



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“PROPUESTA DE DISEÑO ESTRUCTURAL CON SISTEMA DUAL PARA UN EDIFICIO HEXAGONAL APLICANDO UN SOFTWARE COMPUTACIONAL, TRUJILLO, LA LIBERTAD, 2022”

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Walter Kelvin Guillen Trujillo

Asesor:

Mg. Ing. Gonzalo Hugo Díaz García
<https://orcid.org/0000-0002-3441-8005>

Trujillo - Perú

JURADO CALIFICADOR

Jurado 1	SHEYLA YULIANA CORNEJO RODRIGUEZ	41639360
Presidente(a)	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA	41526075
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	NIXON BRAYAN PECHE MELO	70615775
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

DEDICATORIA

Quisiera dedicar la este proyecto de mi Tesis a mi hijo Alessandro, por ser el motivo de seguir con mis sueños y a mis padres por su constante apoyo. Sus bendiciones y buenos deseos a diario a lo largo de mi carrera profesional me reconfortan y me lleva por el camino del bien. Por eso este trabajo realizado va en retribución al amor de familia que siempre me dan.

AGRADECIMIENTO

Gracias a Nuestro Señor por permitir tener el cariño de mi familia, gracias a mi familia por darme el apoyo en cada paso de mi vida, gracias a todos que creyeron en mí y gracias a mi asesor Mg. Ing. Gonzalo Hugo Díaz García por ser parte de esta investigación y por sus conocimientos brindados en los diferentes cursos que compartí en la universidad.

Tabla de contenido

JURADO CALIFICADOR -----	2
DEDICATORIA-----	3
AGRADECIMIENTO -----	4
TABLA DE CONTENIDO -----	5
ÍNDICE DE TABLAS -----	6
ÍNDICE DE FIGURAS -----	7
RESUMEN -----	9
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN -----	10
1.1. Realidad problemática -----	10
1.2. Formulación del problema -----	18
1.3. Objetivos -----	18
1.4. Hipótesis -----	19
1.5. Justificación -----	20
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA -----	21
CAPÍTULO III: RESULTADOS -----	28
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES -----	48
REFERENCIAS -----	53
ANEXOS -----	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Desplazamientos laterales relativos admisibles	16
Tabla 2 Predimensionamiento de losas aligeradas	28
Tabla 3 Predimensionamiento de vigas.....	28
Tabla 4 Predimensionamiento de columnas	29
Tabla 5 Predimensionamiento de muros estructurales	29
Tabla 6. Parámetros de diseño cortante basal.....	35
Tabla 7 Cálculo de cortante basal	36
Tabla 8 Cálculo de derivas estáticas max.....	37
Tabla 9. Parámetros de diseño espectro	38
Tabla 10 Cortante basal dinámica	39
Tabla 11 Factor de escala sísmica	39
Tabla 12 Cálculo de derivas dinámicas max.	39
Tabla 13 Diseño de acero en vigas.....	40
Tabla 14 Diseño de acero en losa aligerada	40
Tabla 15 Diseño de acero en columnas	41
Tabla 16 Diseño de acero en muros estructurales	41
Tabla 17 Diseño de acero en cimentación.....	42
Tabla 18 Operacionalización de las variables	64
Tabla 19 Matriz de consistencia.....	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Sistema estructural dual.....	16
Figura 2	Torre hexagonal.....	17
Figura 3	Muestra de la zona de estudio.....	22
Figura 4	Secuencia del procedimiento	26
Figura 5	Distribución arquitectónica 1° nivel.....	30
Figura 6	Distribución arquitectónica del 2° al 7° nivel.....	31
Figura 7	Distribución arquitectónica de azotea.....	32
Figura 8.	Cortes y elevaciones de la edificación.....	33
Figura 9	Vista 3D de la Galerías.....	34
Figura 10	Vista 3D de la entrada de la galería.....	34
Figura 11	Distribución de fuerzas sísmicas	36
Figura 12	Cálculo de derivas en Etabs.....	37
Figura 13	Diseño de espectro.....	38
Figura 14.	Diseño de cimentación - edificación hexagonal	43
Figura 15.	Detalles de cimentación - edificación hexagonal	44
Figura 16.	Aligerado del 1 al 7 nivel - edificación hexagonal.....	45
Figura 17.	Aligerado de azoteal - edificación hexagonal.....	46
Figura 18.	Detalle de vigas - edificación hexagonal	47
Figura 19	Instrumento de validación juicio de experto.....	55
Figura 20	Configuración estructural en ETABS.....	57
Figura 21	Colocación de los elementos estructurales	57
Figura 22.	Ubicación de losas en cada paño	57
Figura 23	Asignación de cargas y diafragmas por cada nivel.....	58
Figura 24.	Configuración final y obtención de desplazamientos.....	58
Figura 25	Cortantes y momentos para el diseño de acero.....	58

Figura 26 Ubicación del periodo fundamental – Análisis estático	59
Figura 27 Colocación del factor cortante basal – Análisis estático	59
Figura 28 Cálculo de masas – Análisis estático	59
Figura 29 Cálculo de desplazamientos – análisis estático	60
Figura 30. Definir función espectro y casos de carga – Análisis dinámico	60
Figura 31 Cálculo de cortante dinámica – Análisis dinámico	60
Figura 32 Cálculo de derivas dinámicas en X e Y – Análisis dinámico.....	61
Figura 33 Configuración arquitectónica 3D inicial.....	62
Figura 34 Elevación fachada 3D.....	62
Figura 35 Vista en planta ultimo nivel - azotea	63
Figura 36 Vista 3D de ambientes - azotea	63
Figura 37 Configuración arquitectónica final 3D	63

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo proponer un diseño estructural con sistema dual para una edificación de forma hexagonal, empleando el software Etabs. Se inició con el planteamiento del diseño arquitectónico para una edificación de tipo comercial (Galerías) de siete niveles, a través de planos de distribución, cortes y elevaciones, además del modelamiento en 3D, la cual se proyectó en la Av. Juan Pablo II, Trujillo.

Por otro lado, la metodología de la investigación es de tipo aplicada, con enfoque cuantitativa y diseño no experimental descriptivo. Asimismo, para el diseño estructural se inició con la estructuración y Predimensionamiento, luego se realizó el metrado de cargas según la norma E.020 y modelamiento en el software ETABS para obtener las derivas.

Los resultados obtenidos con respecto a las derivas fueron 0.001879 en X, 0.002626 en Y y una cortante en la base de 686.23 tn. En conclusión, se logró obtener resultados de las derivas máximas de la edificación en X e Y, las cuales fueron menores al límite máximo de 0.007 establecido por la norma E.030, lo que nos indica que la edificación es estable ante un evento sísmico severo.

PALABRAS CLAVES: Diseño estructural, sistema dual, edificación hexagonal, software.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En los últimos años, en el diseño de estructuras de concreto armado se han presentado grandes comportamientos de falla en los elementos principales de las edificaciones, esto como consecuencia que el análisis de diseño sismo resistente no es adecuado a la realidad de la edificación. Ante esta situación, la ingeniería estructural viene desarrollando desde tiempo atrás con una gran variedad de métodos de mejora continua para el diseño estructural de edificaciones, así como también innovadoras propuestas de diseño respecto a la forma de la estructura, considerando que debe ser capaz de brindar estética y seguridad estructural, todo esto con el fin de determinar qué comportamientos presentan y como se puede sacar un mejor provecho frente a situaciones en las que esté presente una acción sísmica.

En la búsqueda de un sistema constructivo adecuado para edificaciones de gran altura, que nos brinde buena rigidez en su estructura y tenga una adecuada respuesta ante eventos sísmicos y cargas externas. Leuro & Quekano (2017) mencionan que el sistema constructivo combinado (Dual) en el cual se tiene presencia de pórticos y muros estructurales ofrece características por medio de las cuales se puede apreciar un alto nivel de rigidez, el cual garantiza que la estructura pueda soportar de una mejor forma las cargas de sismo y viento presentes en su ambiente, también ofrece mejores rendimientos constructivos y comportamientos óptimos de la estructura en comparación con los diferentes tipos de sistemas constructivos que se conocen.

Por otro lado, el avance de la ingeniería estructural no solo se ve reflejado en los métodos de diseño, sino también en las herramientas tecnológicas que utilizamos para modelar las edificaciones. Estrada & Verde (2020) mencionan que los softwares estructurales han aumentado y mejorado totalmente en los últimos años, ya que tenemos una gran variedad de softwares para diferentes tipos de proyectos civiles que se realizará. Uno

de estos softwares es el Etabs, el cual es uno de los programas más comerciales para el diseño y análisis estructural de edificaciones. Esta información fue validada con una encuesta realizada a seis ingenieros expertos en la especialidad de estructuras donde se le pregunta cuales son los softwares estructurales que más utilizan en la actualidad, el cual 83.33% de los encuestado respondieron que utilizan el programa Etabs. A su vez este software es uno de los más usados por los alumnos de pregrados de la carrera de ingeniería civil debido que sus versiones van mejorando a medida que pasen los años, y es por ello que brinda una confiabilidad al estudiante e ingeniero civil para realizar sus diseños estructurales.

Ante el crecimiento de la construcción en diferentes ciudades del Perú respecto de las edificaciones de gran altura y con diseños modernos de diferentes formas estructurales. Ampudia Prudencio, (2021) menciona que el Perú se está transformando en un país con una futura metrópoli. Durante varios años, ha tenido rascacielos, centros comerciales y grandes sedes corporativas. Por ello, se considera a Lima como una ciudad con mucho potencial de crecer verticalmente referente a las edificaciones cuyo uso corresponde a las viviendas y comercio. Esta tendencia también es evidente en el alquiler de departamentos en Lima, lo que se debe a la adopción de nuevas técnicas de construcción. La capital de Perú está ubicada en una zona de terremotos, por lo que los edificios grandes son raros y las leyes y regulaciones circundantes son muy exigentes.

Asimismo, debemos considerar que el Perú está situado geográficamente en el anillo de Fuego del Pacífico el cual es una zona muy propensa al movimiento sísmico. Por lo cual, se debe prever las pérdidas materiales y humanas, es decir, realizando un correcto análisis y diseño estructural sismorresistente de los proyectos de edificaciones venideros, con el fin de cumplir el comportamiento y seguridad estructural en conformidad a la normativa técnica vigente en el Perú, el cual es el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) (Oblitas & Villar, 2020).

Finalmente, en la ciudad de Trujillo las empresas inmobiliarias vienen construyendo diferentes tipos de edificios con gran altura para diversos usos, los más resaltantes son los multifamiliares y comerciales, en los cuales se vienen implementado en su mayoría un sistema constructivo dual. Ante esta creciente, se observa que diferentes avenidas principales como el caso de la Av. Juan Pablo II, que tienen proyección comercial en las que se puede plantear un proyecto como por ejemplo para uso de galerías, considerando que sea una propuesta de diseño moderno e innovador, capaz de brindar estabilidad estructural y sea estéticamente llamativo por la forma de la estructura poco convencional.

1.1.1. Antecedentes de la investigación

A nivel internacional

Leuro & Quekano (2017) en su proyecto de grado *Comportamiento Estructural De Un Edificio En Concreto Reforzado Bajo Un Sistema Estructural Dual, Con Disposición De Muros En Ejes Donde No Comprometen La Arquitectura*, tuvo como objetivo realizar el análisis del comportamiento estructural de un edificio en concreto reforzado, mediante el método de diseño de la fuerza horizontal equivalente (FHE). La metodología de la investigación tuvo un nivel descriptivo de diseño no experimental y consideró como herramienta digital principal para su diseño al software Etabs. Los resultados de desplazamientos fueron 0.5 cm en X y 0.4 cm, un periodo de vibración de 0.51 s y una cortante basal de 528.40 tn. Finalmente, determina que la estructura que tiene mejor respuesta es la estructura 2 con un margen porcentual del 42.15%, además las derivas totales entre pisos cumplen con el 1% requerido según NSR-10 con esta información se determina que no es necesario modificar las secciones de los elementos, debido a que la estabilidad para sismo en dirección X y sismo en dirección Y es favorable para las tres estructuras.

Ortiz (2012), en su investigación titulada *Diseño estructural sismo-resistente de los edificios de departamentos de hormigón armado LIMBURG PLATZ de la ciudad de Quito*, tuvo como objetivo realizar el Estudio Estructural de los Edificios de Departamentos "LIMBURG PLATZ" de la ciudad de Quito para garantizar la seguridad de sus ocupantes. Asimismo, en la investigación predomina lo cuantitativo y está dada por la preferente utilización de los datos numéricos, con un enfoque normativo y de nivel descriptivo. Los resultados de la investigación muestra un periodo de vibración de 0.559 seg, cortante basal de 107.56 tn, Para el sismo en X se tiene una deriva de 0.0009653 y para el sismo en Y se tiene una deriva de 0.0019587. Finalmanete, se demostró con el análisis sísmico dinámico que el diseño más óptimo para las edificaciones trata de uno con sistema dual de concreto armado (Sistema aporticado y placas), concluyendo de tal manera que tal sistema estructural cumple con los requerimientos que establecen las normativas de dicho país.

A nivel Nacional

Ampudia (2021) en su investigación *Diseño en concreto armado de una vivienda multifamiliar de diez niveles con el sistema estructural dual, Miraflores, Lima, 2021*, tuvo como objetivo general realizar el diseño de concreto armado de una vivienda multifamiliar de 10 niveles con el sistema estructural dual. La metodología muestra un tipo de investigación aplicada, con nivel descriptivo y correlacional, con diseño no experimental y los procedimientos que se realizaron en este trabajo incluyen el análisis y diseño estructural de edificios de concreto reforzado de diez pisos sin estacionamientos. Los reaultados muestran que los valores de las derivas inelásticas fueron en la dirección "X" 0.0061 y en la dirección "Y" fue de 0.0026 cumpliendo las consideraciones de la norma E. 030, cuya deriva límite es de 0.007. Llegando a la conclusión que el empleo del sistema dual mejorará la rigidez de la

estructura, Además, se concluyó en esta parte que debe ser necesario el uso de placas (muros de cortes) en ambas direcciones por la cantidad de pisos que tiene este proyecto.

Afuso (2017) en su investigación titulada *Diseño estructural de un edificio de concreto armado de cinco pisos y tres sótanos ubicado en el distrito de Barranco*, tuvo como objetivo analizar y diseñar la estructura de un edificio multifamiliar de concreto armado con tres sótanos y cinco pisos. La metodología muestra un tipo de investigación aplicada, con nivel descriptivo y diseño no experimental correlacional, empleando el software Etabs como herramienta de diseño estructural. Los resultados de la investigación se obtuvo un periodo de diseño de 0.35 seg en X y 0.29 seg en Y, obteniendo una cortante basal de 571.4 ton y deriva máxima de 0.00624 en X y 0.0035 en Y, lo cual cumple con límite de la norma E030. Finalmente, concluye de tal manera que el diseño estructural de la edificación cumplía con los parámetros permitidos dentro de las normas técnicas Peruanas E.020, E.030 y E.060 respectivamente.

Morocho (2016) en su tesis titulada *Diseño estructural de un edificio de concreto armado de siete pisos*, tuvo como objetivo analizar y diseñar una estructura de un edificio de viviendas de concreto armado, ubicado en el distrito Miraflores, provincia de Lima, sobre un terreno plano de 420 m². La metodología que se empleo consta de un tipo de investigación aplicada, con nivel descriptivo y diseño no experimental correlacional, empleando el software SAP 2000 como herramienta de diseño estructural. Los resultados de investigación muestra periodo fundamental de 0.135 seg en X y 0.755 en Y, cuyas deviras máximas son 0.00026 en X y 0.00503 en Y, con una cortante basal de 412.2 tn en X y 218 tn en Y. Concluyendo que el pre-dimensionamiento, los desplazamientos máximos permisibles, el control de

irregularidades y los análisis para el concreto armado están dentro de lo estipulado y recomendado por el reglamento nacional de edificaciones.

A nivel local

Cruz & Azañedo (2020) *Comparación de la respuesta estructural de un módulo educativo de forma hexagonal, con diferentes tipos de respuesta sísmica de suelo, del distrito de Trujillo, La Libertad - 2020*. La presente investigación tuvo como objetivo realizar el modelamiento estructural de un sistema dual de forma hexagonal de un módulo educativo según los parámetros de métodos pedagógicos. La metodología es de tipo no experimental con diseño transversal y nivel explicativo. Los resultados muestra una respuesta estructural del Sistema Dual de forma hexagonal del modelo evaluado la mayor fuerza cortante fue la del suelo blando (S3) con 855.39 Tn, y su máxima deriva fue de 0.0004; así mismo la fuerza dinámica máxima fue de 663.56 Tn y una deriva 0.0004. Finalmente, menciona que se encuentra que, en el análisis Estático según la norma E030, con el tipo de suelo S3 fue mayor en un 38% al de suelo tipo S0 (Roca dura), así como un 10% mayor que la de Suelo rígido (S1) y solo un 5% al de Suelo intermedio (S2). En el análisis Dinámico, las derivas en cada piso obtuvieron las mismas características en porcentaje de 38%, 10% y 5% respectivamente.

1.1.2. Precisiones conceptuales

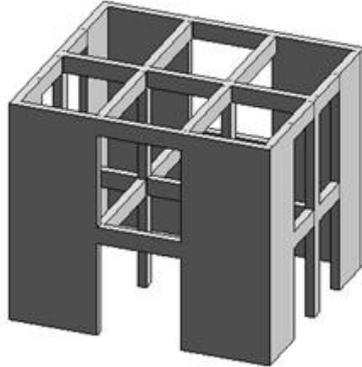
Sistema estructural dual

Es el sistema estructural conformado por pórticos de concreto y muros estructurales empleados para resistir fuerzas laterales, además es uno de los sistemas más usados en nuestro país debido a la zona sísmica en la que nos encontramos.

Según la norma E-030 (2019) “Las acciones sísmicas son resistidas por una combinación de pórticos y muros estructurales. La fuerza cortante que toman los muros es mayor que 20% y menor que 70% del cortante en la base del edificio” (p.14).

Figura 1

Sistema estructural dual



Nota. En la figura 1 se aprecia una edificación con sistema dual, obtenida de (Marín, 2016)

Desplazamientos laterales relativos admisibles

Según NTP E-0.30 (2019), artículo 32 detalla que:

El máximo desplazamiento relativo de entrepiso, no excede la fracción de la altura de entrepiso (distorsión), conforme se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1

Desplazamientos laterales relativos admisibles

Material predominante	(Δ_i / h_{ei})
Concreto Armado	0.007
Acero	0.010
Albañilería	0.005
Madera	0.010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0.005

Nota. En la tabla 1 se aprecia los límites para la distorsión del entrepiso según el tipo de material, obtenido de la NTP E 0.30.

Edificio hexagonal

Los edificios hexagonales son estructuras de concreto armado de grandes dimensiones, las cuales son destinadas por lo general a uso comercial, debido a su forma y concepción estructural que son estéticamente fuera de lo común.

López & Aroca (2017) mencionan El Conjunto Hexagonal y la colonización de las dunas, el cual fue proyectado por Antonio Bonet Castellana en el año 1963. Este proyecto consta de un edificio exento en altura y siete edificios más bajos, todos de planta hexagonal y dimensiones coincidentes, unidos entre sí por una de sus caras, formando una poligonal abierta situada de manera que resguarda el espacio interior de los vientos de levante (predominantes en el lugar) y conformando una estructura estable.

Figura 2

Torre hexagonal



Nota. En la figura 2 se aprecia un edificio de 16 niveles de forma hexagonal destinada a uso multifamiliar, obtenido de (López & Aroca, 2017)

Software Etabs

El Etabs es un programa informático integrado para el diseño y análisis de las estructuras de las edificaciones, cuenta con un interfaz dinámico y sencillo de manejar, el cual facilita el desarrollado del modelamiento y diseño de las estructuras. El Etabs versión 18 tiene una interfaz actualizada, donde sus gráficos tridimensionales juntos con los procedimientos para el modelamiento, diseño y análisis se encuentran integrados dentro de una base de datos en común. Además, es compatible con el Building information Modeling (BIM), el cual es la metodología más usada para la gestión de proyectos (Estrada & Verde, 2020)

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es la propuesta de diseño estructural más apropiado para un edificio hexagonal con un sistema dual aplicando un software computacional en Trujillo, 2022?

1.2.2. Problemas específicos

- ❖ ¿De qué manera se determina la estructuración y predimensionamiento de los elementos estructurales del edificio hexagonal?
- ❖ ¿Cómo se calcula el análisis sísmico del edificio hexagonal aplicando el software Etabs 18?
- ❖ ¿Cuál es la finalidad de formular el diseño de los elementos estructurales del edificio hexagonal y detallarlos mediante planos estructurales?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Diseñar una propuesta estructural con sistema dual para un edificio hexagonal aplicando un software computacional en Trujillo, 2022.

1.3.2. Objetivos específicos

- ❖ Determinar la estructuración y predimensionamiento de los elementos estructurales del edificio hexagonal.
- ❖ Calcular los resultados del análisis sísmico del edificio hexagonal aplicando el software Etabs 18.
- ❖ Formular el diseño de los elementos estructurales del edificio hexagonal para luego detallarlos mediante planos estructurales.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

Diseñar una propuesta estructural aplicando un software computacional, puede optimizar y mejorar el proceso de cálculo para un edificio hexagonal con sistema dual y alcanzar desplazamientos menores a 0.007 establecido por la norma E.030.

1.4.2. Hipótesis específicas

- ❖ Determinar la Estructuración y Predimensionamiento de los elementos estructurales de manera adecuada, mejorará los resultados del análisis sísmico del edificio hexagonal.
- ❖ Calcular el análisis sísmico del edificio hexagonal aplicando el software Etabs 18 ayudará a obtener resultados más precisos de los desplazamientos de la estructura.
- ❖ Formular el diseño de los elementos estructurales y detallar en planos de estructuras, permite un mayor entendimiento del desarrollo del proyecto.

1.5. Justificación

La presente investigación se realizará en la Av. Juan Pablo II en el distrito de Trujillo, provincia Trujillo, departamento de la Libertad, porque es una avenida principal y está en proyección comercial, por lo que se eligió plantear una propuesta de diseño de una edificación de 7 niveles para uso de galerías y tendrá forma hexagonal, la cual será un proyecto llamativo para la población, aprovechando las ventajas que ofrece la zona de estudio como el área y alto tránsito comercial. Asimismo, esta investigación ayudará al desarrollo de futuras investigaciones referente a edificios con esta forma de estructuras, ya que actualmente en Trujillo no encontramos modelos de este tipo de edificaciones.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

2.1.1. Según el propósito

Según el propósito de la investigación es *aplicada*, debido a que se empleó los conocimientos teóricos y estrategias aprendidas en la carrera de ingeniería civil – UPN, los que serán aplicados para llevar a cabo el diseño estructural del edificio hexagonal con sistema estructural dual.

2.1.2. Enfoque de investigación

El enfoque es *cuantitativo*, respecto al manejo de datos en el diseño y evaluación estructural del comportamiento de un edificio hexagonal.

2.1.3. Diseño de la investigación

En la presente investigación se hizo el planteamiento de un diseño *no experimental – transversal descriptivo*, porque la variable no podrá ser manipulada y se analizará los datos en un solo periodo, para describir su comportamiento estructural de la edificación hexagonal.

2.2. Población y muestra

2.2.1. Población

Corresponde a todas las edificaciones con sistema dual de concreto armado de la Av. Juan Pablo II de concreto armado del distrito de Trujillo.

2.2.2. Muestra

Edificación hexagonal con sistema dual de 7 niveles ubicada en la av. Juan Pablo II del distrito de Trujillo. El muestreo proyectado para esta investigación corresponde al muestreo no probabilístico con clasificación por conveniencia, en la

cual se eligió un área de estudio acorde con las necesidades del proyecto, como se muestra a continuación:

Figura 3

Muestra de la zona de estudio



Nota. En la figura 3 se observa la muestra de terreno para el desarrollo del proyecto, con un área de 1100 m², Obtenida de Google Earth Pro.

2.3. Materiales, instrumento y métodos

2.3.1. Materiales

Para el desarrollo de este trabajo de investigación se utilizaron:

- ✓ Laptop, utilizada para hacer uso de los programas de:

AutoCAD 2021, donde se realizaron los planos de arquitectura y estructuras de la edificación hexagonal.

Excel para realizar los cálculos de Predimensionamiento, metrado de cargas, diseño de los elementos estructurales y análisis sísmico.

Etabs para realizar el modelamiento de la edificación.

Word para realizar la redacción del informe del proyecto de tesis.

- ✓ Se utilizó también las normas vigentes del Reglamento Nacional de Edificaciones respecto al diseño estructural para la edificación hexagonal con sistema dual: Norma E-030 de sismorresistencia, Norma E-020 de cargas y Norma E-060 de concreto armado

2.3.2. Instrumento

En esta investigación se desarrollará un proyecto estructural de un edificio hexagonal, la recolección de datos de la presente investigación se hará a través de un levantamiento y registro de datos, para el cual utilizará como instrumento de recolección de datos las *hojas de cálculo, AutoCAD, Sketchup 3D y Etabs 2018*.

2.3.3. Método

El método de diseño se rige en base a la norma E 030 – Diseño Sismorresistente, con referencia al Anexo I (Procedimiento sugerido para la determinación de las acciones sísmicas).

Para la ***Etapa 1 y 2***, mencionan que las acciones sísmicas para el diseño estructural dependen de la zona sísmica (Z), perfil de suelo (S, Tp y TL), uso de la edificación (U), sistema sismo resistente (R), las características dinámicas de la edificación (T,C) y de su peso (P) (Norma E030, 2019).

Para el ***Análisis estructural (Etapa 3 – Capítulo IV)***, se sugiere criterios para la elaboración del modelo matemático de la estructura y se definen los procedimientos de análisis con los siguientes pasos:

- ✓ ***Modelo de análisis (artículo 25)***, donde menciona el desarrollo del modelo matemático de la estructura de concreto armado.
- ✓ ***Estimación del peso (artículo 26)***, en el cual se determina el peso de la edificación (P) para el cálculo de la fuerza sísmica, adicionando a la carga permanente total un porcentaje de la carga viva.

- ✓ *Procedimiento de análisis sísmico (artículos 27 al 30),* donde se consideran dos procedimientos de análisis,

El primero es un análisis estático (artículo 28) y consta de los siguientes pasos:

- Calculo de la cortante basal.
- Determinar el valor de C, con estimación del periodo fundamental (T).
- Determinar la distribución en altura de la fuerza sísmica.
- Aplicar las fuerzas obtenidas en el centro de masas.
- Considerar fuerzas sísmicas verticales

El segundo es el análisis dinámico (artículo 29) y consta de los siguientes pasos:

- Determinar los modos de vibración, sus periodos naturales y sus masas participantes.
- Calcular el espectro inelástico de Pseudo aceleraciones para cada dirección de análisis.
- Considerar excentricidad accidental.
- Determinar la respuesta máxima esperada.
- Considerar fuerzas sísmicas verticales usando un espectro con valores iguales a 2/3 del espectro más crítico para las direcciones horizontales.

Para la validación de la estructura (***Etapa 4***), de acuerdo a los resultados del análisis, se determina si la estructura planteada es válida y se sigue los siguientes pasos:

- ✓ *Revisión de las hipótesis del análisis,* Se procede a revisar los factores de irregularidades, verificando si los valores R se mantienen o son modificados.

- ✓ *Restricciones de irregularidad (artículo 21)*, de existir irregularidades o irregularidades extremas, se debe modificar la estructuración y se repite el análisis hasta lograr un resultado adecuado.
- ✓ *Determinación de desplazamientos laterales (artículo 31)*, se calcularán los desplazamientos laterales de acuerdo a las indicaciones de este numeral.
- ✓ *Distorsión admisible (artículo 32)*, se debe verificar que la distorsión máxima de entrepiso sea menor que los indicado en la tabla N° 11 de la norma.
- ✓ *Separación entre Edificios (artículo 33)*, se determina la separación mínima a otras edificaciones o al límite de propiedad.

El método de análisis de datos estará de acuerdo con las normativas vigentes del Reglamento Nacional De Edificaciones. La naturaleza del método de análisis de datos está ubicada en el método descriptivo y correlacional, también se analizará los resultados de deformaciones obtenidas del análisis sísmico modelado en ETABS. Es por ello, que se clasificará, sistematizará, caracterizará cada uno de los elementos que conforman la estructura del objetivo de investigación.

2.4. Procedimiento

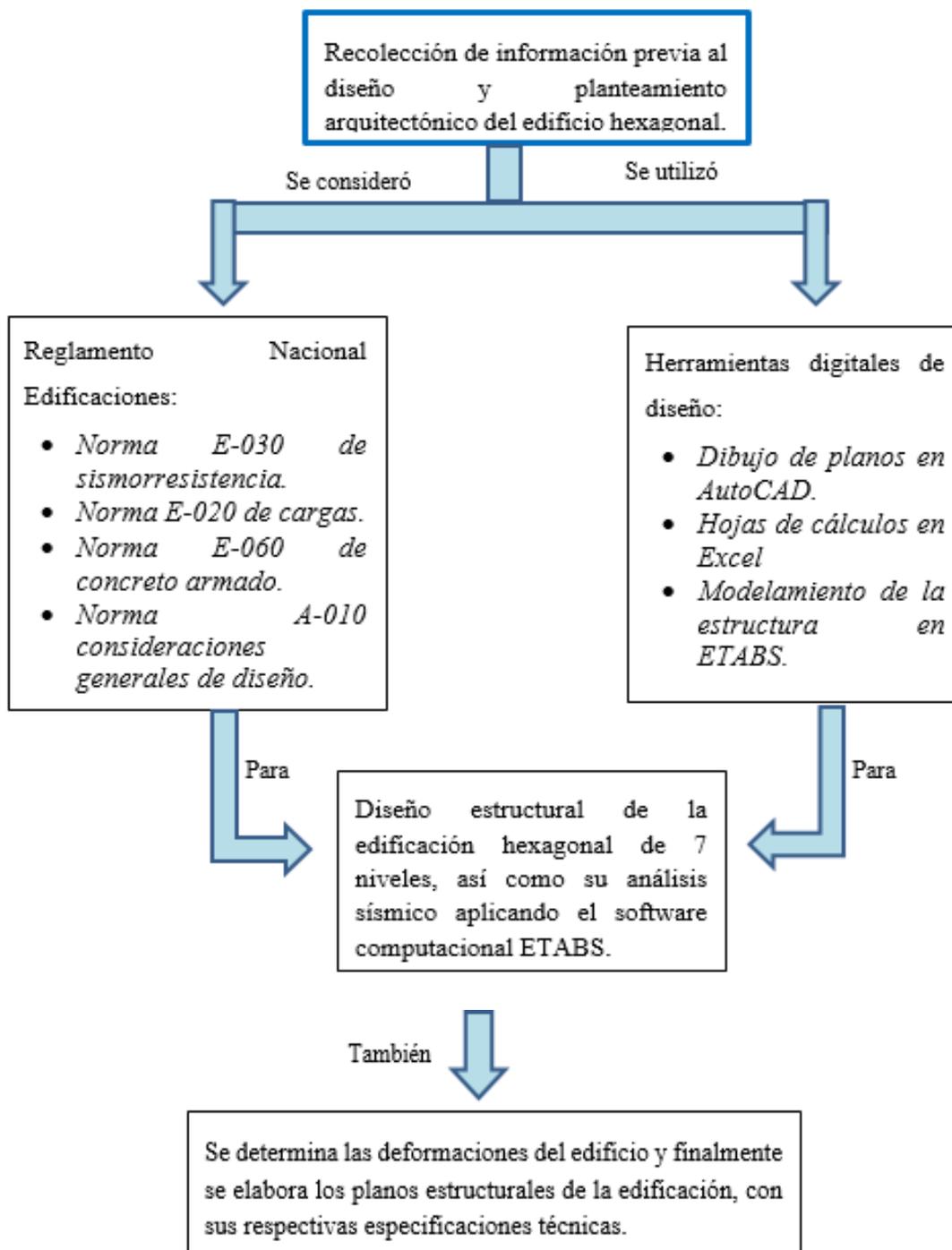
Se empieza con la recolección de toda información referente a la edificación hexagonal, tipo de suelo, diseño de planos arquitectónicos, diseño estructural y análisis sísmico, considerando los requerimientos del Reglamento Nacional de Edificaciones (ver figura 4).

- Estructuración del edificio comercial hexagonal a partir de la arquitectura final.
- Predimensionamiento de los elementos estructurales predefinidos.
- Análisis sísmico que estará compuesto por el Análisis Estático o de fuerzas equivalentes y Análisis Dinámico, según la norma E-030.

- Diseño de los elementos estructurales de la superestructura como vigas, losas, columnas y placas con el Software Etabs 2018.

Figura 4

Secuencia del procedimiento



Nota. En la figura 4 se observa el procedimiento que se lleva a cabo para desarrollar el proyecto, elaboración propia.

2.5. Validación de datos

Los instrumentos utilizados para obtener los resultados de la investigación, así como la base de datos del proyecto serán validados por el Ing. Huber Henry Calderón Sare con CIP 229009, Jefe de proyectos en INCOAC S.A.C. con especialidad en estructuras, el cual tiene años de experiencia diseñando todo tipo de edificaciones en la ingeniería civil, por ello su validación es propia del nivel que quiere dar a este proyecto de investigación, la cual se adjunta en el anexo 1.

2.6. Aspectos éticos

El presente proyecto es un trabajo de elaboración propia, original y motivada por ampliar mis conocimientos en el tema de diseño estructural y sismorresistencia; por ello declaro que no tiene similitud que pueda afectar el desarrollo de la tesis, comprometiéndome a respetar la veracidad de los resultados. Con respecto a la originalidad, en esta investigación se citará las fuentes de información de acuerdo al manual APA 7ma edición, con la finalidad de verificar que no existe plagio.

En la presente investigación se va a respetar íntegramente el Código de Ética de la Investigación de la Universidad Privada del Norte, implementado en la Escuela de Pregrado, referente a la propiedad intelectual y a la consignación de citas de autores y fuentes debidamente referenciadas, en concordancia con los estilos de redacción aprobados por las Unidades de Investigación (Estrada, 2020).

CAPÍTULO III: RESULTADOS

En el siguiente capítulo se muestran los resultados de la propuesta de diseño estructural con respecto a la edificación de tipo hexagonal con sistema dual, de acuerdo a cada objetivo planteado, partiendo desde la propuesta arquitectónica para luego desarrollar la estructuración, Predimensionamiento, diseño estructural y planos de estructuras.

3.1. Predimensionamiento y diseño arquitectónico

3.1.1. Predimensionamiento de los elementos estructurales

Predimensionamiento de losas aligeradas

El espesor obtenido para las losas aligeradas, se uniformizó todos los paños del primer al séptimo nivel fue de 0.20 m como se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 2

Predimensionamiento de losas aligeradas

Elemento	Espesor (m)	Niveles
Losa Aligerada	0.20	1° al 7°

Nota. En la tabla 2 se aprecia el peralte de la losa aligerada obtenido de una luz de 4.5 m, que se utilizará de manera típica para todos los niveles, elaboración propia.

Predimensionamiento de vigas

El predimensionamiento de las vigas se calcularon en diferentes secciones tanto para vigas principales como secundarias, ejes de la edificación, tal y como está en la tabla siguiente:

Tabla 3

Predimensionamiento de vigas

Elementos	Sección (m)	Niveles
Vigas V-P	0.25 x 0.50 m	1° al 7°
Vigas V-S	0.25 x 0.40 m	1° al 7°

Nota. En la tabla 3 se aprecia la sección de las vigas mostradas, que se utilizará de manera típica para todos los niveles, elaboración propia.

Predimensionamiento de columnas

Para el cálculo de Predimensionamiento de las columnas, se eligieron las columnas con áreas tributarias más críticas y se consideró las secciones de las columnas de acuerdo a la arquitectura presentada, por ello se presenta las siguientes secciones:

Tabla 4

Predimensionamiento de columnas

Elementos	Sección (m)	Niveles
Columna C-1	0.40 x 0.60 m	1° al 7°
Columna C-2	0.40 x 0.60 m	1° al 7°
Columna C-3	0.40 x 0.60 m	1° al 7°
Columna C-4	D = 0.60 m	1° al 7°

Nota. En la tabla 4 se aprecia la sección de las columnas mostradas, que se utilizará de manera típica para todos los niveles de la edificación, elaboración propia.

Predimensionamiento de muros estructurales

Para el cálculo de Predimensionamiento de muros estructurales, se considero en base a la altura del muro (H) y que el ancho mínimo $t = 15\text{cm}$, por ello se presenta las siguientes secciones:

Tabla 5

Predimensionamiento de muros estructurales

Elementos	Espesor (m)	Niveles
Muro estructural M-1	0.25	1°
Muro estructural M-2	0.20	2° al 7°

Nota. Se utilizará un ancho de 25 cm para el primer nivel y 20 cm para los demás niveles de la edificación, siguiendo el criterio de norma E 060 (ancho placa 1° piso > pisos superiores), elaboración propia.

3.1.2. Diseño arquitectónico

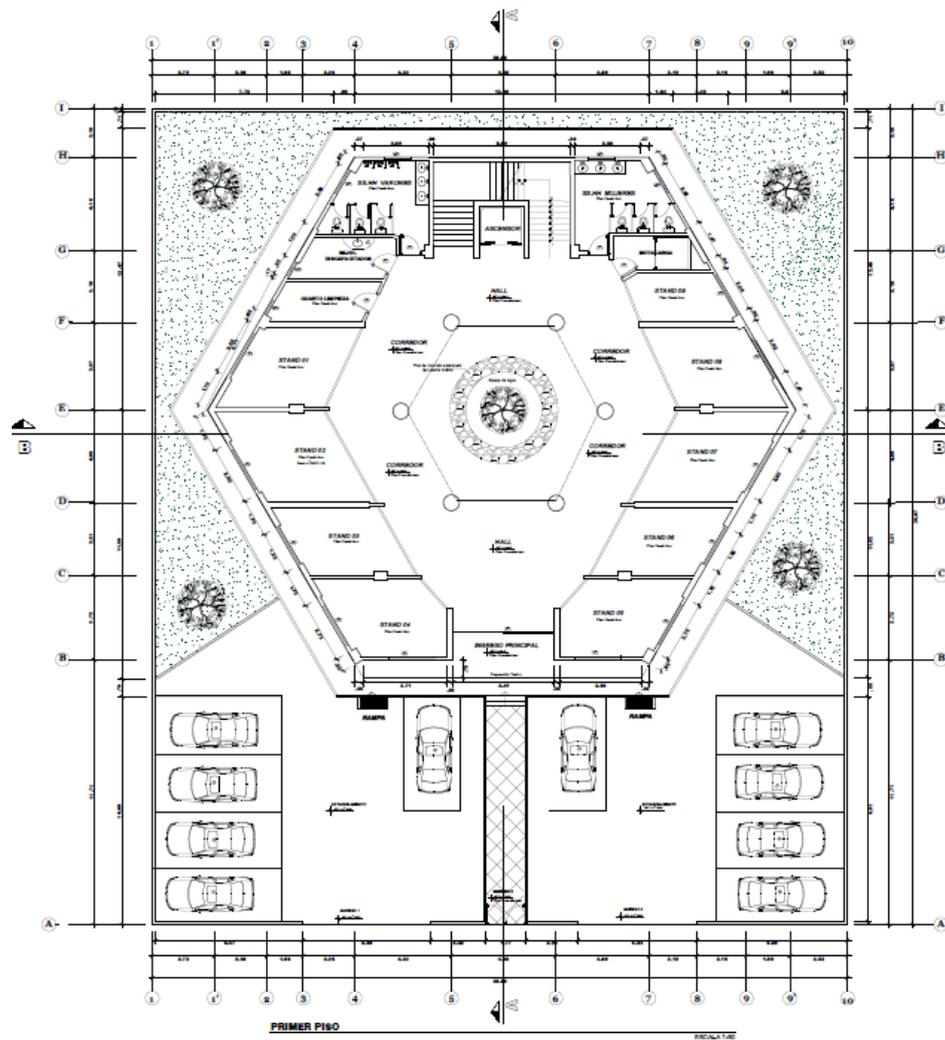
Se realizó el diseño arquitectónico para una edificación de tipo comercial (Galerías), el cual fue diseñado en AutoCad, de donde se obtuvo planos de planta, cortes, elevaciones y el modelado en 3D.

Arquitectura del proyecto

En la especialidad de arquitectura se obtuvo el diseño de los planos en planta de distribución, cortes, elevaciones y diseño 3D, tal y como se muestra a continuación:

Figura 5

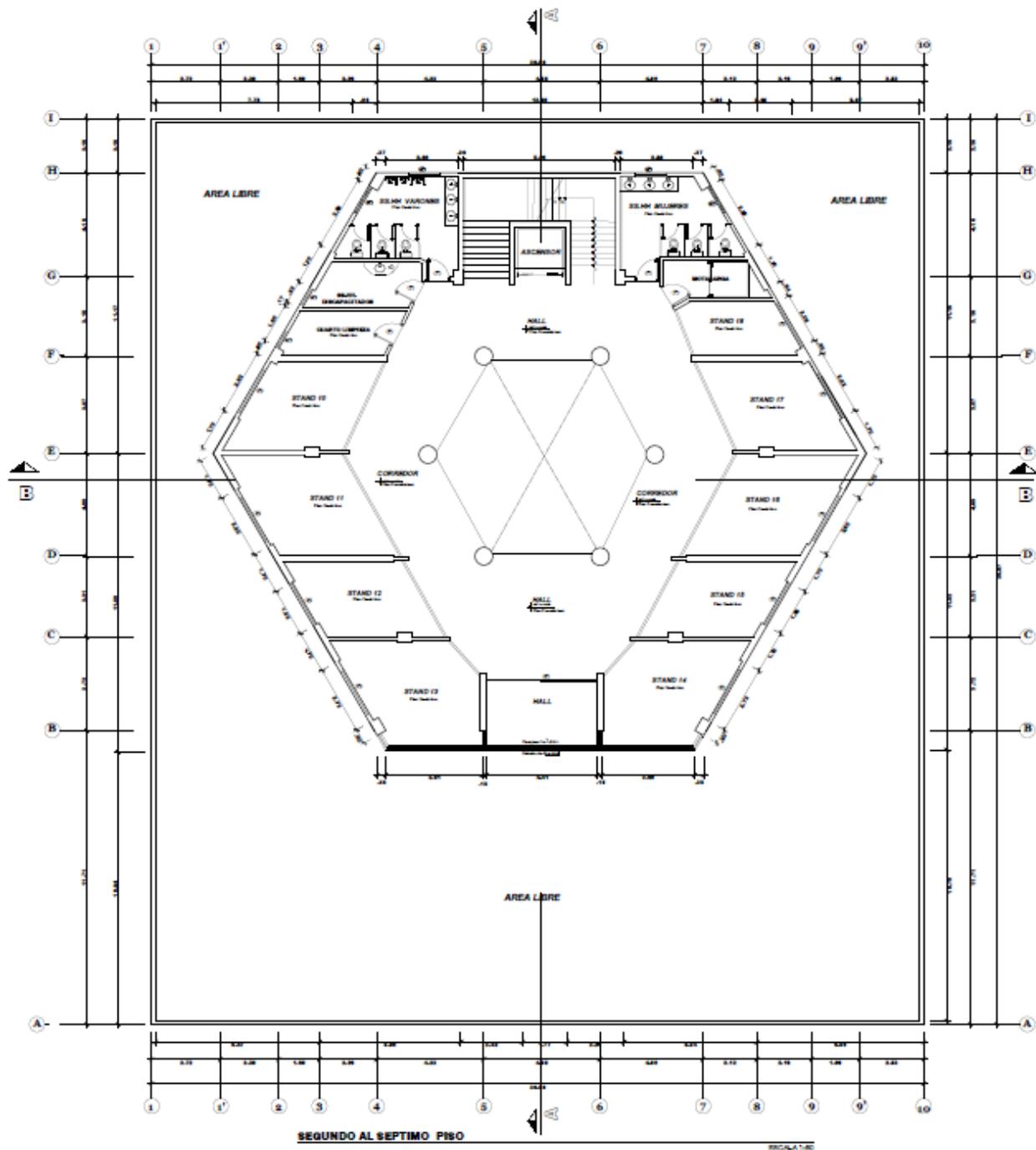
Distribución arquitectónica 1° nivel



Nota. En la distribución del 1° nivel se logra apreciar un área de estacionamiento, servicios higiénicos, 9 stands, ascensor, escalera y área verde, elaboración propia.

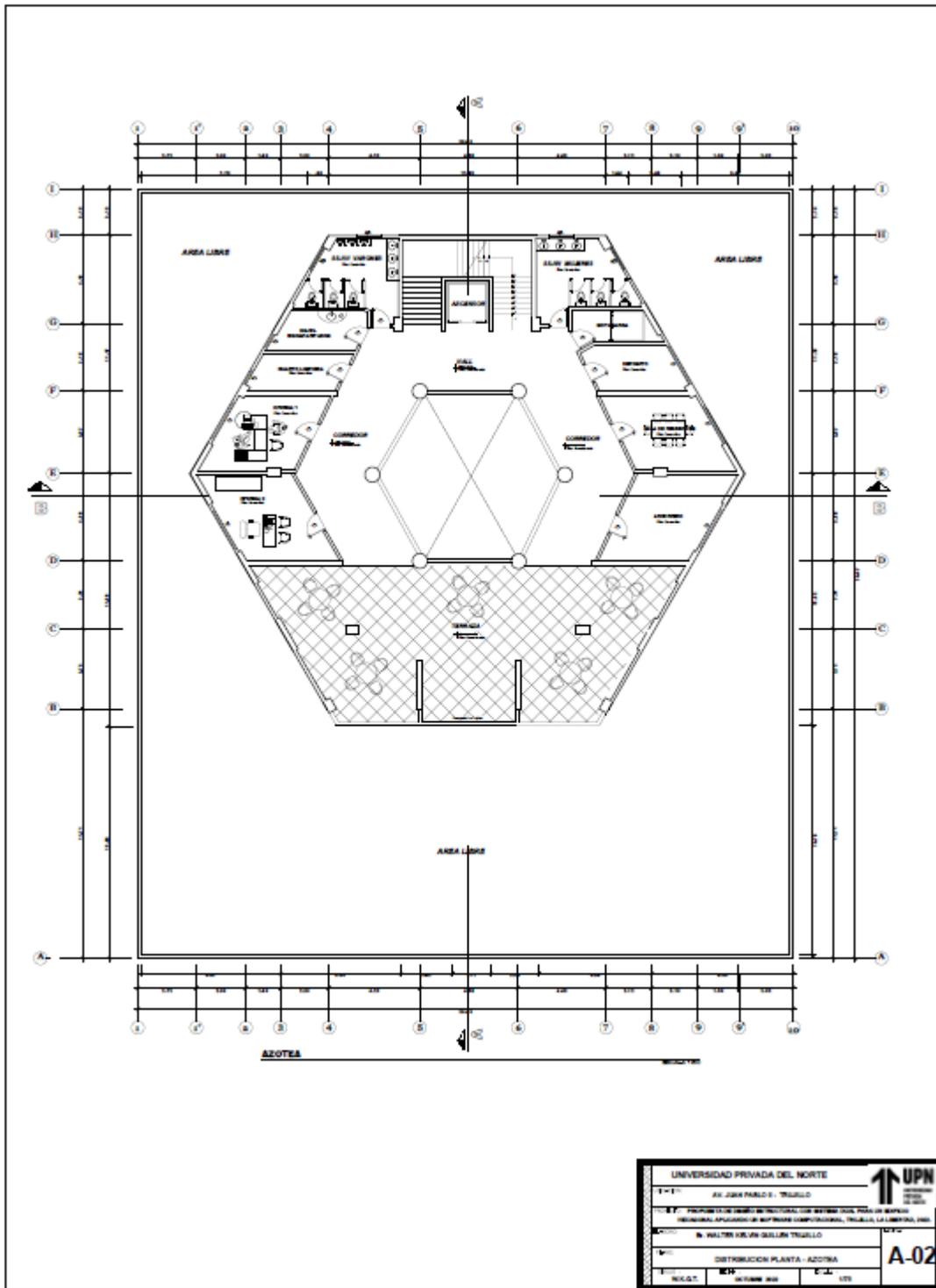
Figura 6

Distribución arquitectónica del 2° al 7° nivel



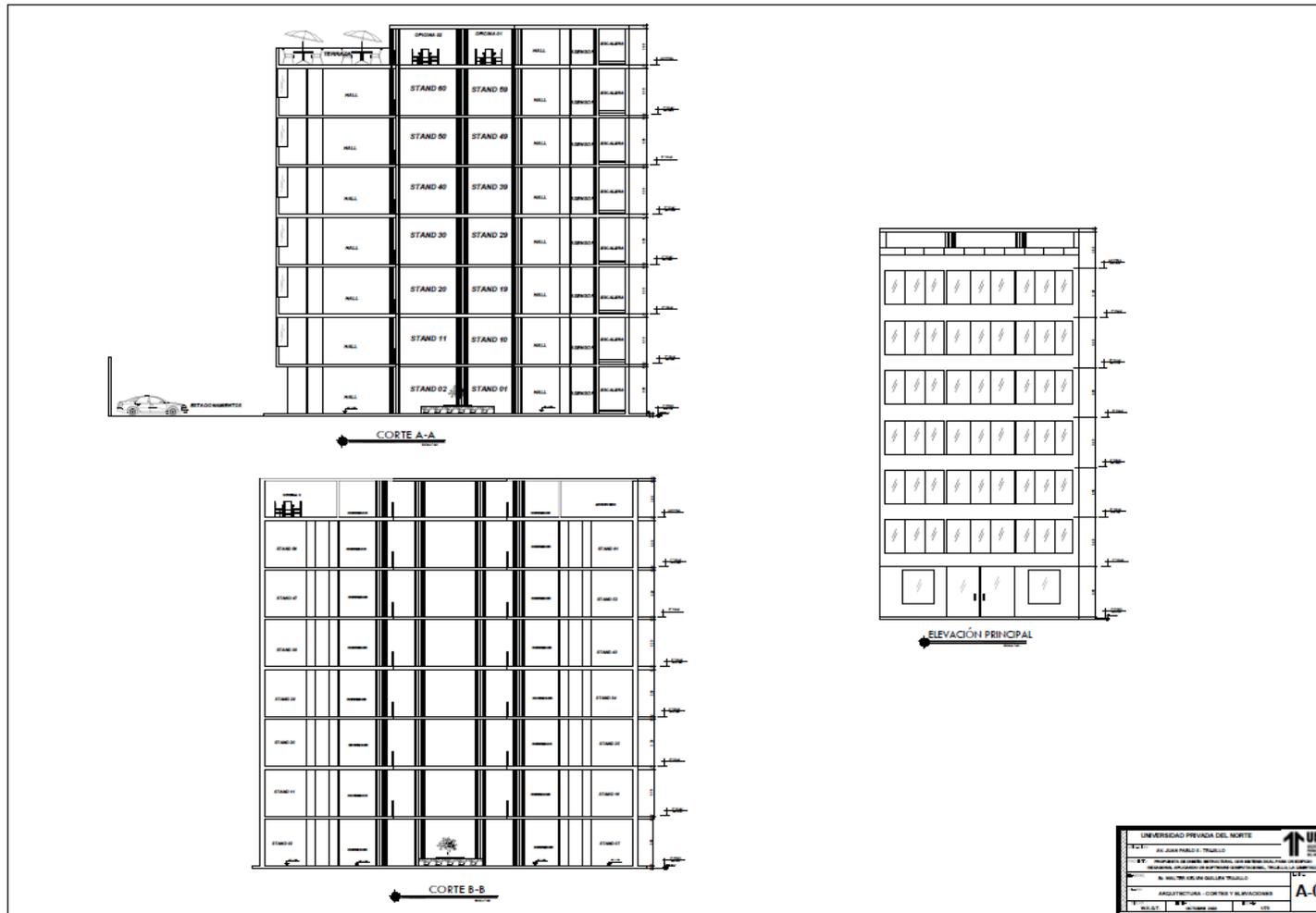
Nota. En la figura 6 se logra apreciar la distribución de los ambientes que es típico desde el 2° al 7° nivel, conformándose por 9 stands, servicios higiénicos, escaleras, ascensor, montacargas, corredor y hall para uso común, elaboración propia.

Figura 7
Distribución arquitectónica de azotea



Nota. En la figura 7 se puede apreciar la distribución de los ambientes en la azotea, teniendo oficinas administrativas, servicios higiénicos y una terraza de uso múltiple, elaboración propia.

Figura 8. Cortes y elevaciones de la edificación



Nota. En la figura 8 se muestra detalle de cortes y elevaciones de la arquitectura del proyecto, elaboración propia.

Modelamiento arquitectónico 3D

Para realizar el modelamiento del proyecto, se utilizó el programa LUMION 12, por que es un software de alta calidad en diseño y modelado 3D, como se aprecia a en las figuras 9 y 10:

Figura 9

Vista 3D de la Galerías



Nota. En la figura 9 se observa la elevación 3D de la parte frontal y posterior de las galerías con forma hexagonal, realizada en el programa LUMION 12, Elaboración propia.

Figura 10

Vista 3D de la entrada de la galería.



Nota. En la figura 10 se muestra la entrada en el primer nivel, elaboración propia.

3.2. Análisis sísmico del edificio

La finalidad de este análisis es verificar que nuestra edificación de tipo hexagonal de 7 niveles, cumpla con los requerimientos establecidos por el RNE según la norma E030.

3.2.1. Análisis estático

Para el análisis estático de la edificación se calculó la cortante basal con los valores de Z, U, C, S, R y el peso de la edificación, considerando que es un sistema estructural tipo Dual:

Tabla 6.
Parámetros de diseño cortante basal

Descripción	Asignación	Valor
Factor de Zona	Z - 4	0.45
Factor de Uso	U	1.3
Tipo de suelo	S3	1.10
Coefficiente de reducción	R _o	7
Factor amplificación sísmica	C	2.5
Periodo fundamental	T	0.534
Factor ZUCS/R	-	0.23
Factor C/R > 0.112	-	0.357
Peso total edificación (tn)	P	2985.93

Nota. En la tabla 6 se aprecia los parámetros de diseño para el cálculo de la cortante en la base de la edificación, siguiendo procedimiento de la norma E-030 y el software Etabs 18.0.2, elaboración propia.

Cortante basal y distribución de fuerzas sísmicas

Para el cálculo de la cortante basal de la edificación, se tomó en cuenta los factores mencionados anteriormente y reemplazando los valores:

Tabla 7

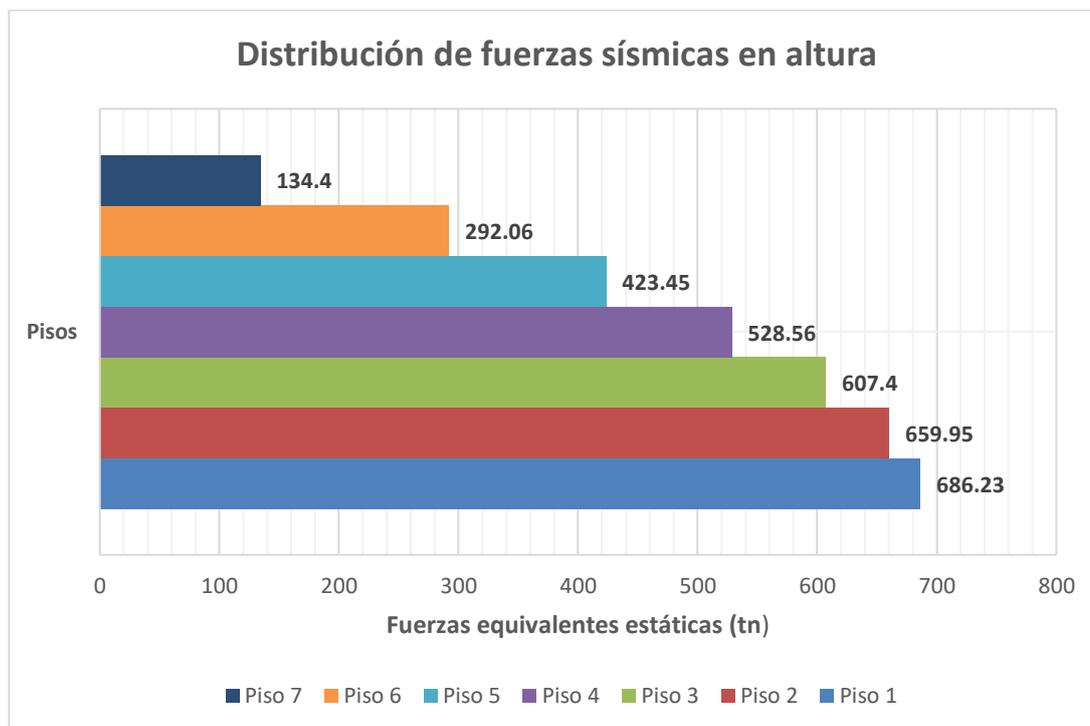
Cálculo de cortante basal

Descripción	Asignación	Valor
Cortante basal (tn)	ZUCS/R * P	686.23

Nota. En la tabla 7 se aprecia el cálculo de la cortante basal de la edificación, elaboración propia.

Figura 11

Distribución de fuerzas sísmicas



Nota. En la figura 11 se logra apreciar la distribución de fuerzas horizontales por cada nivel, elaboración propia.

Derivas máximas de la edificación

Para cálculo de las derivas de la edificación en el análisis sísmico, se obtuvo los máximos valores en la dirección X e Y para los siete niveles que comprende la investigación, como se muestra la siguiente tabla:

Tabla 8

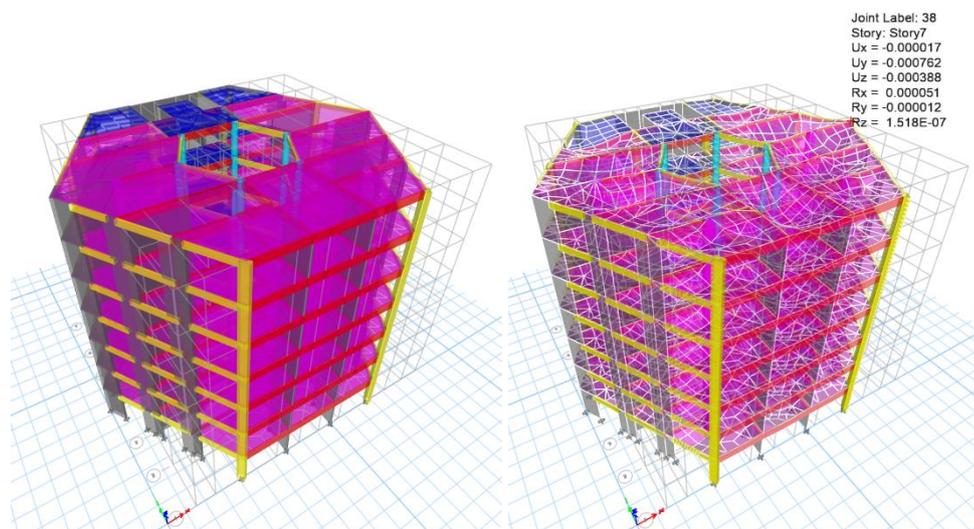
Cálculo de derivas estáticas max.

Pisos	Dirección	Deriva máx.	Dirección	Deriva máx.
Piso 7	X	0.001879	Y	0.002626
Piso 6	X	0.001484	Y	0.002072
Piso 5	X	0.001526	Y	0.00213
Piso 4	X	0.001168	Y	0.001643
Piso 3	X	0.000956	Y	0.001241
Piso 2	X	0.000851	Y	0.000976
Piso 1	X	0.000570	Y	0.000861

Nota. En la tabla 8 se aprecia el cálculo de las máximas derivas de la edificación tanto en la dirección X como en Y por cada nivel. Según el R.N.E, el máximo valor de distorsión del entrepiso no debe ser mayor de 0.007, elaboración propia.

Figura 12

Cálculo de derivas en Etabs



Nota. En la figura 12 se aprecia el cálculo de las derivas en el programa Etabs, las cuales arrojaron un valor máximo en X= 0.001879 , Y= 0.002626, elaboración propia.

3.2.2. Análisis dinámico

En el análisis dinámico se realizó un modelo tridimensional en el software ETABS.

Espectro de Pseudo acelecaciones

Tabla 9.

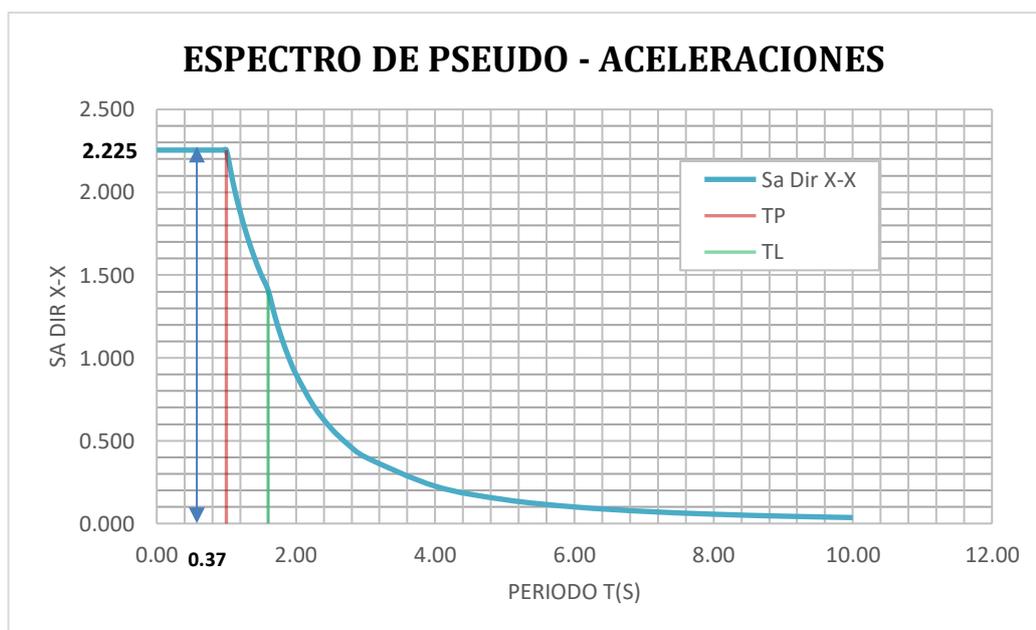
Parámetros de diseño espectro

Descripción	Asignación	Valor
Factor de Zona	Z - 4	0.45
Factor de Uso	U	1.3
Tipo de suelo	S3	1.10
Coefficiente de reducción	R _o	7
Factor amplificación sismica	C	2.5
Sistema estructural	R	7
Periodo fundamental	T	0.37
Seudo aceleración	S _a	2.225

Nota. En la tabla 9 se aprecia los parámetros de diseño para el cálculo del espectro, siguiendo procedimiento de la norma E-030 y el software Etabs 18.0.2, elaboración propia.

Figura 13

Diseño de espectro



Nota. En la figura 13 se aprecia el diseño del espectro de Pseudo aceleraciones, con un valor de $S_a = 2.225$, elaboración propia.

Tabla 10
Cortante basal dinámica

Sentido	Cortante dinámica (tn)
X-X	475.88
Y-Y	342.25

Nota. En la tabla 10 se aprecia los valores de cortante basal dinámica calculada en Etabs, elaboración propia.

Tabla 11
Factor de escala sísmica

Sentido	Cortante estática (tn)	Cortante dinámica (tn)	90% Cortante estática	Factor de escala
X-X	686.23	475.88	617.61	1.29
Y-Y	686.23	342.25	617.61	1.80

Nota. En la tabla 11 se puede apreciar el cálculo del factor para escalar la cortante dinámica, elaboración propia.

Derivas máximas de la edificación

Las derivas dinámicas máximas se calcularon en la dirección X e Y de la estructura, a continuación se muestra los resultados obtenido en el programa Etabs:

Tabla 12
Cálculo de derivas dinámicas max.

Pisos	Dirección	Deriva máx.	Dirección	Deriva máx.	Limite max.
Piso 7	X	0.001046	Y	0.001539	0.007
Piso 6	X	0.00113	Y	0.001629	0.007
Piso 5	X	0.001174	Y	0.001661	0.007
Piso 4	X	0.001153	Y	0.001602	0.007
Piso 3	X	0.001036	Y	0.001414	0.007
Piso 2	X	0.000801	Y	0.001077	0.007
Piso 1	X	0.000373	Y	0.000489	0.007

Nota. En la tabla 12 se aprecia el cálculo de las máximas derivas dinámicas de la edificación tanto en la dirección X como en Y por cada nivel, elaboración propia.

3.3. Diseño de elementos estructurales

3.3.1. Diseño de vigas y losa aligerada

Se muestra el diseño de cada elemento a través de la distribución de acero para las diferentes secciones de vigas y losas aligeradas, como se muestra en las tablas 13 y 14:

Tabla 13

Diseño de acero en vigas

Elemento	Sección (cm)	Acero corrido – superior (-)	Acero corrido – inferior (+)	Estribos
Vigas VP-1	25 x 50	3 Ø 5/8"	2 Ø 3/4" + 4 Ø 5/8"	Ø 3/8", 1 @ 5 cm, 10 @ 10 cm, Rsto. @ 20 cm
Vigas VS-1	25 x 40	3 Ø 5/8"	5 Ø 5/8"	Ø 3/8", 1 @ 5 cm, 8 @ 10 cm, Rsto. @ 25 cm

Nota. En la tabla 13 se aprecia el detalle de la sección y cantidad de acero de refuerzo de cada elemento, así como también la distribución de estribos, elaboración propia.

Tabla 14

Diseño de acero en losa aligerada

Elemento	Sección (cm)	Acero negativo (-)	Acero positivo (+)	Acero temperatura
Losa aligerada	20	1 Ø 1/2"	2 Ø 1/2"	Ø 1/4" @ 25 cm

Nota. En la tabla 14 se aprecia el detalle de la sección de la losa y cantidad de acero en las viguetas, así como también la distribución del acero de temperatura, elaboración propia.

3.3.2. Diseño de columnas y muros estructurales

Se muestra el diseño de cada elemento a través de la distribución de acero para las diferentes secciones de columnas y muros estructurales, como se muestra en las tablas 15 y 16:

Tabla 15

Diseño de acero en columnas

Elemento	Sección (cm)	Acero de refuerzo long.	Estribos
Columna C-1	40 x 60	12 Ø 1"	Ø 3/8 ", 2 @ 5 cm, 8 @ 10 cm, Rsto. @ 20 cm
Columna C-2	40 x 60	12 Ø 1"	Ø 3/8 ", 1 @ 5 cm, 8 @ 10 cm, Rsto. @ 25 cm
Columna C-3	40 x 60	8 Ø 1" + 4 Ø 3/4"	Ø 3/8 ", 1 @ 5 cm, 8 @ 10 cm, Rsto. @ 25 cm
Columna C-4	D = 60	12 Ø 1"	Zuncho Ø 3/8 ", @ 7.5 cm

Nota. En la tabla 15 se aprecia el detalle de la sección y cantidad de acero de refuerzo de cada elemento, así como también la distribución de estribos, elaboración propia.

Tabla 16

Diseño de acero en muros estructurales

Elemento	Sección (cm)	Refuerzo horizontal	Refuerzo vertical	Refuerzo por corte
PL - 1	25 x 170	Ø 3/8" @ 23.5 cm	Ø 3/8" @ 22.5 cm	Ø 3/8" @ 22.5 cm
PL - 2	25 x 230	Ø 3/8" @ 22.7 cm	Ø 3/8" @ 24.5 cm	Ø 3/8" @ 24 cm
PL - 3	25 x 330	Ø 3/8" @ 23 cm	Ø 3/8" @ 24 cm	Ø 3/8" @ 22 cm

Nota. En la tabla 16 se aprecia el detalle de la sección y cantidad de acero de refuerzo de cada muro estructural, así como también la distribución por corte, elaboración propia.

3.3.3. Disposición del Refuerzo en Cimentaciones

Tabla 17

Diseño de acero en cimentación

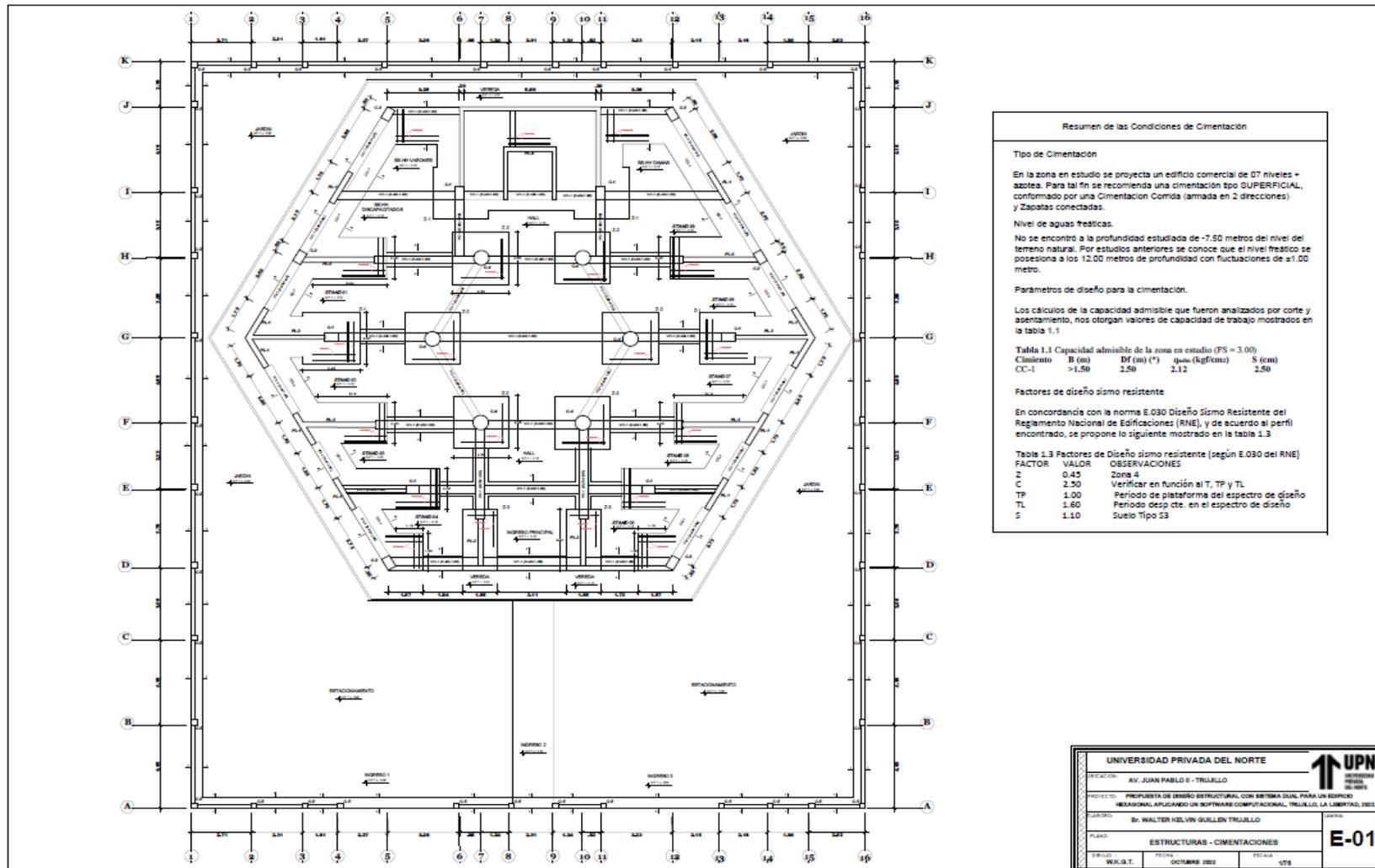
Elemento	Sección (cm)	Refuerzo long.	Refuerzo trans.
Z - 1	250 x 265	Ø 5/8" @ 18 cm	Ø 5/8" @ 17 cm
Z - 2	255 x 255	Ø 5/8" @ 20 cm	Ø 5/8" @ 20 cm
Z - 3	155 x 360	Ø 5/8" @ 17 cm	Ø 5/8" @ 18 cm
CC -1	B = 200	Ø 5/8" @ 25 cm	Ø 5/8" @ 25 cm

Nota. En la tabla 17 se aprecia el detalle de la sección y cantidad de acero de refuerzo en las cimentaciones, así como también la distribución por corte, elaboración propia.

3.4. Planos de estructuras

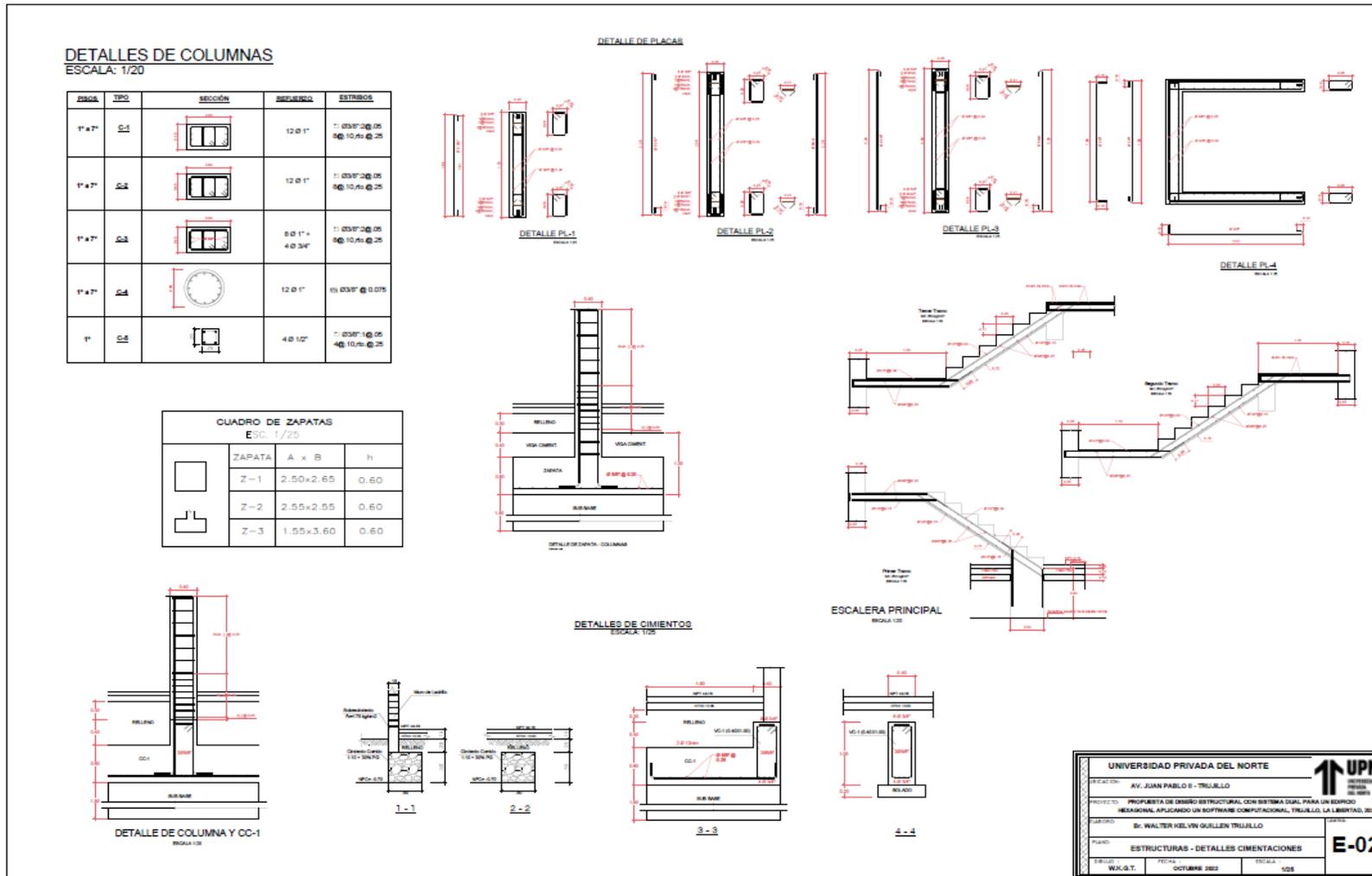
A continuación se muestra el diseño de la cimentación y aligerado de la edificación. La primera está conformada por zapatas conectadas, cimientos corridos armados, columnas y muros estructurales. Asimismo, para el caso del diseño del aligerado, está conformado por vigas principales y secundarias; y losa aligerada. También se muestra especificaciones técnicas del proyecto y detalles de cada uno de los elementos estructurales, tal y como se presenta en las siguientes figuras:

Figura 14. Diseño de cimentación - edificación hexagonal



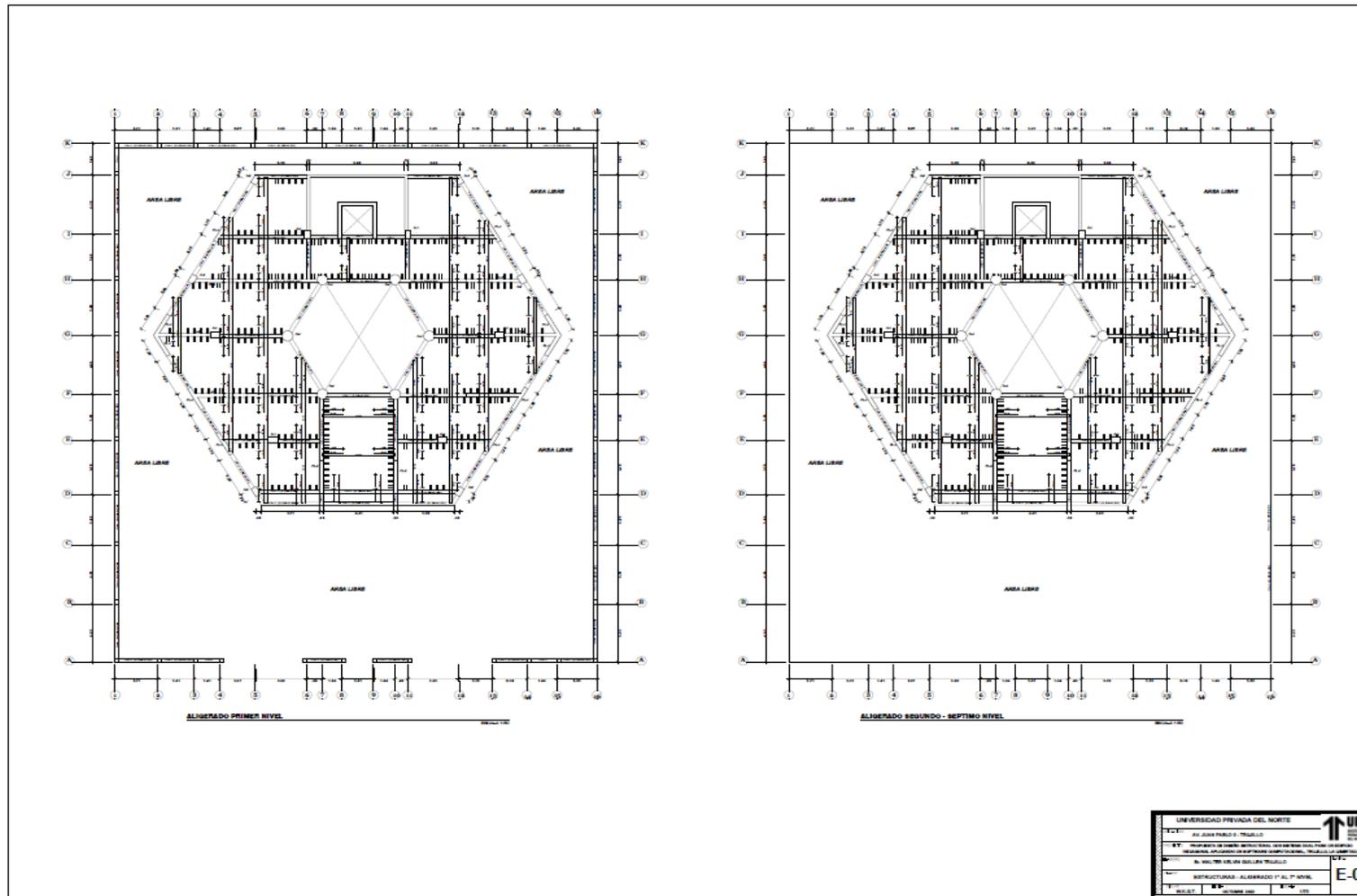
Nota. En la figura 14 se aprecia el plano de cimentación del proyecto, conformada por zapatas conectadas, elaboración propia.

Figura 15. Detalles de cimentación - edificación hexagonal



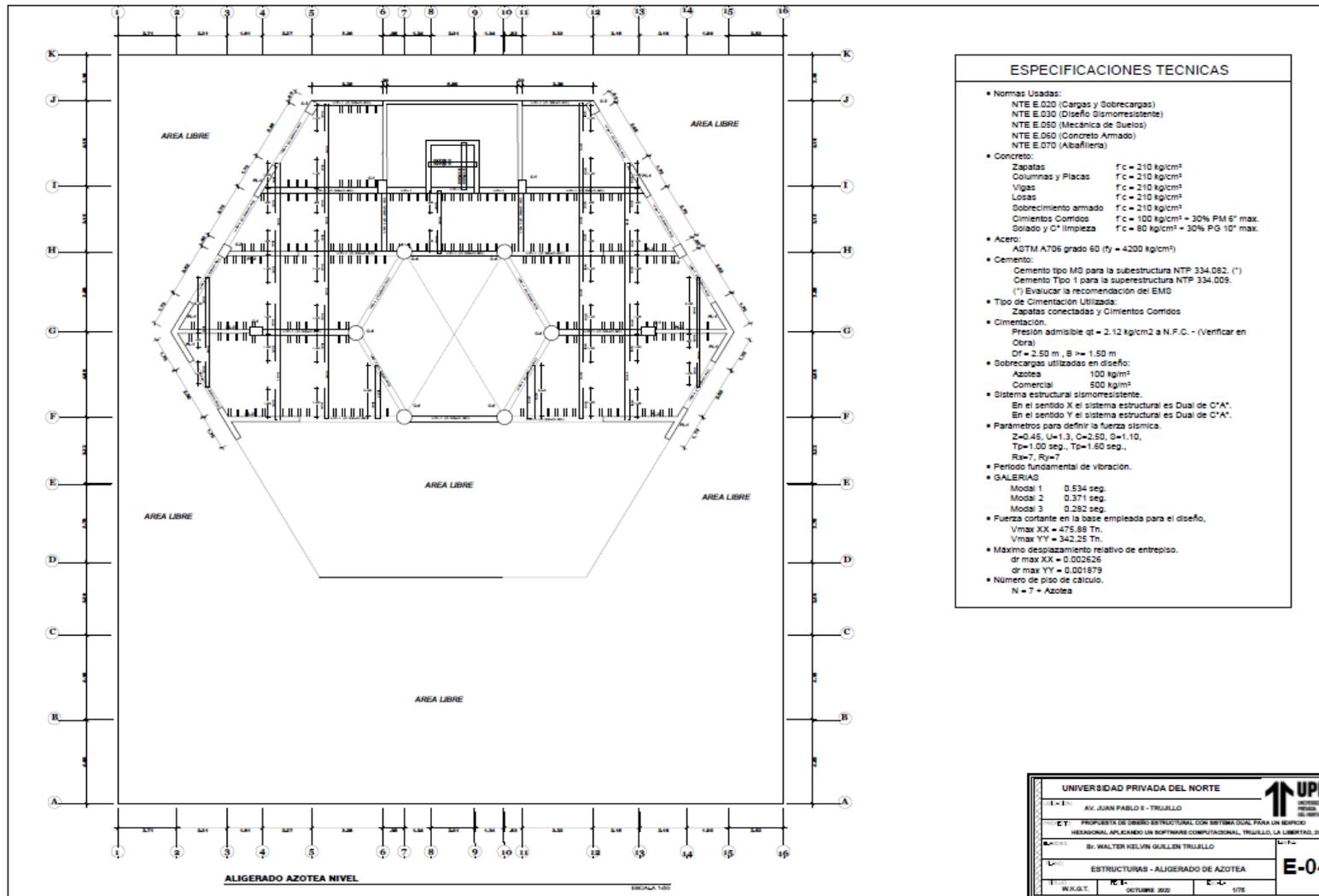
Nota. En la figura 15 se aprecia los detalles de la cimentación del proyecto, respecto a dimensiones y acero de refuerzo, elaboración propia.

Figura 16. Aligerado del 1 al 7 nivel - edificación hexagonal



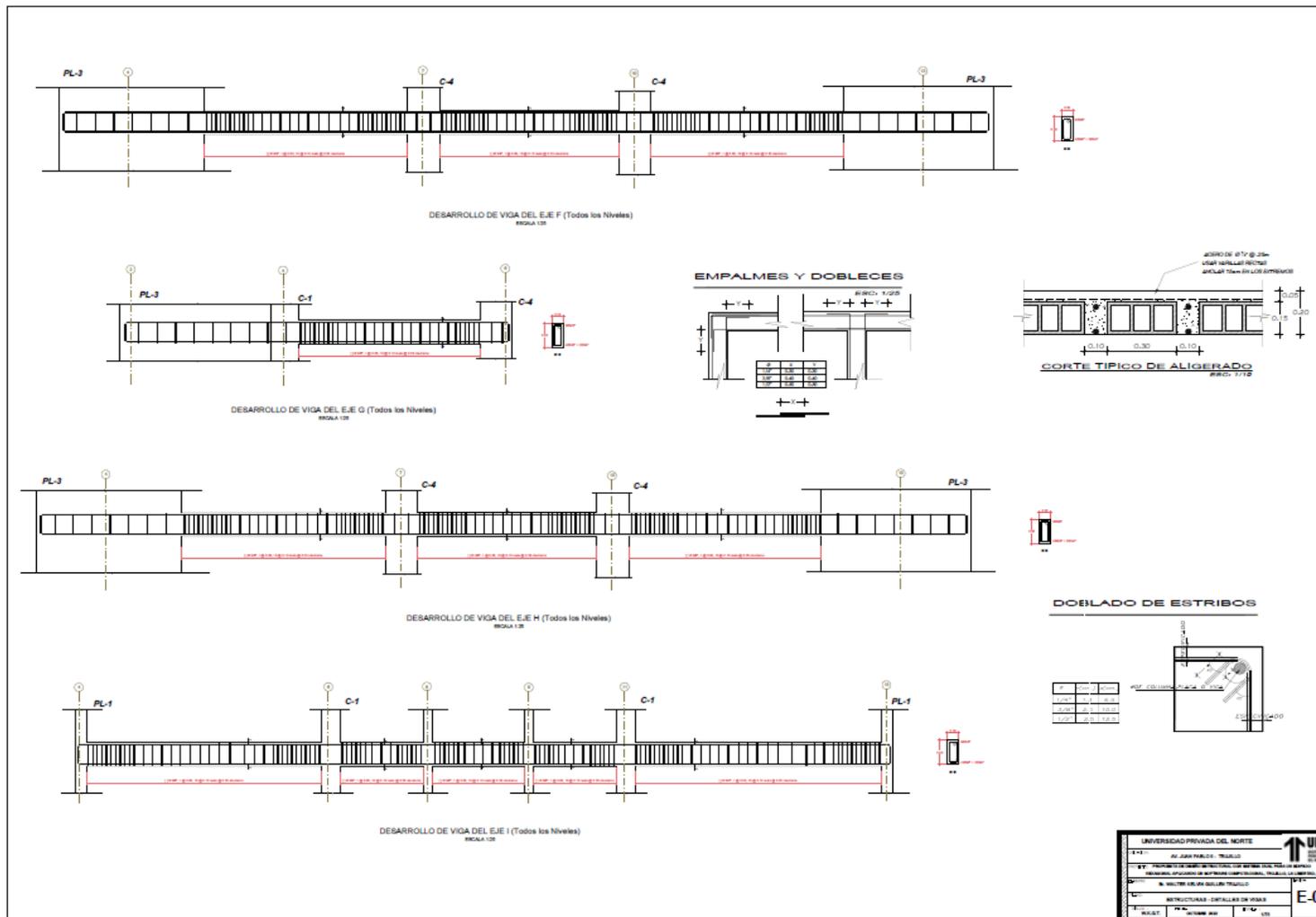
Nota. En la figura 16 se aprecia el diseño de aligerados del 1 al 7 nivel del proyecto, elaboración propia.

Figura 17. Aligerado de azotea - edificación hexagonal



Nota. En la figura 17 se aprecia el diseño de aligerado de azotea del proyecto, elaboración propia.

Figura 18. *Detalle de vigas - edificación hexagonal*



Nota. En la figura 18 se aprecia el diseño de aligerado de azotea del proyecto, elaboración propia.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos del diseño estructural de la edificación tipo hexagonal para galerías empleando el software Etabs, resultó siendo positivo desde el punto de vista de la optimización para el cálculo y análisis estructural. Con respecto a los objetivos de la investigación, se mostró el diseño arquitectónico y estructuración del proyecto, luego se obtuvo los resultados del análisis sísmico y finalmente se realizó el diseño de los elementos estructurales con sus respectivos planos en planta y detalles. Por ello, debido a los resultados obtenidos se puede afirmar que utilizando un software computacional permite optimizar y mejorar el proceso de cálculo estructural de una edificación.

Asimismo, enfocando al tema de desplazamientos de la edificación, es preciso mencionar a la investigación de Ampudia (2021), donde menciona que el sistema dual es funcional para edificaciones mayores a 5 niveles. Asimismo, obtuvo derivas en X de 0.0061 y Y de 0.0026, las cuales cumplen con el límite de la norma de 0.007. De igual manera, en esta investigación se obtuvo valores por debajo del límite establecido, lo que indica que se realizó una configuración y análisis estructural adecuado del edificio hexagonal.

Por otro lado, en la investigación de Cruz & Azañedo (2020) mencionan que la respuesta estructural para su edificación con Sistema Dual con forma hexagonal, presentó una fuerza cortante con suelo blando (S3) de 855.39 Tn y deriva máxima fue de 0.0004; de igual manera la cortante dinámica fue 663.56 Tn con derivas de 0.0004. Sin embargo, en la presente tesis también se estudió sobre un suelo de tipo S3 y se obtuvo valores de cortante estática de 686.23 tn, dinámica de 475.88 tn y desplazamiento menores a 0.007.

Después de comparar los resultados de distorsión del entrepiso y el desplazamiento lateral del edificio, se puede decir que ante un gran evento sísmico, utilizando un sistema dual, se logra obtener un respuesta aceptable. Según Afuso (2017) mencionó que su diseño presenta una deformación máxima del eje XX es 0.00359, la deformación máxima relativa del eje YY es 0.00186, lo que se observa que cumple con el límite de distorsión. En este trabajo, la deformación máxima del eje XX es 0.001879 , la deformación máxima en el eje YY es 0.002626, lo que indica que la distorsión con el sistema dual si cumple con los criterios establecidos en la norma E.030 y tendrá adecuada respuesta ante un sismo severo.

Los resultados mostrados en las tablas 2, 3, 4 y 5, con respecto al Predimensionamiento de los elementos estructurales de concreto armado, se deja en evidencia que se cumple con el procedimiento adecuado haciendo referencia a de autores como Aguirre & Domínguez (2017). Asimismo, los resultados de las tablas 8 y 12 con respecto a las distorsiones de entrepiso, se muestra que para ningún caso se incumple la Norma Peruana de Diseño Sismorresistente E.030, debido que todas las derivas obtenidad no superan el 0.007.

También es preciso mencionar los resultados de tablas 13, 14, 15, 16 y 17 con respecto al diseño de refuerzo de los elementos estructurales planteado, se realizó con referencia en la norma técnica E.060 de Diseño en Concreto Armado, el cual establece todas las especificaciones técnicas necesarias para permitir un adecuado comportamiento estructural de los elementos que conforman el casco estructural, considerando que estos son principalmente, vigas, columnas, muros estructurales, losa aligerada y cimentaciones.

Limitaciones

Uno de las limitaciones de mayor relevancia fue con respecto a la elaboración del 3D, debido que no se tenía conocimiento sobre el empleo programa Sketchup, lo que dificultó un poco el avance de la tesis, pero finalmente se logró elaborar el 3D de la edificación hexagonal de manera adecuada.

Por otro lado, una de las limitaciones de mayor relevancia en esta investigación fue la pandemia por la COVID-19, la cual generó dificultades al momento del proceso de recolección de datos en el terreno de estudio del proyecto, debido que no había acceso al lugar de estudio, por lo que la población de la zona no quería hacer interactuar directamente por temor al contagio.

Implicancias

A partir de los resultados respecto al diseño arquitectónico y 3D, implicará buscar información en las normas de arquitectura como A.010 y manuales con respecto al proceso de modelación en Sketchup, para utilizar como guía de elaboración del diseño y corroborar con ellos los resultados obtenidos de la edificación hexagonal de siete niveles.

Para obtener los resultados del análisis estructural de la propuesta de diseño con sistema dual para una edificación hexagonal, implicó revisar previamente la normativa E.020 de cargas, E.030 diseño sismorresistente y E.060 concreto armado, con la finalidad de verificar que las derivas máximas obtenidas no sean mayores a 0.007 y que el diseño de elementos estructurales cumplan con lo establecido en la norma, para mejorar la respuesta estructural de la edificación.

CONCLUSIONES

Respecto a la *validez de la hipótesis*, luego de realizar el procedimiento y cálculo estructural de la edificación, se dió respuesta a la hipótesis planteada al inicio respecto que diseñar una estructura aplicando un software computacional, puede optimizar y mejorar el proceso de cálculo para un edificio de forma hexagonal con sistema dual, por tanto en base a los resultados obtenidos, se precisa como positiva ya que se verificó que las derivas obtenidas son menores a 0.007 establecidos en la norma E.030 de diseño sismorresistente.

Con respecto al diseño y configuración arquitectónica, se logró realizar el diseño de la arquitectura de la edificación, a través de elaboración de planos de la especialidad, estos fueron mostrados en planta, cortes, elevaciones y finalmente su modelamiento 3D realizado en el programa Sketchup.

Una vez finalizada la arquitectura, se logró realizar la estructuración y configuración estructural, además del Predimensionamiento de elementos como losas, vigas, columnas, placas y cimentación, los que fueron parte del casco del proyecto en el análisis estructural realizado posteriormente.

Por otro lado, se logró realizar el análisis sísmico estático y dinámico en los siete niveles de la edificación, los cuales arrojaron valores de derivas máximas muy por debajo del límite permitido de 0.007, con ello se está garantizando la estabilidad de la edificación ante un evento sísmico. Así mismo se no se encontró ningún tipo de irregularidad, acorde con lo estipulado por la norma E.030 Diseño Sismorresistente.

Se logró diseñar todos los elementos estructurales de concreto armado en lo que respecta a la edificación planteada, obteniendo secciones de vigas de VP-1 (0.25x0.50m) y VS-1 (0.25x0.40m) con acero de refuerzon que varia de $\varnothing 5/8''$ hasta $\varnothing 3/4''$ con estribos de $\varnothing 3/8''$, Losa aligerada de 0.20 m con refuerzo de $\varnothing 1/2''$ y acero temperatura de $\varnothing 1/4''$, las

columnas C-1, C-2 y C-3 con una sección de (0.40x0.60m) y C-4 con diámetro de 0.60 m, utilizando acero de refuerzo que varia de $\varnothing 3/4''$ hasta $\varnothing 1''$ con estribos de $\varnothing 3/8''$.

Finalmente, con respeto a la cimentación, se obtuvo Z-1 (2.50x2.65m), Z-2 (2.55x2.55m) y Z-3 (1.55x3.60m), utilizando refuerzon de $\varnothing 5/8''$, cimentación corrida de B=2 m con acero de refuerzo de $\varnothing 5/8''$ y vigas de cimentación de VC-1 (0.40x1.00m) con acero de refuerzo de $\varnothing 5/8''$ hasta $\varnothing 3/4''$ con estribos de $\varnothing 3/8''$.

RECOMENDACIONES

Se recomienda que el diseño arquitectónico de cualquier tipo de edificación, se asemeje lo más que se pueda a las normas de arquitectura, con la finalidad de cumplir con las áreas libres, áreas techas y otros factores importantes a considerar durante el diseño arquitectónico.

Se recomienda realizar la estructuración y Predimensionamiento amparado en criterios de establecidos por los ingenieros Antonio Blanco Blasco y Roberto Morales Morales, ya que ofrecen procedimientos prácticos y bien entendibles respecto al diseño estructural de los elementos estructurales en edificaciones.

Se recomienda utilizar guías de diseño de analisis sísmico estático y dinámico empleando el software Etabs, para proceder de una manera adecuada respecto al modelamiento de la estructura y podamos obtener resultados óptimos que cumplan con los parámetros establecidos en la norma E.030.

Finalmente, se recomienda a futuros investigadores comparar el diseño de la estructura propuesta, con otros sistemas estructurales como un sistema aporticado o ductibilidad limitada, para probar la funcionalidad y estabilidad de la edificacion ante otro tipo configuración estructural y esperar resultados favorables en los desplazamientos.

REFERENCIAS

- Afuso, M. (2017) *Diseño estructural de un edificio de concreto armado de cinco pisos y tres sótanos ubicado en el distrito de barranco* [Tesis pregrado, Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú].
<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/9336>
- Aguirre Flores, C. M. y Domínguez Capristano, G. M. (2017) *Diseño estructural con aporticado y sistema dual de un edificio de cuatro pisos con sótano para oficinas administrativas de la ugel Yungay* [Tesis de pregrado, Universidad San Pedro].
Recuperado de <https://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/1571>
- Ampudia Prudencio, D. A. (2021) *Diseño en concreto armado de una vivienda multifamiliar de diez niveles con el sistema estructural dual, Miraflores, Lima, 2021* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo].
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/65796>
- Cruz Ventura, J. L. y Azañedo Reyes, D. D. (2020) *Comparación De La Respuesta Estructural De Un Módulo Educativo De Forma Hexagonal, Con Diferentes Tipos De Respuesta Sísmica De Suelo, Del Distrito De Trujillo, La Libertad – 2020* [Tesis de pregrado, Trujillo: Universidad Privada Del Norte]. Recuperado <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/29192>
- Estrada Reyes, S. S. y Verde Huamán, J. K. (2020) *Análisis Comparativo Del Diseño Estructural Con La Aplicación Del Software Etabs Respecto Al Método Tradicional De Un Edificio De Cinco Pisos Con Semisótano Ubicado En El Distrito De San Martín De Porres – Lima* [Tesis de pregrado, Universidad San Martín de Porres].
<https://repositorio.usmp.edu.pe/>

- Lapa Tristán, R. (2017) *Diseño de columna biaxial por flexión en ETABS en un edificio multifamiliar de 8 niveles en (MAYAPO VRAE)*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=FGVup6PC5go>
- Leuro Camacho, S. E. y Quekano Casallas, R. O. (2017) *Comportamiento Estructural De Un Edificio En Concreto Reforzado Bajo Un Sistema Estructural Dual, Con Disposición De Muros En Ejes Donde No Comprometen La Arquitectura* [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Colombia]. Extraído de <https://repository.ucatolica.edu.co/>
- López Martínez J. M. y Aroca Vicente E. (2015) *El conjuntos hexagonal y la colonización de las dunas*. II congreso de arquitectura moderna Española: Aprender de una Obra. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5599849>
- Marín Guillén, F. (2016) *Criterios Estructurales De Diseño – Seminarios Técnicos*. Lima, Perú: Universidad San Martín De Porres, Escuela de Ing. Civil. Obtenida de <https://docplayer.es/79787105-Criterios-estructurales-de-diseno.html>
- Morocho, F. (2016) *Diseño estructural de un edificio de concreto armado de siete pisos* [Tesis de pregrado, Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú]. Extraído de: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/6628>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2019) *Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente*. Lima, Perú.
- Ortiz, E. (2012) *Diseño estructural sismo-resistente de los edificios de departamentos de hormigón armado Limburg Platz de la ciudad de quito, para garantizar la seguridad de los ocupantes* [Tesis de pregrado, Ambato: Universidad Técnica de Ambato]. Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/3770>

ANEXOS

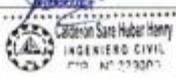
ANEXO N° 1. VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

Figura 19

Instrumento de validación juicio de experto



Nombre del proyecto:	"PROPUESTA DE DISEÑO ESTRUCTURAL CON SISTEMA DUAL PARA UN EDIFICIO HEXAGONAL APLICANDO UN SOFTWARE COMPUTACIONAL, TRUJILLO, LA LIBERTAD, 2022".
Nombre del instrumento:	Validación de base de datos
Autor(s) del instrumento:	Guillén Trujillo Walter Kelvin
Ítems:	
• Área del terreno (m2):	1100 m2.
• Número de pisos:	7 niveles
• Uso de la edificación:	Uso comercial (Galerías)
• Diseño arquitectónico:	Conforme
• Tipo de sistema estructural:	Sistema estructural tipo dual.
• Tipo de cimentación:	Zapatatas conectadas
• Tipo de suelo:	S3
• Dimensiones de la cimentación:	Z-1 (2.50 x 2.65 m), Z-2 (2.55 x 2.55 m) y Z-3 (1.55 x 3.60 m).
• Análisis estructural:	Conforme
• Modelamiento estructural en Etabs:	Conforme
• Derivas máximas:	X = 0.001046, Y = 0.001539 Menores al límite máximo 0.007
Observaciones:	Ninguna

Firma del validador experto:	 
Nombre del experto:	Calderón Sare Huber Henry

INFORMACIÓN DEL VALIDADOR DE EXPERTOS

Validado por:

Tipo de Validador	Interno () [Docente UPN]	Externo (X)		
Apellidos y Nombres	Calderón Sare Huber Henry			
Sexo	Masculino (X)	Femenino ()		
Profesión	Ingeniero Civil			
Grado académico	Licenciado (X)	Magister ()	Doctor ()	
Años de experiencia laboral	5 - 10 (X)	11 - 15 ()	16 - 20 ()	21 a más ()

Solo para validado externo:

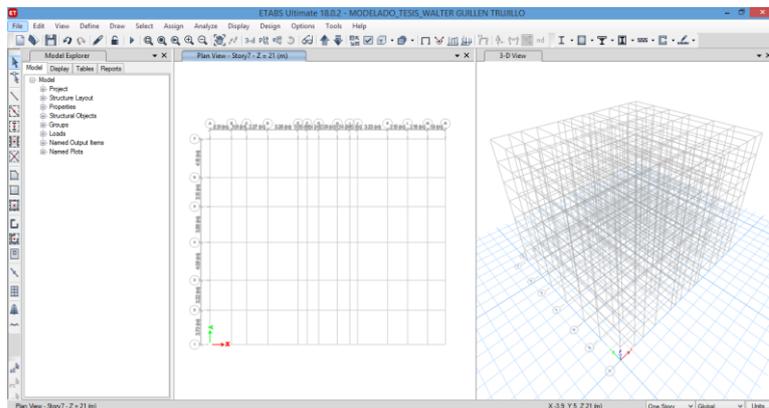
Organización donde labora	INCOAC SAC	
Cargo Actual	Jefe de proyectos	
Área de especialización	Saneamiento	
Número de teléfono de contacto	992912322	
Correo electrónico del contacto	henrycalderon03@gmail.com	
Medio de preferencia para contactarlo	Por teléfono ()	Por correo (X)

Firma del validador experto.	
Apellidos y nombres:	Calderón Sare Huber Henry
DNI:	42985523

Nota. Elaboración propia.

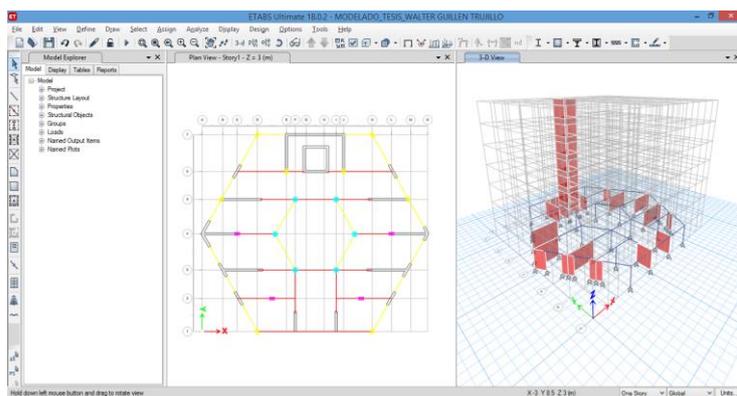
ANEXO N° 2. MODELAMIENTO ESTRUCTURAL - ETABS 18.0.2

Figura 20
Configuración estructural en ETABS



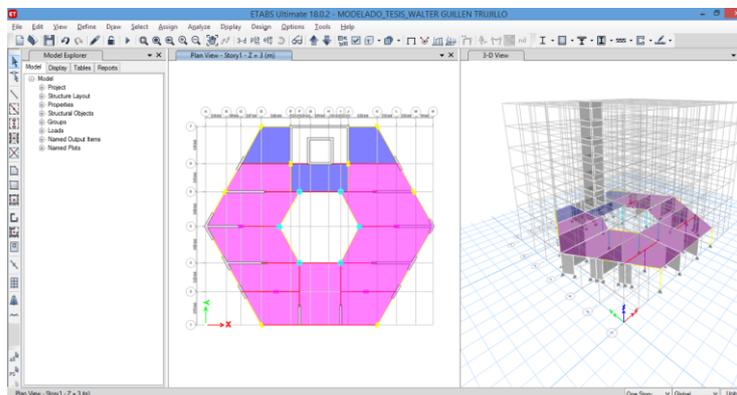
Nota. Elaboración propia.

Figura 21
Colocación de los elementos estructurales



Nota. Elaboración propia.

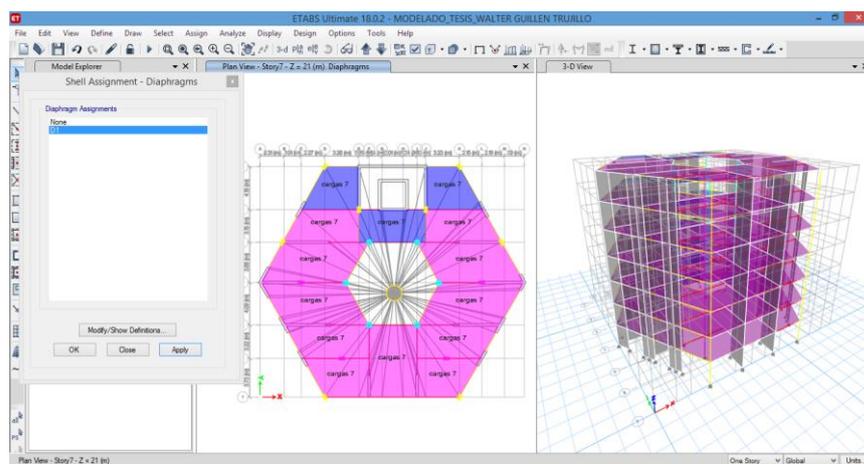
Figura 22.
Ubicación de losas en cada paño



Nota. Elaboración propia.

Figura 23

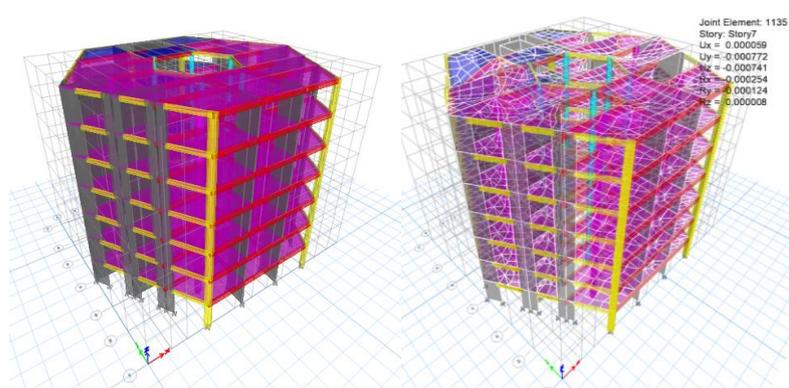
Asignación de cargas y diafragmas por cada nivel



Nota. Elaboración propia.

Figura 24.

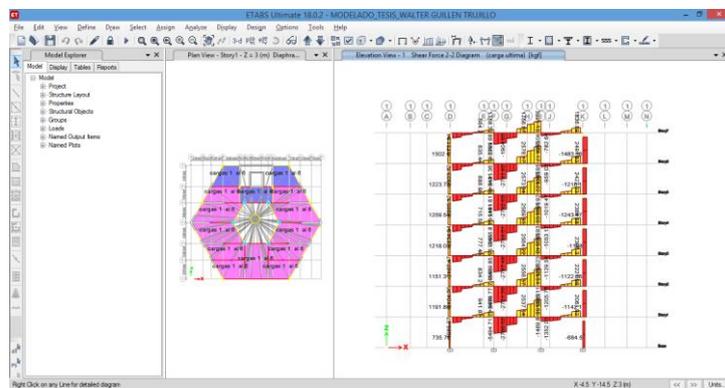
Configuración final y obtención de desplazamientos



Nota. Elaboración propia.

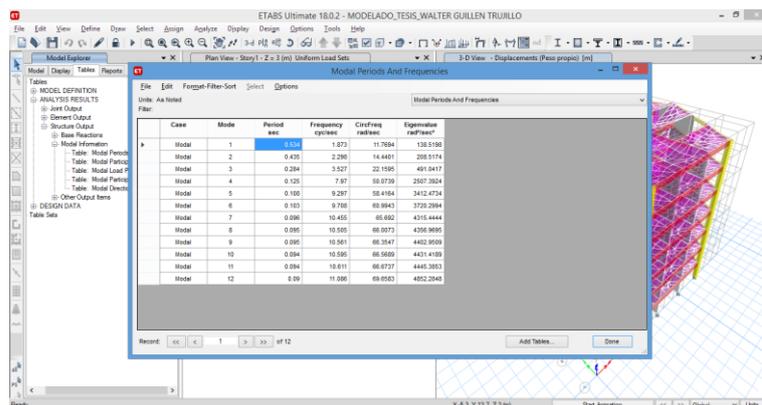
Figura 25

Cortantes y momentos para el diseño de acero



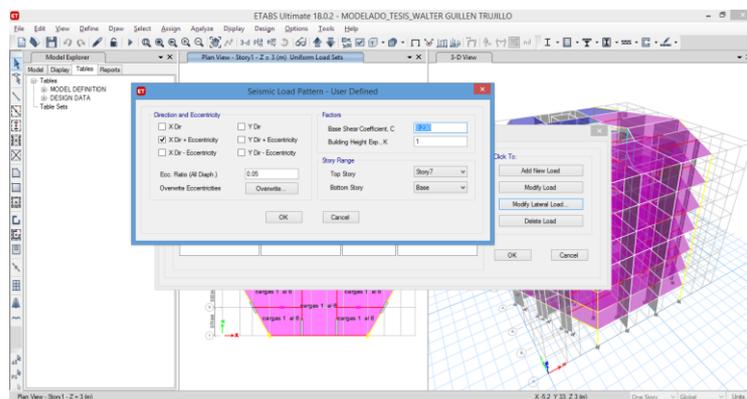
Nota. Elaboración propia.

Figura 26
Ubicación del periodo fundamental – Análisis estático



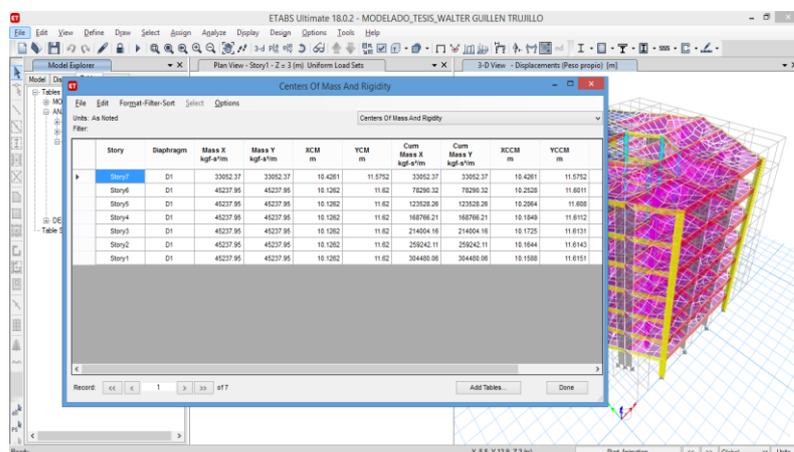
Nota. Elaboración propia.

Figura 27
Colocación del factor cortante basal – Análisis estático



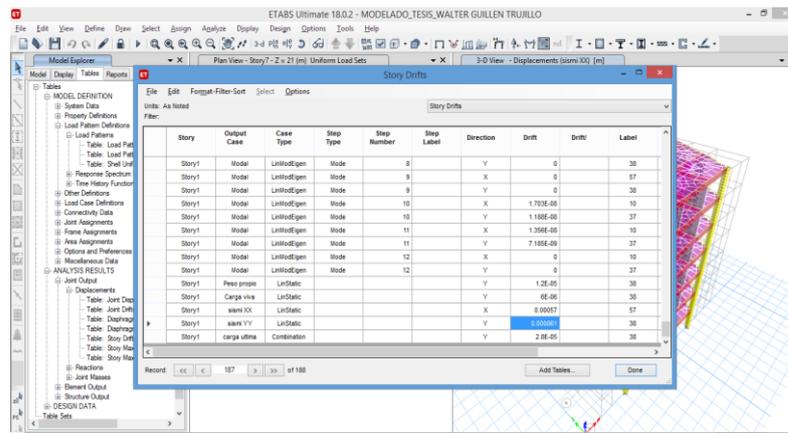
Nota. Elaboración propia.

Figura 28
Cálculo de masas – Análisis estático



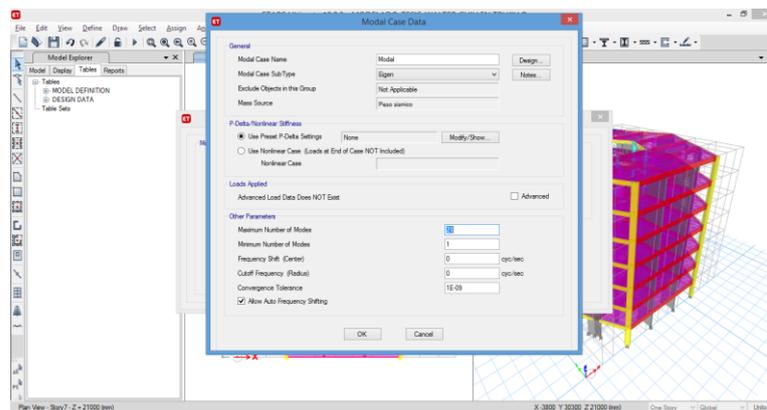
Nota. Elaboración propia.

Figura 29
Cálculo de desplazamientos – análisis estático



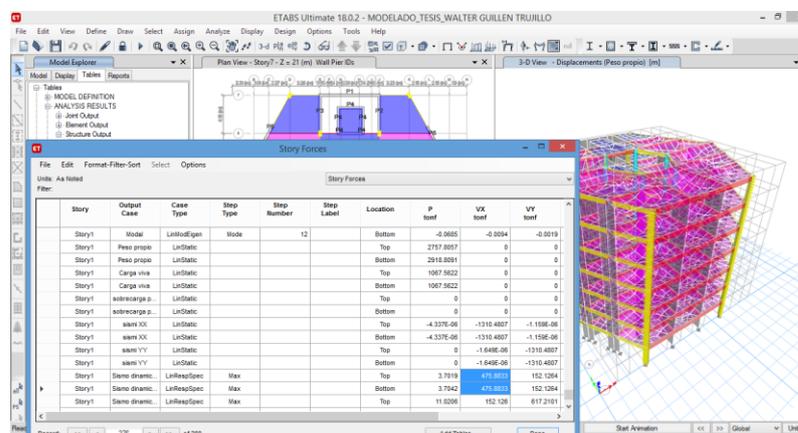
Nota. Elaboración propia.

Figura 30.
Definir función espectro y casos Drifts de carga – Análisis dinámico



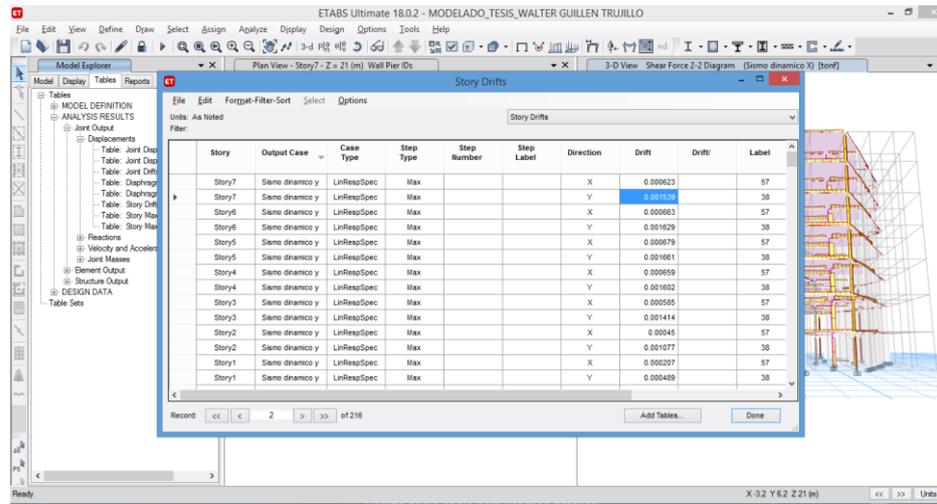
Nota. Elaboración propia.

Figura 31
Cálculo de cortante dinámica – Análisis dinámico



Nota. Elaboración propia.

Figura 32
Cálculo de derivas dinámicas en X e Y – Análisis dinámico

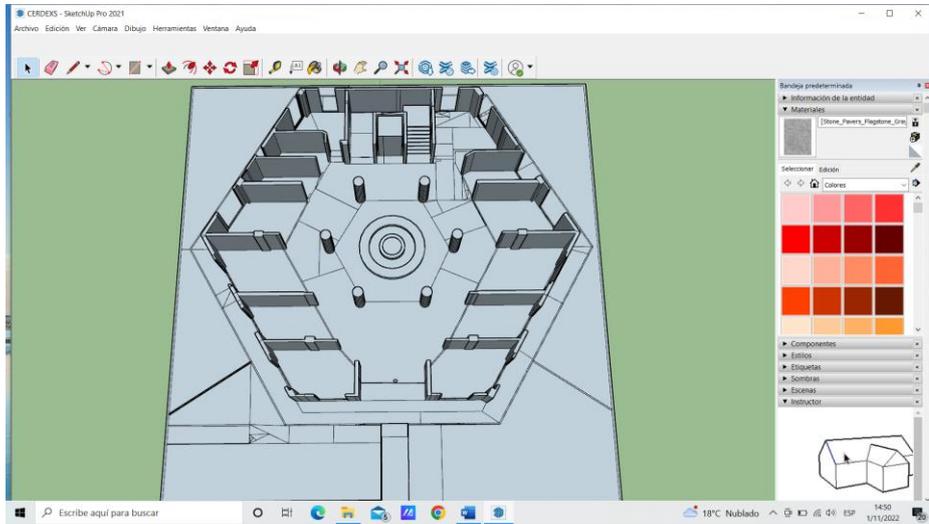


Nota. Elaboración propia.

ANEXO N° 3. MODELAMIENTO 3D – SKETCHUP 2021

Figura 33

Configuración arquitectónica 3D inicial



Nota. Elaboración propia.

Figura 34

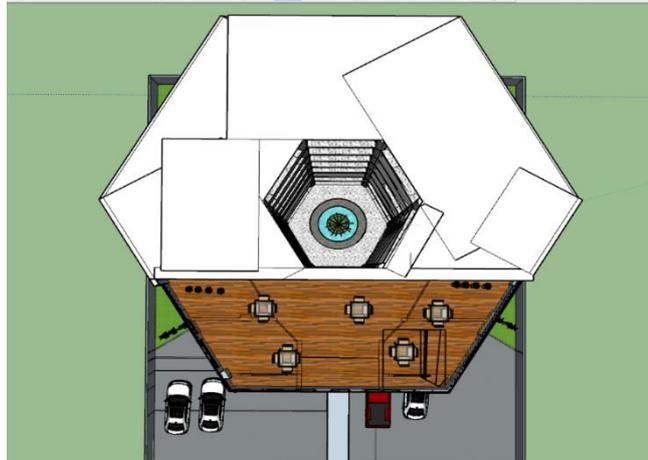
Elevación fachada 3D



Nota. Elaboración propia.

Figura 35

Vista en planta ultimo nivel - azotea



Nota. Elaboración propia.

Figura 36

Vista 3D de ambientes - azotea



Nota. Vista 3D proyectada en el programa LUMION 12, elaboración propia.

Figura 37

Configuración arquitectónica final 3D



Nota. Vista 3D proyectada en el programa LUMION 12, elaboración propia.

ANEXO N° 4. Matriz de consistencia y operacionalización de variables
Tabla 18
Operacionalización de las variables
TITULO: PROPUESTA DE DISEÑO ESTRUCTURAL CON SISTEMA DUAL PARA UN EDIFICIO HEXAGONAL APLICANDO UN SOFTWARE COMPUTACIONAL, TRUJILLO, LA LIBERTAD, 2022.

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad	Escala medición	
Variable Independiente Diseño estructural con sistema dual	El diseño estructural con sistema dual es la combinación de un sistema aporticado y placas o muros de concreto, con la finalidad que absorban las fuerzas de corte en ambos sentidos de dirección del sismo y los pórticos que absorban las fuerzas de desplazamiento y flexión, (Urquiza, 2014)	El diseño estructural de concreto armado con sistema dual tiene la capacidad de brindar mayor resistencia a los momentos y fuerzas de sismo en una edificación, ya que presenta porticos y muros de concreto armado.	*Predimensionamiento de elementos estructurales	Elementos horizontales y verticales	(cm,m)	Razón	
			*Diseño de losas				
			*Diseño de vigas	Acero de refuerzo longitudinal	(cm2, varillas)		
			*Diseño de columnas	Acero de refuerzo longitudinal			
Variable Dependiente Edificio hexagonal	Las edificaciones de forma hexagonal con estructuras de concreto armado, son destinadas a uso comercial, debido a su forma y concepción estructural que son estéticamente poco convencional, (López & Aroca, 2015).	El diseño del edificio hexagonal se desarrollará según los requerimientos técnicos establecidos en el Reglamento Nacional de Edificaciones.	*Diseño de placas	Acero de refuerzo transversal		Razón	
			*Diseño de cimentación				
			*Análisis sísmico	Derivas de entrepiso	(mm, m)		
				Desplazamiento lateral			
Variable Dependiente Edificio hexagonal	Las edificaciones de forma hexagonal con estructuras de concreto armado, son destinadas a uso comercial, debido a su forma y concepción estructural que son estéticamente poco convencional, (López & Aroca, 2015).	El diseño del edificio hexagonal se desarrollará según los requerimientos técnicos establecidos en el Reglamento Nacional de Edificaciones.	*Construcción horizontal	Área de terreno	(m2)	Razón	
			*Construcción vertical	Altura de edificación	(m)		

Nota. En la tabla 18 se muestra la matriz de operacionalización de variables, elaboración propia.

Tabla 19
Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
<p>General:</p> <p>¿Cuál es la propuesta de diseño estructural más apropiado para un edificio hexagonal con un sistema dual aplicando un software computacional en Trujillo, 2022?</p> <p>Específico 1:</p> <p>¿De qué manera se determina la Estructuración y Predimensionamiento de los elementos estructurales del edificio hexagonal?</p> <p>Específico 2:</p> <p>¿Cómo se calcula el análisis sísmico del edificio hexagonal aplicando el software Etabs 18?</p> <p>Específico 3:</p> <p>¿Cuál es la finalidad de formular el diseño de los elementos estructurales del edificio hexagonal y detallarlos mediante planos estructurales?</p>	<p>General:</p> <p>Diseñar una propuesta estructural con sistema dual para un edificio hexagonal aplicando un software computacional en Trujillo, 2022.</p> <p>Específico 1:</p> <p>Se determinará la estructuración y predimensionamiento de los elementos estructurales del edificio hexagonal.</p> <p>Específico 2:</p> <p>Se calculará los resultados del análisis sísmico del edificio hexagonal aplicando el software Etabs 18.</p> <p>Específico 3:</p> <p>Se formulará el diseño de los elementos estructurales del edificio hexagonal para luego detallarlos mediante planos estructurales.</p>	<p>General:</p> <p>Diseñar una propuesta estructural aplicando un software computacional, puede optimizar y mejorar el proceso de cálculo para un edificio hexagonal con sistema dual en Trujillo, 2022.</p> <p>Específica 1:</p> <p>Determinar la Estructuración y Predimensionamiento de los elementos estructurales de manera adecuada, mejorará los resultados del análisis sísmico del edificio hexagonal.</p> <p>Específica 2:</p> <p>Calcular el análisis sísmico del edificio hexagonal aplicando el software Etabs 18 ayudará a obtener resultados más precisos de los desplazamientos de la estructura.</p> <p>Específica 3:</p> <p>Formular el diseño de los elementos estructurales y detallar en planos de estructuras, permite un mayor entendimiento del desarrollo del proyecto.</p>	<p>Variable Independiente:</p> <p>Diseño estructural con sistema dual</p> <p>Variable Dependiente:</p> <p>Edificio hexagonal</p>	<p>Tipo de investigación:</p> <p>Aplicada</p> <p>Enfoque:</p> <p>Cuantitativo</p> <p>Diseño:</p> <p>No Experimental - correlacional</p> <p>Materiales</p> <p>- Laptop: para hacer uso de los programas AutoCAD, Excel y ETABS 18.</p> <p>Método de diseño</p> <p>Se rige en base a la norma E 030 – Diseño Sismorresistente, con referencia al Anexo I (Procedimiento sugerido para la determinación de las acciones sísmicas) .</p> <p>Instrumento</p> <p>Utilizará como instrumento de recolección de datos las hojas de cálculos y software estructural Etabs 2018</p> <p>Procedimiento:</p> <p>Se procede con lo siguiente:</p> <p>Estructuración y arquitectura del edificio comercial hexagonal .</p> <p>Predimensionamiento de los elementos estructurales.</p> <p>Análisis sísmico en ETABS</p> <p>Diseño de los elementos estructurales.</p> <p>Elaboración de planos estructurales.</p>
				<p>Poblacion:</p> <p>Corresponde a todas las edificaciones con sistema dual de concreto armado de la Av. Juan Pablo II de concreto armado del distrito de Trujillo.</p> <p>Muestra:</p> <p><i>Edificación hexagonal</i> con sistema dual de 7 niveles ubicada en la av. Juan Pablo II del distrito de Trujillo. El muestreo proyectado para esta investigación corresponde al muestreo no probabilístico con clasificación por conveniencia</p>

Nota. En la tabla 19 se muestra la matriz de consistencia, la cual resume desde el tema hasta la finalidad de la investigación, elaboración propia