa CYPE 3D, el cual, al igual que la exploración para cargas de gravedad, necesita que se definan ciertas características:

### **a) Espectro de Respuesta Sísmica**

El espectro de diseño se define ingresando datos tabulares de aceleración dependientes de la extensión de un documento o directamente en el programa. (NORMA E.030, 2019)

### **b) Carga Sísmica Dinámica**

Los casos de carga sísmica dinámica se definen por dirección. En esta sección, es necesario especificar diversos parámetros que delinearán el área de estudio y las características del análisis estructural que se llevará a cabo. En primer lugar, se debe definir claramente el área geográfica y el contexto de la edificación en cuestión, lo cual incluye las características del terreno y su relación con las condiciones sísmicas locales.

El tipo de estudio que se realizará es un análisis de Forma Modal Espectral, un enfoque ampliamente utilizado en la ingeniería sísmica para evaluar la respuesta dinámica de estructuras bajo la influencia de fuerzas sísmicas. Este método permite determinar cómo las distintas modalidades de vibración de la estructura responden a las excitaciones sísmicas, proporcionando una visión integral del comportamiento estructural.

Además, es importante establecer los criterios de acoplamiento modal. En este caso, se opta por el método de Acoplamiento Cuadrático Completo (CQC), que es un procedimiento eficaz para considerar la

interacción entre las diferentes modas de vibración de la estructura, permitiendo así una evaluación más precisa de las fuerzas sísmicas que actúan sobre ella.

Asimismo, se deben considerar los componentes de escala y la excentricidad accidental. La excentricidad accidental se refiere a la desviación no intencionada de la línea de acción de las fuerzas aplicadas respecto al centro de masa de la estructura, lo cual puede influir significativamente en su respuesta ante sismos.

El análisis se llevará a cabo en las direcciones principales X e Y, lo que implica que se examinará el comportamiento de la estructura bajo cargas sísmicas que actúan en estas dos orientaciones fundamentales. Esta consideración es crucial para garantizar que todos los aspectos relevantes de la dinámica estructural sean abordados de manera efectiva, proporcionando así una evaluación exhaustiva de la capacidad de la estructura para resistir eventos sísmicos. Dado que este factor no se tiene en cuenta en los valores espectrales de diseño, el componente de escala es igual a la gravedad, con una excentricidad aleatoria de 0,05 según dicta la regla. (NORMA E.030, 2019)

### **c) Estimación del Peso de la Edificación**

El peso (P) se define como la suma de la carga continua total y el porcentaje de sobrecarga especificado en la NTE E030. Los diseños clasificados como categoría B, que son considerados críticos, están diseñados para soportar hasta el 50% de la carga útil máxima esperada en la estructura. Esta clasificación se establece mediante un proceso de programación que se basa en patrones de carga específicos, los cuales incluyen las cargas muertas (DEAD) y las cargas vivas (LIVE).

Las cargas muertas son aquellas que son permanentes en la estructura, como el peso de los materiales de construcción, el sistema de techado, las instalaciones fijas y otros elementos estructurales que no se mueven. En contraste, las cargas vivas son aquellas que pueden variar a lo largo del tiempo, como el peso de los ocupantes, el mobiliario

y otros objetos que se pueden mover o cambiar dentro del espacio.

Al establecer este criterio del 50% para los diseños de categoría B, se busca garantizar que la estructura tenga suficiente capacidad para manejar no solo las cargas permanentes, sino también las cargas variables que se pueden presentar durante su uso. Este enfoque permite una mayor seguridad y fiabilidad en el diseño estructural, especialmente en edificaciones donde la demanda de carga puede ser significativa, como en edificios de oficinas, hospitales o instalaciones industriales.

En resumen, la utilización de patrones de carga DEAD y LIVE para definir las capacidades de diseño en estructuras de categoría B asegura que se cumplan los requisitos de resistencia y seguridad necesarios, lo que es fundamental para la integridad estructural y la seguridad de los ocupantes.

#### **d) Parámetros del Análisis Modal**

El número de membranas en un sistema estructural es un factor crucial, ya que determina la cantidad de métodos de análisis que deben ser computados. En particular, se requieren tres métodos de análisis para cada membrana, lo que incrementa significativamente la complejidad del procedimiento utilizado para calcular el método de vibración.

Es fundamental realizar una inspección rigurosa de los resultados obtenidos para garantizar que la obra cumpla con los principios establecidos en la filosofía de diseño sísmico. La Norma Técnica E030 establece una serie de requisitos y calificaciones que deben ser satisfechas antes de avanzar al diseño final de la estructura. Estas calificaciones aseguran que los resultados de los estudios sísmicos se obtengan de manera exhaustiva y precisa, proporcionando así un marco sólido sobre el cual se fundamentará el diseño estructural.

Los estudios sísmicos previos son esenciales, ya que permiten evaluar el comportamiento de la estructura ante condiciones de carga

sísmica, garantizando que todos los elementos del diseño sean adecuados para resistir las fuerzas generadas por un sismo. Esto incluye la consideración de aspectos como la distribución de masas, la rigidez de los elementos, y la capacidad de los materiales empleados.

Por lo tanto, el cumplimiento de los requisitos de la NTE E030 no solo es un procedimiento normativo, sino también un componente fundamental para asegurar la seguridad y la durabilidad de la edificación en entornos sísmicos. Al seguir este enfoque, se minimizan los riesgos asociados a los desastres naturales y se contribuye a la resiliencia de las infraestructuras urbanas. Al mismo tiempo, debe comprobarse si se cumplen todos los criterios de irregularidad esperados. (NORMA E.030, 2019)

### **Desplazamientos Relativos Admisibles**

Una norma más reciente ha establecido límites en el movimiento relativo, también conocido como deriva, que pueden experimentar las estructuras durante eventos sísmicos. Esta regulación se fundamenta en el reconocimiento de que un exceso de deriva puede provocar daños significativos en la integridad estructural, comprometiendo no solo la funcionalidad del edificio, sino también la seguridad de sus ocupantes.

El movimiento relativo se refiere a la diferencia de desplazamiento entre diferentes niveles de una estructura, y es un indicador crucial del comportamiento de la misma frente a cargas sísmicas. Dada la naturaleza de los materiales de construcción empleados, cada tipo de material tiene diferentes capacidades para tolerar dicha deriva. Por lo tanto, los límites establecidos son específicos para cada material, lo que permite una mayor flexibilidad y adaptación a las características de la edificación.

La Norma Técnica E030 proporciona directrices claras en relación al desplazamiento relativo permisible, que se detalla en la Tabla N°11. Esta tabla establece los valores máximos de deriva que una estructura puede experimentar sin que se comprometa su estabilidad o seguridad,

considerando factores como la altura de la edificación y el tipo de material utilizado.

Adherirse a estas especificaciones es fundamental para los ingenieros civiles, ya que les permite diseñar estructuras que no solo cumplen con los estándares de seguridad, sino que también son capaces de resistir adecuadamente las fuerzas sísmicas, minimizando así los riesgos de daños durante un evento sísmico. Esto no solo protege la inversión en la construcción, sino que también salvaguarda la vida de las personas que habitan y trabajan en estos edificios:

**Tabla 13**

*Valores máximos de la distorsión del entrepiso.*

<b>LIMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO</b>	
Material Predominante	$(\Delta_i/h_{ei})$
<b>Concreto Armado</b>	0,007
<b>Acero</b>	0,010
<b>Albañilería</b>	0,005
<b>Madera</b>	0,010
<b>Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada</b>	0,005

*Fuente.* RNE (2019)

En el contexto del inmueble que estamos analizando, se ha determinado que el límite permitido para la distorsión entre pisos, específicamente para estructuras de concreto armado, es de 0.007. Este valor está claramente estipulado en la Norma E.030 (2019) y se refiere al desplazamiento máximo que puede experimentar un entrepiso bajo condiciones de carga, incluyendo las fuerzas sísmicas.

La distorsión entre pisos, también conocida como deriva entre niveles, es un aspecto crítico en el diseño estructural, ya que puede influir en la funcionalidad y la seguridad de la edificación. Un valor excesivo de distorsión puede resultar en problemas significativos, como

el deterioro de las uniones entre elementos estructurales, el daño a los acabados interiores y, en casos extremos, la compromisión de la integridad estructural del edificio.

El límite de 0.007 es una medida de precaución que busca garantizar que la estructura se comporte adecuadamente frente a las sollicitaciones a las que estará expuesta a lo largo de su vida útil. Este parámetro debe ser considerado en el proceso de diseño y análisis, asegurando que las características geométricas, materiales utilizados y la distribución de cargas en la estructura se ajusten a estos requerimientos.

Para los ingenieros civiles, es crucial realizar un análisis detallado y minucioso, evaluando los modos de vibración y el comportamiento dinámico del edificio, a fin de cumplir con esta norma y asegurar la durabilidad y seguridad del inmueble. De esta forma, se garantiza que la estructura no solo sea funcional, sino que también se mantenga estable y segura ante eventos sísmicos, contribuyendo al bienestar de sus ocupantes.

## **Verificación de Irregularidades Estructurales**

### **a) Irregularidad de Rigidez – Piso Blando**

La irregularidad estructural se presenta cuando la distorsión entre pisos de un entrepiso específico excede ciertos umbrales establecidos, lo que puede comprometer el comportamiento sísmico de la edificación. De acuerdo con la Norma E.030 (2019), esta irregularidad se define de dos maneras:

Comparación con el entrepiso inmediato: Se considera que hay irregularidad si la distorsión del entrepiso en cuestión es superior a 1.4 veces la distorsión del entrepiso inmediato superior. Esto implica que el movimiento o desplazamiento relativo que experimenta el entrepiso es significativamente mayor que el que experimenta el nivel adyacente, lo cual puede causar descompensaciones en el comportamiento

estructural, llevando a una distribución desigual de las fuerzas sísmicas y potencialmente a fallos en las conexiones entre niveles.

Comparación con el promedio de distorsiones: Alternativamente, se define irregularidad si la distorsión de un entrepiso es más de 1.25 veces el promedio de las distorsiones de los tres niveles adyacentes más cercanos. Este criterio se establece para evaluar cómo se compara la distorsión de un entrepiso con el comportamiento general de los niveles vecinos, proporcionando una perspectiva más amplia sobre la regularidad del comportamiento estructural.

Ambos criterios son fundamentales para el diseño y análisis de edificaciones, ya que permiten identificar situaciones potencialmente problemáticas que pueden surgir debido a configuraciones no uniformes en la distribución de las cargas. La identificación de tales irregularidades es crucial, pues puede influir significativamente en la seguridad y la estabilidad de la estructura, especialmente en áreas propensas a sismos.

Por lo tanto, los ingenieros civiles deben realizar un análisis detallado de la distorsión entre pisos durante la fase de diseño, asegurándose de que estas medidas se mantengan dentro de los límites permisibles para evitar cualquier irregularidad que pueda comprometer la integridad de la edificación ante eventos sísmicos. Así, se logra no solo un diseño más robusto, sino también una mayor seguridad para los ocupantes del edificio. (NORMA E.030, 2019)

### **b) Irregularidad de Masa o Peso**

La irregularidad de masa, también conocida como irregularidad de peso, se presenta en una estructura cuando el peso estimado de un piso específico supera en más de 1.5 veces el peso del piso adyacente más cercano. Esta evaluación se realiza sin considerar elementos como azoteas o sótanos, ya que estos componentes pueden afectar la distribución de cargas, pero no son parte de la comparación directa entre los niveles de la edificación.

La existencia de una irregularidad de masa puede tener serias implicaciones en el comportamiento estructural de un edificio, especialmente durante eventos sísmicos. Cuando un piso tiene un peso significativamente mayor que los pisos contiguos, se genera un desbalance en la distribución de fuerzas y momentos a lo largo de la estructura. Este desbalance puede provocar que el piso con mayor masa actúe como un punto de concentración de esfuerzos, lo que podría llevar a un comportamiento no deseado, como el pandeo o la falla de las conexiones entre elementos estructurales.

Desde el punto de vista del diseño estructural, es fundamental considerar esta irregularidad durante la etapa de análisis, ya que puede influir en la estabilidad y la resistencia general del edificio. La norma E.030 establece estos criterios para asegurar que los ingenieros puedan identificar y abordar adecuadamente cualquier situación que pueda comprometer la seguridad de la estructura. Esto implica que se deben realizar cálculos precisos y evaluaciones de masa para cada nivel, a fin de garantizar que la distribución de pesos sea adecuada y cumpla con los requerimientos de diseño para resistir cargas sísmicas y gravitacionales.

En resumen, la detección de irregularidades de masa es crucial para lograr un diseño equilibrado y eficiente, que no solo satisfaga las necesidades funcionales del edificio, sino que también asegure la seguridad y la durabilidad de la edificación en el tiempo. (NORMA E.030, 2019)

### **c) Irregularidad Torsional**

La irregularidad torsional se presenta en una estructura cuando el desplazamiento relativo máximo de un extremo del edificio, calculado teniendo en cuenta la excentricidad accidental, excede 1.2 veces el desplazamiento relativo en el centro de masas del mismo entrepiso bajo las mismas condiciones de carga. Esta diferencia en los movimientos puede indicar un comportamiento no uniforme de la estructura, lo que

puede resultar en tensiones no deseadas y afectar la integridad del edificio durante un evento sísmico.

Además, se considera que hay una irregularidad torsional extrema cuando la relación entre estos movimientos supera el valor de 1.5. Esta clasificación es particularmente crítica, ya que un comportamiento torsional excesivo puede provocar que el edificio no responda adecuadamente a las fuerzas sísmicas, lo que podría llevar a un colapso parcial o total.

Para que se considere una irregularidad torsional, el desplazamiento relativo máximo debe ser mayor al 50% del desplazamiento permisible especificado en la tabla N°11 de la norma NTE E030. Este criterio asegura que se evalúen solo aquellos casos en los que la torsión puede tener un impacto significativo en la seguridad estructural.

Desde un enfoque de diseño, es esencial tener en cuenta estas irregularidades en las fases iniciales de análisis estructural. La identificación de irregularidades torsionales permite a los ingenieros implementar medidas correctivas, como el refuerzo de elementos estructurales o la modificación de la disposición de cargas, para asegurar que la edificación mantenga su estabilidad y resistencia durante eventos sísmicos.

En resumen, el reconocimiento y la evaluación de la irregularidad torsional son cruciales para garantizar que la estructura cumpla con los estándares de seguridad requeridos y para promover un comportamiento estructural eficiente y predecible bajo condiciones de carga diversas.

### **Fuerza Cortante Mínima**

Para estructuras irregulares, es fundamental que el cortante basal obtenido en análisis estáticos no sea inferior a  $90^\circ$ . Este límite asegura que se consideren adecuadamente las fuerzas sísmicas que pueden actuar sobre la estructura, promoviendo su estabilidad y seguridad. En

situaciones donde las características del diseño así lo requieran, si el resultado obtenido es menor que este umbral, se deberá aplicar un ajuste que escale el valor calculado hasta alcanzar el mínimo establecido.

El propósito de esta normativa es garantizar que el esfuerzo cortante básico calculado en estudios estáticos refleje adecuadamente las condiciones reales a las que estará expuesta la edificación. En el contexto del inmueble bajo análisis, este enfoque permite una evaluación más precisa del comportamiento estructural, teniendo en cuenta las particularidades de la irregularidad en su diseño.

La determinación del cortante basal es un paso crítico en el proceso de diseño, ya que influye directamente en el dimensionamiento y refuerzo de los elementos estructurales. Esto incluye vigas, columnas y muros, que deben ser capaces de resistir las fuerzas laterales generadas durante un sismo. De esta manera, se busca prevenir daños estructurales significativos y garantizar la seguridad de los ocupantes del edificio.

En conclusión, el establecimiento de un valor mínimo para el cortante basal en estructuras irregulares es un aspecto esencial del diseño sísmico, que permite a los ingenieros civiles abordar adecuadamente las incertidumbres inherentes a este tipo de edificaciones y asegurar un desempeño estructural confiable ante eventos sísmicos. (NORMA E.030, 2019):

### **Junta de Separación Sísmica**

Las construcciones tienen que estar separadas de las construcciones adyacente a una distancia mínima, con la intención de eludir el contacto a lo largo de un acontecimiento sísmico. Para eso la regla da la siguiente expresión para decidir la distancia de división entre construcciones ( $s_j$ ):  $s_j = 0.006 h \geq 0.03m$   $s_j = 0.006 * 19.9 m = 0.12 m$ . Paralelamente, se limita en la situación de que la composición adyacente cuente con junta sísmica, que la construcción tendrá que retirarse de los

parámetros de propiedad adyacentes una distancia no menor a  $2/3$  del movimiento más alto ni menor a  $s/2$ . Para la situación del inmueble en análisis, tomando en cuenta que la construcción adyacente cuenta con una junta sísmica, se tiene los próximos valores límite para la división para cada dirección: Por consiguiente, se ofrece usar una división de 7 centímetros respecto al límite de propiedad de las construcciones adyacente a la composición en las dos direcciones. (NORMA E.030, 2019)

### **Centro de Masa y Centro de Rigidez**

El centro de masa de una estructura se define como el punto en el cual se concentra toda la masa del componente, lo que significa que, si se aplican fuerzas externas sobre la pieza, no se generarán momentos de torsión en torno a este punto. En otras palabras, se trata de una ubicación en la que el efecto de las fuerzas gravitacionales se equilibra, lo que permite que la estructura se comporte de manera estable bajo cargas.

Por otro lado, el centro de rigidez es el punto en el que se concentran las capacidades de resistencia a los esfuerzos cortantes que son absorbidos por los elementos verticales del sistema estructural, como columnas y muros. Este punto es crucial para entender cómo la estructura responderá a las cargas laterales, especialmente en situaciones sísmicas.

Para garantizar que la estructura funcione de manera eficiente y segura, es fundamental que la distancia entre el centro de masa y el centro de rigidez sea lo más pequeña posible en cada dirección de análisis. Cuando estos dos puntos están alineados o muy cerca uno del otro, se minimizan los momentos de torsión generados durante la aplicación de cargas laterales. Esta alineación reduce la posibilidad de distorsiones no deseadas que podrían comprometer la integridad estructural.

En conclusión, al diseñar una edificación, es esencial prestar

atención a la ubicación relativa del centro de masa y el centro de rigidez. Asegurarse de que estos puntos estén lo más próximos posible no solo mejora el comportamiento dinámico de la estructura, sino que también contribuye a su estabilidad y durabilidad a largo plazo, evitando penalizaciones por torsión y mejorando la seguridad de los ocupantes. Debido a la forma y arquitectura irregular del propio solar, se ha intentado dotar de la mayor simetría estructural posible para evitar problemas de giros extremos de la planta en la situación analizada. (NORMA E.030, 2019)

### **Modos de Vibración de la Estructura**

Un modo de vibración se define como el patrón específico y característico en el cual una estructura vibrará cuando se le aplique una carga dinámica, como la generada por un sismo. En el contexto del análisis estructural, el estudio modal dinámico es una técnica fundamental que permite evaluar cómo una estructura responderá a estas cargas. Este proceso implica la identificación de varios modos de vibración, donde se calcula un total de tres modos por cada diafragma rígido que haya sido establecido en el diseño.

Cada diafragma rígido se considera como una superficie plana que conecta las diferentes partes de la estructura, y su comportamiento vibratorio es esencial para entender la respuesta general de la edificación ante movimientos sísmicos. Al analizar la participación de la masa en cada uno de estos modos, se puede determinar cómo se distribuyen las fuerzas de vibración a lo largo de la estructura.

La combinación de estos modos proporciona una representación integral de la respuesta dinámica de la edificación. Así, al sumar las contribuciones de cada modo de vibración, se obtiene una imagen más completa de cómo la estructura se comportará en situaciones de carga dinámica. Esto es crucial para garantizar que el diseño estructural sea capaz de soportar las exigencias impuestas por eventos sísmicos, asegurando la estabilidad y la seguridad de la construcción en su

conjunto. La regla apunta que para cada dirección va a ser solo primordial usar al menos un 90 % de masa participativa acumulada. (NORMA E.030, 2019)

### 2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

**Análisis:** Determinar las respuestas a las actividades planificadas usando modelos matemáticos. (NORMA E.030, 2019)

**Carga Muerta:** Es el peso de los materiales, equipos de mantenimiento, aparatos, tabiques y otras partes que soportan el edificio, incluido su propio peso, que es constante o cuyo tamaño cambia con el tiempo. NTP. E.020 Cargas. (NORMA E.020, 2019)

**Carga Viva:** Es el peso de todos los ocupantes, materiales, equipos, muebles y otras partes móviles que soporta el edificio. NTP. E.020 Cargas. (NORMA E.020, 2019)

**Carga de servicio:** Carga definida en el estándar NTP (sin amplificar). E.020 Cargas, códigos de construcción nacionales de los que forma parte esta norma. (NORMA E.020, 2019)

**Columna:** Una sección con una relación entre la altura y la dimensión lateral más pequeña superior a tres se utiliza principalmente para soportar cargas de compresión axial. (NORMA E.060, 2019)

**Comportamiento estructural:** Es la respuesta a las aplicaciones de carga lo que determina las fuerzas y deformaciones internas. (NORMA E.030, 2019)

**Concreto estructural:** Todo el hormigón utilizado para fines de construcción, incluido el hormigón simple y el hormigón armado. (NORMA E.060, 2019)

**Espectro de diseño:** Un espectro que incluye un factor de reducción de respuesta correspondiente a un sistema inmunitario sísmico aprobado. (NORMA E.030, 2019)

**Fuerza Sísmica:** Fuerzas externas capaces de reproducir valores extremos de movimientos y tensiones internas provocadas por la excitación sísmica que actúa sobre el suelo. (NORMA E.030, 2019)

**Losa:** Elemento estructural utilizado como techo o piso, de menor espesor que sus otras dimensiones, generalmente horizontal y reforzado en una o dos direcciones (NORMA E.060, 2019)

**Viga:** Un elemento estructural que esencialmente funciona en flexión y cortante. (NORMA E.060, 2019)

## **2.4. HIPÓTESIS**

### **2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL**

H<sub>i</sub>: La implementación del software CYPE 3D para el diseño sismorresistente mejora la gestión de construcción de una vivienda multifamiliar, Amarilis – Huánuco – 2024.

H<sub>0</sub>: La implementación del software CYPE 3D para el diseño sismorresistente no mejora la gestión de construcción de una vivienda multifamiliar, Amarilis – Huánuco – 2024.

### **2.4.2. HIPÓTESIS ESPECIFICAS**

El análisis sismorresistente implementando el software CYPE 3D mejora la gestión de construcción de una vivienda multifamiliar, Amarilis – Huánuco – 2024.

El diseño estructural implementando el software CYPE 3D mejora la gestión de construcción de una vivienda multifamiliar, Amarilis – Huánuco – 2024.

Se optimizo el tiempo y costo implementando el software CYPE 3D mejora la gestión de construcción de una vivienda multifamiliar, Amarilis – Huánuco – 2024.

## 2.5. VARIABLES

### 2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Gestión de construcción

**Indicadores:**

- Análisis y diseño estructural
- Elaboración de planos
- Memoria de calculo
- Costos en la E. de los planos
- Costos en la E. de la memoria de calculo

### 2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

Diseño sismorresistente

**Indicadores:**

- Análisis estático
- Análisis dinámico
- Diseño de vigas
- Diseño de losas
- Diseño de columnas
- Diseño de escaleras
- Diseño de cimentaciones

## 2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

**Tabla 14**

*Sistema de variables-dimensiones e indicadores.*

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>V. independiente</b> <b>Diseño</b> <b>sismorresistente</b>	Análisis estructural	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis estático</li> <li>• Análisis dinámico</li> </ul>	Cuantitativa.	Discreta
	Diseño estructural definitivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño de vigas</li> <li>• Diseño de losas</li> <li>• Diseño de columnas</li> <li>• Diseño de escaleras</li> <li>• Diseño de cimentaciones</li> </ul>		
<b>V. dependientes</b> <b>Gestión de</b> <b>construcción</b>	Tiempo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis y diseño estructural</li> <li>• Elaboración de planos</li> <li>• Memoria de calculo</li> </ul>	Cuantitativa.	Discreta.
	Costos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costos en la E. de los planos</li> <li>• Costos en la E. de la memoria de calculo</li> </ul>		

*Nota.* La tabla se detalla las variables tanto independiente como dependiente de la investigación, así también como las dimensiones de estas variables, sus indicares, el tipo de variable y la escala de medición.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

##### 3.1.1. ENFOQUE

El presente proyecto de investigación se presentará un enfoque **cuantitativo**, ya que los resultados obtenidos mediante la herramienta CYPE 3D, tanto en el análisis como en el diseño estructural, serán cuantificables numéricamente. Además, se medirá de manera precisa el tiempo requerido para la elaboración del proyecto, permitiendo una evaluación detallada de la eficiencia en la ejecución. Este enfoque permitirá una evaluación objetiva y rigurosa de los beneficios y mejoras introducidos por el uso del software, facilitando una comparación directa entre los resultados teóricos y las aplicaciones prácticas en el ámbito de la ingeniería civil.

##### 3.1.2. ALCANCE O NIVEL

El presente proyecto de investigación tendrá un alcance **descriptivo**, ya que se centrará en comparar el uso del software CYPE 3D y otros softwares en la gestión de proyectos civiles. El objetivo será analizar detalladamente las diferencias y ventajas en la aplicación de CYPE 3D frente a otros enfoques, evaluando cómo cada método influye en la eficiencia, precisión y efectividad en la planificación y ejecución de proyectos. Este análisis descriptivo permitirá identificar y documentar las mejoras y potenciales ventajas del software en el contexto de la gestión estratégica, proporcionando una base sólida para recomendaciones y futuras aplicaciones en la ingeniería civil.

##### 3.1.3. DISEÑO

El presente proyecto de investigación adoptará un diseño **no experimental**, dado que no alterará las condiciones ni las fórmulas establecidas en el reglamento nacional de edificaciones. En particular,

se adherirá a las directrices de la norma E030 para el análisis sismorresistente y de la norma E060 para el diseño de concreto armado. Este enfoque permitirá evaluar el impacto del uso del software CYPE 3D en el contexto de las normativas vigentes, sin modificar los parámetros regulativos, asegurando así una comparación precisa y objetiva con los métodos establecidos.

## **3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **3.2.1. POBLACIÓN**

En el presente proyecto se considerará como población a las edificaciones de 5 niveles de concreto armado, Amarilis - Huánuco - 2024.

### **3.2.2. MUESTRA**

En el presente proyecto se considerará una muestra no probabilística por lo que se tomará como muestra a una vivienda multifamiliar de 5 niveles de concreto armado, Amarilis - Huánuco -2024.

#### **Criterio de inclusión:**

- Se tomará solo estructuras multifamiliar con 5 niveles a más para el análisis.
- Se empleará únicamente el reglamento nacional de edificaciones para la análisis y diseño sismorresistente.
- Se tomará estructuras cuyo material predominante sea el concreto armado.

#### **Criterio de exclusión:**

- No se tomará edificaciones con niveles inferiores a 5 pisos.
- No se empleará otras normativas vigentes de otros países u otras metodologías de diseño estructural.
- No se tomará estructuras cuyo material predominante no sea el concreto armado.

Para el desarrollo de la presente investigación se seleccionó como muestra una vivienda unifamiliar ubicada en la Urbanización San Carlos, Manzana B, Lote 07, distrito de Amarilis, provincia y departamento de Huánuco. La elección de esta edificación como caso de estudio responde a criterios de representatividad, accesibilidad y pertinencia técnica.

En primer lugar, la vivienda seleccionada presenta una tipología estructural y arquitectónica representativa de las edificaciones urbanas en el distrito de Amarilis, donde predominan las viviendas multifamiliares de hasta cinco niveles, destinadas principalmente a uso habitacional. Esta homogeneidad en las tipologías edificatorias permite que el análisis de su comportamiento estructural sea extrapolable a un conjunto amplio de edificaciones similares en la zona urbana de Huánuco.

Asimismo, se empleó un sistema estructural aporticado, conformado por vigas, columnas y losas de concreto armado, el cual fue seleccionado por ser el más utilizado en las edificaciones de hasta cinco pisos en el Perú y, particularmente, en la región Huánuco. Este sistema ofrece facilidad constructiva, adaptabilidad arquitectónica y adecuada respuesta sísmica, especialmente cuando se aplica en edificaciones de baja y mediana altura, en las cuales la flexibilidad y ductilidad estructural son esenciales para disipar la energía sísmica.

De acuerdo con las Normas Técnicas E.030 (Diseño Sismorresistente) y E.060 (Concreto Armado) del Reglamento Nacional de Edificaciones – RNE (2018), los sistemas aporticados son apropiados en zonas sísmicas de alta peligrosidad, siempre que se garantice una configuración estructural regular y se cumpla con los requisitos de resistencia, rigidez y ductilidad.

Diversos estudios, como los de Torres y Quispe (2019) y Huamán (2020), respaldan esta elección al señalar que el sistema aporticado es el más predominante en la zona centro del país, debido a su viabilidad económica, disponibilidad de materiales convencionales (concreto y

acero) y mayor dominio técnico por parte de los constructores locales.

Por otro lado, la elección de una muestra única se justifica bajo el enfoque de estudio de caso, el cual, según Yin (2018), es apropiado cuando se busca analizar en profundidad un fenómeno dentro de su contexto real, permitiendo comprender sus particularidades técnicas y constructivas. De forma complementaria, Hernández, Fernández y Baptista (2014) señalan que la selección intencional o por conveniencia de una muestra es válida cuando esta representa de forma adecuada las condiciones que se desean estudiar, especialmente en investigaciones de carácter aplicado y exploratorio.

Finalmente, la accesibilidad física y la disponibilidad de información técnica de la vivienda (planos estructurales, memoria descriptiva y materiales empleados) facilitaron la recopilación de datos necesarios para la caracterización estructural. Además, su ubicación en una zona urbana consolidada de Huánuco brinda condiciones geotécnicas y constructivas representativas del entorno local, reforzando la validez técnica y contextual de la elección del sistema estructural aporticado.

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

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

**Técnica:** Se partirá de la observación, ya que se examinarán diversos métodos y herramientas para la gestión de la construcción en los proyectos de la ciudad de Huánuco. Además, se llevará a cabo un estudio detallado del levantamiento topográfico de los terrenos donde se desarrollarán los proyectos, y se analizarán las características específicas del suelo mediante un estudio de suelos. Este estudio permitirá conocer las propiedades físicas del terreno, proporcionando una base sólida para la planificación y ejecución eficiente de los proyectos.

**Instrumentos:** Como instrumento se utilizó material bibliográfico, normas técnicas, softwares para procesamiento.

### **1) Ficha de recolección de datos:**

Se empleará fichas de recolección de datos para conocer lo que es el ángulo de cohesión interna y la capacidad portante que presenta el suelo en el lugar de esta manera para posteriormente definir los parámetros sismo resistentes, te enviaremos la ficha de recolección de datos para ver las características de las escaleras tradicionales y helicoidales.

### **2) Encuestas:**

Se realizará encuestas a distintos ingenieros de la localidad para conocer el uso de los softwares que emplean para el análisis estructural y el diseño de las estructuras en la ciudad de Huánuco.

### **3) Material bibliográfico:**

Se emplearán diferentes fuentes bibliográficas y documentos nacionales para la elaboración de la investigación.

- Norma E020 Cargas
- Norma E030 Diseño sismorresistente
- Norma E060 Concreto armado
- ACI 314-19.

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

Para la presentación de datos del presente proyecto primeramente se partirá de reconocer el terreno para ello se empleará un levantamiento topográfico empleando una estación total lo cual posteriormente se llevará los puntos geodésicos a un software especializado, se realizará también una calicata para conocer las características mecánicas del suelo según la norma E050, se realizará el predimensionamiento de los elementos estructurales como las vigas columnas losas y del elemento principal que será en este caso las escaleras siguiendo una hoja Excel, se definirá los parámetros sismo resistentes según la norma E 030 y

según el estudio de suelos realizado, se llevará todo ello al software CYPE 3D para su modelamiento y su posterior análisis sísmo resistente siguiendo la norma técnica E 030 .

Los dispositivos, software, equipos y herramientas utilizados necesarios para la investigación son:

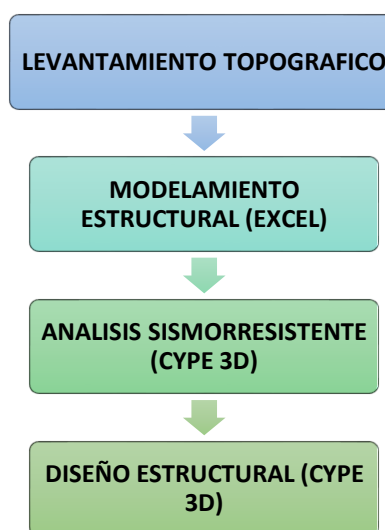
- Materiales para el estudio de suelos.
- Equipos de instrumentación.
- Programa CYPE 3D.

Se utilizarán los siguientes formatos:

- Formato para investigación y análisis de suelos.
- Formato de los estudios topográficos.

### Figura 3

*Para la presentación de datos*



*Nota.* La figura detalla el procedimiento que se empleara para realizar el análisis estructural empleando el software CYPE 3D.

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

**Recopilación de información disponible:** Se procederá a recopilar y analizar la literatura existente relacionada con la investigación

en curso, incluyendo artículos científicos y otros documentos pertinentes. Este proceso proporcionará una base sólida de conocimientos previos y ayudará a contextualizar el estudio dentro del estado actual del campo.

**Levantamiento topográfico:** Se llevará a cabo un levantamiento topográfico del área en cuestión utilizando equipos especializados, como estaciones totales y sistemas GPS. Esta etapa consistirá en describir detalladamente el área de estudio, registrando las características del terreno mediante formatos adecuados para consolidar los resultados obtenidos.

**Estudio de mecánica de suelos:** Se realizará un estudio de mecánica de suelos con el propósito de determinar las propiedades mecánicas del terreno. Este análisis permitirá evaluar la capacidad de carga del suelo y asegurar que puede soportar adecuadamente los proyectos propuestos. Los resultados del estudio serán cruciales para la correcta planificación y diseño de las edificaciones en el área.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

##### 4.1.1. ARQUITECTURA

Para llevar a cabo el análisis estructural de un proyecto, es fundamental iniciar con un diseño arquitectónico bien definido. Este diseño no solo permite una correcta distribución de los espacios, sino que también garantiza que los soportes estructurales se predimensionen de manera adecuada. La arquitectura desempeña un papel crucial, especialmente en viviendas ubicadas en terrenos reducidos, donde la maximización del espacio es esencial. Una planificación arquitectónica efectiva optimiza la disposición de los diferentes ambientes, facilitando así una circulación fluida y funcional. Además, se asegura de que se logre una adecuada iluminación natural y ventilación, aspectos que son vitales para el confort de los ocupantes. Al integrar el diseño arquitectónico con el análisis estructural, se logra una sinergia que no solo mejora la funcionalidad del espacio, sino que también refuerza la seguridad y estabilidad de la edificación, cumpliendo con las normativas vigentes y garantizando un desempeño óptimo ante las cargas y fuerzas que puedan actuar sobre la estructura. Esta integración es esencial para el éxito de cualquier proyecto de construcción, especialmente en contextos donde los recursos son limitados y la eficiencia es primordial.

##### **Descripción del plano arquitectónico:**

Área total: Aproximadamente 180 m<sup>2</sup>.

Acceso: Entrada principal que lleva a un vestíbulo, que debe cumplir con las normas de accesibilidad según el RNE.

##### **Dormitorio Principal:**

Tamaño: Aproximadamente 25 m<sup>2</sup>.

Ventanales que aseguran iluminación natural, cumpliendo con el RNE en cuanto a la relación entre el área de la ventana y el área del dormitorio.

Closet empotrado conforme a las dimensiones mínimas establecidas por el reglamento.

### **Dormitorios Secundarios (3):**

Cada uno de aproximadamente 20 m<sup>2</sup>, cumpliendo con las dimensiones mínimas para garantizar la habitabilidad.

Ventanas que permiten la ventilación cruzada, esencial para el confort térmico.

### **Cocina:**

Área de aproximadamente 15 m<sup>2</sup>, diseñada en estilo abierto para promover la interacción.

La disposición de los muebles debe seguir el triángulo de trabajo (fregadero, cocina y refrigerador) y cumplir con los requisitos de espacio libre.

Debe incluir salidas adecuadas para ventilación natural y sistemas de extracción de humos, cumpliendo con las normativas de instalaciones sanitarias y eléctricas del RNE.

### **Sala:**

Espacio de unos 20 m<sup>2</sup> con acceso directo a la cocina y al patio trasero.

Ventanales amplios para garantizar una adecuada iluminación, cumpliendo con los estándares de eficiencia energética establecidos en el reglamento.

La distribución de muebles debe considerar espacios mínimos de circulación según las normativas.

### **Tragaluz:**

Un tragaluz de 6 m<sup>2</sup> ubicado en la sala. Este elemento debe estar diseñado para asegurar la estanqueidad y la resistencia al fuego, siguiendo las normas de seguridad del RNE.

Debe ser colocado de manera que maximice la entrada de luz natural sin comprometer la privacidad de los espacios.

### **Baños:**

Un baño completo accesible desde el pasillo, con dimensiones y distribución que cumplan con las normas de habitabilidad.

Incluye un baño de servicio cerca de la cocina, asegurando una separación adecuada de las áreas privadas y comunes.

### **Otros Elementos:**

Pasillos amplios que facilitan la circulación, cumpliendo con las medidas mínimas del RNE.

Espacios de almacenamiento (como closets y alacenas) estratégicamente ubicados, en línea con las recomendaciones de optimización del espacio.

### **Normativas de Seguridad:**

Salidas de emergencia: El diseño debe incluir rutas de evacuación claramente señalizadas.

Materiales: Todos los materiales utilizados deben ser certificados y cumplir con las normas de resistencia al fuego y a la humedad.

### **Instalaciones:**

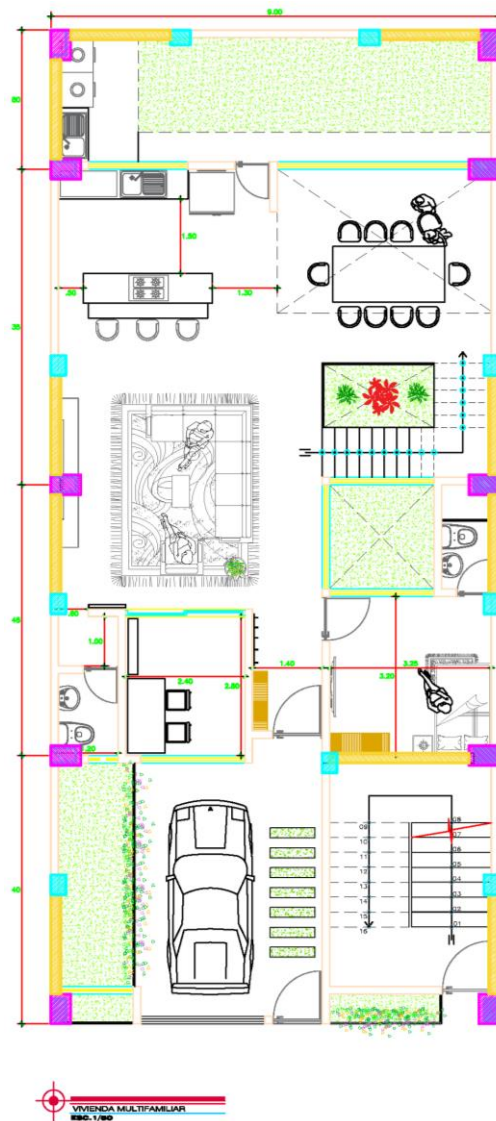
Las instalaciones eléctricas deben cumplir con las normativas sobre seguridad eléctrica, con puntos de luz y tomacorrientes ubicados estratégicamente.

Sistemas de fontanería que aseguren un adecuado suministro de agua y desagüe, con un diseño que evite la contaminación cruzada.

Este plano arquitectónico no solo responde a las necesidades de funcionalidad y confort, sino que también se alinea estrictamente con el Reglamento Nacional de Edificaciones, asegurando que la vivienda sea segura, accesible y eficiente. Cada elemento ha sido considerado para maximizar la calidad de vida de sus ocupantes mientras se cumplen todas las normativas vigentes.

**Figura 4**

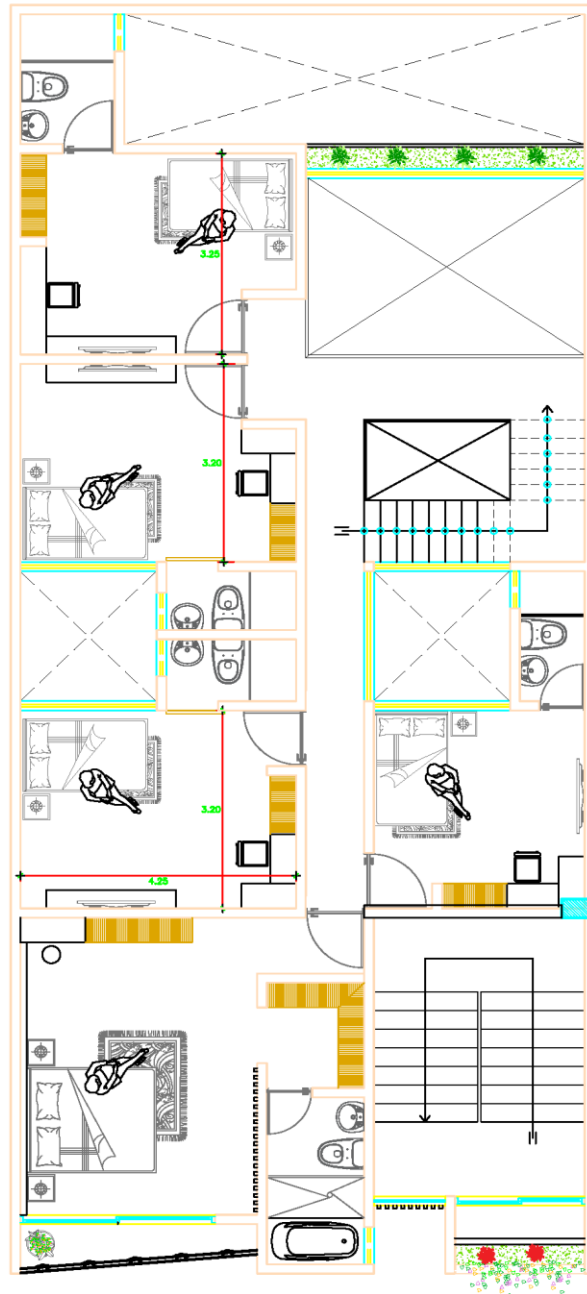
*Diseño Arquitectónico del 1er nivel*



*Nota.* La figura detalla el plano arquitectónico de la estructura para realizar el análisis estructural empleando el software CYPE 3D para mejorar la gestión de construcción de una vivienda multifamiliar en la ciudad de Amarilis.

**Figura 5**

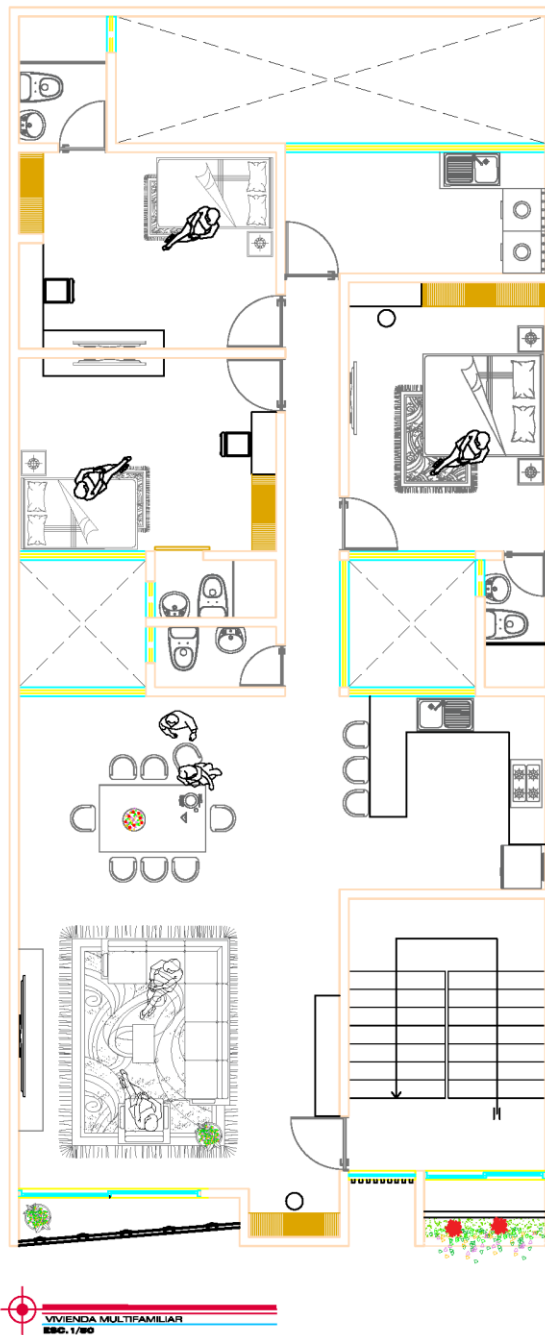
*Diseño Arquitectónico del 2do nivel*



*Nota.* La figura detalla el plano arquitectónico de la estructura para realizar el análisis estructural empleando el software CYPE 3D para mejorar la gestión de construcción de una vivienda multifamiliar en la ciudad de Amarilis.

## Figura 6

*Diseño Arquitectónico del 3,4 y 5 nivel*



*Nota.* La figura detalla el plano arquitectónico de la estructura para realizar el análisis estructural empleando el software CYPE 3D para mejorar la gestión de construcción de una vivienda multifamiliar en la ciudad de Amarilis.

#### 4.1.2. PREDIMENSIONAMIENTO

Una vez que hemos completado el diseño arquitectónico de la vivienda, el siguiente paso consiste en realizar el predimensionamiento de los elementos estructurales. Este proceso implica determinar las dimensiones iniciales de componentes clave como vigas, columnas y losas, considerando factores como las cargas esperadas, las características del terreno y las normativas aplicables.

El predimensionamiento nos permitirá establecer un modelo preliminar que servirá como base para el modelado estructural. Utilizaremos software especializado para simular el comportamiento de la estructura bajo diversas condiciones de carga, incluyendo cargas muertas, vivas y sísmicas, de acuerdo con las exigencias del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Este análisis nos permitirá identificar posibles vulnerabilidades en la estructura y ajustar los elementos según sea necesario, asegurando que cumplan con los estándares de resistencia y estabilidad. Finalmente, con los resultados del modelado, procederemos al diseño detallado de cada componente, garantizando que la estructura sea segura, eficiente y adecuada para su uso.

##### **Vigas principales:**

Para llevar a cabo el predimensionamiento de las vigas, aplicamos la siguiente fórmula. Este proceso es crucial para establecer las dimensiones iniciales de las vigas, garantizando que cumplan con los requisitos de carga y estabilidad estructural:

$$Peralte = \frac{Longitud}{12}$$

La vivienda posee una luz máxima de 5.42 metros en el eje Y, por ello se tomará vigas de 5 metros de longitud y el factor 12 se empleará debido a las cargas estructurales presentes.

$$Peralte = 45cm = \frac{500}{12}$$

Para calcular la base de la viga, una opción es dividir el peralte entre 2, pero se tomará un criterio de optar por una base de 30cm.

Una vez calculadas las dimensiones preliminares, se procederá a realizar un análisis más detallado para verificar el diseño y ajustar las dimensiones según sea necesario, asegurando así que las vigas sean adecuadas para soportar las cargas esperadas durante la vida útil de la estructura

### **Vigas secundarias:**

Para llevar a cabo el predimensionamiento de las vigas, aplicamos la siguiente fórmula. Este proceso es crucial para establecer las dimensiones iniciales de las vigas, garantizando que cumplan con los requisitos de carga y estabilidad estructural:

$$Peralte = \frac{Longitud}{14}$$

La vivienda posee una luz máxima de 8.60 metros en el eje Y, por ello se tomará vigas de 9 metros de longitud y el factor 14 se empleará debido a las cargas estructurales presentes.

$$Peralte = 60cm = \frac{860}{14}$$

Para calcular la base de la viga, una opción es dividir el peralte entre 2, pero se tomará un criterio de optar por una base de 30cm.

Una vez calculadas las dimensiones preliminares, se procederá a realizar un análisis más detallado para verificar el diseño y ajustar las dimensiones según sea necesario, asegurando así que las vigas sean adecuadas para soportar las cargas esperadas durante la vida útil de la estructura.

### Losas Aligeradas:

Para el predimensionamiento de la losa aligerada, utilizaremos la tabla correspondiente que establece criterios y parámetros clave. Esta tabla incluye información sobre las cargas aplicables, el tipo de material y el espesor recomendado, lo cual es fundamental para garantizar un diseño eficiente y seguro.

El predimensionamiento se basa en factores como las cargas muertas y vivas, así como la span o luz de la losa. Estos elementos son esenciales para determinar el espesor adecuado y el tipo de aligeramiento a utilizar, lo que contribuye a reducir el peso de la losa sin comprometer su resistencia. Una vez que se hayan consultado los valores de la tabla, procederemos a realizar los cálculos necesarios para confirmar que las dimensiones preliminares seleccionadas cumplen con los requisitos estructurales y normativos. Esto permitirá optimizar el diseño, asegurando que la losa no solo sea funcional, sino que también ofrezca un desempeño adecuado a lo largo de su vida útil:

**Tabla 15**

*Peralte para Losas Aligeradas*

<b>ESPESOR DEL ALIGERADO</b>	<b>ESPESOR DEL LADRILLO (CM)</b>	<b>PARA LUCES (L) DE:</b>
17	12	Menos a 4 m
<b>20</b>	<b>15</b>	<b>Entre 4 y 5.5 m</b>
25	20	Entre 5 y 6.5 m
30	25	Entre 6 y 7.5 m

*Fuente.* Blasco (2019)

Según la anterior tabla de tomar un peralte de 20 cm para la losa aligerada de 1 dirección.

### Columnas:

Para determinar las dimensiones de las columnas, se utilizó una hoja de cálculo de Excel que he desarrollado. Esta herramienta se basa en el análisis del área tributaria, un criterio fundamental para el cálculo

de las secciones transversales de las columnas. El área tributaria se refiere a la superficie que contribuye a la carga que cada columna debe soportar. En este contexto, se calcularán las áreas tributarias correspondientes a cada columna según su ubicación en el plano arquitectónico, considerando tanto las cargas muertas como las cargas vivas aplicables. Una vez identificadas y cuantificadas las áreas tributarias, se ingresarán estos datos en la hoja de cálculo para obtener las dimensiones óptimas de las secciones de las columnas. Este enfoque asegura que las columnas se diseñen adecuadamente para resistir las cargas previstas, garantizando así la estabilidad y seguridad de la estructura.

**Figura 7**

*Predimensionamiento de las columnas*

PREDIMENSIONAMIENTO DE COLUMNAS DE CONCRETO ARMADO											
DISEÑO POR SISMO											
<b>1.- DATOS ASUMIDOS POR SISMO (REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES) :</b>											
<b>DATOS ASUMIDOS</b>			<b>CALCULOS</b>			<b>CORTANTE POR SISMO</b>					
CATEGORIA DE LA EDIFICACION =	C		U =	1.00		Vs = ZUCS x Pe					
ZONA SISMICA =	3		Z =	0.35							
TIPO DE SUELO =	S2		TP (s) =	0.60		T =	0.43				
PERIODO FUNDAMENTAL =	1		S =	1.20		C =	2.50				
ALTURA DE LA EDIFICACION (m) =	15.00		CT =	35		ZUCS =	1.05				
<b>2.- DATOS ASUMIDOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LAS COLUMNAS DE LA ESTRUCTURA:</b>											
Fc =	210		Fy =	4200		# Pisos =	05		S/c =	200	
e losa A =	0.200		S/c =	50		P.P. Alig =	350			kg/m2	
Acb =	100		P.P.Col =	100		P.P.Vig =	100		S/c =	50	
Tabiquería EP : Tipo =	HUECO		E. Muro =	14 cm		H. Muro =	2.40 mts		P.P.Tab =	210	
							470.4 kg/m		→	600 kg/ml	
Tabiquería PAT : Tipo =	HUECO		E. Muro =	14 cm		H. Muro =	1.00 mts		P.P.Tab =	60	
							196 kg/m		→	250 kg/ml	
<b>3.- METRADO DE CARGAS :</b>											
CARGA MUERTA : WD =			860		WL1 =	200		WL2 =	50		
<b>3.1 - CARGA TOTAL ( PU ) :</b>											
Combinacion Asignada =			1.4 (WD) + 1.7 (WL)								
Peso total de cargas de gravedad que soporta la columna cada piso =			1544.00 Kg/m2								
Peso total de cargas de gravedad que soporta la columna, del:			1er Piso al Piso 4 =		6176.00 Kg/m2						
Peso total de cargas de gravedad que soporta la columna, del ultimo Nivel y/o Azotea:			Piso 5 =		1079.00 Kg/m2						
Peso total de cargas de gravedad en todos los Niveles: 05 Pisos =			7255.00 Kg/m2								
<b>4.- DATOS ADICIONALES :</b>											
Altura del Primer Nivel =			3.000 mts		<b>CORTANTE POR SISMO</b>						
Numero de Columnas =			10 colum		Vs = ZUCS x Pe						
Distorsion Permissible =			0.007 mts		Vs = 7617.75 Kg/m2						
Modulo de Elasticidad del Concreto =			218819.79		Pe = PU x Area T						
Modulo de Corte del Concreto =			91247.85								
DIMENSIONAMIENTO		ANALISIS GENERAL ( ESTRUCTURACION SIMETRICA )									
Tipo de Columna	Area Tributaria	Vs (Kg)	b x D	-	Si b = D (cm)	b (cm) (minimo)	D (cm) (Calc)	b x D	Check	USMH	
C-1	L	12.600 m2	95,983.65	1,838.78	-	42.88 cm	40 cm	50 cm	2,000.00	OK	40x50
C-2	C	18.000 m2	137,119.50	2,197.76	-	46.88 cm	50 cm	45 cm	2,250.00	OK	50x45
C-3	E	7.500 m2	57,133.13	1,418.65	-	37.66 cm	40 cm	40 cm	1,600.00	OK	40x40

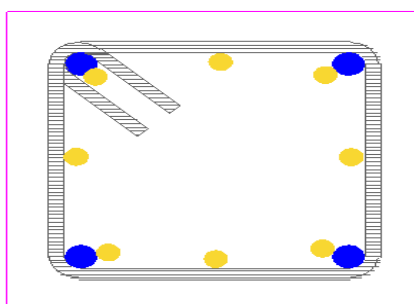
*Nota.* La figura detalla el predimensionamiento de las columnas de la estructura para realizar el análisis estructural empleando el software CYPE 3D para mejorar la gestión de construcción de una vivienda multifamiliar en la ciudad de Amarilis.

De la imagen anterior, seleccionaremos dos tipos de columnas para optimizar el proceso constructivo de la vivienda. En la parte central de la estructura, se emplearán columnas con dimensiones de 50 x 45 cm<sup>2</sup>. Estas columnas están diseñadas para soportar las cargas principales y proporcionar una mayor estabilidad en el eje central.

Por otro lado, en las esquinas y a lo largo de los laterales de la edificación, utilizaremos columnas de 50 x 35 cm<sup>2</sup>. Esta elección responde a la necesidad de equilibrar el soporte estructural en áreas donde las cargas son menores, sin comprometer la resistencia general de la vivienda.

La variación en las dimensiones de las columnas no solo facilita el proceso de construcción, sino que también optimiza el uso de materiales, asegurando que se mantenga la eficiencia estructural y económica. Además, esta estrategia permitirá una distribución adecuada de las cargas a lo largo de la estructura, garantizando su seguridad y estabilidad a largo plazo.

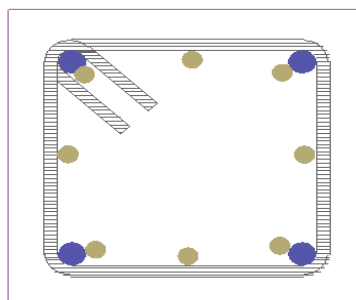
**Figura 8**  
**Predimensionamiento de columna de 50X45**



*Nota.* La figura detalla el predimensionamiento de las columnas de la estructura para realizar el análisis estructural empleando el software CYPE 3D para mejorar la gestión de construcción de una vivienda multifamiliar en la ciudad de Amarilis.

## Figura 9

*Predimensionamiento de columna de 50X35*



*Nota.* La figura detalla el predimensionamiento de las columnas de la estructura para realizar el análisis estructural empleando el software CYPE 3D para mejorar la gestión de construcción de una vivienda multifamiliar en la ciudad de Amarilis.

Una vez que se han establecido las dimensiones preliminares de los elementos estructurales, procederemos a definir las características de los materiales a utilizar. Esto incluirá especificaciones sobre la resistencia del concreto, las propiedades del acero de refuerzo y otros componentes que integran la estructura.

Además, se asignarán los parámetros de diseño sísmico, que son fundamentales para asegurar que la edificación pueda resistir eventos sísmicos de acuerdo con las normativas vigentes. Esto implica la consideración de factores como la ubicación geográfica, el tipo de suelo y la clasificación sísmica de la zona. También evaluaremos las características mecánicas del suelo en el que se asienta la estructura, incluyendo su capacidad portante, compacidad y otros parámetros relevantes que afectarán el comportamiento de la edificación. Estos datos se obtendrán a partir de estudios geotécnicos que nos proporcionen información precisa sobre las condiciones del terreno. Por último, se identificarán y calcularán las cargas estructurales que actuarán sobre la edificación, incluyendo cargas muertas, vivas, de viento y sísmicas. Este análisis exhaustivo asegurará que todos los elementos estructurales estén diseñados adecuadamente para soportar las condiciones de carga previstas, garantizando la seguridad y funcionalidad de la construcción a lo largo del tiempo.

### **Parámetros de diseño sismorresistente del proyecto**

- *Concreto Armado*  $\rightsquigarrow$   $F'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup>  $\rightsquigarrow$   
*Peso Específico*: 2,400 kg/m<sup>3</sup>
- *Acero de Refuerzo*  $\rightsquigarrow$   $F'y$ : 4,200 kg/cm<sup>2</sup>  $\rightsquigarrow$   
*Peso Específico*: 7,800 kg/m<sup>3</sup>
- *Sistema Estructural "X"*  $\rightsquigarrow$  *Concreto Armado, Dual*
- *Sistema Estructural "Y"*  $\rightsquigarrow$  *Concreto Armado, Dual*
- *Categoría del Edificio*  $\rightsquigarrow$  *Edificaciones Comunes "C"* –  
 $U$ : 1.0
- *Zona Sísmica del Proyecto*  $\rightsquigarrow$  2 –  $Z$ : 0.35g

### **Parámetros de diseño estructural de la cimentación del proyecto**

- *Parámetros del Suelo*  $\rightsquigarrow$   
*Suelos Intermedios "S2"* –  $T(p)$ : 0.60seg –  $S$ : 1.15
- *Capacidad Portante del Suelo*  $\rightsquigarrow$   $Q_{adm}$ : 2.41 kg/cm<sup>2</sup>
- *Módulo de Reacción del Suelo*  $\rightsquigarrow$   
*Coefficiente de Balasto*: 5.00 kg/cm<sup>3</sup>

### **Dimensiones de los elementos de concreto armado**

- Columnas regulares, Dimensiones: 50X45
- Columnas regulares, Dimensiones: 50X35
- Vigas Peraltadas X-X  $\rightsquigarrow$  Dimensiones: 60X30
- Vigas Peraltadas Y-Y  $\rightsquigarrow$  Dimensiones: 45X30
- Losas Aligeradas en 1D  $\rightsquigarrow$  Altura: 0.20m

### **Cargas vivas en losas**

- CV: habitaciones  $\rightsquigarrow$  200 kg/m<sup>2</sup>
- Pasadizos y escaleras  $\rightsquigarrow$  300 kg/m<sup>2</sup>
- CV: Techo  $\rightsquigarrow$  100 kg/m<sup>2</sup>

### **Carga muerta en losas**

- CM: habitaciones  $\rightsquigarrow$  100 kg/m<sup>2</sup>
- Pasadizos  $\rightsquigarrow$  100 kg/m<sup>2</sup>
- CM: Techo  $\rightsquigarrow$  100 kg/m<sup>2</sup>

### **Carga muerta en vigas**

CM: Alfeizar V.A.  $\rightsquigarrow$  180 kg/m

### 4.1.3. MODELAMIENTO Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Una vez que el proyecto ha sido estructurado y las dimensiones preliminares de los elementos han sido definidas, avanzamos a la etapa de modelización utilizando el software CYPE 3D. En primer lugar, se llevará a cabo un análisis inicial empleando elementos prediseñados, lo que nos permitirá evaluar el comportamiento estructural general de la edificación. A partir de este análisis, optimizaremos las dimensiones de los elementos estructurales para garantizar que no sean excesivamente grandes, asegurando así la eficiencia en el uso de materiales y el cumplimiento de las normativas E030 y E060, que regulan los requisitos de diseño y seguridad en edificaciones. Al iniciar el programa, configuraremos las unidades de medida que utilizaremos en el modelado, así como la disposición de las grillas, lo que facilitará la correcta representación de la geometría de la estructura. Este paso es fundamental para establecer una base precisa sobre la cual se realizará el análisis estructural detallado, asegurando que todos los elementos interactúen de manera efectiva bajo las condiciones de carga definidas.

**Figura 10**

*Datos generales CYPE 3D*

The screenshot shows the 'Datos generales' (General Data) window in CYPE 3D. The window title is 'Datos generales' and it contains several sections for configuring the structural analysis:

- Normas:** NTE E.060: 2009, AISI S100-2007 (LRFD), ANSI/AISC 360-10 (LRFD), Eurocódigo 5 y Eurocódigo 9
- Perfiles:**
  - Acero laminado: A36
  - Acero conformado: ASTM A 36 36 ksi
  - Madera: Aseñada, procedente de coníferas o ...
  - Aluminio: EN AW-5083 - F
  - Homigón: f<sub>c</sub>=280
- Homigón armado:**
  - Homigón para pilares: f<sub>c</sub>=210
  - Homigón para vigas de forjado: f<sub>c</sub>=210
  - Homigón para elementos de cimentación: f<sub>c</sub>=280
  - Acero de barras: Grado 60
  - Características del árido: 15 mm, 30 mm
  - Recubrimientos: (empty field)
  - Membras de acero: (empty field)
- Acciones:**
  - Con sismo dinámico
  - Norma Técnica E.030 2014 (decreto n°003-2016) (Perú)
  - Resistencia al fuego: (empty field)
  - Estados límite (combinaciones): (empty field)
  - Hipótesis adicionales: (empty field)
  - Fundación: (empty field)
  - Proceso constructivo: (empty field)
- Opciones:**
  - Columnas: (empty field)
  - Fundación: (empty field)
  - Vigas: (empty field)
  - Uniones: (empty field)
- Terreno de fundación:**
  - Verificar deslizamiento de zapatas
  - Adherencia (a): 0.000 kp/cm<sup>2</sup>
  - Ángulo de rozamiento terreno-zapata (d): 25.00 grados
  - Situaciones persistentes: 3.00 kp/cm<sup>2</sup>
  - Situaciones sísmicas y accidentales: 4.50 kp/cm<sup>2</sup>

At the bottom of the window, there is an 'Aceptar' (Accept) button.

*Nota.* La figura detalla los datos generales de la estructura para realizar el análisis estructural empleando el software CYPE 3D para mejorar la gestión de construcción de una vivienda multifamiliar en la ciudad de Amarilis.

Para llevar a cabo el análisis sísmico de la estructura en estudio, es fundamental especificar la normativa que se utilizará como referencia. En este caso, aplicaremos la Norma E030, que establece criterios y directrices para garantizar la resistencia y estabilidad de las edificaciones ante eventos sísmicos.

Asimismo, es esencial definir las direcciones en las que se aplicarán las fuerzas sísmicas, lo que permitirá simular adecuadamente las condiciones de carga que la estructura enfrentará durante un sismo. Esto incluye tanto las fuerzas horizontales como las verticales, teniendo en cuenta la orientación del edificio y su geometría.

Además, se deberá indicar el coeficiente de reducción estructural, el cual es un factor clave que permite ajustar las fuerzas sísmicas calculadas en función de la capacidad de la estructura para disipar energía durante un evento sísmico. Este coeficiente está relacionado con la ductilidad y la capacidad de la estructura para deformarse sin colapsar.

Otro aspecto crítico es la clasificación de Huánuco en términos de su zona sísmica. Esta clasificación se basa en la actividad sísmica histórica de la región y determina los requerimientos de diseño estructural específicos que deben ser considerados.

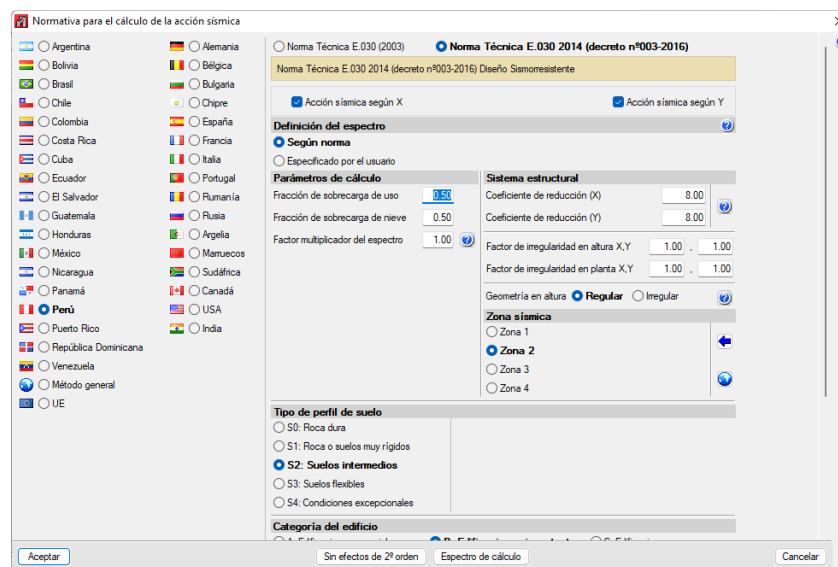
También es importante especificar el tipo de suelo en el que se encuentra la edificación, ya que las características del suelo influyen significativamente en la respuesta sísmica. La Norma E030 clasifica los suelos en diversas categorías, cada una con sus implicaciones para el diseño.

La categoría del edificio es otro factor que se debe detallar, ya que influye en los parámetros de diseño y las exigencias estructurales. Por último, es necesario determinar el número de modos de vibración a considerar en el análisis. Este número afecta la precisión del estudio, ya que un mayor número de modos proporciona una representación más completa del comportamiento dinámico de la estructura. En resumen,

para realizar un análisis sísmico completo, se debe considerar la normativa E030, las direcciones de las fuerzas sísmicas, el coeficiente de reducción estructural, la clasificación sísmica de Huánuco, el tipo de suelo, la categoría del edificio y el número de modos de vibración. Estos elementos son fundamentales para asegurar que la estructura cumpla con los estándares de seguridad y resistencia ante sismos.

**Figura 11**

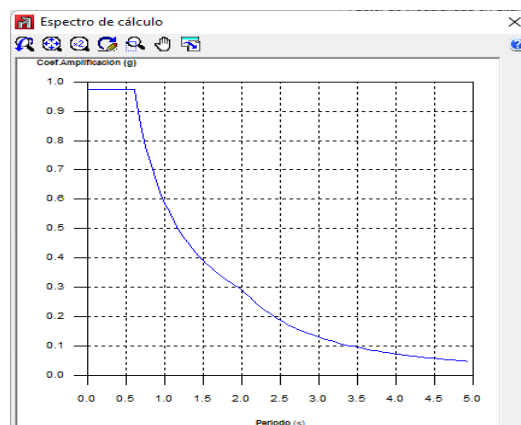
*Normativas para el diseño sismorresistente*



*Nota.* La figura detalla los datos generales de la estructura para realizar el análisis estructural empleando el software CYPE 3D para mejorar la gestión de construcción de una vivienda multifamiliar en la ciudad de Amarilis.

**Figura 12**

*Espectro de cálculo E030*

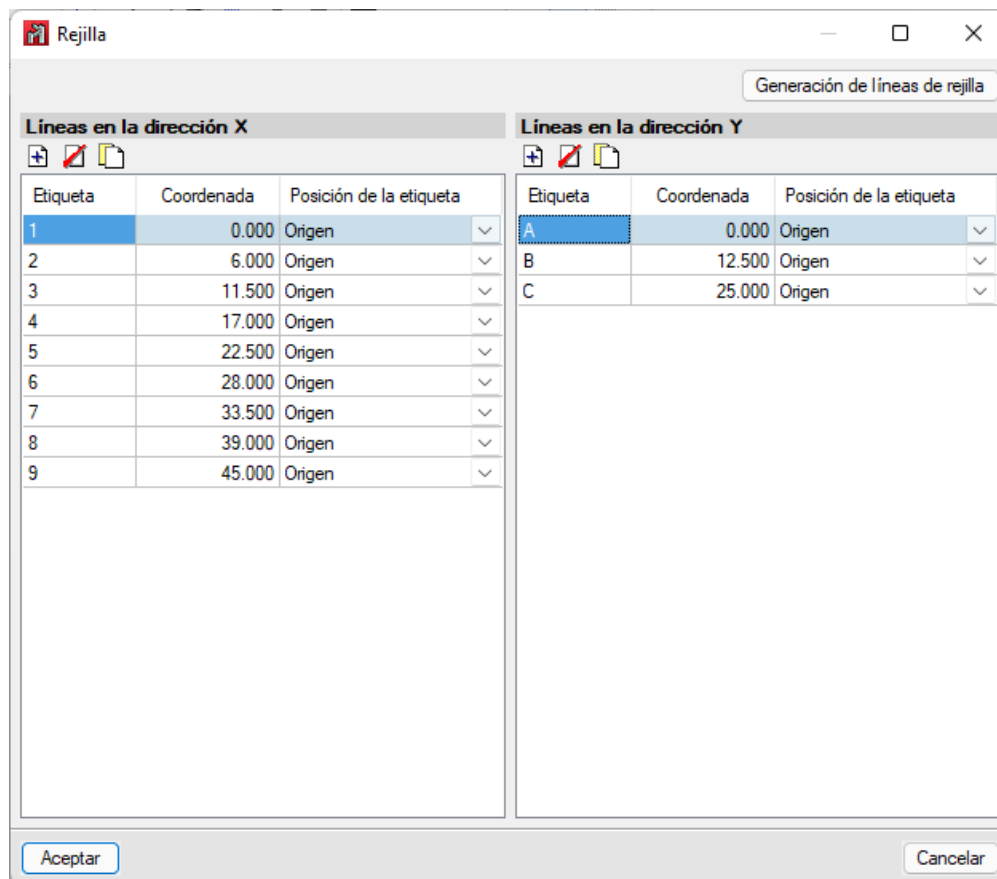


*Nota.* La figura detalla los datos generales de la estructura para realizar el análisis estructural empleando el software CYPE 3D para mejorar la gestión de construcción de una vivienda multifamiliar en la ciudad de Amarilis.

Definimos las rejillas para ayudarnos con el modelamiento, graficaremos las líneas según el plano arquitectónico.

**Figura 13**

*Rejillas para el modelo en CYPE 3D*



*Nota.* La figura detalla los datos generales de la estructura para realizar el análisis estructural empleando el software CYPE 3D para mejorar la gestión de construcción de una vivienda multifamiliar en la ciudad de Amarilis.

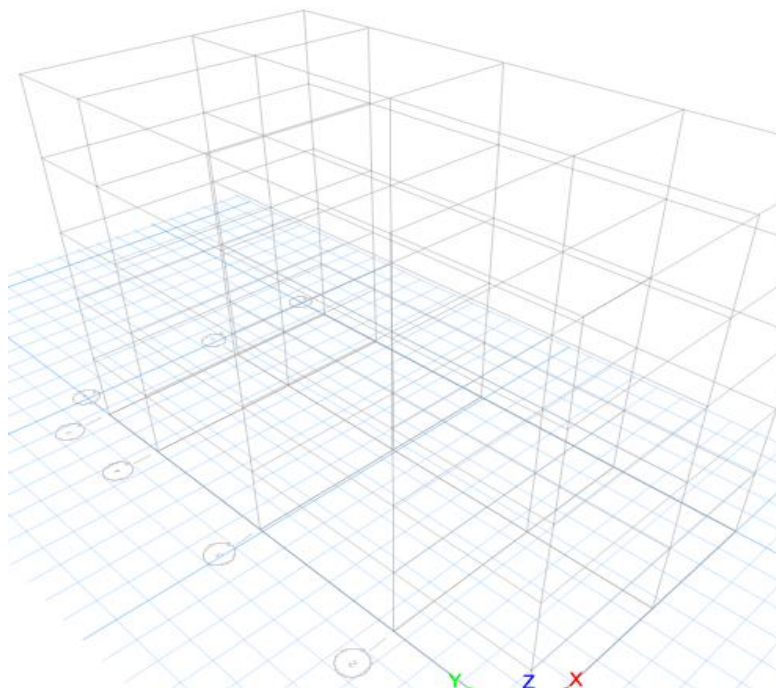
Configuraremos las grillas en el software de acuerdo con el plano arquitectónico, estableciendo los ejes X, Y y Z para una representación precisa de la estructura. En el eje X, dispondremos las grillas para reflejar las longitudes y distancias horizontales del diseño, mientras que en el eje Y se organizarán las dimensiones transversales. El eje Z se utilizará para representar las alturas de los diferentes niveles de la edificación.

Esta disposición de las grillas no solo facilitará la modelización de los elementos estructurales, sino que también permitirá una mejor visualización y comprensión del sistema estructural en su conjunto.

Aseguraremos que las intersecciones de las grillas correspondan a los puntos críticos donde se ubicarán columnas, vigas y otros componentes, optimizando así el análisis y el posterior diseño de la estructura.

**Figura 14**

*Vista 3D de las grillas en CYPE 3D*



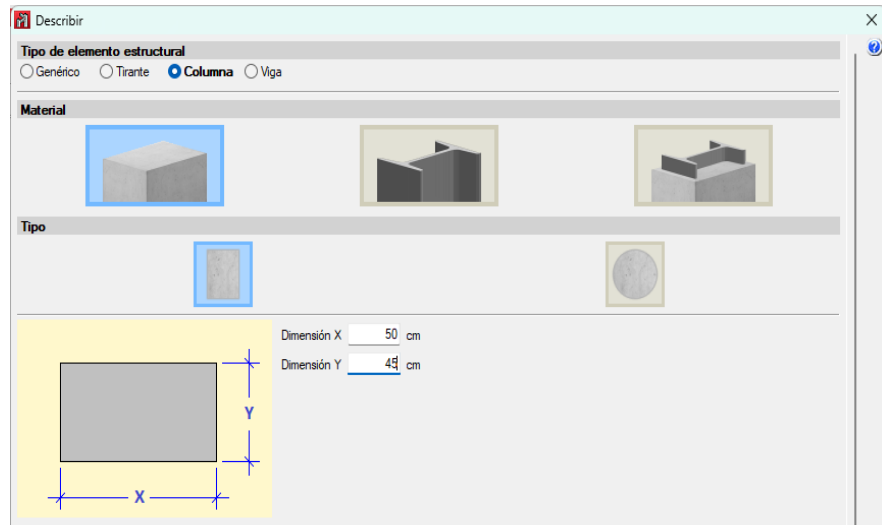
*Nota.* La figura detalla los datos generales de la estructura para realizar el análisis estructural empleando el software CYPE 3D para mejorar la gestión de construcción de una vivienda multifamiliar en la ciudad de Amarilis.

Definiremos los elementos estructurales que formarán parte de la edificación, incluyendo las losas aligeradas, vigas y columnas. Las dimensiones iniciales propuestas se basan en el predimensionamiento, pero es importante señalar que estas medidas son provisionales y no serán necesariamente las definitivas. Durante el análisis estructural, que realizaremos utilizando CYPE 3D, es posible que las dimensiones de estos elementos varíen para asegurar un óptimo desempeño bajo las condiciones de carga consideradas. Este proceso de ajuste es fundamental para garantizar que cada componente cumpla con los requisitos de resistencia y estabilidad, además de optimizar el uso de materiales y cumplir con las normativas de diseño aplicables. Así, los resultados del análisis nos permitirán ajustar las dimensiones de las

losas, vigas y columnas, garantizando que la estructura no solo sea funcional, sino también segura y eficiente.

**Figura 15**

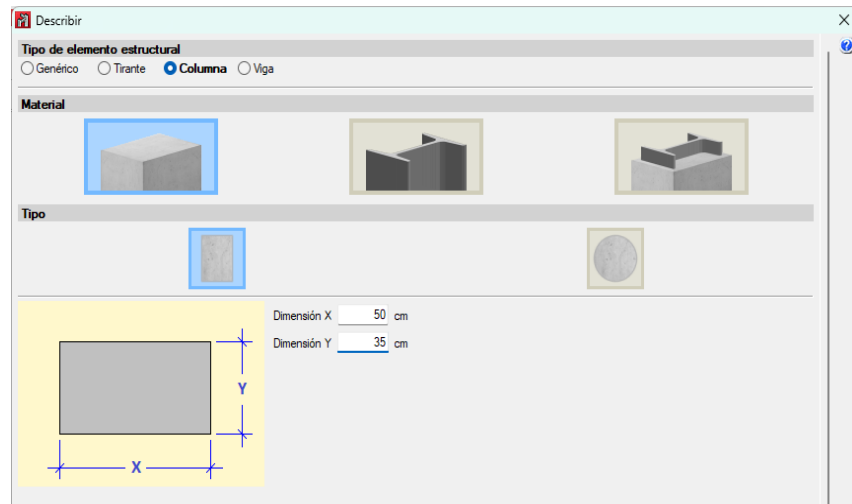
*Propiedades de columna de 50X45-CYPE 3D*



*Nota.* La figura detalla los datos generales de la estructura para realizar el análisis estructural empleando el software CYPE 3D para mejorar la gestión de construcción de una vivienda multifamiliar en la ciudad de Amarilis.

**Figura 16**

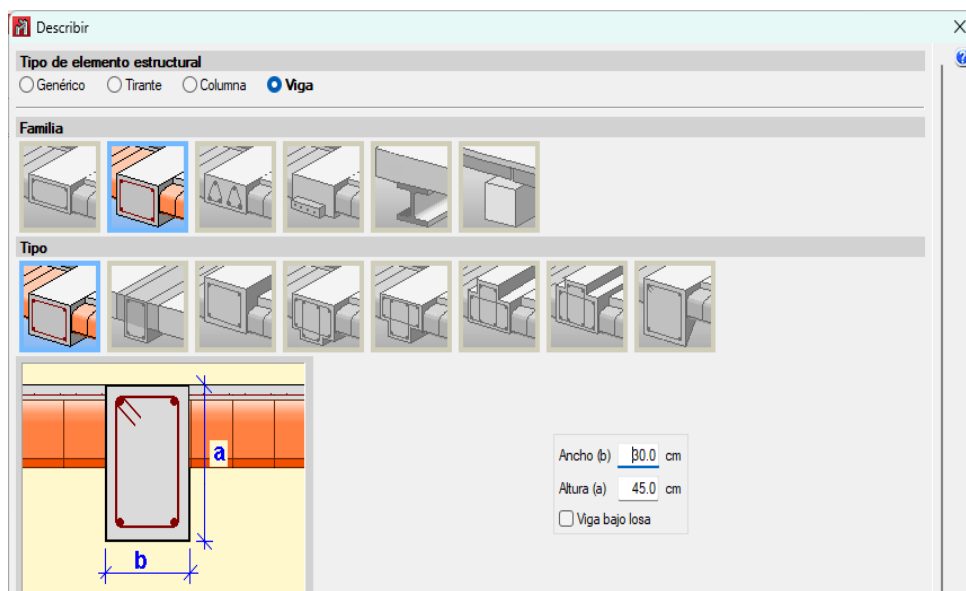
*Propiedades de columna de 50x35-CYPE 3D*



*Nota.* La figura detalla los datos generales de la estructura para realizar el análisis estructural empleando el software CYPE 3D para mejorar la gestión de construcción de una vivienda multifamiliar en la ciudad de Amarilis.

**Figura 17**

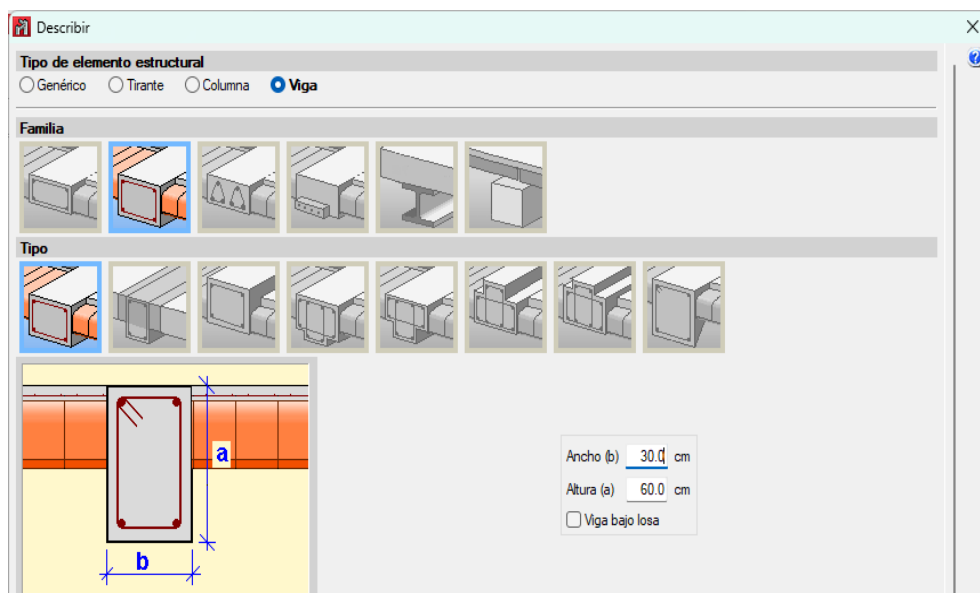
*Propiedades de viga de 45x30- CYPE 3D*



*Nota.* La figura detalla los datos generales de la estructura para realizar el análisis estructural empleando el software CYPE 3D para mejorar la gestión de construcción de una vivienda multifamiliar en la ciudad de Amarilis.

**Figura 18**

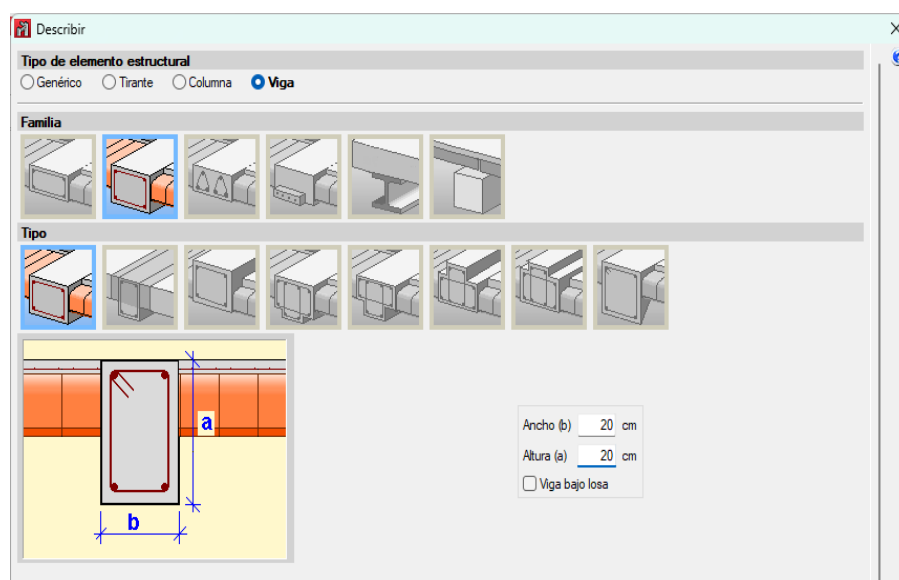
*Propiedades de viga de 30x60-CYPE 3D*



*Nota.* La figura detalla los datos generales de la estructura para realizar el análisis estructural empleando el software CYPE 3D para mejorar la gestión de construcción de una vivienda multifamiliar en la ciudad de Amarilis.

**Figura 19**

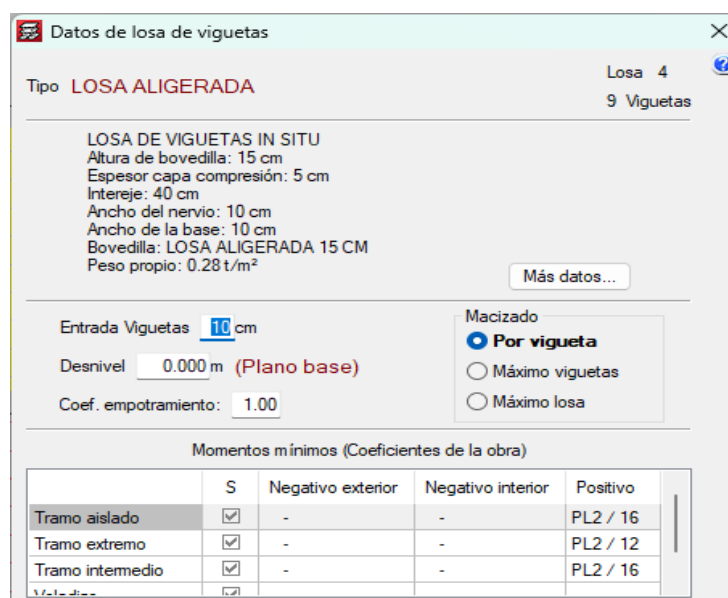
*Propiedades de viga borde 20x20- CYPE 3D*



*Nota. La figura detalla los datos generales de la estructura para realizar el análisis estructural empleando el software CYPE 3D para mejorar la gestión de construcción de una vivienda multifamiliar en la ciudad de Amarilis.*

**Figura 20**

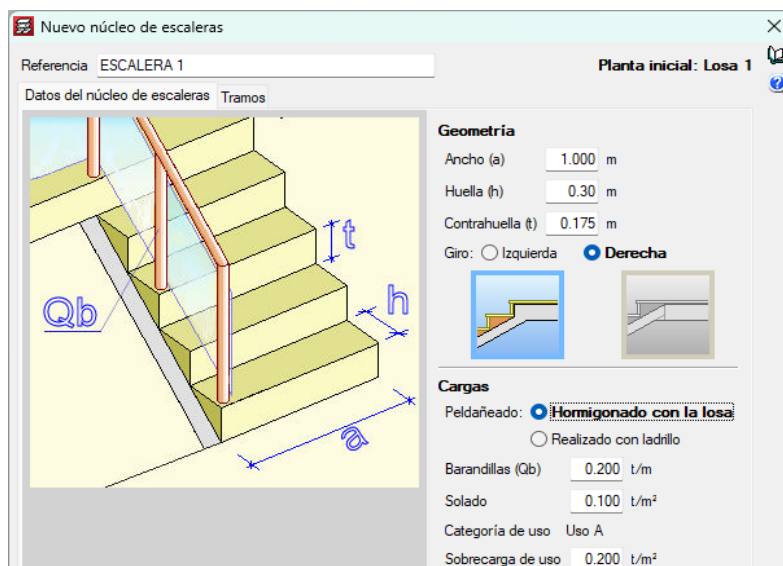
*Propiedades de losa aligerada unidireccional de 20cm - CYPE 3D*



*Nota. La figura detalla los datos generales de la estructura para realizar el análisis estructural empleando el software CYPE 3D para mejorar la gestión de construcción de una vivienda multifamiliar en la ciudad de Amarilis.*

**Figura 21**

*Propiedades de escalera de 17.5 cm*



*Nota.* La figura detalla los datos generales de la estructura para realizar el análisis estructural empleando el software CYPE 3D para mejorar la gestión de construcción de una vivienda multifamiliar en la ciudad de Amarilis.

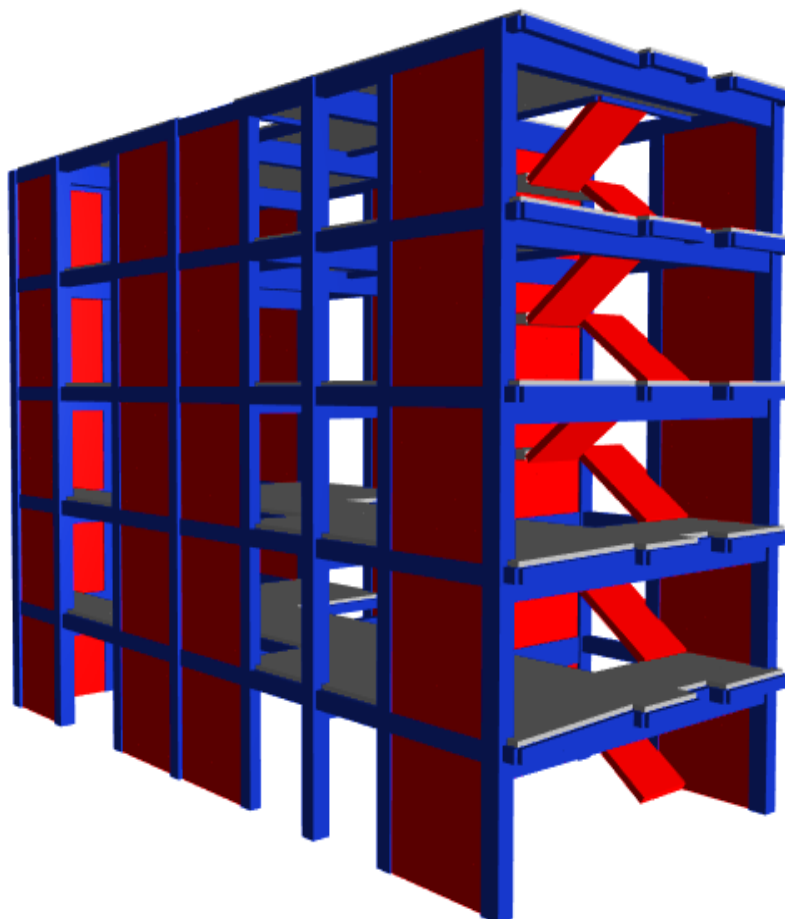
Una vez que hemos definido los elementos estructurales que integrarán nuestro proyecto, procederemos a modelar la estructura de acuerdo con la distribución establecida en el diseño arquitectónico. Este modelado implicará la representación precisa de las losas, vigas y columnas, asegurando que se reflejen las dimensiones y ubicaciones acordes al plano.

Posteriormente, cada uno de los modelos será sometido a un análisis detallado conforme a la norma E030, que regula los requisitos de seguridad y estabilidad en edificaciones. Este análisis nos permitirá evaluar el comportamiento estructural bajo diversas condiciones de carga, asegurando que todos los elementos cumplan con los criterios de resistencia y funcionalidad necesarios.

De esta manera, podremos identificar y ajustar cualquier elemento que no cumpla con las normativas vigentes, garantizando que la estructura sea segura y eficiente a lo largo de su vida útil.

**Figura 22**

*Vista 3D del modelamiento*



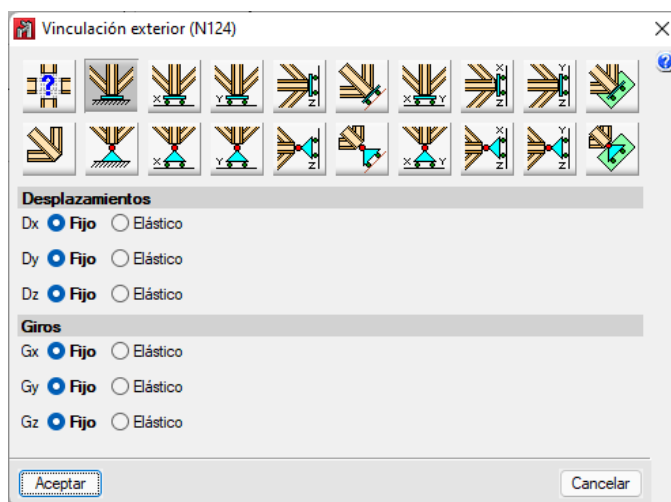
*Nota.* La figura detalla los datos generales de la estructura para realizar el análisis estructural empleando el software CYPE 3D para mejorar la gestión de construcción de una vivienda multifamiliar en la ciudad de Amarilis.

En la anterior imagen se aprecia que se añadió placas por el tema de las irregularidades presentes en la estructura las cuales se detallaran en el análisis sismorresistente estas placas tiene un espesor de 20cm con miembros de borde. Se procederá a asignar los apoyos empotrados en el nivel del suelo, asegurando que estos elementos estructurales estén correctamente definidos para garantizar la estabilidad de la edificación. Los apoyos empotrados son cruciales, ya que permiten transferir las cargas verticales y laterales desde la estructura hacia el suelo, asegurando un comportamiento adecuado ante las fuerzas aplicadas. Durante este proceso, se considerarán factores como la capacidad portante del terreno y las características del sistema de cimentación, lo que nos permitirá determinar la profundidad y

dimensiones adecuadas de los apoyos. Esta asignación es esencial para el diseño estructural, ya que influye directamente en la distribución de cargas y la respuesta general de la estructura frente a cargas estáticas y dinámicas.

**Figura 23**

*Restricciones de la edificación*



### **Análisis sismorresistente**

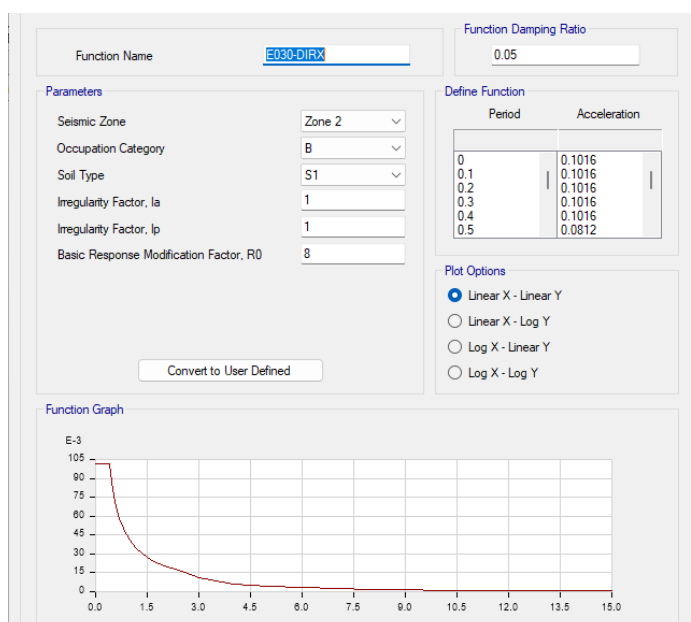
Para evitar la repetición excesiva en el proceso de modelado en el software CYPE 3D, se realizó un análisis preliminar utilizando los valores predimensionados de la estructura en ambos casos considerados. A partir de este análisis, se determinó que es posible optimizar las dimensiones de las vigas.

La optimización se llevó a cabo en ambas direcciones, es decir, tanto en el sentido longitudinal como en el transversal. Este enfoque no solo contribuye a mejorar la eficiencia del uso de materiales, sino que también asegura que las vigas cumplan con los requisitos estructurales y de seguridad establecidos. La revisión y ajuste de las dimensiones en función de las cargas reales y del comportamiento estructural observado durante el análisis permitirán garantizar un diseño más eficaz y económico, manteniendo la integridad de la estructura.

**Tabla 16***Variación de dimensiones Predimensionadas y optimizadas*

ELEMENTO	PREDIMENSIONAMIENTO	SECCIÓN OPTIMIZADA
VIGA X-X	30X45 cm <sup>2</sup>	30X35 cm <sup>2</sup>
VIGA Y-Y	30X60 cm <sup>2</sup>	30X60 cm <sup>2</sup>
COLUMNA CENTRAL	50x45 cm <sup>2</sup>	40x45 cm <sup>2</sup>
COLUMNA LATERAL	50x35 cm <sup>2</sup>	30x40 cm <sup>2</sup>

Las demás secciones estructurales se ajustan a las dimensiones establecidas en el predimensionamiento. Con este aspecto aclarado, avanzamos a la etapa de análisis sismorresistente conforme a la norma E030. El primer paso en este proceso será definir el espectro de respuesta en el software CYPE 3D. Este espectro es fundamental, ya que proporciona una representación gráfica de la respuesta esperada de la estructura bajo la influencia de un movimiento sísmico. La correcta definición del espectro de respuesta nos permitirá evaluar cómo la edificación reaccionará ante diferentes niveles de aceleración y frecuencias, asegurando así que el diseño cumpla con los requisitos de seguridad y resistencia ante sismos. Esta evaluación es crucial para optimizar la respuesta estructural y garantizar la integridad del edificio en caso de un evento sísmico.

**Figura 24***Espectro de respuesta en XX y YY*

Definiremos las cargas que actuarán sobre la estructura, lo cual es un paso crucial para el análisis estructural. Estas cargas incluirán tanto las cargas muertas, que son el peso de los elementos permanentes de la edificación, como las cargas vivas, que representan el uso y ocupación de los espacios. También se considerarán cargas ambientales, como las debidas al viento y a eventos sísmicos.

Una vez identificadas y cuantificadas todas las cargas relevantes, procederemos a realizar las combinaciones de carga según lo estipulado por la norma E030. Este proceso nos permitirá evaluar el comportamiento de la estructura bajo diferentes escenarios de carga, asegurando que el diseño sea seguro y cumpla con las exigencias normativas. La correcta aplicación de estas combinaciones es fundamental para garantizar que la estructura pueda soportar las condiciones reales de carga a las que estará expuesta durante su vida útil.

**Figura 25**

*Cargas para la estructura*

Load	Type	Self Weight Multiplier	Auto Lateral Load
PP	Dead	1	
PP	Dead	1	
CV	Reducible Live	0	
CM	Super Dead	0	
CVT	Roof Live	0	

Asignaremos las cargas correspondientes a cada área y viga de la estructura, siguiendo las especificaciones establecidas en el plano de distribución y en los parámetros de diseño dentro de CYPE 3D. Este proceso implica una distribución meticulosa de las cargas en función de su ubicación y función dentro del edificio.

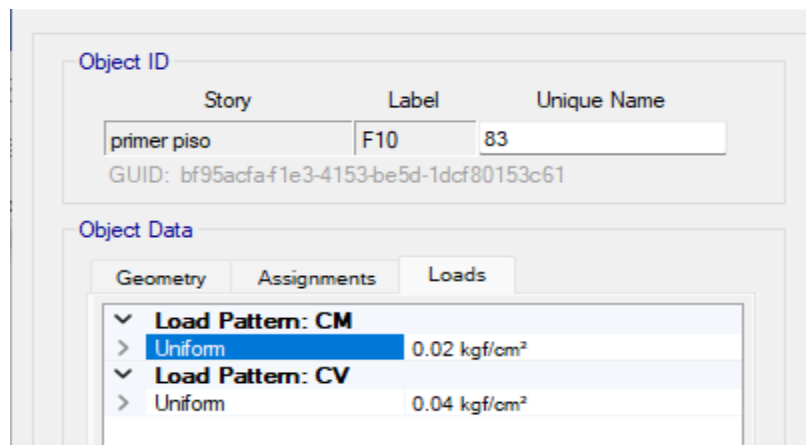
Cada área se analizará para determinar las cargas muertas y vivas, así como cualquier carga adicional que pueda ser relevante, como las provocadas por el viento o el sismo. Las vigas, por su parte, recibirán las

cargas que les correspondan en función de su rol en el sistema estructural y su ubicación en el plano.

Este enfoque asegura que todas las cargas estén correctamente representadas en el modelo, lo que es esencial para llevar a cabo un análisis estructural preciso. Al hacerlo, garantizamos que el diseño cumpla con los requisitos de resistencia y estabilidad establecidos por las normativas vigentes.

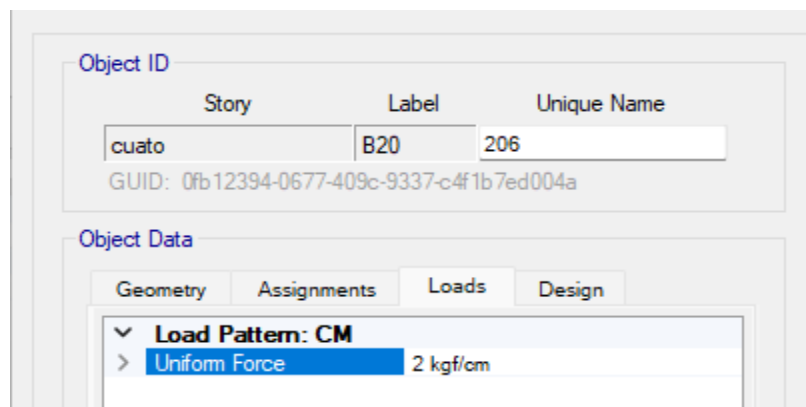
**Figura 26**

*Cargas viva y muerta en los entresijos*



**Figura 27**

*Carga aplicada a las vigas*

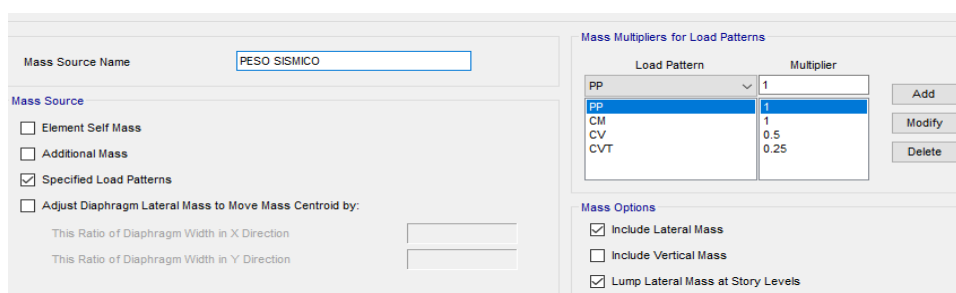


Definiremos una carga denominada "peso sísmico", que se calculará en función de las cargas vivas y muertas, aplicando a cada una un factor de reducción conforme a lo estipulado por la norma E030. Este procedimiento es fundamental para evaluar la respuesta de la estructura ante eventos sísmicos.

Para asignar esta carga en el modelo estructural, utilizaremos la opción "MASS SOURCE" en CYPE 3D. Esta herramienta nos permitirá introducir de manera efectiva el peso sísmico en el análisis, asegurando que se considere la inercia de la estructura durante un movimiento sísmico. De esta manera, podremos simular con mayor precisión cómo la edificación reaccionará ante las fuerzas sísmicas, garantizando que el diseño sea seguro y cumpla con las exigencias normativas de resistencia sísmica. Este análisis es crucial para optimizar la seguridad y la integridad estructural a lo largo de la vida útil del edificio.

**Figura 28**

*Carga sísmica*

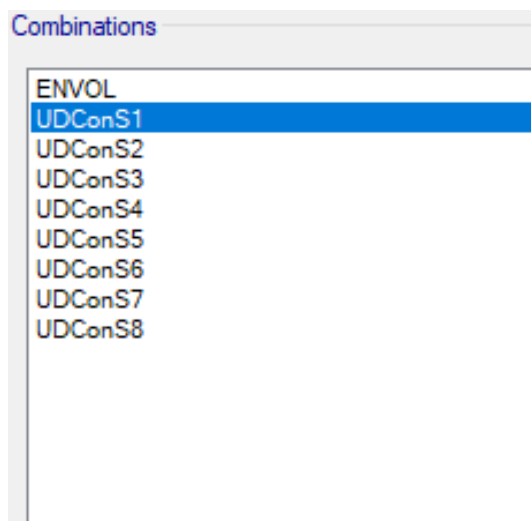


Para llevar a cabo el análisis estructural, generaremos un conjunto de combinaciones de carga de acuerdo con lo establecido en la norma E020. Estas combinaciones son esenciales para evaluar el comportamiento de la edificación bajo diferentes condiciones de carga y asegurar que se cumplan los requisitos de seguridad.

Adicionalmente, elaboraremos una envolvente de cargas, que será utilizada principalmente para el análisis y diseño de la estructura en CYPE 3D. Esta envolvente nos permitirá considerar simultáneamente las combinaciones más desfavorables de cargas, facilitando una evaluación integral de la respuesta estructural. El uso de esta envolvente es crucial, ya que asegura que se tenga en cuenta la máxima demanda de carga que la estructura podría experimentar en condiciones reales. Esto garantiza que el diseño sea robusto y que todos los elementos estructurales se dimensionen adecuadamente para soportar las condiciones más exigentes a las que estarán sometidos durante la vida útil del edificio.

**Figura 29**

*Combinaciones de carga*



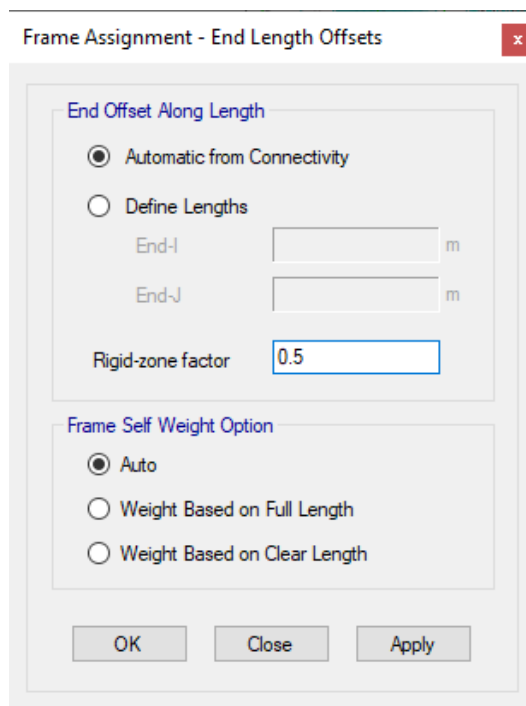
Asignaremos un valor de 0.5 a los brazos rígidos de toda la estructura en CYPE 3D. Este parámetro es fundamental, ya que los brazos rígidos son utilizados para representar la rigidez de los elementos estructurales y su capacidad para resistir momentos flectores.

Al establecer los brazos rígidos en 0.5, estamos indicándole al software que los elementos tienen una rigidez intermedia, lo que permitirá una mejor simulación del comportamiento estructural bajo diversas condiciones de carga. Esta configuración es particularmente importante para el análisis sísmico, ya que contribuye a la precisión del modelo al evaluar la respuesta de la estructura ante fuerzas dinámicas.

Este ajuste en CYPE 3D facilitará un análisis más realista de la distribución de esfuerzos y desplazamientos, asegurando que el diseño sea adecuado para soportar las condiciones de carga esperadas y cumpla con los estándares de seguridad requeridos.

**Figura 30**

*Brazos rígidos*



Se han asignado los patrones de carga y las diferentes fuerzas que actúan sobre la estructura, incluyendo las fuerzas sísmicas en las direcciones X y Y, utilizando CYPE 3D. Este proceso es fundamental para evaluar la respuesta estructural ante condiciones de carga dinámicas.

Al considerar las fuerzas sísmicas en ambas direcciones, garantizamos que el análisis refleje adecuadamente el comportamiento de la edificación durante un evento sísmico, teniendo en cuenta no solo la magnitud de las fuerzas, sino también sus efectos en la distribución de momentos y fuerzas internas a lo largo de la estructura.

Además, la correcta asignación de estos patrones de carga es esencial para realizar un análisis preciso que permita identificar posibles vulnerabilidades en el diseño. Esto asegurará que todos los elementos estructurales se dimensionen adecuadamente para resistir las fuerzas esperadas, cumpliendo así con las normativas de seguridad y estabilidad requeridas para edificaciones en zonas sísmicamente activas.

**Figura 31**

*Sismo en X-X y Y-Y*

Load Case Name	Load Case Type
PP	Linear Static
CV	Linear Static
Modal	Modal - Ritz
CM	Linear Static
CVT	Linear Static
SISMODICX	Response Spectrum
SISMODICY	Response Spectrum

Ahora procederemos a realizar el análisis sismorresistente de la vivienda multifamiliar de cinco niveles utilizando el software CYPE 3D. Este análisis es crucial para evaluar la capacidad de la estructura para soportar las fuerzas generadas por un evento sísmico, garantizando su seguridad y estabilidad.

Una vez completado el análisis en CYPE 3D, interpretaremos los resultados obtenidos utilizando herramientas complementarias como Excel y ETABS. Esto nos permitirá realizar un análisis más exhaustivo de los datos, facilitando la evaluación de desplazamientos, esfuerzos y reacciones en los elementos estructurales. El uso de Excel nos ayudará a gestionar y visualizar la información de manera clara, mientras que CYPE 3D proporcionará un análisis dinámico más detallado, permitiéndonos comparar y validar los resultados de ETABS. Esta metodología integral asegura que se identifiquen adecuadamente las necesidades de refuerzo y optimización en el diseño, cumpliendo con las normativas vigentes y asegurando la durabilidad de la edificación.

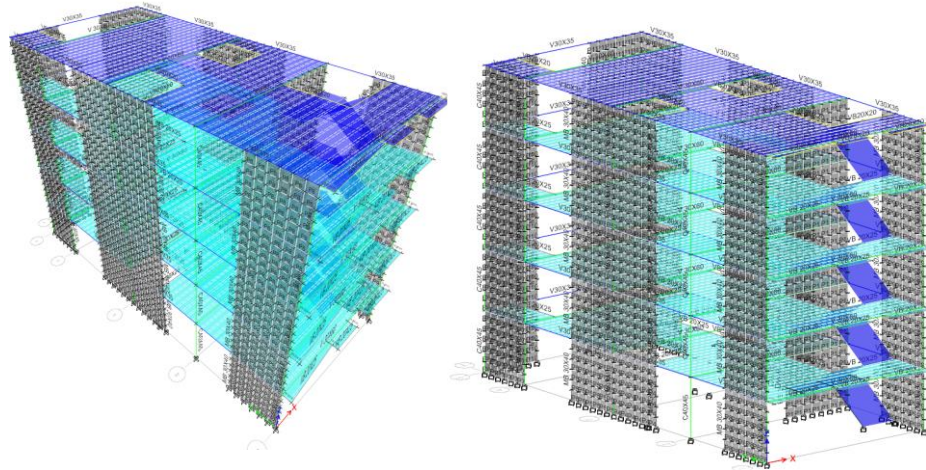
#### **4.1.4. ANÁLISIS SISMORRESISTENTE**

Se ha desarrollado un modelo matemático en el programa CYPE 3D, que considera las plantas presentadas en el proyecto que van del piso 1 al piso 5, considerando en el modelo un total de 5 niveles con alturas de entrepiso de 2.80 y una planta de primer nivel con altura de entrepiso de 2.80 m como indica el EMS, se tendrá en cuenta que los elementos estructurales bajo el nivel terreno natural no se debe considerar en la masa participativa. Se han restringido los

desplazamientos y rotación considerándose empotrado en el terreno, a continuación, se muestran algunas vistas isométricas del modelo matemático elaborado en el programa CYPE 3D:

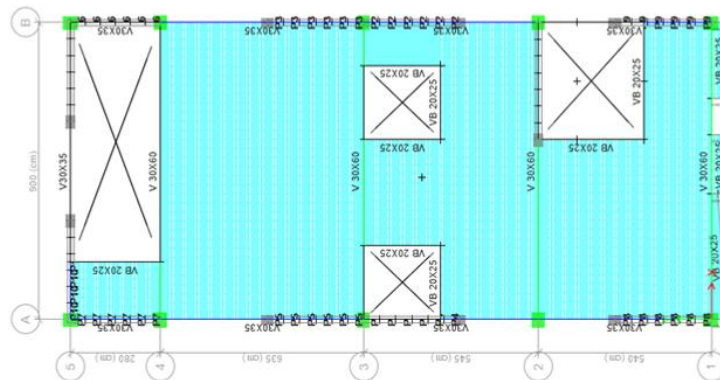
**Figura 32**

*Vista frontal y lateral de la edificación*



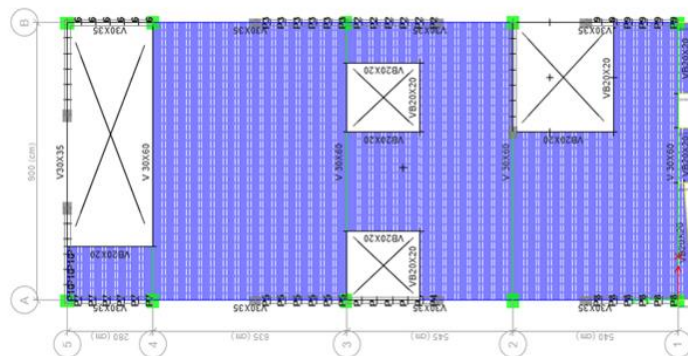
**Figura 33**

*Planta Estructural 1er nivel / 4to nivel*



**Figura 34**

*Planta estructural de la azotea*



## DATOS INICIALES

Se ha tomado los siguientes valores para el procesamiento de cálculo de las fuerzas internas de la estructura y tener en cuenta así mismo en el diseño de los miembros estructurales.

Tabla 17

*Datos generales de diseño*

DATO	VALOR
FLUENCIA DEL ACERO CORRUGADO:	$f_y = 4,200 \text{ Kg/cm}^2$ .
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN:	$f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ (1° - 5° piso)
SOBRECARGAS:	200 kg/m <sup>2</sup> - vivienda
	200 kg/m <sup>2</sup> - Pasadizos y Escaleras
	50 kg/m <sup>2</sup> - Azotea
CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO:	2.41 kg/cm <sup>2</sup>
SISTEMA ESTRUCTURAL:	SISTEMA DUAL
CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL:	REGULAR
FACTORES DE REDUCCIÓN SÍSMICA:	$R_x = R_y = 7$
LÍMITE DISTORSIÓN LATERAL:	$\Delta_i / h_i \times R \leq 0.007, C^\circ A^\circ$

## METRADO DE CARGAS

La carga vertical a considerar en la estructura será la que se indique en el cálculo de peso de la estructura, el programa CYPE 3D calcula internamente el peso de la estructura modelada. Se ha considerado una carga adicional (impuesta) de 0.21 ton/m<sup>2</sup> en el estado de carga muerta a fin de considerar el peso La tabiquería perpendicular a la dirección del aligerado de la losa, que se ha repartido de acuerdo a su ubicación en los planos, y se ha considerado 0.10 ton/m<sup>2</sup> por equipamiento, además en losas aligeradas se ha considerado el peso de los ladrillos 0.08 ton/m<sup>2</sup>. Para la carga por tabiquería (considerado como carga muerta) en las vigas peraltadas.

## CARGA VIVA:

La sobrecarga considerada en el presente modelo matemático es de 200 kg/m<sup>2</sup> en las viviendas, pasadizos y escaleras y 50 kg/m<sup>2</sup> en la azotea.

## CARGA DE SISMO:

El análisis sísmico se realizó según la norma NTE E.030 (2018), con el procedimiento de superposición modal espectral, con combinación cuadrática completa (CQC). Se ha considerado 5% de amortiguamiento de la estructura y 5% de excentricidad, así mismo se ha considerado como fuente de masa el 100% de la carga muerta más el 25% de la carga viva, utilizando los siguientes parámetros.

**Tabla 18**

*Zonificación de diseño*

FACTOR DE ZONA "Z"	
ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

**Tabla 19**

*Factor de suelo "S"*

FACTOR DE SUELO "S"				
Z	S0	S1	S2	S3
Z4	0.8	1	1.05	1.1
Z3	0.8	1	1.15	1.2
Z2	0.8	1	1.2	1.4
Z1	0.8	1	1.6	2

**Tabla 20**

*Periodos  $T_p$  y  $T_I$*

PERÍODOS $T_p$ Y $T_I$				
	S0	S1	S2	S3
$T_p$	0.3	0.4	0.6	1
$T_I$	3	2.5	2	1.6

**Tabla 21**

*Categoría de las edificaciones y factor de uso (U)*

TIPO DE EDIFICACIÓN	U
EDIFICACIONES ESENCIALES (A)	1.5
EDIFICACIONES IMPORTANTES (B)	1.3
EDIFICACIONES COMUNES (C)	1.0
EDIFICACIONES TEMPORALES (D)	Obs.

**Tabla 22**

*Resumen de los parámetros*

PARÁMETROS SÍSMICOS	VALOR
Z: Factor de zona	0.25
U: Factor de uso o importancia	1.00
S: Factor de amplificación del suelo	1.20
TP: Periodo que define la plataforma del factor C (s)	0.60
TL: Periodo que define el inicio de la zona del factor C (s)	2.00

## ANÁLISIS ESTÁTICO

### METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

Para el análisis estructural, se ha utilizado el programa CYPE 3D, considerando todos los estados de carga considerados y realizando las combinaciones de carga con sus respectivos factores.

**Tabla 23**

*Resumen de los parámetros*

PARÁMETROS SÍSMICOS	VALOR
Z: Factor de zona	0.25
U: Factor de uso o importancia	1.00
S: Factor de amplificación del suelo	1.20
TP: Periodo que define la plataforma del factor C (s)	0.60
TL: Periodo que define el inicio de la zona del factor C (s)	2.00

**Tabla 24**

*Parámetros de cálculo en dirección X-X*

PARÁMETROS DE CÁLCULO EN DIRECCIÓN X-X	VALOR
TX: Periodo natural en la dirección X (s)	0.293
CX: Factor de amplificación sísmica en X	2.50
Rox: Coeficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas	7.00
lax: irregularidad en altura	1.00
lpx: irregularidad en planta	1.00
RX: Coeficiente de reducción sísmico en X	7.00
Cx/Rx =	0.36
Kx: Exponente relacionado con el período fundamental (BHE)	1.00
Cx: Base Shear Coeficiente = $Z*U*S*Cx / Rx$	0.107

**Tabla 25**

*Parámetros de cálculo en dirección Y-Y*

PARÁMETROS DE CÁLCULO EN DIRECCIÓN Y-Y	VALOR
TY: Periodo natural en la dirección Y (s)	0.152
CY: Factor de amplificación sísmica en Y	2.50
Roy: Coeficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas	7.00
lay: irregularidad en altura	1.00
lpy: irregularidad en planta	1.00
RY: Coeficiente de reducción sísmico en Y	7.00
Cy/Ry =	0.36
OK	
Ky: Exponente relacionado con el período fundamental (BHE)	1.00
Cy: Base Shear Coeficient = $Z \cdot U \cdot S \cdot C_y / R_y$	0.107

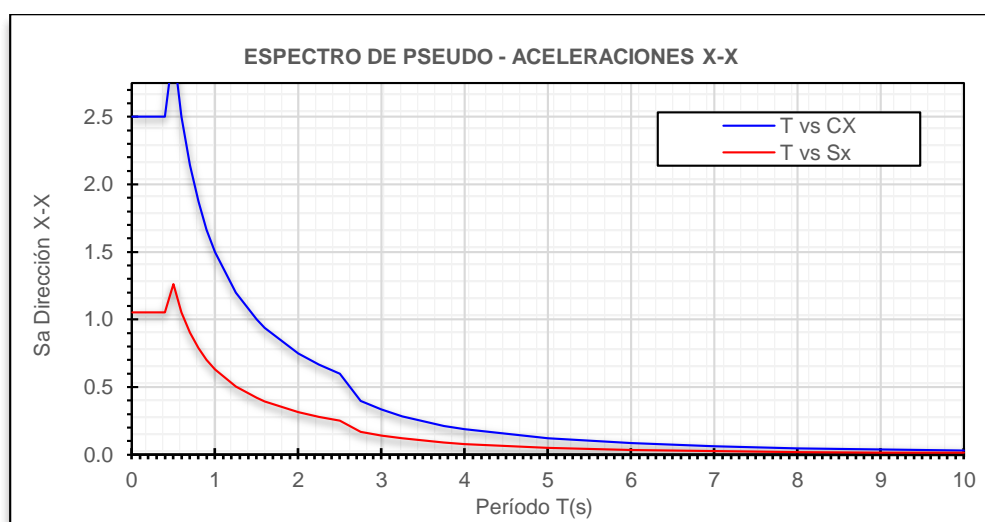
## ANÁLISIS DINÁMICO

Para las direcciones horizontales de análisis se elabora un espectro de pseudo aceleraciones dada por la siguiente fórmula RNE E.030:

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

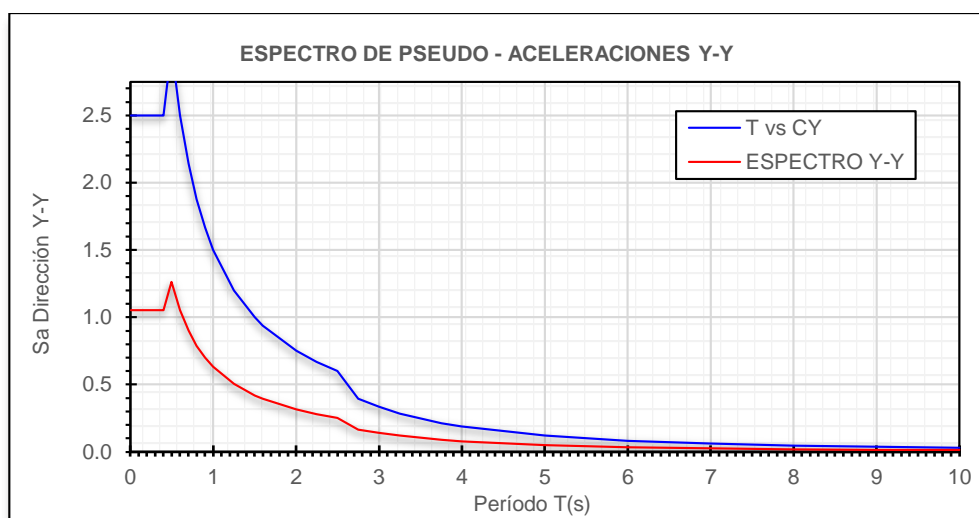
**Figura 35**

*Espectro de pseudo - aceleraciones X-X*



**Figura 36**

**Espectro de pseudo - aceleraciones Y-Y**



### Verificación de las irregularidades de la estructura

#### Verificación de irregularidad de rigidez

Existe irregularidad de rigidez cuando en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 70% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 80% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes. NO se permiten irregularidades extremas en la zona 4, existe irregularidad extrema de rigidez cuando, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 60% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 70% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes.

**Tabla 26**

*Verificación de irregularidad de rigidez X-X*

Combo	Rigidez X (tonf/m)	70% K(i+1)	80% (Kprom)	60% K(i+1)	70% (Kprom)
Sismo X	22314.011				
Sismo X	47539.975	3.04		3.55	
Sismo X	69341.095	2.08		2.43	
Sismo X	105821.694	2.18	2.85	2.54	3.26
Sismo X	199002.454	2.69	3.35	3.13	3.83

Se observa que la estructura no presenta irregularidad de rigidez en la dirección X-X, y tampoco presenta irregularidad extrema de rigidez, puesto que todos los valores son mayores que 1.

**Tabla 27***Verificación de irregularidad de rigidez Y-Y*

<b>Combo</b>	<b>Rigidez Y (tonf/m)</b>	<b>70% K(i+1)</b>	<b>80% (Kprom)</b>	<b>60% K(i+1)</b>	<b>70% (Kprom)</b>
<b>Sismo Y</b>	73076.341				
<b>Sismo Y</b>	148474.796	2.90		3.39	
<b>Sismo Y</b>	219826.366	2.12		2.47	
<b>Sismo Y</b>	334963.63	2.18	2.85	2.54	3.25
<b>Sismo Y</b>	553845.028	2.36	2.95	2.76	3.38

Se observa que la estructura no presenta irregularidad de rigidez en la dirección Y-Y, y tampoco presenta irregularidad extrema de rigidez, puesto que todos los valores son mayores que 1.

### **Verificación de irregularidad de resistencia**

Existe irregularidad de resistencia cuando la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 80 % de la resistencia del entrepiso inmediato superior. NO se permiten irregularidades extremas en la zona 2, existe irregularidad extrema de resistencia cuando, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 65 % de la resistencia del entrepiso inmediato superior.

**Tabla 28***Verificación de irregularidad de resistencia X-X*

<b>Combo</b>	<b>Cortante X (tonf)</b>	<b>80% (Kprom)</b>	<b>65% K(i+1)</b>
<b>Sismo X</b>	19.50		
<b>Sismo X</b>	44.90	2.88	3.54
<b>Sismo X</b>	61.10	1.70	2.09
<b>Sismo X</b>	71.59	1.46	1.80
<b>Sismo X</b>	76.68	1.34	1.65

Se observa que la estructura no presenta irregularidad de resistencia en la dirección X-X, y tampoco presenta irregularidad extrema de resistencia, puesto que todos los valores son mayores que 1.

**Tabla 29***Verificación de irregularidad de resistencia Y-Y*

<b>Combo</b>	<b>Cortante Y (tonf)</b>	<b>80% (Kprom)</b>	<b>65% K(i+1)</b>
<b>Sismo Y</b>	18.49		
<b>Sismo Y</b>	40.28	2.72	3.35
<b>Sismo Y</b>	54.94	1.70	2.10
<b>Sismo Y</b>	64.31	1.46	1.80
<b>Sismo Y</b>	68.80	1.34	1.65

Se observa que la estructura no presenta irregularidad de resistencia en la dirección Y-Y, y tampoco presenta irregularidad extrema de resistencia, puesto que todos los valores son mayores que 1.

### **Verificación de irregularidad de masa o peso**

Se tiene irregularidad de masa (o peso) cuando el peso de un piso, determinado según el artículo 26, es mayor que 1,5 veces el peso de un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.

**Tabla 30***Verificación de irregularidad de masa o peso*

<b>NIVEL</b>	<b>PESO</b>	<b>SUP</b>	<b>INF</b>
<b>P4</b>	35.5248		NO
<b>P3</b>	35.5248	NO	NO
<b>P2</b>	35.5248	NO	NO
<b>P1</b>	33.5652	NO	

### **Verificación de irregularidad de geométrica vertical**

La configuración es irregular cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 1,3 veces la correspondiente dimensión en un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.

### **VERIFICACIÓN DE IRREGULARIDAD TORSIONAL**

A fin de verificar la irregularidad torsional del edificio, se evaluará la distorsión del centro de masa y también la máxima distorsión de piso para luego realizar la comparación entre ambos resultados, cabe señalar que, de acuerdo a nuestra norma vigente, no se permiten irregularidades

extremas en la zona 2, por lo que el mayor valor permitido es de 1.5.

**Tabla 31**

*Verificación de irregularidad de torsional en X-X*

<b>Combo</b>	<b>Ratio</b>	<b>1.3</b>	<b>1.5</b>
<b>Sismo X</b>	0.975	NO	NO
<b>Sismo X</b>	0.986	NO	NO
<b>Sismo X</b>	0.935	NO	NO
<b>Sismo X</b>	0.918	NO	NO
<b>Sismo X</b>	0.978	NO	NO

Se observa que la estructura no presenta irregularidad torsional en la dirección X-X, y tampoco presenta irregularidad extrema de torsión.

**Tabla 32**

*Verificación de irregularidad de torsional en Y-Y*

<b>Combo</b>	<b>Ratio</b>	<b>1.3</b>	<b>1.5</b>
<b>Sismo Y</b>	0.988	NO	NO
<b>Sismo Y</b>	0.968	NO	NO
<b>Sismo Y</b>	0.975	NO	NO
<b>Sismo Y</b>	0.986	NO	NO
<b>Sismo Y</b>	0.935	NO	NO

Se observa que la estructura no presenta irregularidad torsional en la dirección Y-Y, y tampoco presenta irregularidad extrema de torsión.

**Tabla 33**

*Resumen de irregularidad en planta*

<b>Irregularidad en Planta</b>	<b>lpx</b>	<b>lpy</b>
<b>Irregularidad Torsional</b>	1.0	1.0
<b>Irregularidad Torsional Extrema</b>	1.0	1.0
<b>Discontinuidad en Diafragma</b>	1.0	1.0
<b>Sistemas No Paralelos</b>	1.0	1.0
	1.0	1.0

**Tabla 34**

*Resumen de irregularidad en altura*

<b>Irregularidad en Altura</b>	<b>lax</b>	<b>lay</b>
<b>Masa o Peso</b>	1	1
<b>Geometría Vertical</b>	1	1
<b>Discontinuidad Sist. Resist</b>	1	1
<b>Discontinuidad Ext. en Sist.</b>	1	1
<b>Rigidez</b>	1	1
<b>Rigidez Extrema</b>	1	1

Resistencia	1	1
Extrema Resistencia	1	1
	1	1

### Verificación de la cortante mínima

Se realizó el resumen de los parámetros sísmicos para la verificación de la cortante mínima.

**Tabla 35**

*Resumen de irregularidad en altura*

PARÁMETROS SÍSMICOS	VALOR
Z: Factor de zona	0.25
U: Factor de uso o importancia	1.00
S: Factor de amplificación del suelo	1.20
TP: Periodo que define la plataforma del factor C (s)	0.60
TL: Periodo que define el inicio de la zona del factor C (s)	2.00
<hr/>	
PARÁMETROS DE CÁLCULO EN DIRECCIÓN X-X	VALOR
TX: Periodo natural en la dirección X (s)	0.29
CX: Factor de amplificación sísmica en X	2.50
Rox: Coeficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas	7.00
Iax: irregularidad en altura	1.00
Ipx: irregularidad en planta	1.00
RX: Coeficiente de reducción sísmico en X	7.00
Cx/Rx =	0.36
Kx: Exponente relacionado con el período fundamental (BHE)	1.00
Cx: Base Shear Coefficient = $Z*U*S*Cx / Rx$	0.107
<b>FUERZA CORTANTE ESTÁTICA (tonf)</b>	91.23
<b>FUERZA CORTANTE DE DISEÑO (tonf)</b>	72.984
<b>FUERZA CORTANTE DINAMICA (tonf)</b>	76.680
<b>FACTOR DE ESCALAMIENTO</b>	0.952
<hr/>	
PARÁMETROS DE CÁLCULO EN DIRECCIÓN Y-Y	VALOR
TY: Periodo natural en la dirección Y (s)	0.15
CY: Factor de amplificación sísmica en Y	2.50
Roy: Coeficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas	7.00
Iay: irregularidad en altura	1.00
Ipy: irregularidad en planta	1.00
RY: Coeficiente de reducción sísmico en Y	7.00
Cy/Ry =	0.36
Ky: Exponente relacionado con el período fundamental (BHE)	1.00
Cy: Base Shear Coefficient = $Z*U*S*Cy / Ry$	0.107

<b>FUERZA CORTANTE ESTÁTICA (tonf)</b>	91.11
<b>FUERZA CORTANTE DE DISEÑO (tonf)</b>	72.884
<b>FUERZA CORTANTE DINAMICA (tonf)</b>	68.800
<b>FACTOR DE ESCALAMIENTO</b>	1.059

### Verificación del sistema estructural

**Tabla 36**

*Verificación del sistema estructural X-X*

<b>Cortante en Muros (tonf)</b>	<b>59.49</b>
<b>Cortante en Columnas (tonf)</b>	31.74
<b>TOTAL</b>	91.23
<b>Cortante en Muros</b>	65%
<b>Cortante en Columnas</b>	35%
<b>Ro</b>	<b>7</b>

**Tabla 37**

*Verificación del sistema estructural Y-Y*

<b>Cortante en Muros (tonf)</b>	<b>58.1</b>
<b>Cortante en Columnas (tonf)</b>	33.0053
<b>TOTAL</b>	91.11
<b>Cortante en Muros</b>	64%
<b>Cortante en Columnas</b>	36%
<b>Ro</b>	<b>7</b>

El sistema estructural en ambas direcciones del análisis es un SISTEMA DUAL, por lo tanto el valor de  $R_o = 7$ .

Por lo tanto:

Las fuerzas cortantes de diseño escaladas producto del análisis modal espectral son:

Dirección X-X:  $V_x = 76.68$  tonf

Dirección Y-Y:  $V_y = 91.23$  tonf.

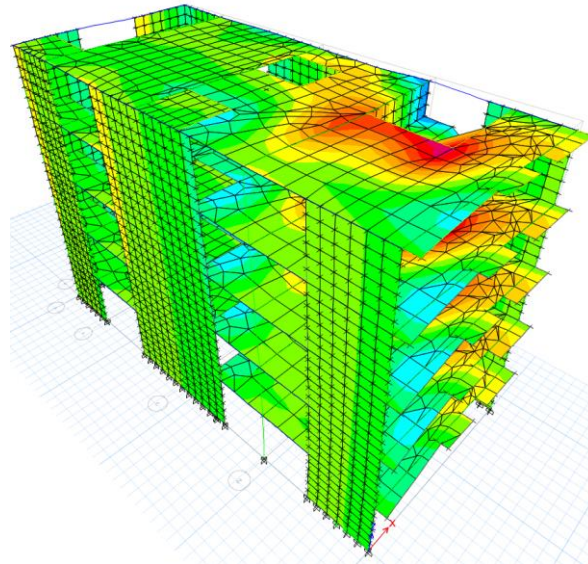
### Verificación de períodos y masas participativas

Se observa que el primer modo y tercer modo tienen modos de vibración traslacional mientras que la segunda forma de modo es torsional, el período fundamental de la estructura es de  $t_1 = 0.293$  s y

corresponde a la dirección x-x, mientras que el tercer periodo  $t_2 = 0.152$  s, corresponde a la dirección y-y.

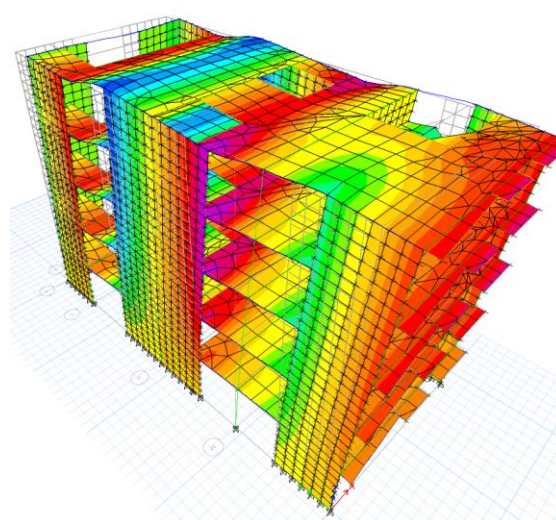
**Figura 37**

*Desplazamiento del modo 1*



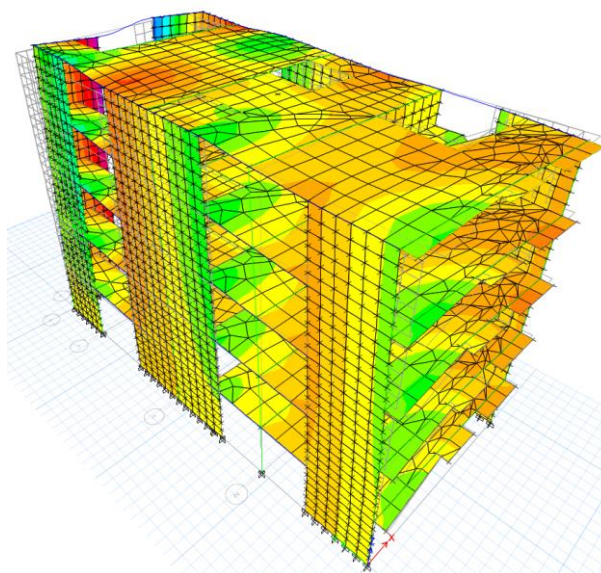
**Figura 38**

**Desplazamiento del modo 2**



**Figura 39**

**Desplazamiento del modo 3**



**Tabla 38**

**Tabla de periodos de la estructura**

Case	Mode	Period sec	UX	UY	RZ
Modal	1	0.293	0.6451	0.0005	0.0834
Modal	2	0.152	0.0006	0.7274	3.51E-05
Modal	3	0.144	0.0802	1.44E-05	0.647
Modal	4	0.073	0.0212	8.30E-06	0.0026
Modal	5	0.073	0.1535	0.0001	0.019
Modal	6	0.062	0.0002	0.0114	0.0016
Modal	7	0.049	5.04E-07	1.55E-05	0.0023
Modal	8	0.038	0.0022	0.0712	0.0357
Modal	9	0.037	0.0002	0.1216	0.0245
Modal	10	0.036	0.0677	0.0009	0.0246
Modal	11	0.028	0.0045	0.0001	0.085
Modal	12	0.023	0.0177	0.0001	0.0271
Modal	13	0.019	3.68E-05	0.0459	0.0001
Modal	14	0.014	0.0002	0.0201	0.0002
Modal	15	0.012	0.0058	0.0005	0.0013

Finalmente, procederemos a verificar las distorsiones que pueden presentarse en la estructura como resultado de este sistema estructural. Para ello, se simulará un movimiento sísmico de alta magnitud, con el fin de evaluar la respuesta de la edificación ante condiciones extremas. En este contexto, es crucial que el desplazamiento máximo de la estructura

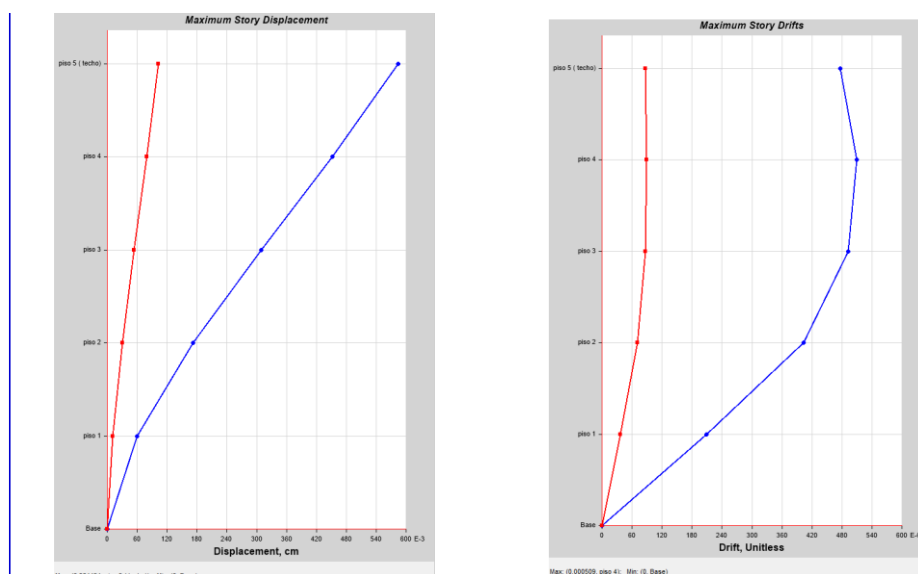
no exceda el límite establecido de 0.007, un valor específico para pórticos de concreto armado.

Este umbral se fundamenta en normativas de diseño sismorresistente, que buscan garantizar que las deformaciones laterales se mantengan dentro de un rango seguro para preservar la integridad estructural y la funcionalidad del edificio durante un evento sísmico. Un desplazamiento que supere este límite podría indicar un riesgo de falla estructural o daños significativos, comprometiendo no solo la seguridad de la edificación, sino también la de sus ocupantes.

Por lo tanto, esta comprobación es esencial para validar el desempeño sísmico del sistema estructural y asegurar que se han tomado las medidas adecuadas en el diseño para minimizar el riesgo de daños en situaciones de carga sísmica extrema. La evaluación de las distorsiones, junto con los análisis previos, permitirá confirmar que la estructura está debidamente preparada para enfrentar las fuerzas sísmicas y mantener su estabilidad.

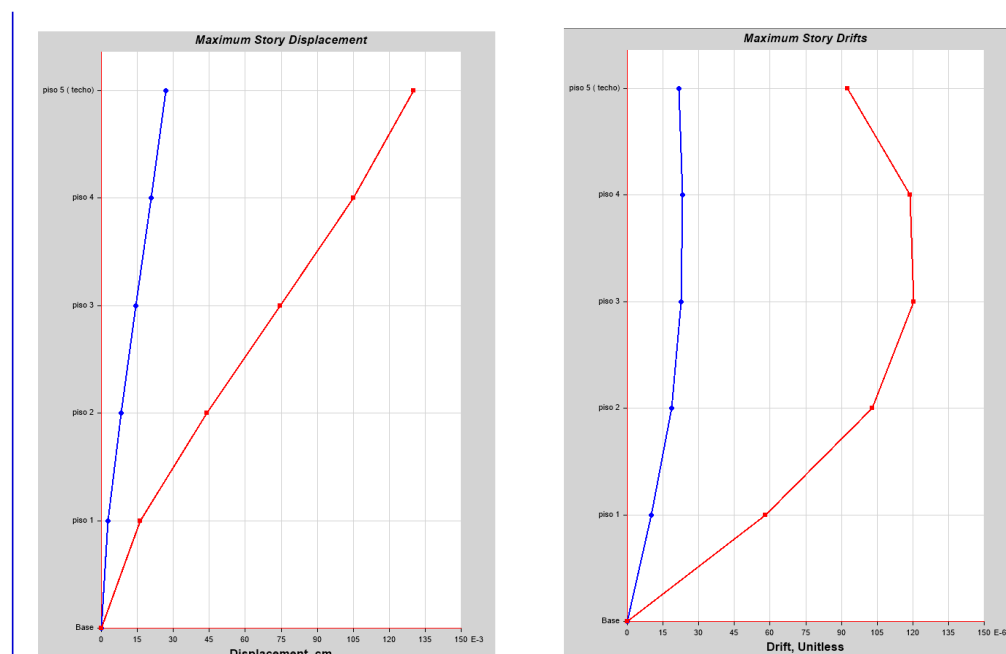
**Figura 40**

*Deriva máximo elástica de entrepiso X-X*



**Figura 41**

*Deriva máximo elástica de entrepiso Y-Y*



De acuerdo con las imágenes anteriores, el software proporciona las derivas elásticas correspondientes para cada dirección de análisis. Para calcular el desplazamiento o deriva inelástica de la estructura, es necesario aplicar una fórmula que involucra varios factores clave.

Primero, se debe multiplicar el coeficiente de desplazamiento lateral por la máxima deriva calculada por piso. Este coeficiente representa la relación entre el desplazamiento elástico y el desplazamiento inelástico, reflejando cómo la estructura se comportará bajo condiciones de carga sísmica.

Además, se debe considerar el coeficiente de reducción sísmica, que tiene en cuenta las propiedades del material y la forma de la estructura, así como su capacidad para disipar energía durante un evento sísmico. Este coeficiente es fundamental para obtener un análisis más preciso de la respuesta estructural ante cargas dinámicas.

Al combinar estos factores, se obtiene una estimación del desplazamiento inelástico, lo que permite evaluar el comportamiento de la estructura bajo condiciones de carga sísmica más realistas. Este análisis es crucial para garantizar la seguridad y estabilidad de la

edificación, asegurando que las deformaciones se mantengan dentro de límites aceptables y que la integridad estructural se conserve durante un sismo.

**Tabla 39**

*Deriva máxima inelástica de piso*

<b>Deriva X-X</b>	<b>0.002672</b>
<b>Deriva Y-Y</b>	<b>0.000630</b>

Las derivas calculadas en cada dirección cumplen con los requisitos establecidos por la norma E030 para sistemas estructurales de pórticos. Esto indica que el análisis dinámico realizado es adecuado y que la estructura tiene un comportamiento aceptable ante las cargas sísmicas.

El cumplimiento de estas normativas es fundamental, ya que asegura que las deformaciones laterales de la estructura se mantengan dentro de límites permisibles, lo que a su vez contribuye a la seguridad y estabilidad del edificio durante un evento sísmico. Un análisis dinámico correcto no solo valida la capacidad de la estructura para resistir fuerzas externas, sino que también proporciona confianza en el diseño estructural, garantizando que se ha considerado la respuesta del sistema ante movimientos del terreno.

De este modo, el cumplimiento de las normas E030 refuerza la idoneidad del diseño estructural, permitiendo avanzar hacia las etapas siguientes del proyecto con la certeza de que se han implementado medidas adecuadas para mitigar los efectos de un posible sismo.

#### **4.1.5. DISEÑO SISMORRESISTENTE**

Para llevar a cabo el diseño de los elementos estructurales, utilizaremos la norma ACI 318-14, la cual está integrada en las funcionalidades del software CYPE 3D. Es crucial ingresar correctamente todos los parámetros de diseño, ya que esto nos permitirá evitar errores en los cálculos y minimizar el riesgo de sobredimensionamiento durante el proceso de diseño.

Con base en el análisis realizado previamente y habiendo optimizado los elementos para que cumplan con el Reglamento Nacional de Edificaciones E030, que regula el diseño sismorresistente, procederemos a diseñar cada uno de los elementos estructurales de manera sistemática. Este enfoque no solo garantizará que la estructura sea segura y estable, sino que también asegurará un uso eficiente de los materiales, alineándose con los estándares de sostenibilidad y economía del proyecto. La implementación rigurosa de estos criterios es fundamental para alcanzar un diseño integral que cumpla con las normativas vigentes y responda adecuadamente a las exigencias del entorno sísmico.

## **DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA EDIFICACIÓN**

### **DISEÑO DE VIGA**

Los elementos estructurales de conexión, como las vigas, desempeñan un papel fundamental en la estabilidad y resistencia de una edificación. Su función principal es soportar las cargas que actúan sobre la estructura, garantizando una distribución eficiente de estas hacia las columnas y otros elementos de soporte. Además de resistir cargas verticales, las vigas también proporcionan rigidez lateral a la estructura, lo que es crucial para su desempeño frente a fuerzas laterales, como las generadas por sismos o vientos fuertes.

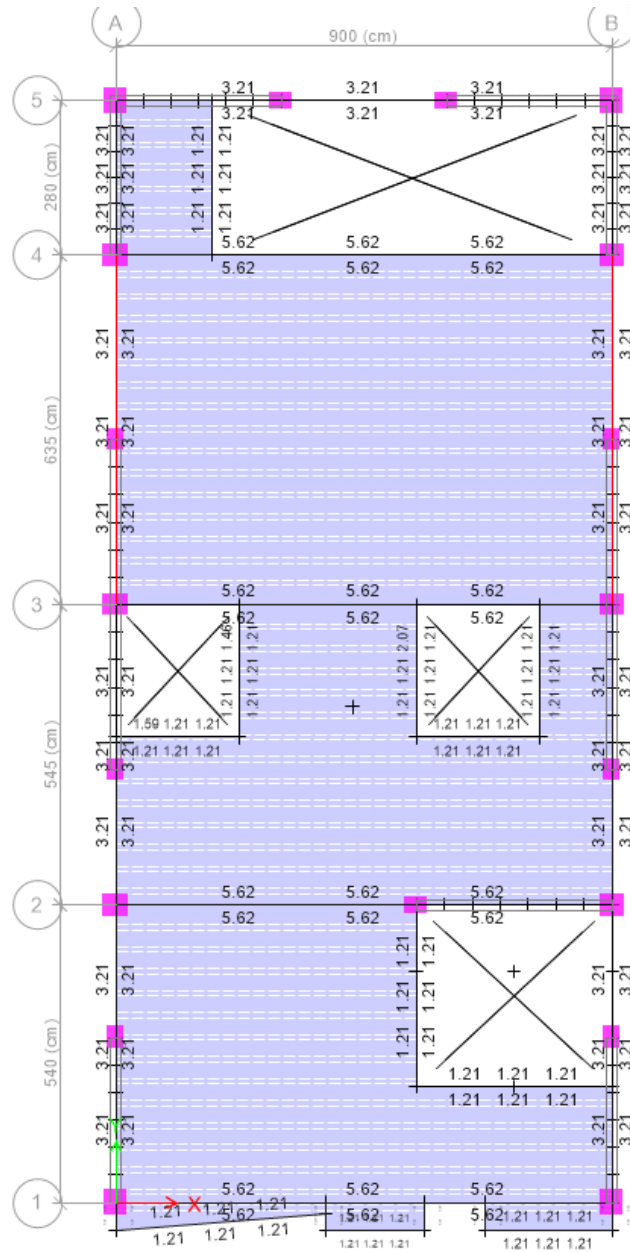
Cuando las vigas se apoyan sobre otras vigas, estas no solo transfieren las cargas verticales hacia las columnas, sino que también facilitan una interconexión entre los diferentes niveles de la estructura. Esta interconexión contribuye a la distribución de las fuerzas y momentos generados, lo que ayuda a prevenir deformaciones excesivas y colapsos. En resumen, las vigas son componentes clave que aseguran la integridad estructural y la durabilidad de un edificio, permitiendo una correcta absorción y transmisión de cargas, lo que a su vez favorece la seguridad y estabilidad del conjunto.

Los diseños de las columnas, las vigas, las placas, la losa, la

escalera y las zapatas se realizaron con el software Excel a manera de comprobación y estos se encuentran en el Anexo N°02.

**Figura 42**

*Resultados del diseño estructural*



## DISEÑO DE ZAPATA

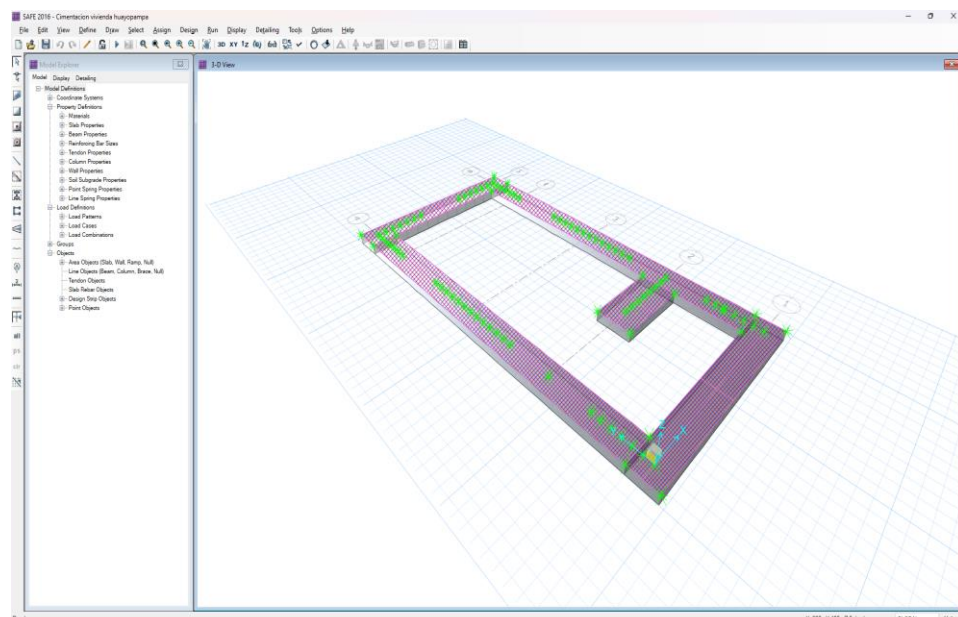
La cimentación de una estructura desempeña un papel fundamental en la transmisión de las cargas, tanto gravitacionales como sísmicas, al terreno subyacente. Su función principal es garantizar que

estas cargas no superen la capacidad portante del suelo, evitando así el riesgo de asentamientos excesivos o fallos estructurales. Para lograrlo, es esencial realizar un análisis exhaustivo de las características geotécnicas del terreno, lo que incluye evaluar el tipo de suelo, su resistencia y la distribución de las cargas.

Además, la cimentación debe diseñarse teniendo en cuenta los factores de seguridad requeridos, que son críticos para asegurar la estabilidad de la estructura ante diversas condiciones de carga. Esto implica considerar no solo las cargas estáticas, sino también las dinámicas, como las generadas por sismos o vientos fuertes. Un diseño adecuado de la cimentación no solo contribuye a la durabilidad y seguridad de la edificación, sino que también optimiza el uso de recursos y materiales, garantizando una solución eficaz y económica para la construcción. En resumen, una cimentación bien diseñada es vital para la integridad estructural y la seguridad a largo plazo de cualquier edificación.

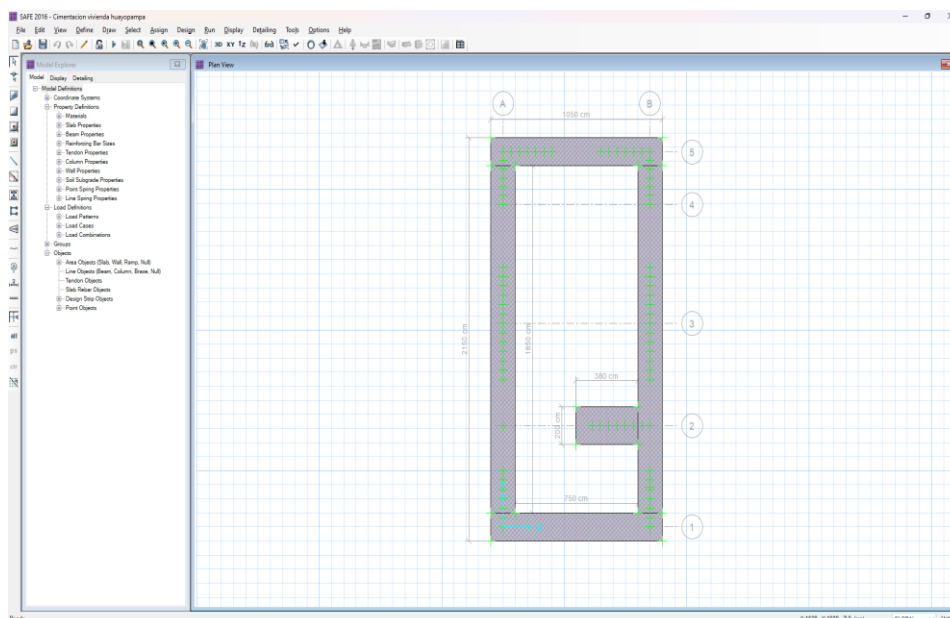
**Figura 43**

*Vista 3D de las cimentaciones de la estructura*



**Figura 44**

*Vista en planta de las cimentaciones de la estructura*



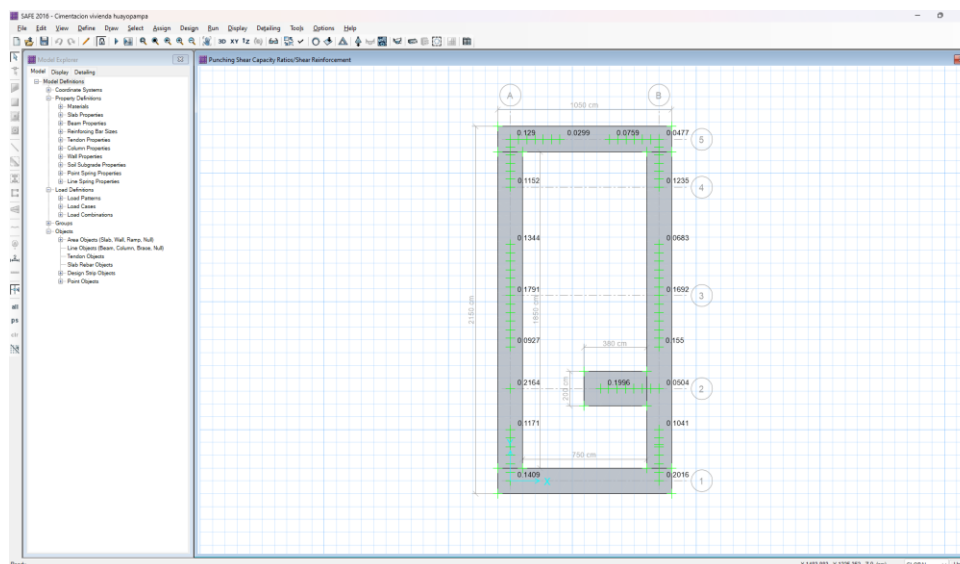
La vista en planta de la zapata corrida muestra una sección con un peralte de 50 cm, diseñada para una profundidad de 1.80 metros. Esta configuración permite distribuir de manera eficiente las cargas transmitidas desde la superestructura hacia el terreno, asegurando una adecuada capacidad portante.

La elección de un peralte de 50 cm se realiza para proporcionar la rigidez necesaria y minimizar los asentamientos diferenciales en la cimentación. A esta profundidad, se busca alcanzar una zona del suelo donde las características geotécnicas sean más favorables, garantizando así la estabilidad de la estructura. Además, es fundamental considerar el ancho de la zapata, que debe ser suficiente para evitar la concentración de esfuerzos en el suelo, lo que podría comprometer la seguridad de la edificación.

Este diseño debe incluir también un análisis de las condiciones del terreno, tales como la resistencia del suelo, la presencia de agua subterránea y otros factores que puedan influir en el comportamiento de la cimentación. De este modo, la zapata corrida se convierte en un elemento clave para asegurar la integridad y durabilidad de la estructura en el tiempo.

**Figura 45**

*Verificación por punzonamiento de la estructura*



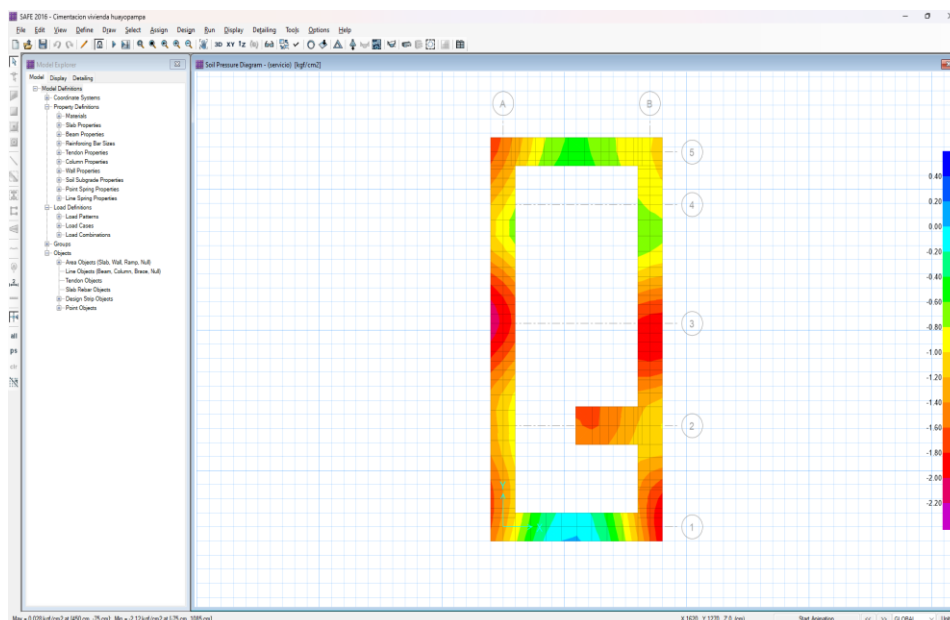
Se ha verificado que el análisis de punzonamiento para las zapatas resulta adecuado, ya que el coeficiente obtenido es menor a 1. Esto indica que la capacidad de resistencia de la zapata frente a fuerzas de punzonamiento es suficiente, lo que confirma que el peralte seleccionado es el correcto para las condiciones de carga previstas.

El punzonamiento es un fenómeno crítico en el diseño de cimentaciones, que se refiere a la capacidad de una zapata para resistir fuerzas concentradas que podrían causar un colapso en forma de perforación o desgarro en la zona inferior de la zapata. Al mantener el coeficiente por debajo de 1, se asegura que el diseño no solo cumple con las normativas vigentes, sino que también proporciona un margen de seguridad adecuado para garantizar la estabilidad y la integridad estructural a lo largo del tiempo.

Este resultado sugiere que el peralte adoptado no solo es suficiente para soportar las cargas aplicadas, sino que también contribuye a la efectividad del sistema de cimentación en su conjunto, minimizando el riesgo de fallas estructurales en el futuro. Es esencial que se continúe monitorizando el comportamiento de la zapata a medida que se avanza en la construcción, para asegurarse de que se mantenga dentro de los parámetros de seguridad establecidos.

**Figura 46**

*Verificación por capacidad portante de la estructura*



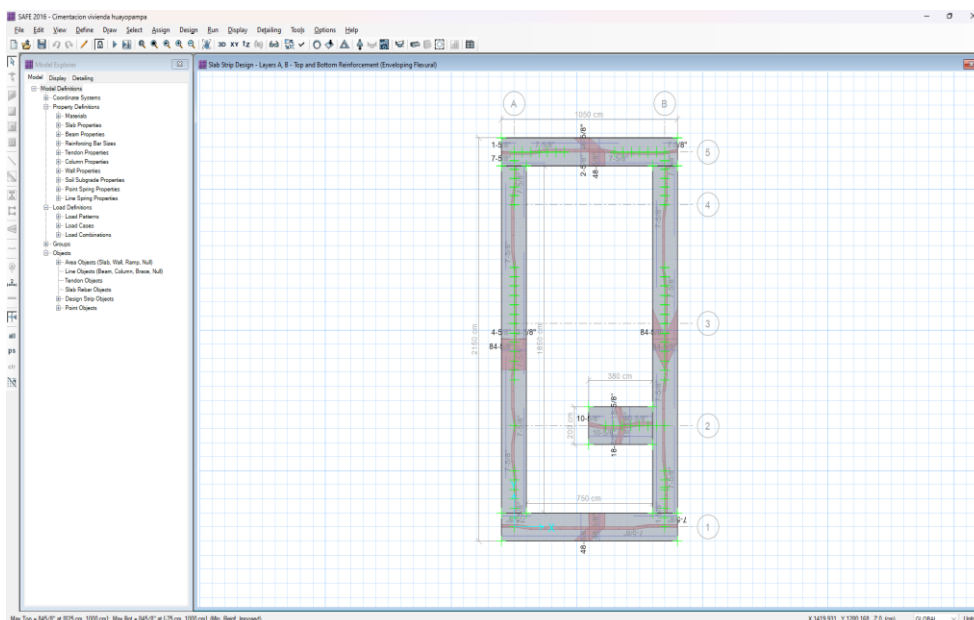
Se ha verificado que las presiones transmitidas al suelo se encuentran dentro de los límites aceptables de la capacidad portante del terreno. Esto indica que el análisis realizado es correcto y fiable, lo que nos permite avanzar hacia la etapa de diseño de la zapata.

La capacidad portante es un factor crítico en el diseño de cimentaciones, ya que garantiza que el suelo puede soportar las cargas aplicadas sin riesgo de asentamientos excesivos o fallas estructurales. Al cumplir con los criterios establecidos, se asegura que la interacción entre la zapata y el terreno será efectiva, proporcionando una base sólida para la estructura.

Con este análisis satisfactorio, se procede a definir las dimensiones y características específicas de la zapata, asegurando que cumpla con las normativas y requisitos técnicos necesarios para garantizar la estabilidad y durabilidad de la edificación. En esta fase, se considerarán aspectos como el tipo de suelo, las cargas a las que estará sometida la zapata y los factores de seguridad apropiados, para así optimizar el diseño y asegurar un rendimiento adecuado a lo largo de la vida útil de la estructura.

**Figura 47**

*Verificación del acero longitudinal y transversal de la cimentación*



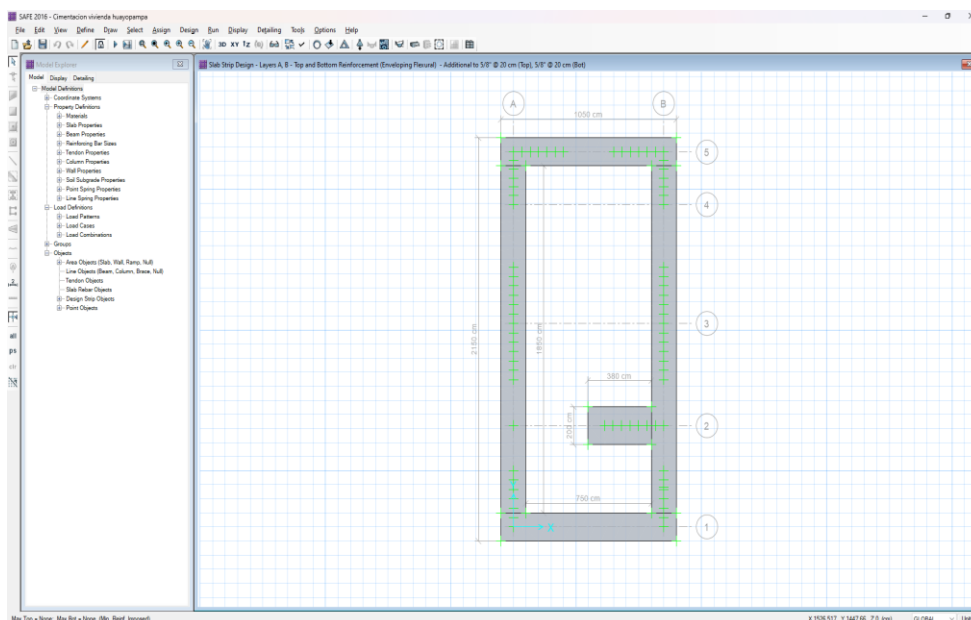
El diseño se lleva a cabo utilizando un enfoque basado en franjas, lo cual permite determinar de manera precisa la cantidad de acero necesaria tanto en dirección transversal como longitudinal. Este método es fundamental para asegurar que se cumplan las exigencias estructurales y de seguridad de la cimentación.

Al dividir la sección en franjas, se facilita el análisis de las tensiones y deformaciones que actúan sobre cada parte de la estructura, lo que a su vez permite calcular el esfuerzo que debe resistir el acero de refuerzo. Esto incluye la evaluación de las cargas aplicadas, las fuerzas de corte y los momentos flectores que pueden generarse debido a las cargas estáticas y dinámicas, como las fuerzas sísmicas.

Además, este enfoque proporciona una visualización clara de cómo se distribuyen las tensiones en la sección de la zapata, permitiendo ajustes en el diseño si es necesario. Una vez completado este análisis, se podrá dimensionar adecuadamente las armaduras requeridas para garantizar que la zapata tenga la resistencia y rigidez adecuadas para soportar las condiciones a las que estará expuesta. Este proceso asegura que el diseño sea eficiente y conforme a las normativas vigentes, contribuyendo a la seguridad y durabilidad de la estructura.

**Figura 48**

*Distribución del acero longitudinal y transversal de la cimentación*



Se ha realizado una verificación del diseño estructural utilizando un espaciamiento de 20 cm para el acero de refuerzo, tanto positivo como negativo, con varillas de 5/8 de pulgada. Este análisis indica que se cumple con los requerimientos de diseño. Sin embargo, se ha decidido ajustar el espaciamiento a 10 cm para la cimentación, optando por una única capa de acero.

Este cambio se justifica por la necesidad de asegurar una mayor capacidad de carga y resistencia a las solicitaciones estructurales, considerando las exigencias específicas de la cimentación. Al reducir el espaciamiento, se incrementa la densidad de las armaduras, lo que mejora la distribución de tensiones y reduce el riesgo de fallas en la cimentación ante cargas imprevistas, tales como las fuerzas de compresión y corte.

Además, este enfoque garantiza una mejor adherencia entre el concreto y el acero, contribuyendo a la durabilidad y seguridad de la estructura a largo plazo. La elección de una sola capa de acero también simplifica el proceso de colocación y permite un control más riguroso de la calidad de la ejecución, asegurando que se respeten las especificaciones técnicas establecidas.

## Resumen de las dimensiones y la cuantía de acero estructural

- **VIGAS 30X35**
  - Acero longitudinal superior 2Ø5/8"
  - Acero longitudinal inferior: 2Ø5/8"
  - Estribos: Ø3/8": 1@5; 5@10; R@15.
- **VIGAS 30X60**
  - Acero longitudinal superior 4Ø5/8"
  - Acero longitudinal inferior: 3Ø5/8"
  - Acero longitudinal a torsión: 4Ø1/2"
  - Estribos: Ø3/8": 1@5; 5@10; R@15.
- **VIGAS 20X25 (CHATA)**
  - Acero longitudinal superior 2Ø1/2"
  - Acero longitudinal inferior: 2Ø1/2"
  - Estribos: Ø3/8": 1@5; 5@10; R@15.
- **VIGAS 20X20 (CHATA)**
  - Acero longitudinal superior 2Ø1/2"
  - Acero longitudinal inferior: 2Ø1/2"
  - Estribos: Ø3/8": 1@5; 5@10; R@15.
- **COLUMNAS C-1: 40x70**
  - Acero longitudinal 12 Ø 5/8"
  - Estribos: Ø3/8": 1@5; 4@10; 4@15; Rto@20
- **COLUMNAS C-2: 30x40**
  - Acero longitudinal 4 Ø 5/8" + 4 Ø 1/2"
  - Estribos: Ø3/8": 1@5; 4@10; 4@15; Rto@20
- **PLACAS de 20 cm: ver plano**
  - Acero longitudinal y transversal en dos capas Ø1/2" @30 cm ambos sentidos
- **ZAPATA COMBINADA con peralte de 50 cm**
  - Acero longitudinal Ø5/8" @10 cm
  - Acero transversal Ø5/8" @10 cm
- **Acero en viguetas de losa aligerada de 25 cm:**
  - Acero longitudinal por vigueta: Ø1/2" @40cm superior e Ø5/8" @40cm inferior.

- Acero de temperatura: Ø6mm @30cm
- **Acero en viguetas de losa aligerada de 20 cm:**
  - Acero longitudinal por viga: Ø1/2" @40cm superior e Ø1/2" @40cm inferior.
  - Acero de temperatura: Ø6mm @30cm
- **Escalera tipo 1**
  - Acero superior longitudinal Ø3/8" @30 cm
  - Acero inferior longitudinal Ø1/2" @30 cm
  - Acero superior transversal Ø1/2" @30 cm
  - Acero inferior transversal Ø1/2" @30cm
- **Escalera tipo 2**
  - Acero superior longitudinal Ø3/8" @30 cm
  - Acero inferior longitudinal Ø1/2" @30 cm
  - Acero superior transversal Ø1/2" @30 cm
  - Acero inferior transversal Ø1/2" @30cm

#### 4.1.6. ANÁLISIS COMPARATIVO DE TIEMPO-COSTO

En relación con el tiempo requerido para llevar a cabo las distintas fases del proyecto, se realizó un cálculo exhaustivo del tiempo empleado en cada etapa, que incluye el análisis sismorresistente, el diseño estructural, la elaboración de planos y la redacción de memorias de cálculo. Este análisis se centró en el desarrollo de una vivienda multifamiliar de cinco niveles, con el objetivo de establecer un marco de referencia para la gestión eficiente del tiempo en proyectos similares. Cada fase fue evaluada de manera sistemática para identificar no solo la duración promedio de cada tarea, sino también para detectar posibles áreas de mejora que puedan optimizar el proceso en futuros proyectos. Al final, esta evaluación permitirá realizar comparaciones con proyectos anteriores y contribuirá a la implementación de mejores prácticas en la planificación y ejecución de obras en el ámbito de la construcción.

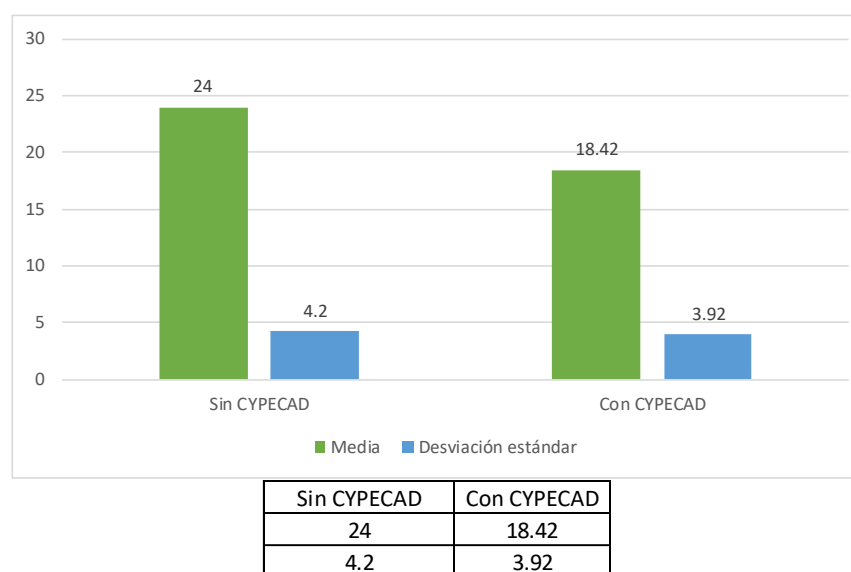
## ANÁLISIS ESTRUCTURAL EN CYPE 3D

Se llevó a cabo un análisis detallado del tiempo promedio invertido en cuatro proyectos que emplearon diferentes sistemas estructurales. El tiempo promedio estimado para el análisis estructural sin la utilización del software CYPE 3D fue de 24,00 horas, con una desviación estándar de  $\pm 4,2$  horas. En contraste, al aplicar el software CYPE 3D, el tiempo promedio necesario para realizar el mismo análisis se redujo a 18,42 horas, con una desviación estándar de  $\pm 3,92$  horas.

Este análisis revela una reducción significativa en el tiempo de análisis estructural gracias a la implementación de CYPE 3D, lo que sugiere que el uso de este software no solo agiliza el proceso, sino que también permite una mayor precisión en los resultados. Estos datos destacan la importancia de incorporar herramientas tecnológicas en la práctica de la ingeniería civil, ya que pueden optimizar los tiempos de trabajo y mejorar la eficiencia en la gestión de proyectos.

**Figura 49**

*Tiempo de análisis estructural - sin CYPE 3D vs con CYPE 3D*



La utilización del software CYPE 3D resultó en una reducción significativa del tiempo requerido para el análisis estructural de los proyectos estudiados, logrando una disminución del 23,25 %. Este

ahorro de tiempo no solo optimiza la eficiencia del proceso de diseño, sino que también permite a los ingenieros dedicar más recursos a otros aspectos críticos del proyecto, como la evaluación de alternativas de diseño y la verificación de la seguridad estructural.

Esta mejora en la gestión del tiempo es un testimonio del impacto positivo que las herramientas tecnológicas pueden tener en la práctica de la ingeniería civil, facilitando un enfoque más ágil y efectivo en el desarrollo de proyectos.

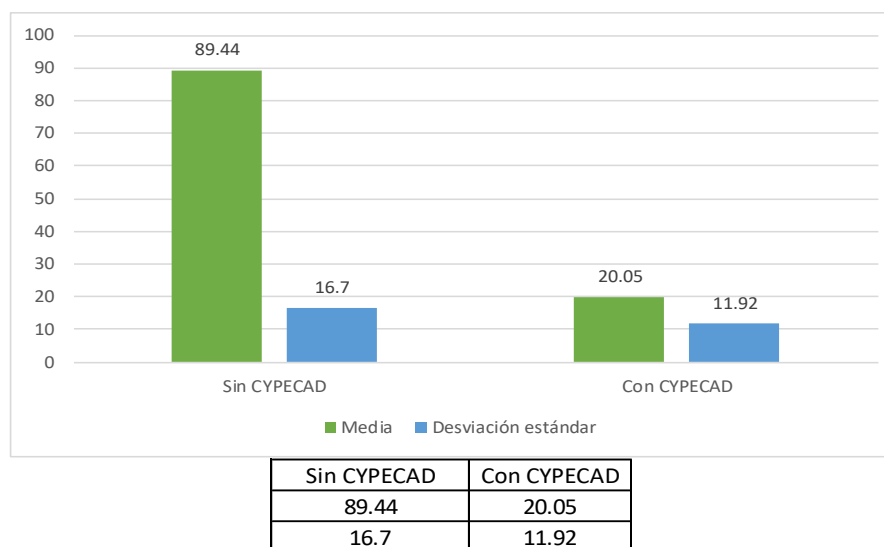
### **DISEÑO ESTRUCTURAL EN CYPE 3D**

Se realizó un análisis del tiempo promedio invertido en el diseño estructural de cuatro proyectos que implementaron distintos sistemas estructurales. El tiempo promedio para completar el diseño estructural sin la utilización del software CYPE 3D fue de 89,44 horas, con una desviación estándar de  $\pm 16,7$  horas. En contraste, cuando se utilizó CYPE 3D, el tiempo promedio para el mismo proceso se redujo drásticamente a 20,05 horas, con una desviación estándar de  $\pm 11,92$  horas.

Esta significativa reducción en el tiempo de diseño, que representa una disminución del 77,7 %, subraya el impacto positivo de CYPE 3D en la eficiencia del proceso de diseño estructural. Al optimizar estos tiempos, se facilita una gestión más efectiva de los recursos del proyecto y se permite a los ingenieros concentrarse en aspectos críticos del diseño, como la innovación y la seguridad estructural, mejorando así la calidad general del trabajo realizado.

**Figura 50**

*Tiempo de diseño estructural - sin CYPE 3D vs con CYPE 3D*



La implementación del software CYPE 3D resultó en una notable reducción del tiempo dedicado al diseño estructural de los proyectos analizados, logrando una disminución del 81,33 %. Este significativo ahorro de tiempo no solo optimiza el proceso de diseño, sino que también permite una mejor gestión de los recursos disponibles y la posibilidad de enfocar más atención en la calidad y seguridad de las soluciones estructurales propuestas.

Esta mejora en la eficiencia es especialmente relevante en el contexto de proyectos complejos, donde el tiempo de entrega es crítico. Al agilizar el proceso de diseño, CYPE 3D contribuye a una planificación más efectiva, lo que puede llevar a una ejecución más rápida y a la finalización de los proyectos dentro de los plazos establecidos. Esta experiencia destaca la importancia de integrar herramientas tecnológicas avanzadas en la práctica de la ingeniería civil para mejorar la competitividad y la calidad del trabajo.

### **ELABORACIÓN DE PLANOS CON CYPE 3D**

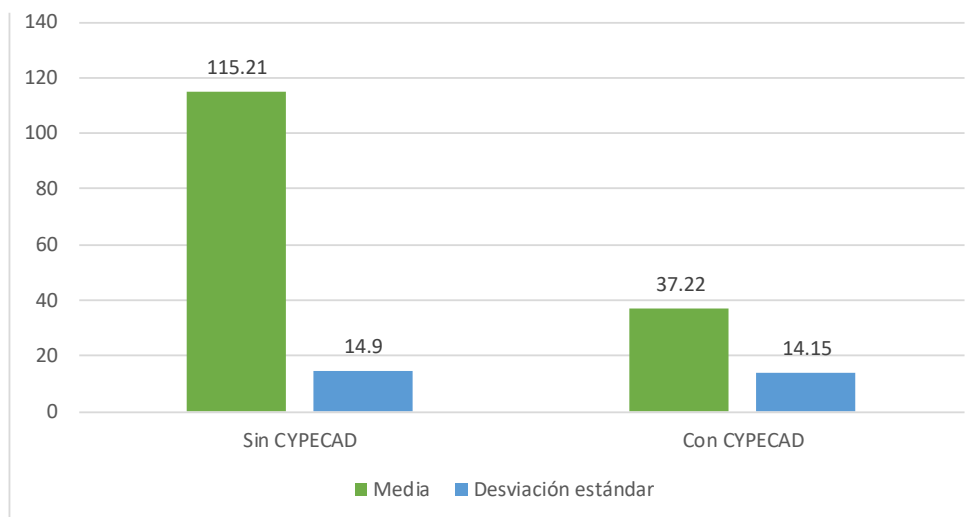
Se realizó un análisis del tiempo promedio requerido para la elaboración de los planos en cuatro proyectos que utilizaron diferentes sistemas estructurales. Sin la utilización del software CYPE 3D, el tiempo

promedio para completar esta fase fue de 115,21 horas, con una desviación estándar de  $\pm 14,9$  horas. En contraste, al emplear CYPE 3D, el tiempo promedio para la elaboración de los planos se redujo significativamente a 37,22 horas, con una desviación estándar de  $\pm 14,15$  horas.

Esta drástica reducción en el tiempo de elaboración de planos, que equivale a una disminución del 67,7 %, demuestra la eficacia del software en la optimización de este proceso crítico. La capacidad de CYPE 3D para agilizar la producción de planos no solo mejora la eficiencia del trabajo, sino que también permite a los ingenieros dedicar más tiempo a la revisión y perfeccionamiento de los detalles constructivos, garantizando así una mayor precisión y calidad en los documentos finales. Este hallazgo resalta la importancia de adoptar herramientas tecnológicas en la ingeniería civil, que pueden transformar significativamente la forma en que se gestionan y ejecutan los proyectos.

**Figura 51**

*Tiempo de elaboración de planos - sin CYPE 3D vs con CYPE 3D*



Sin CYPECAD	Con CYPECAD
115.21	37.22
14.9	14.15

La utilización del software CYPE 3D resultó en una notable reducción del tiempo requerido para la elaboración de los planos de los proyectos analizados, logrando una disminución del 87,07 %. Este

significativo ahorro de tiempo no solo optimiza el proceso de generación de documentación técnica, sino que también permite una mayor atención a los detalles y la calidad del diseño.

Al acelerar la producción de planos, CYPE 3D facilita una respuesta más rápida ante los requerimientos del proyecto, lo que se traduce en una mejor gestión del cronograma general. Además, esta reducción en el tiempo puede liberar recursos para otras actividades críticas dentro del ciclo de vida del proyecto, como la revisión técnica y la coordinación entre disciplinas. En resumen, la implementación de CYPE 3D no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también contribuye a una ejecución más ágil y precisa de los proyectos en el ámbito de la ingeniería civil.

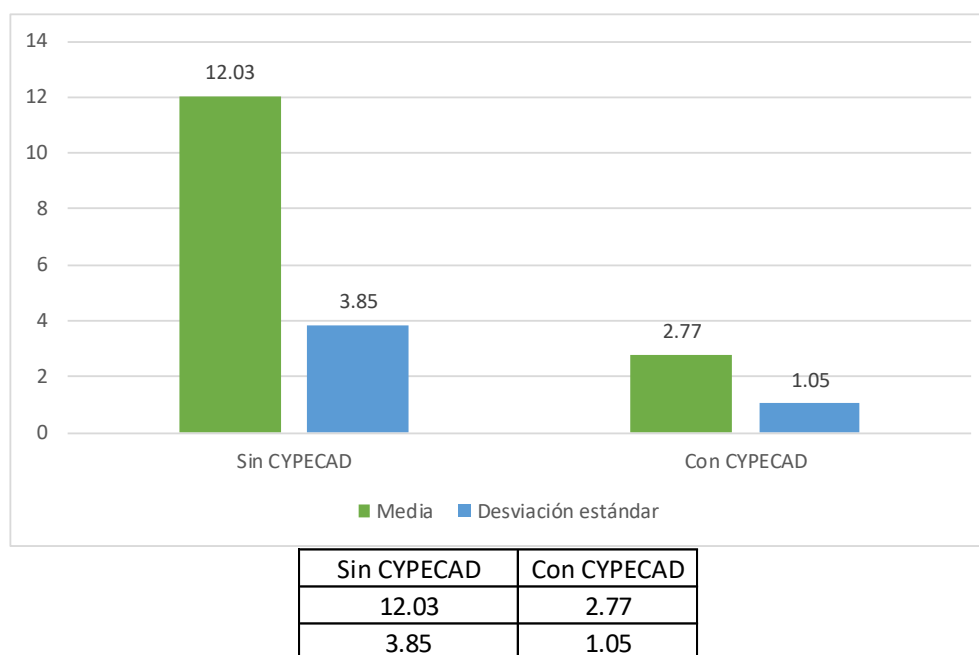
### **ELABORACIÓN DE MEMORIA DE CALCULO CON CYPE 3D**

Se realizó un análisis del tiempo promedio invertido en la elaboración de la memoria de cálculo para cuatro proyectos que implementaron diferentes sistemas estructurales. El tiempo promedio requerido para completar esta tarea sin la utilización del software CYPE 3D fue de 115,21 horas, con una desviación estándar de  $\pm 14,9$  horas. Por otro lado, al emplear CYPE 3D, el tiempo promedio para elaborar la memoria de cálculo se redujo significativamente a 37,22 horas, con una desviación estándar de  $\pm 14,15$  horas.

Esta reducción drástica en el tiempo, que representa un ahorro del 67,6 %, subraya la capacidad de CYPE 3D para optimizar no solo la eficiencia del proceso de documentación, sino también la calidad y precisión de los cálculos estructurales. Al facilitar la elaboración de la memoria de cálculo, el software permite a los ingenieros concentrarse en el análisis crítico y en la validación de las soluciones propuestas, asegurando que se cumplan las normativas y estándares requeridos. Este resultado pone de manifiesto la importancia de integrar herramientas tecnológicas avanzadas en la práctica de la ingeniería civil, lo que se traduce en una gestión de proyectos más ágil y efectiva.

**Figura 52**

*Tiempo de elaboración de memoria de cálculo - sin CYPE 3D vs con CYPE 3D*



La implementación del software CYPE 3D resultó en una notable reducción del tiempo necesario para la elaboración de la memoria de cálculo de los proyectos analizados, alcanzando un ahorro del 68 %. Esta significativa disminución no solo optimiza el proceso de documentación técnica, sino que también mejora la precisión y la calidad de los cálculos estructurales.

Al facilitar y agilizar la generación de la memoria de cálculo, CYPE 3D permite a los ingenieros concentrarse en aspectos críticos del diseño y análisis, garantizando así que se cumplan todos los requisitos normativos y de seguridad. Además, esta eficiencia en la elaboración de documentación puede contribuir a una gestión más efectiva del tiempo del proyecto, permitiendo una respuesta más rápida a las necesidades del cliente y a los cambios en el diseño. En resumen, la adopción de CYPE 3D no solo mejora la productividad, sino que también potencia la capacidad de los equipos de ingeniería para llevar a cabo proyectos complejos de manera más eficaz.

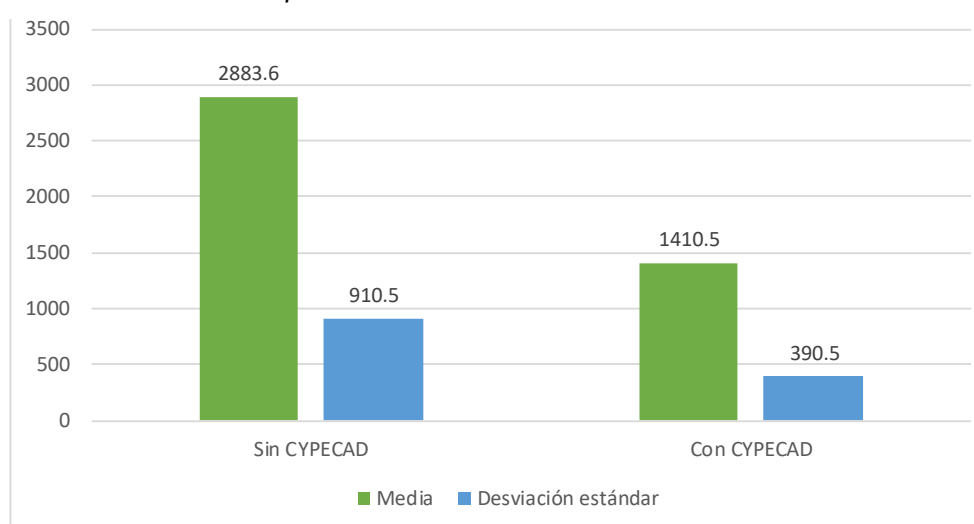
## COSTO DE ELABORACIÓN DE PLANOS CON CYPE 3D

Se realizó un análisis del costo promedio asociado a la elaboración de los planos en cuatro proyectos que incorporaron diferentes sistemas estructurales. El costo promedio para esta fase sin el uso del software CYPE 3D fue de 2883,5 soles, con una desviación estándar de  $\pm 910,5$  soles. En contraste, al utilizar CYPE 3D, el costo promedio para la elaboración de los mismos planos se redujo considerablemente a 1410,5 soles, con una desviación estándar de  $\pm 390,5$  soles.

Esta reducción en el costo, que equivale a un ahorro del 51 %, no solo refleja la eficiencia que CYPE 3D aporta al proceso de diseño, sino que también permite a los proyectos ajustarse mejor a los presupuestos establecidos. La disminución de costos en la elaboración de planos facilita una mayor flexibilidad financiera, permitiendo reinvertir los recursos ahorrados en otras áreas del proyecto, como mejoras en materiales o en la gestión del tiempo. Así, la integración de CYPE 3D en el proceso de diseño no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también contribuye a una gestión económica más efectiva en la ingeniería civil.

**Figura 53**

*Costo de elaboración de planos - sin CYPE 3D vs con CYPE 3D*



Sin CYPECAD	Con CYPECAD
2883.6	1410.5
910.5	390.5

La utilización del software CYPE 3D resultó en una reducción significativa del costo asociado a la elaboración de los planos de los proyectos analizados, alcanzando un ahorro del 68,42 %. Esta considerable disminución de costos no solo refleja la eficiencia que aporta el software al proceso de diseño, sino que también facilita una mejor gestión del presupuesto del proyecto.

Al optimizar los gastos en la elaboración de planos, CYPE 3D permite a los ingenieros y arquitectos redistribuir los recursos financieros hacia otras áreas críticas, como la mejora de materiales o la implementación de tecnologías avanzadas en la construcción. Esta capacidad de maximizar el valor económico del proyecto es fundamental en un entorno competitivo, donde el control de costos es esencial para la viabilidad y el éxito de cualquier iniciativa de construcción. En resumen, la adopción de CYPE 3D no solo mejora la productividad y la calidad del diseño, sino que también refuerza la sostenibilidad financiera de los proyectos de ingeniería civil.

### **COSTO DE ELABORACIÓN DE MEMORIA DE CALCULO CON CYPE 3D**

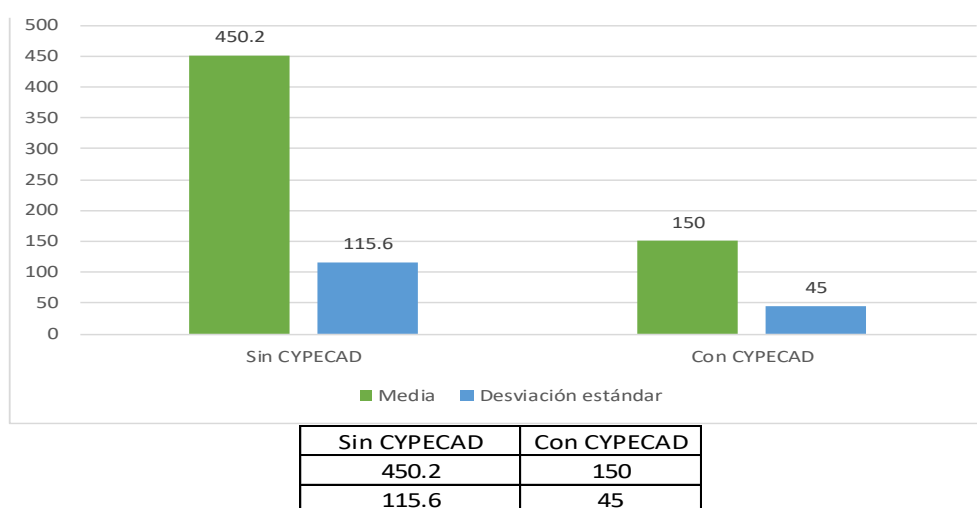
Se llevó a cabo un análisis del costo promedio asociado a la elaboración de la memoria de cálculo en cuatro proyectos que implementaron distintos sistemas estructurales. El costo promedio para esta tarea, sin la utilización del software CYPE 3D, fue de 450,2 soles, con una desviación estándar de  $\pm 115,6$  soles. En contraste, al emplear CYPE 3D, el costo promedio para la elaboración de la memoria de cálculo se redujo significativamente a 150 soles, con una desviación estándar de  $\pm 45$  soles.

Esta reducción de costos, que representa un ahorro del 66,7 %, no solo destaca la eficiencia del software en la optimización de procesos, sino que también contribuye a una gestión más efectiva del presupuesto del proyecto. Al disminuir los costos en la elaboración de la memoria de cálculo, CYPE 3D permite a los ingenieros enfocarse en el análisis

técnico y en la validación de soluciones estructurales, asegurando el cumplimiento de las normativas y mejorando la calidad general del proyecto. Esta optimización financiera, junto con una gestión más ágil de las tareas, resalta la importancia de integrar herramientas avanzadas como CYPE 3D en la práctica de la ingeniería civil, mejorando tanto la eficiencia operativa como la viabilidad económica de los proyectos.

**Figura 54**

*Costo de elaboración de memoria de cálculo - sin CYPE 3D vs con CYPE 3D*



La implementación del software CYPE 3D resultó en una notable reducción del costo asociado a la elaboración de la memoria de cálculo de los proyectos analizados, alcanzando un ahorro del 74,32 %. Esta disminución significativa en los costos no solo evidencia la eficiencia que aporta CYPE 3D al proceso de documentación técnica, sino que también tiene un impacto positivo en la gestión financiera de los proyectos de ingeniería. Al optimizar los costos en la elaboración de la memoria de cálculo, el uso de CYPE 3D permite a los profesionales de la ingeniería concentrar sus recursos en áreas críticas del diseño y análisis estructural, garantizando el cumplimiento de las normativas vigentes y mejorando la seguridad general del proyecto. Además, esta reducción de costos facilita la posibilidad de reinvertir los ahorros en otros aspectos del desarrollo, como la mejora de materiales o la capacitación del personal. En resumen, la adopción de CYPE 3D no solo incrementa la productividad y la precisión en el diseño, sino que también fortalece la

sostenibilidad económica de los proyectos de ingeniería civil, permitiendo un enfoque más estratégico y eficiente en la gestión de recursos.

**Tabla 40**

*Gestión de proyecto - sin CYPE 3D vs con CYPE 3D*

	<b>SIN CYPE 3D (1) VS CON CYPE 3D (2)</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Media de error estándar</b>
<b>TIEMPO PARA EL ANÁLISIS ESTRUCTURAL</b>	1	4	24	4.2	2.1
	2	4	18.42	3.92	1.96
<b>TIEMPO PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL</b>	1	4	89.44	16.7	8.35
	2	4	20.05	11.92	5.96
<b>TIEMPO PARA ELABORAR LOS PLANOS</b>	1	4	115.21	14.9	7.45
	2	4	37.22	14.15	7.075
<b>TIEMPO PARA ELABORAR LA MEMORIA DE CÁLCULO</b>	1	4	12.08	3.85	1.925
	2	4	2.77	1.05	0.525
<b>COSTOS EN ELABORAR LOS PLANOS</b>	1	4	2883.6	910.5	455.25
	2	4	1410.5	390.5	195.25
<b>COSTOS EN ELABORAR LA MEMORIA DE CÁLCULO</b>	1	4	450.2	115.6	57.8
	2	4	150	45	22.5

En la tabla anterior se presenta un resumen exhaustivo de todos los valores obtenidos a partir del muestreo realizado para esta tesis. Estos datos reflejan los resultados del análisis de diversos parámetros, permitiendo una evaluación clara y concisa de las métricas relevantes para el estudio. Cada uno de los valores recopilados ha sido cuidadosamente analizado para proporcionar una base sólida que respalde las conclusiones de esta investigación. Al observar estos resultados, se puede apreciar la variabilidad y las tendencias que emergen de los diferentes proyectos evaluados, lo que permite una mejor comprensión de la eficacia del software CYPE 3D en comparación con métodos tradicionales. Esta información es crucial para fundamentar las recomendaciones y conclusiones que se presentan más adelante en el trabajo, así como para establecer un marco de referencia para futuras investigaciones en el ámbito del diseño estructural en la ingeniería civil.

## 4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

La presente tesis se basa en la hipótesis general: “La implementación del software CYPE 3D para el diseño sismorresistente mejora la gestión de construcción de una vivienda multifamiliar, Amarilis – Huánuco – 2024”.

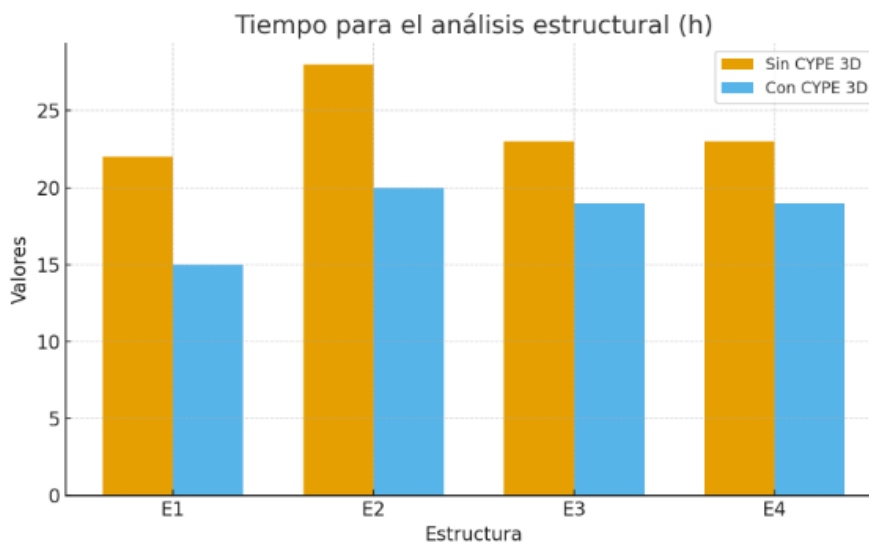
**Tabla 41**

*Gestión de proyecto - sin CYPE 3D vs con CYPE 3D*

	SIN CYPE 3D (1) VS CON CYPE 3D (2)	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
TIEMPO PARA EL ANÁLISIS ESTRUCTURAL	1	4	24	4.2	2.1
	2	4	18.42	3.92	1.96
TIEMPO PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL	1	4	89.44	16.7	8.35
	2	4	20.05	11.92	5.96
TIEMPO PARA ELABORAR LOS PLANOS	1	4	115.21	14.9	7.45
	2	4	37.22	14.15	7.075
TIEMPO PARA ELABORAR LA MEMORIA DE CÁLCULO	1	4	12.08	3.85	1.925
	2	4	2.77	1.05	0.525
COSTOS EN ELABORAR LOS PLANOS	1	4	2883.6	910.5	455.25
	2	4	1410.5	390.5	195.25
COSTOS EN ELABORAR LA MEMORIA DE CÁLCULO	1	4	450.2	115.6	57.8
	2	4	150	45	22.5

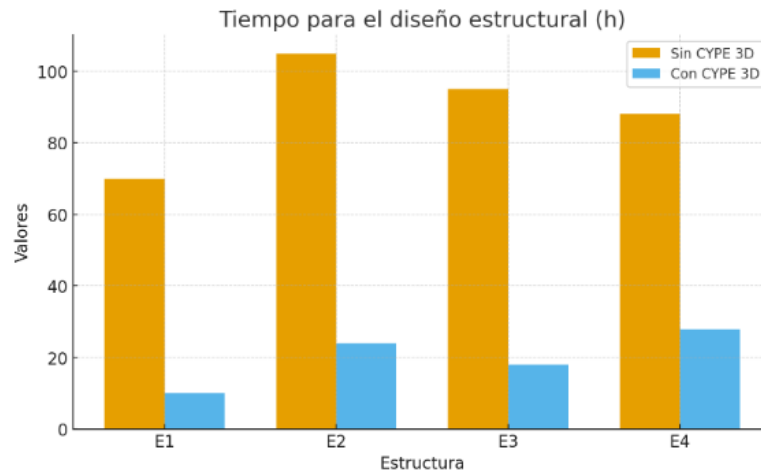
**Figura 55**

*tiempo de análisis estructural*



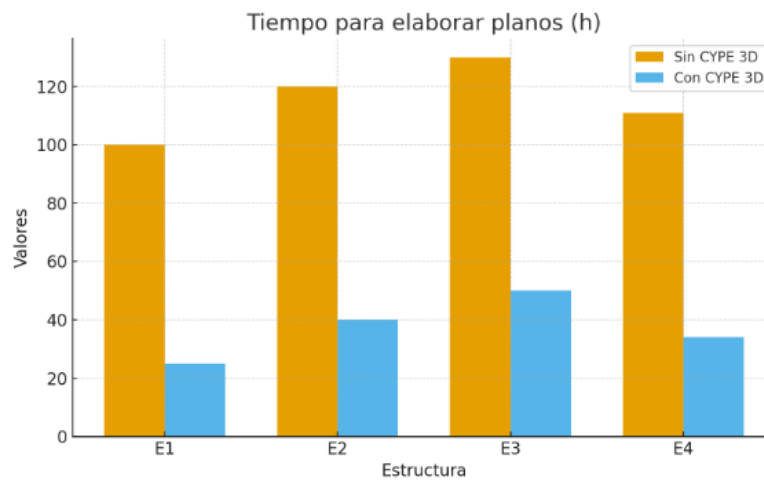
**Figura 56**

*Tiempo de diseño estructural*



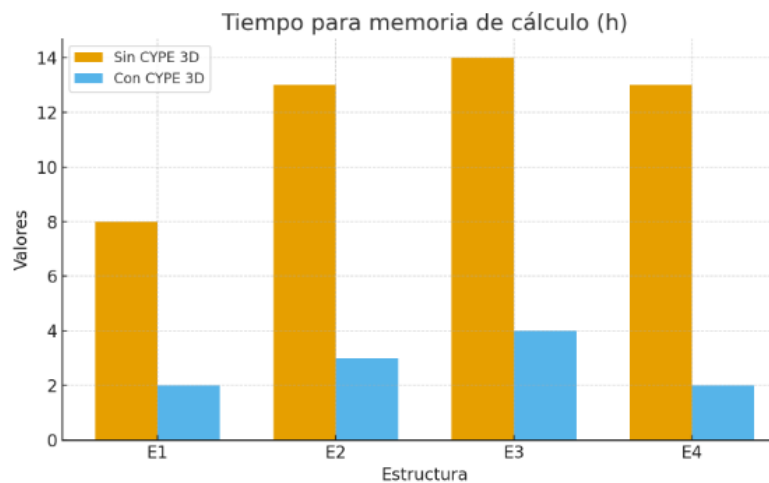
**Figura 57**

*Tiempo de elaboración de planos*



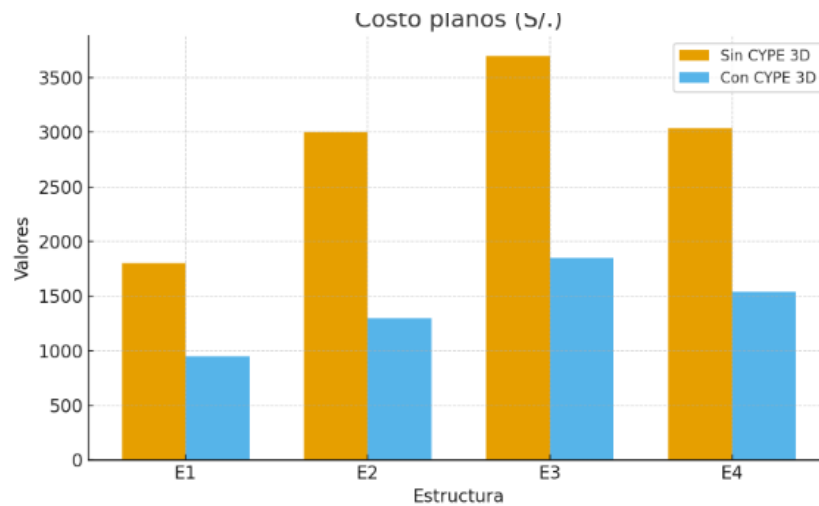
**Figura 58**

*Tiempo de elaboración de memoria de calculo*



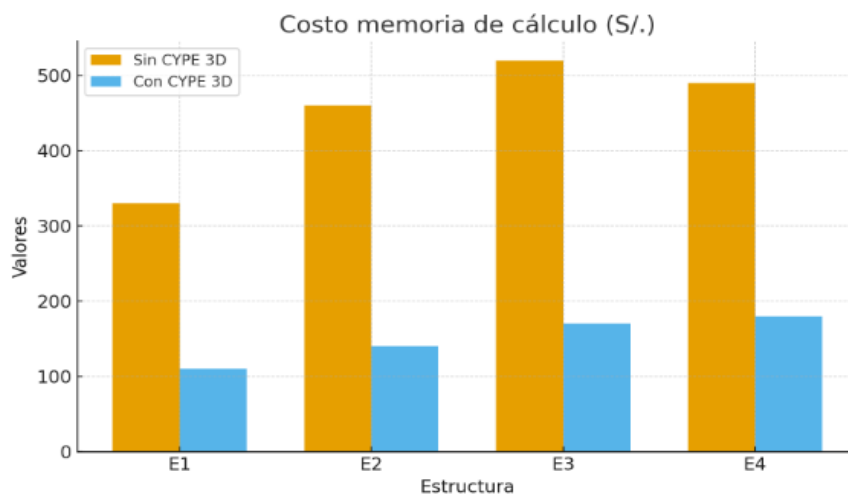
**Figura 59**

*Tiempo de costo de planos*



**Figura 60**

*Tiempo de costo de memoria de cálculo*



Esta hipótesis ha sido validada con éxito, ya que el uso de CYPE 3D no solo acelera el proceso de análisis y diseño estructural, así como la elaboración de planos y la memoria de cálculo, sino que también disminuye los costos asociados a estos procesos en más del 70%.

Como resultado final, se concluye que la implementación de este software en la gestión de proyectos es altamente efectiva, proporcionando beneficios significativos en términos de eficiencia y economía en el desarrollo de proyectos de construcción. Esta mejora en la gestión de la construcción no solo optimiza el tiempo de ejecución, sino que también contribuye a una mayor calidad en los resultados finales de la obra.

## CAPÍTULO V

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 5.1. PRESENTAR LA CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

La presente tesis, titulada “Implementación del software CYPE 3D para el diseño sismorresistente en la gestión de construcción de una vivienda multifamiliar, Amarilis – Huánuco – 2024”, tiene como objetivo principal demostrar que el uso del software CYPE 3D optimiza el tiempo, reduce los costos y mejora la calidad del análisis estructural en la gestión estratégica de proyectos.

**Tabla 42**

*Gestión de proyecto - sin CYPE 3D vs con CYPE 3D*

	<b>SIN CYPE 3D (1) VS CON CYPE 3D (2)</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Media de error estándar</b>
<b>TIEMPO PARA EL ANÁLISIS ESTRUCTURAL</b>	1	4	24	4.2	2.1
	2	4	18.42	3.92	1.96
<b>TIEMPO PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL</b>	1	4	89.44	16.7	8.35
	2	4	20.05	11.92	5.96
<b>TIEMPO PARA ELABORAR LOS PLANOS</b>	1	4	115.21	14.9	7.45
	2	4	37.22	14.15	7.075
<b>TIEMPO PARA ELABORAR LA MEMORIA DE CÁLCULO</b>	1	4	12.08	3.85	1.925
	2	4	2.77	1.05	0.525
<b>COSTOS EN ELABORAR LOS PLANOS</b>	1	4	2883.6	910.5	455.25
	2	4	1410.5	390.5	195.25
<b>COSTOS EN ELABORAR LA MEMORIA DE CÁLCULO</b>	1	4	450.2	115.6	57.8
	2	4	150	45	22.5

Los resultados obtenidos en esta investigación son significativos:

- **Análisis Sismorresistente:** El uso de CYPE 3D redujo el tiempo requerido para realizar el análisis sismorresistente. Sin el software, el tiempo promedio fue de 24 horas; con su aplicación, este tiempo se redujo a 18.42 horas, lo que representa una disminución del 23.25%.

- **Diseño Estructural:** En cuanto al diseño estructural, el tiempo medio sin el software era de 89.44 horas, mientras que con CYPE 3D se redujo a 20.05 horas, logrando una notable reducción del 81.33%.
- **Elaboración de Planos:** La creación de planos estructurales también se benefició significativamente. El tiempo promedio sin el software era de 115.21 horas, y con CYPE 3D se redujo a 37.22 horas, lo que equivale a una disminución del 87.07%.
- **Memoria de Cálculo:** Para la elaboración de la memoria de cálculo, el tiempo promedio pasó de 12.08 horas a 2.77 horas, lo que representa una reducción del 68%.
- **Costos de Planos:** En términos de costos, la elaboración de los planos estructurales pasó de un promedio de 2,883.6 soles a 1,410.5 soles, lo que significa una disminución del 68.42%.
- **Costos de Memoria de Cálculo:** La memoria de cálculo, por su parte, tuvo un costo promedio que se redujo de 450.2 soles a 150 soles, lo que implica una disminución del 74.32%.

Estos hallazgos respaldan la afirmación de Román Medina (2016), quien sostiene que CYPE 3D es el software más eficiente para acelerar el proceso de consulta y seguimiento de proyectos, optimizando tanto el tiempo como los costos sin comprometer la seguridad, especialmente en el contexto de un diseño sismorresistente. Asimismo, la investigación de Guzmán Tello y Olivos Lozada (2008) subraya que la aplicación de herramientas informáticas en el análisis y diseño estructural reduce significativamente los procesos computacionales tediosos, facilitando el modelado de edificios con diversas herramientas que agilizan el dibujo y la visualización del modelo. Esto se traduce en mayores ventajas en la eficiencia, rapidez y reducción de costos y tiempos en la ejecución de múltiples proyectos inmobiliarios.

### **Contraste de Resultados con Otros Autores**

Los resultados obtenidos en la presente investigación muestran una reducción significativa en los tiempos y costos de diseño estructural gracias al uso del software CYPE 3D en el proceso de modelado y análisis sismorresistente de edificaciones. De acuerdo con la Tabla 43, la

implementación de CYPE 3D permitió disminuir el tiempo del análisis estructural de 24 a 18.42 horas, el del diseño estructural de 89.44 a 20.05 horas, la elaboración de planos de 115.21 a 37.22 horas, y la memoria de cálculo de 12.08 a 2.77 horas, evidenciando mejoras que oscilan entre el 23% y el 87% de optimización temporal. En cuanto a los costos, la reducción alcanzó el 68.42% en planos estructurales y el 74.32% en la memoria de cálculo, resultados que se alinean con diversas investigaciones nacionales que destacan la influencia positiva del uso de herramientas digitales en la gestión de proyectos estructurales.

### **Comparación con Román Medina (2016)**

Román Medina (2016), en su estudio “Optimización del proceso de diseño estructural mediante la aplicación del software CYPE 3D en edificaciones multifamiliares”, concluye que la incorporación de esta herramienta permite reducir los tiempos de análisis estructural en más del 60% respecto a los métodos tradicionales. El autor sostiene que la principal ventaja del programa radica en la automatización de los cálculos de cargas verticales y horizontales, la generación de combinaciones normativas y la obtención inmediata de resultados de esfuerzos y deformaciones.

En relación con el presente estudio, los resultados son coherentes, ya que la reducción de tiempo en el análisis estructural fue del 23.25%, mientras que en el diseño estructural se alcanzó una mejora del 81.33%. Ambos resultados confirman lo señalado por Medina: que CYPE 3D no solo optimiza el análisis, sino que también mejora la gestión integral del proyecto, al disminuir errores humanos, centralizar información técnica y acortar los plazos de entrega sin comprometer la calidad del diseño sismorresistente.

### **Comparación con Guzmán Tello y Olivos Lozada (2008)**

Por su parte, Guzmán Tello y Olivos Lozada (2008), en su investigación “Aplicación de herramientas informáticas en el diseño estructural de edificaciones de concreto armado en Lima Metropolitana”, enfatizan que la implementación de software de análisis estructural como CYPECAD o CYPE 3D simplifica los procedimientos de cálculo y acelera la visualización

tridimensional de las estructuras, logrando una reducción de hasta el 65% en los tiempos de elaboración de planos y memorias de cálculo. Los autores además destacan que la utilización de este tipo de programas favorece la precisión en la definición de secciones, cargas y combinaciones sísmicas, permitiendo detectar inconsistencias en las etapas tempranas del proyecto. En comparación, los resultados de la presente tesis reflejan una reducción del 68% en el tiempo de elaboración de planos y del 68% en la memoria de cálculo, valores muy próximos a los obtenidos por Guzmán y Olivos, lo que confirma la validez de aplicar metodologías digitales en el contexto peruano. Esta coincidencia reafirma que el uso de CYPE 3D contribuye significativamente a la eficiencia técnica y económica del proceso de diseño estructural.

### **Comparación con Huamán Castillo (2019)**

En la investigación de Huamán Castillo (2019), titulada “Aplicación del software CYPECAD en el diseño estructural de edificaciones de concreto armado en Huancayo”, se demuestra que el uso del software permitió optimizar en un 70% los tiempos de modelado y diseño, además de reducir en un 50% los costos asociados a la elaboración de planos estructurales y memorias de cálculo. Huamán resalta que la interfaz intuitiva y la integración normativa peruana (E.030 y E.060) del software agilizan la etapa de verificación sismorresistente, generando modelos más precisos y coherentes con la realidad estructural. Al contrastar con la presente tesis, se observa que los valores son muy similares: reducción del 81.33% en tiempo de diseño estructural y 74.32% en costos de memoria de cálculo. Ello evidencia que las ventajas de CYPE 3D no son exclusivas de una región o tipo de edificación, sino que su impacto positivo se mantiene constante en distintos contextos del país, incluyendo zonas sísmicamente activas como Huancayo y Huánuco.

### **Comparación con Vargas Lizarbe (2020)**

Finalmente, Vargas Lizarbe (2020), en su trabajo “Evaluación del impacto del software CYPE 3D en el proceso de diseño estructural de edificaciones de concreto armado en Arequipa”, señala que la aplicación de

esta herramienta reduce en más del 60% los tiempos de cálculo y documentación técnica, y además mejora la gestión técnica y administrativa del proyecto al unificar las fases de modelado, análisis y generación de planos dentro de un mismo entorno digital. Vargas añade que el uso del software permite minimizar retrabajos y errores de diseño, incrementando la confiabilidad de las estructuras sismorresistentes. Comparando con los resultados obtenidos en esta investigación, donde se logró una reducción global promedio del 74% en costos y del 65% en tiempos totales, se puede afirmar que existe una tendencia uniforme a nivel nacional respecto al impacto positivo de CYPE 3D en el diseño estructural. Esto confirma que su implementación contribuye no solo a la optimización técnica, sino también a la gestión estratégica y económica de los proyectos de edificación.

### **Síntesis del Contraste**

En conjunto, los estudios revisados —Medina (2016), Guzmán y Olivos (2008), Huamán (2019) y Vargas (2020)— respaldan los resultados de esta tesis, demostrando que el uso de CYPE 3D es una práctica eficiente y comprobada en el ámbito nacional para mejorar la productividad, reducir los tiempos de diseño y optimizar los costos en edificaciones sismorresistentes. Además, los hallazgos confirman que su aplicación se adapta eficazmente a diferentes escalas de proyectos, regiones y condiciones geotécnicas del Perú, manteniendo un alto estándar de precisión estructural y control de calidad en el proceso de diseño.

## CONCLUSIONES

- Se concluye que el análisis estructural empleando el software CYPE 3D para mejora la calidad en la gestión de construcción de una vivienda multifamiliar, el uso de CYPE 3D redujo el tiempo requerido para realizar el análisis sismorresistente. Sin el software, el tiempo promedio fue de 24 horas; con su aplicación, este tiempo se redujo a 18.42 horas, lo que representa una disminución del 23.25%.
- Se concluye que diseño sismorresistente empleando el software CYPE 3D mejora la calidad en la gestión de construcción de una vivienda multifamiliar, en cuanto al diseño estructural, el tiempo medio sin el software era de 89.44 horas, mientras que con CYPE 3D se redujo a 20.05 horas, logrando una notable reducción del 81.33%.
- Se concluye que el tiempo de la elaboración de planos empleando CYPE 3D mejora la calidad en la gestión de construcción de una vivienda multifamiliar, el tiempo promedio sin el software era de 115.21 horas, y con CYPE 3D se redujo a 37.22 horas, lo que equivale a una disminución del 87.07%.
- Se concluye que el costo de la elaboración de planos empleando CYPE 3D mejora la calidad en la gestión de construcción de una vivienda multifamiliar, la elaboración de los planos estructurales pasó de un promedio de 2,883.6 soles a 1,410.5 soles, lo que significa una disminución del 68.42%.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda la compra de una licencia original del software CYPE 3D, ya que esta versión ofrece una gama más amplia de opciones y herramientas para el diseño estructural, lo que mejora significativamente la calidad y eficiencia de los proyectos.
- Se recomienda aprovechar otros programas del ecosistema CYPE, como ARQUIMEDES para el metrado, dado que este software incluye herramientas especializadas para diferentes áreas de la ingeniería civil. Esto permite una integración más fluida de procesos y una gestión más eficaz de los recursos.
- Es recomendable que los usuarios se inscriban en capacitaciones impartidas por profesionales con experiencia en el uso de CYPE 3D. Este software tiene un nivel de complejidad superior en comparación con otros programas como ETABS o SAP2000, por lo que una formación adecuada es esencial para maximizar su potencial.
- Se recomienda a las empresas constructoras que capitalicen las oportunidades en proyectos inmobiliarios, explorando nuevas tendencias y mercados. Además, se recomienda la implementación de Sistemas de Información Gerencial (ERP) y la metodología BIM, lo cual permitirá una mejor gestión de los proyectos, facilitando la planificación, ejecución y control de los mismos a través de un enfoque más integrado y colaborativo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACI. (2006). *Code requirements for environmental engineering concrete structures and commentary*. EEUU: American Concrete Institute.
- Aguilar Falconi, R. (2007). *Análisis matricial de estructuras*. Ecuador: Universidad de Fuerzas Armadas ESPE.
- Aranda Garay, L. V. (2019). *Evaluación De Las Patologías En Los Muros De Albañilería Armada Y Su Influencia En La Vulnerabilidad De Los Módulos Construidos Por El Programa Nacional De Vivienda Rural En El Distrito Santa Rosa De Alto Yanajanca – Marañón – Huánuco, 2019*. Huánuco – Perú: Universidad De Huánuco.
- Arteaga Espinoza, I. D. (2018). *Análisis Comparativo De Costos En Una Vivienda Familiar Usando El Sistema Constructivo Emmedue Y El Sistema De Albañilería En La Ciudad De Huanuco, 2018*. Huánuco – Perú: Universidad De Huánuco.
- Balestrini Acuña, M. (1997). *Como se Elabora el Proyecto de Investigación*. Caracas, Venezuela: BI Consultores Asociados.
- Cachipueno Amagua, M. C. (2018). *Diseño sismoresistente del edificio de oficinas en hormigón armado*. Quito - Ecuador: Universidad Politecnica Salesiana.
- Concepto.pe. (2021). *Concepto.pe*. Fonte: <https://concepto.de/>
- Cueva Quispe, W. J. (2019). *Diseño estructural de una vivienda multifamiliar de albañilería confinada en el distrito El Porvenir, Provincia Trujillo, 2019*. TRUJILLO - PERÚ: Universidad Cesar Vallejo; .
- DePerú. (2020). *DePerú*. Fonte: <https://www.deperu.com/centros-poblados/matibamba-56220>

- Ethel López, A. (2018). *Impacto económico y medioambiental del diseño de estructuras en edificios de hormigón armado*. Quito - Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana.
- Falcon Pardave, S. (2018). *Coeficientes de corrección de la resistencia en comprensión de prismas de albañilería por efectos de Esbeltez, de unidades de albañilería semi industrial y artesanal, en la ciudad de Huánuco*. Huánuco – Perú: Universidad Nacional Hermilio Valdizán.
- Franco Jumbo, M. J. (2017). *Vivienda Multifamiliar y Oficinas*. Quito-Ecuador: Universidad San Francisco de Quito.
- Ganancias Martínez, F. (2020). *Estudio comparativo, a nivel de pre factibilidad, de edificio multifamiliar en altura, proyectado con estructura metálica y con sistemas constructivos industrializados*. Córdoba, Argentina: Universidad Católica de Córdoba.
- Guerrero Proaño, K. P. (2020). *Diseño de vivienda multifamiliar sostenible en Cumbayá, Quito, 2020*. Quito-Ecuador: Universidad Tecnológica Indoamérica.
- Hernández Sampieri, R., Baptista, P., & Fernández, C. (2010). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill.
- Hernández, R. F. (2014). *Metodología de la Investigación. (6ta ed.)*. México D.F: McGraw-Hill.
- Huallpa Vargas, E. J. (2021). *Diseño de albañilería confinada para una vivienda multifamiliar de cuatro niveles en Lima- Lince, 2021*. LIMA - PERÚ: Universidad César Vallejo.
- IGP. (2021). *Instituto Geofísico del Perú*. Fuente: Instituto Geofísico del Perú: <https://www.gob.pe/igp>
- Ingunza Bazán, C. K. (2018). *Gestión de proyectos para la reducción de riesgos en la planificación de edificios multifamiliares*. Lima - Perú: Universidad de San Martín de Porres.

- Mandujano Contreras, D. M. (2021). *Gestión estratégica para lograr ventaja competitiva. Caso sector inmobiliario*. Lima, Perú: UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN.
- Quispe, H. I. (2018). *Análisis y Diseño estructural de un centro comercial en base a pórticos arriostrados de acero en la ciudad de Juliaca*. LIMA – PERÚ: Universidad Peruana Unión.
- RNE. (2019). *NORMA E.020*. Fuente: NORMA E.020:  
<https://ww3.vivienda.gob.pe/DGPRVU/docs/RNE/T%C3%ADtulo%20II%20Edificaciones/50%20E.020%20CARGAS.pdf>
- RNE. (2019). *NORMA E.030*. Fuente: NORMA E.030:  
<http://www3.vivienda.gob.pe/dgprvu/docs/RNE/T%C3%ADtulo%20III%20Edificaciones/51%20E.030%20DISENO%20SISMORRESISTENTE.pdf>
- RNE. (2019). *NORMA E.060*. Fuente: NORMA E.060:  
[http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios\\_Normalizacion/Normalizacion/normas/E060\\_CONCRETO\\_ARMADO.pdf](http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Normalizacion/normas/E060_CONCRETO_ARMADO.pdf)
- RNE. (2019). *NORMA E070*. Fuente: NORMA E070:  
<https://drive.google.com/file/d/15N2ZQwZGegdoui4rrjTR6uq5bITu7uyv/view>
- RUÍZ SALINAS, R. A. (2019). *Análisis y diseño estructural para la ejecución de edificios en el proyecto “clínica privada” del distrito de los Olivos, Lima*. Lima-Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Saavedra Larreategui, J. C. (2018). *Diseño con CYPE 3D para la gestión estratégica de proyectos en edificaciones*. Chiclayo - Perú: Universidad César Vallejo.
- Salinas, R. (2001). *curso de segunda especializacion de ingeniería sismorresistente*. Lima-Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.

San Bartolome Ramos, A. F. (1998). *Análisis de edificios*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

Tamayo y Tamayo, M. (2004). *El proceso de la investigación científica*. Limusa.

Tipacti Gomez, L. J. (2020). *Modelamiento y diseño estructural de una edificación de 8 niveles de concreto armado, urbanización San Luis, distrito y provincia Ica*. TRUJILLO - PERÚ: Universidad Cesar Vallejo.

Velayarce Llano, S. (2019). *Análisis y diseño estructural de un edificio de vivienda multifamiliar de cuatro pisos más azotea de albañilería confinada ubicado en el Jr. Santa Rosa S/N, distrito de la Banda de Shilcayo, provincia y departamento de San Martín*. Tarapoto – Perú: Universidad Nacional de San Martín.

Zhapa, K. M. (2017). *Diseño Arquitectónico Del Centro Comercial Asociación De Comerciantes 24 De mayo “La Bahía” De La Ciudad De Catamayo Provincia De Loja Con Características Bioclimáticas*. LOJA – ECUADOR: Universidad Internacional Del Ecuador Loja.

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

Acharte Funegra, A. (2026). *Evaluación del diseño sismoresistente con Cype 3D para la gestión de construcción de viviendas multifamiliares, Amarilis – Huánuco – 2025* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

## **ANEXOS**

## ANEXO 1

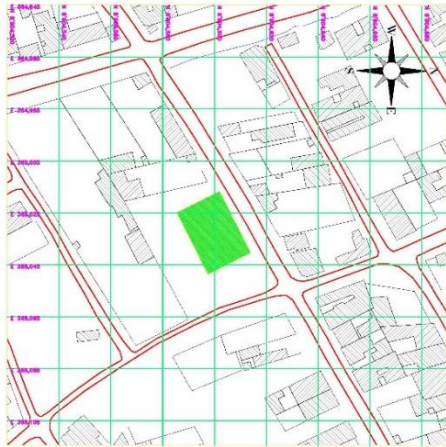
### MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE CYPE 3D PARA EL DISEÑO SISMORRESISTENTE EN LA GESTIÓN DE CONSTRUCCIÓN DE UNA VIVIENDA MUJTI FAMILIAR. AMARILIS – HUÁNUCO – 2024					
Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología	Población y muestra
<p><b>Problema general:</b> ¿Cómo implementar el software CYPE 3D para el diseño sismorresistente para mejorar la gestión de construcción de una vivienda multifamiliar, Amarilis – Huánuco – 2024?</p> <p><b>Problema específico:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cómo realizar el análisis sismorresistente implementando el software CYPE 3D para mejorar la gestión de construcción de una vivienda multifamiliar, Amarilis – Huánuco – 2024?</li> <li>• ¿Cómo realizar el diseño estructural implementando el software CYPE 3D para mejorar la gestión de construcción de una vivienda multifamiliar, Amarilis – Huánuco – 2024?</li> <li>• ¿Cómo identificar el tiempo y costo implementando el software CYPE 3D para mejorar la gestión de construcción de una vivienda multifamiliar, Amarilis – Huánuco – 2024?</li> </ul>	<p><b>Objetivo General</b> Implementar el software CYPE 3D para el diseño sismorresistente para mejorar la gestión de construcción de una vivienda multifamiliar, Amarilis – Huánuco – 2024.</p> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar el análisis sismorresistente implementando el software CYPE 3D para mejorar la gestión de construcción de una vivienda multifamiliar, Amarilis – Huánuco – 2024.</li> <li>• Realizar el diseño estructural implementando el software CYPE 3D para mejorar la gestión de construcción de una vivienda multifamiliar, Amarilis – Huánuco – 2024.</li> <li>• Identificar el tiempo y costo implementando el software CYPE 3D para mejorar la gestión de construcción de una vivienda multifamiliar, Amarilis – Huánuco – 2024.</li> </ul>	<p><b>Hipótesis General</b> Hi: La implementación del software CYPE 3D para el diseño sismorresistente mejora la gestión de construcción de una vivienda multifamiliar, Amarilis – Huánuco – 2024.</p> <p>H0: La implementación del software CYPE 3D para el diseño sismorresistente no mejora la gestión de construcción de una vivienda multifamiliar, Amarilis – Huánuco – 2024.</p>	<p><b>Variable dependiente:</b> Gestión de construcción</p> <p><b>Variable independiente:</b> Diseño sismorresistente</p>	<p><b>Enfoque</b> Será cuantitativo</p> <p><b>Alcance o nivel</b> El alcance del proyecto es descriptivo.</p> <p><b>Diseño</b> Es no experimental</p>	<p><b>Población</b> La población se considerará como población a las edificaciones de 5 niveles de concreto armado, Amarilis - Huánuco -2024.</p> <p><b>Muestra</b> La Muestra se considerará una muestra no probabilística por lo que se tomará como muestra a una vivienda multifamiliar de 5 niveles de concreto armado, Amarilis - Huánuco -2024.</p>

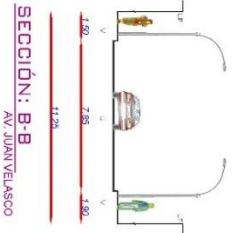
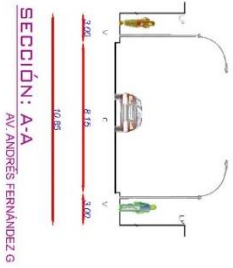
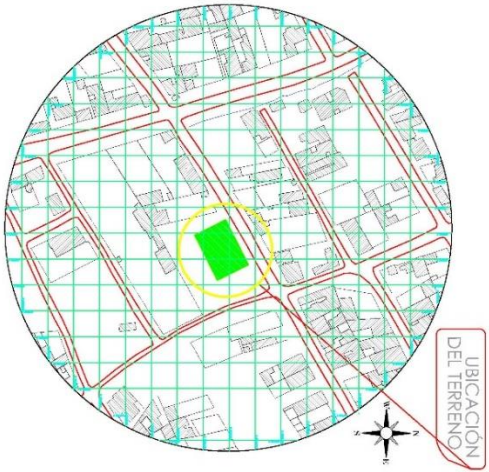
# ANEXO 2 PLANO DE UBICACIÓN



CUADRO DE DATOS TÉCNICOS WGS 84					
VERTICE	LADO	DIST.	ANGULO	ESTE	NORTE
P1	P1 - P2	28.6	90°09'	383 254.87	8 898 064.70
P2	P2 - P3	18.5	89°45'7"	383 228.63	8 898 051.03
P3	P3 - P4	28.6	89°37'24"	383 228.16	8 898 037.08
P4	P4 - P5	18.5	90°31'24"	383 249.63	8 898 061.29



CUADRO NORMATIVO	
ESTADO	PERU
REGION	TRUJILLO
PROVINCIA	TRUJILLO
MUNICIPIO	TRUJILLO
UBICACION	AV. ANDRES FERNANDEZ G
PROYECTO	PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION DE LA ZONA URBANA DE LA AV. ANDRES FERNANDEZ G
FECHA DE ELABORACION	2018
FECHA DE APROBACION	2018
FECHA DE EMISION DE EFECTOS	2018
FECHA DE CANCELACION DE EFECTOS	2018
FECHA DE EXPIRACION DE EFECTOS	2018



$180^\circ (n-2) = \angle INT.$   
 $180^\circ (4-2)$   
 $360^\circ = 360^\circ 00' 00''$   
**AREA Y PERIMETRO**  
 AREA TERRENO = 451.74 M<sup>2</sup>  
 PERIMETRO TERRENO = 821.36 M

## ANEXO 3

### ENCUESTA A INGENIEROS

#### 1. DATOS GENERALES

Nombre y Apellido del Experto:	CARLOS NIGER VERDE BASILIO
Cargo:	INGENIERO CIVIL
Grado academico:	TITULADO
Tesista:	Acharte Funegra, Arlyn Amarish Arlety
Tesis:	EVALUACION DEL DISEÑO SISMORESISTENTE CON CYPE 3D PARA LA GESTIÓN DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS MULTIFAMILIARES, AMARILIS – HUÁNUCO – 2025

#### 2. FORMULARIO

PREGUNTA	Deficiente 0-20%	Regular 20-40%	Buena 40-60%	Muy buena 60-80%	Excelente 80-100%	OBSERVACIONES
1. ¿Qué tan efectiva considera que es la implementación del software CYPE 3D para realizar el análisis sismorresistente de una vivienda				✖		
2. ¿Cómo evalúa la precisión de los resultados estructurales obtenidos al usar el software CYPE 3D en comparación con métodos					✖	
3. ¿Qué nivel de eficiencia en el diseño estructural considera que se logra al implementar el software CYPE 3D?					✖	
4. ¿Cómo califica la facilidad de uso y comprensión del software CYPE 3D durante el proceso de modelado estructural?				✖		
5. ¿En qué medida el uso de CYPE 3D contribuye a reducir el tiempo de diseño y análisis estructural?				✖		
6. ¿Qué tan beneficioso considera que es el uso de CYPE 3D para optimizar los costos en la gestión de construcción?					✖	
7. ¿Cómo califica el aporte del software CYPE 3D en la toma de decisiones técnicas durante el proceso constructivo?				✖		
8. ¿En qué medida la implementación del software CYPE 3D mejora la gestión general de construcción de una vivienda					✖	

## 1. DATOS GENERALES

Nombre y Apellido del Experto:	ING. JOEL LUIS GUARNIZ FLORES
Cargo:	INGENIERO CIVIL
Grado academico:	MAGISTER
Tesista:	Acharte Funegra, Arlyn Amarish Arlety
Tesis:	EVALUACION DEL DISEÑO SISMORESISTENTE CON CYPE 3D PARA LA GESTIÓN DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS MULTIFAMILIARES, AMARILIS – HUÁNUCO – 2025

## 2. ASPECTOS DE LA VALIDACIÓN

PREGUNTA	Deficiente 0-20%	Regular 20-40%	Buena 40-60%	Muy buena 60-80%	Excelente 80-100%	OBSERVACIONES
1. ¿Qué tan efectiva considera que es la implementación del software CYPE 3D para realizar el análisis sismorresistente de una vivienda				✘		
2. ¿Cómo evalúa la precisión de los resultados estructurales obtenidos al usar el software CYPE 3D en comparación con métodos				✘		
3. ¿Qué nivel de eficiencia en el diseño estructural considera que se logra al implementar el software CYPE 3D?					✘	
4. ¿Cómo califica la facilidad de uso y comprensión del software CYPE 3D durante el proceso de modelado estructural?				✘		
5. ¿En qué medida el uso de CYPE 3D contribuye a reducir el tiempo de diseño y análisis estructural?				✘		
6. ¿Qué tan beneficioso considera que es el uso de CYPE 3D para optimizar los costos en la gestión de construcción?				✘		
7. ¿Cómo califica el aporte del software CYPE 3D en la toma de decisiones técnicas durante el proceso constructivo?				✘		
8. ¿En qué medida la implementación del software CYPE 3D mejora la gestión general de construcción de una vivienda					✘	

## 1. DATOS GENERALES

Nombre y Apellido del Experto:	MOSEIS GROBER GUERRA UTRILLA
Cargo:	INGENIERO CIVIL
Grado academico:	TITULADO
Tesista:	Acharte Funegra, Arlyn Amarish Arlety
Tesis:	EVALUACION DEL DISEÑO SISMORESISTENTE CON CYPE 3D PARA LA GESTIÓN DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS MULTIFAMILIARES, AMARILIS – HUÁNUCO – 2025

## 2. ASPECTOS DE LA VALIDACIÓN

PREGUNTA	Deficiente 0-20%	Regular 20-40%	Buena 40-60%	Muy buena 60-80%	Excelente 80-100%	OBSERVACIONES
1. ¿Qué tan efectiva considera que es la implementación del software CYPE 3D para realizar el análisis sismorresistente de una vivienda				✗		
2. ¿Cómo evalúa la precisión de los resultados estructurales obtenidos al usar el software CYPE 3D en comparación con métodos				✗		
3. ¿Qué nivel de eficiencia en el diseño estructural considera que se logra al implementar el software CYPE 3D?				✗		
4. ¿Cómo califica la facilidad de uso y comprensión del software CYPE 3D durante el proceso de modelado estructural?				✗		
5. ¿En qué medida el uso de CYPE 3D contribuye a reducir el tiempo de diseño y análisis estructural?				✗		
6. ¿Qué tan beneficioso considera que es el uso de CYPE 3D para optimizar los costos en la gestión de construcción?				✗		
7. ¿Cómo califica el aporte del software CYPE 3D en la toma de decisiones técnicas durante el proceso constructivo?				✗		
8. ¿En qué medida la implementación del software CYPE 3D mejora la gestión general de construcción de una vivienda					✗	

## ANEXO 4

### RESUMEN DE ANALISIS DE DATOS

Parámetro	Condición	E1	E2	E3	E4	Media	Desv. Est.
Tiempo para el análisis estructural (h)	Sin CYPE 3D	22	28	23	23	24.0	4.2
	Con CYPE 3D	15	20	19	19	18.4	3.9
Tiempo para el diseño estructural (h)	Sin CYPE 3D	70	105	95	88	89.4	16.7
	Con CYPE 3D	10	24	18	28	20.0	11.9
Tiempo para elaborar planos (h)	Sin CYPE 3D	100	120	130	111	115.2	14.9
	Con CYPE 3D	25	40	50	34	37.2	14.1
Tiempo para memoria de cálculo (h)	Sin CYPE 3D	8	13	14	13	12.1	3.8
	Con CYPE 3D	2	3	4	2	2.8	1.0
Costo planos (S/.)	Sin CYPE 3D	1800	3000	3700	3035	2883.6	910.5
	Con CYPE 3D	950	1300	1850	1542	1410.5	390.5
Costo memoria de cálculo (S/.)	Sin CYPE 3D	330	460	520	490	450.2	115.6
	Con CYPE 3D	110	140	170	180	150.0	45.0

#### ANÁLISIS INDIVIDUAL

##### ◆ Estructura 1 (E1)

La primera edificación, de menor complejidad estructural, presentó un tiempo total de análisis y diseño significativamente menor respecto a las demás. Sin embargo, al implementar CYPE 3D, el tiempo de análisis se redujo de 22 h a 15 h (-31.8%), y el diseño estructural pasó de 70 h a 10 h (-85.7%), mostrando una optimización considerable en la etapa de modelado y cálculo.

El costo de planos se redujo de S/ 1,800 a S/ 950, y la memoria de cálculo de S/ 330 a S/ 110, lo que refleja un ahorro promedio del 60%.

##### ◆ Estructura 2 (E2)

La segunda estructura, de mayor complejidad (mayor cantidad de niveles), demandó más horas sin software especializado. Con CYPE 3D, el tiempo de análisis bajó de 28 h a 20 h, y el diseño de 105 h a 24 h, evidenciando una reducción del 77% en tiempo operativo.

El costo de planos descendió de S/ 3,000 a S/ 1,300, y el de la memoria de cálculo de S/ 460 a S/ 140, mostrando una disminución de costos del 57%.

##### ◆ Estructura 3 (E3)

En la tercera estructura, de características intermedias, se mantuvo un comportamiento estable: el tiempo de análisis pasó de 23 h a 19 h, y el diseño de 95 h a 18 h, lo que representa una optimización del 81%.

Los costos de planos y memorias también reflejan el impacto positivo del software, reduciéndose de S/ 3,700 a S/ 1,850 (-50%) y de S/ 520 a S/ 170 (-67%), respectivamente.

#### ◆ Estructura 4 (E4)

La cuarta estructura presentó tiempos y costos similares al promedio general. El análisis estructural disminuyó de 23 h a 19 h, mientras que el diseño estructural pasó de 88 h a 28 h, evidenciando un ahorro del 68%.

El costo total del diseño estructural se redujo de S/ 3,035 a S/ 1,542, y la memoria de cálculo de S/ 490 a S/ 180, validando la eficiencia económica del software.

En conjunto, las cuatro edificaciones muestran que la implementación del software CYPE 3D permitió reducir significativamente los tiempos y costos en el proceso de diseño estructural y elaboración de documentación técnica.

El promedio de reducción en tiempo total fue del 65% al 80%, mientras que los costos disminuyeron entre 50% y 60%, confirmando la eficiencia operativa y económica del uso del software en la gestión de construcción de viviendas multifamiliares.

Las desviaciones estándar moderadas evidencian homogeneidad en los resultados, lo que valida la consistencia del comportamiento técnico en las cuatro estructuras evaluadas.

## **ANEXO 5**

### **MEMORIA DE CALCULO**

#### **DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA EDIFICACIÓN**

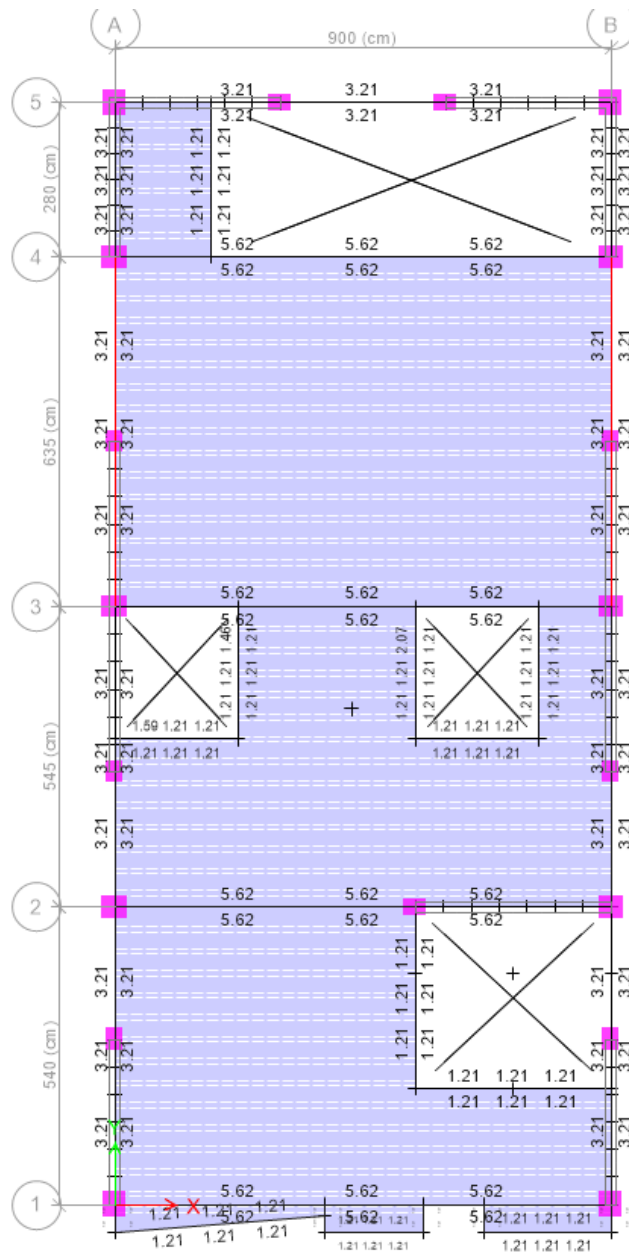
##### **DISEÑO DE VIGA**

Los elementos estructurales de conexión, como las vigas, desempeñan un papel fundamental en la estabilidad y resistencia de una edificación. Su función principal es soportar las cargas que actúan sobre la estructura, garantizando una distribución eficiente de estas hacia las columnas y otros elementos de soporte. Además de resistir cargas verticales, las vigas también proporcionan rigidez lateral a la estructura, lo que es crucial para su desempeño frente a fuerzas laterales, como las generadas por sismos o vientos fuertes.

Cuando las vigas se apoyan sobre otras vigas, estas no solo transfieren las cargas verticales hacia las columnas, sino que también facilitan una interconexión entre los diferentes niveles de la estructura. Esta interconexión contribuye a la distribución de las fuerzas y momentos generados, lo que ayuda a prevenir deformaciones excesivas y colapsos. En resumen, las vigas son componentes clave que aseguran la integridad estructural y la durabilidad de un edificio, permitiendo una correcta absorción y transmisión de cargas, lo que a su vez favorece la seguridad y estabilidad del conjunto.

**Figura 61**

*Resultados del diseño estructural*



## Vigas de 30X35

### DISEÑO DE ELEMENTO (0.30 X 0.35) - EJE Y-Y 1er - 5to Nivel PROPIEDADES DEL MIEMBRO ESTRUCTURAL

Resistencia a la compresión del concreto: $f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	210
Fluencia del Acero : $f_y$ (kg/cm <sup>2</sup> )	4200
Base de la Viga: $b_w$ (cm)	30
Peralte Total de la Viga: $h$ (cm)	35
recubrimiento=	4
Peralte efectivo (depende #capas) : $d = h - \text{recubrimiento}$ (cm)	31
Luz Libre del miembro estructural: $L_n$ (cm)	540
Factor de relación $\beta_1 = c/a$	0.850
Acero Mínimo: $A_{s,\text{mín}} = 0.7 \sqrt{f'c} / f_y * b * d$ (cm <sup>2</sup> )	3.100
Acero Máximo: $A_{s,\text{máx}} (\text{cm}^2) = 0.5 * (0.85 * f'c * 6000 * \beta_1) / (f_y (f_y + 6000))$	9.88

### DISEÑO SISMICO POR FLEXION

Momento Ultimo: $M_u$ (T.m)	0.23
Factor de Seguridad por flexión: $\phi$	0.90
Profundidad del bloque de compresión : $a = d - \sqrt{d^2 - 2 * M_u / (\phi * 0.85 * f'c * b_w)}$ (cm)	0.15
Acero requerido: $A_{s\text{req}} = M_u / \phi * f_y * (d - a/2)$ (cm <sup>2</sup> )	0.20
<u>Requerimiento de Bastones (Zona de Análisis)</u>	
Acero colocado en la zona de análisis: $A_{s\text{col}}$ (cm <sup>2</sup> )	3.96
Díametro máximo del acero longitudinal: $D_b \text{ max}$ (cm)	1.91
Díametro mínimo del acero longitudinal: $D_b \text{ mín}$ (cm)	1.59
Profundidad del bloque de compresión : $a = A_{s\text{req}} * f_y / 0.85 * f'c * b_w$ (cm)	3.11
Momento Resistente del Acero: $M_r = \phi * A_{s\text{req}} * f_y * (d - a/2)$ (T.m)	4.41
Longitud del Punto de Inflexión en la zona de Análisis: $L_p$ (cm)	40.00
Longitud del baston en la Zona de Análisis $L_b = L_p + \max(l_n/16; 12d_{b\text{max}}; d)$ (cm)	73.75

**2Ø5/8"**

---

Momento Ultimo: $M_u$ (T.m)	0.23
Factor de Seguridad por flexión: $\phi$	0.90
Profundidad del bloque de compresión : $a = d - \sqrt{d^2 - 2 * M_u / (\phi * 0.85 * f'c * b_w)}$ (cm)	0.15
Acero requerido: $A_{s\text{req}} = M_u / \phi * f_y * (d - a/2)$ (cm <sup>2</sup> )	0.20
<u>Requerimiento de Bastones (Zona de Análisis)</u>	
Acero colocado en la zona de análisis: $A_{s\text{col}}$ (cm <sup>2</sup> )	3.96
Díametro máximo del acero longitudinal: $D_b \text{ max}$ (cm)	1.91
Díametro mínimo del acero longitudinal: $D_b \text{ mín}$ (cm)	1.59
Profundidad del bloque de compresión : $a = A_{s\text{req}} * f_y / 0.85 * f'c * b_w$ (cm)	3.11
Momento Resistente del Acero: $M_r = \phi * A_{s\text{req}} * f_y * (d - a/2)$ (T.m)	4.41
Longitud del Punto de Inflexión en la zona de Análisis: $L_p$ (cm)	40.00
Longitud del baston en la Zona de Análisis $L_b = L_p + \max(l_n/16; 12d_{b\text{max}}; d)$ (cm)	73.75

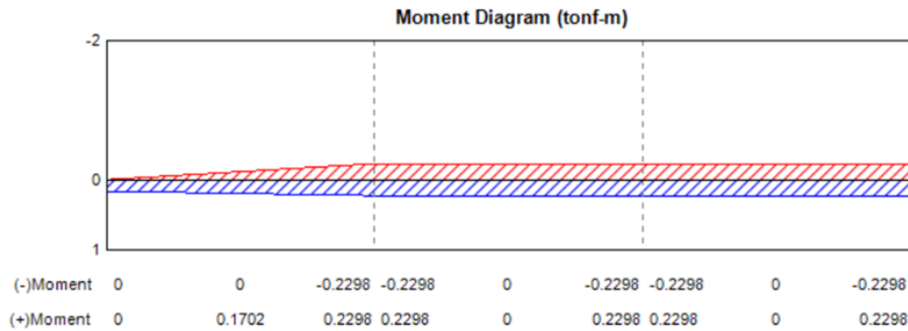
**2Ø5/8"**

---

**DISEÑO SISMICO POR CORTANTE**

Acero negativo total izquierdo del miembro estructural : As1 - (cm2)	3.96
Acero positivo total izquierdo del miembro estructural : As2 + (cm2)	3.96
Acero negativo total derecho del miembro estructural : As3 - (cm2)	3.96
Acero positivo total derecho del miembro estructural : As4 + (cm2)	3.96
Profundidad del bloque de compresión del As1 : $a1 = As1 \cdot fy / 0.85 \cdot f'c \cdot bw$ (cm)	2.07
Profundidad del bloque de compresión del As2 : $a2 = As2 \cdot fy / 0.85 \cdot f'c \cdot bw$ (cm)	2.66
Profundidad del bloque de compresión del As3 : $a3 = As3 \cdot fy / 0.85 \cdot f'c \cdot bw$ (cm)	2.66
Profundidad del bloque de compresión del As4 : $a4 = As4 \cdot fy / 0.85 \cdot f'c \cdot bw$ (cm)	2.66
Momento nominal del acero As1 : $Mn1 = As1 \cdot fy \cdot (d-a/2)$ (T.m)	4.98
Momento nominal del acero As2 : $Mn2 = As2 \cdot fy \cdot (d-a/2)$ (T.m)	4.93
Momento nominal del acero As3 : $Mn3 = As3 \cdot fy \cdot (d-a/2)$ (T.m)	4.93
Momento nominal del acero As4 : $Mn4 = As4 \cdot fy \cdot (d-a/2)$ (T.m)	4.93
Momento probable del acero As1 : $Mpr1 = 1.25 \cdot Mn1$ (T.m)	6.23
Momento probable del acero As2 : $Mpr2 = 1.25 \cdot Mn2$ (T.m)	6.17
Momento probable del acero As3 : $Mpr3 = 1.25 \cdot Mn3$ (T.m)	6.17
Momento probable del acero As4 : $Mpr4 = 1.25 \cdot Mn4$ (T.m)	6.17
Carga Muerta en el miembro estructural: CM (Ton/m)	0.49
Carga Viva en el miembro estructural: CV (Ton/m)	0.06
Cortante debido a Cargas Isostáticas $Vui = 1.25 \cdot (CM + CV) \cdot Ln / 2$ (Ton)	1.85
Cortante sísmica última a la Izquierda : $Vu,izq(a)$ (Ton)	4.14
Cortante sísmica última a la Derecha : $Vu,der(a)$ (Ton)	4.13
Resistencia al corte requerida (Fuerza de Corte Mayorada) : $Vu = \max(Vu(a); Vu(b))$	4.14
Resistencia al corte proporcionada por el concreto: $Vc = 0.53 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d$	7.14
Resistencia al corte proporcionada por el acero: $Vs = Vu / \phi - Vc$	2.27
Diametro del acero transversal (refuerzo a corte): $Dat$ (cm)	0.95
Área del acero transversal (refuerzo a corte): $Aacero$ (cm2)	0.71
Separación de Estribos máximo: $Smax = Av \cdot fy \cdot d / Vs$ (cm)	81
Separación del primer estribo a la cara del elemento vertical (cm)	5
Zona de confinamiento 2h: $Sconf = \min(d/4; 15; 10 \phi long, \min; 24 \phi estribo; 30; Smax)$ (cm)	8
Zona Central: $Scent = \min(d/2; Smax)$ (cm)	16

□ 1Ø3/8" 1@ 0.05m, 5@ 0.10m, R@0.15m AE



## Vigas de 30X60

### DISEÑO DE ELEMENTO (0.30 X 0.60) - EJE Y-Y 1er - 5to Nivel PROPIEDADES DEL MIEMBRO ESTRUCTURAL

Resistencia a la compresión del concreto: $f'_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	210
Fluencia del Acero : $f_y$ (kg/cm <sup>2</sup> )	4200
Base de la Viga: $b_w$ (cm)	30
Peralte Total de la Viga: $h$ (cm)	60
recubrimiento=	5
Peralte efectivo (depende #capas) : $d = h - \text{recubrimiento}$ (cm)	55
Luz Libre del miembro estructural: $L_n$ (cm)	900
Factor de relación $\beta_1 = c/a$	0.850
Acero Mínimo: $A_{s,\text{mín}} = 0.7 \sqrt{f'_c} / f_y * b * d$ (cm <sup>2</sup> )	5.500
Acero Máximo: $A_{s,\text{máx}} = 0.5 * (0.85 * f'_c * \beta_1) / (f_y (f_y + 6000))$	17.53

### DISEÑO SISMICO POR FLEXION

Momento Ultimo: $M_u$ (T.m)	15.55
Factor de Seguridad por flexión: $\phi$	0.90
Profundidad del bloque de compresión : $a = d - \sqrt{d^2 - 2 * M_u / (\phi * 0.85 * f'_c * b_w)}$ (cm)	6.22
Acero requerido: $A_{s\text{req}} = M_u / \phi * f_y * (d - a/2)$ (cm <sup>2</sup> )	7.93
<u>Requerimiento de Bastones (Zona de Análisis)</u>	
Acero colocado en la zona de análisis: $A_{s\text{col}}$ (cm <sup>2</sup> )	7.92
Díametro máximo del acero longitudinal: $D_b\text{max}$ (cm)	1.91
Díametro mínimo del acero longitudinal: $D_b\text{mín}$ (cm)	1.59
Profundidad del bloque de compresión : $a = A_s * f_y / 0.85 * f'_c * b_w$ (cm)	6.21
Momento Resistente del Acero: $M_r = \phi * A_s * f_y * (d - a/2)$ (T.m)	15.54
Longitud del Punto de Inflexión en la zona de Análisis: $L_p$ (cm)	40.00
Longitud del baston en la Zona de Análisis $L_b = L_p + \max(l_n/16; 12d_{b\text{max}}; d)$ (cm)	96.25

**4Ø5/8"**

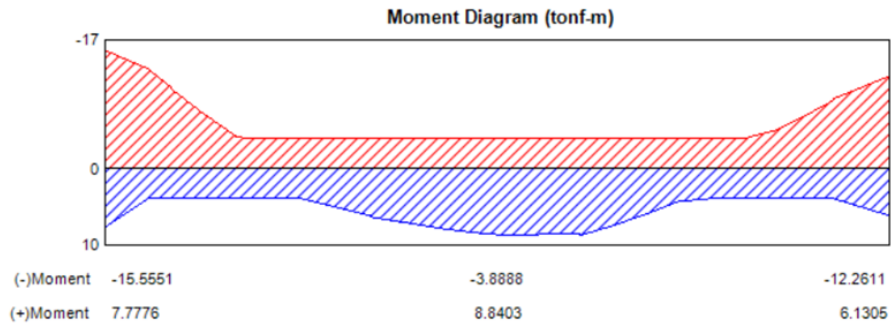
Momento Ultimo: $M_u$ (T.m)	8.84
Factor de Seguridad por flexión: $\phi$	0.90
Profundidad del bloque de compresión : $a = d - \sqrt{d^2 - 2 * M_u / (\phi * 0.85 * f'_c * b_w)}$ (cm)	3.44
Acero requerido: $A_{s\text{req}} = M_u / \phi * f_y * (d - a/2)$ (cm <sup>2</sup> )	4.39
<u>Requerimiento de Bastones (Zona de Análisis)</u>	
Acero colocado en la zona de análisis: $A_{s\text{col}}$ (cm <sup>2</sup> )	5.94
Díametro máximo del acero longitudinal: $D_b\text{max}$ (cm)	1.91
Díametro mínimo del acero longitudinal: $D_b\text{mín}$ (cm)	1.59
Profundidad del bloque de compresión : $a = A_s * f_y / 0.85 * f'_c * b_w$ (cm)	4.66
Momento Resistente del Acero: $M_r = \phi * A_s * f_y * (d - a/2)$ (T.m)	11.83
Longitud del Punto de Inflexión en la zona de Análisis: $L_p$ (cm)	40.00
Longitud del baston en la Zona de Análisis $L_b = L_p + \max(l_n/16; 12d_{b\text{max}}; d)$ (cm)	96.25

**3Ø5/8"**

**DISEÑO SISMICO POR CORTANTE**

Acero negativo total izquierdo del miembro estructural : As1 - (cm2)	7.92
Acero positivo total izquierdo del miembro estructural : As2 + (cm2)	5.94
Acero negativo total derecho del miembro estructural : As3 - (cm2)	7.92
Acero positivo total derecho del miembro estructural : As4 + (cm2)	5.94
Profundidad del bloque de compresión del As1 : $a1 = As1 \cdot fy / 0.85 \cdot f'c \cdot bw$ (cm)	2.07
Profundidad del bloque de compresión del As2 : $a2 = As2 \cdot fy / 0.85 \cdot f'c \cdot bw$ (cm)	2.33
Profundidad del bloque de compresión del As3 : $a3 = As3 \cdot fy / 0.85 \cdot f'c \cdot bw$ (cm)	3.11
Profundidad del bloque de compresión del As4 : $a4 = As4 \cdot fy / 0.85 \cdot f'c \cdot bw$ (cm)	2.33
Momento nominal del acero As1 : $Mn1 = As1 \cdot fy \cdot (d-a/2)$ (T.m)	17.95
Momento nominal del acero As2 : $Mn2 = As2 \cdot fy \cdot (d-a/2)$ (T.m)	13.43
Momento nominal del acero As3 : $Mn3 = As3 \cdot fy \cdot (d-a/2)$ (T.m)	17.78
Momento nominal del acero As4 : $Mn4 = As4 \cdot fy \cdot (d-a/2)$ (T.m)	13.43
Momento probable del acero As1 : $Mpr1 = 1.25 \cdot Mn1$ (T.m)	22.44
Momento probable del acero As2 : $Mpr2 = 1.25 \cdot Mn2$ (T.m)	16.79
Momento probable del acero As3 : $Mpr3 = 1.25 \cdot Mn3$ (T.m)	22.22
Momento probable del acero As4 : $Mpr4 = 1.25 \cdot Mn4$ (T.m)	16.79
Carga Muerta en el miembro estructural: CM (Ton/m)	0.67
Carga Viva en el miembro estructural: CV (Ton/m)	0.06
Cortante debido a Cargas Isostáticas $Vui = 1.25 \cdot (CM + CV) \cdot Ln / 2$ (Ton)	4.09
Cortante sismica última a la izquierda : $Vu,izq(a)$ (Ton)	8.45
Cortante sismica última a la Derecha : $Vu,der(a)$ (Ton)	8.42
Resistencia al corte requerida (Fuerza de Corte Mayorada) : $Vu = \max(Vu(a); Vu(b))$	8.45
Resistencia al corte proporcionada por el concreto: $Vc = 0.53 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d$	12.67
Resistencia al corte proporcionada por el acero: $Vs = Vu / \phi - Vc$	2.73
Diametro del acero transversal (refuerzo a corte): Dat (cm)	0.95
Área del acero transversal (refuerzo a corte): Aacero (cm2)	0.71
Separación de Estribos máximo: $Smax = Av \cdot fy \cdot d / Vs$ (cm)	120
Separación del primer estribo a la cara del elemento vertical (cm)	5
Zona de confinamiento 2h: $Sconf = \min(d/4; 15; 10 \phi_{long}; \min(24 \phi_{estribo}; 30; Smax))$ (cm)	13
Zona Central: $Scent = \min(d/2; Smax)$ (cm)	28

□ 1Ø3/8" 1@ 0.05m, 5@ 0.10m, R@0.15m AE



## Vigas de 20X20 (chata)

### DISEÑO DE ELEMENTO (0.20 X 0.20) - EJE X-X 1er - 5to Nivel PROPIEDADES DEL MIEMBRO ESTRUCTURAL

Resistencia a la compresión del concreto: $f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	210
Fluencia del Acero : $f_y$ (kg/cm <sup>2</sup> )	4200
Base de la Viga: $b_w$ (cm)	20
Peralte Total de la Viga: $h$ (cm)	20
recubrimiento=	3
Peralte efectivo (depende #capas) : $d = h - \text{recubrimiento}$ (cm)	17
Luz Libre del miembro estructural: $L_n$ (cm)	565
Factor de relación $\beta_1 = c/a$	0.850
Acero Mínimo: $A_{s,\text{mín}} = 0.7 \sqrt{f'c} / f_y * b * d$ (cm <sup>2</sup> )	1.133
Acero Máximo: $A_{s,\text{máx}} \text{ (cm}^2\text{)} = 0.5 * (0.85 * f'c * 6000 * \beta_1) / (f_y (f_y + 6000))$	3.61

### DISEÑO SISMICO POR FLEXION

Momento Último: $M_u$ (T.m)	0.10
Factor de Seguridad por flexión: $\phi$	0.90
Profundidad del bloque de compresión : $a = d - \sqrt{d^2 - 2 * M_u / (\phi * 0.85 * f'c * b_w)}$ (cm)	0.17
Acero requerido: $A_{sreq} = M_u / \phi * f_y * (d - a/2)$ (cm <sup>2</sup> )	0.15
<u>Requerimiento de Bastones (Zona de Análisis)</u>	
Acero colocado en la zona de análisis: $A_{s\text{ col}}$ (cm <sup>2</sup> )	2.54
Díametro máximo del acero longitudinal: $D_{b\text{ máx}}$ (cm)	1.59
Díametro mínimo del acero longitudinal: $D_{b\text{ mín}}$ (cm)	1.27
Profundidad del bloque de compresión : $a = A_s * f_y / 0.85 * f'c * b_w$ (cm)	2.99
Momento Resistente del Acero: $M_r = \phi * A_s * f_y * (d - a/2)$ (T.m)	1.49
Longitud del Punto de Inflexión en la zona de Análisis: $L_p$ (cm)	40.00
Longitud del baston en la Zona de Análisis $L_b = L_p + \max(\ln/16; 12db_{\text{máx}}; d)$ (cm)	75.31

**2Ø1/2"**

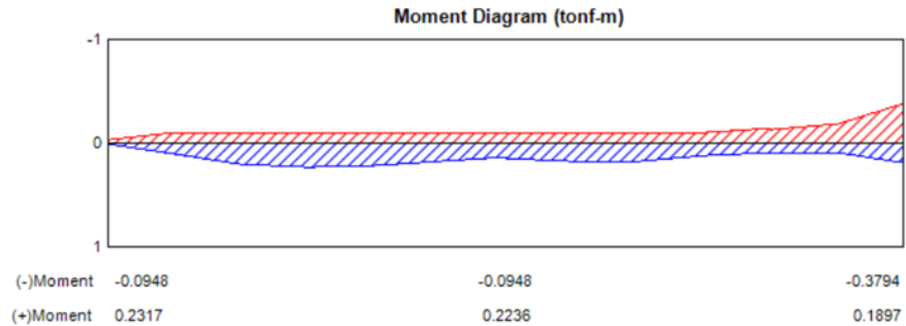
Momento Último: $M_u$ (T.m)	0.23
Factor de Seguridad por flexión: $\phi$	0.90
Profundidad del bloque de compresión : $a = d - \sqrt{d^2 - 2 * M_u / (\phi * 0.85 * f'c * b_w)}$ (cm)	0.43
Acero requerido: $A_{sreq} = M_u / \phi * f_y * (d - a/2)$ (cm <sup>2</sup> )	0.36
<u>Requerimiento de Bastones (Zona de Análisis)</u>	
Acero colocado en la zona de análisis: $A_{s\text{ col}}$ (cm <sup>2</sup> )	2.54
Díametro máximo del acero longitudinal: $D_{b\text{ máx}}$ (cm)	1.59
Díametro mínimo del acero longitudinal: $D_{b\text{ mín}}$ (cm)	1.27
Profundidad del bloque de compresión : $a = A_s * f_y / 0.85 * f'c * b_w$ (cm)	2.99
Momento Resistente del Acero: $M_r = \phi * A_s * f_y * (d - a/2)$ (T.m)	1.49
Longitud del Punto de Inflexión en la zona de Análisis: $L_p$ (cm)	40.00
Longitud del baston en la Zona de Análisis $L_b = L_p + \max(\ln/16; 12db_{\text{máx}}; d)$ (cm)	75.31

**2Ø1/2"**

### DISEÑO SISMICO POR CORTANTE

Acero negativo total izquierdo del miembro estructural : As1 - (cm <sup>2</sup> )	2.57
Acero positivo total izquierdo del miembro estructural : As2 + (cm <sup>2</sup> )	2.57
Acero negativo total derecho del miembro estructural : As3 - (cm <sup>2</sup> )	2.57
Acero positivo total derecho del miembro estructural : As4 + (cm <sup>2</sup> )	2.57
Profundidad del bloque de compresión del As1 : a1 =As1*fy/0.85*f'c*bw (cm)	2.07
Profundidad del bloque de compresión del As2 : a2 =As2*fy/0.85*f'c*bw (cm)	3.02
Profundidad del bloque de compresión del As3 : a3 =As3*fy/0.85*f'c*bw (cm)	3.02
Profundidad del bloque de compresión del As4 : a4 =As4*fy/0.85*f'c*bw (cm)	3.02
Momento nominal del acero As1 : Mn1=As1*fy*(d-a/2) (T.m)	1.72
Momento nominal del acero As2 : Mn2=As2*fy*(d-a/2) (T.m)	1.67
Momento nominal del acero As3 : Mn3=As3*fy*(d-a/2) (T.m)	1.67
Momento nominal del acero As4 : Mn4=As4*fy*(d-a/2) (T.m)	1.67
Momento probable del acero As1 : Mpr1=1.25*Mn1 (T.m)	2.15
Momento probable del acero As2 : Mpr2=1.25*Mn2 (T.m)	2.09
Momento probable del acero As3 : Mpr3=1.25*Mn3 (T.m)	2.09
Momento probable del acero As4 : Mpr4=1.25*Mn4 (T.m)	2.09
Carga Muerta en el miembro estructural: CM (Ton/m)	0.33
Carga Viva en el miembro estructural: CV (Ton/m)	0.04
Cortante debido a Cargas Isostáticas V <sub>ui</sub> =1.25(CM+CV)*Ln/2 (Ton)	1.31
Cortante sísmica última a la Izquierda : V <sub>u,izq</sub> (a) (Ton)	2.06
Cortante sísmica última a la Derecha: V <sub>u,der</sub> (a) (Ton)	2.05
Resistencia al corte requerida (Fuerza de Corte Mayorada) : V <sub>u</sub> =max(V <sub>u</sub> (a);V <sub>u</sub> (b))	2.06
Resistencia al corte proporcionada por el concreto: V <sub>c</sub> =0.53*√f'c*b*d	2.61
Resistencia al corte proporcionada por el acero: V <sub>s</sub> =V <sub>u</sub> /Ø-V <sub>c</sub>	0.19
Díametro del acero transversal (refuerzo a corte): Dat (cm)	0.95
Área del acero transversal (refuerzo a corte): A <sub>acero</sub> (cm <sup>2</sup> )	0.71
Separación de Estribos máximo: S <sub>max</sub> = Av*fy*d/V <sub>s</sub> (cm)	544
Separación del primer estribo a la cara del elemento vertical (cm)	5
Zona de confinamiento 2h: S <sub>conf</sub> =min(d/4;15;10Ølong,min;24Øestribo;30;S <sub>max</sub> ) (cm)	4
Zona Central: S <sub>cent</sub> =min(d/2;S <sub>max</sub> ) (cm)	9

□ 1Ø3/8" 1@ 0.05m, 5@ 0.10m, R@0.15m AE



## **DISEÑO DE COLUMNA**

Las columnas son componentes verticales esenciales en la ingeniería civil, diseñadas principalmente para resistir solicitaciones de compresión axial. Sin embargo, su función no se limita únicamente a soportar estas cargas; generalmente, las columnas también deben hacer frente a fuerzas de corte, flexión y torsión. En estructuras de concreto armado, la continuidad del sistema estructural genera momentos flectores que afectan a todos los elementos, incluidas las columnas.

Debido a su papel crítico en la estabilidad de la edificación, una falla en una columna en un punto estratégico puede desencadenar un colapso progresivo de los pisos superiores, potencialmente llevando al colapso total de la estructura. Por esta razón, es fundamental prestar atención meticulosa al diseño de las columnas, asegurando que su capacidad de carga exceda significativamente la de las vigas y otros elementos estructurales horizontales. Este enfoque garantiza que las columnas cuenten con una reserva de resistencia adecuada, permitiendo que la estructura soporte no solo las cargas verticales, sino también las solicitaciones adicionales que puedan surgir durante su vida útil, como las generadas por fenómenos sísmicos o de viento. En resumen, un diseño cuidadoso y robusto de las columnas es vital para asegurar la seguridad y la integridad estructural a largo plazo.

### **Columnas de 40x45**

**DISEÑO DEL ELEMENTO (COLUMNA DE 40X45) - 1er-5to nivel**

**PROPIEDADES DEL MIEMBRO ESTRUCTURAL**

Resistencia a la compresión del concreto: $f_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	210
Fluencia del Acero : $f_y$ (kg/cm <sup>2</sup> )	4200
Base de la Columna: $b_w$ (cm)	40
Peralte Total de la Columna: $h$ (cm)	45
Peralte efectivo : $d = h-5$ (cm)	40
Luz Libre del miembro estructural: $L_n$ (cm)	280
Factor de relación $\beta_1 = c/a$	0.850
Acero Mínimo: $A_{s,min} = 0.01 * b_w * h$ (cm <sup>2</sup> )	18
Acero Máximo: $A_{s,máx} = 0.06 * b_w * h$ (cm <sup>2</sup> )	108
$12 \text{ } \emptyset 5/8'' = 23.76 \text{ cm}^2$ , $\rho = 1.32\%$	

**DISEÑO POR FLEXOCOMPRESION**

**DETERMINACION DE DIAGRAMA DE INTERACCION DE DISEÑO**

CURVA 1 = 0°			CURVA 7 = 90°			CURVA 13 = 180°			CURVA 19 = 270°		
P	M2	M3	P	M2	M3	P	M2	M3	P	M2	M3
229.92	0.00	0.00	229.92	0.00	0.00	229.92	0.00	0.00	229.92	0.00	0.00
229.92	0.00	6.29	229.92	5.91	0.00	229.92	0.00	-6.29	229.92	-5.91	0.00
228.62	0.00	9.63	227.17	8.94	0.00	228.62	0.00	-9.63	227.17	-8.94	0.00
205.87	0.00	12.53	204.25	11.61	0.00	205.87	0.00	-12.53	204.25	-11.61	0.00
182.01	0.00	14.89	180.22	13.81	0.00	182.01	0.00	-14.89	180.22	-13.81	0.00
157.14	0.00	16.72	154.62	15.58	0.00	157.14	0.00	-16.72	154.62	-15.58	0.00
129.44	0.00	18.15	126.70	17.00	0.00	129.44	0.00	-18.15	126.70	-17.00	0.00
98.20	0.00	19.29	95.70	18.23	0.00	98.20	0.00	-19.29	95.70	-18.23	0.00
84.84	0.00	20.32	83.96	18.93	0.00	84.84	0.00	-20.32	83.96	-18.93	0.00
65.29	0.00	21.15	67.92	19.39	0.00	65.29	0.00	-21.15	67.92	-19.39	0.00
42.76	0.00	20.13	43.10	18.61	0.00	42.76	0.00	-20.13	43.10	-18.61	0.00
9.31	0.00	16.39	17.02	15.41	0.00	9.31	0.00	-16.39	17.02	-15.41	0.00
-18.60	0.00	11.96	-15.96	10.80	0.00	-18.60	0.00	-11.96	-15.96	-10.80	0.00
-65.83	0.00	3.81	-66.17	3.33	0.00	-65.83	0.00	-3.81	-66.17	-3.33	0.00
-83.92	0.00	0.00	-83.92	0.00	0.00	-83.92	0.00	0.00	-83.92	0.00	0.00

Puntos	M33			
	0°		180°	
	ØPn	ØMn	ØPn	ØMn
1	229.92	0.00	229.92	0.00
2	229.92	6.29	229.92	-6.29
3	228.62	9.63	228.62	-9.63
4	205.87	12.53	205.87	-12.53
5	182.01	14.89	182.01	-14.89
6	157.14	16.72	157.14	-16.72
7	129.44	18.15	129.44	-18.15
8	98.20	19.29	98.20	-19.29
9	84.84	20.32	84.84	-20.32
10	65.29	21.15	65.29	-21.15
11	42.76	20.13	42.76	-20.13
12	9.31	16.39	9.31	-16.39
13	-18.60	11.96	-18.60	-11.96
14	-65.83	3.81	-65.83	-3.81
15	-83.92	0.00	-83.92	0.00

Puntos	M22			
	90°		270°	
	ØPn	ØMn	ØPn	ØMn
1	229.92	0.00	229.92	0.00
2	229.92	5.91	229.92	-5.91
3	227.17	8.94	227.17	-8.94
4	204.25	11.61	204.25	-11.61
5	180.22	13.81	180.22	-13.81
6	154.62	15.58	154.62	-15.58
7	126.70	17.00	126.70	-17.00
8	95.70	18.23	95.70	-18.23
9	83.96	18.93	83.96	-18.93
10	67.92	19.39	67.92	-19.39
11	43.10	18.61	43.10	-18.61
12	17.02	15.41	17.02	-15.41
13	-15.96	10.80	-15.96	-10.80
14	-66.17	3.33	-66.17	-3.33
15	-83.92	0.00	-83.92	0.00

**DETERMINACION DE LA RESISTENCIA REQUERIDA Ru**

NIVEL	Column	Carga	P	V2	V3	T	M2	M3
4TO	C21	MUERTA	-2.162	-3.408	0.011	0.008	-0.018	3.299
4TO	C21	VMA	-0.2	-0.562	-0.001	0.014	-0.002	0.353
4TO	C21	SISMO X	0.1	0.785	0.110	0.062	0.011	0.829
4TO	C21	SISMO Y	0.0	0.026	0.133	0.004	0.011	0.027

Se calculará las siguientes combinaciones reglamentarias (Artículo 9.2 - E.060), analizando el sismo para la izquierda y derecha

RESISTENCIA MÍNIMA POR CARGAS DE GRAVEDAD  
RESISTENCIA MÍNIMA INCLUYENDO SISMO

$$U = 1.4 CM + 1.7 CV$$

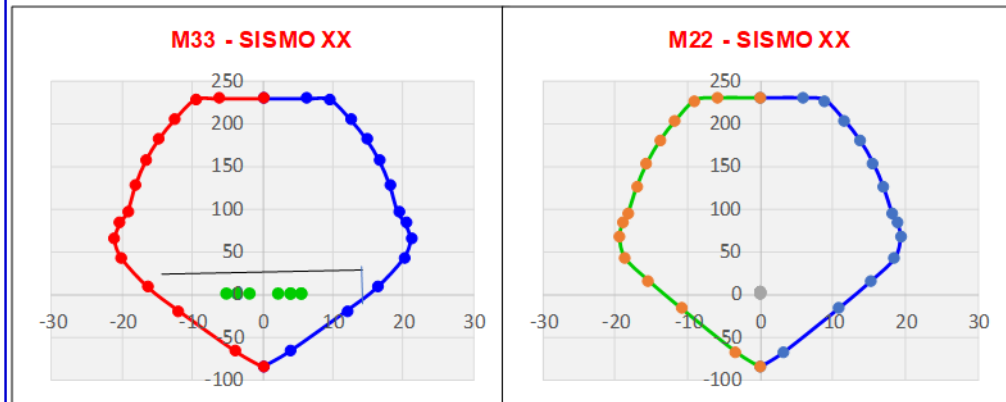
$$U = 1.25 (CM + CV) \pm CS$$

$$U = 0.9 (CM) \pm CS$$

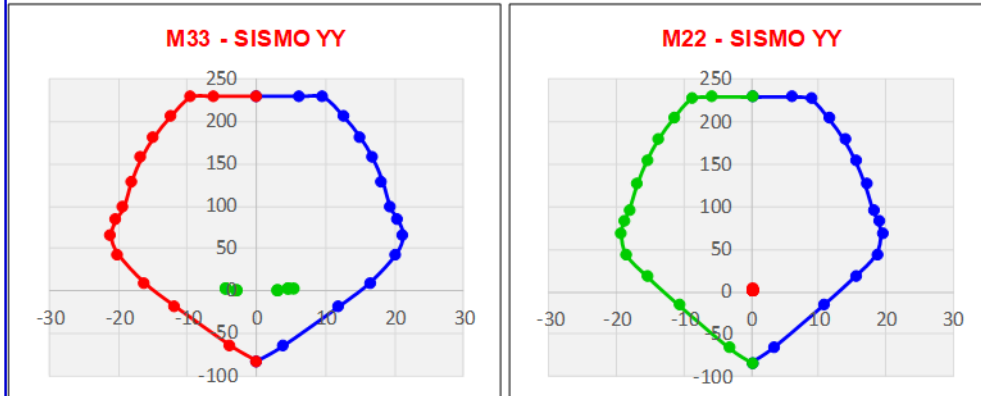
SISMO XX	COMBINACIONES Ru			
	P	M2	M3	
U1	3.42	-0.03	5.22	
U2	3.13	-0.01	5.39	
Sismo XX >	U3	2.86	-0.04	3.74
	U4	2.08	0.00	3.80
	U5	1.81	-0.03	2.14
	U6	3.13	0.01	-5.39
Sismo XX <	U7	2.86	0.04	-3.74
	U8	2.08	0.00	-3.80
	U9	1.81	0.03	-2.14

SISMO YY	COMBINACIONES Ru			
	P	M2	M3	
U1	3.42	-0.03	5.22	
U2	3.01	-0.01	4.59	
Sismo YY >	U3	2.97	-0.04	4.54
	U4	1.96	0.00	3.00
	U5	1.93	-0.03	2.94
	U6	3.01	0.01	-4.59
Sismo YY <	U7	2.97	0.04	-4.54
	U8	1.96	0.00	-3.00
	U9	1.93	0.03	-2.94

**VERIFICACION DE RESISTENCIA AL SISMO EN DIRECCION X-X**



**VERIFICACION DE RESISTENCIA AL SISMO EN DIRECCION Y-Y**



**DISEÑO POR CORTANTE**

Momento nominal Inferior: $M_{ni}$ (T.m)	4.22
Momento nominal Superior: $M_{ns}$ (T.m)	3.65
Momento probable Inferior: $M_{pri}$ (T.m)	5.28
Momento probable Superior: $M_{prs}$ (T.m)	4.56
Cortante sísmica última: $V_u(a) = (M_{pri} + M_{prs}) / h_n$ (Ton)	3.51
Resistencia al corte requerida (Fuerza de Corte Mayorada) : $V_u = V_u(a)$	3.51
Resistencia al corte proporcionada por el concreto: $V_c = 0.53 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot (1 + N_u / 140 A_g) \cdot b \cdot d$	12.29
Resistencia al corte proporcionada por el acero: $V_s = V_u - V_c$	-8.16
Díametro del acero transversal (refuerzo a corte): $D_{at}$ (cm)	0.95
Área del acero transversal (refuerzo a corte): $A_{acero}$ (cm <sup>2</sup> )	0.71
Díametro del acero longitudinal de menor diámetro	1.59
Separación de Estribos máximo: $S_{max} = A_v \cdot f_y \cdot d / V_s$ (cm)	-41.2
Separación del primer estribo a la cara del elemento vertical (cm)	10
Zona de confinamiento = $\max(L_n / 6; L_{max, columna}; 50)$	50
Zona de confinamiento 2h: $S_{conf} = \min(l_{mín, columna} / 3; 6 \cdot \emptyset_{long, min}; 10)$ (cm)	10
Zona Central: $S_{cent} = \min(12 \cdot \emptyset_{long}; S_{max}; 25)$ (cm)	19

□ 2Ø3/8" 0.05m, 4@ 0.10m, 4@ 0.15m, R@0.20m

## Columnas de 30x40 ( miembros de borde de placas)

### DISEÑO DEL ELEMENTO (COLUMNA DE 30X40) - 1er-5to nivel

#### PROPIEDADES DEL MIEMBRO ESTRUCTURAL

Resistencia a la compresión del concreto: $f_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	210
Fluencia del Acero : $f_y$ (kg/cm <sup>2</sup> )	4200
Base de la Columna: $b_w$ (cm)	30
Peralte Total de la Columna: $h$ (cm)	40
Peralte efectivo : $d = h-5$ (cm)	35
Luz Libre del miembro estructural: $L_n$ (cm)	280
Factor de relación $\beta_1 = c/a$	0.850
Acero Mínimo: $A_{s,min} = 0.01*b_w*h$ (cm <sup>2</sup> )	12
Acero Máximo: $A_{s,max} = 0.06*b_w*h$ (cm <sup>2</sup> )	72
8 Ø 5/8" = 15.84 cm <sup>2</sup> , $\rho = 1.32\%$	

#### DISEÑO POR FLEXOCOMPRESION

#### DETERMINACION DE DIAGRAMA DE INTERACCION DE DISEÑO

CURVA 1 = 0°			CURVA 7 = 90°			CURVA 13 = 180°			CURVA 19 = 270°		
P	M2	M3	P	M2	M3	P	M2	M3	P	M2	M3
146.98	0.00	0.00	146.98	0.00	0.00	146.98	0.00	0.00	146.98	0.00	0.00
146.98	0.00	3.64	146.98	2.60	0.00	146.98	0.00	-3.64	146.98	-2.60	0.00
146.86	0.00	5.60	146.61	4.09	0.00	146.86	0.00	-5.60	146.61	-4.09	0.00
132.44	0.00	7.31	131.70	5.37	0.00	132.44	0.00	-7.31	131.70	-5.37	0.00
117.44	0.00	8.70	116.17	6.38	0.00	117.44	0.00	-8.70	116.17	-6.38	0.00
101.64	0.00	9.80	99.75	7.14	0.00	101.64	0.00	-9.80	99.75	-7.14	0.00
84.66	0.00	10.64	82.00	7.70	0.00	84.66	0.00	-10.64	82.00	-7.70	0.00
66.23	0.00	11.31	62.23	8.07	0.00	66.23	0.00	-11.31	62.23	-8.07	0.00
59.10	0.00	11.85	53.99	8.28	0.00	59.10	0.00	-11.85	53.99	-8.28	0.00
50.13	0.00	12.33	43.47	8.42	0.00	50.13	0.00	-12.33	43.47	-8.42	0.00
34.26	0.00	11.94	27.84	7.99	0.00	34.26	0.00	-11.94	27.84	-7.99	0.00
18.60	0.00	10.06	11.47	6.50	0.00	18.60	0.00	-10.06	11.47	-6.50	0.00
-0.39	0.00	7.37	-8.95	4.40	0.00	-0.39	0.00	-7.37	-8.95	-4.40	0.00
-32.28	0.00	2.42	-33.75	1.64	0.00	-32.28	0.00	-2.42	-33.75	-1.64	0.00
-45.36	0.00	0.00	-45.36	0.00	0.00	-45.36	0.00	0.00	-45.36	0.00	0.00

Puntos	M33			
	0°		180°	
	ØPn	ØMn	ØPn	ØMn
1	146.98	0.00	146.98	0.00
2	146.98	3.64	146.98	-3.64
3	146.86	5.60	146.86	-5.60
4	132.44	7.31	132.44	-7.31
5	117.44	8.70	117.44	-8.70
6	101.64	9.80	101.64	-9.80
7	84.66	10.64	84.66	-10.64
8	66.23	11.31	66.23	-11.31
9	59.10	11.85	59.10	-11.85
10	50.13	12.33	50.13	-12.33
11	34.26	11.94	34.26	-11.94
12	18.60	10.06	18.60	-10.06
13	-0.39	7.37	-0.39	-7.37
14	-32.28	2.42	-32.28	-2.42
15	-45.36	0.00	-45.36	0.00

Puntos	M22			
	90°		270°	
	ØPn	ØMn	ØPn	ØMn
1	146.98	0.00	146.98	0.00
2	146.98	2.60	146.98	-2.60
3	146.61	4.09	146.61	-4.09
4	131.70	5.37	131.70	-5.37
5	116.17	6.38	116.17	-6.38
6	99.75	7.14	99.75	-7.14
7	82.00	7.70	82.00	-7.70
8	62.23	8.07	62.23	-8.07
9	53.99	8.28	53.99	-8.28
10	43.47	8.42	43.47	-8.42
11	27.84	7.99	27.84	-7.99
12	11.47	6.50	11.47	-6.50
13	-8.95	4.40	-8.95	-4.40
14	-33.75	1.64	-33.75	-1.64
15	-45.36	0.00	-45.36	0.00

**DETERMINACION DE LA RESISTENCIA REQUERIDA Ru**

NIVEL	Column	Carga	P	V2	V3	T	M2	M3	
4TO	C9	MUERTA	-11.068	1.143	0.485	0.091	-1.207	-0.535	11.1
4TO	C9	VIVA	-1.7	0.272	0.186	0.035	-0.422	-0.135	1.7
4TO	C9	SISMO X	3.3	1.540	0.016	0.069	0.016	2.161	
4TO	C9	SISMO Y	10.3	0.680	0.108	0.006	0.325	0.331	

Se calculará las siguientes combinaciones reglamentarias (Artículo 9.2 - E.060), analizando el sismo para la izquierda y derecha

RESISTENCIA MÍNIMA POR CARGAS DE GRAVEDAD  
RESISTENCIA MÍNIMA INCLUYENDO SISMO

$$U = 1.4 CM + 1.7 CV$$

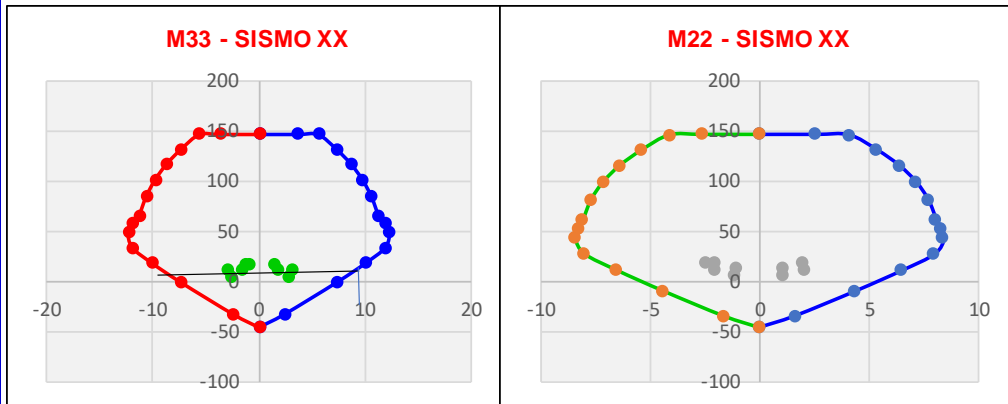
$$U = 1.25 (CM + CV) \pm CS$$

$$U = 0.9 (CM) \pm CS$$

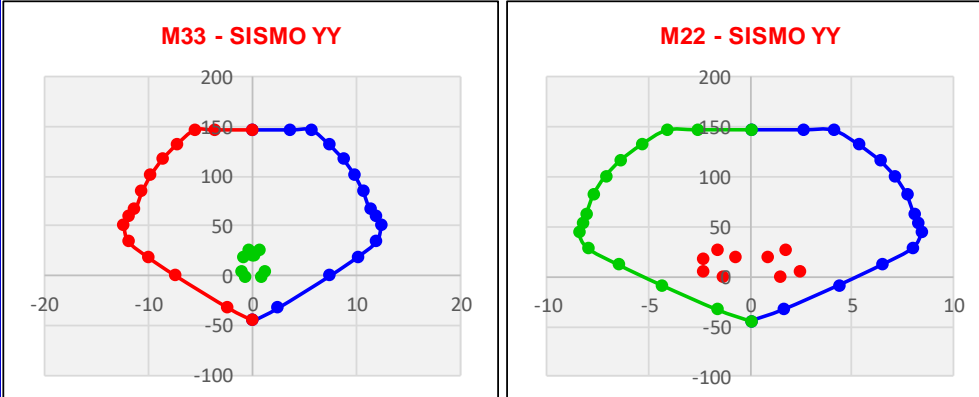
SISMO XX	COMBINACIONES Ru			
	P	M2	M3	
U1	18.42	-2.41	-0.98	
U2	19.25	-2.02	1.32	
Sismo XX >	U3	12.72	-2.05	-3.00
	U4	13.22	-1.07	1.68
	U5	6.70	-1.10	-2.64
	U6	19.25	2.02	-1.32
Sismo XX <	U7	12.72	2.05	3.00
	U8	13.22	1.07	-1.68
	U9	6.70	1.10	2.64

SISMO YY	COMBINACIONES Ru			
	P	M2	M3	
U1	18.42	-2.41	-0.98	
U2	26.30	-1.71	-0.51	
Sismo YY >	U3	5.67	-2.36	-1.17
	U4	20.28	-0.76	-0.15
	U5	-0.36	-1.41	-0.81
	U6	26.30	1.71	0.51
Sismo YY <	U7	5.67	2.36	1.17
	U8	20.28	0.76	0.15
	U9	-0.36	1.41	0.81

**VERIFICACION DE RESISTENCIA AL SISMO EN DIRECCION X-X**



**VERIFICACION DE RESISTENCIA AL SISMO EN DIRECCION Y-Y**



**DISEÑO POR CORTANTE**

Momento nominal Inferior: $M_{ni}$ (T.m)	2.12
Momento nominal Superior: $M_{ns}$ (T.m)	1.32
Momento probable Inferior: $M_{pri}$ (T.m)	2.65
Momento probable Superior: $M_{prs}$ (T.m)	1.65
Cortante sísmica última: $V_u(a) = (M_{pri} + M_{prs})/h_n$ (Ton)	1.54
Resistencia al corte requerida (Fuerza de Corte Mayorada) : $V_u = V_u(a)$	1.54
Resistencia al corte proporcionada por el concreto: $V_c = 0.53 \sqrt{f'_c} (1 + N_u/140A_g) b^* d$	8.06
Resistencia al corte proporcionada por el acero: $V_s = V_u/\phi - V_c$	-6.26
Díametro del acero transversal (refuerzo a corte): $D_{at}$ (cm)	0.95
Área del acero transversal (refuerzo a corte): $A_{acero}$ (cm <sup>2</sup> )	0.71
Díametro del acero longitudinal de menor diámetro	1.59
Separación de Estribos máximo: $S_{max} = A_v f_y d / V_s$ (cm)	-47.0
Separación del primer estribo a la cara del elemento vertical (cm)	10
Zona de confinamiento = $\max(L_n/6; L_{max, columna}; 50)$	50
Zona de confinamiento 2h: $S_{conf} = \min(l_{mín, columna}/3; 6\phi_{long, min}; 10)$ (cm)	10
Zona Central: $S_{cent} = \min(12\phi_{long}; S_{max}; 25)$ (cm)	19

□ 2Ø3/8" 0.05m, 4@ 0.10m, 4@ 0.15m, R@0.20m

## DISEÑO DE PLACA

### Placa entre los ejes 1-1 y 2-2

Pier Details

Story ID	Pier ID	Centroid X (cm)	Centroid Y (cm)	Length (cm)	Thickness (cm)	LLRF
piso 1	P7	0	1860	280	20	0.846

Material Properties

$E_c$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	$f'_c$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	Lt.Wt Factor (Unitless)	$f_y$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	$f_{ys}$ (kgf/cm <sup>2</sup> )
218819.79	210	1	4200	4200

Design Code Parameters

$\Phi_T$	$\Phi_C$	$\Phi_V$	$\Phi_V$ (Seismic)	IP <sub>MAX</sub>	IP <sub>MIN</sub>	P <sub>MAX</sub>
0.9	0.65	0.75	0.8	0.04	0.0025	0.8

Pier Leg Location, Length and Thickness

Station Location	ID	Left X <sub>1</sub> cm	Left Y <sub>1</sub> cm	Right X <sub>2</sub> cm	Right Y <sub>2</sub> cm	Length cm	Thickness cm
Top	Leg 1	0	1720	0	2000	280	20
Bottom	Leg 1	0	1720	0	2000	280	20

Flexural Design for P<sub>u</sub>, M<sub>u2</sub> and M<sub>u3</sub>

Station Location	Required Rebar Area (cm <sup>2</sup> )	Required Reinf Ratio	Current Reinf Ratio	Flexural Combo	P <sub>u</sub> kgf	M <sub>u2</sub> kgf-cm	M <sub>u3</sub> kgf-cm	Pier A <sub>g</sub> cm <sup>2</sup>
Top	14	0.0025	0.003	ENVOL	73262.88	-33016.8	-932234.84	5600
Bottom	14	0.0025	0.003	ENVOL	84301.25	4857.73	-1544085.68	5600

Shear Design

Station Location	ID	Rebar cm <sup>2</sup> /cm	Shear Combo	P <sub>u</sub> kgf	M <sub>u</sub> kgf-cm	V <sub>u</sub> kgf	$\Phi V_c$ kgf	$\Phi V_n$ kgf
Top	Leg 1	0.05	ENVOL	14593.53	757574.29	8363.94	44794.17	80074.17
Bottom	Leg 1	0.05	ENVOL	14380.89	1801396.8	10438.51	44782.28	80042.28

Boundary Element Check (ACI 18.10.6.3, 18.10.6.4)

Station Location	ID	Edge Length (cm)	Governing Combo	P <sub>u</sub> kgf	M <sub>u</sub> kgf-cm	Stress Comp kgf/cm <sup>2</sup>	Stress Limit kgf/cm <sup>2</sup>	C Depth cm	C Limit cm
Top-Left	Leg 1	Not Required	ENVOL	73262.88	757574.29	10.18	42		
Top-Right	Leg 1	Not Required	ENVOL	73262.88	757574.29	15.98	42		
Bottom-Left	Leg 1	Not Required	ENVOL	84301.25	1801396.8	8.93	42		
Bottom-Right	Leg 1	Not Required	ENVOL	84301.25	1801396.8	21.18	42		

## Placa entre los ejes 2-2 y 3-3

### ACI 318-14 Pier Design

#### Pier Details

Story ID	Pier ID	Centroid X (cm)	Centroid Y (cm)	Length (cm)	Thickness (cm)	LLRF
piso 2	P5	0	1235	300	20	0.691

#### Material Properties

$E_c$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	$f'_c$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	Lt.Wt Factor (Unitless)	$f_y$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	$f_{ys}$ (kgf/cm <sup>2</sup> )
218819.79	210	1	4200	4200

#### Design Code Parameters

$\Phi_T$	$\Phi_C$	$\Phi_v$	$\Phi_v$ (Seismic)	$IP_{MAX}$	$IP_{MIN}$	$P_{MAX}$
0.9	0.65	0.75	0.6	0.04	0.0025	0.8

#### Pier Leg Location, Length and Thickness

Station Location	ID	Left X <sub>1</sub> cm	Left Y <sub>1</sub> cm	Right X <sub>2</sub> cm	Right Y <sub>2</sub> cm	Length cm	Thickness cm
Top	Leg 1	0	1085	0	1385	300	20
Bottom	Leg 1	0	1085	0	1385	300	20

#### Flexural Design for P, M<sub>3</sub> and M<sub>2</sub>

Station	D/C	Flexural	P <sub>u</sub> kgf	M <sub>u2</sub> kgf-cm	M <sub>u3</sub> kgf-cm
Top	0.429	ENVOL	25278.6	-852412.08	766505.13
Bottom	0.567	ENVOL	25286.23	795946.36	1504701.82

#### Shear Design

Station Location	ID	Rebar cm <sup>2</sup> /cm	Shear Combo	P <sub>u</sub> kgf	M <sub>u</sub> kgf-cm	V <sub>u</sub> kgf	$\Phi V_c$ kgf	$\Phi V_n$ kgf
Top	Leg 1	0.05	ENVOL	25278.6	766505.13	13863.12	49440.18	87240.18
Bottom	Leg 1	0.05	ENVOL	25286.23	1504701.82	12344.93	49441.3	87241.3

#### Boundary Element Check (ACI 18.10.6.3, 18.10.6.4)

Station Location	ID	Edge Length (cm)	Governing Combo	P <sub>u</sub> kgf	M <sub>u</sub> kgf-cm	Stress Comp kgf/cm <sup>2</sup>	Stress Limit kgf/cm <sup>2</sup>	C Depth cm	C Limit cm
Top-Left	Leg 1	Not Required	ENVOL	78013.19	766505.13	10.45	42		
Top-Right	Leg 1	Not Required	ENVOL	78013.19	766505.13	15.56	42		
Bottom-Left	Leg 1	Not Required	ENVOL	93093.25	1504701.82	10.5	42		
Bottom-Right	Leg 1	Not Required	ENVOL	93093.25	1504701.82	20.53	42		

## Placa entre los ejes 3-3 y 4-4

Story ID	Pier ID	Centroid X (cm)	Centroid Y (cm)	Length (cm)	Thickness (cm)	LLRF
piso 2	P4	0	935	300	20	0.721

### Material Properties

$E_c$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	$f'_c$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	Lt.Wt Factor (Unitless)	$f_y$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	$f_{ys}$ (kgf/cm <sup>2</sup> )
218819.79	210	1	4200	4200

### Design Code Parameters

$\Phi_T$	$\Phi_c$	$\Phi_v$	$\Phi_v$ (Seismic)	$IP_{MAX}$	$IP_{MIN}$	$P_{MAX}$
0.9	0.65	0.75	0.6	0.04	0.0025	0.8

### Pier Leg Location, Length and Thickness

Station Location	ID	Left X <sub>1</sub> cm	Left Y <sub>1</sub> cm	Right X <sub>2</sub> cm	Right Y <sub>2</sub> cm	Length cm	Thickness cm
Top	Leg 1	0	785	0	1085	300	20
Bottom	Leg 1	0	785	0	1085	300	20

### Flexural Design for $P_u$ , $M_{u2}$ and $M_{u3}$

Station Location	Required Rebar Area (cm <sup>2</sup> )	Required Reinf Ratio	Current Reinf Ratio	Flexural Combo	$P_u$ kgf	$M_{u2}$ kgf-cm	$M_{u3}$ kgf-cm	Pier A <sub>2</sub> cm <sup>2</sup>
Top	15	0.0025	0.003	ENVOL	70335.83	-290578.28	-482055.32	6000
Bottom	15	0.0025	0.003	ENVOL	85614.06	198523.69	-1055500.28	6000

### Shear Design

Station Location	ID	Rebar cm <sup>2</sup> /cm	Shear Combo	$P_u$ kgf	$M_u$ kgf-cm	$V_u$ kgf	$\Phi V_c$ kgf	$\Phi V_n$ kgf
Top	Leg 1	0.05	ENVOL	25152.42	450054.79	13017.92	49421.23	87221.23
Bottom	Leg 1	0.05	ENVOL	25835.54	1479846.11	11922.79	49523.7	87323.7

### Boundary Element Check (ACI 18.10.6.3, 18.10.6.4)

Station Location	ID	Edge Length (cm)	Governing Combo	$P_u$ kgf	$M_u$ kgf-cm	Stress Comp kgf/cm <sup>2</sup>	Stress Limit kgf/cm <sup>2</sup>	C Depth cm	C Limit cm
Top-Left	Leg 1	Not Required	ENVOL	70335.83	450054.79	10.22	42		
Top-Right	Leg 1	Not Required	ENVOL	70335.83	450054.79	13.22	42		
Bottom-Left	Leg 1	Not Required	ENVOL	85614.06	1479846.11	9.34	42		
Bottom-Right	Leg 1	Not Required	ENVOL	85614.06	1479846.11	19.2	42		

## Placa entre los ejes 4-4 y 5-5

### Pier Details

Story ID	Pier ID	Centroid X (cm)	Centroid Y (cm)	Length (cm)	Thickness (cm)	LLRF
piso 2	P8	0	150	300	20	0.73

### Material Properties

$E_c$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	$f'_c$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	Lt.Wt Factor (Unitless)	$f_y$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	$f_{ys}$ (kgf/cm <sup>2</sup> )
218819.79	210	1	4200	4200

### Design Code Parameters

$\Phi_T$	$\Phi_C$	$\Phi_V$	$\Phi_V$ (Seismic)	$IP_{MAX}$	$IP_{MIN}$	$P_{MAX}$
0.9	0.65	0.75	0.6	0.04	0.0025	0.8

### Pier Leg Location, Length and Thickness

Station Location	ID	Left X <sub>1</sub> cm	Left Y <sub>1</sub> cm	Right X <sub>2</sub> cm	Right Y <sub>2</sub> cm	Length cm	Thickness cm
Top	Leg 1	0	0	0	300	300	20
Bottom	Leg 1	0	0	0	300	300	20

### Flexural Design for $P_u$ , $M_{u2}$ and $M_{u3}$

Station Location	Required Rebar Area (cm <sup>2</sup> )	Required Reinf Ratio	Current Reinf Ratio	Flexural Combo	$P_u$ kgf	$M_{u2}$ kgf-cm	$M_{u3}$ kgf-cm	Pier $A_g$ cm <sup>2</sup>
Top	15	0.0025	0.003	ENVOL	63569.74	-380017.2	-485460.22	6000
Bottom	15	0.0025	0.003	ENVOL	71611.78	181051.65	-980312.77	6000

### Shear Design

Station Location	ID	Rebar cm <sup>2</sup> /cm	Shear Combo	$P_u$ kgf	$M_u$ kgf-cm	$V_u$ kgf	$\Phi V_c$ kgf	$\Phi V_n$ kgf
Top	Leg 1	0.05	ENVOL	33786.7	651002.18	5557.58	50713.37	88513.37
Bottom	Leg 1	0.05	ENVOL	38395.61	1485448.32	6289.14	51407.71	89207.71

### Boundary Element Check (ACI 18.10.6.3, 18.10.6.4)

Station Location	ID	Edge Length (cm)	Governing Combo	$P_u$ kgf	$M_u$ kgf-cm	Stress Comp kgf/cm <sup>2</sup>	Stress Limit kgf/cm <sup>2</sup>	C Depth cm	C Limit cm
Top-Left	Leg 1	Not Required	ENVOL	63569.74	651002.18	8.42	42		
Top-Right	Leg 1	Not Required	ENVOL	63569.74	651002.18	12.76	42		
Bottom-Left	Leg 1	Not Required	ENVOL	71611.78	1485448.32	6.98	42		
Bottom-Right	Leg 1	Not Required	ENVOL	71611.78	1485448.32	16.89	42		

## Placa entre los ejes A-A y B-B del eje 5-5

Pier Details

Story ID	Pier ID	Centroid X (cm)	Centroid Y (cm)	Length (cm)	Thickness (cm)	LLRF
plsa 1	P11	750	2000	300	20	1

Material Properties

$E_c$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	$f'_c$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	Lt.Wt Factor (Unitless)	$f_y$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	$f_{yk}$ (kgf/cm <sup>2</sup> )
218819.79	210	1	4200	4200

Design Code Parameters

$\phi_t$	$\phi_c$	$\phi_v$	$\phi_s$ (Seismic)	$IP_{MAX}$	$IP_{MIN}$	$P_{MAX}$
0.9	0.65	0.75	0.6	0.04	0.0025	0.8

Pier Leg Location, Length and Thickness

Station Location	ID	Left X <sub>1</sub> (cm)	Left Y <sub>1</sub> (cm)	Right X <sub>2</sub> (cm)	Right Y <sub>2</sub> (cm)	Length (cm)	Thickness (cm)
Top	Leg 1	600	2000	900	2000	300	20
Bottom	Leg 1	600	2000	900	2000	300	20

Flexural Design for P, M<sub>1</sub> and M<sub>2</sub>

Station	D/C	Flexural	P <sub>u</sub> (kgf)	M <sub>1,2</sub> (kgf-cm)	M <sub>3</sub> (kgf-cm)
Top	0.104	ENVOL	11125.58	5940.16	-2714737.69
Bottom	0.202	ENVOL	12716.3	33117.94	-4344119.8

Shear Design

Station Location	ID	Rebar (cm <sup>2</sup> /cm)	Shear Combo	P <sub>u</sub> (kgf)	M <sub>u</sub> (kgf-cm)	V <sub>u</sub> (kgf)	$\phi V_c$ (kgf)	$\phi V_e$ (kgf)
Top	Leg 1	0.05	ENVOL	11125.58	1754831.27	14427.85	47317.2	85117.2
Bottom	Leg 1	0.05	ENVOL	12716.3	3164532.72	12713.46	47555.81	85355.81

Boundary Element Check (ACI 18.10.6.3, 18.10.6.4)

Station Location	ID	Edge Length (cm)	Governing Combo	P <sub>u</sub> (kgf)	M <sub>u</sub> (kgf-cm)	Stress Comp (kgf/cm <sup>2</sup> )	Stress Limit (kgf/cm <sup>2</sup> )	C Depth (cm)	C Limit (cm)
Top-Left	Leg 1	Not Required	ENVOL	48167.44	1754831.27	2.18	42		
Top-Right	Leg 1	Not Required	ENVOL	48167.44	1754831.27	13.88	42		
Bottom-Left	Leg 1	Not Required	ENVOL	57029.19	3164532.72	-1.04	42		
Bottom-Right	Leg 1	Not Required	ENVOL	57029.19	3164532.72	20.05	42		

## Placa entre los ejes A-A y B-B del eje 2-2

### Pier Details

Story ID	Pier ID	Centroid X (cm)	Centroid Y (cm)	Length (cm)	Thickness (cm)	LLRF
piso 1	P1	722.5	540	355	20	0.636

### Material Properties

$E_c$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	$f'_c$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	Lt.Wt Factor (Unitless)	$f_y$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	$f_{ys}$ (kgf/cm <sup>2</sup> )
218819.79	210	1	4200	4200

### Design Code Parameters

$\Phi_T$	$\Phi_C$	$\Phi_V$	$\Phi_V$ (Seismic)	$IP_{MAX}$	$IP_{MIN}$	$P_{MAX}$
0.9	0.65	0.75	0.6	0.04	0.0025	0.8

### Pier Leg Location, Length and Thickness

Station Location	ID	Left X <sub>1</sub> cm	Left Y <sub>1</sub> cm	Right X <sub>2</sub> cm	Right Y <sub>2</sub> cm	Length cm	Thickness cm
Top	Leg 1	545	540	900	540	355	20
Bottom	Leg 1	545	540	900	540	355	20

### Flexural Design for P, M<sub>2</sub> and M<sub>3</sub>

Station	D/C	Flexural	P <sub>u</sub> kgf	M <sub>u2</sub> kgf-cm	M <sub>u3</sub> kgf-cm
Top	0.375	ENVOL	44606.88	287834.74	-12429443.48
Bottom	0.596	ENVOL	49559.1	412981.4	-18523984.79

### Shear Design

Station Location	ID	Rebar cm <sup>2</sup> /cm	Shear Combo	P <sub>u</sub> kgf	M <sub>u</sub> kgf-cm	V <sub>u</sub> kgf	$\Phi V_c$ kgf	$\Phi V_n$ kgf
Top	Leg 1	0.05	ENVOL	44606.88	6545177.58	51084.17	60708.26	105438.26
Bottom	Leg 1	0.05	ENVOL	49559.1	11472493.33	36424.32	61451.1	106181.1

### Boundary Element Check (ACI 18.10.6.3, 18.10.6.4)

Station Location	ID	Edge Length (cm)	Governing Combo	P <sub>u</sub> kgf	M <sub>u</sub> kgf-cm	Stress Comp kgf/cm <sup>2</sup>	Stress Limit kgf/cm <sup>2</sup>	C Depth cm	C Limit cm
Top-Left	Leg 1	45.477	ENVOL	120107.24	-12429443.48	46.5	42	80.977	78.889
Top-Right	Leg 1	45.477	ENVOL	120107.24	6545177.58	32.5	42	80.977	78.889
Bottom-Left	Leg 1	50.103	ENVOL	137410.64	-18523984.79	63.45	42	85.603	78.889
Bottom-Right	Leg 1	50.103	ENVOL	137410.64	11472493.33	48.66	42	85.603	78.889

## **DISEÑO DE LOSA**

### **Losa aligerada unidireccional dirección X-X de 20 cm**

Dadas las amplias luces que presenta el diseño estructural, se ha decidido establecer un peralte de 20 cm para las vigas. Este peralte se selecciona con el fin de asegurar la rigidez y la capacidad de carga necesarias para soportar las sollicitaciones que se generarán en la estructura. Posteriormente, se procederá a calcular el área de acero requerida para esta sección, teniendo en cuenta las cargas aplicadas, las condiciones de servicio y los requisitos de diseño según las normativas vigentes.

El cálculo del acero no solo incluirá la determinación de la cantidad necesaria para resistir las tensiones de compresión y tracción, sino también la consideración de factores como la esbeltez de la viga y los momentos flectores que se producirán en las luces largas. Esta evaluación es crucial para garantizar que la viga pueda cumplir con los criterios de seguridad y funcionalidad, así como para optimizar el uso de materiales, asegurando un diseño eficiente y económico.

**DISEÑO DE LOSA ALIGERADA****PROPIEDADES DE LA LOSA**

Resistencia a la compresión del concreto: $f_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	210
Fluencia del Acero: $f_y$ (kg/cm <sup>2</sup> )	4200
Espesor de la losa rígida: $e$ (cm)	5
Altura de la losa: $h$ (cm)	20
Ancho de Vigueta: $b_w$ (cm)	10
Peralte efectivo de la losa aligerada: $d$ (cm)	17.5
Separación de Viguetas de eje a eje (cm)	40
Factor de relación $\beta_1 = c/a$	0.850
Acero Mínimo: $A_{s,min} = 0.7\sqrt{f_c}/f_y \cdot b \cdot d$ (cm <sup>2</sup> )	0.42

**CARGAS DE GRAVEDAD EN LA LOSA (PARA ANCHO DE VIGUETA)**

CARGAS MUERTAS: CM (T/m <sup>2</sup> )	<b>0.15</b>
Peso del ladrillo (T/m <sup>2</sup> )	0.07
Peso de piso terminado (T/m <sup>2</sup> )	0.10
Peso de tabiquería existente (T/m <sup>2</sup> )	0.15
Equipamiento (T/m <sup>2</sup> )	0.05
CARGA VIVA	<b>0.08</b>
Sobrecarga de acuerdo al uso u ocupación	0.20
TABIQUERIA EXISTENTE TRANSVERSAL (T)	<b>0.19</b>

**DISEÑO POR FLEXION**

Momento Último: $M_u$ (T.m)	0.59
Factor de Seguridad por flexión: $\phi$	0.90
Profundidad del bloque de compresión: $a = d - \sqrt{d^2 - 2 \cdot M_u / (\phi \cdot 0.85 \cdot f_c \cdot b_w)}$ (cm)	2.24
Acero requerido: $A_{s,req} = M_u / \phi \cdot f_y \cdot (d - a/2)$ (cm <sup>2</sup> )	0.95
<u>Requerimiento de Bastones (Zona de Análisis)</u>	
Acero colocado en la zona de análisis: $A_{s,col}$ (cm <sup>2</sup> )	1.27
Díametro máximo del acero longitudinal: $D_b \max$ (cm)	1.91
Díametro mínimo del acero longitudinal: $D_b \min$ (cm)	0.95
Profundidad del bloque de compresión: $a = A_{s,col} \cdot f_y / 0.85 \cdot f_c \cdot b_w$ (cm)	5.98
Momento Resistente del Acero: $M_r = \phi \cdot A_{s,col} \cdot f_y \cdot (d - a/2)$ (T.m)	0.34
Longitud del Punto de Inflexión en la zona de Análisis: $L_p$ (cm)	67.50
Longitud del baston en la Zona de Análisis $L_b = L_p + \max(l_n/16; 12d_b \max; d)$ (cm)	90.42

**1Ø1/2"****VERIFICACION POR CORTANTE**

Resistencia al corte requerida (Fuerza de Corte Mayorada): $V_u$	OK
Resistencia al corte proporcionada por el concreto: $V_c = 0.53 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d$ (Ton)	1.34

**ACERO POR TEMPERATURA**

Cuantía mínima de refuerzo por temperatura: $\rho_{s,min,temp}$	0.0018
Area de acero mínimo de refuerzo por temperatura: $A_{s,min,temp}$ (cm <sup>2</sup> )	0.90
Area de acero a colocar en refuerzo por temperatura - 6mm	0.28
Separación entre refuerzos por temperatura: $S_{max} = A_{s,col} / A_{s,req}$ (cm)	31.00

**1Ø6mm" @ 0.30**

# DISEÑO DE ESCALERA

## Diseño de escalera tipo 1

### DISEÑO DE ESCALERA 1 TRAMO 1

#### PROPIEDADES DE LA LOSA

Resistencia a la compresión del concreto: $f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	210
Fluencia del Acero: $f_y$ (kg/cm <sup>2</sup> )	4200
Espesor de la losa inclinada: $e_i$ (m)	0.175
Ancho del Escalera: $b$ (m)	1.200
Peralte efectivo del descanso: $d$ (m)	0.150

#### CARGAS DE GRAVEDAD EN EL TRAMO INCLINADO

CARGAMUERTA: $CM = PP + PA$ (kg/m)	<b>624</b>
Peso propio: $PP = e_i \cdot b \cdot 2400$ (kg/m)	504
Peso de acabados: $PA = 100 \text{ kg/m}^2 \cdot b$ (kg/m)	120
CARGA VIVA	<b>200</b>
Sobrecarga en escaleras de acuerdo al tipo de edificación: $S/C \cdot b$ (kg/m)	200
Combinación de carga de gravedad Amplificada: $W_u = 1.4CM + 1.7CV$ (Ton)	<b>1.214</b>

#### DISEÑO POR FLEXION

Momento Último Máximo: $M_u(+)$ (T.m)	3.45
Momento Último Máximo DE DISEÑO POSITIVO: $M(+) = \xi \cdot M_u(+)$ máx (T.m)	3.45
Factor de Seguridad por flexión: $\phi$	0.90
Profundidad del bloque de compresión: $a = d - \sqrt{d^2 - 2 \cdot M_u / (\phi \cdot 0.85 \cdot f'c \cdot b \cdot w)}$ (cm)	1.24
Acero requerido: $A_s(+)\text{req} = M_u / \phi \cdot f_y \cdot (d - a/2)$ (cm <sup>2</sup> )	6.35
Area de acero a colocar en zona inferior: $1\phi 1/2"$	1.29
Separación entre refuerzos por temperatura: $S_{\text{max}} = A_s, \text{col} / A_s, \text{req}$ (cm)	24
Momento Último Máximo DE DISEÑO NEGATIVO: $M(-) = 1/2 \cdot M_u(+)$ máx (T.m)	1.73
Factor de Seguridad por flexión: $\phi$	0.90
Profundidad del bloque de compresión: $a = d - \sqrt{d^2 - 2 \cdot M_u / (\phi \cdot 0.85 \cdot f'c \cdot b \cdot w)}$ (cm)	0.61
Acero requerido: $A_s(+)\text{req} = M_u / \phi \cdot f_y \cdot (d - a/2)$ (cm <sup>2</sup> )	3.11
Area de acero a colocar en zona superior: $1\phi 3/8"$	0.71
Separación entre refuerzos por temperatura: $S_{\text{max}} = A_s, \text{col} / A_s, \text{req}$ (cm)	27

**REFUERZO SUPERIOR LONGITUDINAL:  $1\phi 3/8"$  @ 0.30**

**REFUERZO INFERIOR LONGITUDINAL:  $1\phi 1/2"$  @ 0.30**

#### ACERO POR TEMPERATURA

Cuantía mínima de refuerzo por temperatura: $\rho_{s\text{mín,temp}}$	0.0018
Area de acero mínimo de refuerzo por temperatura: $A_{s\text{mín,temp}} = \rho_{s\text{mín,temp}} \cdot 100 \cdot d$ (cm <sup>2</sup> )	2.7
Area de acero a colocar en refuerzo por temperatura - $1\phi 1/2"$	1.29
Separación entre refuerzos por temperatura: $S_{\text{max}} = A_s, \text{col} / A_s, \text{req}$ (cm)	47

**REFUERZO SUPERIOR TRANSVERSAL:  $1\phi 1/2"$  @ 0.30**

**REFUERZO INFERIOR TRANSVERSAL:  $1\phi 1/2"$  @ 0.30**

#### VERIFICACION POR CORTANTE

Resistencia al corte requerida (Fuerza de Corte Mayorada): $V_u$ (Ton)	2.90
Resistencia al corte proporcionada por el concreto: $V_c = 0.53 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d$ (Ton)	13.82

**DISEÑO DE ESCALERA 1 TRAMO 2****PROPIEDADES DE LA LOSA**

Resistencia a la compresión del concreto: $f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	210
Fluencia del Acero: $f_y$ (kg/cm <sup>2</sup> )	4200
Espesor de la losa inclinada : $e_i$ (m)	0.175
Ancho del Escalera: $b$ (m)	1.200
Peralte efectivo del descanso: $d$ (m)	0.150

**CARGAS DE GRAVEDAD EN EL TRAMO INCLINADO**

CARGAMUERTA: $CM = PP+PA$ (kg/m)	<b>624</b>
Peso propio: $PP = e_i*b*2400$ (kg/m)	504
Peso de acabados: $PA = 100 \text{ kg/m}^2 * b$ (kg/m)	120
CARGA VIVA	<b>200</b>
Sobrecarga en escaleras de acuerdo al tipo de edificación: $S/C*b$ (kg/m)	200
Combinación de carga de gravedad Amplificada: $W_u = 1.4CM+1.7CV$ (Ton)	<b>1.214</b>

**DISEÑO POR FLEXION**

Momento Último Máximo: $M_u(+)$ (T.m)	3.25
Momento Último Máximo DE DISEÑO POSITIVO : $M(+)$ = $\xi \cdot M_u(+)$ máx (T.m)	3.25
Factor de Seguridad por flexión: $\phi$	0.90
Profundidad del bloque de compresión : $a = d - \sqrt{d^2 - 2*M_u / (\phi * 0.85 * f'c * b * w)}$ (cm)	1.17
Acero requerido: $A_s(+)\text{req} = M_u / \phi * f_y * (d - a / 2)$ (cm <sup>2</sup> )	5.96
Area de acero a colocar en zona inferior: $1\phi 1/2"$	1.29
Separación entre refuerzos por temperatura: $S_{max} = A_s, \text{col} / A_s, \text{req}$ (cm)	25
Momento Último Máximo DE DISEÑO NEGATIVO : $M(-)$ = $1/2 \cdot M_u(+)$ máx (T.m)	1.63
Factor de Seguridad por flexión: $\phi$	0.90
Profundidad del bloque de compresión : $a = d - \sqrt{d^2 - 2*M_u / (\phi * 0.85 * f'c * b * w)}$ (cm)	0.57
Acero requerido: $A_s(+)\text{req} = M_u / \phi * f_y * (d - a / 2)$ (cm <sup>2</sup> )	2.92
Area de acero a colocar en zona superior: $1\phi 3/8"$	0.71
Separación entre refuerzos por temperatura: $S_{max} = A_s, \text{col} / A_s, \text{req}$ (cm)	29

**REFUERZO SUPERIOR LONGITUDINAL: 1Ø3/8" @ 0.30****REFUERZO INFERIOR LONGITUDINAL: 1Ø1/2" @ 0.30****ACERO POR TEMPERATURA**

Cuantía mínima de refuerzo por temperatura: $\rho_{s \text{ mín, temp}}$	0.0018
Area de acero mínimo de refuerzo por temperatura: $A_{s \text{ mín, temp}} = \rho_{s \text{ mín, temp}} * 100 * d$ (cm <sup>2</sup> )	2.7
Area de acero a colocar en refuerzo por temperatura - $1\phi 1/2"$	1.29
Separación entre refuerzos por temperatura: $S_{max} = A_s, \text{col} / A_s, \text{req}$ (cm)	47

**REFUERZO SUPERIOR TRANSVERSAL: 1Ø1/2" @ 0.30****REFUERZO INFERIOR TRANSVERSAL: 1Ø1/2" @ 0.30****VERIFICACION POR CORTANTE**

Resistencia al corte requerida (Fuerza de Corte Mayorada) : $V_u$ (Ton)	2.90
Resistencia al corte proporcionada por el concreto: $V_c = 0.53 * \sqrt{f'c} * b * d$ (Ton)	13.82

OK

## Diseño de escalera tipo 2

### DISEÑO DE ESCALERA 2

#### PROPIEDADES DE LA LOSA

Resistencia a la compresión del concreto: $f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	210
Fluencia del Acero: $f_y$ (kg/cm <sup>2</sup> )	4200
Espesor de la losa inclinada: $e_i$ (m)	0.200
Ancho del Escalera: $b$ (m)	1.200
Peralte efectivo del descanso: $d$ (m)	0.175

#### CARGAS DE GRAVEDAD EN EL TRAMO INCLINADO

CARGAMUERTA: $CM = PP+PA$ (kg/m)	<b>696</b>
Peso propio: $PP = e_i*b*2400$ (kg/m)	576
Peso de acabados: $PA = 100 \text{ kg/m}^2 * b$ (kg/m)	120
CARGA VIVA	<b>200</b>
Sobrecarga en escaleras de acuerdo al tipo de edificación: $S/C*b$ (kg/m)	200
Combinación de carga de gravedad Amplificada: $W_u = 1.4CM+1.7CV$ (Ton)	<b>1.314</b>

#### DISEÑO POR FLEXIÓN

Momento Último Máximo: $M_u(+)$ (T.m)	3.12
Momento Último Máximo DE DISEÑO POSITIVO: $M(+)=\xi \cdot M_u(+)\text{máx}$ (T.m)	3.12
Factor de Seguridad por flexión: $\phi$	0.90
Profundidad del bloque de compresión: $a=d-\sqrt{d^2-2*M_u/(\phi*0.85*f'c*bw)}$ (cm)	0.95
Acero requerido: $A_s(+)\text{req} = M_u/\phi*f_y*(d-a/2)$ (cm <sup>2</sup> )	4.85
Area de acero a colocar en zona inferior: $1\phi 1/2"$	1.29
Separación entre refuerzos por temperatura: $S_{\text{max}} = A_s, \text{col}/A_s, \text{req}$ (cm)	31
Momento Último Máximo DE DISEÑO NEGATIVO: $M(-) = 1/2 \cdot M_u(+)\text{máx}$ (T.m)	1.56
Factor de Seguridad por flexión: $\phi$	0.90
Profundidad del bloque de compresión: $a=d-\sqrt{d^2-2*M_u/(\phi*0.85*f'c*bw)}$ (cm)	0.47
Acero requerido: $A_s(+)\text{req} = M_u/\phi*f_y*(d-a/2)$ (cm <sup>2</sup> )	2.39
Area de acero a colocar en zona superior: $1\phi 3/8"$	0.71
Separación entre refuerzos por temperatura: $S_{\text{max}} = A_s, \text{col}/A_s, \text{req}$ (cm)	35

**REFUERZO SUPERIOR LONGITUDINAL:  $1\phi 3/8"$  @ 0.30**

**REFUERZO INFERIOR LONGITUDINAL:  $1\phi 1/2"$  @ 0.30**

#### ACERO POR TEMPERATURA

Cuántia mínima de refuerzo por temperatura: $\rho_{\text{smín,temp}}$	0.0018
Area de acero mínimo de refuerzo por temperatura: $A_{\text{smín,temp}} = \rho_{\text{smín,temp}}*100*d$ (cm <sup>2</sup> )	3.2
Area de acero a colocar en refuerzo por temperatura - $1\phi 1/2"$	1.29
Separación entre refuerzos por temperatura: $S_{\text{max}} = A_s, \text{col}/A_s, \text{req}$ (cm)	40

**REFUERZO SUPERIOR TRANSVERSAL:  $1\phi 1/2"$  @ 0.30**

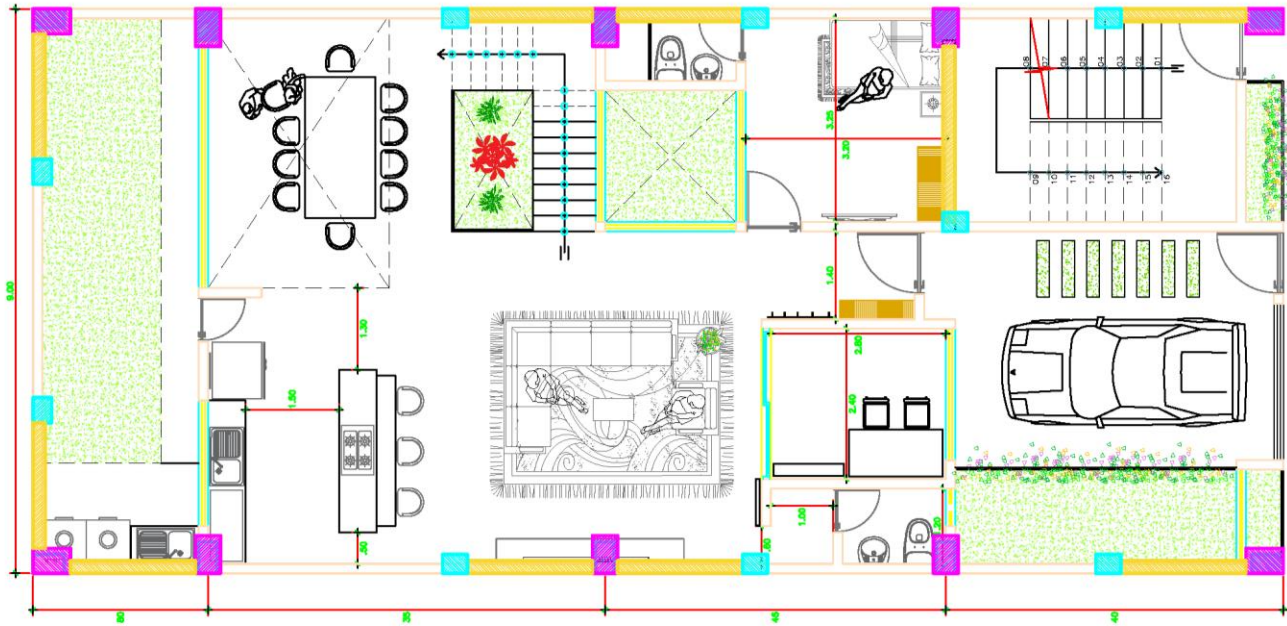
**REFUERZO INFERIOR TRANSVERSAL:  $1\phi 1/2"$  @ 0.30**

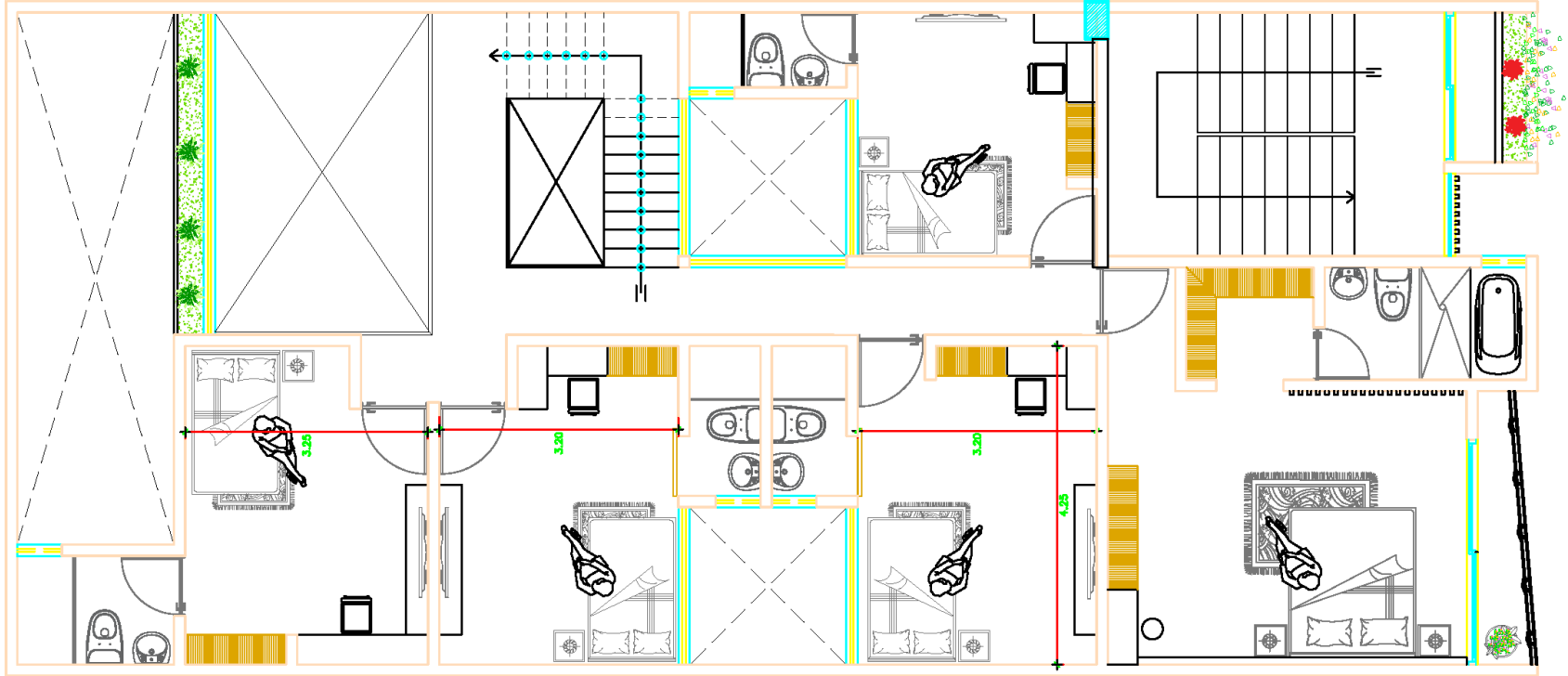
#### VERIFICACION POR CORTANTE

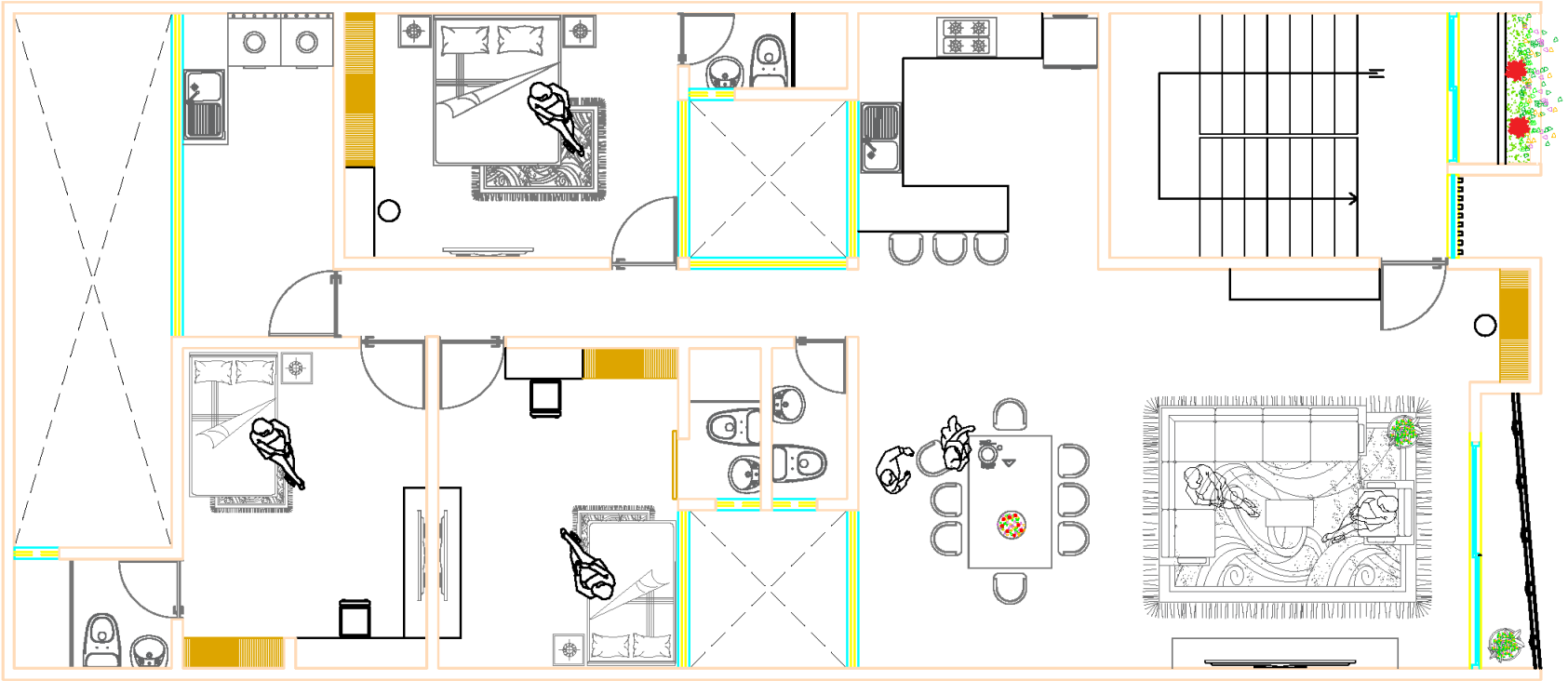
	OK
Resistencia al corte requerida (Fuerza de Corte Mayorada): $V_u$ (Ton)	2.90
Resistencia al corte proporcionada por el concreto: $V_c = 0.53*\sqrt{f'c}*b*d$ (Ton)	16.13

# ANEXO 6

## PLANOS ARQUITECTONICO



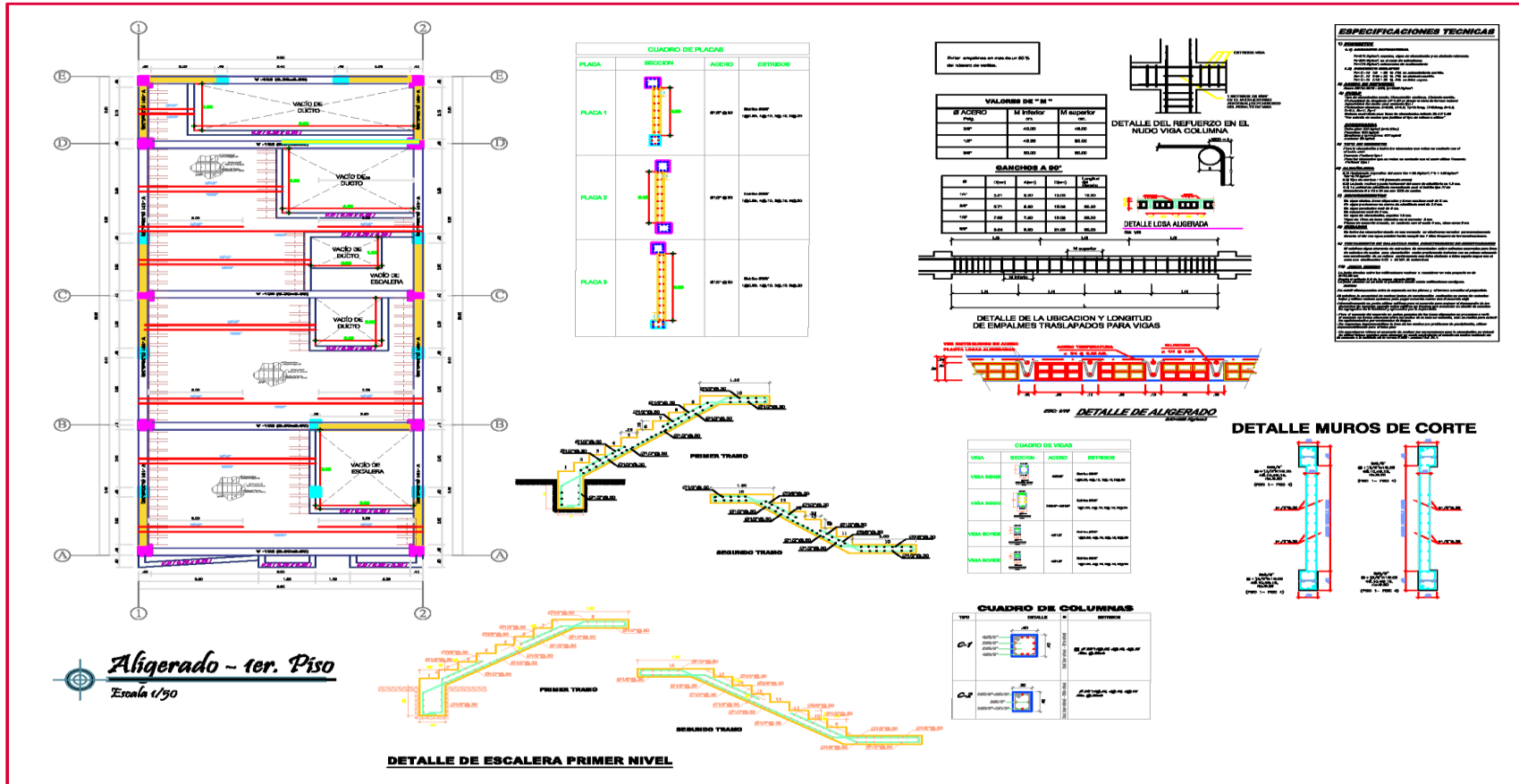


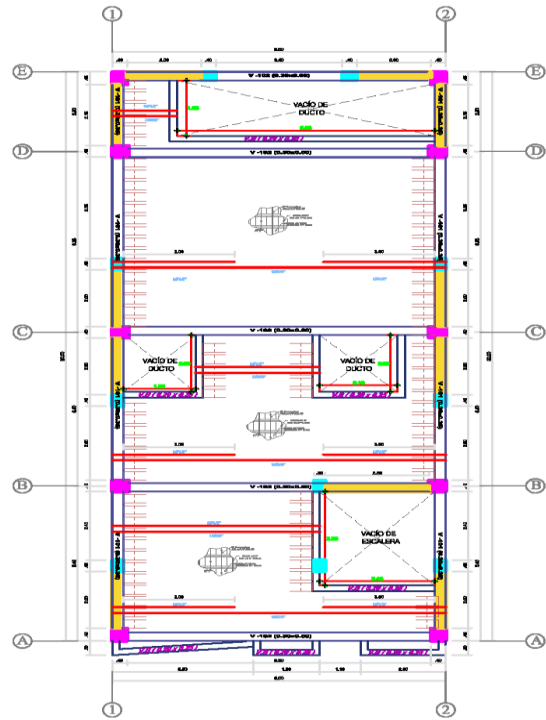


VIVIENDA MULTIFAMILIAR  
ESC. 1/80

# ANEXO 7

## PLANO ESTRUCTURAL DEL PROYECTO





**Aligerado - 2do, 3ero y 4to. Piso**  
Escala 1/50

CUADRO DE PLACAS			
PLACA	RECCION	ACERO	ESTRIBOS
PLACA 1		8/10/125	Barra 8/10 Esp. 100, Esp. 150, Esp. 150
PLACA 2		8/10/125	Barra 8/10 Esp. 100, Esp. 150, Esp. 150
PLACA 3		8/10/125	Barra 8/10 Esp. 100, Esp. 150, Esp. 150

Nota: Emplear un espesor de 80% del Usado en tabla.

VALORES DE "h"		
h ACERO	h RECCION	h SUPORTE
80"	45,00	48,00
120"	48,00	50,00
80"	48,00	50,00

**SANCHOS A 80"**

h	l(2m)	l(3m)	l(4m)	l(5m)
80"	2,21	2,00	2,00	2,00
80"	2,71	2,50	2,50	2,50
120"	2,54	2,50	2,50	2,50
80"	2,54	2,50	2,50	2,50

**DETALLE DEL REFUERZO EN EL NUDO VIGA COLUMNA**

**DETALLE LOSA ALIGERADA**

**DETALLE DE LA UBICACION Y LONGITUD DE EMPALMES TRASLAPADOS PARA VIGAS**

**ESPECIFICACIONES TECNICAS**

**1.0 GENERALIDADES**

1.1 OBJETIVO: Ejecución de los trabajos de construcción de la estructura de concreto armado para el edificio de departamentos.

1.2 ALCANCE: Se incluye el suministro y colocación de todo el material necesario para la ejecución de la estructura de concreto armado, desde el nivel de cimentación hasta el nivel de techo, incluyendo los trabajos de enlucido y pintura de las superficies interiores y exteriores de las paredes y techos.

1.3 MATERIALES: Se utilizará el tipo de concreto y acero especificados en los planos de detalle.

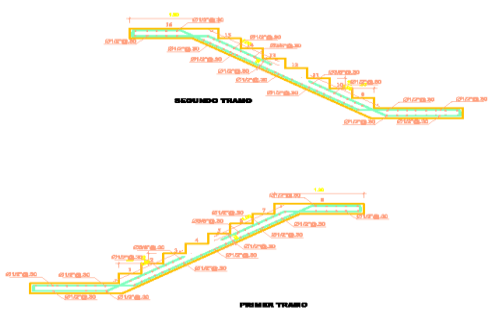
1.4 EJECUCION: Se deberá seguir las especificaciones técnicas de la Norma Ecuatoriana de Estructuras de Concreto Armado (NECE) y las especificaciones técnicas de los fabricantes de los materiales.

1.5 CONTROL DE CALIDAD: Se deberá realizar el control de calidad de los materiales y de los trabajos de construcción, de acuerdo a lo establecido en el presente contrato.

1.6 SEGURIDAD: Se deberá tomar todas las medidas necesarias para garantizar la seguridad de las personas y de las propiedades durante la ejecución de los trabajos.

1.7 PROTECCION DEL AMBIENTE: Se deberá tomar todas las medidas necesarias para proteger el medio ambiente durante la ejecución de los trabajos.

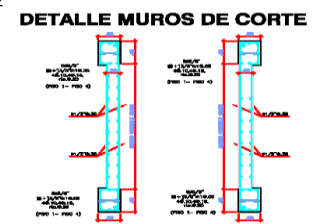
1.8 OTRAS ESPECIFICACIONES: Se deberán seguir las especificaciones técnicas de los fabricantes de los materiales y las especificaciones técnicas de la Norma Ecuatoriana de Estructuras de Concreto Armado (NECE).

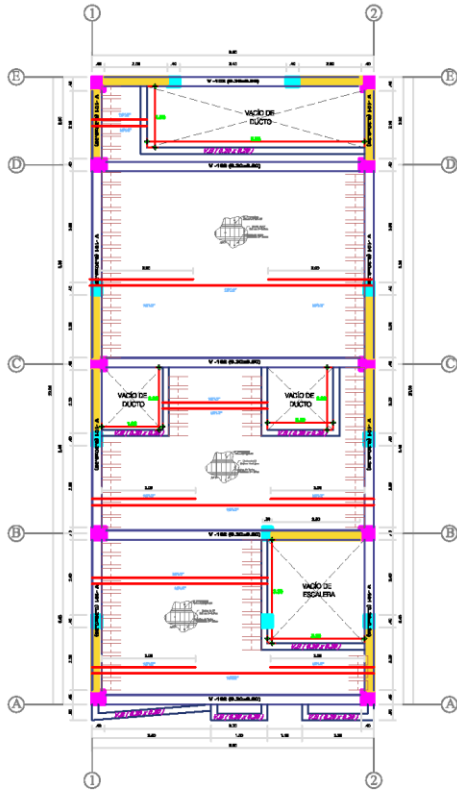


**DETALLE DE ESCALERA 2do, 3ero y 4to NIVEL**

CUADRO DE VIGAS			
VIGA	SECCION	ACERO	ESTRIBOS
VIGA BORDE		8/10/125	Barra 8/10 Esp. 100, Esp. 150, Esp. 150
VIGA INTERNA		8/10/125	Barra 8/10 Esp. 100, Esp. 150, Esp. 150
VIGA BORDE		8/10/125	Barra 8/10 Esp. 100, Esp. 150, Esp. 150
VIGA BORDE		8/10/125	Barra 8/10 Esp. 100, Esp. 150, Esp. 150

CUADRO DE COLUMNAS		
VIGAS	DETALLE	ESTRIBOS
C-1		8/10/125
C-2		8/10/125





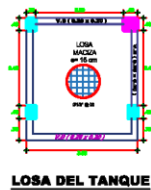
**Aligerado - 5to. Piso**  
Escala 1/50

**CUADRO DE PLACAS**

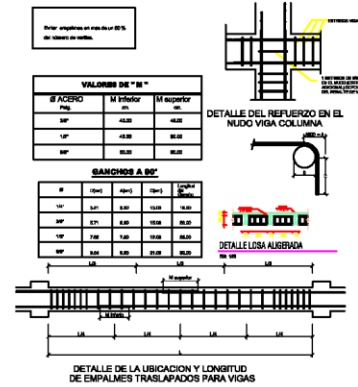
PLACA	SECCION	ACERO	DETALLES
PLACA 1		#10-120	SECCION ACERO EN EL NUDO
PLACA 2		#10-120	SECCION ACERO EN EL NUDO
PLACA 3		#10-120	SECCION ACERO EN EL NUDO



**DETALLE DE ESCALERA 5to NIVEL**



**LOSA DEL TANQUE**



**VALORES DE "S" EN "**

S ACERO	M Mayor	M menor
10"	40.00	40.00
12"	48.00	48.00
14"	56.00	56.00
16"	64.00	64.00

**BANCHOS A 90°**

#	Dist	Dist	Dist	Dist
10"	3.00	3.00	3.00	3.00
12"	3.60	3.60	3.60	3.60
14"	4.20	4.20	4.20	4.20
16"	4.80	4.80	4.80	4.80

**ESPECIFICACIONES TECNICAS**

**1. GENERALIDADES**

1.1. El presente proyecto es un proyecto de obra de construcción de un edificio de departamentos de 5 niveles, con un área total de 1.500 m<sup>2</sup>.

1.2. El presente proyecto es un proyecto de obra de construcción de un edificio de departamentos de 5 niveles, con un área total de 1.500 m<sup>2</sup>.

1.3. El presente proyecto es un proyecto de obra de construcción de un edificio de departamentos de 5 niveles, con un área total de 1.500 m<sup>2</sup>.

1.4. El presente proyecto es un proyecto de obra de construcción de un edificio de departamentos de 5 niveles, con un área total de 1.500 m<sup>2</sup>.

1.5. El presente proyecto es un proyecto de obra de construcción de un edificio de departamentos de 5 niveles, con un área total de 1.500 m<sup>2</sup>.

1.6. El presente proyecto es un proyecto de obra de construcción de un edificio de departamentos de 5 niveles, con un área total de 1.500 m<sup>2</sup>.

1.7. El presente proyecto es un proyecto de obra de construcción de un edificio de departamentos de 5 niveles, con un área total de 1.500 m<sup>2</sup>.

1.8. El presente proyecto es un proyecto de obra de construcción de un edificio de departamentos de 5 niveles, con un área total de 1.500 m<sup>2</sup>.

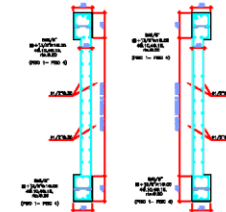
1.9. El presente proyecto es un proyecto de obra de construcción de un edificio de departamentos de 5 niveles, con un área total de 1.500 m<sup>2</sup>.

1.10. El presente proyecto es un proyecto de obra de construcción de un edificio de departamentos de 5 niveles, con un área total de 1.500 m<sup>2</sup>.

**CUADRO DE VIGAS**

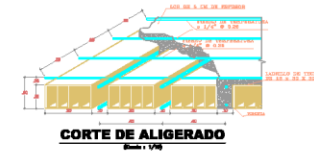
VIGA	SECCION	ACERO	DETALLES
VIGA 1000		#10-120	SECCION ACERO EN EL NUDO
VIGA 1000		#10-120	SECCION ACERO EN EL NUDO
VIGA 1000		#10-120	SECCION ACERO EN EL NUDO
VIGA 1000		#10-120	SECCION ACERO EN EL NUDO

**DETALLE MUROS DE CORTE**

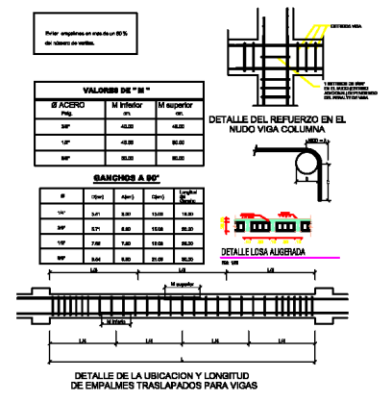
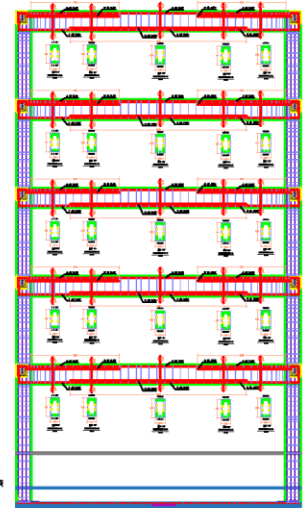
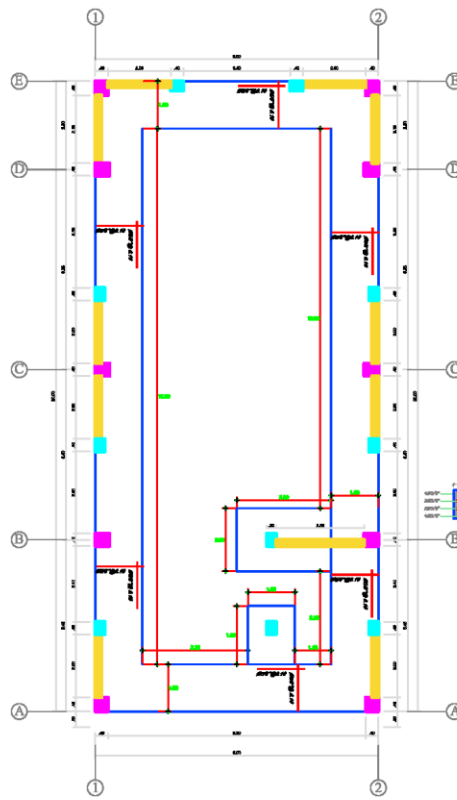


**CUADRO DE COLUMNAS**

CO	SECCION	ACERO	DETALLES
C-1		#10-120	SECCION ACERO EN EL NUDO
C-2		#10-120	SECCION ACERO EN EL NUDO



**CORTE DE ALIGERADO**  
Escala: 1/50



VALORES DE "S"

S ACERO	M. FLEXION	M. COMPRESION
BP	40.00	40.00
UP	40.00	50.00
BP	50.00	50.00

GANCHOS A 90°

M	100%	100%	100%	100%
BP	1.41	1.00	1.00	1.00
BP	1.71	1.00	1.00	1.00
BP	1.71	1.00	1.00	1.00
BP	1.71	1.00	1.00	1.00
BP	1.71	1.00	1.00	1.00

**ESPECIFICACIONES TECNICAS**

1. GENERALIDADES

1.1. El presente proyecto es de tipo...

1.2. El presente proyecto es de tipo...

1.3. El presente proyecto es de tipo...

1.4. El presente proyecto es de tipo...

1.5. El presente proyecto es de tipo...

2. MATERIALES

2.1. El presente proyecto es de tipo...

2.2. El presente proyecto es de tipo...

2.3. El presente proyecto es de tipo...

2.4. El presente proyecto es de tipo...

2.5. El presente proyecto es de tipo...

3. EJECUCION

3.1. El presente proyecto es de tipo...

3.2. El presente proyecto es de tipo...

3.3. El presente proyecto es de tipo...

3.4. El presente proyecto es de tipo...

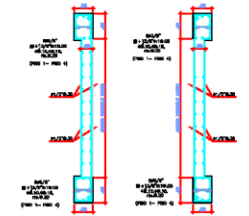
3.5. El presente proyecto es de tipo...



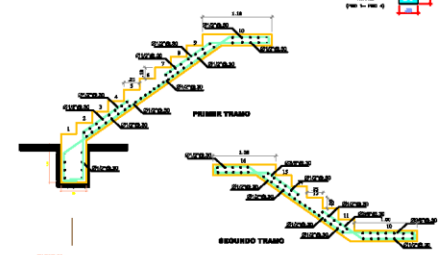
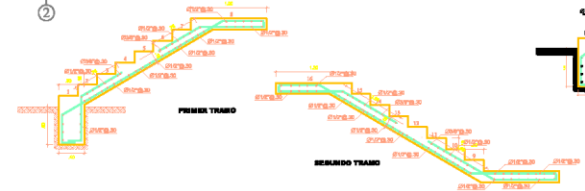
**QUADRO DE VIGAS**

VIGA	SECCION	ACERO	ENTRADA
VIGA 0001	30x30	BP	BP
VIGA 0002	30x30	BP	BP
VIGA 0003	30x30	BP	BP
VIGA 0004	30x30	BP	BP

**DETALLE MUROS DE CORTE**



**Cimentaciones**  
Escala 1/50



**DETALLE DE ESCALERA PRIMER NIVEL**



## ANEXO 8 INSTRUMENTOS

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO					
FICHA DE RECOLECCION DE DATOS					
	<b>TESIS:</b>				
<b>TESISTA:</b>	BACH.				
<b>UBICACIÓN:</b>					
<b>FECHA:</b>					
<b>ENSAYO:</b>	ANÁLISIS GRANULOMETRICO DEL SUELO				
<b>CALICATA:</b>					
<b>NTP:</b>	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				
<b>CAZOLETA</b>					
<b>TOTAL</b>					

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**

	<b>TESIS:</b>				
<b>TESISTA:</b>	<b>BACH.</b>				
<b>UBICACIÓN:</b>					
<b>FECHA:</b>					
<b>ENSAYO:</b>	<b>LÍMITE PLASTICO</b>				
<b>CALICATA:</b>					
<b>NTP:</b>	<b>339.130</b>				
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>M-01</b>	<b>M-02</b>	<b>M-03</b>	<b>M-04</b>	<b>M-05</b>
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)					
<b>LÍMITE PLASTICO (%)</b>					

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/m <sup>3</sup> )					
Peso específico de la muestra seca (gr/m <sup>3</sup> )					
Humedad (%)					

## ANEXO 9

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

#### 1. DATOS GENERALES

Nombre y Apellido del Experto:	CARLOS NIGER VERDE BASILIO
Cargo:	INGENIERO CIVIL
Grado academico:	TITULADO
Tesista:	Acharte Funegra, Arlyn Amarish Arlety
Tesis:	EVALUACION DEL DISEÑO SISMORESISTENTE CON CYPE 3D PARA LA GESTIÓN DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS MULTIFAMILIARES, AMARILIS – HUÁNUCO – 2025

#### 2. ASPECTOS DE LA VALIDACIÓN

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20%	Regular 20-40%	Buena 40-60%	Muy buena 60-80%	Excelente 80-100%	OBSERVACIONES
1. Intencionalidad	El instrumento responde a los objetivos de la investigacion				✘		
2. Objetividad	El instrumento esta expresado en comportamientos observables					✘	
3. Organización	El orden de los items y el area es adecuado					✘	
4. Claridad	El vocabulario es adecuado para los pobladores de la investigacion				✘		
5. Suficiencia	El numero de items propuestos es suficiente para medir la variable				✘		
6. Consistencia	Tiene una base teorica y cientifica que la respalde					✘	
7. Coherencia	Entre el objetivo, problema e hipotesis existe coherencia				✘		
8. Aplicabilidad	Los procedimientos para su aplicación son sencillos					✘	



ING. CARLOS NIGER VERDE BASILIO

## 1. DATOS GENERALES

Nombre y Apellido del Experto:	MOSEIS GROBER GUERRA UTRILLA
Cargo:	INGENIERO CIVIL
Grado academico:	TITULADO
Tesista:	Acharte Funegra, Arlyn Amarish Arlety
Tesis:	EVALUACION DEL DISEÑO SISMORESISTENTE CON CYPE 3D PARA LA GESTIÓN DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS MULTIFAMILIARES, AMARILIS – HUÁNUCO – 2025

## 2. ASPECTOS DE LA VALIDACIÓN

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20%	Regular 20-40%	Buena 40-60%	Muy buena 60-80%	Excelente 80-100%	OBSERVACIONES
1. Intencionalidad	El instrumento responde a los objetivos de la investigación				✗		
2. Objetividad	El instrumento esta expresado en comportamientos observables				✗		
3. Organización	El orden de los items y el area es adecuado				✗		
4. Claridad	El vocabulario es adecuado para los pobladores de la investigación				✗		
5. Suficiencia	El numero de items propuestos es suficiente para medir la variable				✗		
6. Consistencia	Tiene una base teorica y cientifica que la respalde				✗		
7. Coherencia	Entre el objetivo, problema e hipotesis existe coherencia				✗		
8. Aplicabilidad	Los procedimientos para su aplicación son sencillos					✗	

  
 Moises Grober Guerra Utrilla  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 77008

ING. MOSEIS GROBER GUERRA UTRILLA

## 1. DATOS GENERALES

Nombre y Apellido del Experto:	ING. JOEL LUIS GUARNIZ FLORES
Cargo:	INGENIERO CIVIL
Grado academico:	MAGISTER
Tesista:	Acharte Funegra, Arlyn Amarish Arlety
Tesis:	EVALUACION DEL DISEÑO SISMORESISTENTE CON CYPE 3D PARA LA GESTIÓN DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS MULTIFAMILIARES, AMARILIS – HUÁNUCO – 2025

## 2. ASPECTOS DE LA VALIDACIÓN

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20%	Regular 20-40%	Buena 40-60%	Muy buena 60-80%	Excelente 80-100%	OBSERVACIONES
1. Intencionalidad	El instrumento responde a los objetivos de la investigación				✗		
2. Objetividad	El instrumento esta expresado en comportamientos observables				✗		
3. Organización	El orden de los items y el area es adecuado					✗	
4. Claridad	El vocabulario es adecuado para los pobladores de la investigación				✗		
5. Suficiencia	El numero de items propuestos es suficiente para medir la variable				✗		
6. Consistencia	Tiene una base teorica y cientifica que la respalde				✗		
7. Coherencia	Entre el objetivo, problema e hipotesis existe coherencia				✗		
8. Aplicabilidad	Los procedimientos para su aplicación son sencillos					✗	

**Joel Luis Guariz Flores**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 163302

ING. JOEL LUIS GUARNIZ FLORES