

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UNA
EDIFICACIÓN COMÚN DE CONCRETO ARMADO
DE 12 NIVELES, MEDIANTE EL ANÁLISIS
DINÁMICO MODAL ESPECTRAL, EN EL SECTOR
EL MOLINO, TRUJILLO 2022”

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniero Civil

Autores:

Daniel Enrique Rodriguez Alvarez

Jose Carlos Tejada Villegas

Asesor:

Mg. Ing. Wiston H. Azañedo Medina

<https://orcid.org/0000-0003-1737-3500>

Trujillo - Perú

2023

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Nixon Brayan Peche Melo	70615775
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Gonzalo Hugo Díaz García	40539624
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Eduar José Rodríguez Beltrán	18213588
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

INFORME DE SIMILITUD

Comportamiento estructural de una edificación común de concreto armado de 12 niveles, mediante el análisis dinámico modal espectral, en el sector El Molino

INFORME DE ORIGINALIDAD**5%**

INDICE DE SIMILITUD

5%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

0%TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE**FUENTES PRIMARIAS****1****hdl.handle.net**

Fuente de Internet

2%**2****repositorio.ucv.edu.pe**

Fuente de Internet

2%**3****repositorio.urp.edu.pe**

Fuente de Internet

1%**4****repositoriodigital.ucsc.cl**

Fuente de Internet

1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Activo

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme alcanzar esta meta e iluminar mi camino cada día y permitir que mi familia sea parte de este logro.

Con un infinito cariño se lo dedico a mi madre Dany Alvarez Ruiz, quien me guio en todo momento con sus enseñanzas y valores permitiéndome desarrollarme como persona de bien.

A mis abuelos, Antenor Alvarez León y María Cruz Ruiz Chávez, quienes desde el cielo me guiaron en todo momento y en vida me enseñaron valores.

A toda mi familia, por inspirarme, guiarme y confiar en mis sueños y metas.

A todos aquellos que contribuyeron en este logro y quienes compartieron sus conocimientos.

Daniel Rodriguez Alvarez

A mi padre celestial, que con amor va guiando mi camino, sin Dios nada de esto sería posible.

A mi abuelita Maura, quien fue una persona excepcional en esta tierra y con su ejemplo me enseñó a amar a Dios por sobre todas las cosas.

A mi padre Carlos Tejada, que con su trabajo y esfuerzo me ayuda a alcanzar mis metas, él es una fuente de inspiración y valentía para mí.

A mi madre Gina Villegas, que con sus sabios consejos y amor me orientó en cada momento de mi vida.

A mi familia, sin duda cada uno de ellos fue importante para lograr esta meta.

José Carlos Tejada Villegas

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a Dios, por permitirme llegar hasta este momento, en darme las fuerzas y oportunidades necesarias para salir adelante y permitirme conocerlo.

Gracias a mi madre Dany Alvarez Ruiz, por ser mi principal motor para alcanzar este anhelado sueño, por confiar y creer, por alentarme con sus consejos y cobijarme en sus oraciones

Agradezco de manera especial a mis docentes de la carrera de Ingeniería Civil, que me prepararon en todo momento para la vida profesional, de manera especial al Ingeniero Wiston Azañedo Medina, asesor de esta investigación, quien ha guiado con su paciencia, y rectitud como docente y enseñar en cada ocasión que se acudía.

A mi familia, a mis amigos toda la vida y a los que conocí en el camino y todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron en la realización de esta investigación.

Daniel Rodriguez Alvarez

Agradezco a Dios por estar siempre a mi lado, nunca me sentí sólo ante cada prueba de la vida, a pesar de cada imperfección humana, Dios siempre me reconfortó para mejorar cada día.

Agradezco a mis padres y mi abuelito Marcos, por todo su esfuerzo y amor, ellos incondicionalmente me apoyan cada día para poder superarme y ser una persona de bien.

Agradezco a mis abuelitos, a mi hermano, a mis tíos y primos, si tuviera que escribir todo lo que ellos han hecho por mí sin duda me quedaría corto esta hoja, su amor y apoyo en cada etapa de mi vida fue esencial.

Agradezco a Evelyn por su cariño, apoyo y compañía incondicional

Finalmente, agradezco a la universidad privada del norte y a cada docente por sus enseñanzas de primer nivel que recibí, y en especial a nuestro asesor por su tiempo y paciencia para responder y revisar cada duda que tenemos.

José Carlos Tejada Villegas

TABLA DE CONTENIDO

JURADO EVALUADOR	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	6
TABLA DE CONTENIDO	8
ÍNDICE DE TABLAS	13
ÍNDICE DE FIGURAS	15
ÍNDICE DE ECUACIONES	16
RESUMEN	19
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	20
1.1. Realidad problemática	20
1.1.1. Antecedentes teóricos	25
1.2. Bases teóricas	33
1.2.1. Comportamiento estructural	33
1.2.2. Edificaciones Comunes de Concreto Armado	33
1.2.3. Tipos de losas estructurales:	35
1.2.3.1. Losas aligeradas unidireccionales	35
1.2.3.2. Losa maciza	36
1.2.3.3. Losas vigacero	36
1.2.4. Análisis Sísmico	38

1.2.5.	Regularidad Estructural	47
1.2.6.	Software ETABS	48
1.3.	Formulación del problema	48
1.4.	Objetivos	48
1.4.1.	Objetivo general	48
1.4.2.	Objetivos específicos	48
1.5.	Hipótesis	49
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA		50
2.1.	Tipo de investigación	50
2.1.1.	Por el propósito	50
2.1.2.	Según el diseño de investigación	50
2.2.	Diseño de investigación	50
2.3.	Población y muestra	51
2.3.1.	Población	51
2.3.2.	Muestra	51
2.4.	Técnicas e instrumentos de recolección, materiales y análisis de datos	52
2.4.1.	Técnicas de recolección de datos	52
2.4.2.	Instrumento de recolección de datos	52
2.4.3.	Análisis de datos	53
2.4.4.	Materiales	53

2.5.	Aspectos éticos de la investigación	54
2.6.	Procedimientos	55
2.6.1.	Recolección de datos	56
2.6.2.	Presentación de planos	56
2.6.3.	Parámetros de diseño para análisis sísmico	56
2.6.4.	Modelamiento de la estructura en el Software Etabs v.16	56
2.6.5.	Análisis sísmico modal espectral	57
2.6.6.	Desplazamientos y derivas de entrepiso	57
2.6.7.	Irregularidades en planta y altura	57
2.6.8.	Discusión y conclusión de resultados	57
2.7.	Matriz de Operacionalización de variables	58
2.8.	Matriz de Consistencia	60
CAPÍTULO III: RESULTADOS		62
3.1.	Descripción del proyecto	62
3.2.	Modelado de los elementos estructurales	63
3.2.1.	Propiedades de los materiales	63
3.2.2.	Elementos estructurales	64
3.2.3.	Cargas de diseño	69
3.3.	Parámetros Sísmicos	72
3.3.1.	Zonificación (Z)	72
3.3.2.	Parámetros de Sitio (S, TP y TL)	72

3.3.3.	Factor de Amplificación Sísmica (C)	73
3.3.4.	Categoría de las Edificaciones y Factor de Uso (U)	73
3.3.5.	Sistema Estructural y Coeficientes Básico de Reducción de las Fuerzas Sísmicas (Ro)	74
3.4.	Modelado Estructural Tridimensional	76
3.5.	Peso sísmico según la Norma E.030-2018	76
3.6.	Participación de masas, periodos y modos de vibración según la Norma E.030-2018	78
3.7.	Espectro de diseño y Aceleración Espectral	82
3.8.	Irregularidad en altura	85
3.8.1.	Irregularidad de Rigidez – Piso Blando e Irregularidad Extrema Rigidez	85
3.8.2.	Irregularidad de Resistencia – Piso Débil e Irregularidad de Extrema Resistencia	87
3.8.3.	Irregularidad de Masa o Peso	90
3.8.4.	Irregularidad de Geométrica Vertical	91
3.9.	Irregularidad en Planta	92
3.9.1.	Irregularidad Torsional e Irregularidad Torsional Extrema	92
3.9.2.	Esquinas Entrantes	95
3.9.3.	Discontinuidad del Diafragma	95
3.10.	Control de distorsiones de entrepiso	96
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES		100

4.1.	Discusión	100
4.1.1.	El comportamiento estructural en la construcción de las edificaciones comunes de concreto armado	100
4.1.2.	El análisis sísmico modal espectral en las construcciones de las edificaciones comunes de concreto armado	100
4.1.3.	La normatividad en las construcciones de las edificaciones comunes de concreto armado	101
4.1.4.	Sistema convencional de losas y sistema aligerado de vigas de acero	102
4.1.5.	Interpretación de los resultados	102
4.1.6.	Comparación de antecedentes con los resultados	108
4.1.7.	Limitaciones de la investigación	111
4.1.8.	Implicancias de la investigación	112
4.1.9.	Resumen de los hallazgos encontrados	112
4.2.	Conclusiones	114
4.2.1.	Conclusión General	114
4.2.2.	Conclusión Especifica 1	114
4.2.3.	Conclusión Especifica 2	114
4.2.4.	Conclusión Especifica 3	114
	RECOMENDACIONES	116
	REFERENCIAS	118
	ANEXOS	120

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Matriz de operacionalización de variables.....	58
Tabla 2 Matriz de Consistencia.	60
Tabla 3 Propiedades mecánicas del concreto.....	63
Tabla 4 Propiedades mecánicas del acero de refuerzo.....	63
Tabla 5 Propiedades mecánicas de la vigueta estructural.	64
Tabla 6 Carga viva, según la norma E.020.	69
Tabla 7 Carga linealmente distribuida, asignadas en Etabs v.16.	71
Tabla 8 Resumen de los parámetros sísmicos. Sistema de losa convencional	75
Tabla 9 Resumen de los parámetros sísmicos. Sistema de losa vigacero.....	75
Tabla 10 Cálculo del peso sísmico con sistema de losas convencional.	77
Tabla 11 Cálculo del peso sísmico con sistema de losa vigacero	77
Tabla 12 Masa participativa, Periodos y modos de vibración. Sistema de losa convencional	78
Tabla 13 Masa participativa, Periodos y modos de vibración. Sistema de losa vigacero.....	79
Tabla 14 Porcentaje de la masa efectiva. Sistema de losa convencional.....	80
Tabla 15 Porcentaje de la masa efectiva. Sistema de vigacero	80
Tabla 16 Periodo fundamental de la edificación. Sistema de losa convencional	81
Tabla 17 Periodo fundamental de la edificación. Sistema de losa vigacero.....	81
Tabla 18 Aceleración espectral para ambas direcciones (T vs C).....	84
Tabla 19 Rigidez de entrepiso en la dirección XX, Etabs v.16. Sistema convencional	85
Tabla 20 Rigidez de entrepiso en la dirección XX, Etabs v.16. Sistema vigacero	86
Tabla 21 Rigidez de entrepiso en la dirección YY, Etabs v.16. Sistema convencional	86
Tabla 22 Rigidez de entrepiso en la dirección YY, Etabs v.16. Sistema vigacero	87
Tabla 23 Resistencia de entrepiso en la Dirección XX, Etabs v.16. Sistema convencional	88
Tabla 24 Resistencia de entrepiso en la Dirección XX, Etabs v.16. Sistema vigacero	88
Tabla 25 Resistencia de entrepiso en la Dirección YY, Etabs v.16. Sistema convencional	89

Tabla 26 Resistencia de entrepiso en la Dirección YY, Etabs v.16. Sistema vigacero	89
Tabla 27 Verificación masa o peso para sistema de losa convencional.	90
Tabla 28 Verificación masa o peso para sistema de losa vigacero.....	91
Tabla 29 Verificación de irregularidad geométrica vertical.....	92
Tabla 30 Verificación por irregularidad torsional y torsional extrema para la dirección XX, Etabs. v16. Sistema convencional.....	93
Tabla 31 Verificación por irregularidad torsional y torsional extrema para la dirección XX, Etabs. v16. Sistema vigacero	93
Tabla 32 Verificación por irregularidad torsional y torsional extrema para la dirección YY, Etabs. v16. Sistema convencional.....	94
Tabla 33 Verificación por irregularidad torsional y torsional extrema para la dirección YY, Etabs. v16. Sistema vigacero	94
Tabla 34 Verificación de Irregularidad por Esquinas Entrantes.	95
Tabla 35 Verificación de irregularidad por discontinuidad en el diafragma.	95
Tabla 36 Derivas de entrepiso en la Dirección XX. Sistema convencional	96
Tabla 37 Derivas de entrepiso en la Dirección XX. Sistema vigacero.....	97
Tabla 38 Derivas de entrepiso en la dirección YY. Sistema convencional	97
Tabla 39 Derivas de entrepiso en la dirección YY. Sistema vigacero	98

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Sistemas estructurales de concreto armado	35
Figura 2 Losa aligerada convencional	36
Figura 3 <i>Losa maciza</i>	36
Figura 4 Sistema de piso vigacero.....	38
Figura 5 Esquema de fuerza cortante en la base y fuerzas estáticas horizontales por nivel.	42
Figura 6 Espectro de respuesta normado, aceleración vs periodo.....	44
Figura 7 Esquema de los diferentes modos de vibración de una estructura.	45
Figura 8 Diseño de Investigación	50
Figura 9 Desarrollo de la investigación.....	55
Figura 10 Secciones de Columnas en Etabs v.16.	65
Figura 11 Secciones de Vigas en Etabs v.16.	65
Figura 12 Sección de losa aligerada X-X en Etabs v.16.....	66
Figura 13 Sección de losa maciza en Etabs v.16.	67
Figura 14 Secciones de placas y muros de corte en Etabs v.16	68
Figura 15 Pier Labels en Etabs v.16.....	68
Figura 16 Mapa de peligro sísmico de la E.030	72
Figura 17 Modelo Tridimensional, Etabs v.16.	76
Figura 18 Espectro de Pseudo-Aceleraciones en la Dirección X-X.....	82
Figura 19 Espectro de Pseudo-Aceleraciones en la Dirección Y-Y.....	82
Figura 20 Espectro de Respuesta (T vs C).....	83
Figura 21 Comparación de derivas máximas de entre piso en ambas direcciones para una losa convencional	98
Figura 22 Comparación de derivas máximas de entre piso en ambas direcciones para una losa vigacero.....	99

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Fuerza Cortante en la base.....	39
Ecuación 2 Coeficiente sísmico entre el factor de reducción de fuerzas sísmicas.	40
Ecuación 3 Distribución de fuerzas sísmicas.....	41
Ecuación 4 Coeficiente alfa.....	41
Ecuación 5 Aceleración espectral.....	45
Ecuación 6 Valor de C, cuando $T < T_p$	73
Ecuación 7 Valor de C, cuando $T_p < T < T_l$	73
Ecuación 8 Valor de C, cuando $T > T_l$	73
Ecuación 9 Coeficiente de Reducción de las fuerzas sísmicas, R.....	74
Ecuación 10 C/R mayor o igual a 0.11	74

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO N°1. Plano de distribución del sótano.....	120
ANEXO N°2. Plano de distribución del 1er piso.	121
ANEXO N°3. Plano de distribución del 2do piso.	122
ANEXO N°4. Plano de distribución del 3er al 9no piso.....	123
ANEXO N°5. Plano de distribución del 10mo y 11avo piso.....	124
ANEXO N°6. Plano de distribución del 12avo piso.....	125
ANEXO N°7. Plano de distribución de azotea.....	126
ANEXO N°8. Plano de techo de escalera.....	127
ANEXO N°9. Plano de Corte B-B.....	128
ANEXO N°10. Plano de corte A-A.....	129
ANEXO N°11. Vista frontal.	130
ANEXO N°12. Vista Lateral.....	131
ANEXO N°13. Plano de cimentación.	132
ANEXO N°14. Plano de losa maciza de sótano.	133
ANEXO N°15. Plano de aligerado del 1er piso.....	134
ANEXO N°16. Plano de aligerado del 2do al 4to piso.....	135
ANEXO N°17. Plano de aligerado del 5to al 8vo piso.....	136
ANEXO N°18. Plano de aligerado del 9no al 11vo piso.....	137
ANEXO N°19. Plano de aligerado del 12vo piso.....	138
ANEXO N°20. Plano de aligerado de la azotea.	139
ANEXO N°21. Especificaciones técnicas del plano.....	140
ANEXO N°22. Resumen de Estudio de Mecánica de Suelos.....	141
ANEXO N°23. Detalles de Placas de PL-1 y PL-2.....	142
ANEXO N°24. Detalles de Placas de la P-3 hasta la PL-8.....	143
ANEXO N°25. Cuadro de Columnas N°01.....	144

ANEXO N°26. Cuadro de Columnas N°02.....	145
ANEXO N°27. Cuadro de Columnas N°03.....	146
ANEXO N°28. Cuadro de Columnas N°04.....	147
ANEXO N°29. Cuadro general de Vigas N°01.....	148
ANEXO N°30. Cuadro general de Vigas N°02.....	149
ANEXO N°31. Ficha de recolección de datos sísmicos normativos.	150
ANEXO N°32. Ficha de Observación N°01.....	151
ANEXO N°33. Ficha de Observación N°02.....	152
ANEXO N°34. Material Concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ en Etabs v.16.....	153
ANEXO N°35. Material acero de refuerzo, $f_y=4,200 \text{ kg/cm}^2$ en Etabs v.16.	154
ANEXO N°36. Masa participativa en Etabs v.16.....	154
ANEXO N°37. Modal Case (Eigen vectores), en Etabs v.16.	155
ANEXO N°38: Espectro de diseño T vs C, en Etabs v.16.....	155
ANEXO N°39. Sismo dinámico en la dirección Y-Y, en Etabs v.16	156
ANEXO N°40. Escalamiento de sismo dinámico en X-X, en Etabs v.16.....	157
ANEXO N°41. Escalamiento de sismo dinámico en Y-Y, en Etabs v.16.....	157
ANEXO N°42. Vista en 3D de edificio (Solución), en Etabs v.16.....	158
ANEXO N°43. Deriva máxima en XX para el sistema convencional, en Etabs v.16.....	159
ANEXO N°44. Deriva máxima en YY para el sistema convencional, en Etabs v.16.....	161
ANEXO N°45. Deriva máxima en XX, para el sistema vigacero, en Etabs v.16.	162
ANEXO N° 46: Deriva máxima en YY, para el sistema vigacero, en Etabs v.16.	163

RESUMEN

La presente investigación se realizó en la provincia de Trujillo, en el sector "El Molino", donde se determinó el comportamiento estructural de una edificación común de concreto armado de 12 niveles, mediante el análisis dinámico modal espectral estipulado en la normativa E.030 "Diseño Sismorresistente" del RNE-2018.

La metodología de la presente tesis se caracterizó por ser aplicada y tener un enfoque cuantitativo, de diseño no experimental y del tipo transversal descriptivo; además se utilizó una técnica de muestreo no probabilístico y por conveniencia. Se trabajó con una muestra de una edificación de 12 niveles, para lo cual se utilizó instrumentos de recolección de datos como: fichas de observación y parámetros sísmicos.

El principal problema de las edificaciones en Trujillo es la incertidumbre de cuál será su comportamiento frente a un sismo; ya que, hoy en día existen muchas edificaciones irregulares y a esto se suma la informalidad que existe en el país, ocasionando el riesgo a las pérdidas de vidas humanas por encontrarnos en una zona altamente sísmica. Por otro lado, los resultados obtenidos señalan que la estructura presenta un comportamiento deficiente en el sentido X-X, teniendo una deriva máxima de 0.0072, la cual debería ser inferior a 0.007 como indica la norma E.030, y esto es debido a la poca rigidez que existe en este sentido. Además, la estructura no presenta irregularidades, gracias a que la arquitectura tiene una estructuración simple y simétrica.

PALABRAS CLAVES: Comportamiento estructural, diseño sismorresistente, análisis dinámico modal espectral, Norma E030 del RNE.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En la actualidad, los países pertenecientes al cinturón de fuego presentan un alto riesgo sísmico; además, la mayor parte de construcciones se realizan sin un criterio técnico y teórico en etapas de la evaluación estructural. La evidencia de daño en las edificaciones ante solicitaciones sísmicas hace notar la necesidad de emplear metodologías confiables que nos permitan anticipar posibles daños en las edificaciones y como consecuencia preservar la vida humana. Para esto la ingeniería sísmica y estructural unieron metodologías basados en análisis de desempeño y espectros de respuesta antisísmicas, teniendo en consideración la interacción de elementos estructurales, no estructurales y suelo-estructura para la evaluación del comportamiento estructural.

En Venezuela, según el artículo científico de Vielma, Herrera, Ugel & Martínez (2012), declara que este país ha sido gravemente afectado por sismos a lo largo de su historia, debido a que el 80 % de su población se encuentra en regiones sísmicas activas. Entonces, la amenaza sísmica en la zona, el diseño y construcción inadecuada de las edificaciones, hace notar la gran necesidad de nuevos conocimiento y avances científicos en el área de la ingeniería sismorresistente que permitan predecir el comportamiento de la edificación y diseñar construcciones más seguras ante sismos.

En Chile, según Avendaño (2016), detalla que es un país en crecimiento de población y esto se ve reflejado en el aumento de construcciones. El cual, es altamente sísmico debido a que se encuentra en el cinturón de fuego del pacífico. Los terremotos se producen constantemente, por tal motivo se actualiza la norma estructural para brindar mayor seguridad al diseño de las edificaciones. Por otro lado, el ministerio de vivienda en Chile se

propuso hacer una reconstrucción del país y para ello se busca emplear métodos seguros para el análisis del comportamiento estructural.

Ecuador, es uno de los países sudamericanos que se encuentre dentro del famoso Cinturón de Fuego del Pacífico, es por ello que presenta una actividad sísmica alta, en el año 1906 ocurrió un evento sísmico de magnitud 8.8 grados en escala de Richter siendo uno de los sismos más grandes de la historia, dejando grandes pérdidas humanas y económicas. Esto deja en evidencia que existe problemas relacionados a su diseño el cual afecta directamente al comportamiento estructural de sus edificaciones, si bien es cierto existe la Norma Ecuatoriana de la Construcción, que está hecha de los estudios que se han realizado en país y los cuales son escasos; sin embargo, existe la posibilidad que dentro de la práctica no exista un buen proceso constructivo y que exista muchas autoconstrucciones en zonas urbanas y rurales (Quinde & Reinoso, 2016).

Por otro lado, el Perú también es uno de los países sudamericanos perteneciente al Cinturón de Fuego del Pacífico; el ingeniero civil Arana (2019), señala que a lo largo de la historia se han producido fuertes eventos sísmicos produciendo daños materiales y pérdidas humanas; uno de los eventos sísmicos de gran magnitud fue el ocurrido el 28 de octubre del año 1746 de magnitud 9 grados en escala de Richter en el Callao, departamento de Lima. Lo que deja en evidencia que más del 65% de viviendas en el país no tiene un buen comportamiento estructural y están expuestas a sufrir grandes daños producto de este fenómeno natural.

En el mundo existen normas de Diseño Sismorresistentes que establecen condiciones mínimas para el correcto comportamiento estructural de las edificaciones ante las sollicitaciones sísmicas. Para el Perú, es la Norma Técnica E.030 "Diseño Sismorresistente"

perteneciente al Reglamento Nacional de Edificaciones. Según Huaripata y Torres (2020), en su trabajo de investigación que tiene como objetivo comparar el análisis dinámico modal espectral y tiempo historia, indica que para determinar el comportamiento estructural no solo depende del tipo de análisis que se aplicará; sino que depende mucho de la configuración estructural, número de pisos, cargas, tipo de sistema estructural e irregularidades.

Paredes (2015), declara que el comportamiento estructural no solo depende del análisis sísmico, sino también depende de otras variables como el sistema constructivo, calidad de materiales, proceso constructivo correcto y una configuración estructural simple y simétrica.

Avendaño (2016), aporta que las deficiencias del comportamiento estructural provienen principalmente de un mal diseño y que en el proceso constructivo no se respeta la junta sísmica mayor a 3 cm, lo cual provoca un mal desempeño sísmico en la estructura, respecto al diseño sismorresistente o el análisis sísmico modal espectral se trata de cuantificar las fuerzas que actúan a nivel basal en las estructuras, esta herramienta se utiliza por los profesionales en ingeniería para estimar una máxima respuesta de una estructura, frente a cargas dinámicas.

Arana (2019), manifiesta que las derivas o desplazamientos pueden variar según la normativa, en el caso de Sudamérica se compara la normativa peruana, chilena y ecuatoriana, ya que pertenecen al cinturón de fuego, por lo que se concluye a través del análisis dinámico, la normativa chilena es más rigurosa por lo que se tiene que aportar mayor rigidez a las estructuras para así poder garantizar la adecuada funcionalidad y seguridad a la edificación preservando la vida humana antes los sismos.

Blacio (2016), precisa que, el riesgo sísmico nace de una mala planeación y construcción de las viviendas, lo que genera que estas edificaciones no cumplan con la calidad sismorresistente que está estipulado en los diferentes códigos de diseño, por lo que la probabilidad que las estructuras sufran daños estructurales graves y lleguen a colapsar, es elevado.

Evidentemente, los sismos afectan directamente a las edificaciones; por lo general, resultan que los daños son negativos, esta realidad genera la importancia de conocer el comportamiento de las estructuras que depende de múltiples factores. El problema radica en que las edificaciones que se diseñan y construyen sin los estándares de calidad requeridos o también por muchas autoconstrucciones que se realizan sin ningún criterio profesional, lo cual suele ser el problema mayor.

Los sismos están generando una gran preocupación en la sociedad, especialmente por sus efectos negativos en muchas edificaciones lo que se traduce en pérdidas humanas, evidentemente el Perú es una víctima frecuente de este fenómeno natural debido a su ubicación geográfica en el cinturón de fuego. La problemática del comportamiento estructural nace en las edificaciones que se diseñan y construyen sin los estándares de calidad mínimos requeridos por los reglamentos de edificaciones las cuales tienen como finalidad disminuir las adversidades que se puedan presentar ante sollicitaciones sísmicas, o también por autoconstrucciones que se realizan sin ningún criterio profesional. Por todo esto se torna importante poder predecir el comportamiento de las estructuras para evitar futuras catástrofes mortales.

Según Martínez & Granados (2012), declara que el comportamiento estructural engloba distintas variables que son necesarias conocer para comprender el significado de

este concepto, entre las ellas resalta: la geometría de una edificación, la ejecución técnica de la construcción, las uniones entre los diversos elementos estructurales y la calidad de los materiales.

La deficiencia estructural según Blacio (2016), es causada por una mala planeación y construcción de las edificaciones, lo cual genera que estas no cumplan con la calidad sismorresistentes que está estipulado en los distintos códigos de diseño, por este motivo es que la probabilidad que las estructuras sufran daños severos y en ocasiones lleguen a colapsar, es inevitable.

Otro problema recurrente en las nuevas edificaciones es que, por motivos financieros solo se construyen por etapas, iniciando con uno o dos pisos, de los cinco o seis a los que se proyectan construir; además, en otros casos se diseña para una cierta cantidad de pisos y en la realidad se construye 2 o 3 niveles más, evadiendo la resistencia máxima que esta edificación puede llegar a soportar. Según Rondon (2020), afirma que en el 2018 se registró una demanda de 58 000 pisos o departamentos y tan sólo una oferta de 27 000 pisos; Por esta necesidad la población siempre busca proyectar sus construcciones a muchos niveles en altura, sin ser totalmente conscientes del gran daño que esto puede significar en el comportamiento de las estructuras. Morales, Santamaria, Caicedo & Tipán (2018) mencionan que, la fuerza sísmica es proporcional al peso de estructura, ante esta premisa, si se construye más pisos, aumentamos el peso de la edificación y por ende la fuerza sísmica, en caso, esta supere a la capacidad resistente del edificio, sería letal para la vida humana que habita en ella.

De acuerdo con las causas explicadas en los párrafos anteriores, se observó la importancia de conocer el comportamiento de las edificaciones ante las sollicitaciones

sísmicas es indispensable para poder predecir y anticipar los daños estructurales. Es por este motivo, que se realiza la presente tesis de investigación para determinar el comportamiento estructural en función al análisis dinámico modal espectral estipulado en la normativa E.030 "Diseño Sismorresistente" publicado en el año 2018. A partir de ello, se busca conocer los desplazamientos y distorsiones de entre piso, para los diferentes proyectos arquitectónicos, haciendo el uso correcto los softwares computacionales que sirven de apoyo para los cálculos estructurales, para esta investigación se hará uso del software ETABS v.16 perteneciente a la familia Computer & Structure, INC.

Esta investigación se basa en el análisis dinámico modal espectral, ya que este método es ventajoso para determinar los desplazamientos y fuerzas internas en las estructuras, producto de un evento sísmico. Además, este análisis está orientado a determinar los drift's de entre piso y las aceleraciones en cada modo usando un espectro de diseño, añadiendo las condiciones adicionales que nos indica la norma como las irregularidades tanto en planta como altura (Salinas, 2012).

1.1.1. Antecedentes teóricos

"Evaluación estructural de edificios de uso multifamiliar diseñados con la norma sismorresistente E.030 1977 utilizando la norma E.030 2016"

Rojas & Riveros (2020), en la presente investigación evaluó el comportamiento estructural de 4 edificios multifamiliares diseñados con la norma E.030 de 1977 a través de la norma E.030 del 2016 utilizando los métodos de análisis estáticos y dinámicos modal-espectral. Durante el desarrollo de la investigación se realizó un estudio de las edificaciones que tengan en promedio 25 años de antigüedad, posteriormente se inició con el análisis estructural y para ello se utilizó el software ETABS, donde se modeló la estructura de 4

edificaciones elegidas. En consecuencia, se obtuvo las derivas de la edificación y se verificó que cumplan con lo estipulado en la norma. También, se consiguió las fuerzas internas de la estructura, provocadas por las cargas aplicadas en la misma. El resultado más significativo fue que sólo un edificio de los 4 cumplen con los desplazamientos permitidos por la norma del 2016. Por otro lado, 3 edificaciones presentaron fallas importantes en la unión de viga-columna. En conclusión, la norma ha presentado cambios en sus parámetros volviéndose mucho más riguroso y conservador, debido a los constantes eventos sísmicos, uno de los cambios más evidentes es la exigencia que se pide respecto a los desplazamientos del edificio, los valores máximos permitidos son mucho menores. Esto se vio reflejado en los resultados de derivas (Pág. 163).

La importancia de esta investigación radica en el uso de los métodos y procedimientos basados en la norma E.030 de diseño sismorresistente, aportando conocimiento para realizar el análisis estructural por medio de la norma y utilizando un programa computacional para la obtención de resultado estructurales.

"Desempeño sísmico de un edificio multifamiliar de 5 niveles con sistema constructivo EMMEDUE, Trujillo - 2020"

Gamboa & Otiniano (2020), en este trabajo de investigación buscó precisar el desempeño de un edificio de 5 niveles ante eventos sísmicos, esta edificación presentó una particularidad en su sistema constructivo, el cual se denomina EMMEDUE. Para el desarrollo de la investigación se basó en los planos arquitectónicos de una edificación de 5 pisos y a través del software ETABS, realizó el modelado de la estructura. Para determinar el desempeño sísmico de la estructura utilizó un análisis estático y dinámico por desempeño para obtener las derivas y desplazamientos, espectros de capacidad y demanda, aceleración

en la estructura, cortante basa para diseño, irregularidades en planta y altura. En los resultados se obtuvo que la edificación cumple con las derivas máximas permisibles por la norma en el rango inelástico y no presenta irregularidades en planta y en altura. Y por último se realizó el diseño según el RNE, cumpliendo con sus exigencias. En conclusión, se trabajó la investigación mediante el programa ETABS para realizar el modelamiento y finalmente el análisis sismorresistente. Se presentó el sistema constructivo EMMEDUE como nueva propuesta para futuras construcciones, aunque en el último nivel se presentaron desplazamientos inelásticos de 20 cm lo cual está generando rótulas plásticas en la mayoría de los elementos estructurales, y esto puede ir en aumento hasta llegar al nivel de rótulas de colapso.

Esta investigación es importante por la claridad en la metodología y procesos para la obtención de sus resultados, lo cual puede ayudar en la realización de un análisis sísmico y comprender el comportamiento de las estructuras utilizando las normas de diseño.

“Comparación del comportamiento sísmico lineal y no lineal, en el análisis y diseño estructural de un edificio alto, con disipadores de energía e interacción suelo-estructura”

Condori (2014), esta investigación tuvo objetivo analizar sísmicamente un edificio alto con distintas metodologías, para luego comparar sus derivas y distorsiones, obteniendo el modelo de análisis óptimo. Así mismo se deseó descubrir si esas metodologías son eficientes para determinar el comportamiento general de la estructura. La metodología aplicada se basó en el modelamiento de un edificio alto con 23 pisos en el software ETABS, y también los disipadores sísmicos, en este último, se aplicó una distribución en zona de las propiedades empleadas para una interacción suelo estructura, como la masa, rigidez y

amortiguación. Para la obtención del comportamiento estructural se aplicó un análisis modal tiempo historia de forma lineal, y bajo la influencia de los disipadores fluido-viscoso se utilizó el análisis No Lineal. Después de aplicar el estudio se observó que mediante un análisis dinámico modal espectral las derivas de la edificación cumplen con lo estipulado en la norma de diseño sismorresistente, sin embargo, mediante la interacción suelo estructuras, las derivas aumentan considerablemente. La investigación también encontró que al aplicarse disipadores de fluido viscoso disminuyeron sus desplazamientos en un 40 % (Pág. 141).

Evidentemente la investigación aporta conocimientos relacionados al análisis dinámico modal espectral, para determinar desplazamiento y distorsiones de una edificación y nos permitan describir el comportamiento en un lenguaje estructural. Así mismo, el uso de un programa computacional relacionado al análisis estructural facilita en gran manera la obtención de resultados.

“Análisis sismorresistente de un edificio de cinco niveles ubicado en la comunidad de Tomé”

Avendaño (2016), en este trabajo de investigación analizó el comportamiento estructural de un edificio de concreto armado, para garantizar la seguridad de sus ocupantes. Con este procedimiento se busca determinar los daños a los cuales estará expuesta. En la metodología se utilizaron planos y memorias de cálculo de la edificación, todo esto con el propósito de generar 3 modelados en ETABS, codificados como modelo A, B Y C. las edificaciones fueron analizadas por el método de fuerzas estáticas y el método modal-espectral. Con esto se obtuvo los resultados de centro de rigidez, desplazamientos, cortes basales, para finalmente establecer una comparativa y así plantear conclusiones sobre los efectos ocurridos en la estructura. Se puede comentar que los modos de vibración en los

modelos A y B son similares, sin embargo, se observó que en el modelo C ocurrieron 2 modos de vibrar con igual magnitud y esto es debido a que la estructura no presenta ningún elemento de acople entre las dos torres, a diferencia de los otros dos modelos que sí presentan. Con respecto a los desplazamientos de los 3 modelos en el eje X son parecidos, sin embargo, en el eje Y en todos los casos son mayores respecto al eje X, esto debido a que el eje X presenta mayor rigidez. Esta investigación aporta amplia información acerca de la aplicación de metodología para realizar el análisis estructural a una edificación, además en sus conclusiones nos enseña a cómo interpretar el comportamiento del edificio a través de sus desplazamientos y distorsiones, a partir de esos resultados se busca conocer el comportamiento de la estructura.

“Comparación del comportamiento estructural de un edificio de concreto armado usando la normativa peruana, chilena y ecuatoriana.”

Arana (2019), tuvo como objetivo comparar el comportamiento estructural de una edificación de 5 niveles que cuenta con un sistema estructural de pórticos de concreto armado, suelo intermedio y uso común (vivienda), ubicada en la ciudad de Cajamarca; mediante la participación de masas, derivas, desplazamientos y cortantes dinámicas que se proponen en las siguientes normas sudamericanas: peruana (E.030), chilena (NCh433) y ecuatoriana (NEC-SE-DS). Dentro de la metodología aplicada en esta investigación se construyó los espectros de respuesta de cada normativa y usando el programa Etabs versión 16.2 se logró obtener los desplazamientos y fuerzas cortantes dinámicas, para luego compararlos, evidenciando que las 3 normativas cumplen con la participación de masas efectivas superando el 90 %; por otro lado, la cortante dinámica cumple en las tres normas pero para este caso la normativa chilena tiene un mayor valor; adicionalmente, en la comparación de las derivas de entrepiso, se puede observar que el normativa chilena no cumple con los desplazamientos máximos permitidos; por lo que es necesario aportar más rigidez en la dirección donde sea necesario, llegando a la conclusión que al comprar las tres normas sudamericanas la más rigurosa es la normativa chilena, seguida de la peruana y finalmente al ecuatoriana, esto debido a los grandes sismos ocurridos a lo largo de la historia chilena que hace más rigurosa la normativa y la actualización constante de esta misma.

Esta investigación aporta el conocimiento y la metodología para poder determinar y analizar el comportamiento estructural de una edificación común de uso vivienda; además la interacción de la estructura frente a los distintos espectros de las diferentes normas.

“Análisis comparativos de la respuesta sísmica de una edificación esencial y otra común utilizando espectros de sitio y análisis dinámico modela espectral según normas sudamericanas”

Huaripata & Torres (2020), realizó una comparación entre un análisis con espectros de sitio y un análisis dinámico modal en dos edificaciones de distinta categoría de importancia, considerando principalmente normas sudamericanas. Los modelos escogidos será una de categoría hospitalaria y vivienda multifamiliar, se logró evaluar el efecto que generan los espectros de sitio en la respuesta sísmica estructural. Como metodología principal se planteó la comparación en la respuesta sísmica de edificaciones de edificaciones de concreto armado, bajo diversas situaciones con ayuda del análisis modal espectral, siguiendo el procedimiento establecido en la normativa peruana sísmica E.030. Para realizar el comportamiento estructural de una edificación esencial y otra común, se recurrió a un software computacional de análisis estructural, donde se realizó el modelado en 3D y se tuvo en cuenta las condiciones de carga de la norma peruana. Como resultado se obtuvo que mediante el análisis modal de los 3 espectros de sitio la edificación esencial no cumple con las derivas máximas establecidas en la norma peruana y chilena; y para la edificación común si cumple con lo establecido en la norma peruana, pero tiene algunos resultados por debajo de lo permitido para la norma chilena. En conclusión, al realizar la comparación de los métodos de análisis se observó que el impacto generado por un espectro de sitio en la edificación esencial es menor a los resultados de un análisis dinámico modal basado en la norma técnica E.030. Por otro lado, en la edificación común los resultados son de mayor impacto para ambos casos de análisis al considerarse un tipo de suelo S2.

El aporte de esta investigación es de suma importancia para la aplicación del método modal espectral para la obtención de derivas, así mismo la comparación permitió que conocer que la importancia de la edificación influye en el resultado final de las derivas y poder determinar el cumplimiento con la norma.

“Reducción del peso de un edificio multifamiliar de 12 pisos y 2 sótanos, utilizando concreto $f'_c=280\text{kg/cm}^2$, convencional, con aditivo sika lightcrete pe y reemplazando la losa convencional por la losa vigacero, Trujillo – 2020.”

Ruiz (2020), realizó una reducción de peso en la edificación de 12 pisos, logrando comparar con 3 propuestas diferentes, donde resalta el uso de vigacero en reemplazo de una losa comúnmente usada en las construcciones, así mismo se evaluó la influencia del aditivo para aligerar el peso del concreto; además, no sólo se evaluó el peso de la estructura sino que, analizó mediante un análisis sísmico dinámico, las cortantes sísmicas, derivas, fuerzas internas de la estructuras, periodos y masa participativa; esto con la finalidad de determinar en qué caso se puede alcanzar el mejor comportamiento estructural. En sus resultados obtuvo periodos de 0.57 y 0.507 segundos para X e Y respectivamente, en la edificación con losa vigacero, siendo estos menores al resto; también se obtuvo menores cortantes para la losa vigacero con un valor de 856.10 toneladas para X y 937.52 toneladas para Y; en la evaluación de derivas de entre piso se obtuvo mejores resultado implementado el aditivo sika para aligerar el peso del concreto, siendo estos valores menores al sistema convencional y sistema vigacero, en el caso de este último no se logró disminuir las derivas; por el lado económico, se observó que la implementación de losa vigacero se ahorra más que en las otras propuestas. En conclusión, se determina que el uso de vigacero disminuye en mayor porcentaje los parámetros evaluados a excepción de las derivas que no disminuyeron ni aumentaron.

1.2. Bases teóricas

1.2.1. Comportamiento estructural

El comportamiento estructural está enfocado en una distribución simple, regular con continuidad vertical y horizontal, buena configuración estructural y excelente relación entre las propiedades mecánicas y dinámicas de los sistemas estructurales que resiste las cargas laterales y a la interacción suelo – estructura; por lo que este tipo de edificaciones presentan un correcto comportamiento y desempeño durante los movimientos sísmicos. Al contrario de las edificaciones irregulares (en planta y altura) y con sistemas estructurales complejos, nos lleva a las incertidumbres en el análisis por lo que nos puede conducir a obtener datos erróneos y a un mal comportamiento y desempeño de la estructura, provocando daños severos y en algunos casos llegar a los colapsos (Zúñiga & Terán, 2012).

Por otra parte, se tiene antecedentes que la incorporación y correcta distribución de placas o muros de corte en las estructuras de concreto armado o en sistemas de pórticos, disipa y reduce considerablemente las deformaciones producto de las cargas de sismo, ya que aumenta considerablemente la rigidez lateral de la estructural, mejorando el comportamiento estructural de las edificaciones (Rodríguez, 2016).

1.2.2. Edificaciones Comunes de Concreto Armado

Ricalde (2019), señala que las edificaciones comunes o también conocidas como bienes de dominio común, se refiere a todo inmueble construido y que el cual no solo pertenece a una sola persona, sino que también a la

comunidad o sociedad. Por otra parte, las edificaciones de concreto armado hace énfasis a estructuras o armazón hechas por mezcla de concreto simple más acero de refuerzo, para lograr que la edificación y elementos estructurales tenga un comportamiento dúctil.

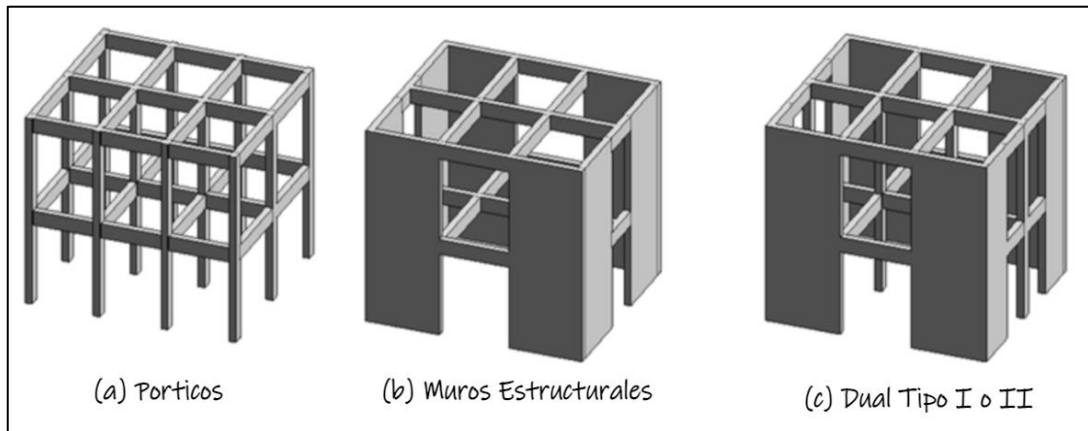
La Norma Técnica E.030 del 2018, señala en la tabla N°05 “Categorías de las edificaciones y factor de uso”, los tipos de edificaciones que clasifican como comunes.

Además, en el artículo 16 de la norma E.030 “Diseño Sismorresistente” clasifica a las estructuras de concreto armado en:

- a) **Pórticos.** Formados principalmente por columnas y vigas, los cuales resistirán la mayor parte de la fuerza sísmica.
- b) **Muros Estructurales.** Este sistema está conformado por muros estructurales, quienes resistirán por lo menos el 70% de la cortante sísmica en la base.
- c) **Dual.** Sistema conformado por columnas, vigas y muros estructurales, este último resistirá entre el 20 % al 70 % de la fuerza sísmica y el resto se repartirá a los pórticos.
- d) **Edificaciones de Muros de Ductilidad Limitada (EMDL).** Estas edificaciones tienen una particularidad, donde solo se pueden construir ocho pisos como máximo; sus muros de concreto armado con anchos delgados son los que van a resistir las cargas gravitacionales, estos muros ya no necesitan de extremos confinados y el refuerzo vertical se dispone en una sola capa.

Figura 1

Sistemas estructurales de concreto armado



1.2.3. Tipos de losas estructurales:

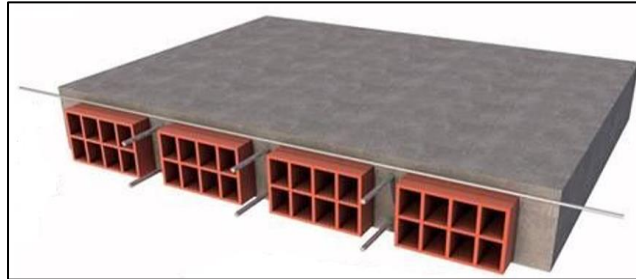
Las losas son los elementos que hace realidad la existencia de los pisos o techos de una edificación, esencialmente se encargan de transmitir las cargas gravitacionales hacia los elementos donde se apoyan, como las vigas, columnas o muros portantes; además de comportarse como un diafragma rígido ante las cargas de sismo, de manera que cada nivel tenga un comportamiento uniforme, logrando que todos los elementos verticales como las columnas y muros se deforme la misma cantidad en cada piso (Blanco, 1994).

1.2.3.1. Losas aligeradas unidireccionales

Este tipo de losas son en esencial las losas nervadas, con la diferencia que el espacio que existe entre las nervaduras o viguetas se rellena con ladrillo tubulares de techo, poliestireno expansivo, etc. La principal función de estas losas es aligerar el peso y puede cubrir mayores luces de manera más económica. Además, el encofrado solo está conformado por tablas de madera o encofrado metálico ubicadas debajo de las viguetas (Blanco, 1994).

Figura 2

Losa aligerada convencional



1.2.3.2. Losa maciza

Son elementos estructurales de concreto armado, conforman pisos y techos de una edificación, pueden tener uno o varios tramos continuos, pero tienen la desventaja de ser pesadas y transmiten fácilmente las vibraciones; sin embargo, resultan más resistentes y con mayor inercia, considerando que al utilizar esos tipos de losas se puede especificar un espesor menor que las losas nervadas o aligeradas (Blanco, 1994).

Figura 3

Losa maciza



1.2.3.3. Losas vigacero

El sistema de losa vigacero es un techo aligerado, compuesto por viguetas de acero galvanizado en forma de U cuya función es transmitir las cargas a sus puntos de apoyo; además cuenta con malla electrosoldada de

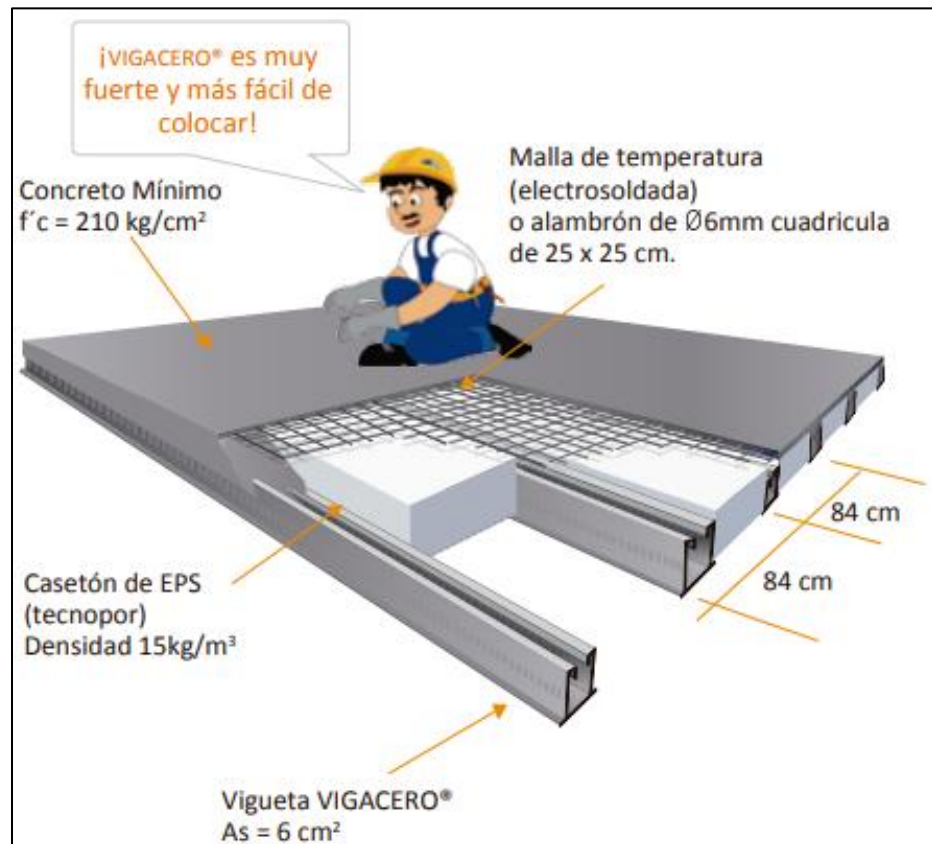
temperatura y relleno de poliestireno expandido de alta densidad (EPS) que sirve para ocupar los espacios que quedan entre viguetas. (Vigacero, 2018)

Este sistema se caracteriza por sus múltiples ventajas:

- El sistema con vigueta prefabricada de acero galvanizado es un tipo de losa aligerada con menor masa/m² (163.00 kg/m²), contribuyen a que las edificaciones tengan un mejor comportamiento ante los sismos.
- Este sistema es de fácil y rápida instalación por ende reduce el tiempo de ejecución, además es simple de transportar, manipular y apilar o almacenar en obra.
- El casetón de poliestireno expandido tiene un mejor aislamiento térmico y acústico, a comparación de los ladrillos de arcilla.
- Genera un mejor impacto medio ambiental; ya que, al no tener un encofrado de madera disminuye la tala de árboles; Por otro lado, el casetón, genera menos desperdicio en obra y contaminación, porque al calentarlo no genera viruta.
- No requiere un encofrado tradicional de madera o metálico, hasta luces menores a 3.00 ml por la gran resistencia de estas viguetas prefabricadas; y en caso de luces mayores hasta 8.00 ml solo requiere un apuntalamiento mínimo.

Figura 4

Sistema de piso vigacero



1.2.4. Análisis Sísmico

El Perú es un país altamente sísmico, por tal motivo es necesario analizar el comportamiento de las estructuras frente a los eventos sísmicos, en el cual se deberá controlar los desplazamientos laterales, considerando un análisis de respuesta lineal y elástico con los efectos sísmicos disminuidos como se indican en el artículo 27 de la norma E.030 “Diseño Sismorresistente” y se utilizó uno de los siguientes procedimientos:

- a) Análisis estático o de fuerzas equivalentes
- b) Análisis dinámico modal espectral.

En la presente tesis de investigación se ha utilizado principalmente el análisis dinámico modal espectral para poder determinar el comportamiento de la edificación de 12 niveles ubicado en el sector El Molino.

1.2.4.1. Análisis Estático o de Fuerzas equivalentes

De acuerdo con la normativa E.030 "Diseño Sismorresistente" publicado en el año 2018, define que este método idealiza las demandas sísmicas como un conjunto de fuerzas que actúan al centro de masas de cada nivel; además, indica que este análisis se limita a las siguientes condiciones:

- Todas las estructuras regulares e irregulares, ubicadas en la zona sísmica 1 de la zonificación del territorio peruano.
- En las otras zonas sísmicas puede emplearse este tipo de análisis, siempre que las estructuras se clasifiquen como regulares.
- Se permite este método cuando las edificaciones tengan como máximo 30 metros de altura, y para las estructuras de muros de concreto armado o albañilería ya sea confinada o armada para hasta máximo 15 metros de altura, aun cuando estas estructuras se clasifiquen como irregulares.

Además, el esfuerzo cortante base está dada por la siguiente expresión:

$$V = \frac{Z * U * C * S}{R} * P$$

Ecuación 1: Fuerza Cortante en la base.

Donde:

V: Fuerza cortante basal.

Z: Factor de Zonificación.

U: Factor de Uso.

C: Coeficiente Sísmico.

S: Factor de Suelo.

R: Coeficiente de reducción.

P: Peso sísmico.

El valor de C/R no se debe considerar menor a:

$$\frac{C}{R} \geq 0.11$$

Ecuación 2: Coeficiente sísmico entre el factor de reducción de fuerzas sísmicas.

Para el cálculo del peso sísmico se le adicionó a la carga muerta un porcentaje de la carga viva, y está determinado en el artículo N°26 de la norma E.030. cabe mencionar que para edificaciones comunes solo se adicionará el 25% de la carga viva.

La distribución de la fuerza sísmica horizontal para cualquier nivel (i), correspondiente a la dirección del análisis está sujeta a la siguiente expresión matemática.

$$F_i = \alpha_i * V$$

Ecuación 3: Distribución de fuerzas sísmicas.

$$\alpha_i = \frac{P_i(h_i)^k}{\sum_{j=i}^n P_j(h_j)^k}$$

Ecuación 4: Coeficiente alfa.

Donde:

n: Número de pisos de la edificación.

k: Este valor exponencial depende del periodo fundamental con el que vibra de la estructura (T) en el eje analizado, y se calcula de acuerdo a:

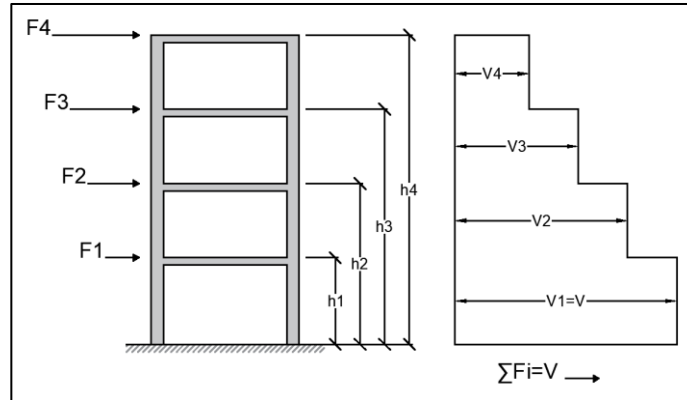
a) Para T menor o igual a 0.5 segundos: $k = 0$.

b) Para T mayor que 0.5 segundos: $k = (0.75 + 0.5 T) \leq 2.0$.

Esquemáticamente se puede representar de la siguiente manera:

Figura 5

Esquema de fuerza cortante en la base y fuerzas estáticas horizontales por nivel.



1.2.4.2. Análisis Dinámico Lineal

Este método de análisis sísmico considera las características de la rigidez empleados en un análisis estático, donde se incluyen las matrices de masa, rigidez y amortiguamiento, las cuales no varían con el tiempo; lo que se sintetiza es que este tipo de análisis es mucho más satisfactorio y preciso que el estático, ya que incorpora de manera explícita información ignorada. Este análisis se divide en: Análisis Modal Espectral y Análisis Tiempo-Historia (Ramírez, 2019).

1.2.4.2.1 Modal Espectral

Este método lineal, consiste en determinar la respuesta dinámica de la edificación considerando de forma independiente la respuesta de cada modo natural de vibración utilizando un espectro de respuesta elástico, es decir la función espectral generado por la E.030, para lo cual

se considera los modos que contribuyen considerablemente la respuesta de la estructura ante el sismo (Barco & Rodríguez, 2020).

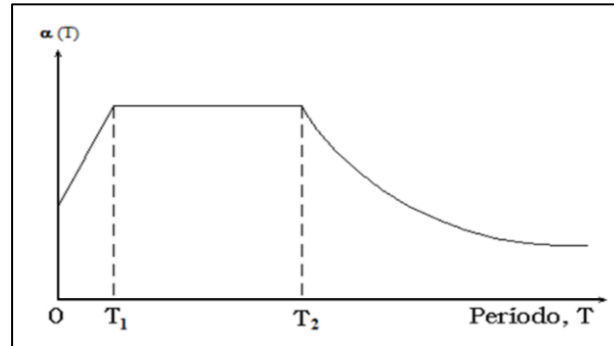
La normativa E.030, indica que este método se puede emplear en cualquier tipo de estructura.

Un evento sísmico puede ser idealizado como una vibración correspondiente al efecto de una aceleración que se puede aplicar en la base de una edificación. Esta vibración producida en el suelo transmitirá cargas provocando distintos efectos a los elementos estructurales provocando desplazamientos a las principales masas. Se entiende la complejidad de este proceso diseño sismorresistente, es por eso por lo que las normativas trabajan como un concepto de espectro de respuesta para facilitar el cálculo y generar una aproximación de las fuerzas sísmicas que actúan en la edificación (Oyarzo, 2016).

En la figura 6, se puede observar un espectro normalizado, de aceleración de respuesta vs el periodo de oscilación, este método es utilizado por muchos ingenieros para estimar la máxima respuesta de la estructura y entender el comportamiento frente a los sismos.

Figura 6

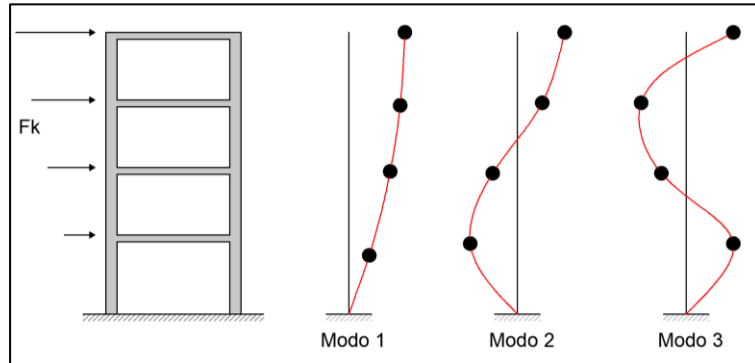
Espectro de respuesta normado, aceleración vs periodo.



Los modos de vibración se pueden definir como la resonancia alcanzando los máximos valores de deformación, los cuales depende de la respuesta dinámica de una edificación durante un sismo, considerando un mínimo de 3 grados de libertad (dos traslacionales y uno rotacional), se debe incluir que es necesario que la suma de las masas equivalentes sea mayor o igual a un 90 % de la masa total (Villamil & Tarquino, 2018).

Figura 7

Esquema de los diferentes modos de vibración de una estructura.



En resumen, la relación entre la aceleración en la base y los desplazamientos que experimenta las masas, depende únicamente de su propia frecuencia y su amortiguamiento.

La aceleración espectral, para cada una de las direcciones horizontales analizadas, está definida por un espectro inelástico de pseudoaceleraciones dado por:

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

Ecuación 5: Aceleración espectral.

Donde:

Sa: Aceleración espectral.

Z: Factor de Zonificación.

U: Factor de Uso.

C: Coeficiente Sísmico.

S: Factor de Suelo.

R: Coeficiente de reducción.

g: Aceleración de la gravedad.

La fuerza cortante mínima, para cada una de las direcciones no tendrá que estar por debajo del 80% de la cifra calculada para estructuras regulares, ni tampoco debajo del 90% para estructuras irregulares. Además, se debe considerar una excentricidad accidental para evitar los efectos torsionales, tomando el valor del 5 % de la medida del edificio del eje perpendicular a la dirección donde se realizará el análisis.

1.2.4.2.2 Tiempo Historia

Se entiende que este método, las demandas que son generadas por el sismo real a nuestra edificación producen mayores fuerzas y desplazamientos, que los producidos por el análisis modal espectral. Por otro lado, se puede diseñar con los resultados obtenidos por este análisis, pero hay que tener en cuenta el costo que implicaría; ya que, al aumentar los desplazamientos, se tiene que dar mayor rigidez a la edificación, como por ejemplo aumentar las secciones de las columnas o generar muchos más elementos estructurales, por lo que en muchos casos se recomienda mantener el diseño por el método modal espectral. Sin embargo, depende mucho de la configuración y tipo de edificación, en algunos casos se ha obtenido que este análisis presenta menores desplazamientos al propuesto por la norma peruana "Diseño Sismorresistente" (Acero, 2021).

1.2.5. Regularidad Estructural

Toda estructura debe proveer resistencia, rigidez y ductilidad, promoviendo la economía; estas características dependen directamente de las formas geométricas regulares, simetría, ubicación y distribución de los elementos resistentes a cargas laterales para garantizar la regularidad estructural.

La normativa E.030 (2018), señala que las edificaciones se van a clasificar como regulares o irregulares para los siguientes fines:

- a) Cumplir con las restricciones mencionadas en el artículo N°21 de la norma E.030 (categoría y regularidad de las edificaciones)
- b) Establecer los procedimientos de análisis.
- c) Determinar el coeficiente R de reducción de fuerzas sísmicas.

1.2.5.1. Estructuras Regulares

En artículo 19.2 de la norma E.030 de Diseño Sismorresistente, indica que las estructuras regulares son las que, dentro de su diseño, no presentan las irregularidades indicadas en las tablas N°2 y N°3 de dicha norma. Para estos casos, el factor de I_a (irregularidad en altura) e I_p (irregularidad en planta) es igual a 1.

1.2.5.2. Estructuras Irregulares

La norma E.030 en el artículo 19.3, indica que presentan irregularidad (en altura y en planta), todas las estructuras que cumplan con los criterios, mencionadas en la tabla N°8 y 9 de la norma E.030.

1.2.6. Software ETABS

ETABS es un software computacional utilizado para el análisis estructural y dimensionamiento de edificaciones, el software ofrece una amplia gama de materiales que hace posible la creación de modelamientos estructurales, desde edificios de un piso hasta torres de gran tamaño. Esta herramienta es capaz de realizar un análisis lineal y no lineal con gran precisión, convirtiéndose es un programa completo y revolucionario para la ingeniería.

1.3. Formulación del problema

¿Cuál es el comportamiento estructural de una edificación común de concreto armado de 12 niveles, mediante el análisis dinámico modal espectral, en el sector El Molino, Trujillo 2022?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Determinar el comportamiento estructural de una edificación común de concreto armado de 12 niveles, mediante el análisis dinámico modal espectral, en el sector El Molino, Trujillo 2022.

1.4.2. Objetivos específicos

- Realizar el modelamiento y análisis sísmico modal espectral de una edificación común de concreto armado de 12 niveles, en el sector El Molino, Trujillo 2022.
- Determinar la aplicación de la Norma E030 del RNE respecto a las fuerzas internas, derivas de entrepiso y periodos de vibración de una edificación

común de concreto armado de 12 niveles, en el sector El Molino, Trujillo 2022.

- Analizar el comportamiento estructural, de una edificación común de concreto armado de 12 niveles, con el sistema convencional de losas y la implementación del sistema aligerado de vigacero, en el sector El Molino, Trujillo 2022.

1.5. Hipótesis

El comportamiento estructural se realiza mediante el análisis dinámico modal espectral y se obtiene como resultado, desplazamientos conservadores de la edificación ante eventos sísmicos, debido a la geometría de sus elementos estructurales verticales, los cuales aportan gran rigidez; por otro lado, la edificación puede presentar irregularidad torsional debido al núcleo de placas que conforman la caja de escalera y ascensor, generando una mayor excentricidad.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

2.1.1. Por el propósito

La presente investigación se caracteriza por ser aplicada (práctica o empírica), porque se busca trabajar la variable bajo una teoría ya establecida en conocimientos básicos. Por lo tanto, se busca contrastar la investigación y obtener resultados a partir de conocimientos básicos.

2.1.2. Según el diseño de investigación

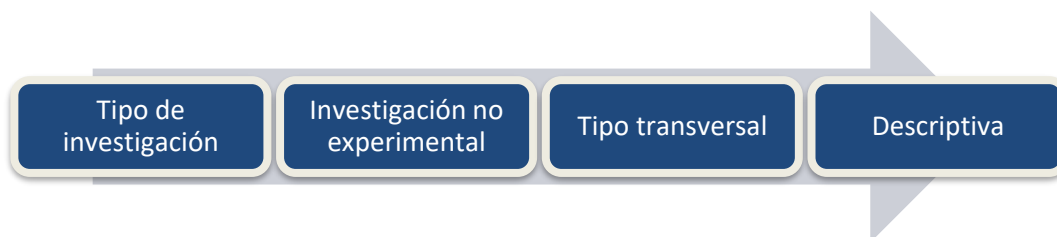
La presente investigación según su diseño será no experimental, debido a que no habrá manipulación de las variables, y descriptiva, porque sólo se busca describir y analizar el comportamiento o fenómeno de esta misma, sin necesidad de realizar una manipulación.

2.2. Diseño de investigación

La investigación presenta un diseño no experimental; puesto que, no se busca manipular las variables, y de tipo transversal descriptivo, porque sólo se pretende observar, describir y analizar, a través de la recolección de datos obtenidos en un mismo tiempo y de forma natural.

Figura 8

Diseño de Investigación



2.3. Población y muestra

2.3.1. Población

Esta investigación tiene como población a los edificios comunes de concreto armado en el Distrito de Trujillo; esta categoría esta dado por la norma E.030 de "Diseño sismorresistente" donde las clasifica según el tipo de uso, siendo esta perteneciente a la del tipo C y abarca a las viviendas, oficinas, hoteles y depósitos.

2.3.2. Muestra

La presente investigación utilizará la técnica de muestreo no probabilístico; porque Trujillo cuenta con edificaciones comunes hechas de madera, adobe, drywall, estructuras metálicas, etc. Las cuales no cumplen con la unidad de estudio. Además; el tipo de muestreo que se empleará es por conveniencia; ya que, se analizará una edificación de concreto armado con 12 niveles ubicado en el sector El Molino.

2.3.2.1. Tamaño de muestra

- Una edificación común de concreto armado de 12 niveles; porque la estructuración y el sistema estructural para edificaciones comunes suelen ser muy similares para edificios mayores a 6 pisos; también se considera obligatoriamente cajas de ascensor para edificios mayores a 5 pisos, la cual afecta de manera importante al comportamiento sísmico, también se observó que para edificaciones mayores a 6 pisos se considera reducciones en sus elementos estructurales para aligerar masas, lo cual también afecta a los resultados de análisis y por último, siempre suele existir un punto de incertidumbre al ver edificaciones tan altas y no evitar preguntarse si resistirá tal

cantidad de pisos; por lo tanto, se considera que con 12 niveles se tiene todo lo necesario para realizar un análisis conservador entre un rango de 6 a 15 o más pisos. Además, que es un nivel promedio comercial para la venta o alquiler de este tipo de uso.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección, materiales y análisis de datos

2.4.1. Técnicas de recolección de datos

Esta técnica se basó en la revisión de documentos, artículos científicos y normativas técnicas vigentes, en especial la E.030 "Diseño Sismorresistente"; además, esta búsqueda de datos debe tener concordancia con la presente investigación y tiene que ser de una fuente confiable, los cuales serán referenciados al final del documento. También, se utilizará la técnica de observación para obtener datos de la muestra, que nos servirán para desarrollar la investigación.

2.4.2. Instrumento de recolección de datos

Para realizar la obtención de datos se elaborará fichas de recolección para poder organizar los parámetros sísmicos, que brinda de la norma E.030: factor de zonificación (Z), perfil de suelo(S), parámetros de in-situ (T_p y T_l), factor de amplificación sísmica (C), factor de uso (U), irregularidades ("Ia", "Ip") y factor de reducción sísmica (R). También, se empleará una ficha de observación para identificar y describir el proyecto, conocer su localización y ubicación, sistema estructural, elementos estructurales que la componen y/o algún detalle técnico adicional del estado de la estructura.

2.4.3. Análisis de datos

2.4.3.1. Técnicas de análisis de datos

La naturaleza de la presente investigación tiene el diseño no experimental y transversal tipo descriptiva debido a que no se manipulará las variables y se evaluará en un mismo periodo de tiempo; por lo tanto, la técnica de análisis a utilizar será estadística descriptiva y los instrumentos a utilizar serán: tabla de frecuencias, gráficos estadísticos y medidas estadísticas. Estos instrumentos mencionados serán utilizados para el análisis y la obtención de datos de resultados como derivas de entre piso, distorsiones, capacidades de la edificación, etc.

2.4.4. Materiales

Para determinar el comportamiento estructural es necesario contar con las siguientes herramientas.

- Computadora o Laptop.
- Software computacional Etabs v.16.
- Planos arquitectónicos y estructurales.
- Normativa vigente en el Perú.
- Libros y artículos científicos.
- Internet.

2.5. Aspectos éticos de la investigación

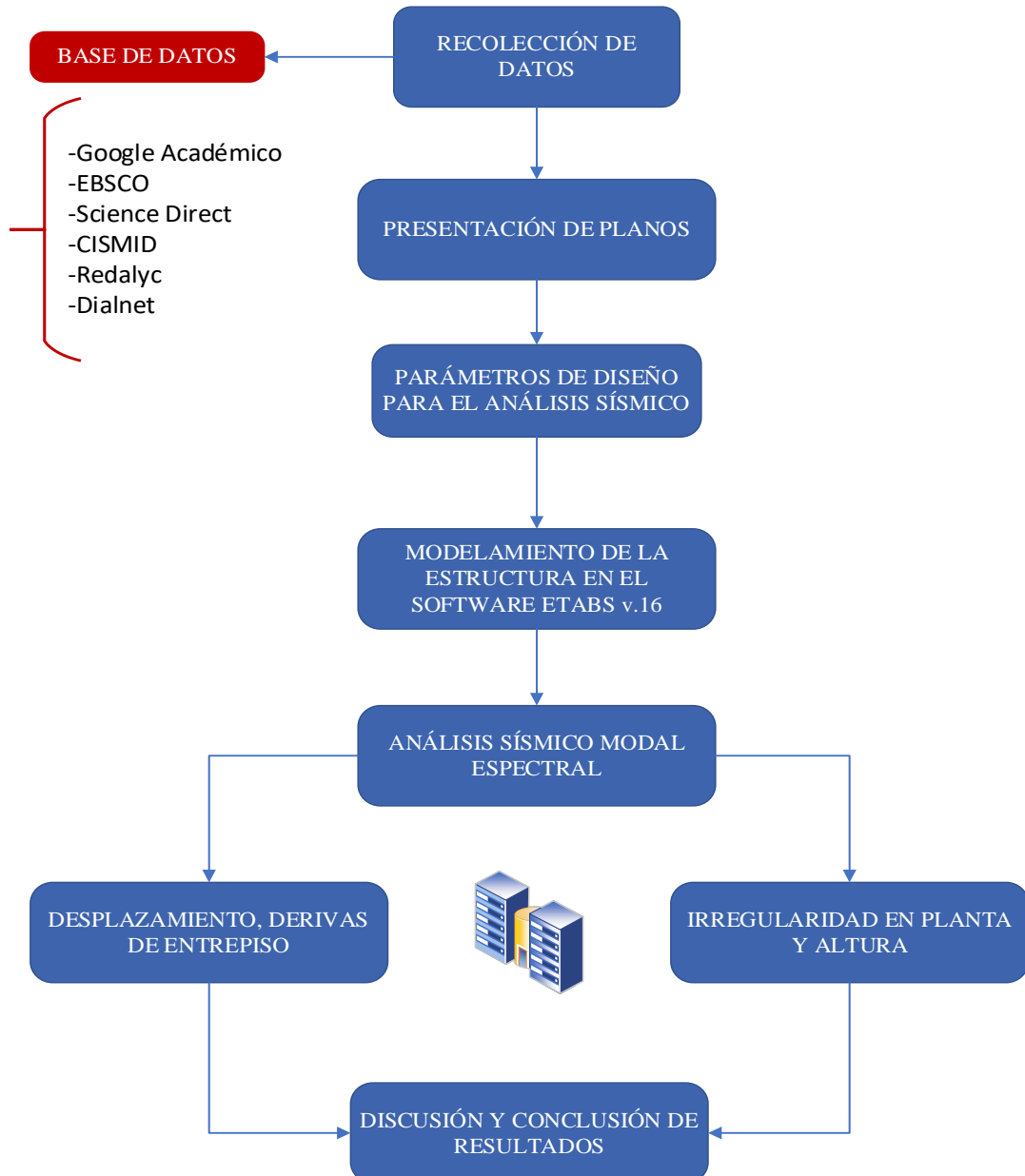
Los aspectos éticos en una investigación son importantes, así como también para la vida personal y profesional, por lo que este trabajo de investigación se realizó con total honestidad, respetando las normas APA (American Psychological Association) y protegiendo la propiedad intelectual, mediante las referencias bibliográficas de los autores de los antecedentes previos.

Además, para la elaboración de este trabajo de investigación se llevó a cabo siguiendo los parámetros establecidos por el Reglamento Nacional de Edificaciones. Finalmente, las fichas de recolección de datos y observación fueron aprobados por docentes de la institución educativa, permitiendo dar validez y confiabilidad a la obtención de los datos.

2.6. Procedimientos

Figura 9

Desarrollo de la investigación.



2.6.1. Recolección de datos

Para la presente investigación se realizará la recolección de datos en las distintas plataformas como Science direct, EBSCO, CISMID, Redalyc, Dialnet, Scielo, G. Académico. Posteriormente se procesará la información más importante y relacionado con la variable de estudio, esto ayudará para poder definir conceptos de la variable, bases teóricas y antecedentes.

2.6.2. Presentación de planos

Posteriormente, se presentará los planos de arquitectura y estructuras de la edificación a analizar (*Ver anexos del N°01 al 20*), donde se dará a conocer el uso, la distribución, la ubicación, el área construida y los elementos estructurales planteados; además, se verificará los criterios y configuración estructural de trascendencia arquitectónica, como por ejemplo discontinuidad en el diafragma y esquinas entrantes.

2.6.3. Parámetros de diseño para análisis sísmico

Luego de recolectar los planos se obtendrán los parámetros de diseño referentes a la norma E.030 "Diseño Sismorresistente" del RNE dependiendo de las características de la muestra, por ejemplo: el factor de zona (Z), factor de suelo (S), periodos "Tp" y "Tc", el factor de amplificación sísmica (C), el factor de uso (U) y el coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas (Ro).

2.6.4. Modelamiento de la estructura en el Software Etabs v.16

Este modelamiento se realizará a través del programa Etabs v.16 siguiendo los criterios básicos para un correcto desarrollo y donde se empleará el método de empotramiento en la base, definición de materiales, elementos estructurales, metrado

de cargas, parámetros sísmicos y la creación del espectro de respuesta mediante la Norma E.030; para así poder determinar el comportamiento de las estructuras a analizar.

2.6.5. Análisis sísmico modal espectral

Para realizar este análisis se tuvo como referencia la Norma E.030 de Diseño Sismorresistente para así poder crear el espectro inelástico de pseudo-aceleraciones propuesta en esta, por medio de los parámetros sísmicos y poder cargar al programa; para así poder determinar la interacción de la estructura con el sismo propuesto en la normativa.

2.6.6. Desplazamientos y derivas de entre piso

Para poder determinar e identificar si las estructuras tienen un buen comportamiento frente a los fenómenos sísmicos es de vital importancia poder conocer los desplazamientos, derivas de entre piso extraídas del programa Etabs.

2.6.7. Irregularidades en planta y altura

Se evaluará las irregularidades tanto en planta como altura, algunas de ellas solo se pueden determinar mediante la arquitectura como la irregularidad geométrica vertical, esquinas entrantes y discontinuidad del diafragma; otras irregularidades se deberán verificar mediante el programa como, por ejemplo: de piso blando, piso débil, masa o peso e irregularidad torsional.

2.6.8. Discusión y conclusión de resultados

Finalmente, se discutirá los datos obtenidos mediante gráficos y/o tablas para poder llegar a nuestras conclusiones y poder determinar si las estructuras tienen un buen o mal comportamiento estructural frente a las demandas sísmicas.

2.7. Matriz de Operacionalización de variables

Tabla 1

Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL	Es un mecanismo de respuesta en una estructura y se encuentra asociado a las derivas, fuerzas internas, deflexiones, etc. basándonos en este resultado se puede determinar el comportamiento a partir de la respuesta dinámica de la estructura (Herrera, Vielma, Ugel & Martínez, 2012); además esta variable no sólo depende de un análisis sísmico, también depende de otros factores como, proceso constructivo, calidad de materiales y una correcta	¿Cómo medimos? Para poder determinar el comportamiento de la estructura es necesario realizar un análisis sísmico dinámico, ya que es un conocimiento básico muy utilizado dentro de la ingeniería civil. Estos resultados serán contrastados con los parámetros establecidos en la Norma Técnica Peruana.	¿Qué necesito estudiar de la variable?	¿Qué necesito estudiar de las dimensiones?
			Desplazamientos de entre piso	- Máximos - Mínimos
			Irregularidades	- Altura - Planta
			Fuerzas Internas	- Rigidez - cortantes
			Configuración estructural	- Simplicidad - Simetría
			Modelamiento	- Materiales: Concreto y acero - Elementos estructurales

configuración estructural. (Paredes,
2015)

Análisis sísmico
modal espectral

- Periodos de vibración
- Parámetros sísmicos de la Norma E.030.

Nota. Elaboración fuente propia.

2.8. Matriz de Consistencia

Tabla 2

Matriz de Consistencia.

TÍTULO: Comportamiento estructural de las edificaciones comunes de concreto armado, mediante el análisis dinámico modal espectral, en el distrito de Trujillo 2022.					
PROBLEMA	HIPOTESIS	OBJETIVOS	VARIABLES	METODOLOGÍA	POBLACIÓN Y MUESTRA
¿Cuál es el comportamiento estructural de una edificación común de concreto armado mediante el análisis dinámico modal espectral, en Trujillo 2022?	El comportamiento estructural se realiza mediante el análisis dinámico modal espectral y se obtiene como resultado, desplazamientos conservadores de la edificación ante eventos sísmicos, debido a la geometría de sus elementos estructurales verticales, los cuales aportan gran rigidez; por otro lado, la edificación puede presentar irregularidad torsional debido al núcleo de placas que conforman la caja de escalera y	<p>GENERAL: Determinar el comportamiento estructural de una edificación común de concreto armado mediante el análisis dinámico modal espectral, en Trujillo 2022.</p> <hr/> <p>ESPECÍFICOS: Realizar el modelamiento y análisis sísmico modal espectral de una edificación común de concreto armado de 12 niveles, en el sector El Molino, Trujillo 2022. Determinar la aplicación de la Norma E030 del RNE respecto a las fuerzas internas, derivas de entepiso y periodos de vibración de una edificación común de</p>	VARIABLE 1: Comportamiento Estructural.	<p>Tipo de investigación: Investigación aplicada.</p> <p>Técnica e Instrumento: Fichas de recolección de datos. Programas computacionales (Excel y Etabs v.16)</p> <p>Método de análisis de datos: Estadística descriptiva.</p>	<p>POBLACIÓN: Las edificaciones comunes de concreto armado de 12 pisos en el Perú, 2022.</p> <hr/> <p>MUESTRA: 1 edificaciones de concreto armado.</p>

ascensor, generando una mayor excentricidad. concreto armado de 12 niveles, en el sector El Molino, Trujillo 2022.

Analizar el comportamiento estructural, de una edificación común de concreto armado de 12 niveles, con el sistema convencional de losas y la implementación del sistema aligerado de vigacero en el sector El Molino, Trujillo 2022.

Nota. Elaboración fuente propia.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1. Descripción del proyecto

El edificio estudiado es una edificación de uso común de concreto armado con un sistema estructural constituido por muros estructurales, localizada en la Avenida del ejército N°999, Lote A, Sector el Molino, del distrito de Trujillo, Provincia de Trujillo, Departamento La Libertad. Además, la edificación cuenta con cuatro pisos más sótano, con proyección de construcción a doce pisos, la altura de entre piso del sótano es de 3.13 m, la altura del primer piso es de 3.05 m, la altura típica (2° al 11° nivel) es de 2.75 m y la altura del doceavo piso es de 2.85 m; la dimensión en planta en el eje X-X es de 11.00 m y eje Y-Y es de 18.77 m.

Por otro lado, la estructura cuenta con habilitación de ascensor y escaleras operativas, el primero cuenta con una capacidad máxima para 5 personas y llegará hasta el doceavo piso y el segundo tiene un ancho de 1.20 y llegara hasta la azotea; ambas están acopladas a la estructura principal mediante placas (PL-2 y PL-1); es por ello que estuvieron consideradas en el modelado 3D.

El inmueble está destinado para uso residencial y de oficinas; según el plano arquitectónico, en el sótano se encuentra la cisterna y estarán diseñados para uso de almacenaje o deposito, en el primer nivel está destinado a estacionamientos, del segundo al noveno piso está destinado a oficinas con área para secretaria, sala de espera, archivo y sala de reuniones, también cuenta con 7 servicios higiénicos completos. Asimismo, los niveles 10mo y 11avo cuentan con dos departamentos por nivel; y cada uno de ellos tiene una sala – comedor, cocina, dos dormitorios y dos baños completos. La planta 12°, está orientado al uso de un salón de usos múltiples. Finalmente, para el modelado se consideró lo especificado

en el plano estructural: losa aligerada en la dirección X-X, losa maciza, columnas, placas o muros de corte y vigas rectangulares, como se puede observar en los anexos N°13 al 20 y 23 al 30.

3.2. Modelado de los elementos estructurales

3.2.1. Propiedades de los materiales

En la siguiente tabla se señalan los materiales y sus propiedades mecánicas que se emplearon para el modelo estructural. (Ver anexo N°21)

Tabla 3

Propiedades mecánicas del concreto.

Propiedades Mecánicas del Concreto	
Resistencia a la compresión ($f'c$) =	280.00 kg/cm ²
Peso específico (γ concreto) =	2,400.00 kg/m ³
Módulo de elasticidad (E_c) =	250,998.01 kg/cm ²

Nota. En esta tabla se presentan las propiedades mecánicas del concreto.

Tabla 4

Propiedades mecánicas del acero de refuerzo.

Propiedades Mecánicas de Acero de Refuerzo	
Tipo de acero: Grado 60	
Resistencia a la fluencia (f_y) =	4,200.00 kg/cm ²
Peso específico (γ acero) =	7,850.00 kg/m ³
Resistencia a la tracción (F_u) =	6,300.00 kg/cm ²
Módulo de elasticidad (E_s) =	2,000,000.00 kg/cm ²

Nota. En esta tabla se presentan las propiedades mecánicas del acero.

Tabla 5

Propiedades mecánicas de la vigueta estructural.

Propiedades Mecánicas de la Vigueta Estructural	
Tipo de acero: A36	
Esfuerzo de fluencia mín (fy) =	2,530.00 kg/cm ²
Esfuerzo de fluencia máx (fy) =	3,000.00 kg/cm ²
Esfuerzo de torsión mín (Fu) =	3,726.00 kg/cm ²
Esfuerzo de torsión máx (Fu) =	5,622.00 kg/cm ²
Momento de inercia (Ix) =	743,674.00 mm ⁴
Módulo elástico superior (Sxt) =	13,965.00 mm ³
Módulo elástico inferior (Sxb) =	22,784.00 mm ³
Centro de masa de la vigueta (Y) =	32.64 mm

Nota. En esta tabla se presentan las propiedades mecánicas de la vigueta de acero pre fabricado para la losa vigacero.

3.2.2. Elementos estructurales

Para el modelado de los elementos estructurales como columnas y vigas se idealizaron como elementos “Frame”, que generalmente son usados para modelar barras, columnas, vigas, pórticos, contrapesos y armaduras. Estas secciones fueron cargadas en el programa Etabs, como se puede observar en las figuras 10 y 11 la primera hace referencia a las columnas y la segunda a las vigas. Además, se consideró las mismas secciones del plano estructural, el cual se observa en el anexo N°23 al 30.

Figura 10

Secciones de Columnas en Etabs v.16.

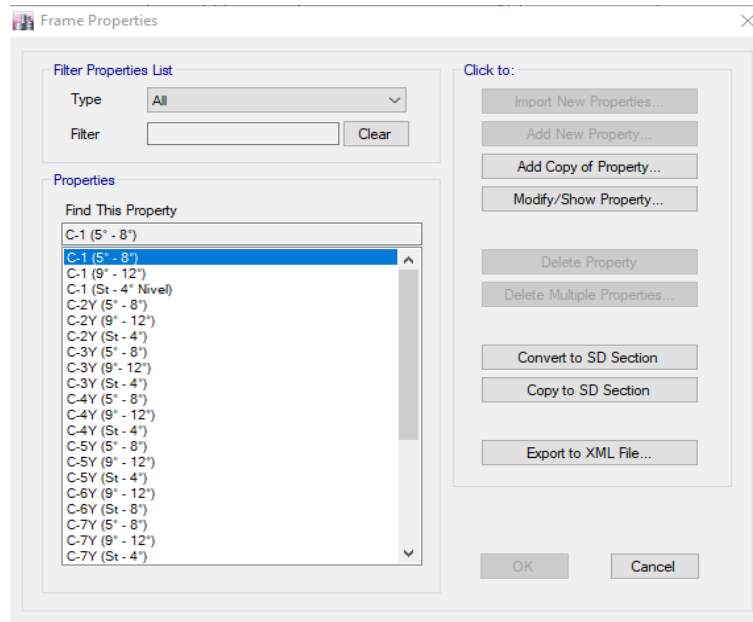
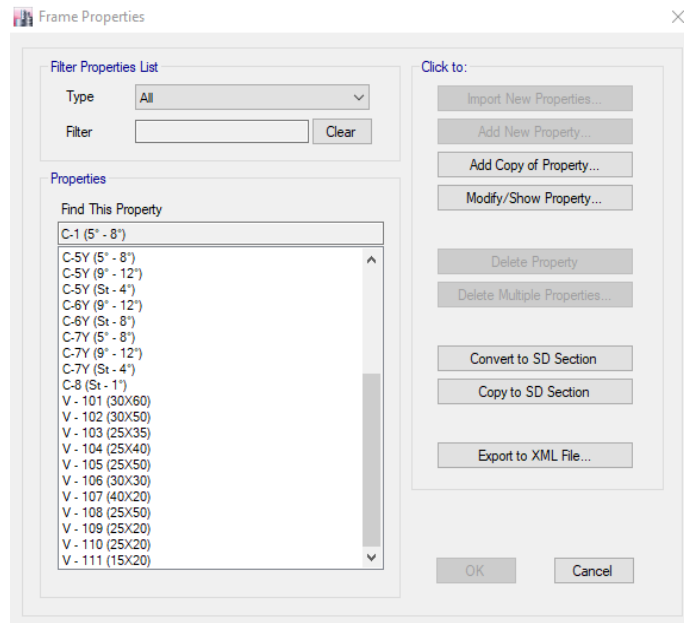


Figura 11

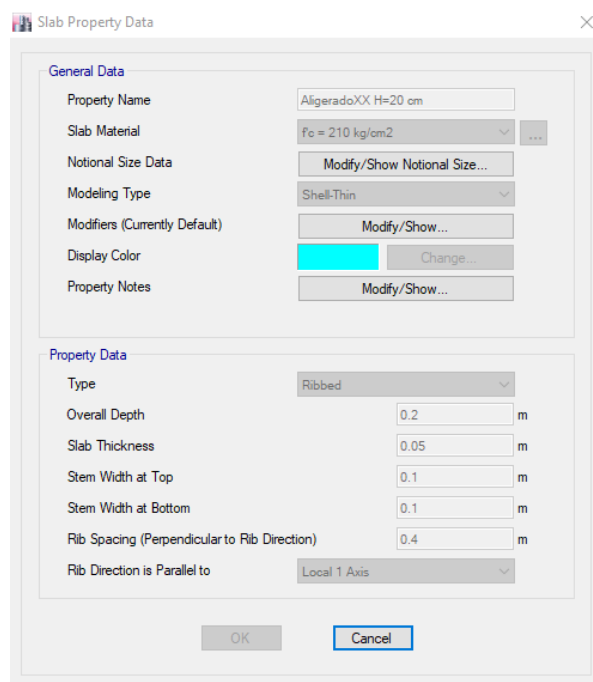
Secciones de Vigas en Etabs v.16.



Por otro lado, para la losa aligerada de espesor 20 cm y la losa maciza; se modelaron como elementos Shell-Thin, tal y como se observa en las figuras 12 y 13, respectivamente, para la losa vigacero también se modeló como elemento Shell-thin, con las mismas dimensiones de una losa aligerada, con la única diferencia que la separación entre viguetas es de 84 cm.

Figura 12

Sección de losa aligerada X-X en Etabs v.16.

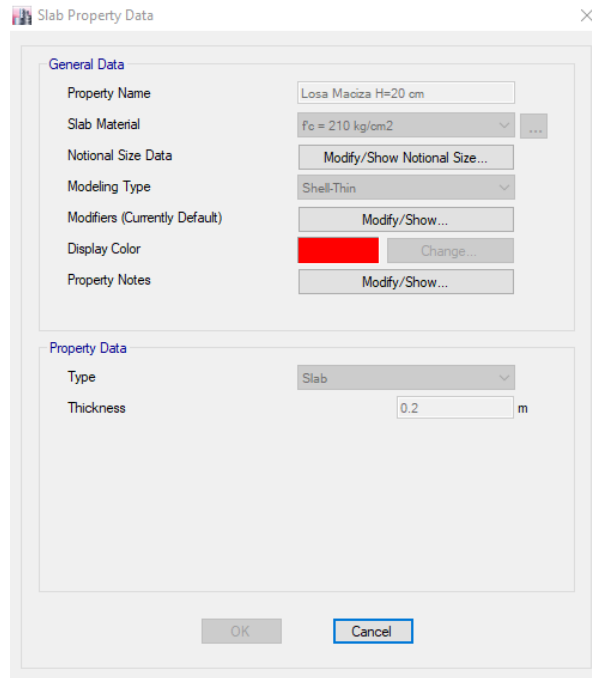


General Data	
Property Name	AligeradoXX H=20 cm
Slab Material	fc = 210 kg/cm2
Notional Size Data	Modify/Show Notional Size...
Modeling Type	Shell-Thin
Modifiers (Currently Default)	Modify/Show...
Display Color	Change...
Property Notes	Modify/Show...

Property Data	
Type	Ribbed
Overall Depth	0.2 m
Slab Thickness	0.05 m
Stem Width at Top	0.1 m
Stem Width at Bottom	0.1 m
Rib Spacing (Perpendicular to Rib Direction)	0.4 m
Rib Direction is Parallel to	Local 1 Axis

Figura 13

Sección de losa maciza en Etabs v.16.



Finalmente, las placas o muros de corte y muros de contención ubicados en el sótano, se diseñaron como elementos “Walls y Shell-Thin” con sus diferentes espesores (ver figura 14) y se asignaron un “Pier Label” para poder diferenciar las placas según el plano estructural. (Ver figura 15 y anexos N°23 y 24.)

Figura 14

Secciones de placas y muros de corte en Etabs v.16

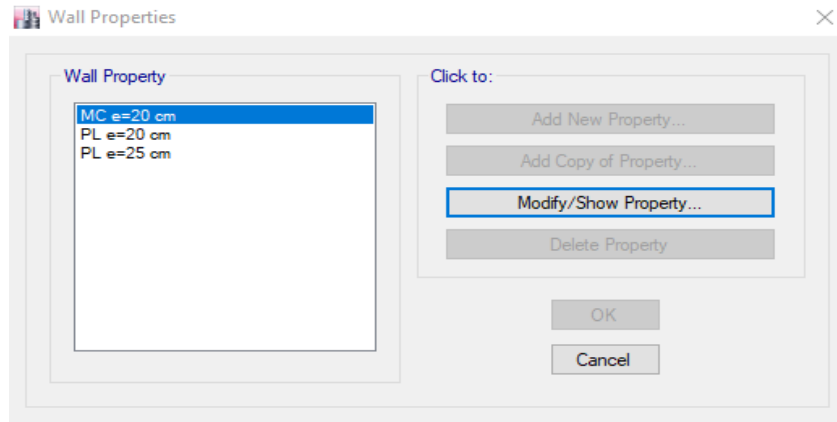
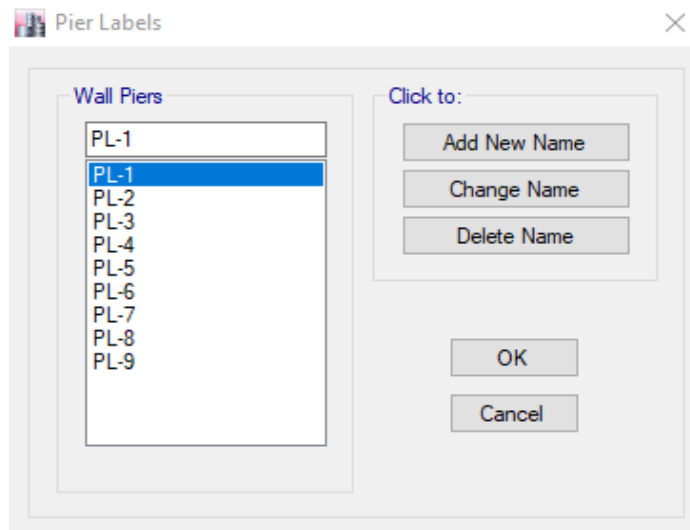


Figura 15

Pier Labels en Etabs v.16



3.2.3. Cargas de diseño

Para definir las cargas de gravedad se tuvo como referencia a la norma E.020 “Cargas”; esta brinda las cargas mínimas vivas repartidas dependiendo del uso de la edificación. Para la carga muerta se realizó el análisis por metro cuadrado y se tuvo como referencia el Anexo 1 de Pesos unitarios que se encuentra en la norma E.020, donde se aproximó el peso del ladrillo de techo.

Tabla 6

Carga viva, según la norma E.020.

Carga viva mínima repartida según E.020		
Nivel	Uso	Cargas repartidas (kg/m²)
Primer Piso	Garaje	250.00
Del 2° al 9° piso	Oficinas	250.00
Del 2° al 9° piso	Sala de archivo	500.00
Del 2° al 9° piso	Corredores y Escaleras	400.00
del 10° al 11° piso	Viviendas	250.00
del 10° al 11° piso	Corredores y Escaleras	250.00
Azotea	Azotea	150.00

Nota. Cargas vivas a considerar en cada piso.

- Carga Muerta en Losa Maciza:

Peso del Contrapiso =	100.00 kg/m ²
Peso del Tarrajeo =	30.00 kg/m ²
Total, Carga Muerta (WD) =	130.00 kg/m²

- Carga Muerta (Losa Aligerada):

Peralte de Losa =	0.20 m
Peso del Aligerado =	300.00 kg/m ²
Peso del Ladrillo =	90.00 kg/m ²
Peso del Contrapiso =	100.00 kg/m ²
Peso del Tarrajeo =	30.00 kg/m ²
Peso de Tabiquería =	100.00 kg/m ²
Total, Carga Muerta (WD) =	320.00 kg/m²

- Carga Muerta (Losa Aligerada - Azotea):

Peralte de Losa =	0.20 m
Peso del Aligerado =	300.00 kg/m ²
<hr/>	
Peso del Ladrillo =	90.00 kg/m ²
Peso del Contrapiso =	100.00 kg/m ²
Peso del Tarrajeo =	30.00 kg/m ²
Peso de Tabiquería =	- kg/m ²
<hr/>	
Total, Carga Muerta (WD) =	220.00 kg/m²

- Carga Muerta (Losa Vigacero):

Peralte de Losa =	0.20 m
Peso del Aligerado =	163.00 kg/m ²
<hr/>	
Peso del EPS =	- kg/m ²
Peso del Contrapiso =	100.00 kg/m ²
Peso del Tarrajeo =	30.00 kg/m ²
Peso de Tabiquería =	100.00 kg/m ²
<hr/>	
Total, Carga Muerta (WD) =	230.00 kg/m²

- Carga Muerta (Losa Vigacero - Azotea):

Peralte de Losa =	20.00 cm
Peso del Aligerado =	163.00 Kg/m ²
<hr/>	
Peso del Ladrillo =	- Kg/m ²
Peso del Contrapiso =	100.00 Kg/m ²
Peso del Tarrajeo =	30.00 Kg/m ²
Peso de Tabiquería =	- Kg/m ²
<hr/>	
Total, Carga Muerta (WD) =	130.00 Kg/m²

Además, se asignó la carga linealmente distribuida para los tabiques y alfeizares según el plano arquitectónico, el tipo de asentado y el peso específico de la unidad de arcilla cocida hueca establecido en la norma E.020 el cual es 1,350.00 kg/m³. En la siguiente tabla se puede observar las distintas alturas efectivas y la carga lineal asignada.

Tabla 7

Carga linealmente distribuida, asignadas en Etabs v.16.

Tipo de asentado	Espesor (m)	Altura efectiva (m)	Carga distribuida (kg/m)
Soga	0.15	2.80	567.00
Soga	0.15	2.50	506.25
Soga	0.15	2.00	405.00
Soga	0.15	1.00	202.50

Nota. Cargas lineales distribuidas para asignar sobre los muros.

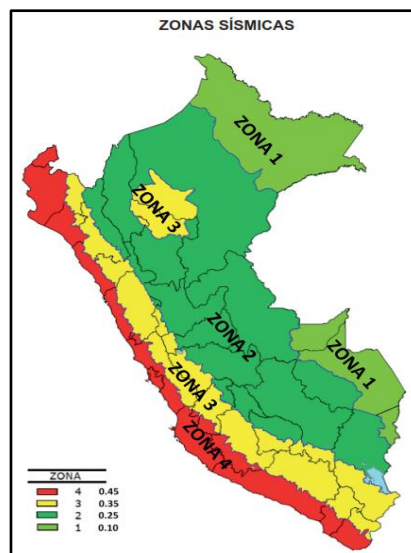
3.3. Parámetros Sísmicos

3.3.1. Zonificación (Z)

El proyecto en estudio pertenece a la zona sísmica 4, por lo que el valor de “Z” toma un valor de 0.45; y es porque está ubicado en la ciudad de Trujillo como se observa en la figura 16.

Figura 16

Mapa de peligro sísmico de la E.030



3.3.2. Parámetros de Sitio (S, TP y TL)

Estos parámetros nacen del Estudio de Mecánica de Suelo; el valor “S” depende de la zona de peligro sísmico en la que se encuentra el proyecto en estudio y del tipo de suelo como se señala en el anexo N°22, este trabajo de investigación se basó en las especificaciones técnicas del plano estructural, donde se tuvo un tipo de suelo S2 (Suelo Intermedio); por lo que valor del factor de suelo es 1.20. Además, para los periodos “Tp” y “Tl” depende del perfil del suelo como se indica en el anexo N°22, se tomó como valores a 0.6 y 2.0 respectivamente.

3.3.3. Factor de Amplificación Sísmica (C)

Este valor depende del periodo fundamental de vibración de la estructura de los periodos "Tp" y "Tl", y se calcula mediante las siguientes expresiones:

$$T < T_P ; C = 2.5$$

Ecuación 6: Valor de C, cuando $T < T_P$

$$T_P < T < T_L ; C = 2.5 \left(\frac{T_P}{T} \right)$$

Ecuación 7: Valor de C, cuando $T_P < T < T_L$

$$T > T_L ; C = 2.5 \left(\frac{T_P * T_L}{T^2} \right)$$

Ecuación 8: Valor de C, cuando $T > T_L$

La norma E.030 señala en el numeral 28.4 que el periodo fundamental de vibración para cada dirección se puede estimar mediante una expresión. Sin embargo, para este trabajo de investigación se aplicó lo estipulado en el artículo 29.1, el cual indica sobre los modos de vibración de la edificación en cada dirección, y se puede observar en las tablas 12 y 13 extraídas del análisis que se realizó en el programa Etabs v.16.

3.3.4. Categoría de las Edificaciones y Factor de Uso (U)

La edificación tiene un uso de oficinas y viviendas en los dos últimos niveles, por lo que según la norma E.030 en el artículo N°15 (Tabla N°5); lo caracteriza de uso común y se tomó para el factor (U), el valor de 1.00.

3.3.5. Sistema Estructural y Coeficientes Básico de Reducción de las Fuerzas Sísmicas (R_0)

El coeficiente de reducción de fuerza sísmica esta dado por la siguiente expresión y depende del tipo de sistema estructural (R_0) y de los factores de irregularidades (I_p y I_a).

$$R = R_0 * I_a * I_p$$

Ecuación 9: Coeficiente de Reducción de las fuerzas sísmicas, R.

El coeficiente estructural básico depende del tipo de sistema estructural y está dado en la tabla N°7 de la norma E.030; en este caso luego de analizar qué tipo de elemento estructural entre las columnas y los muros estructurales absorbe mayor fuerza cortante en la base, se determinó que para ambas direcciones el sistema estructural predominante es de muros estructurales con un coeficiente básico de reducción 6.00.

Por otro lado, para inicio del análisis se consideró un factor de irregularidad de 1.00 tanto en planta como en altura; luego de analizar las irregularidades y se cuente con alguna, el factor inicial se verá afectado según lo indicado en el artículo N°20 de la norma E.030.

En la siguiente tabla se puede observar un resumen de los parámetros sísmicos y sus factores para ambas direcciones; además de cumple lo establecido en el artículo 28.2.2. del Reglamento Nacional de Edificaciones que el valor de C/R no debe ser menor que:

$$\frac{C}{R} \geq 0.11$$

Ecuación 10: C/R mayor o igual a 0.11

Tabla 8

Resumen de los parámetros sísmicos. Sistema de losa convencional

Parámetros	Factores	Parámetros	Dir XX	Dir YY
Z	0.45	T	0.870	0.573
U	1.00	C	1.72	2.50
S	1.05	Ro	6.00	6.00
T_P	0.60	Ia	1.00	1.00
T_L	2.00	Ip	1.00	1.00
g	9.81	R	6.00	6.00
		ZUSg/R	0.7725	0.7725
		C/R	0.29	0.42
		Verificación	Cumple	Cumple

Nota. Se presentan los parámetros requeridos para el análisis sísmico.

Tabla 9

Resumen de los parámetros sísmicos. Sistema de losa vigacero

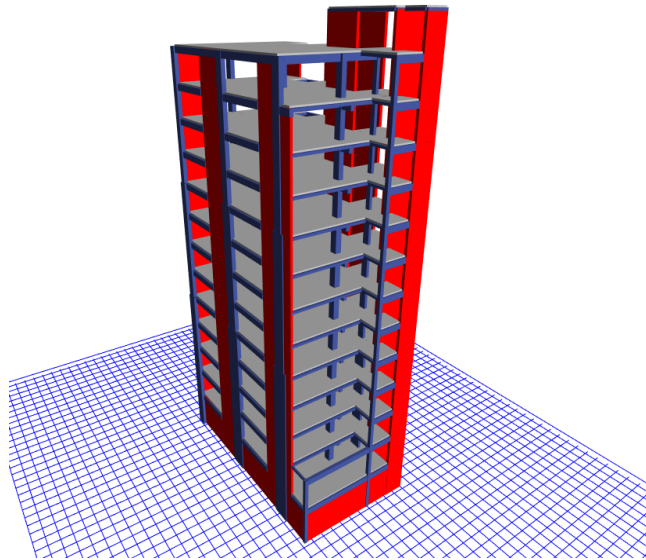
Parámetros	Factores	Parámetros	Dir XX	Dir YY
Z	0.45	T	0.921	0.594
U	1.00	C	1.63	2.50
S	1.05	Ro	6.00	6.00
T_P	0.60	Ia	1.00	1.00
T_L	2.00	Ip	1.00	1.00
g	9.81	R	6.00	6.00
		ZUSg/R	0.7725	0.7725
		C/R	0.27	0.42
		Verificación	Cumple	Cumple

Nota. Se presentan los parámetros requeridos para el análisis sísmico.

3.4. Modelado Estructural Tridimensional

En la siguiente figura se muestra el modelado estructural tridimensional que se realizó en el programa computacional Etabs en la versión 2016, con la metodología de empotramiento perfecto en la base o suelo de fundación.

Figura 17
Modelo Tridimensional, Etabs v.16.



3.5. Peso sísmico según la Norma E.030-2018

Para el peso sísmico se calculó mediante la combinación estipulada en el artículo N°26 de la norma E.030, la cual consisten en sumarle a la carga muerta el 25 % de la carga viva para edificaciones tipo C, por lo tanto, en la siguiente tabla se observa el peso acumulado y el peso por cada nivel, finalmente se tiene la sumatoria del peso total de la edificación. Asimismo, se calculó el peso para el sistema de losa vigacero con sus respectivas cargas asignadas en análisis.

Tabla 10

Cálculo del peso sísmico con sistema de losas convencional.

Nivel	Descripción	Tipo de caso	Pi	P x Nivel
			tonf	tonf
TE	Peso Sísmico = 100%CM+25%CV	Bottom	41.89	41.89
Techo 12	Peso Sísmico = 100%CM+25%CV	Bottom	223.52	181.63
Techo 11	Peso Sísmico = 100%CM+25%CV	Bottom	423.22	199.70
Techo 10	Peso Sísmico = 100%CM+25%CV	Bottom	622.70	199.47
Techo 09	Peso Sísmico = 100%CM+25%CV	Bottom	821.97	199.27
Techo 08	Peso Sísmico = 100%CM+25%CV	Bottom	1,027.90	205.93
Techo 07	Peso Sísmico = 100%CM+25%CV	Bottom	1,233.83	205.93
Techo 06	Peso Sísmico = 100%CM+25%CV	Bottom	1,439.76	205.93
Techo 05	Peso Sísmico = 100%CM+25%CV	Bottom	1,645.69	205.93
Techo 04	Peso Sísmico = 100%CM+25%CV	Bottom	1,857.28	211.59
Techo 03	Peso Sísmico = 100%CM+25%CV	Bottom	2,068.87	211.59
Techo 02	Peso Sísmico = 100%CM+25%CV	Bottom	2,280.46	211.59
Techo 01	Peso Sísmico = 100%CM+25%CV	Bottom	2,505.29	224.83
			Peso Total	2,505.29

Nota. Pesos sísmicos por cada techo.

Tabla 11

Cálculo del peso sísmico con sistema de losa vigacero

Nivel	Descripción	Tipo de caso	Pi	P x Nivel
			tonf	tonf
TE	Peso Sísmico = 100%CM+25%CV	Bottom	40.53	41.89
Techo 12	Peso Sísmico = 100%CM+25%CV	Bottom	196.89	180.23
Techo 11	Peso Sísmico = 100%CM+25%CV	Bottom	371.87	198.32
Techo 10	Peso Sísmico = 100%CM+25%CV	Bottom	546.63	198.10
Techo 09	Peso Sísmico = 100%CM+25%CV	Bottom	721.19	197.89
Techo 08	Peso Sísmico = 100%CM+25%CV	Bottom	902.40	204.55
Techo 07	Peso Sísmico = 100%CM+25%CV	Bottom	1,083.61	204.55
Techo 06	Peso Sísmico = 100%CM+25%CV	Bottom	1,264.83	204.55
Techo 05	Peso Sísmico = 100%CM+25%CV	Bottom	1,446.04	204.55
Techo 04	Peso Sísmico = 100%CM+25%CV	Bottom	1,657.63	210.21
Techo 03	Peso Sísmico = 100%CM+25%CV	Bottom	1,869.22	210.21
Techo 02	Peso Sísmico = 100%CM+25%CV	Bottom	2,080.81	210.21
Techo 01	Peso Sísmico = 100%CM+25%CV	Bottom	2,305.63	223.39
			Peso Total	2305.63

Nota. Pesos sísmicos por cada techo.

3.6. Participación de masas, periodos y modos de vibración según la Norma E.030-2018

Para las masas participativas, periodos y modos de vibración se trabajó en base al artículo 28 y 29 de la norma E.030, para ello se obtuvo 3 modos de análisis como mínimo por cada nivel siendo en total 36 modos de análisis para toda la edificación, seguidamente se encuentran los periodos y la masa participativa por cada dirección de análisis; para determinar el periodo de cada dirección se tomó los 3 primeros modos según lo mencionado en el artículo 29 de la norma E.030. Finalmente se muestran los resultados para un sistema de losas convencional y el sistema vigacero.

Tabla 12

Masa participativa, Periodos y modos de vibración. Sistema de losa convencional

Nivel	Caso	Modo	Periodo seg	UX	UY	RZ	SumUX	SumUY	SumRZ
Techo 01	Modo	1	0.9170	0.6682	0.0015	0.0116	0.668	0.002	0.012
	Modo	2	0.6820	0.0116	0.3599	0.3137	0.680	0.361	0.325
	Modo	3	0.5910	0.0028	0.3306	0.3654	0.683	0.692	0.691
Techo 02	Modo	4	0.2320	0.1624	0.0001	0.0015	0.845	0.692	0.692
	Modo	5	0.1860	0.0008	0.0775	0.0711	0.846	0.770	0.763
	Modo	6	0.1620	0.0006	0.0718	0.0781	0.846	0.841	0.841
Techo 03	Modo	7	0.1030	0.0560	0.0000	0.0006	0.902	0.841	0.842
	Modo	8	0.0830	0.0002	0.0333	0.0261	0.903	0.875	0.868
	Modo	9	0.0740	0.0013	0.0246	0.0328	0.904	0.899	0.901
Techo 04	Modo	10	0.0610	0.0266	0.0001	0.0010	0.931	0.899	0.902
	Modo	11	0.0480	0.0003	0.0182	0.0122	0.931	0.918	0.914
	Modo	12	0.0440	0.0035	0.0104	0.0145	0.934	0.928	0.929
Techo 05	Modo	13	0.0410	0.0121	0.0008	0.0041	0.946	0.929	0.933
	Modo	14	0.0320	0.0012	0.0090	0.0063	0.948	0.938	0.939
	Modo	15	0.0310	0.0069	0.0043	0.0005	0.955	0.942	0.940
Techo 06	Modo	16	0.0290	0.0014	0.0032	0.0104	0.956	0.945	0.950
	Modo	17	0.0250	0.0038	0.0006	0.0026	0.960	0.946	0.953
	Modo	18	0.0240	0.0009	0.0072	0.0007	0.961	0.953	0.953
Techo 07	Modo	19	0.0220	0.0017	0.0011	0.0032	0.962	0.954	0.956
	Modo	20	0.0210	0.0007	0.0004	0.0051	0.963	0.955	0.962
	Modo	21	0.0200	0.0013	0.0022	0.0002	0.964	0.957	0.962
Techo 08	Modo	22	0.0190	0.0013	0.0027	0.0004	0.966	0.960	0.962

	Modo	23	0.0170	0.0002	0.0010	0.0039	0.966	0.961	0.966
	Modo	24	0.0170	0.0011	0.0004	0.0015	0.967	0.961	0.968
Techo 09	Modo	25	0.0160	0.0005	0.0021	0.0001	0.967	0.963	0.968
	Modo	26	0.0150	0.0007	0.0006	0.0000	0.968	0.964	0.968
	Modo	27	0.0150	0.0001	0.0009	0.0011	0.968	0.965	0.969
Techo 10	Modo	28	0.0140	0.0001	0.0007	0.0022	0.968	0.965	0.971
	Modo	29	0.0140	0.0004	0.0001	0.0000	0.969	0.965	0.971
	Modo	30	0.0130	0.0002	0.0001	0.0000	0.969	0.965	0.971
Techo 11	Modo	31	0.0130	0.0000	0.0011	0.0002	0.969	0.967	0.971
	Modo	32	0.0130	0.0000	0.0002	0.0016	0.969	0.967	0.973
	Modo	33	0.0120	0.0000	0.0007	0.0001	0.969	0.967	0.973
Techo 12	Modo	34	0.0120	0.0000	0.0000	0.0009	0.969	0.967	0.974
	Modo	35	0.0110	0.0000	0.0004	0.0000	0.969	0.968	0.974
	Modo	36	0.0110	0.0000	0.0001	0.0007	0.969	0.968	0.975

Nota. Modos de vibración de la edificación.

Tabla 13

Masa participativa, Periodos y modos de vibración. Sistema de losa vigacero

Nivel	Caso	Modo	Periodo seg	UX	UY	RZ	SumUX	SumUY	SumRZ
Techo 01	Modo	1	0.8700	0.6483	0.0011	0.0106	0.648	0.001	0.011
	Modo	2	0.6430	0.0109	0.3100	0.3450	0.659	0.311	0.356
	Modo	3	0.5730	0.0022	0.3600	0.3185	0.661	0.671	0.674
Techo 02	Modo	4	0.2230	0.1734	0.0001	0.0019	0.835	0.671	0.676
	Modo	5	0.1780	0.0013	0.0754	0.0821	0.836	0.747	0.758
	Modo	6	0.1580	0.0007	0.0854	0.0755	0.837	0.832	0.834
Techo 03	Modo	7	0.1010	0.0597	0.0000	0.0011	0.897	0.832	0.835
	Modo	8	0.0810	0.0005	0.0329	0.0302	0.897	0.865	0.865
	Modo	9	0.0730	0.0015	0.0291	0.0318	0.899	0.894	0.897
Techo 04	Modo	10	0.0590	0.0274	0.0001	0.0014	0.926	0.894	0.898
	Modo	11	0.0460	0.0006	0.0172	0.0141	0.927	0.911	0.912
	Modo	12	0.0430	0.0036	0.0127	0.0132	0.930	0.924	0.925
Techo 05	Modo	13	0.0400	0.0134	0.0007	0.0043	0.944	0.925	0.930
	Modo	14	0.0310	0.0020	0.0081	0.0073	0.946	0.933	0.937
	Modo	15	0.0300	0.0061	0.0067	0.0003	0.952	0.940	0.937
Techo 06	Modo	16	0.0280	0.0016	0.0032	0.0109	0.953	0.943	0.948
	Modo	17	0.0240	0.0038	0.0004	0.0025	0.957	0.943	0.951
	Modo	18	0.0230	0.0005	0.0078	0.0008	0.958	0.951	0.952
Techo 07	Modo	19	0.0220	0.0025	0.0006	0.0024	0.960	0.952	0.954
	Modo	20	0.0210	0.0004	0.0010	0.0058	0.960	0.953	0.960
	Modo	21	0.0190	0.0018	0.0017	0.0005	0.962	0.954	0.960
Techo 08	Modo	22	0.0180	0.0012	0.0030	0.0004	0.963	0.957	0.961
	Modo	23	0.0170	0.0001	0.0010	0.0045	0.964	0.958	0.965
	Modo	24	0.0160	0.0010	0.0008	0.0011	0.965	0.959	0.966

Techo 09	Modo	25	0.0160	0.0005	0.0022	0.0001	0.965	0.961	0.966
	Modo	26	0.0150	0.0008	0.0007	0.0000	0.966	0.962	0.966
	Modo	27	0.0140	0.0001	0.0004	0.0023	0.966	0.962	0.969
Techo 10	Modo	28	0.0140	0.0001	0.0012	0.0013	0.966	0.964	0.970
	Modo	29	0.0130	0.0002	0.0002	0.0000	0.966	0.964	0.970
	Modo	30	0.0130	0.0000	0.0006	0.0001	0.966	0.964	0.970
Techo 11	Modo	31	0.0130	0.0000	0.0005	0.0001	0.966	0.965	0.970
	Modo	32	0.0120	0.0000	0.0001	0.0014	0.966	0.965	0.972
	Modo	33	0.0120	0.0000	0.0007	0.0001	0.966	0.966	0.972
Techo 12	Modo	34	0.0120	0.0000	0.0001	0.0009	0.966	0.966	0.973
	Modo	35	0.0110	0.0000	0.0003	0.0000	0.966	0.966	0.973
	Modo	36	0.0110	0.0000	0.0000	0.0007	0.966	0.966	0.973

Nota. Modos de vibración de la edificación con la implementación del sistema vigacero.

Tabla 14

Porcentaje de la masa efectiva. Sistema de losa convencional

Verificación Art. 29.1.2.		
SumUX	97%	Cumple
SumUY	97%	Cumple
SumRZ	97%	Cumple

Nota. Masa participativa de la edificación.

Tabla 15

Porcentaje de la masa efectiva. Sistema de vigacero

Verificación Art. 29.1.2.		
SumUX	97%	Cumple
SumUY	97%	Cumple
SumRZ	97%	Cumple

Nota. Masa participativa de la edificación.

Tabla 16

Periodo fundamental de la edificación. Sistema de losa convencional

Dirección	Masas Participativa	Modo	Periodo Seg
X-X	0.6682	1	0.9170
Y-Y	0.3599	2	0.6820
Z-Z	0.3654	3	0.5910

Nota. Periodos de la edificación para el sistema convencional.

Tabla 17

Periodo fundamental de la edificación. Sistema de losa vigacero

Dirección	Masas Participativa	Modo	Periodo Seg
X-X	0.6483	1	0.8700
Y-Y	0.3600	3	0.5730
Z-Z	0.3450	2	0.6430

Nota. Periodos de la edificación para el sistema de losa viga acero implementada desde el techo 5.

3.7. Espectro de diseño y Aceleración Espectral

Para calcular el espectro de pseudo aceleraciones se tuvo en cuenta la ecuación N°05 y además el valor está calculado en la tabla N°08 y 09; obteniendo los mismos valores para el sistema de losa convencional y sistema de losa vigacero para ambas direcciones.

Figura 18

Espectro de Pseudo-Aceleraciones en la Dirección X-X.

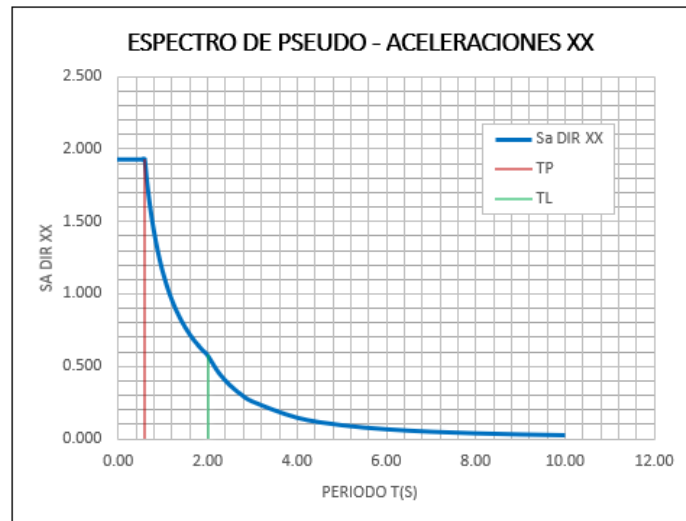
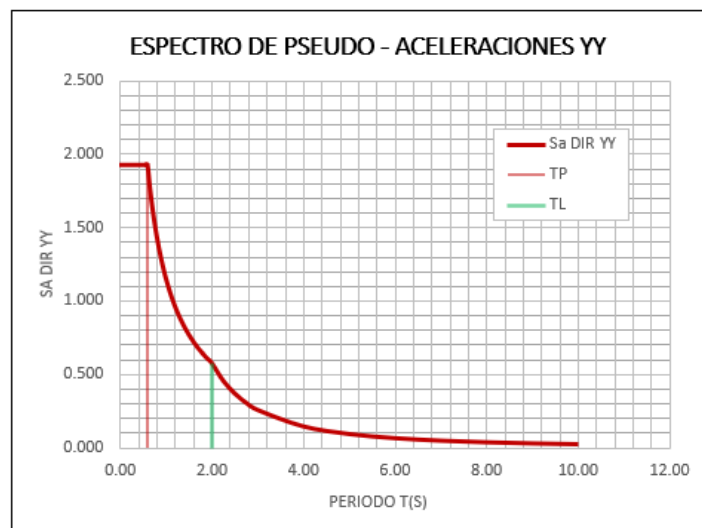


Figura 19

Espectro de Pseudo-Aceleraciones en la Dirección Y-Y.



Por otro lado, para cargar el espectro al programa se tuvo que diseñar el espectro de respuesta (T vs C); donde “ T ” es el periodo y “ C ” es el coeficiente de amplificación sísmica que depende del periodo como se indica en las ecuaciones N°06, 07 y 08; para construir la gráfica se consideró los siguientes periodos que se observa en la tabla N°18; teniendo en cuenta los valores de T_p y T_l . El espectro de respuesta para el sistema de losas vigacero y sistema convencional es el mismo. Además, en el anexo N°38, se observa que se cargó el espectro al programa computacional Etabs.

Figura 20

Espectro de Respuesta (T vs C)

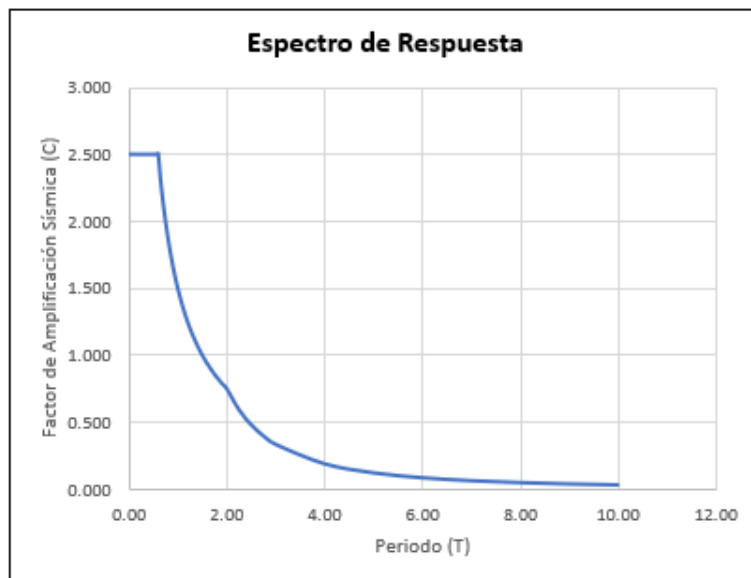


Tabla 18
Aceleración espectral para ambas direcciones (T vs C).

T	C	Sa DIR XX	Sa DIR YY	T	C	Sa DIR XX	Sa DIR YY
segundos	-	m/seg ²	m/seg ²	segundos	-	m/seg ²	m/seg ²
0.00	2.500	1.931	1.931	0.90	1.667	1.288	1.288
0.02	2.500	1.931	1.931	0.95	1.579	1.220	1.220
0.04	2.500	1.931	1.931	1.00	1.500	1.159	1.159
0.06	2.500	1.931	1.931	1.10	1.364	1.053	1.053
0.08	2.500	1.931	1.931	1.20	1.250	0.966	0.966
0.10	2.500	1.931	1.931	1.30	1.154	0.891	0.891
0.12	2.500	1.931	1.931	1.40	1.071	0.828	0.828
0.14	2.500	1.931	1.931	1.50	1.000	0.773	0.773
0.16	2.500	1.931	1.931	1.60	0.938	0.724	0.724
0.18	2.500	1.931	1.931	1.70	0.882	0.682	0.682
0.20	2.500	1.931	1.931	1.80	0.833	0.644	0.644
0.25	2.500	1.931	1.931	1.90	0.789	0.610	0.610
0.30	2.500	1.931	1.931	2.00	0.750	0.579	0.579
0.35	2.500	1.931	1.931	2.25	0.593	0.458	0.458
0.40	2.500	1.931	1.931	2.50	0.480	0.371	0.371
0.45	2.500	1.931	1.931	2.75	0.397	0.306	0.306
0.50	2.500	1.931	1.931	3.00	0.333	0.258	0.258
0.55	2.500	1.931	1.931	4.00	0.188	0.145	0.145
0.60	2.500	1.931	1.931	5.00	0.120	0.093	0.093
0.65	2.308	1.783	1.783	6.00	0.083	0.064	0.064
0.70	2.143	1.655	1.655	7.00	0.061	0.047	0.047
0.75	2.000	1.545	1.545	8.00	0.047	0.036	0.036
0.80	1.875	1.449	1.449	9.00	0.037	0.029	0.029
0.85	1.765	1.363	1.363	10.00	0.030	0.023	0.023

Nota. Espectro de aceleraciones para el análisis dinámico modal espectral, para la implementación del sistema vigacero se usará el mismo espectro.

3.8. Irregularidad en altura

3.8.1. Irregularidad de Rigidez – Piso Blando e Irregularidad Extrema Rigidez

Para esta irregularidad se analizó en base a la rigidez de cada piso, entonces se obtuvo los valores para el sistema de losa convencional y sistema vigacero, en el caso de sismo dinámico para cada dirección de análisis; en la tabla se observa la rigidez acumulada del edificio y la rigidez de entre piso, también el caso 1 y 2 para el análisis del comportamiento, según lo mencionado en la tabla N°8 de la norma E.030; de igual manera se analizó los casos de extrema rigidez.

Tabla 19

Rigidez de entrepiso en la dirección XX, Etabs v.16. Sistema convencional

Nivel	Output Case	Tipo de Caso	Rigidez Xi tonf/m	Caso 1	Caso 2
Techo 12	Sismo Din. XX	LinRespSpec	13,144.25	1.749	-
Techo 11	Sismo Din. XX	LinRespSpec	22,991.77	1.295	-
Techo 10	Sismo Din. XX	LinRespSpec	29,763.28	1.178	-
Techo 09	Sismo Din. XX	LinRespSpec	35,059.87	1.141	1.596
Techo 08	Sismo Din. XX	LinRespSpec	39,990.75	1.118	1.366
Techo 07	Sismo Din. XX	LinRespSpec	44,697.68	1.119	1.279
Techo 06	Sismo Din. XX	LinRespSpec	49,997.30	1.133	1.253
Techo 05	Sismo Din. XX	LinRespSpec	56,653.69	1.163	1.262
Techo 04	Sismo Din. XX	LinRespSpec	65,828.81	1.200	1.305
Techo 03	Sismo Din. XX	LinRespSpec	79,025.90	1.306	1.375
Techo 02	Sismo Din. XX	LinRespSpec	103,182.48	1.599	1.536
Techo 01	Sismo Din. XX	LinRespSpec	164,998.93	-	1.996
Verificación				Ok	Ok

Nota. En esta tabla se presenta las rigideces en la dirección X del sistema de losa convencional, para ser analizada según los casos 1 y 2.

Tabla 20

Rigidez de entrepiso en la dirección XX, Etabs v.16. Sistema vigacero

Nivel	Output Case	Tipo de Caso	Rigidez Xi tonf/m	Caso 1	Caso 2
Techo 12	Sismo Din. XX	LinRespSpec	12,368.84	1.767	-
Techo 11	Sismo Din. XX	LinRespSpec	21,861.17	1.301	-
Techo 10	Sismo Din. XX	LinRespSpec	28,444.54	1.182	-
Techo 09	Sismo Din. XX	LinRespSpec	33,615.24	1.144	1.609
Techo 08	Sismo Din. XX	LinRespSpec	38,441.44	1.121	1.374
Techo 07	Sismo Din. XX	LinRespSpec	43,090.01	1.122	1.286
Techo 06	Sismo Din. XX	LinRespSpec	48,363.19	1.139	1.260
Techo 05	Sismo Din. XX	LinRespSpec	55,107.39	1.178	1.273
Techo 04	Sismo Din. XX	LinRespSpec	64,917.45	1.211	1.329
Techo 03	Sismo Din. XX	LinRespSpec	78,601.15	1.312	1.400
Techo 02	Sismo Din. XX	LinRespSpec	103,153.74	1.603	1.558
Techo 01	Sismo Din. XX	LinRespSpec	165,348.09	-	2.011
Verificación				Ok	Ok

Nota. En esta tabla se presenta las rigideces en la dirección X con la implementación del sistema vigacero, para ser analizada según los casos 1 y 2.

Tabla 21

Rigidez de entrepiso en la dirección YY, Etabs v.16. Sistema convencional

Nivel	Output Case	Tipo de Caso	Rigidez Yi tonf/m	Caso 1	Caso 2
Techo 12	Sismo Din. YY	LinRespSpec	24,670.81	1.759	-
Techo 11	Sismo Din. YY	LinRespSpec	43,403.92	1.296	-
Techo 10	Sismo Din. YY	LinRespSpec	56,235.98	1.170	-
Techo 09	Sismo Din. YY	LinRespSpec	65,806.29	1.129	1.588
Techo 08	Sismo Din. YY	LinRespSpec	74,315.79	1.104	1.348
Techo 07	Sismo Din. YY	LinRespSpec	82,077.18	1.102	1.254
Techo 06	Sismo Din. YY	LinRespSpec	90,431.12	1.117	1.221
Techo 05	Sismo Din. YY	LinRespSpec	101,029.13	1.152	1.228
Techo 04	Sismo Din. YY	LinRespSpec	116,341.41	1.191	1.276
Techo 03	Sismo Din. YY	LinRespSpec	138,581.98	1.313	1.351
Techo 02	Sismo Din. YY	LinRespSpec	182,014.34	1.656	1.534
Techo 01	Sismo Din. YY	LinRespSpec	301,360.39	-	2.069
Verificación				Ok	Ok

Nota. En esta tabla se presenta las rigideces en la dirección Y del sistema de losa convencional, para ser analizada según los casos 1 y 2.

Tabla 22

Rigidez de entrepiso en la dirección YY, Etabs v.16. Sistema vigacero

Nivel	Output Case	Tipo de Caso	Rigidez Xi tonf/m	Caso 1	Caso 2
Techo 12	Sismo Din. YY	LinRespSpec	24,088.81	1.776	-
Techo 11	Sismo Din. YY	LinRespSpec	42,782.82	1.301	-
Techo 10	Sismo Din. YY	LinRespSpec	55,661.40	1.173	-
Techo 09	Sismo Din. YY	LinRespSpec	65,290.34	1.131	1.599
Techo 08	Sismo Din. YY	LinRespSpec	73,875.43	1.107	1.354
Techo 07	Sismo Din. YY	LinRespSpec	81,793.86	1.105	1.259
Techo 06	Sismo Din. YY	LinRespSpec	90,378.16	1.121	1.227
Techo 05	Sismo Din. YY	LinRespSpec	101,349.55	1.164	1.236
Techo 04	Sismo Din. YY	LinRespSpec	117,928.51	1.199	1.293
Techo 03	Sismo Din. YY	LinRespSpec	141,348.10	1.317	1.369
Techo 02	Sismo Din. YY	LinRespSpec	186,212.04	1.656	1.549
Techo 01	Sismo Din. YY	LinRespSpec	308,282.66	-	2.076
			Verificación	Ok	Ok

Nota. En esta tabla se presenta las rigideces en la dirección X con la implementación del sistema vigacero, para ser analizada según los casos 1 y 2.

3.8.2. Irregularidad de Resistencia – Piso Débil e Irregularidad de Extrema Resistencia

Para la irregularidad de piso débil se trabajó con las cortantes de entre piso del sistema de losa convencional y sistema de losa vigacero, en cada dirección de análisis para el caso de sismo dinámico, según lo requerido por la norma E.030; en la tabla se observa las cortantes por nivel, además se obtuvo las ratios para el análisis del caso planteado en la tabla N°8 de la norma E.030.

Tabla 23

Resistencia de entrepiso en la Dirección XX, Etabs v.16. Sistema convencional

Nivel	Output Case	Tipo de Caso	Cortante X tonf	Caso 1
Techo 12	Sismo Din. XX	LinRespSpec	47.1675	1.751
Techo 11	Sismo Din. XX	LinRespSpec	82.5869	1.340
Techo 10	Sismo Din. XX	LinRespSpec	110.6736	1.208
Techo 09	Sismo Din. XX	LinRespSpec	133.7069	1.149
Techo 08	Sismo Din. XX	LinRespSpec	153.6158	1.116
Techo 07	Sismo Din. XX	LinRespSpec	171.4312	1.094
Techo 06	Sismo Din. XX	LinRespSpec	187.4647	1.077
Techo 05	Sismo Din. XX	LinRespSpec	201.8814	1.063
Techo 04	Sismo Din. XX	LinRespSpec	214.6541	1.050
Techo 03	Sismo Din. XX	LinRespSpec	225.2857	1.034
Techo 02	Sismo Din. XX	LinRespSpec	232.9118	1.018
Techo 01	Sismo Din. XX	LinRespSpec	237.0335	-
			Verificación	Ok

Nota. En esta tabla se presenta las cortantes de entrepiso en la dirección X del sistema de losa convencional, para ser analizada según el caso.

Tabla 24

Resistencia de entrepiso en la Dirección XX, Etabs v.16. Sistema vigacero

Nivel	Output Case	Tipo de Caso	Cortante X tonf	Caso 1
Techo 12	Sismo Din. XX	LinRespSpec	43.2676	1.765
Techo 11	Sismo Din. XX	LinRespSpec	76.3545	1.345
Techo 10	Sismo Din. XX	LinRespSpec	102.6662	1.210
Techo 09	Sismo Din. XX	LinRespSpec	124.2494	1.150
Techo 08	Sismo Din. XX	LinRespSpec	142.9111	1.117
Techo 07	Sismo Din. XX	LinRespSpec	159.5807	1.093
Techo 06	Sismo Din. XX	LinRespSpec	174.4702	1.076
Techo 05	Sismo Din. XX	LinRespSpec	187.7108	1.071
Techo 04	Sismo Din. XX	LinRespSpec	201.0605	1.056
Techo 03	Sismo Din. XX	LinRespSpec	212.2634	1.038
Techo 02	Sismo Din. XX	LinRespSpec	220.3264	1.020
Techo 01	Sismo Din. XX	LinRespSpec	224.6893	-
			Verificación	Ok

Nota. En esta tabla se presenta las cortantes de entrepiso en la dirección X con la implementación del sistema vigacero, para ser analizada según el caso.

Tabla 25

Resistencia de entrepiso en la Dirección YY, Etabs v.16. Sistema convencional

Nivel	Output Case	Tipo de Caso	Cortante Y tonf	Caso 1
Techo 12	Sismo Din. YY	LinRespSpec	48.7283	1.826
Techo 11	Sismo Din. YY	LinRespSpec	88.9578	1.388
Techo 10	Sismo Din. YY	LinRespSpec	123.4918	1.243
Techo 09	Sismo Din. YY	LinRespSpec	153.4881	1.173
Techo 08	Sismo Din. YY	LinRespSpec	180.0360	1.130
Techo 07	Sismo Din. YY	LinRespSpec	203.4008	1.098
Techo 06	Sismo Din. YY	LinRespSpec	223.3456	1.074
Techo 05	Sismo Din. YY	LinRespSpec	239.9316	1.056
Techo 04	Sismo Din. YY	LinRespSpec	253.3359	1.040
Techo 03	Sismo Din. YY	LinRespSpec	263.4868	1.025
Techo 02	Sismo Din. YY	LinRespSpec	270.1511	1.013
Techo 01	Sismo Din. YY	LinRespSpec	273.5330	-
			Verificación	Ok

Nota. En esta tabla se presenta las cortantes de entrepiso en la dirección Y del sistema de losa convencional, para ser analizada según el caso.

Tabla 26

Resistencia de entrepiso en la Dirección YY, Etabs v.16. Sistema vigacero

Nivel	Output Case	Tipo de Caso	Cortante Y tonf	Caso 1
Techo 12	Sismo Din. YY	LinRespSpec	45.7488	1.838
Techo 11	Sismo Din. YY	LinRespSpec	84.1083	1.391
Techo 10	Sismo Din. YY	LinRespSpec	116.9946	1.244
Techo 09	Sismo Din. YY	LinRespSpec	145.4847	1.173
Techo 08	Sismo Din. YY	LinRespSpec	170.6908	1.130
Techo 07	Sismo Din. YY	LinRespSpec	192.8692	1.098
Techo 06	Sismo Din. YY	LinRespSpec	211.7384	1.074
Techo 05	Sismo Din. YY	LinRespSpec	227.3559	1.063
Techo 04	Sismo Din. YY	LinRespSpec	241.7065	1.045
Techo 03	Sismo Din. YY	LinRespSpec	252.6301	1.028
Techo 02	Sismo Din. YY	LinRespSpec	259.8222	1.014
Techo 01	Sismo Din. YY	LinRespSpec	263.4722	-
			Verificación	Ok

Nota. En esta tabla se presenta las cortantes de entrepiso en la dirección Y con la implementación del sistema vigacero, para ser analizada según el caso.

3.8.3. Irregularidad de Masa o Peso

A continuación, se presenta los resultados de la irregularidad de masa o peso, donde se detalla los pesos de cada nivel ya obtenidos en la tabla N° 10 y 11, para el sistema convencional y sistema vigacero, también se obtuvieron las ratios para cada caso de análisis planteado en la norma E.030 sobre esta irregularidad, estos criterios de verificación se pueden observar en la tabla N°8 de la norma E.030.

Tabla 27

Verificación masa o peso para sistema de losa convencional.

Nivel	Descripción	P x Nivel	Caso 1	Caso 2
		tonf	$W_i > 1.50 * W_{i+1}$	$W_i > 1.50 * W_{i-1}$
Techo 12	Peso Sísmico = 100%CM+25%CV	223.52	-	1.06
Techo 11	Peso Sísmico = 100%CM+25%CV	199.70	0.89	1.00
Techo 10	Peso Sísmico = 100%CM+25%CV	199.47	1.00	1.00
Techo 09	Peso Sísmico = 100%CM+25%CV	199.27	1.00	0.97
Techo 08	Peso Sísmico = 100%CM+25%CV	205.93	1.03	1.00
Techo 07	Peso Sísmico = 100%CM+25%CV	205.93	1.00	1.00
Techo 06	Peso Sísmico = 100%CM+25%CV	205.93	1.00	1.00
Techo 05	Peso Sísmico = 100%CM+25%CV	205.93	1.00	0.97
Techo 04	Peso Sísmico = 100%CM+25%CV	211.59	1.03	1.00
Techo 03	Peso Sísmico = 100%CM+25%CV	211.59	1.00	1.00
Techo 02	Peso Sísmico = 100%CM+25%CV	211.59	1.00	0.94
Techo 01	Peso Sísmico = 100%CM+25%CV	224.83	1.06	-
		Verificación	Ok	Ok

Nota. En esta tabla se presenta los pesos sísmicos del sistema convencional para ser analizados según los casos 1 y 2.

Tabla 28

Verificación masa o peso para sistema de losa vigacero

Nivel	Descripción	P x Nivel	Caso 1	Caso 2
		tonf	$W_i > 1.50 * W_{i+1}$	$W_i > 1.50 * W_{i-1}$
Techo 12	Peso Sísmico = 100%CM+25%CV	196.89	-	0.93
Techo 11	Peso Sísmico = 100%CM+25%CV	174.98	0.89	1.00
Techo 10	Peso Sísmico = 100%CM+25%CV	174.76	1.00	1.00
Techo 09	Peso Sísmico = 100%CM+25%CV	174.55	1.00	0.96
Techo 08	Peso Sísmico = 100%CM+25%CV	181.21	1.04	1.00
Techo 07	Peso Sísmico = 100%CM+25%CV	181.21	1.00	1.00
Techo 06	Peso Sísmico = 100%CM+25%CV	181.21	1.00	1.00
Techo 05	Peso Sísmico = 100%CM+25%CV	181.21	1.00	0.86
Techo 04	Peso Sísmico = 100%CM+25%CV	211.59	1.17	1.00
Techo 03	Peso Sísmico = 100%CM+25%CV	211.59	1.00	1.00
Techo 02	Peso Sísmico = 100%CM+25%CV	211.59	1.00	0.94
Techo 01	Peso Sísmico = 100%CM+25%CV	224.83	1.06	-
		Verificación	Ok	Ok

Nota. En esta tabla se presenta los pesos sísmicos con la implementación del sistema vigacero a partir del techo 5 para ser analizados según los casos 1 y 2.

3.8.4. Irregularidad de Geométrica Vertical

En la siguiente tabla se obtiene los valores para realizar la verificación de la irregularidad geométrica vertical, para ello se consideró las dimensiones que resisten cargas laterales de cada piso en ambas direcciones, posteriormente se calculó las ratios para la verificación de esta irregularidad en ambas direcciones, según lo requerido por la norma E.030, estos criterios de análisis se pueden observar en la tabla N°08 de la norma E.030.

Tabla 29

Verificación de irregularidad geométrica vertical.

Nivel	Longitud		Irregularidad	
	XX	YY	XX	YY
	m	m	$A/B > 1.30$	$A/B > 1.30$
Techo 12	10.90	15.42		
Techo 11	10.90	16.67	1.00	1.08
Techo 10	10.90	16.67	1.00	1.00
Techo 09	10.90	16.67	1.00	1.00
Techo 08	10.90	16.67	1.00	1.00
Techo 07	10.90	16.67	1.00	1.00
Techo 06	10.90	16.67	1.00	1.00
Techo 05	10.90	16.67	1.00	1.00
Techo 04	10.90	16.67	1.00	1.00
Techo 03	10.90	16.67	1.00	1.00
Techo 02	10.90	16.67	1.00	1.00
Techo 01	10.90	16.67	1.00	1.00
	Verificación		Ok	Ok

Nota. En esta tabla se presenta las medidas en ambas direcciones de la edificación para ser analizada según el caso.

3.9. Irregularidad en Planta

3.9.1. Irregularidad Torsional e Irregularidad Torsional Extrema

En la siguiente tabla se obtiene los valores para realizar la verificación de la irregularidad torsional, para ello se consideró las derivas máximas de cada nivel y las derivas del centro de masa en cada nivel, del sistema de losas convencional y vigacero; posteriormente se calculó las ratios para la verificación de esta irregularidad en ambas direcciones, estos criterios de análisis se pueden observar en la tabla N°9 de la norma E.030.

Tabla 30

Verificación por irregularidad torsional y torsional extrema para la dirección XX, Etabs. v16. Sistema convencional

Nivel	Caso de Salida	Tipo	Item	Max Drift	Avg Drift	Ratio	
Techo 12	Deriva Din. XX	Max	Diaph TECHO 12 X	0.0066	0.0057	1.1580	
Techo 11	Deriva Din. XX	Max	Diaph TECHO 11 X	0.0068	0.0059	1.1530	
Techo 10	Deriva Din. XX	Max	Diaph TECHO 10 X	0.0070	0.0061	1.1500	
Techo 09	Deriva Din. XX	Max	Diaph TECHO 9 X	0.0072	0.0062	1.1490	
Techo 08	Deriva Din. XX	Max	Diaph TECHO 8 X	0.0072	0.0063	1.1510	
Techo 07	Deriva Din. XX	Max	Diaph TECHO 7 X	0.0072	0.0063	1.1490	
Techo 06	Deriva Din. XX	Max	Diaph TECHO 6 X	0.0071	0.0061	1.1490	
Techo 05	Deriva Din. XX	Max	Diaph TECHO 5 X	0.0067	0.0058	1.1500	
Techo 04	Deriva Din. XX	Max	Diaph TECHO 4 X	0.0062	0.0053	1.1530	
Techo 03	Deriva Din. XX	Max	Diaph TECHO 3 X	0.0054	0.0047	1.1500	
Techo 02	Deriva Din. XX	Max	Diaph TECHO 2 X	0.0042	0.0037	1.1490	
Techo 01	Deriva Din. XX	Max	Diaph TECHO 1 X	0.0024	0.0021	1.1460	
							Verificación Ok

Nota. se presentan las derivas máximas del centro de masa y el de la edificación para el sistema convencional en la dirección X.

Tabla 31

Verificación por irregularidad torsional y torsional extrema para la dirección XX, Etabs. v16. Sistema vigacero

Nivel	Caso de Salida	Tipo	Item	Max Drift	Avg Drift	Ratio	
Techo 12	Deriva Din. XX	Max	Diaph TECHO 12 X	0.0064	0.0055	1.1520	
Techo 11	Deriva Din. XX	Max	Diaph TECHO 11 X	0.0065	0.0057	1.1460	
Techo 10	Deriva Din. XX	Max	Diaph TECHO 10 X	0.0068	0.0059	1.1430	
Techo 09	Deriva Din. XX	Max	Diaph TECHO 9 X	0.0069	0.0060	1.1430	
Techo 08	Deriva Din. XX	Max	Diaph TECHO 8 X	0.0070	0.0061	1.1460	
Techo 07	Deriva Din. XX	Max	Diaph TECHO 7 X	0.0069	0.0061	1.1450	
Techo 06	Deriva Din. XX	Max	Diaph TECHO 6 X	0.0068	0.0059	1.1450	
Techo 05	Deriva Din. XX	Max	Diaph TECHO 5 X	0.0064	0.0056	1.1450	
Techo 04	Deriva Din. XX	Max	Diaph TECHO 4 X	0.0058	0.0051	1.1460	
Techo 03	Deriva Din. XX	Max	Diaph TECHO 3 X	0.0051	0.0044	1.1430	
Techo 02	Deriva Din. XX	Max	Diaph TECHO 2 X	0.0040	0.0035	1.1430	
Techo 01	Deriva Din. XX	Max	Diaph TECHO 1 X	0.0023	0.0020	1.1410	
							Verificación Ok

Nota. En esta tabla se presentan las derivas máximas del centro de masa y el de la edificación con la implementación del sistema vigacero en la dirección X.

Tabla 32

Verificación por irregularidad torsional y torsional extrema para la dirección YY, Etabs. v16. Sistema convencional

Nivel	Caso de Salida	Tipo	Item	Max Drift	Avg Drift	Ratio
Techo 12	Deriva Din. YY	Max	Diaph TECHO 12 Y	0.0035	0.0031	1.1370
Techo 11	Deriva Din. YY	Max	Diaph TECHO 11 Y	0.0038	0.0034	1.1400
Techo 10	Deriva Din. YY	Max	Diaph TECHO 10 Y	0.0041	0.0036	1.1410
Techo 09	Deriva Din. YY	Max	Diaph TECHO 9 Y	0.0044	0.0038	1.1420
Techo 08	Deriva Din. YY	Max	Diaph TECHO 8 Y	0.0045	0.0040	1.1420
Techo 07	Deriva Din. YY	Max	Diaph TECHO 7 Y	0.0046	0.0041	1.1410
Techo 06	Deriva Din. YY	Max	Diaph TECHO 6 Y	0.0046	0.0040	1.1400
Techo 05	Deriva Din. YY	Max	Diaph TECHO 5 Y	0.0044	0.0039	1.1370
Techo 04	Deriva Din. YY	Max	Diaph TECHO 4 Y	0.0040	0.0036	1.1350
Techo 03	Deriva Din. YY	Max	Diaph TECHO 3 Y	0.0035	0.0031	1.1300
Techo 02	Deriva Din. YY	Max	Diaph TECHO 2 Y	0.0027	0.0024	1.1230
Techo 01	Deriva Din. YY	Max	Diaph TECHO 1 Y	0.0015	0.0013	1.1090
Verificación						Ok

Nota. En esta tabla se presentan las derivas máximas del centro de masa y el de la edificación para el sistema convencional en la dirección Y.

Tabla 33

Verificación por irregularidad torsional y torsional extrema para la dirección YY, Etabs. v16. Sistema vigacero

Nivel	Caso de Salida	Tipo	Item	Max Drift	Avg Drift	Ratio
Techo 12	Deriva Din. YY	Max	Diaph TECHO 12 Y	0.0033	0.0030	1.0960
Techo 11	Deriva Din. YY	Max	Diaph TECHO 11 Y	0.0035	0.0032	1.1010
Techo 10	Deriva Din. YY	Max	Diaph TECHO 10 Y	0.0038	0.0034	1.1040
Techo 09	Deriva Din. YY	Max	Diaph TECHO 9 Y	0.0040	0.0036	1.1060
Techo 08	Deriva Din. YY	Max	Diaph TECHO 8 Y	0.0042	0.0038	1.1080
Techo 07	Deriva Din. YY	Max	Diaph TECHO 7 Y	0.0043	0.0039	1.1080
Techo 06	Deriva Din. YY	Max	Diaph TECHO 6 Y	0.0043	0.0038	1.1090
Techo 05	Deriva Din. YY	Max	Diaph TECHO 5 Y	0.0041	0.0037	1.1080
Techo 04	Deriva Din. YY	Max	Diaph TECHO 4 Y	0.0037	0.0034	1.1060
Techo 03	Deriva Din. YY	Max	Diaph TECHO 3 Y	0.0032	0.0029	1.1030
Techo 02	Deriva Din. YY	Max	Diaph TECHO 2 Y	0.0025	0.0023	1.0970
Techo 01	Deriva Din. YY	Max	Diaph TECHO 1 Y	0.0014	0.0013	1.0850
Verificación						Ok

Nota. En esta tabla se presentan las derivas máximas del centro de masa y el de la edificación con la implementación del sistema vigacero en la dirección Y.

3.9.2. Esquinas Entrantes

En la siguiente tabla se obtiene las dimensiones para realizar la verificación de la irregularidad por esquinas entrantes, para ello se consideró las medidas que formaban esquinas entrantes en la edificación por cada dirección de análisis, posteriormente se obtuvo los ratios para la verificación, estos criterios de análisis se pueden observar en la tabla N°08 de la E.030.

Tabla 34

Verificación de Irregularidad por Esquinas Entrantes.

Nivel	Dirección	A m	a m	a/A > 0.20
Techo 01	XX	10.90	4.25	0.39
	YY	18.67	3.25	0.17
Verificación				Ok

Nota. Medidas del edificio en planta.

3.9.3. Discontinuidad del Diafragma

En la siguiente tabla se obtiene los valores para realizar la verificación de discontinuidad de diafragma, para ello se consideró las áreas totales de cada nivel y también el área de ductos por cada nivel, posteriormente se calculó los ratios para la verificación de esta irregularidad en cada diafragma, estos criterios de análisis se pueden observar en la tabla N°08 de la E.030.

Tabla 35

Verificación de irregularidad por discontinuidad en el diafragma.

Nivel	Área total m ²	A' m ²	> 0.50
Techo 12	191.89	14.88	0.08
Techo 09-11	190.20	14.88	0.08
Techo 05-08	190.20	14.79	0.08
Techo 02-04	190.20	14.79	0.08
Techo 01	190.20	11.44	0.06
Verificación			Ok

Nota. Se presenta el área total en cada techo para ser analizado.

3.10. Control de distorsiones de entrepiso

En la siguiente tabla se tienen las derivas máximas en cada nivel del sistema de losa convencional y el sistema vigacero, para un sismo dinámico en cada dirección de análisis; se puede observar las coordenadas en tres direcciones para poder identificar el punto en la edificación donde se está generando este máximo desplazamiento, luego se observa los drift de cada nivel que posteriormente se escaló bajo un coeficiente de regularidad para obtener las derivas finales, por último se hizo la verificación de cada deriva las cuales deben ser menores a 0.007 según lo requerido por la norma E.030

Tabla 36

Derivas de entrepiso en la Dirección XX. Sistema convencional

Nivel	Altura m	Caso de Salida	Dirección	X m	Y m	Z m	Drift	0.75R 4.5	$\Delta i/h_{ei}$ 0.007
Techo 12	2.85	S. Dinámico	X	6.55	0	36.93	0.001458	0.0066	Cumple
Techo 11	2.75	S. Dinámico	X	6.55	0	34.08	0.001505	0.0068	Cumple
Techo 10	2.75	S. Dinámico	X	6.55	0	31.33	0.001555	0.0070	Cumple
Techo 09	2.75	S. Dinámico	X	6.55	0	28.58	0.001594	0.0072	No Cumple
Techo 08	2.75	S. Dinámico	X	6.55	0	25.83	0.001607	0.0072	No Cumple
Techo 07	2.75	S. Dinámico	X	6.55	0	23.08	0.001603	0.0072	No Cumple
Techo 06	2.75	S. Dinámico	X	6.55	0	20.33	0.001567	0.0071	No Cumple
Techo 05	2.75	S. Dinámico	X	6.55	0	17.58	0.001491	0.0067	Cumple
Techo 04	2.75	S. Dinámico	X	6.55	0	14.83	0.001367	0.0062	Cumple
Techo 03	2.75	S. Dinámico	X	6.55	0	12.08	0.001193	0.0054	Cumple
Techo 02	2.75	S. Dinámico	X	6.55	0	9.33	0.000943	0.0042	Cumple
Techo 01	3.05	S. Dinámico	X	8.78	0	6.58	0.000540	0.0024	Cumple

Nota. En esta tabla se muestra los puntos donde está ocurriendo el máximo desplazamiento y también el valor de la máxima deriva escalada en la dirección X para el sistema convencional.

Tabla 37

Derivas de entrepiso en la Dirección XX. Sistema vigacero

Nivel	Altura m	Caso de Salida	Dirección	X m	Y m	Z m	Drift	0.75R 4.5	$\Delta i/h_{ei}$ 0.007
Techo 12	2.85	S. Dinámico	X	6.55	0	36.93	0.001414	0.0064	Cumple
Techo 11	2.75	S. Dinámico	X	6.55	0	34.08	0.001455	0.0065	Cumple
Techo 10	2.75	S. Dinámico	X	6.55	0	31.33	0.001501	0.0068	Cumple
Techo 09	2.75	S. Dinámico	X	6.55	0	28.58	0.001537	0.0069	Cumple
Techo 08	2.75	S. Dinámico	X	6.55	0	25.83	0.001549	0.00697	Cumple
Techo 07	2.75	S. Dinámico	X	6.55	0	23.08	0.001542	0.0069	Cumple
Techo 06	2.75	S. Dinámico	X	6.55	0	20.33	0.001501	0.0068	Cumple
Techo 05	2.75	S. Dinámico	X	6.55	0	17.58	0.001418	0.0064	Cumple
Techo 04	2.75	S. Dinámico	X	6.55	0	14.83	0.001291	0.0058	Cumple
Techo 03	2.75	S. Dinámico	X	6.55	0	12.08	0.001123	0.0051	Cumple
Techo 02	2.75	S. Dinámico	X	6.55	0	9.33	0.000887	0.0040	Cumple
Techo 01	3.05	S. Dinámico	X	8.78	0	6.58	0.000508	0.0023	Cumple

Nota. En esta tabla se muestra los puntos donde está ocurriendo el máximo desplazamiento y también el valor de la máxima deriva escalada en la dirección X con la implementación del sistema vigacero.

Tabla 38

Derivas de entrepiso en la dirección YY. Sistema convencional

Nivel	Altura m	Caso de Salida	Dirección	X m	Y m	Z m	Drift	0.75R 4.5	$\Delta i/h_{ei}$ 0.007
Techo 12	2.85	S. Dinámico	Y	0	18.43	36.93	0.000788	0.0035	Cumple
Techo 11	2.75	S. Dinámico	Y	0	18.43	34.08	0.00085	0.0038	Cumple
Techo 10	2.75	S. Dinámico	Y	0	18.43	31.33	0.000911	0.0041	Cumple
Techo 09	2.75	S. Dinámico	Y	0	18.43	28.58	0.000969	0.0044	Cumple
Techo 08	2.75	S. Dinámico	Y	0	18.43	25.83	0.001006	0.0045	Cumple
Techo 07	2.75	S. Dinámico	Y	0	18.43	23.08	0.001028	0.0046	Cumple
Techo 06	2.75	S. Dinámico	Y	0	18.43	20.33	0.001024	0.0046	Cumple
Techo 05	2.75	S. Dinámico	Y	0	18.43	17.58	0.000982	0.0044	Cumple
Techo 04	2.75	S. Dinámico	Y	0	18.43	14.83	0.000898	0.0040	Cumple
Techo 03	2.75	S. Dinámico	Y	0	18.43	12.08	0.000782	0.0035	Cumple
Techo 02	2.75	S. Dinámico	Y	0	13.895	9.33	0.000606	0.0027	Cumple
Techo 01	3.05	S. Dinámico	Y	0	13.90	6.58	0.000330	0.0015	Cumple

Nota. En esta tabla se muestra los puntos donde está ocurriendo el máximo desplazamiento y también el valor de la máxima deriva escalada en la dirección Y para el sistema convencional.

Tabla 39
Derivas de entrepiso en la dirección YY. Sistema vigacero

Nivel	Altura m	Caso de Salida	Dirección	X m	Y m	Z m	Drift	0.75R 4.5	Δ_i/h_{ei} 0.007
Techo 12	2.85	S. Dinámico	Y	0	3.35	36.93	0.000731	0.0033	Cumple
Techo 11	2.75	S. Dinámico	Y	0	18.43	34.08	0.000787	0.0035	Cumple
Techo 10	2.75	S. Dinámico	Y	0	18.43	31.33	0.000844	0.0038	Cumple
Techo 09	2.75	S. Dinámico	Y	0	1.875	28.58	0.000897	0.0040	Cumple
Techo 08	2.75	S. Dinámico	Y	0	18.43	25.83	0.000931	0.0042	Cumple
Techo 07	2.75	S. Dinámico	Y	0	18.43	23.08	0.00095	0.0043	Cumple
Techo 06	2.75	S. Dinámico	Y	0	18.43	20.33	0.000944	0.0042	Cumple
Techo 05	2.75	S. Dinámico	Y	0	18.43	17.58	0.000904	0.0041	Cumple
Techo 04	2.75	S. Dinámico	Y	0	18.43	14.83	0.000825	0.0037	Cumple
Techo 03	2.75	S. Dinámico	Y	0	18.43	12.08	0.000717	0.0032	Cumple
Techo 02	2.75	S. Dinámico	Y	0	13.895	9.33	0.000557	0.0025	Cumple
Techo 01	3.05	S. Dinámico	Y	0	0	6.58	0.000304	0.0014	Cumple

Nota. En esta tabla se muestra los puntos donde está ocurriendo el máximo desplazamiento y también el valor de la máxima deriva escalada en la dirección Y con la implementación del sistema vigacero.

Figura 21

Comparación de derivas máximas de entre piso en ambas direcciones para una losa convencional

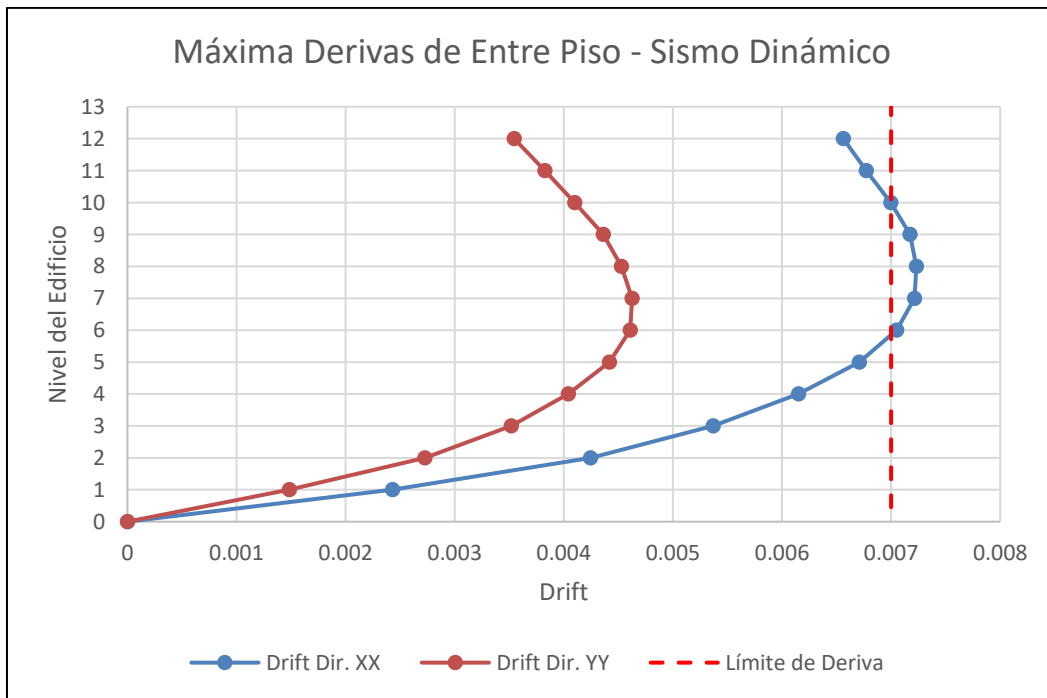
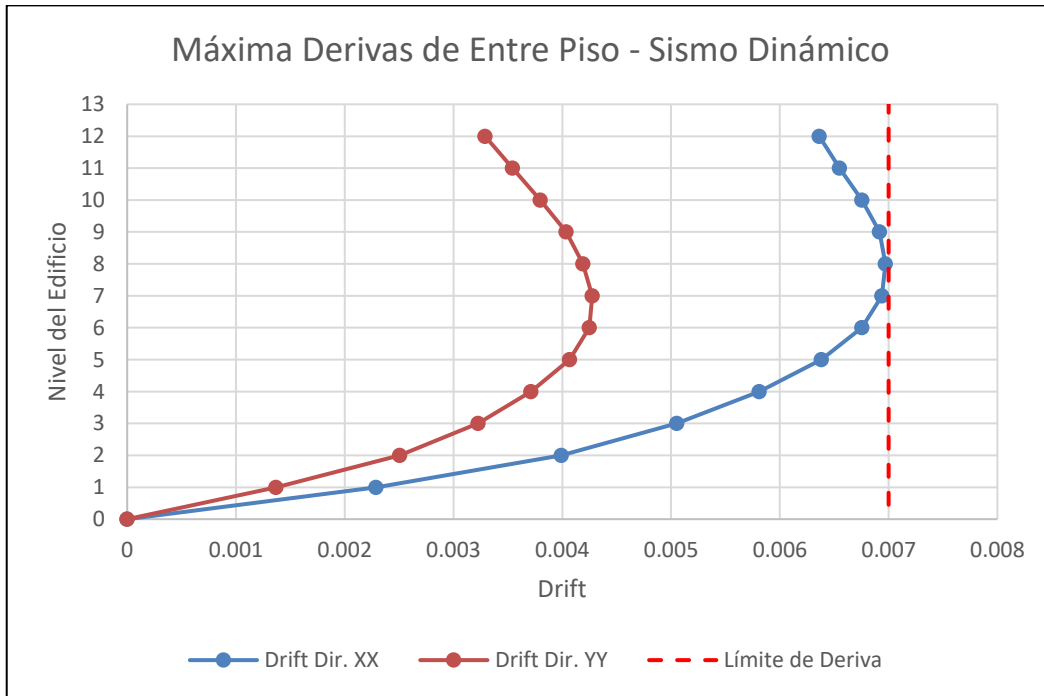


Figura 22

Comparación de derivas máximas de entre piso en ambas direcciones para una losa vigacero



CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

La discusión de los resultados encontrados en el presente trabajo de investigación se desarrolla a través de los siguientes temas:

4.1.1. El comportamiento estructural en la construcción de las edificaciones comunes de concreto armado

En la presente investigación se tuvo como objetivo general, determinar el comportamiento estructural de una edificación común de concreto armado de 12 niveles, mediante el análisis dinámico modal espectral, en el sector El Molino, Trujillo 2022; según el estudio desde Ecuador de Quinde & Reinoso, (2016) evidencia la existencia problemas relacionados a su diseño el cual afecta directamente al comportamiento estructural de sus edificaciones; en tanto Paredes (2015), declara que el comportamiento estructural no solo depende del análisis sísmico, sino también depende de otras variables como el sistema constructivo, calidad de materiales, proceso constructivo correcto y una configuración estructural simple y simétrica; a nivel de los resultados obtenidos precisan que la edificación en eje x presente escasa rigidez las que, en un eventual sismo presenta vulnerabilidad y poca seguridad para sus habitantes, por otro lado es una edificación que no presenta irregularidades estructurales.

4.1.2. El análisis sísmico modal espectral en las construcciones de las edificaciones comunes de concreto armado

Se planteo como objetivo específico 1, realizar el modelamiento y análisis sísmico modal espectral de una edificación común de concreto armado de 12 niveles,

en el sector El Molino, Trujillo 2022; ante ello el estudio de Avendaño (2016), precisa que, las deficiencias del comportamiento estructural son originadas por un mal diseño y, además, en el proceso constructivo no se respeta la junta sísmica mayor a 3 cm, provocando un mal desempeño sísmico a nivel de estructura, con respecto al diseño sismorresistente o, el análisis sísmico modal espectral este, cuantifica las fuerzas que actúan a nivel basal en las estructuras para estimar una máxima respuesta de una estructura frente a las cargas dinámicas; en tanto los resultados obtenidos, se observó que la edificación tuvo periodos fundamentales conservadores los que se encontraban dentro de lo esperado, esto no quiere decir que la estructura se comportará correctamente ante un sismo, sino que te da un indicio para saber que la ubicación y el predimensionamiento de los elementos estructurales, en decir tiene funcionalidad.

4.1.3. La normatividad en las construcciones de las edificaciones comunes de concreto armado

El objetivo específico 2 planteado fue, determinar la aplicación de la Norma E030 del RNE respecto a las fuerzas internas, derivas de entrepiso y periodos de vibración de una edificación común de concreto armado de 12 niveles, en el sector El Molino, Trujillo 2022; la investigación de Arana (2019), analiza el comportamiento entre normativas sudamericanas, evidenciando la rigurosidad de la normativa chilena, a tal grado de no cumplir con las distorsiones permitidas a diferencia de la norma peruana donde se permite distorsiones máximas de 0.007, se observó en la tabla 89 una distorsión máxima de 0.0034 en el sentido X, y 0.0058 en el sentido Y, de igual forma se observó la mayor rigidez en el sentido X; en tanto los resultados obtenidos precisan que a nivel de las derivas de entrepiso el eje X no cumplen con lo establecido en la norma E.030 por el lado de las fuerzas internas según la norma, utiliza las

cortantes, resistencia, rigidez así como la masa para evaluar irregularidades que, para este caso no presenta dificultades.

4.1.4. Sistema convencional de losas y sistema aligerado de vigas de acero

Se planteo como objetivo específico 3, analizar el comportamiento estructural, de una edificación común de concreto armado de 12 niveles, con el sistema convencional de losas y la implementación del sistema aligerado de vigacero, en el sector El Molino, Trujillo 2022; según el manual técnico Vigacero del Ministerio de Vivienda construcción y Edificaciones, precisa que este es un sistema de losa aligerado, compuesto por viguetas de acero galvanizado en forma de U cuya función es transmitir las cargas a sus puntos de apoyo; además cuenta con malla electrosoldada de temperatura y relleno de poliestireno expandido de alta densidad (EPS), estos materiales hacen que la losa se caracterice por tener un menor peso muerto; los resultados obtenidos por Etabs en el sistema convencional de losas presentación mayor concentración de masa y rigidez, en consecuencia, mayores fuerzas sísmicas, en tanto el sistema de Vigacero redujo la masa en un 12% por cada piso mejorando el comportamiento de resistencia.

4.1.5. Interpretación de los resultados

En la tabla N°10 y 11 se observa el peso sísmico de la edificación el sistema de losa convencional y el sistema vigacero respectivamente, este último se consideró a partir del techo 5; de acuerdo al artículo 26 de la norma E.030 "Diseño Sismorresistente", se indica que la combinación de carga está directamente afectada por el tipo de uso de la edificación. Para este caso por tratarse de una vivienda, la cual está dentro de la categoría "C"; se tomó el 25 % de la carga viva, teniendo un peso

sísmico total de 2,505.29 toneladas para el sistema convencional, y un peso de 2,305.63 toneladas en el sistema vigacero, evidenciando que a partir del techo 5 se reduce la masa en un 12 %, y en total se disminuyó 200 toneladas.

En la tabla N° 12 y 13, se puede observar los diferentes modos de vibración para el sistema de losa convencional y el sistema vigacero, respectivamente; se observa que en el modo 9, se está superando en las tres direcciones de análisis, el 90% de la masa efectiva, y para el sistema vigacero se supera en el modo 11, requerido en el Artículo 29.1.2. de la norma E.030. Además, los periodos de vibración obtenidos para el sistema convencional son 0.9170 y 0.6820 segundos para X e Y respectivamente, e implementado el sistema vigacero desde el quinto nivel se redujo a 0.87 y 0.573 segundos para X e Y respectivamente, esto debido a su menor masa, los cuales se consideran adecuados para ambos sistemas; además, se trata de ver que el periodo rotacional en Z no se encuentre en el modo 1, puesto que, esto sería un indicio de irregularidad torsional en la estructura, donde no es el caso para esta investigación.

Pérez (2020), señala que las irregularidades tanto en planta como en altura son perjudiciales para las estructuras ya que afecta de manera directa provocando mayor fuerza sísmica, en algunos casos pudiendo generar torsión y desplazamientos fuera de los desplazamientos admisibles. En las tablas N°19 y 20 se verificó la irregularidad de rigidez – piso blando y rigidez extrema para la dirección XX del sistema convencional y el sistema vigacero; para el caso 1, la norma E.030 nos dice que la rigidez lateral del entrepiso analizado sea menor al 70% de la rigidez del entrepiso superior, para considerarse irregular, entonces se estableció ratios para facilitar el análisis donde la rigidez lateral del entre piso entre la rigidez del entrepiso superior es menor a 0.70 para cumplir con la irregularidad; se tuvo una ratio mínima de 1.118 para el sistema

convencional y 1.1209 para el sistema vigacero; para la dirección YY se obtuvo un ratio mínimo de 1.102 para el sistema convencional y 1.105 en el sistema vigacero, siendo estos valores mayores al 0.70 especificado en la norma. Para el análisis del caso 2, se verificó que el piso analizado sea menor al 80 % de la rigidez promedio de los 3 niveles superiores, para considerarse irregular, entonces se estableció ratios para facilitar el análisis, donde la rigidez del piso analizado entre la rigidez promedio de los 3 niveles superiores sea menor a 0.80; en la tabla N°19, 20, 21 y 22, se observó que no existía irregularidad teniendo como un ratio mínimo de 1.253 para el sistema convencional y 1.260 para el sistema vigacero en la dirección XX y para la dirección YY en el sistema convencional tiene un ratio de 1.221 y para el sistema vigacero un ratio de 1.227.

En la Tabla N°23 y 24 se puede observar la verificación por irregularidad de resistencia – piso débil y extrema para el sistema convencional y sistema vigacero respectivamente, en la dirección XX y la tabla N°25 y 26 para la dirección YY de ambos sistemas; aquí se verificó que la resistencia a la fuerza cortante del piso en cuestión sea menor al 80 % de la resistencia del piso superior, para que se cumpla esta irregularidad, se estableció ratios para facilitar el análisis donde la fuerza cortante del piso analizado entre la fuerza cortante del piso superior sea menor a 0.80 para considerarse irregular; obteniendo como valor mínimo 1.0177 para el sistema convencional y 1.0198 para el sistema vigacero, ambos en la dirección X y en la dirección Y se obtuvo un valor mínimo de 1.0125 para el sistema convencional y 1.014 para el sistema vigacero, siendo estos mayores a la ratio de 0.80 establecido en la norma, por lo que se concluyó que no se tenía irregularidad para ambas direcciones. Aquí también se puede observar cómo las cortantes disminuyeron, respecto al sistema

convencional, en todos los techos con la implementación del sistema vigacero a partir del techo 5.

En la Tabla N° 27 y 28, se obtiene las verificaciones por irregularidad de masa o peso. La norma requiere que la estructura no presente un aumento del 50 % de los pesos de sus pisos adyacentes; en el sistema convencional se obtuvo un aumento máximo del 6 % en el techo 12 con respecto techo 11, y en el sistema vigacero se obtuvo un aumento máximo del 17% en el techo 4 respecto al techo 5 siendo este resultado mayor al anterior, esto sucede por el cambio de losa, el sistema convencional presenta mayor masa en el techo 4, respecto al techo 5, que es donde se implementa el cambio a losa vigacero, logrando disminuir la masa pero sin generar esta irregularidad.

Para la irregularidad geométrica vertical, se trabajó en base a las dimensiones en planta de la estructura que resisten cargas laterales, en la tabla N°29 se muestran los ratios, observando que no se supera el 30% la dimensión en un piso adyacente, según lo requiere la norma.

Anco & Mamani (2020), indican que la irregularidad con mayores perjuicios y que pueden generar daños catastróficos pudiendo llegar al colapso de las edificaciones, es la irregularidad torsional; lo cual para la categoría y zona de edificación no se permite esta irregularidad ni extremas; para el análisis se aplicó el criterio especificado en la norma E.030 donde dice que existirá torsión cuando la deriva máxima de desplazamiento sea mayor a 1.3 el desplazamiento promedio del entrepiso en cuestión, para ello se establecieron ratios por niveles, donde el desplazamiento del piso analizado entre el desplazamiento del centro de masa del mismo nivel no deberían ser mayores a 1.3 para no presentar torsión; de acuerdo a los resultados en la dirección X

de las Tablas N°30 y 31 para sistema convencional y sistema vigacero respectivamente; se pueden observar que la edificación no presenta esta irregularidad obteniendo un ratio máximo de 1.153 para sistema convencional y 1.152 en el sistema vigacero considerado desde el techo 5. Los resultados en la dirección Y se pueden observar en la tabla N° 32 y 33 para sistema convencional y sistema vigacero respectivamente; para el primer sistema se tiene un ratio máximo de 1.142 y para el sistema vigacero es de 1.1090. Al no tener irregularidad torsional tampoco se presentará torsión extrema, ya que su ratio estipulada en la norma para presentar esta irregularidad es de 1.50.

En las Tablas N°34 y 35; se puede observar las verificaciones para las irregularidades de esquinas entrantes y discontinuidad en el diafragma; lo cual para esta edificación no se tiene dichas irregularidades por tratarse de una edificación que mantiene la misma cantidad de ductos en todos los niveles, y no se supera el porcentaje de área ni las dimensiones en ambas direcciones indicados en la norma E.030, manteniendo la simplicidad y simetría en toda la estructura.

Se obtuvo los desplazamientos laterales y distorsiones de entre piso de la edificación también conocido como derivas; para el análisis de resultados se buscó no superar la distorsión máxima permitida para edificaciones de concreto armado según la norma E.030, la cual es 0.007; en la tabla N°36 se observan las distorsiones de entrepiso para el sentido X, a partir del techo 6 se excede el valor permitido con 0.0071 y lo mismo sucede hasta el techo 12, obteniendo como máxima distorsión un valor de 0.0072 para este sentido; al implementar el sistema vigacero desde el techo 5, se logró disminuir las derivas en todos los techos, se puede ver en la tabla N°37 una deriva máxima de 0.00697 en el techo 8, cumpliendo con la norma E.030; en la tabla N°38

se observan las distorsiones de entrepiso para el sentido Y del sistema convencional, obteniendo un valor máximo de 0.0046 en el techo 6, y en la tabla N°39 se obtienen los resultados de la implementación del sistema de losas vigacero a partir del techo 5, consiguiendo un valor máximo de 0.43 en el techo 7, cumpliendo con lo permitido en la norma para el sentido Y; la causa de estos resultados es la propia estructuración de la edificación, se tiene mayor presencia de placas en el sentido Y, rigidizando así la estructura en ese sentido, y con menor proporción en el sentido X, donde claramente falta rigidizar para cumplir con lo permitido, sin embargo al aplicar el sistema de losa vigacero a partir del techo 5, convirtiendo a la edificación en un sistema de losas mixto; se pudo disminuir así las derivas, llegando a cumplir con la norma.

Cabe recalcar que no se realizó el análisis por discontinuidad de los sistemas resistentes debido a que no se observa significativas variaciones de los elementos estructurales en desalineamiento, ángulo, dimensión o forma; tampoco se realizó el análisis de sistema no paralelos, debido a que los ejes de análisis son paralelos entre sí y esto debido a la forma del terreno el cual es de dimensiones regulares.

4.1.6. Comparación de antecedentes con los resultados

En la investigación de Rojas & Riveros (2020); denominada "Evaluación estructural de edificios de uso multifamiliar diseñados con la norma sismorresistentes E.030 1977 utilizando la norma E.030 2016" se contempla una comparación entre la normativa de 1977 y del 2016; por lo que se concluye que los criterios para realizar el análisis es el mismo, solo que se toman factores distintos, donde la deriva máxima permisible es del 1/1000 para la norma de 1977 y para la del 2016 es 7/1000. Uno de sus resultados más resaltantes fue la consideración de la fisuración de los elementos estructurales para el análisis de derivas, donde se ve ampliamente afectado en sus resultados aumentando sus valores de distorsión, el valor más bajo de deriva sin fisuración en su análisis es de 0.001 y el más alto 0.008, y para derivas con fisuración el valor más bajo es de 0.001 y el más alto de 0.01, esto claramente sobrepasa los límites permitidos por la norma; en este caso se tiene como deriva más desfavorable un valor de 0.0072, que al considerar alguna fisuración puede incrementarse considerablemente, aumentando el riesgo de colapso de la edificación ante un sismo.

Gamboa & Otiniano (2020), en su investigación denominada "Desempeño sísmico de un edificio multifamiliar de 5 niveles con sistema constructivo EMMEDUE, Trujillo - 2020", determinan que las fuerzas sísmicas para este sistema constructivo son mucho menores por ser menos pesados que una construcción convencional, sin embargo en sus resultados se encontró que tiene un desplazamiento inelástico de 20 cm en el último nivel del edificio, en comparación a los resultado obtenidos en la presente tesis, se tiene un desplazamiento de 19.59 cm en el último nivel. Esto deja en evidencia, que, a pesar de no cumplir con las derivas máximas, un sistema constructivo, de placas, columnas, muros, losas y vigas son mucho más rígidos

que el sistema constructivo EMMEDUE que está hecho a base de muros de poliestireno con mallas electrosoldadas.

Condori (2014); señala en su tesis titulado "Comparación del comportamiento sísmico lineal y no-lineal, en el análisis y diseño estructural de un edificio alto, con disipadores de energía e interacción suelo-estructura", que los desplazamientos son mayores cuando se aplica un análisis interacción suelo estructura, dentro de sus resultados cumple con sus desplazamientos para un análisis sísmico modal espectral, pero aplicando la influencia del suelo se ven aumentados, donde se sobrepasaba los límites permitidos; por lo que, se tuvo que recurrir al uso de disipadores sísmicos para poder reducir sus desplazamientos y se determinó que estos disminuyen en un 40%. En esta investigación se tiene un modelo empotrado analizado mediante una dinámica modal espectral, que no cumple con las distorsiones permitidas, que en contraste con esta edificación alta y muy similar también se podría usar disipadores de energía se puede reducir sus desplazamientos hasta en un 40%.

Avendaño (2016); en su tesis titulada "Análisis sismorresistente de un edificio de cinco niveles ubicado en la comunidad de Tomé" obtiene resultados muy comparables a esta investigación, sus desplazamientos en el eje Y son mayores respecto al eje X, y menciona que esto es debido a la rigidez del eje X, donde presenta mayores elementos resistentes a sismos como placas y columnas con mayor dimensión en el sentido en cuestión, esto también se vio reflejado en sus modos de vibración en el edificio, para el caso de esta investigación, la mayor cantidad de placas se presentaron el sentido Y, a tal grado que las distorsiones en el sentido X no cumplen por la falta de rigidez, algo razonable para las dos investigaciones presentadas.

Arana (2019), en su tesis "Comparación del comportamiento estructural de un edificio de concreto armado usando la normativa peruana, chilena y ecuatoriana" realiza un análisis del comportamiento entre normativas sudamericanas, uno de sus hallazgos más resaltantes, es la rigurosidad de la normativa chilena, a tal grado de no cumplir con las distorsiones permitidas a diferencia de la norma peruana donde se permite distorsiones máximas de 0.007, se observó en la tabla 89 una distorsión máxima de 0.0034 en el sentido X, y 0.0058 en el sentido Y, de igual forma se observó la mayor rigidez en el sentido X.

Huaripata & Torres (2020), en su investigación "Análisis comparativos de la respuesta sísmica de una edificación esencial y otra común utilizando espectros de sitio y análisis dinámico modela espectral según normas sudamericanas", determinaron los efectos de un espectro de sitio en comparación a los resultados de un análisis modal espectral de la norma E.030 y NCH433, donde se vio que los efectos para un espectro de sitio generan un menor impacto en la edificación esencial, pero sucede lo contrario en la edificación común. En comparación con esta investigación se pudo observar que la norma chilena, sigue siendo más rigurosa con sus límites permitidos, este antecedente, en el análisis de Arequipa 2001 obtiene una deriva de 0.0069 en el eje X, la cual no cumple con la norma chilena, pero si para la peruana, en el caso de esta investigación si se aplica otra norma sudamericana, se tendría que rigidizar mucho más la edificación para cumplir con lo permitido.

Ruiz (2020), en su investigación "Reducción del peso de un edificio multifamiliar de 12 pisos y 2 sótanos, utilizando concreto $f'_c=280\text{kg/cm}^2$, convencional, con aditivo sika lightcrete pe y remplazando la losa convencional por la losa vigacero, Trujillo – 2020", determinó que con la aplicación del sistema losa

vigacero disminuyes fuerzas sísmicas, masa de la edificación, periodos y el presupuesto, pero en el caso de las derivas no aumentó, ni disminuyó; siendo este resultado, discutible. En el caso de esta investigación se implementó el sistema de losa vigacero a partir del techo 5 logrando reducir su masa total en 200 toneladas, con esto también se disminuyó las derivas de la edificación, lo cual es totalmente lógico, puesto que, la cortante basal que genera el sismo sobre la edificación está relacionada a la masa sísmica de la estructura, la cual, al disminuir se obtendrá menores valores en el desplazamiento de la estructura ante eventos sísmicos.

4.1.7. Limitaciones de la investigación

En esta investigación se tuvo limitaciones en la búsqueda de planos estructurales para edificaciones de 5 o más pisos; ya que, en la mayoría de edificaciones, no se lograba tener comunicación con el dueño para que pueda proporcionar los planos; por otro lado, las empresas inmobiliarias o constructoras indicaban que los planos eran confidenciales, en otros casos había edificaciones que no contaban con sus planos estructurales completos; ya que, eran autoconstrucciones y pertenecientes al informalismo. Esto repercutió en el tiempo para poder realizar los resultados de la tesis.

El sistema de losa vigacero es un nuevo tipo de losa que se está implementado dentro del mercado, por lo que se tuvo desconocimiento y dificultades en el modelamiento de la losa en el software, puesto que la sección no está considerada dentro del catálogo de secciones que ofrece el programa, por esto se recurrió al ingeniero Juan Manuel Urteaga García que había dictado capacitaciones en el colegio de arquitectos

e ingenieros en el Perú sobre el comportamiento estructural de edificios con el sistema vigacero.

4.1.8. Implicancias de la investigación

El presente trabajo de investigación tuvo como implicancia la aplicación de la norma E.030 "Diseño Sismorresistente", para identificar los parámetros de diseño con el fin determinar comportamiento estructural de una edificación; en el caso de las derivas con el sistema de losas convencional se observó que las deriva en la dirección XX no cumplía con lo establecido, a diferencia del sistema vigacero que encuentran dentro de lo permisible. De la misma forma, para evaluar las irregularidades tanto en planta como altura implicaba conocer los criterios estipulados en la norma E.030, específicamente en las tablas N°08 y 09. Para el sistema vigacero, se implicó capacitarse y leer el manual técnico "Instalación de techo aligerado con viguetas prefabricadas de acero" para conocer las propiedades de los materiales y secciones de losa vigacero.

4.1.9. Resumen de los hallazgos encontrados

Finalmente, se identificó una serie de hallazgos, que en resumen tratan de mostrar alternativas de solución para estructuras que no cumplen con los requerimientos mínimos sismorresistentes, entre ellos se tuvo a una edificación ubicada en un entorno altamente sísmico, cuyo análisis se consideró la interacción suelo estructura, como resultado se obtuvo distorsiones fuera de los límites permitidos, es por ello que se implementó el uso de disipadores sísmicos, donde quedó demostrado que sus distorsiones disminuyen en un 40%. Por otro lado, existen estructuras que, a pesar de presentar fisuras o grietas en sus elementos resistentes, tiene un correcto

comportamiento y esto en mayor énfasis de debe a su regularidad en planta y altura, este aporte también se pudo confirmar en la investigación de Avendaño (2016), donde se analizó dos edificaciones unidas por una viga, generando así un diafragma discontinuo irregular, resultado de ello, se reflejó en sus distorsiones, las cuales se incrementaron en gran manera.

4.2. Conclusiones

4.2.1. Conclusión General

El comportamiento estructural de una edificación común de concreto armado de 12 niveles, mediante el análisis dinámico modal espectral, en el sector El Molino, Trujillo 2022, resulta ineficiente ello a razón de que, en el diseño sismorresistente no se respeta la deriva máxima permitida a pesar de que la edificación es regular.

4.2.2. Conclusión Especifica 1

El modelamiento y análisis sísmico modal espectral de una edificación común de concreto armado de 12 niveles, en el sector El Molino, Trujillo 2022, se ha realizado dentro de lo esperado en cuanto a sus periodos, fuerza sísmica y a su masa participativa los que son fundamentales para dar un resultado más confiable.

4.2.3. Conclusión Especifica 2

La aplicación de la Norma E030 del RNE respecto a las fuerzas internas, derivas de entrepiso y periodos de vibración de una edificación común de concreto armado de 12 niveles no se cumple a nivel de las derivas máxima permisibles por la norma, así como la falta de fiscalización para el cumplimiento estricto de la norma por parte de las autoridades del Estado.

4.2.4. Conclusión Especifica 3

En el análisis del comportamiento estructural, de una edificación común de concreto armado de 12 niveles, con el sistema convencional de losas y la implementación del sistema aligerado de vigacero, en el sector El Molino, Trujillo 2022 se ha evidenciado que, tanto derivas, peso y fuerzas sísmicas, disminuyeron en

el sistema de Vigacero mejorando con ello el comportamiento sismorresistente lo que no ocurre con el sistema convencional garantizando así la seguridad para los ocupantes del inmueble.

RECOMENDACIONES

En la presenta investigación se realizó un análisis dinámico modal espectral según la norma E.030 de diseño sismorresistente, considerando que la estructura se encuentra en óptimas condiciones, sin embargo, cuando se realiza la evaluación de una edificación ya existente, se encuentra que ciertos elementos estructurales presentan desperfectos que pueden afectar gravemente al comportamiento de la estructura, por lo tanto, se recomienda al ministerio de vivienda, construcción y saneamiento que se considere dentro de la normativa, las formas de evaluar edificaciones con estructuras deterioradas, agrietadas o deficientes.

Se recomienda a los profesionales estructuralistas que puedan aplicar evaluaciones del comportamiento de edificaciones con interacción suelo-estructura, con el propósito de obtener resultados más completos considerando todos los factores que puedan afectar a la estructura.

Es recomendable el uso del sistema vigacero considerando que, al reducir la masa de la edificación mejora el comportamiento ante las fuerzas sísmicas, además resulta de fácil instalación lo cual reduce el tiempo de ejecución, el que, en casos de las personas que construyen con financiamiento se vean beneficiados con la disminución del costo financiero, asimismo reduce el costo de la mano de obra porque la cantidad de personal de construcción también se ve reducido.

Se recomienda al Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento fomente el uso de sistema vigacero para mejorar el comportamiento estructural en las futuras edificaciones, para ello es necesario que se fomente su uso con la implementación de

capacitaciones para los profesionales de la construcción y campañas por parte de INDECI en zonas de alto riesgo ante eventuales movimientos telúricos.

Se recomienda a los profesionales encargados de estructurar edificaciones, buscar simetría, rigidez y ductilidad, siempre cumpliendo con las distorsiones mínimas y evitando irregularidades, diseñando un proyecto óptimo que sea entendible para su ejecución y construible económicamente, ya que no se trata de estructurar un edificio de tal forma que cumpla con todos los criterios de diseño pero que finalmente sobrepase en gran manera el presupuesto referencial. Siempre buscar un diseño óptimo.

Finalmente, es recomendable para futuras investigaciones que se implementen tecnologías constructivas que siempre aseguren la integridad de sus eventuales habitantes, siempre se van descubriendo procesos y sistemas que tienen mejores comportamientos como en la actualidad lo representa el sistema vigacero.

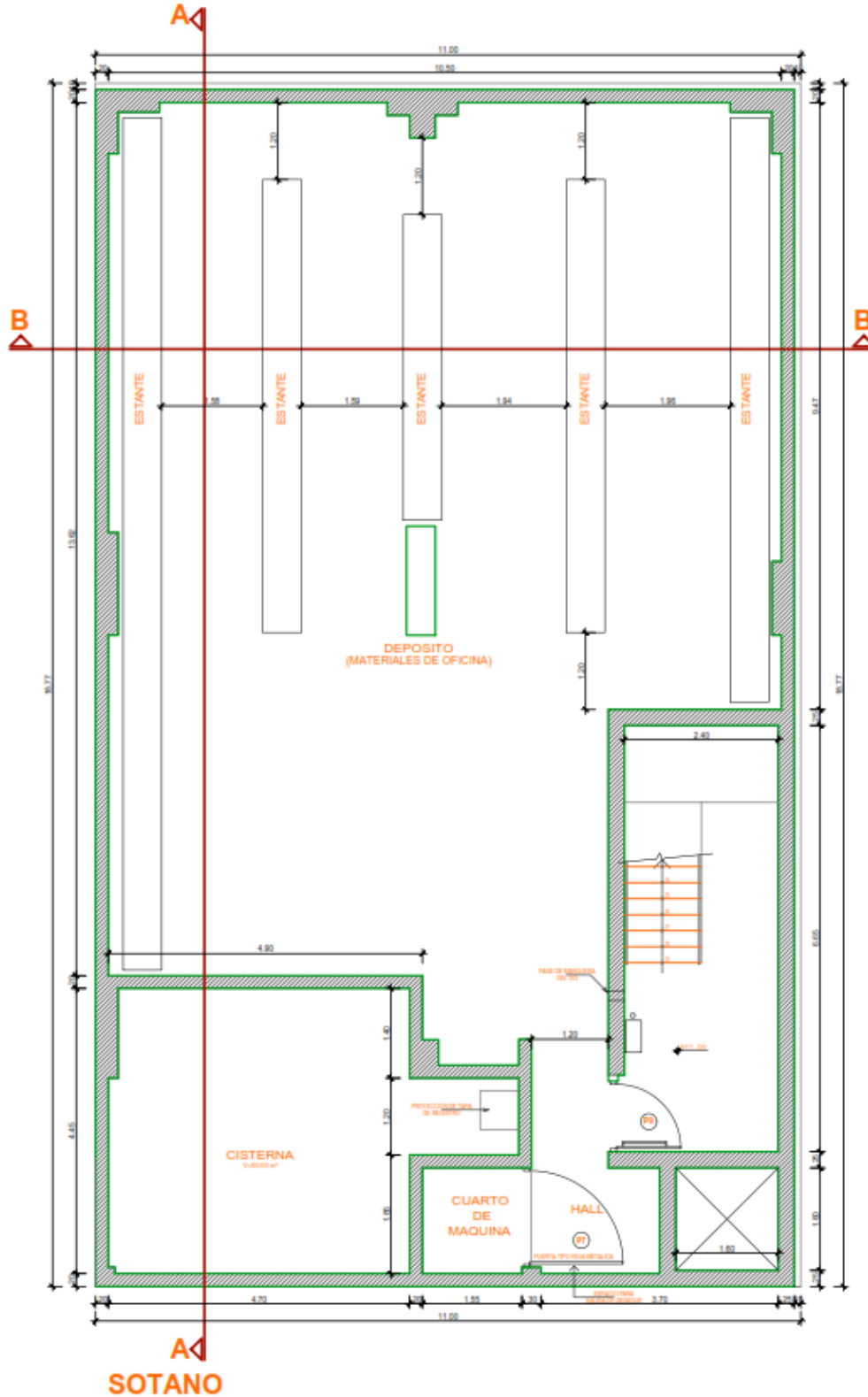
REFERENCIAS

- Arana Quijada, C. A. (2019). *COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO ARMADO USANDO LA NORMATIVA PERUANA, CHILENA Y ECUATORIANA*. <https://hdl.handle.net/11537/23575>
- Avendaño Medina, J. E. (2016). *ANÁLISIS SISMORRESISTENTE DE UN EDIFICIO DE CINCO NIVELES UBICADO EN LA COMUNA DE TOMÉ*. <http://repositoriodigital.ucsc.cl/handle/25022009/1037>
- BLACIO VIDAL , A. G. (2016). *ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL, EXISTENTE DE HORMIGÓN ARMADO SISMORRESISTENTE, EN EL CANTON PASAJE*. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/7897>
- Condori Uchiri, G. V. (2014). *Comparación del comportamiento sísmico lineal y no-lineal, en el análisis y diseño estructural de un edificio alto, con disipadores de energía e interacción suelo-estructura*. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCSM_4ec3cea701db3870425f549608e3be87
- Gamboa Reyes, R. J., & Otiniano Matos, M. D. (2022). *Desempeño sísmico de un edificio multifamiliar de 5 niveles con sistema constructivo EMMEDUE, Trujillo – 2020*. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/30464>
- Herrera, R. I., Vielma, J. C., & Martínez, Y. (2012). *Evaluación del comportamiento sismorresistente y diseño óptimo de un edificio existente de concreto armado de baja altura*. *Revista Ingeniería UC*, 19(3), 52-65.
- Huaripata Escobal, F. R., & Torres Mera, J. F. (15 de febrero de 2020). *Análisis comparativo de la respuesta sísmica de una edificación esencial y otra común utilizando espectros de sitio y análisis dinámico modal espectral según normas sudamericanas*. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/651548>
- Luévanos Rojas, A. (2011). *Análisis de dos modelos por el método dinámico para el diseño sísmico de edificios*. México: *Revista de Arquitectura e Ingeniería*.
- Martínez Ríos, M. d., & Granados González, J. (2012). *Comportamiento estructural de las edificaciones históricas en el sismo del 11 de mayo de 2011 de Lorca*. Alberca 11.
- Morales Gubio, L. W., Santamaría Carrera, J. L., Caicedo Barona, W., & Tipán Quinatoa, E. (2018). *Hormigón estructural de baja densidad para edificaciones*. Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemática, Carrera de Ingeniería Civil, Quito, Ecuador.
- Paredes Morales, J. (2015). *Nivel de riesgo sísmico en la I. E. San Marcos provincia San Marcos – 2014*. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/6661>
- Pereda Rondon, C. P. (2020). *PLAN ESTRATÉGICO PARA LA CREACIÓN DE UNA GESTORA DE COOPERATIVA DE VIVIENDAS EN PERÚ*. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/169374/Pereda%20->

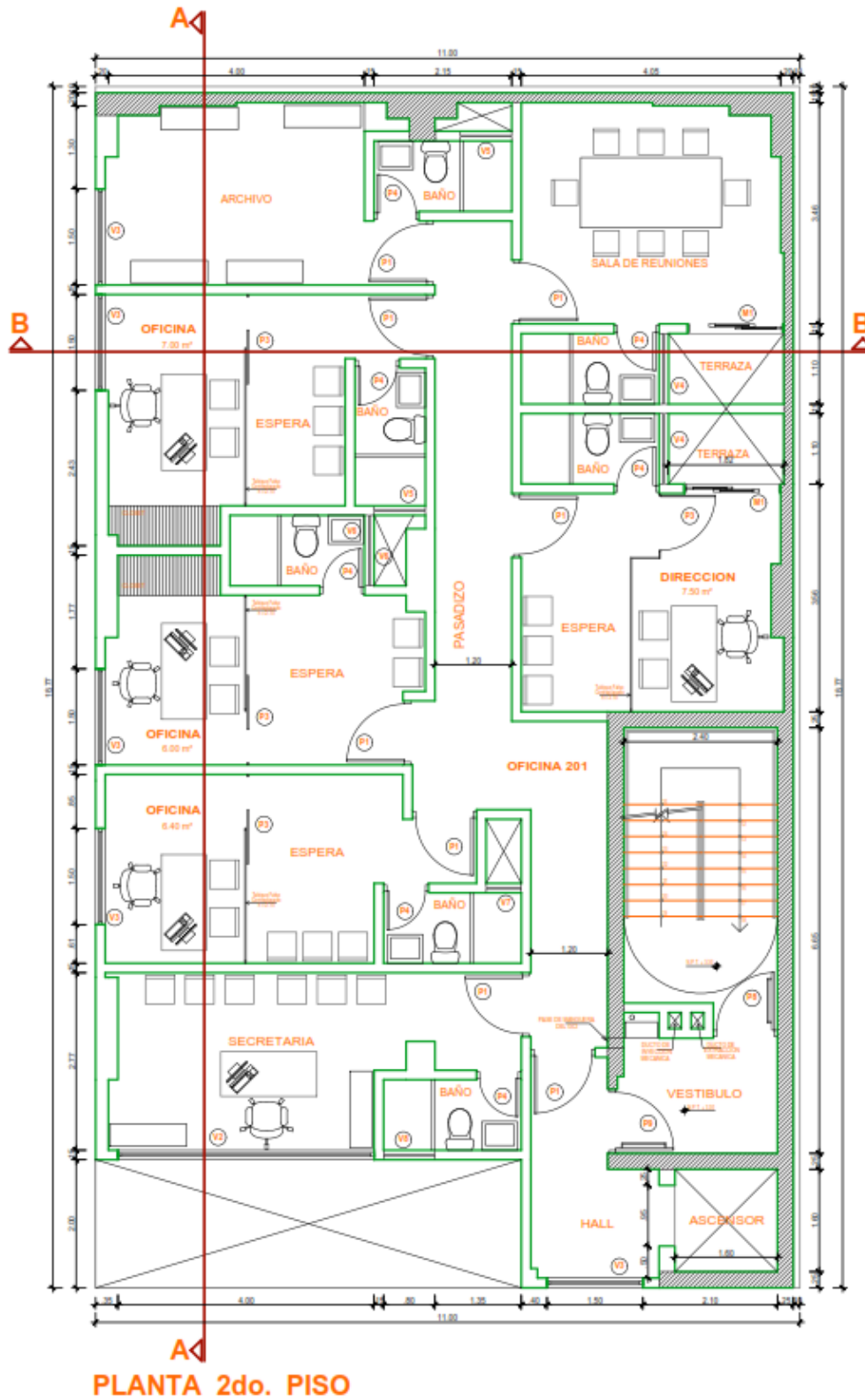
- %20Plan%20estrat%C3%A9gico%20para%20la%20creac%C3%B3n%20de%20una%20gestora%20de%20cooperativas%20de%20vendas%20en%20Per%C3%BA..pdf?sequence=1
- Pujol, S., & Rodríguez, M. (2019). *Evaluación del comportamiento de muros no estructurales en edificios de la Ciudad de México en el terremoto del 19 de septiembre 2017*. Revista de Ingeniería Sísmica No. 101, 53-66 (2019). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61864056004>
- Quinde Martínez, P., & Reinoso Angulo, E. (2016). *Estudio de peligro sísmico de Ecuador y Propuesta de Espectros de diseño para la ciudad de Cuenca*. Revista Ingeniería Sísmica No. 94 1-26.
- Ramirez Villalva, J. S., & Sánchez Obregón, J. (2015). *Comportamiento Estructural de Edificaciones medianas irregulares de Sistema Dual, aplicando la Norma E.030 del 2006 y el proyecto de norma 2014 en Lima Metropolitana*. <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/2002>
- Rojas Barco, E. J., & Riveros Rodriguez, M. C. (2020). *Evaluación estructural de edificios de uso multifamiliar diseñados con la norma sismorresistente E.030 1977 utilizando la norma E.030 2016*. <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/INGENIO/article/view/1704/2077>
- Ruiz Barahona, R. C. (2020). *Reducción del peso de un edificio multifamiliar de 12 pisos y 2 sótanos, utilizando concreto $f'c=280\text{kg/cm}^2$, convencional, con aditivo sika lightcrete pe y remplazando la losa convencional por la losa vigacero, Trujillo – 2020*. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/26470>
- Salinas Basualdo, R. (2012). *Fundamentos del Análisis Dinámico de Estructuras*. CISMID-FIC-UNI.
- Zúñiga Cuevas, O., & Terán Gilmore, A. (2012). *Control de aceleraciones de entrepiso para sistemas estructurales con aislamiento sísmico de base*. Ingeniería Sísmica.

ANEXOS

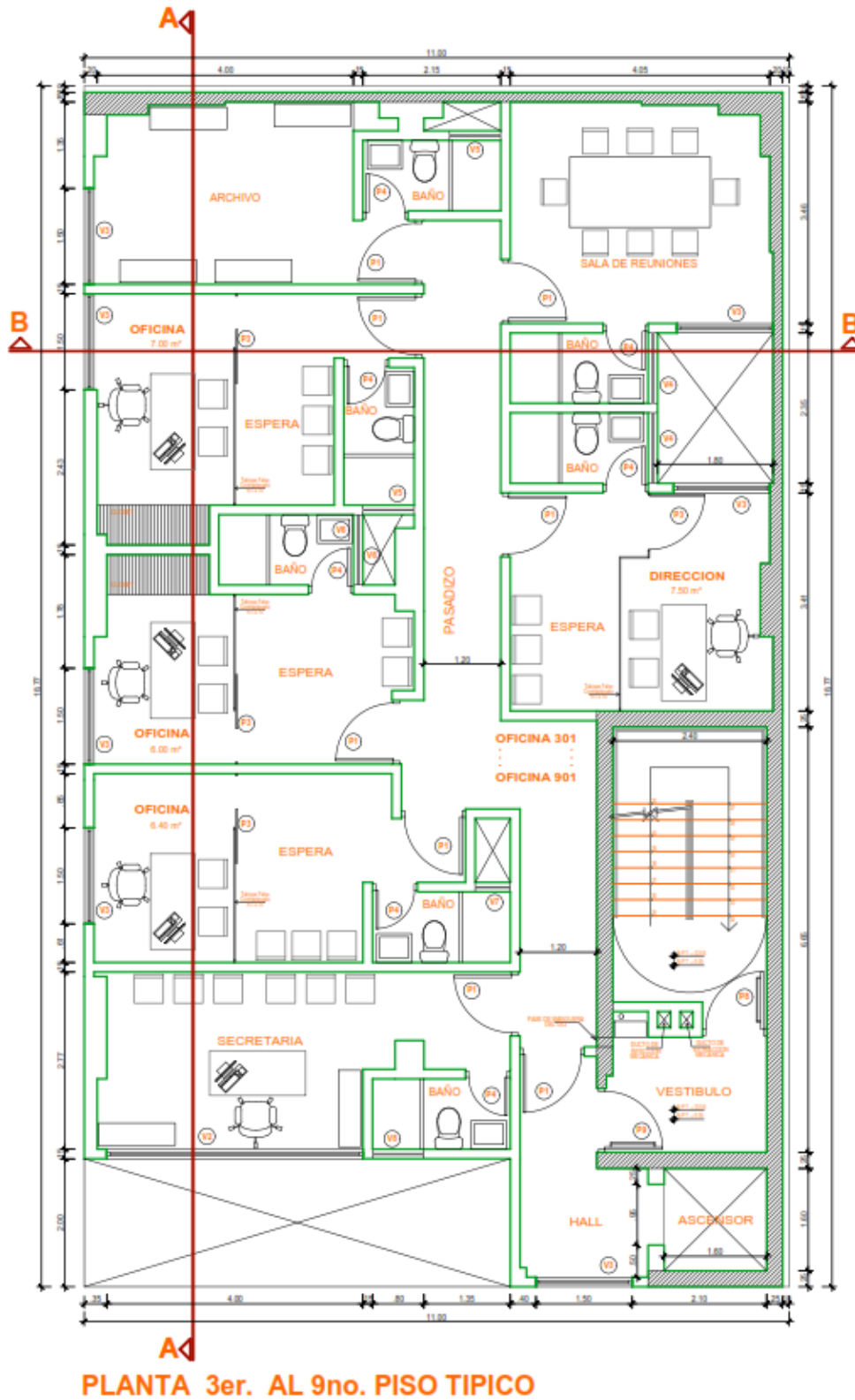
ANEXO N°1. Plano de distribución del sótano.



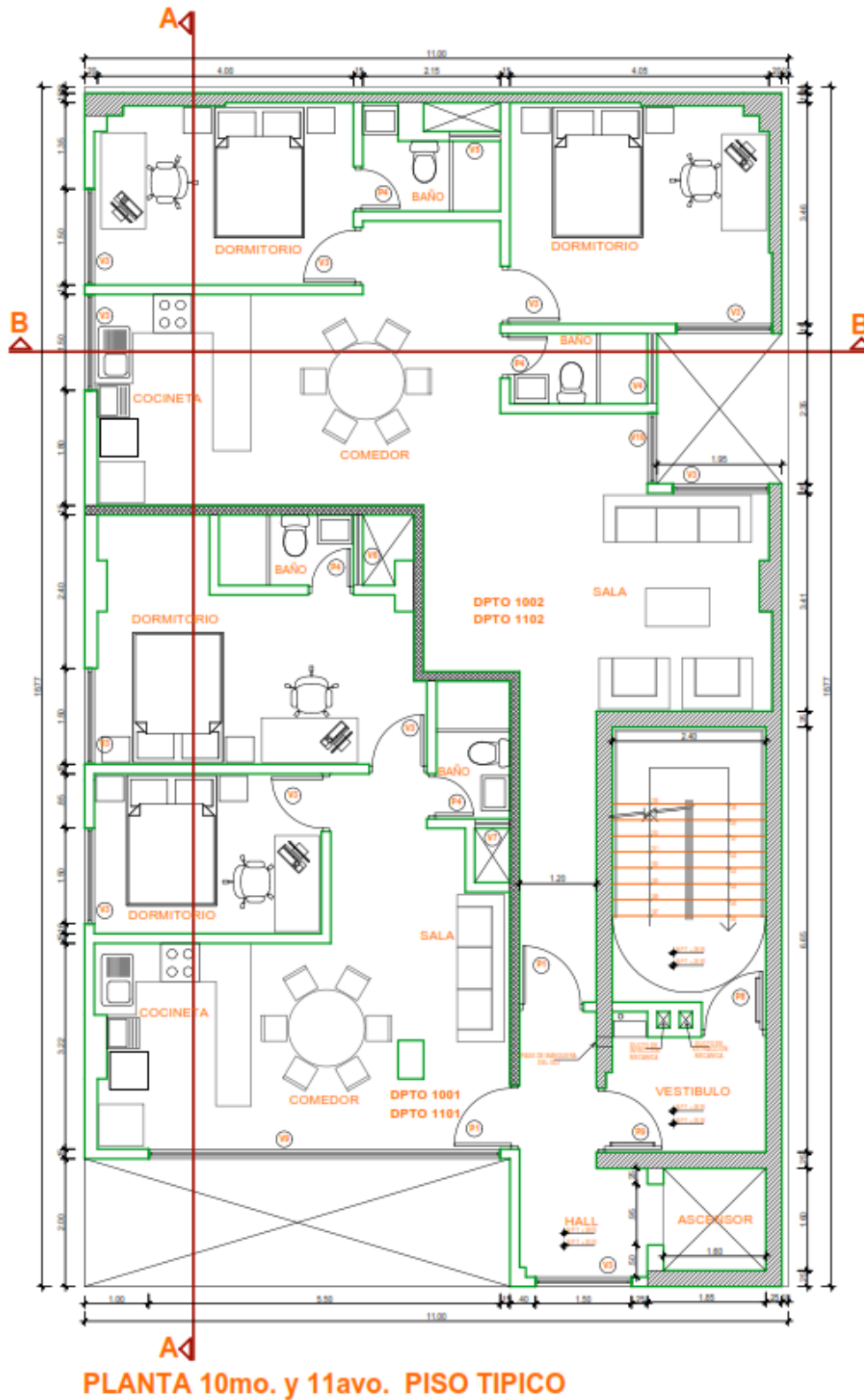
ANEXO N°3. Plano de distribución del 2do piso.



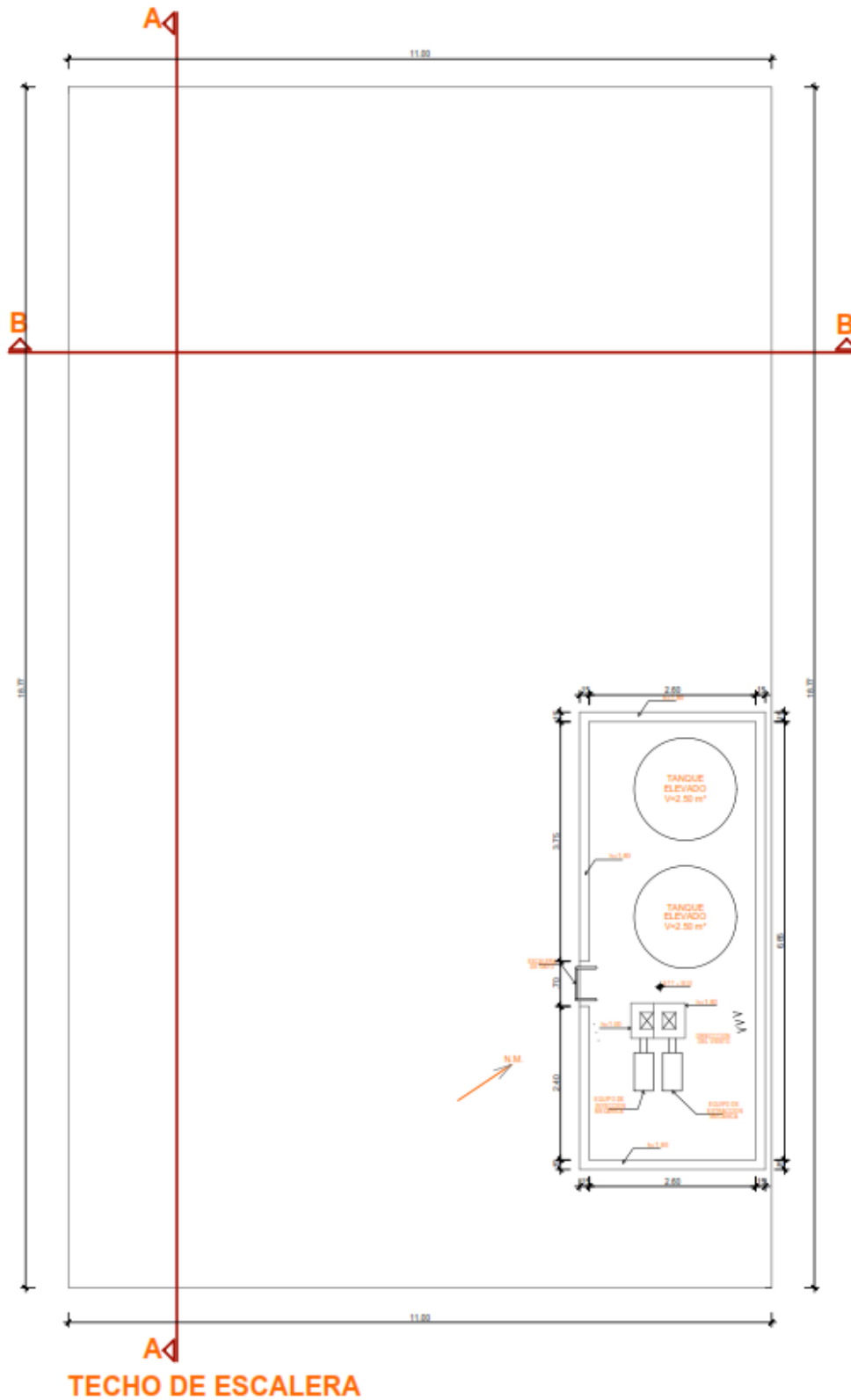
ANEXO N°4. Plano de distribución del 3er al 9no piso.



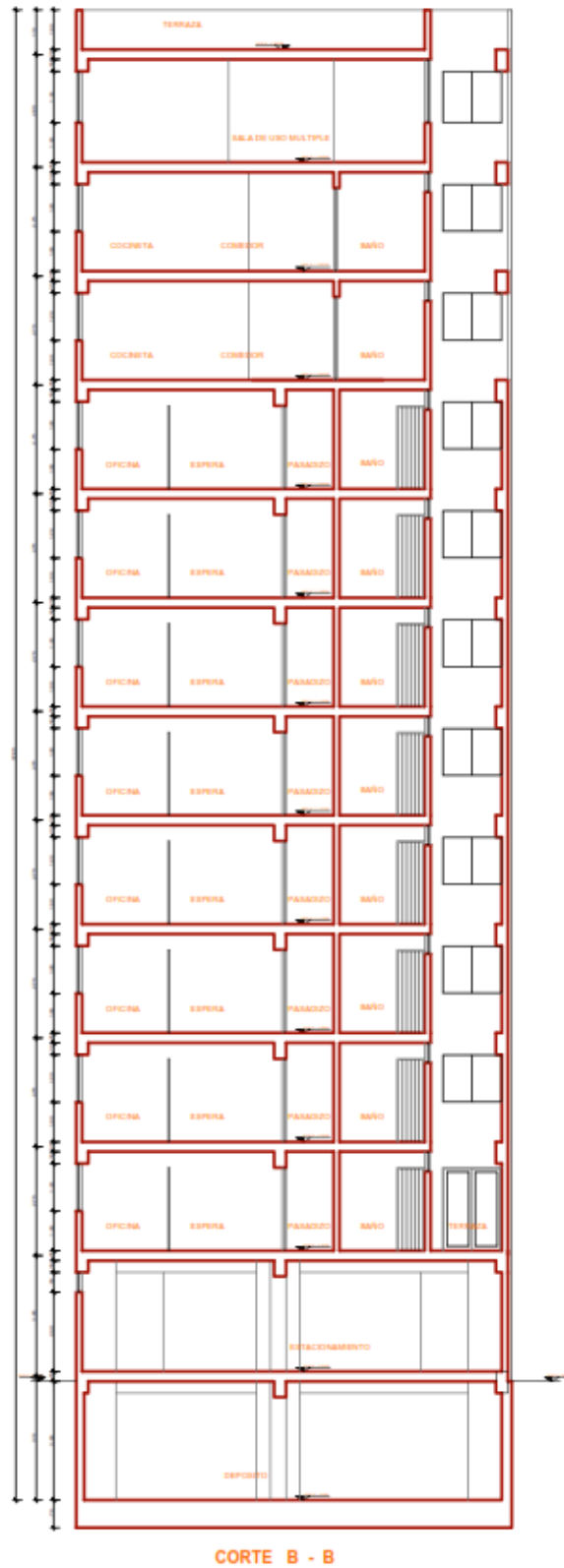
ANEXO N°5. Plano de distribución del 10mo y 11avo piso.



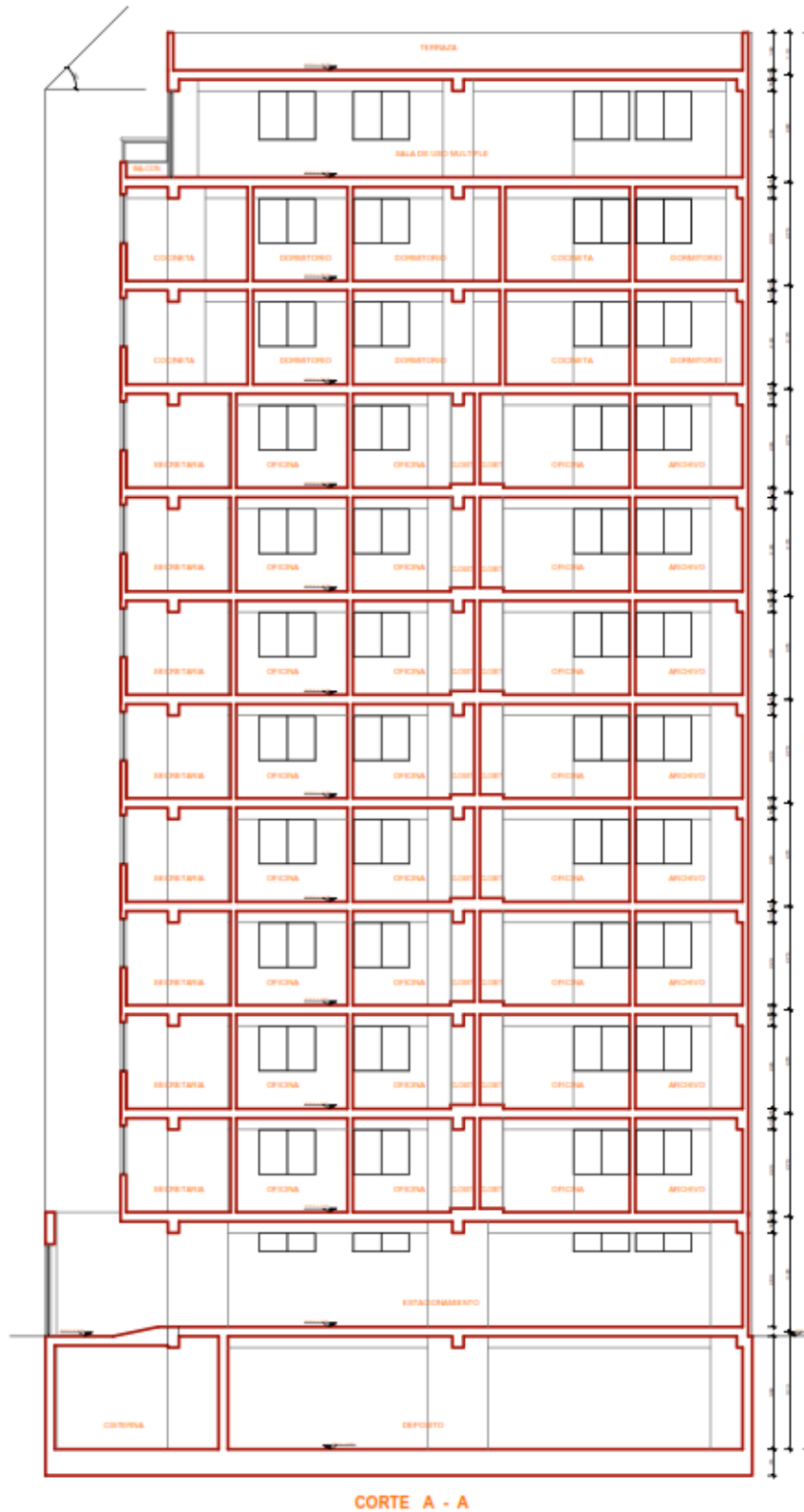
ANEXO N°8. Plano de techo de escalera.



ANEXO N°9. Plano de Corte B-B



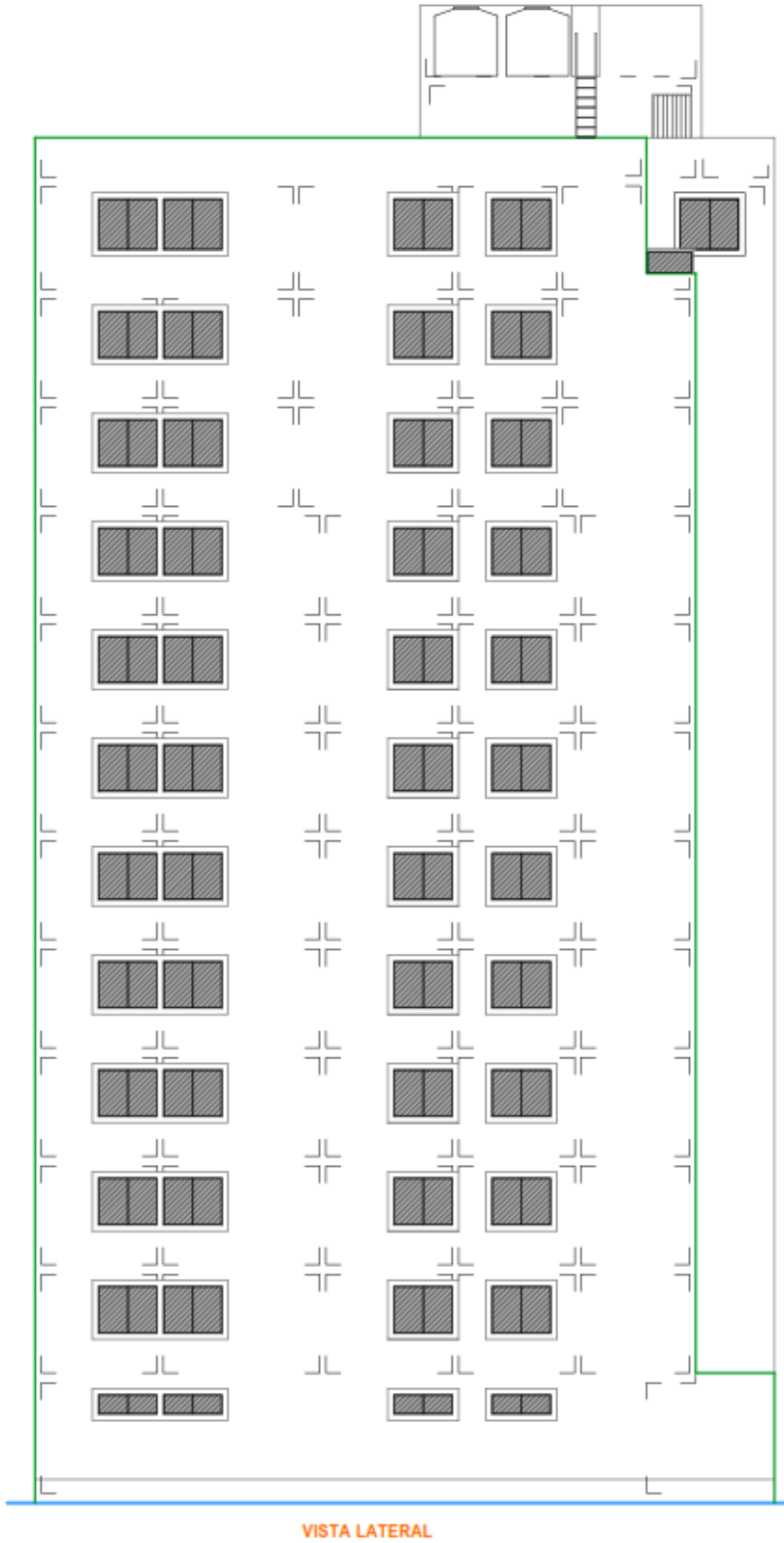
ANEXO N°10. Plano de corte A-A.



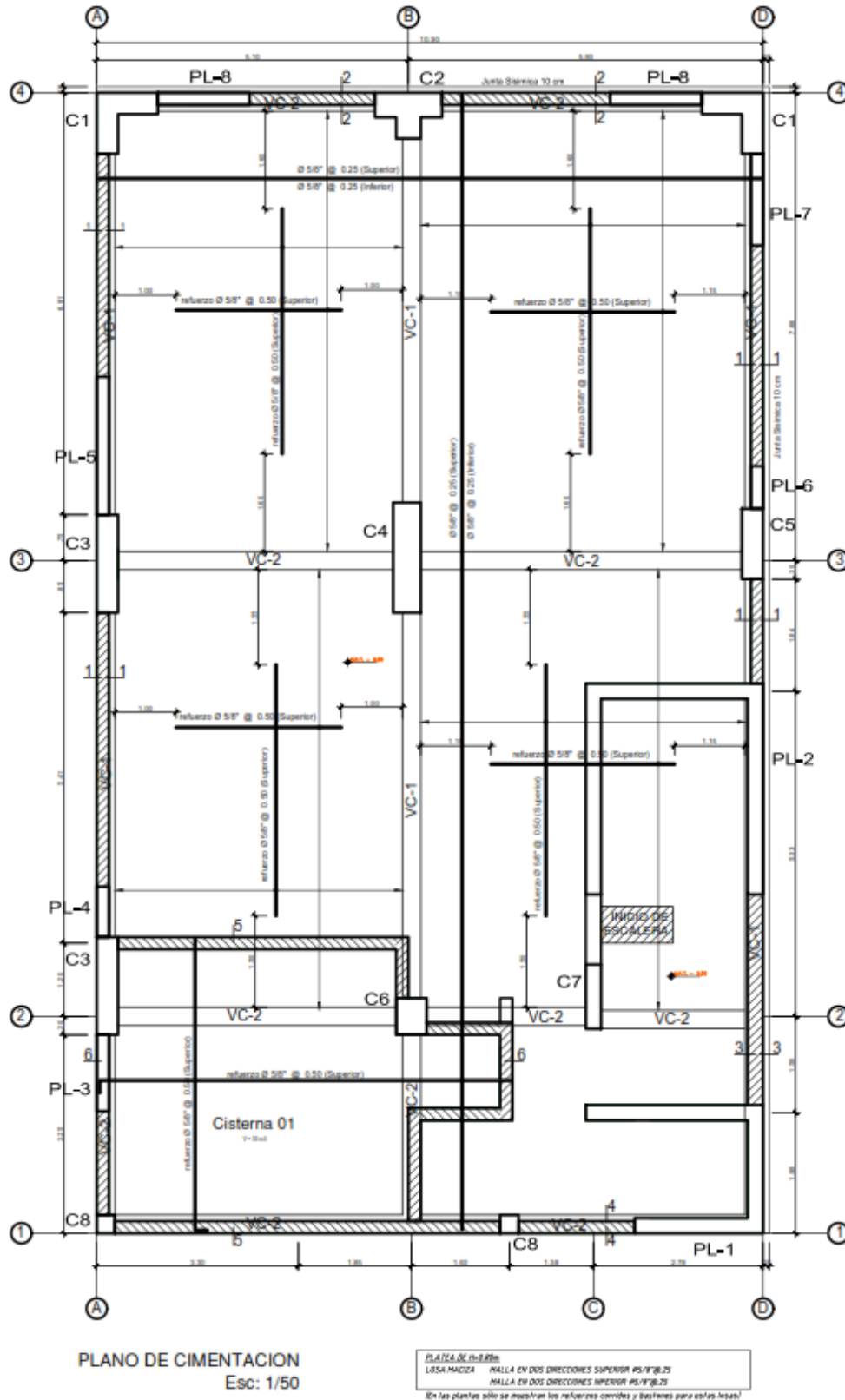
ANEXO N° 11. Vista frontal.



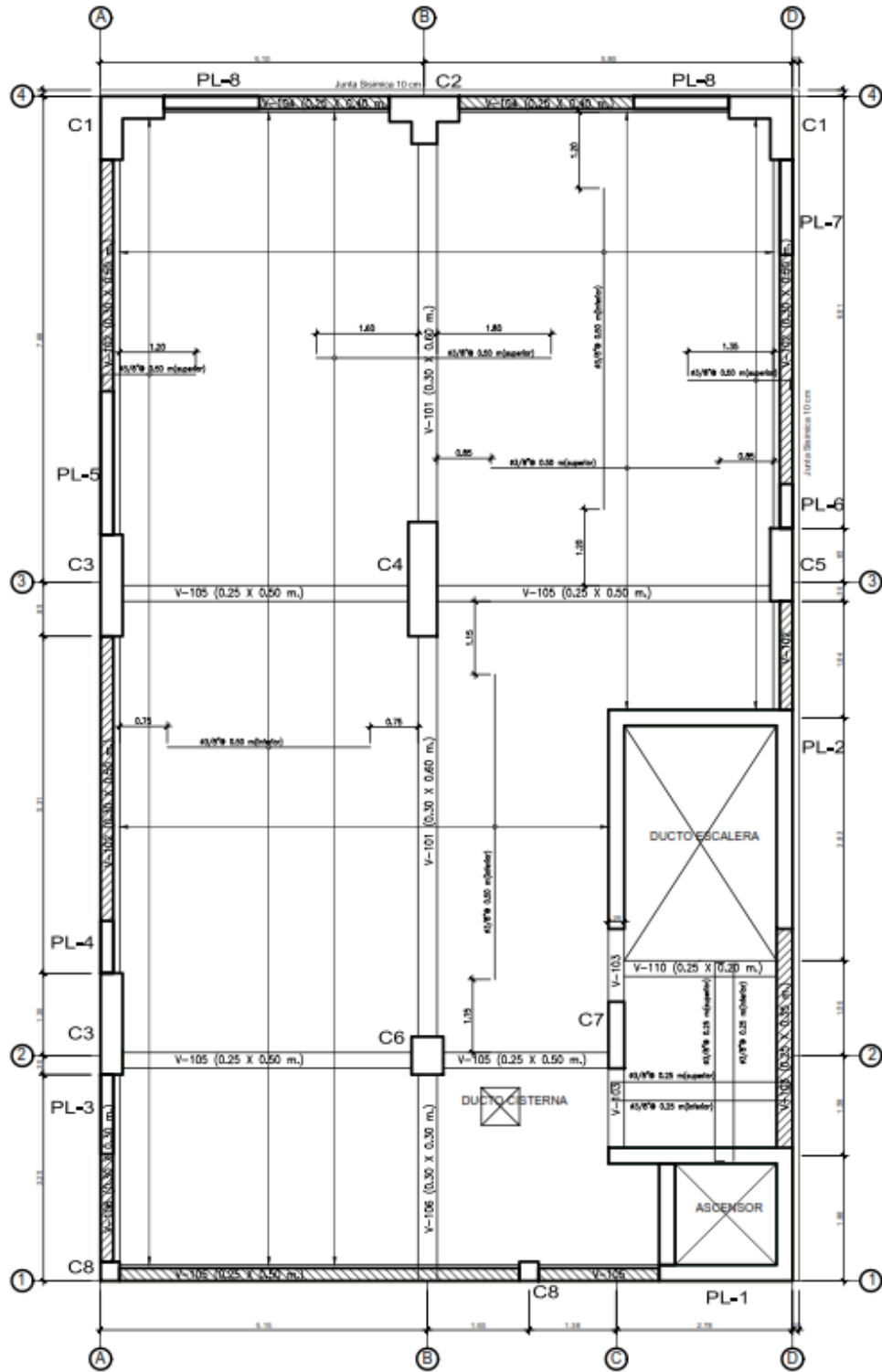
ANEXO N°12. Vista Lateral.



ANEXO N°13. Plano de cimentación.



ANEXO N°14. Plano de losa maciza de sótano.



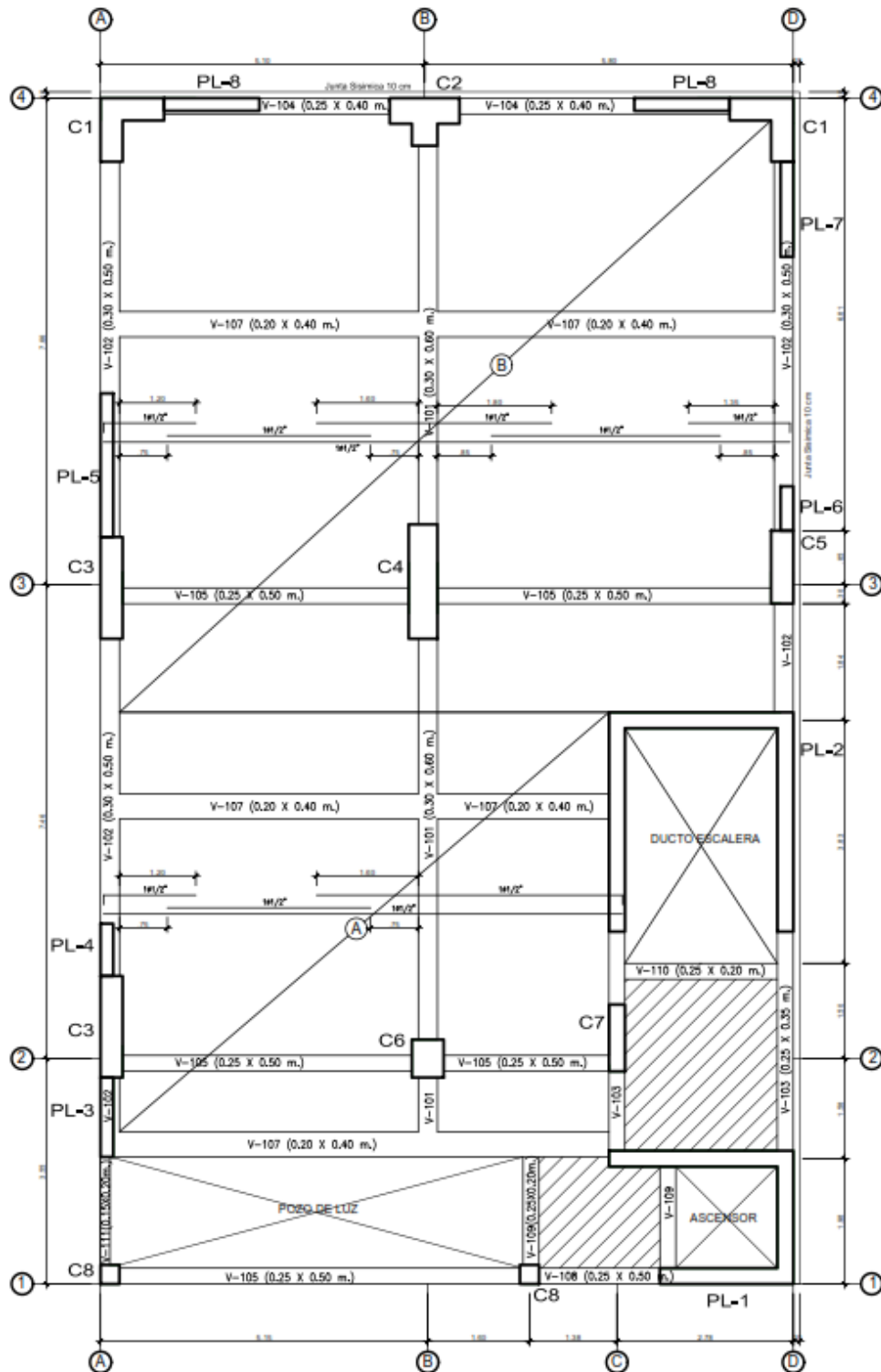
LOSA MACIZA SÓTANO

Esc: 1/50

ALIGERADO $\phi=0.20$ m
SOBRECARGA: 250 Kg/m²

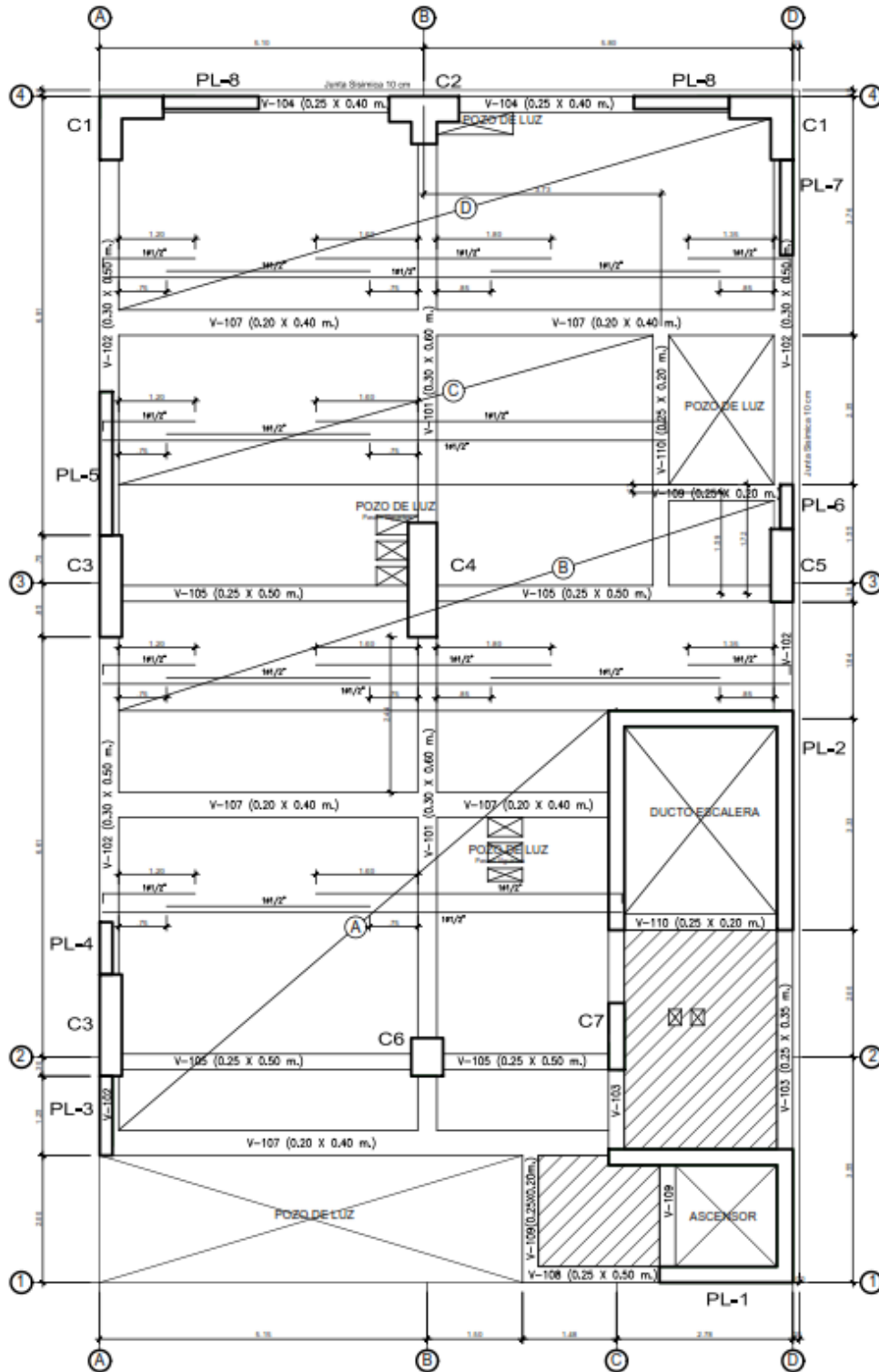
LOSA DE 110x20cm
LOSA MACIZA: MALLA EN DOS DIRECCIONES SUPERIOR Ø3Ø/25
MALLA EN DOS DIRECCIONES INFERIOR Ø3Ø/25
(En las plantas sólo se muestran las refuerzos corridos y bastones para estas losas)

ANEXO N°15. Plano de aligerado del 1er piso.



ALIGERADO 1° PISO
Esc: 1/50
ALIGERADO e=0.20 m
SOBRECARGA: 200 Kg/m²

ANEXO N°16. Plano de aligerado del 2do al 4to piso.

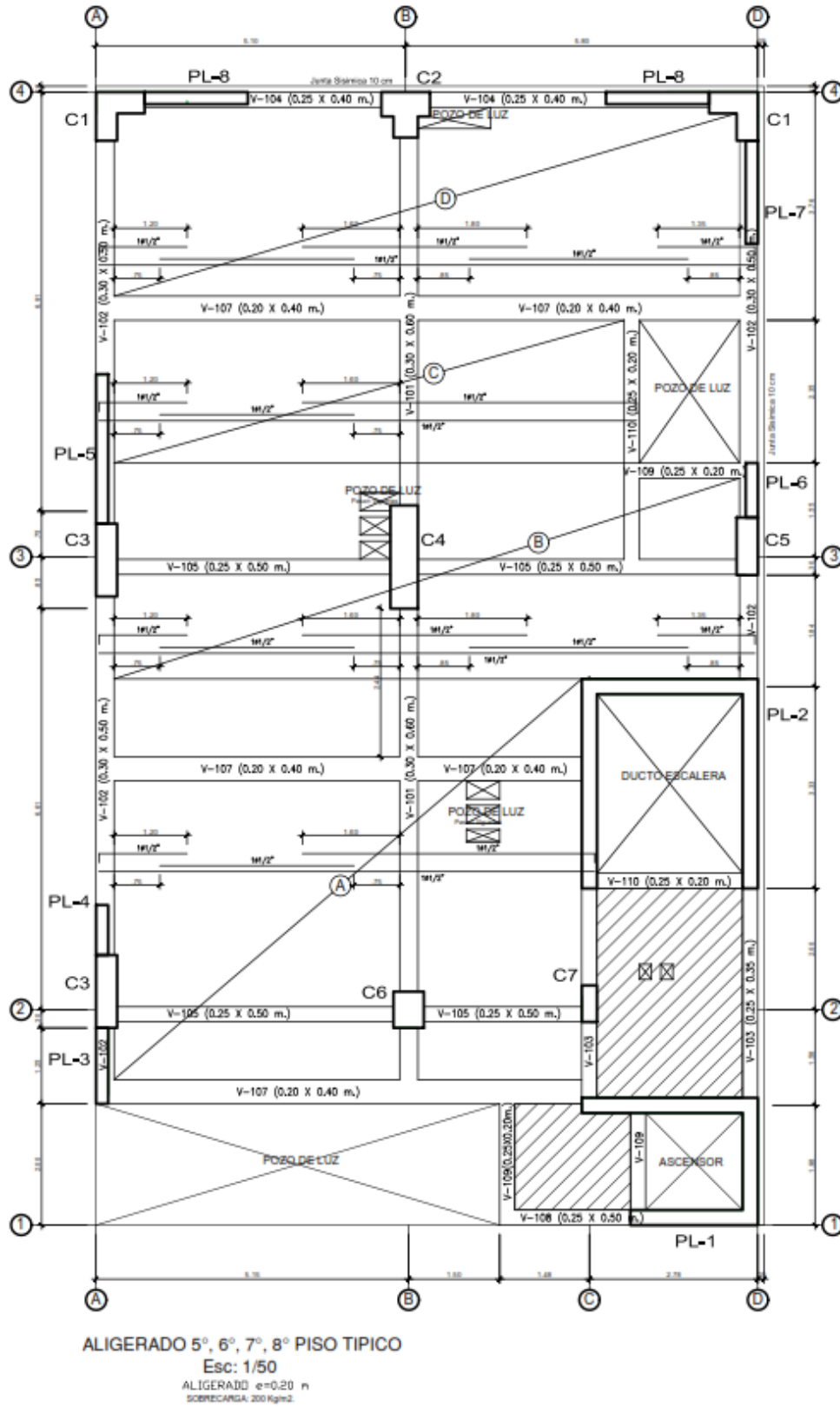


ALIGERADO 2°, 3°, 4° PISO TÍPICO

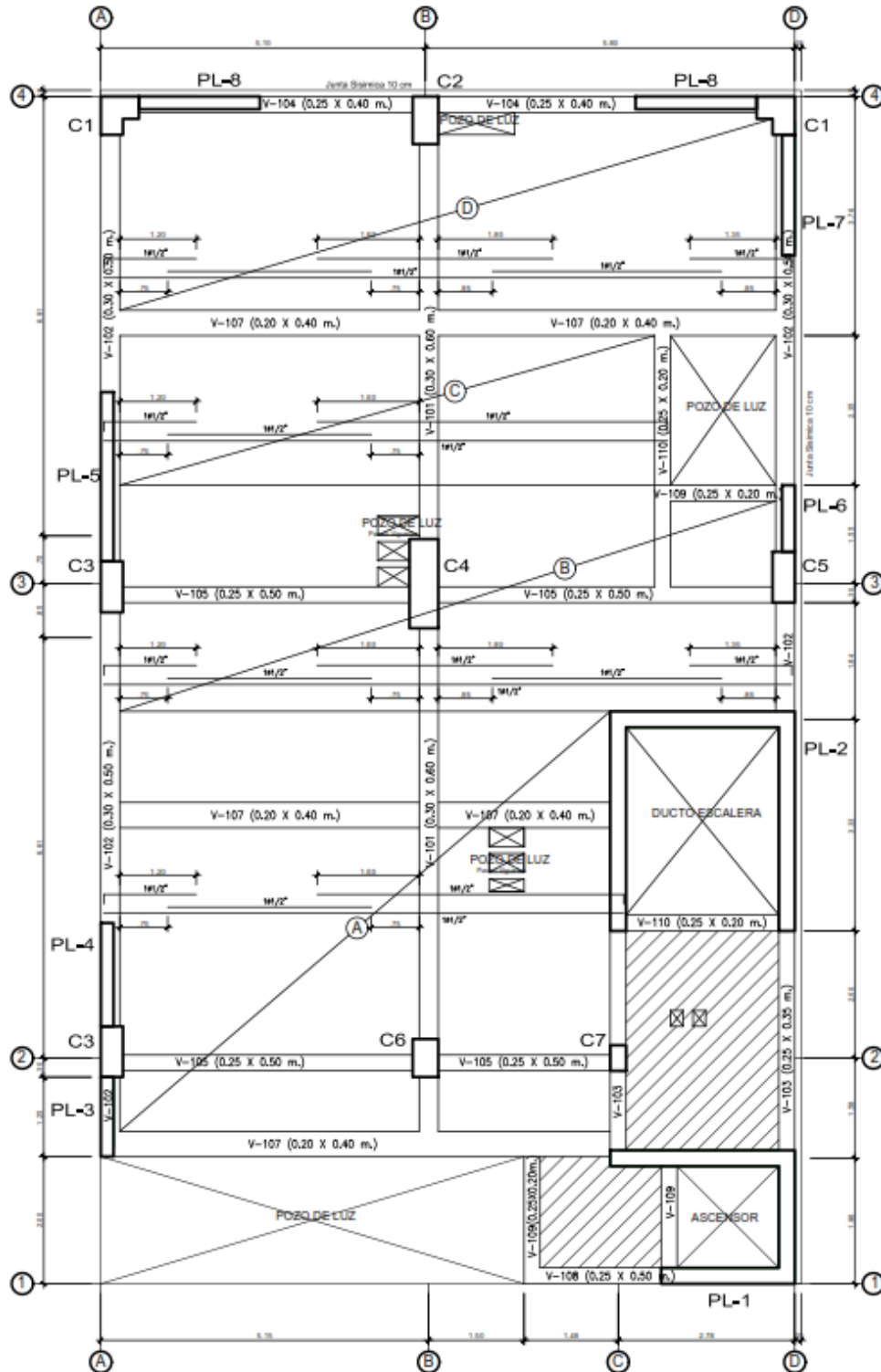
Esc: 1/50

ALIGERADO $e=0.20$ m
SOBRECARGA: 200 Kg/m²

ANEXO N°17. Plano de aligerado del 5to al 8vo piso.



ANEXO N°18. Plano de aligerado del 9no al 11vo piso.

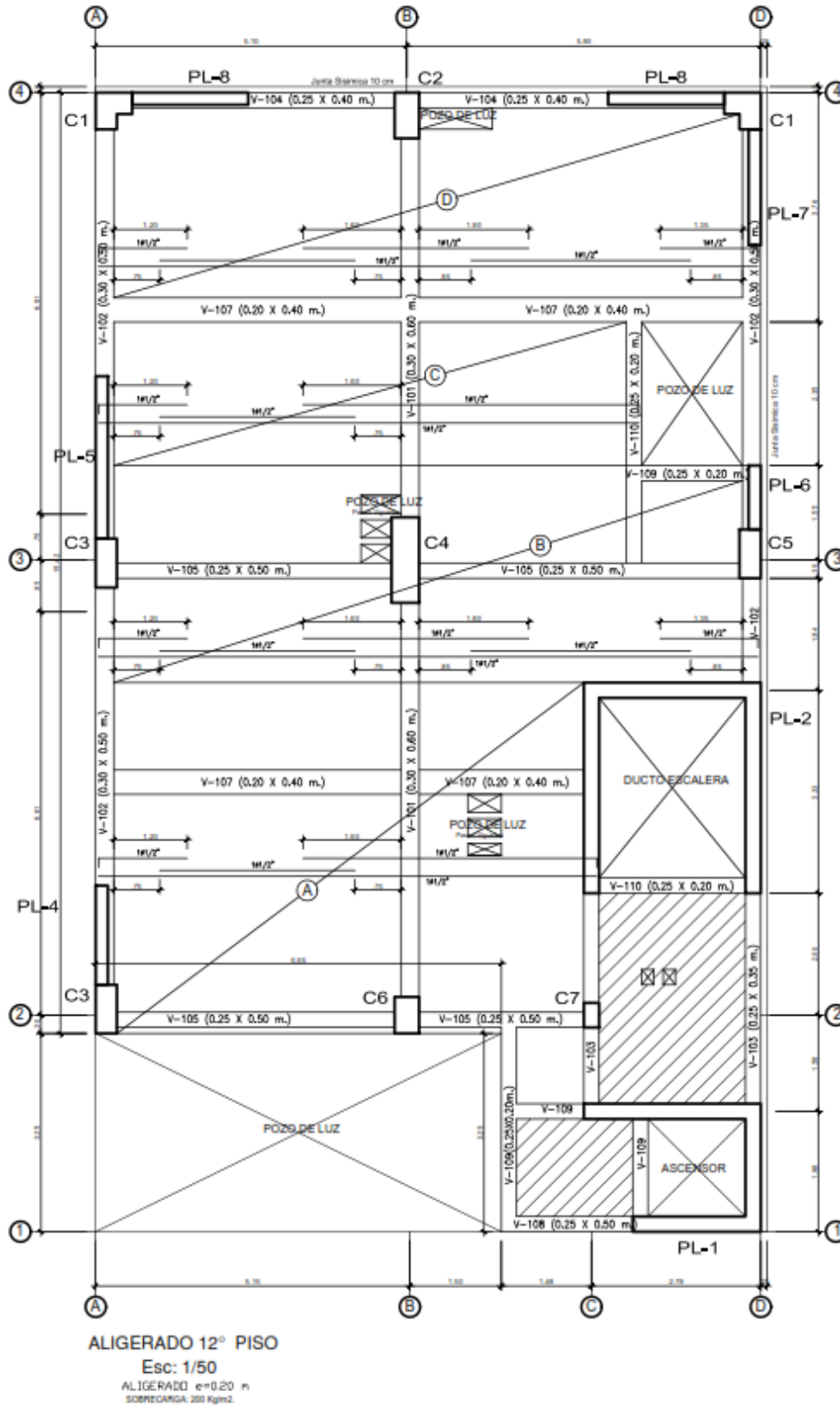


ALIGERADO 9°, 10°, 11° PISO TIPICO

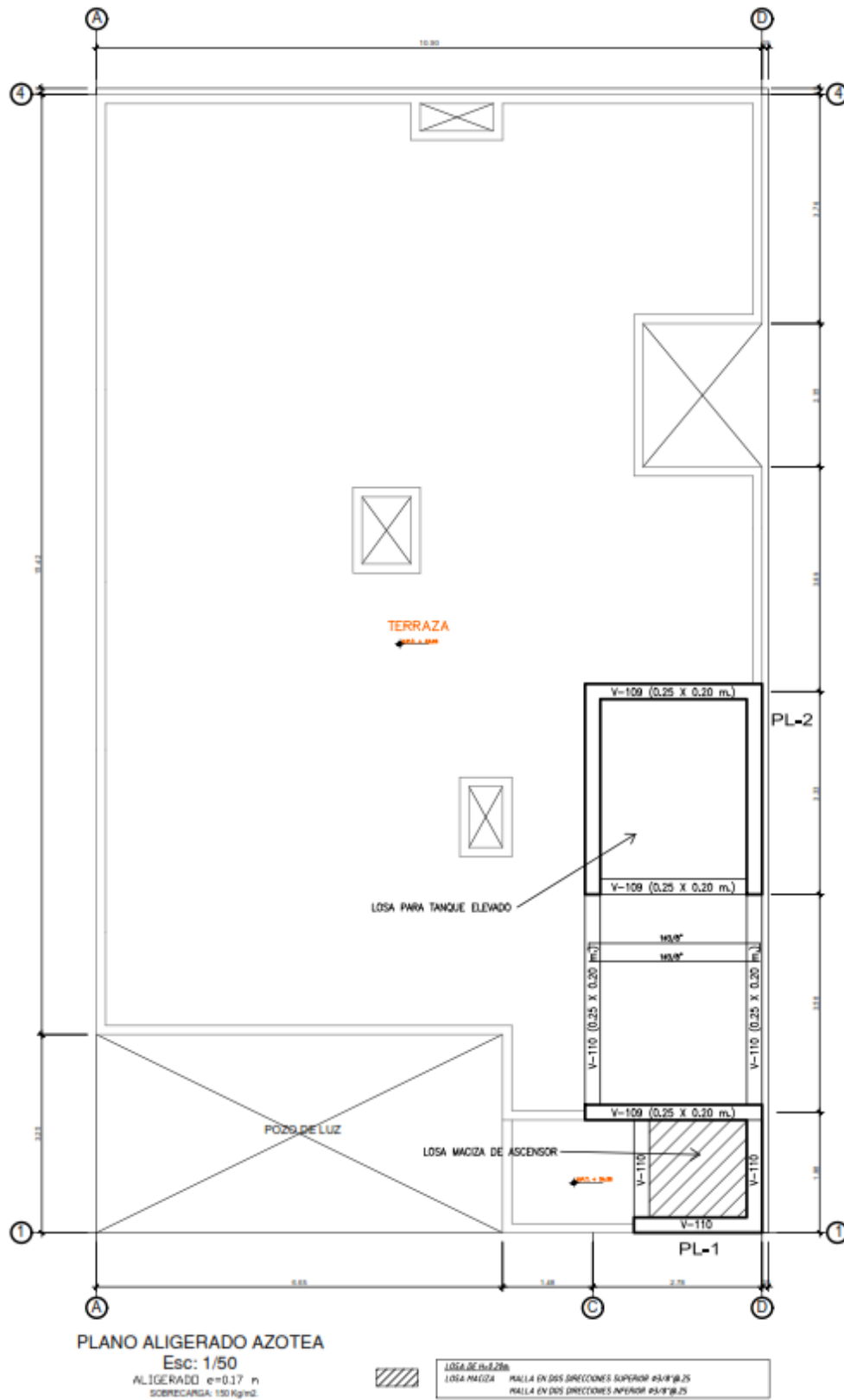
Esc: 1/50

ALIGERADO $e=0.20$ m
SOBRECARGA: 200 Kg/m²

ANEXO N°19. Plano de aligerado del 12vo piso.



ANEXO N°20. Plano de aligerado de la azotea.



ANEXO N°21. Especificaciones técnicas del plano.

<u>ESPECIFICACIONES TECNICAS</u>	
<u>1. CONCRETO</u>	
-CONCRETO ARMADO EN:	
CISTERNA	$f_c=280 \text{ kg/cm}^2$
ESCALERA	$f_c=280 \text{ kg/cm}^2$
COLUMNAS	$f_c=280 \text{ kg/cm}^2$
VIGAS	$f_c=280 \text{ kg/cm}^2$
LOSA ALIGERADA	$f_c=280 \text{ kg/cm}^2$
VIGAS DE CIMENTACION	$f_c=280 \text{ kg/cm}^2$
LOSA DE CIMENTACION	$f_c=280 \text{ kg/cm}^2$
-CIMENTOS CORRIDOS	CEMENTO : HORMIGÓN 1 :10 +30% PIEDRA GRANDE 3" TAMAÑO MÁXIMO
-SARDINELES Y SOBRE CIMIENTO	$f_c= 175 \text{ kg/cm}^2$
-ACERO	$f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$
-CEMENTO EN CIMENTACIÓN:	Tipo MS
-CEMENTO EN EL RESTO DE LA ESTRUCTURA:	Tipo I
-RECUBRIMIENTOS:	
-COLUMNAS Y VIGAS	4.0 cm.
-COLUMNETAS Y VIGAS	2.5 cm.
-LOSAS	2.5 cm.
-LOSA DE CIMENTACION	7.5 cm.
-VIGA DE CIMENTACION	7.5 cm.
<u>2. CONSIDERACIONES SISMORRESISTENTES</u>	
-SISTEMA ESTRUCTURAL	
XX : MUROS ESTRUCTURALES	
YY : MUROS ESTRUCTURALES	
-DESPLAZAMIENTO MAXIMO	X-X = 0.005138 Y-Y = 0.002647
-PARÁMETROS DE FUERZA SÍSMICA	
Z=0.45 , S=1.05 , Tp=0.60 seg.	
E=300.00 Kg/cm ² , G=100.00 Kg/cm ² , u=0.25	
-N° PISOS (Proyectados)	12 (DOCE) + Azotea

ANEXO N°22. Resumen de Estudio de Mecánica de Suelos.

RESUMEN ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

El EMS se realizó en 02 calicatas (N.F. 5.00)
De acuerdo al perfil estatigráfico de la zona, es recomendable apoyar los cimientos en el terreno que se desarrolla a partir de 1.50 metros para losa de cimentación desde la superficie del terreno cuyas características físicas, mecánicas, químicas, hidráulicas y dinámicas son las siguientes:

Clasificación SUCS	SP, SM
Contenido de Sales (SST)	10500 ppm.
Módulo de Poisson	0.45
Módulo de Elasticidad	300 Kg/cm ²
Módulo de Corte	100 Kg/cm ²

TIPO DE CIMENTACION

Cimentación Superficial: Cimentación Corrida Armada, Zapatas conectadas con Vigas de cimentación y Losa de Cimentación

PRESIÓN ADMISIBLE ESTIMADA

Tipo Cimentación	B(m)	Df (m)	qad (kg/cm ²)
Corrida	0.60	2.30	1.429
Cuadrada	1.50	2.50	1.635
Losa de Cimentación	1.50	1.50	2.33

ASENTAMIENTO TOLERABLE (S)

S = 0.704 cm en cimiento corrido y
S = 2.013 cm en cimiento cuadrado

CARACTERISTICAS SISMICAS

CLASIFICACION = SP, SM
PERIODO DE VIBRACION = 0.60 Seg.

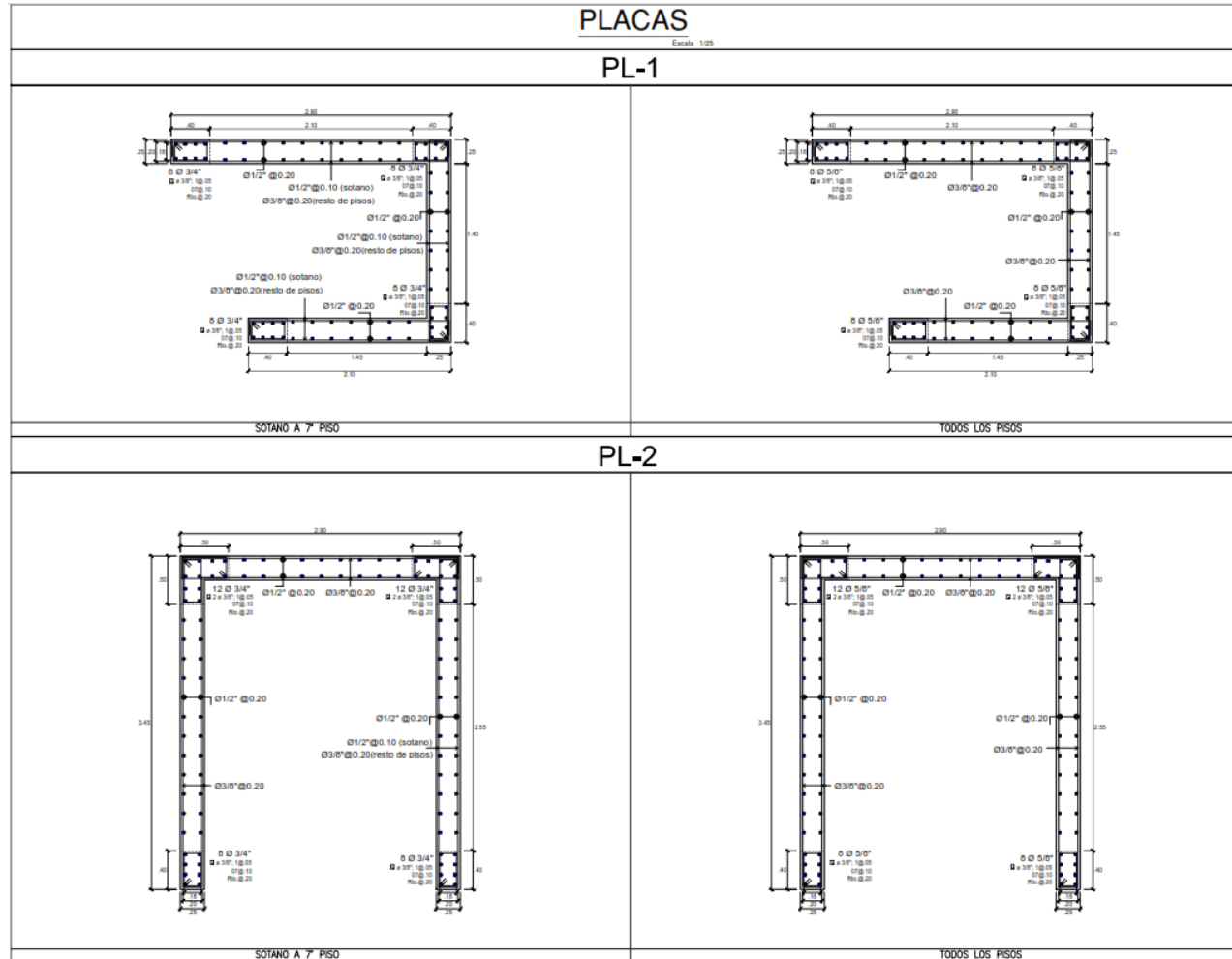
NIVEL DE AGUA DE FILTRACIÓN

No se encontró a la profundidad estudiada

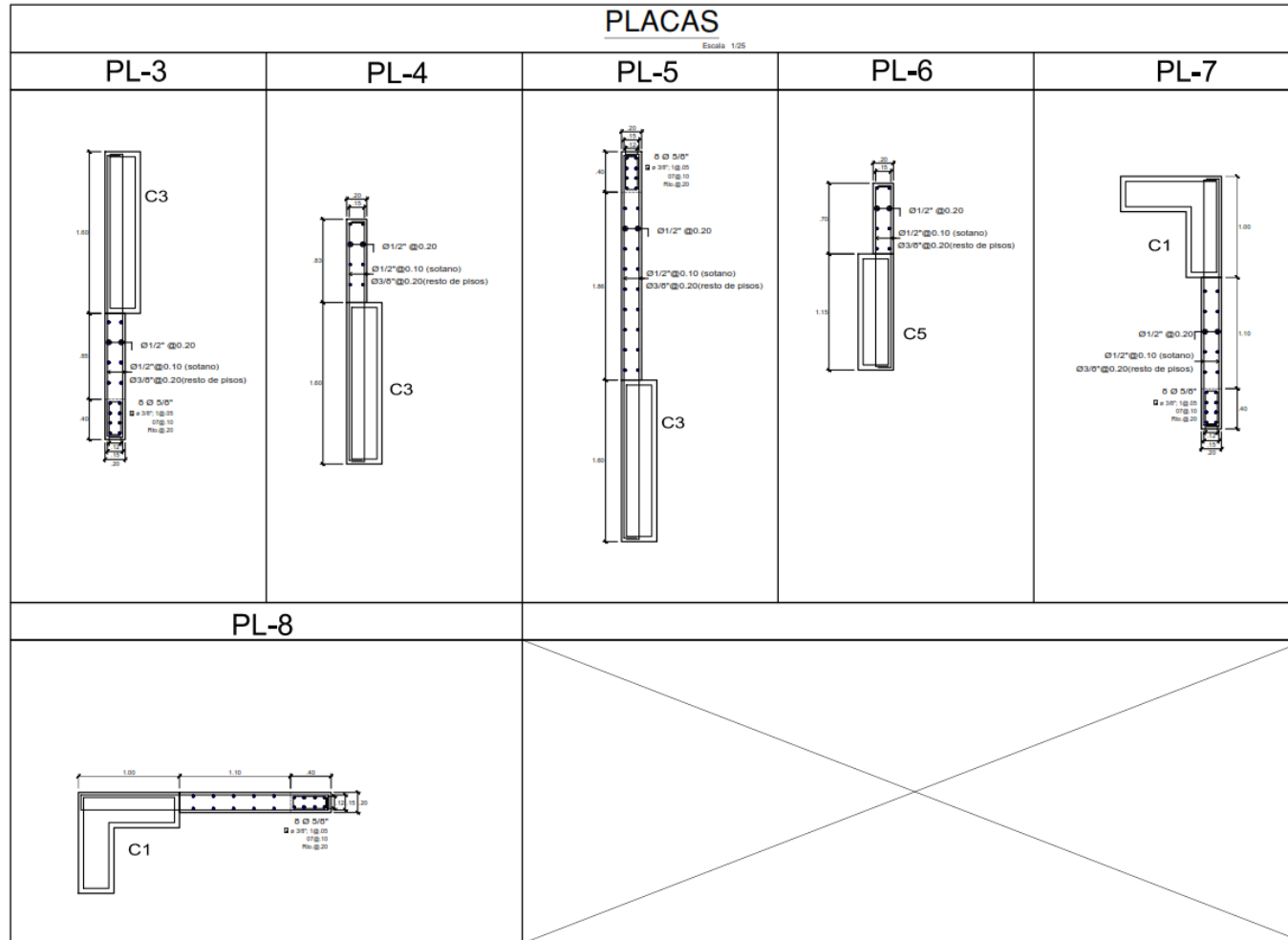
PARAMETROS SISMICOS

Z=0.45 ; S=1.05 ; Tp=0.6 seg.

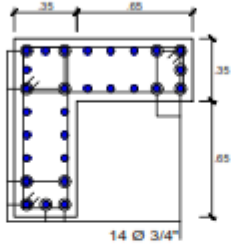
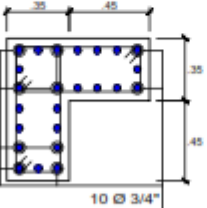
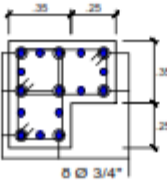
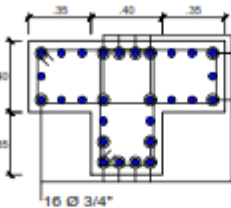
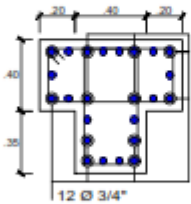
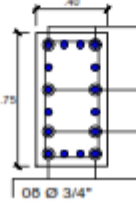
ANEXO N°23. Detalles de Placas de PL-1 y PL-2



ANEXO N°24. Detalles de Placas de la P-3 hasta la PL-8.



ANEXO N°25. Cuadro de Columnas N°01.

CUADRO DE COLUMNAS				
detalle de Columnas de Sotano a Decimosegundo Piso				
escala 1:25				
TIPO	PISO	SECCION	Ø	ESTRIBOS
C1	Sotano - 4° Piso		14 Ø 3/4" + 14 Ø 5/8"	3 [Ø 3/8"; 1@.05 07@.10 Rto.@.20
	5° - 8° Piso		10 Ø 3/4" + 14 Ø 5/8"	2 [Ø 3/8"; 1@.05 07@.10 Rto.@.20
	9° - 12° Piso		8 Ø 3/4" + 8 Ø 5/8"	3 [Ø 3/8"; 1@.05 07@.10 Rto.@.20
C2	Sotano - 4° Piso		16 Ø 3/4" + 12 Ø 5/8"	2 [Ø 3/8"; 1@.05 07@.10 Rto.@.20
	5° - 8° Piso		12 Ø 3/4" + 12 Ø 5/8"	2 [Ø 3/8"; 1@.05 07@.10 Rto.@.20
	9° - 12° Piso		08 Ø 3/4" + 08 Ø 5/8"	2 [Ø 3/8"; 1@.05 07@.10 Rto.@.20

ANEXO N°26. Cuadro de Columnas N°02.

CUADRO DE COLUMNAS				
detalle de Columnas de Sotano a Decimosegundo Piso				
escala 1:25				
TIPO	PISO	SECCION	Ø	ESTRIBOS
C3	Sotano - 4° Piso		$16 \text{ } \varnothing \frac{3}{4}''$ + $12 \text{ } \varnothing \frac{5}{8}''$	$6 \text{ } \varnothing \frac{3}{8}''$; 1@.05 07@.10 Rto.@.20
	5° - 8° Piso		$12 \text{ } \varnothing \frac{3}{4}''$ + $10 \text{ } \varnothing \frac{5}{8}''$	$4 \text{ } \varnothing \frac{3}{8}''$; 1@.05 07@.10 Rto.@.20
	9° - 12° Piso		$10 \text{ } \varnothing \frac{3}{4}''$ + $06 \text{ } \varnothing \frac{5}{8}''$	$2 \text{ } \varnothing \frac{3}{8}''$; 1@.05 07@.10 Rto.@.20

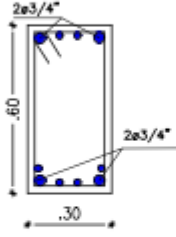
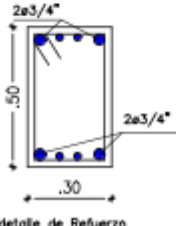
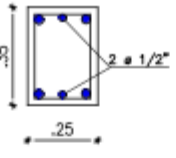
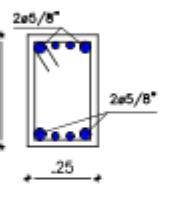
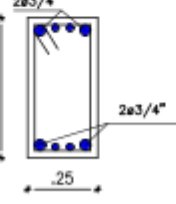
ANEXO N°27. Cuadro de Columnas N°03.

CUADRO DE COLUMNAS				
Detalle de Columnas de Sotano a Decimosegundo Piso escala 1:50				
TIPO	PISO	SECCION	Ø	ESTRIBOS
C4	Sotano - 4° Piso		20 Ø 3/4" + 16 Ø 5/8"	3 [Ø 3/8"; 1@.05 07@.10 Rto.@.20
	5° - 8° Piso		18 Ø 3/4" + 16 Ø 5/8"	3 [Ø 3/8"; 1@.05 07@.10 Rto.@.20
	9° - 12° Piso		14 Ø 3/4" + 14 Ø 5/8"	3 [Ø 3/8"; 1@.05 07@.10 Rto.@.20
C5	Sotano - 4° Piso		10 Ø 3/4" + 10 Ø 5/8"	3 [Ø 3/8"; 1@.05 07@.10 Rto.@.20
	5° - 8° Piso		08 Ø 3/4" + 08 Ø 5/8"	3 [Ø 3/8"; 1@.05 07@.10 Rto.@.20
	9° - 12° Piso		08 Ø 3/4" + 06 Ø 5/8"	3 [Ø 3/8"; 1@.05 07@.10 Rto.@.20

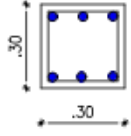
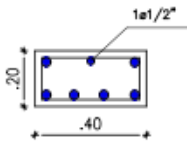
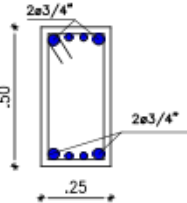
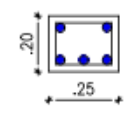
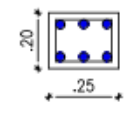
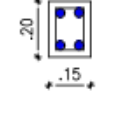
ANEXO N°28. Cuadro de Columnas N°04.

CUADRO DE COLUMNAS				
Detalle de Columnas de Sotano a Decimosegundo Piso				
escala 1:50				
TIPO	PISO	SECCION	Ø	ESTRIBOS
C6	Sotano - 8° piso		08 Ø $\frac{3}{4}$ " + 08 Ø $\frac{3}{8}$ "	2 □ Ø 3/8"; 1@.05 07@.10 Rto.@.20
	9° - 12° piso		08 Ø $\frac{3}{4}$ " + 04 Ø $\frac{3}{8}$ "	2 □ Ø 3/8"; 1@.05 07@.10 Rto.@.20
C7	Sotano - 4° piso		06 Ø $\frac{3}{4}$ " + 08 Ø $\frac{3}{8}$ "	2 □ Ø 3/8"; 1@.05 07@.10 Rto.@.20
	5° - 8° piso		04 Ø $\frac{3}{4}$ " + 04 Ø $\frac{3}{8}$ "	1 □ Ø 3/8"; 1@.05 07@.10 Rto.@.20
	9° - 12° piso		06 Ø $\frac{5}{8}$ "	1 □ Ø 3/8"; 1@.05 07@.10 Rto.@.20
C8	Sotano - 1° piso		04 Ø $\frac{5}{8}$ " + 02 Ø $\frac{1}{2}$ "	1 □ Ø 3/8"; 1@.05 05@.10 Rto.@.20

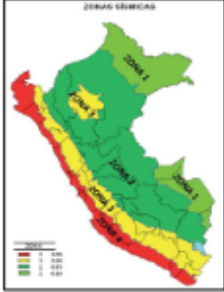

ANEXO N°29. Cuadro general de Vigas N°01.


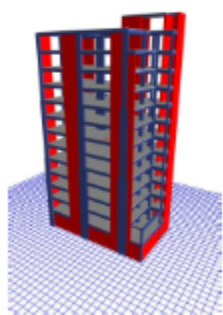

CUADRO GENERAL DE VIGAS Detalle de Vigas de Primer a Decimo Segundo Piso Ver detalle de refuerzo en corte de vigas longitudinales			
TIPO	SECCION	Ø	ESTRIBOS
V - 101 Ver detalle de corte longitudinal	 <p>Ver detalle de Refuerzo en corte longitudinal de vigas</p>	$4 \text{ } \varnothing \frac{3}{4} +$ $6 \text{ } \varnothing \frac{5}{8}$ Refuerzo de $\varnothing \frac{5}{8}$ especificado en laminas E-09	Ver detalle de estribos en corte longitudinal de vigas
V - 102 Ver detalle de corte longitudinal	 <p>Ver detalle de Refuerzo en corte longitudinal de vigas</p>	$4 \text{ } \varnothing \frac{3}{4} +$ $4 \text{ } \varnothing \frac{5}{8}$ Refuerzo de $\varnothing \frac{5}{8}$ especificado en laminas E-09	Ver detalle de estribos en corte longitudinal de vigas
V - 103 Ver detalle de corte longitudinal	 <p>Ver detalle de Refuerzo en corte longitudinal de vigas</p>	$4 \text{ } \varnothing \frac{5}{8} +$ $2 \text{ } \varnothing \frac{1}{2}$ Refuerzo de $\varnothing \frac{1}{2}$ especificado en laminas E-09	Ver detalle de estribos en corte longitudinal de vigas
V - 104 Ver detalle de corte longitudinal	 <p>Ver detalle de Refuerzo en corte longitudinal de vigas</p>	$4 \text{ } \varnothing \frac{5}{8} +$ $4 \text{ } \varnothing \frac{1}{2}$ Refuerzo de $\varnothing \frac{1}{2}$ especificado en laminas E-09	Ver detalle de estribos en corte longitudinal de vigas
V - 105 Ver detalle de corte longitudinal	 <p>Ver detalle de Refuerzo en corte longitudinal de vigas</p>	$4 \text{ } \varnothing \frac{3}{4} +$ $4 \text{ } \varnothing \frac{5}{8}$ Refuerzo de $\varnothing \frac{5}{8}$ especificado en laminas E-09	Ver detalle de estribos en corte longitudinal de vigas



ANEXO N°30. Cuadro general de Vigas N°02.

CUADRO GENERAL DE VIGAS Detalle de Vigas de Primer a Decimo Segundo Piso Ver detalle de refuerzo en corte de vigas longitudinales			
TIPO	SECCION	Ø	ESTRIBOS
V - 106 Ver detalle de corte longitudinal	 <p>Ver detalle de Refuerzo en corte longitudinal de vigas</p>	$6 \text{ } \varnothing \frac{5}{8}$ Refuerzo de $\varnothing 1/2$ " especificado en laminas E-09	Ver detalle de estribos en corte longitudinal de vigas
V - 107		$4 \text{ } \varnothing \frac{5}{8}$ + $1 \text{ } \varnothing \frac{1}{2}$	$\square \varnothing 3/8$ "; 1@.05 07@.10 r @.20
V - 108 Ver detalle de corte longitudinal	 <p>Ver detalle de Refuerzo en corte longitudinal de vigas</p>	$4 \text{ } \varnothing \frac{3}{4}$ + $4 \text{ } \varnothing \frac{5}{8}$ Refuerzo de $\varnothing 5/8$ " especificado en laminas E-09	Ver detalle de estribos en corte longitudinal de vigas
V - 109		$5 \text{ } \varnothing 1/2$ "	$\square \varnothing 3/8$ "; 1@.05 04@.10 r@.20
V - 110		$6 \text{ } \varnothing 1/2$ "	$\square \varnothing 3/8$ "; 1@.05 04@.10 r@.20
V - 111		$4 \text{ } \varnothing 3/8$ "	$\square \varnothing 1/4$ "; 1@.05 04@.10 r@.20

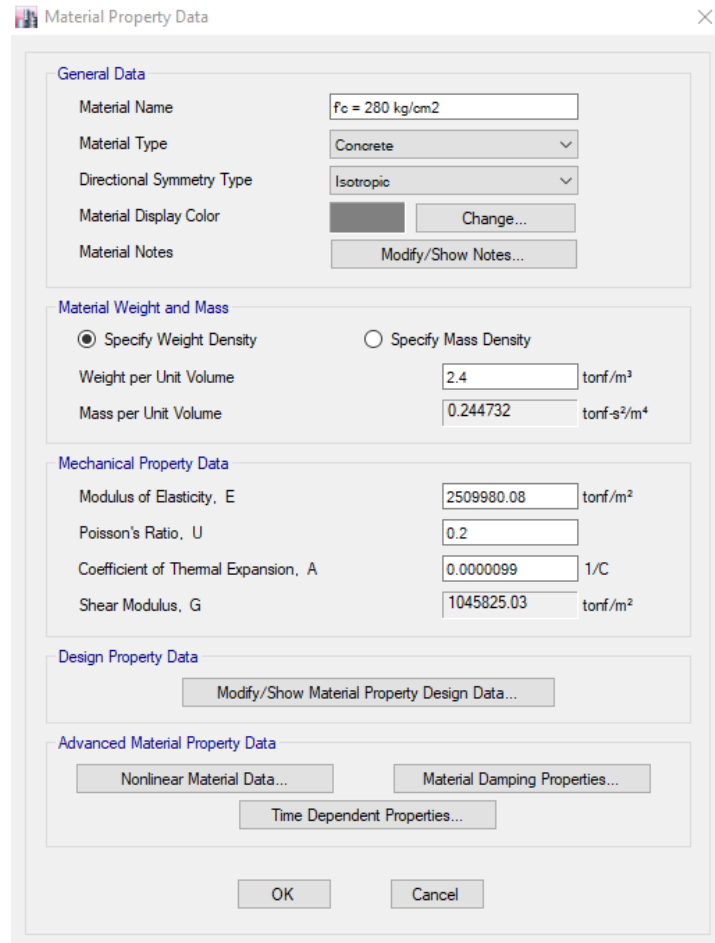
ANEXO N°31. Ficha de recolección de datos sísmicos normativos.

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS SÍSMICOS NORMATIVOS						
AUTORES:						
- Rodriguez Alvarez, Daniel Enrique.						
- Tejada Villegas, José Carlos.						
INVESTIGACIÓN:						
"Comportamiento estructural de una edificación común de concreto armado de 12 niveles, mediante el análisis dinámico modal espectral, en el sector El Molino, Trujillo 2022"						
PARAMETROS SISMICOS:						
FACTOR DE ZONA "Z"	ZONA	Z				
	Z4	0.45				
FACTOR DE SUELO "S"	TIPO	DESCRIPCIÓN	S	T_p	T_L	
	S2	Suelos Intermedios	1.05	0.60	2.00	
FACTOR DE USO "U"	CATEGORIA	DESCRIPCIÓN	U	Est. Peso		
	C	Edificaciones Comunes	1.00	+25% CV		
FACTOR DE SISTEMA ESTRUCTURAL "R"	DIRECCIÓN	SISTEMA ESTRUCTURAL	R_o			
	DIR XX	De Muros Estructurales	6.00			
	DIR YY	De Muros Estructurales	6.00			
IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA					I_a DIR XX	I_a DIR YY
Irregularidad de Rigidez – Piso Blando	<input type="checkbox"/> DIR X-X	<input type="checkbox"/> DIR Y-Y	1.00	1.00		
Irregularidades de Resistencia – Piso Débil	<input type="checkbox"/> DIR X-X	<input type="checkbox"/> DIR Y-Y	1.00	1.00		
Irregularidad Extrema de Rigidez	<input type="checkbox"/> DIR X-X	<input type="checkbox"/> DIR Y-Y	1.00	1.00		
Irregularidad Extrema de Resistencia	<input type="checkbox"/> DIR X-X	<input type="checkbox"/> DIR Y-Y	1.00	1.00		
Irregularidad de Masa o Peso	<input type="checkbox"/> AMBAS DIRECCIONES		1.00	1.00		
Irregularidad Geométrica Vertical	<input type="checkbox"/> DIR X-X	<input type="checkbox"/> DIR Y-Y	1.00	1.00		
Discontinuidad en los Sistemas Resistentes	<input type="checkbox"/> AMBAS DIRECCIONES		1.00	1.00		
Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes	<input type="checkbox"/> AMBAS DIRECCIONES		1.00	1.00		
Tener en cuenta las restricciones de la tabla N° 10	Se toma el valor mas critico		1.00	1.00		
IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA					I_p Dir XX	I_p Dir YY
Irregularidad Torsional	<input type="checkbox"/> DIR X-X	<input type="checkbox"/> DIR Y-Y	1.00	1.00		
Irregularidad Torsional Extrema	<input type="checkbox"/> DIR X-X	<input type="checkbox"/> DIR Y-Y	1.00	1.00		
Esquinas Entrantes	<input type="checkbox"/> DIR X-X	<input type="checkbox"/> DIR Y-Y	1.00	1.00		
Discontinuidad del Diafragma	<input type="checkbox"/> AMBAS DIRECCIONES		1.00	1.00		
Sistemas no Paralelos	<input type="checkbox"/> DIR X-X	<input type="checkbox"/> DIR Y-Y	1.00	1.00		
Tener en cuenta las restricciones de la tabla N° 10	Se toma el valor mas critico		1.00	1.00		
<i>Firma de experto validando el instrumento a utilizar en la recolección de datos.</i>						
						
					Mg. Ing. Fortunato Villanueva Mendoza	

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERIA FICHA DE OBSERVACION N°01										
AUTORES: - Rodriguez Alvarez, Daniel Enrique. - Tejada Villegas, José Carlos.										
INVESTIGACIÓN: "Comportamiento estructural de una edificación común de concreto armado de 12 niveles, mediante el análisis dinámico modal espectral, en el sector El Molino, Trujillo 2022"										
1. Identificación: <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 60%;">Nombre del Proyecto: Edificio Residencial "El Molino"</td> <td style="width: 40%;">Existencia: Si</td> </tr> <tr> <td>Zonificación: Residencial de densidad media (RDM)</td> <td>Estado Actual: Bueno</td> </tr> <tr> <td>Uso u Ocupación: Residencial y oficinas</td> <td></td> </tr> </table>			Nombre del Proyecto: Edificio Residencial "El Molino"	Existencia: Si	Zonificación: Residencial de densidad media (RDM)	Estado Actual: Bueno	Uso u Ocupación: Residencial y oficinas			
Nombre del Proyecto: Edificio Residencial "El Molino"	Existencia: Si									
Zonificación: Residencial de densidad media (RDM)	Estado Actual: Bueno									
Uso u Ocupación: Residencial y oficinas										
2. Ubicación Geográfica: Coordenadas Geográficas: <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 40%;">Oeste: 79° 01' 06"</td> <td style="width: 60%;">Altitud: 50.00 m</td> </tr> <tr> <td>Sur: 8° 05' 56"</td> <td></td> </tr> </table>			Oeste: 79° 01' 06"	Altitud: 50.00 m	Sur: 8° 05' 56"					
Oeste: 79° 01' 06"	Altitud: 50.00 m									
Sur: 8° 05' 56"										
3. Ubicación Política: <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%;">Departamento: La Libertad</td> <td style="width: 50%;">Provincia: Trujillo</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Distrito: Trujillo</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Av./Jr./Calle: Av. El ejercito - Sector "El Molino"</td> </tr> <tr> <td colspan="2">N° o Mz y Lote: N° 999, Lote "A"</td> </tr> </table>			Departamento: La Libertad	Provincia: Trujillo	Distrito: Trujillo		Av./Jr./Calle: Av. El ejercito - Sector "El Molino"		N° o Mz y Lote: N° 999, Lote "A"	
Departamento: La Libertad	Provincia: Trujillo									
Distrito: Trujillo										
Av./Jr./Calle: Av. El ejercito - Sector "El Molino"										
N° o Mz y Lote: N° 999, Lote "A"										
4. Localización: <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%;">Por el Norte: Propiedad vivienda</td> <td style="width: 50%;">Por el Este: Av. El ejercito</td> </tr> <tr> <td>Por el Sur: Pasaje de circulación</td> <td>Por el Oeste: Lote "B" vivienda</td> </tr> </table>			Por el Norte: Propiedad vivienda	Por el Este: Av. El ejercito	Por el Sur: Pasaje de circulación	Por el Oeste: Lote "B" vivienda				
Por el Norte: Propiedad vivienda	Por el Este: Av. El ejercito									
Por el Sur: Pasaje de circulación	Por el Oeste: Lote "B" vivienda									
5. Descripción del Proyecto: <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 30%;">Área del terreno: 206.47 m²</td> <td style="width: 30%;">Área construida: 2,430.90 m²</td> <td style="width: 40%;"></td> </tr> <tr> <td>Área techada: 2,430.90 m²</td> <td>Área libre: 13.30 m²</td> <td></td> </tr> </table>			Área del terreno: 206.47 m ²	Área construida: 2,430.90 m ²		Área techada: 2,430.90 m ²	Área libre: 13.30 m ²			
Área del terreno: 206.47 m ²	Área construida: 2,430.90 m ²									
Área techada: 2,430.90 m ²	Área libre: 13.30 m ²									
6. Descripción de Ambientes: Sótano: Depósito, cuarto de máquinas y cisterna. 1er Nivel: Estacionamiento, sala de recepción y acceso principal a escaleras. 2do Nivel: Oficinas. 3er al 9no Nivel: Oficinas. 10mo al 11avo Nivel: 2 Departamentos por piso, que consta de sala y comedor, cocina, 2 baños y 2 dormitorios. 12vo Nivel: Salón de usos múltiples. Azotea: Uso común y tanques elevados.		Imagen Referencial 								
Firma de experto validando el instrumento a utilizar en la ficha de observación.										
		 Mg. Ing. Josualdo Villar Quiroz CIP 106994								

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERIA FICHA DE OBSERVACIÓN N°02	 <p>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</p>
AUTORES: - Rodriguez Alvarez, Daniel Enrique. - Tejada Villegas, José Carlos.	
INVESTIGACIÓN: "Comportamiento estructural de una edificación común de concreto armado de 12 niveles, mediante el análisis dinámico modal espectral, en el sector El Molino, Trujillo 2022"	
7. Especificaciones Técnicas:	
7.1. Materiales:	
- Concreto Armado: Cemento en la cimentación = Tipo MS Cemento en el resto de la estructura = Tipo I $f_c = 280.00 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma_{\text{concreto}} = 2,400.00 \text{ kg/m}^3$ $E_c = 217,370.65 \text{ kg/cm}^2$	
- Acero de refuerzo: Grado: Grado 60 $f_y = 4,200.00 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma_{\text{acero}} = 7,850.00 \text{ kg/m}^2$ $F_u = 6,300.00 \text{ kg/cm}^2$ $E_s = 2,000,000.00 \text{ kg/cm}^2$	
7.2. Consideraciones sismorresistentes:	
Sistema Estructural Dirección X-X: Muros Estructurales Sistema Estructural Dirección Y-Y: Muros Estructurales Zonificación de Peligro Sísmico (Z): Z4 Perfil de Suelo (S): S2 - Suelos Intermedios Tipo de Uso u Ocupación (U): Edificaciones Comunes N° de Pisos (Proyectados): 12 (Doce) + Azotea	
8. Descripción de elementos:	
Cimentación: Platea y vigas de cimentación Muros de contención: Muros por el contorno o calzaduras Caja de ascensor: Sí Escalera: Sí Tipos de Muros: De tabiquería Carpintería de Puertas: Sí	Columnas: 8 Tipos Placas: 8 Tipos Vigas: Sí Tipo de Techo: Aligerado, H=20 cm Tipo de Piso: Loseta Ventanas o Mamparas: Ambas
<i>Firma de experto validando el instrumento a utilizar en la ficha de observación.</i>	
 Mg. Ing. Josualdo Villar Quiroz CIP 106994	

ANEXO N°34. Material Concreto $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ en Etabs v.16.



Material Property Data

General Data

Material Name:

Material Type:

Directional Symmetry Type:

Material Display Color:

Material Notes:

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: tonf/m³

Mass per Unit Volume: tonf-s²/m⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: tonf/m²

Poisson's Ratio, U:

Coefficient of Thermal Expansion, A: 1/C

Shear Modulus, G: tonf/m²

Design Property Data

Advanced Material Property Data

ANEXO N°35. Material acero de refuerzo, $f_y=4,200 \text{ kg/cm}^2$ en Etabs v.16.

ANEXO N°36. Masa participativa en Etabs v.16.

Load Pattern	Multiplier
Dead	1
Dead	1
Live	0.25

ANEXO N°37. Modal Case (Eigen vectores), en Etabs v.16.

Modal Case Data

General

Modal Case Name: Modal [Design...]

Modal Case SubType: Eigen [Notes...]

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: 100%CM+25%CV

P-Delta/Nonlinear Stiffness

Use Preset P-Delta Settings: None [Modify/Show...]

Use Nonlinear Case (Loads at End of Case NOT Included)

Nonlinear Case: []

Loads Applied

Advanced Load Data Does NOT Exist Advanced

Other Parameters

Maximum Number of Modes: 36

Minimum Number of Modes: 20

Frequency Shift (Center): 0 [cyc/sec]

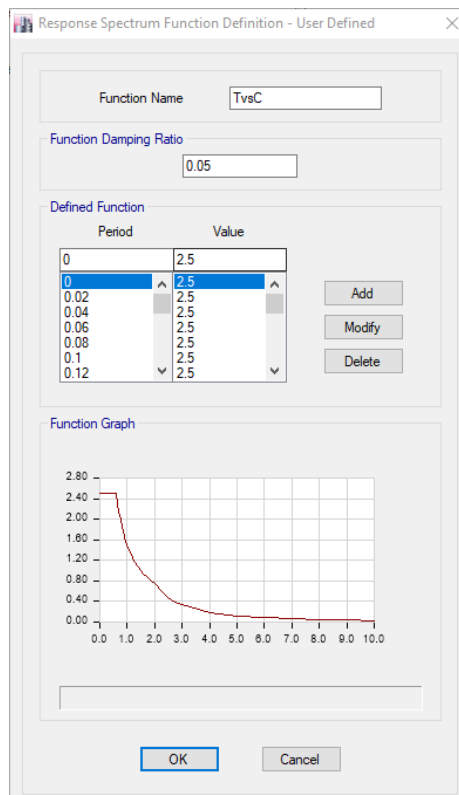
Cutoff Frequency (Radius): 0 [cyc/sec]

Convergence Tolerance: 1E-09

Allow Auto Frequency Shifting

[OK] [Cancel]

ANEXO N°38: Espectro de diseño T vs C, en Etabs v.16.



ANEXO N°39. Sismo dinámico en la dirección X-X, en Etabs v.16.

General

Load Case Name: SD XX

Load Case Type: Response Spectrum

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Previous (100%CM+25%CV)

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	TvsC	0.7725

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1: []

Rigid Frequency, f2: []

Periodic + Rigid Type: []

Earthquake Duration, td: []

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor: []

Modal Damping: Constant at 0.05

Diaphragm Eccentricity: 0 for All Diaphragms

Buttons: OK, Cancel

ANEXO N°39. Sismo dinámico en la dirección Y-Y, en Etabs v.16

General

Load Case Name: SD YY

Load Case Type: Response Spectrum

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Previous (100%CM+25%CV)

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	TvsC	0.7725

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1: []

Rigid Frequency, f2: []

Periodic + Rigid Type: []

Earthquake Duration, td: []

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor: []

Modal Damping: Constant at 0.05

Diaphragm Eccentricity: 0 for All Diaphragms

Buttons: OK, Cancel

ANEXO N°40. Escalamiento de sismo dinámico en X-X, en Etabs v.16.

Load Combination Data

General Data

Load Combination Name: DERIVA SD XX

Combination Type: Linear Add

Notes: Modify/Show Notes...

Auto Combination: No

Define Combination of Load Case/Combo Results

Load Name	Scale Factor
SD XX	4.5

Add

Delete

OK Cancel

ANEXO N°41. Escalamiento de sismo dinámico en Y-Y, en Etabs v.16.

Load Combination Data

General Data

Load Combination Name: DERIVA SD YY

Combination Type: Linear Add

Notes: Modify/Show Notes...

Auto Combination: No

Define Combination of Load Case/Combo Results

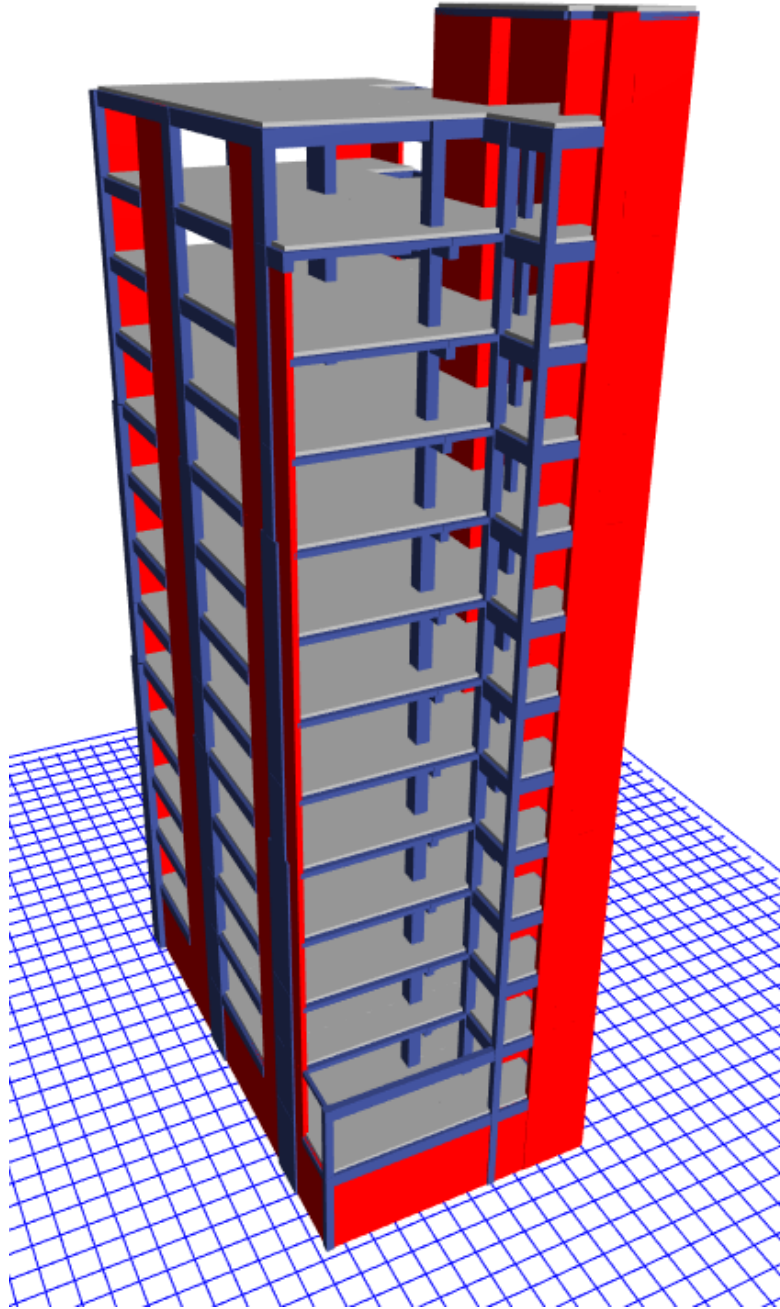
Load Name	Scale Factor
SD YY	4.5

Add

Delete

OK Cancel

ANEXO N°42. Vista en 3D de edificio en Etabs v.16.



ANEXO N°43. Sección transversal de la vigueta en XX, del sistema vigacero.

The screenshot shows the 'Slab Property Data' dialog box with the following settings:

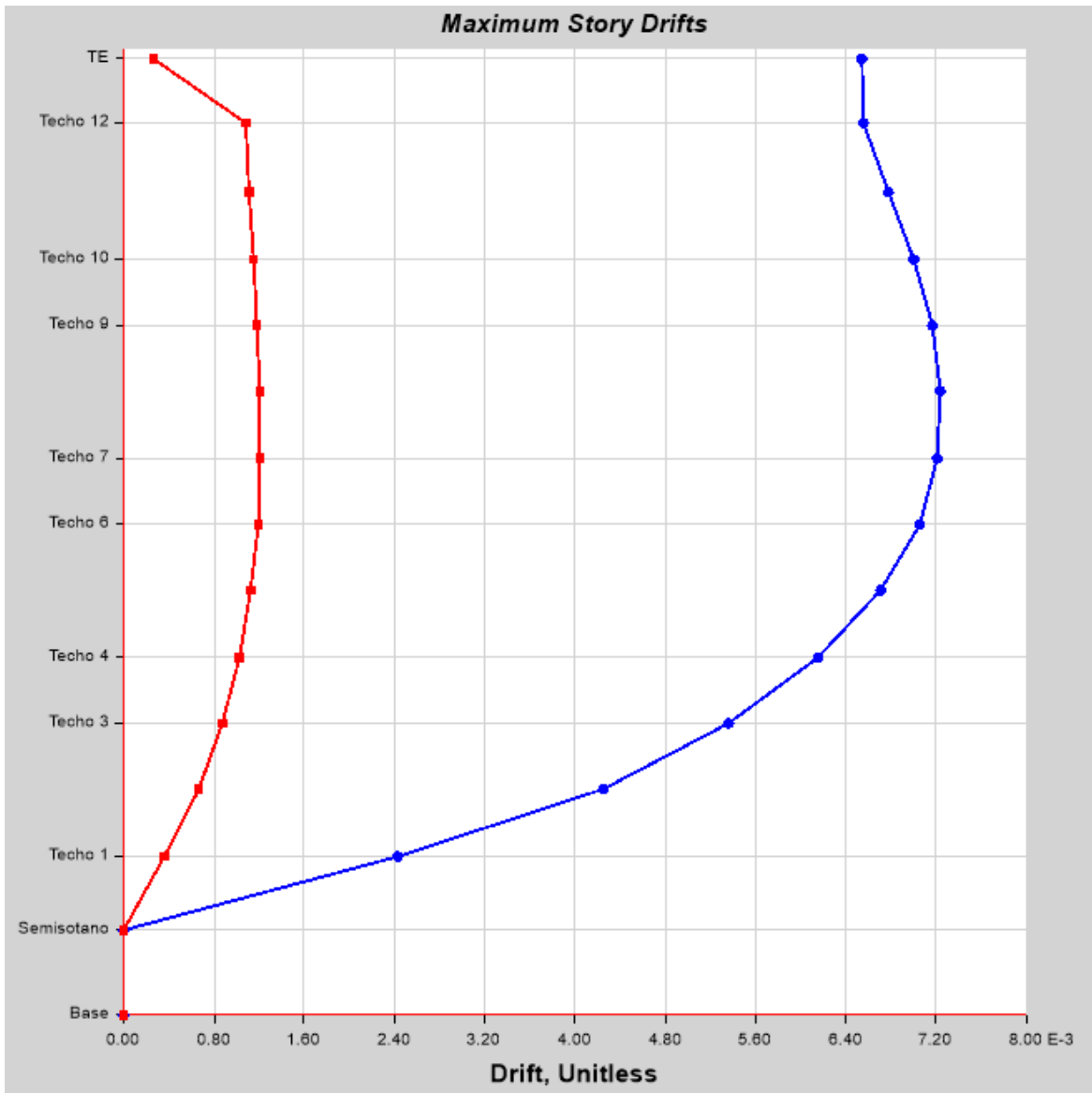
- General Data:**
 - Property Name: Vigacero XX H=20 cm
 - Slab Material: $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$
 - Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...
 - Modeling Type: Shell-Thin
 - Modifiers (Currently Default): Modify/Show...
 - Display Color: (Cyan color swatch) Change...
 - Property Notes: Modify/Show...
- Property Data:**
 - Type: Ribbed
 - Overall Depth: 0.2 m
 - Slab Thickness: 0.05 m
 - Stem Width at Top: 0.08 m
 - Stem Width at Bottom: 0.08 m
 - Rib Spacing (Perpendicular to Rib Direction): 0.84 m
 - Rib Direction is Parallel to: Local 1 Axis

ANEXO N° 44. Sección transversal de la vigueta en YY, del sistema vigacero.

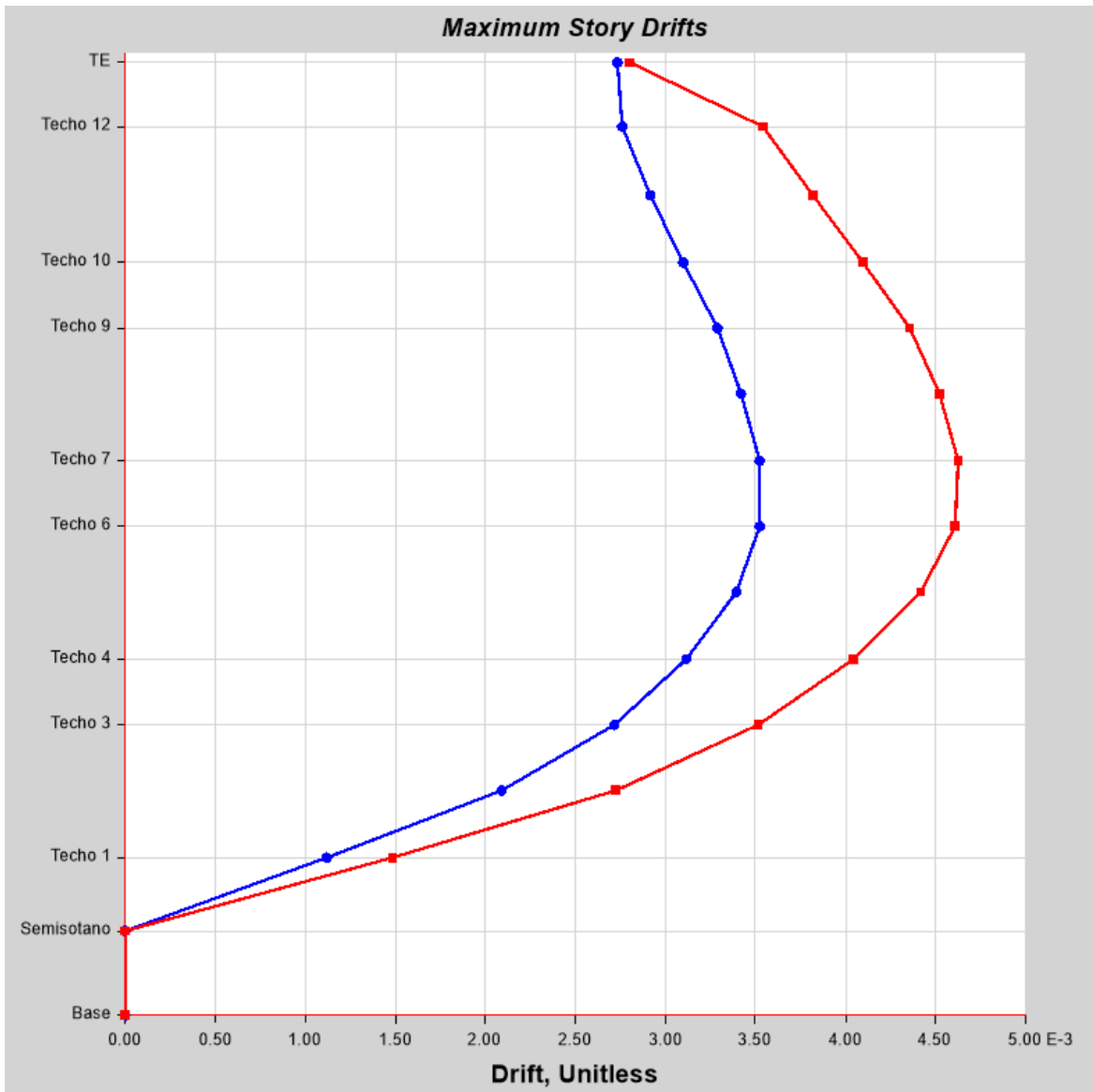
The screenshot shows the 'Slab Property Data' dialog box with the following settings:

- General Data:**
 - Property Name: Vigacero YY H=20 cm
 - Slab Material: $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$
 - Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...
 - Modeling Type: Shell-Thin
 - Modifiers (Currently Default): Modify/Show...
 - Display Color: (Cyan color swatch) Change...
 - Property Notes: Modify/Show...
- Property Data:**
 - Type: Ribbed
 - Overall Depth: 0.2 m
 - Slab Thickness: 0.05 m
 - Stem Width at Top: 0.08 m
 - Stem Width at Bottom: 0.08 m
 - Rib Spacing (Perpendicular to Rib Direction): 0.84 m
 - Rib Direction is Parallel to: Local 2 Axis

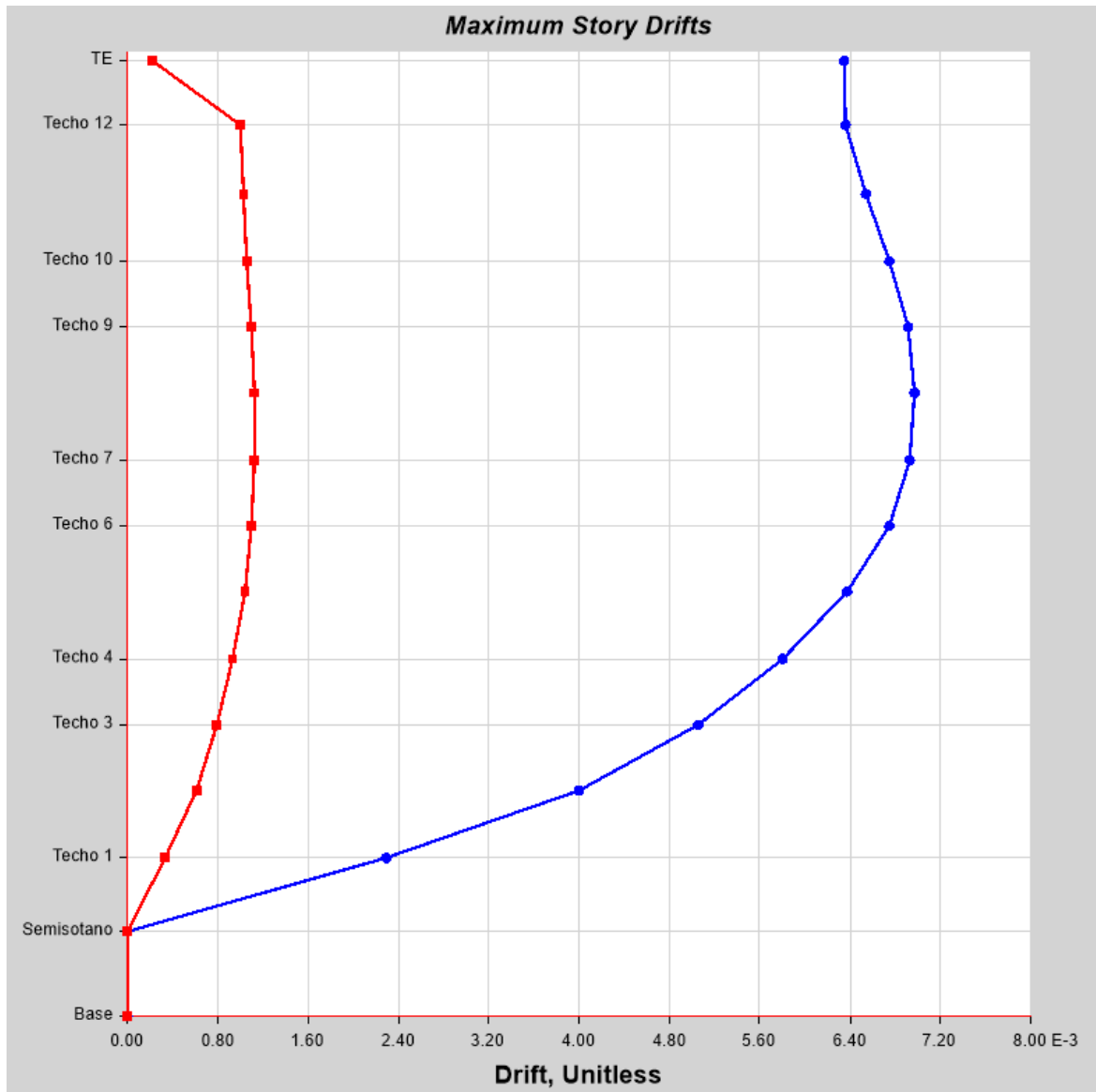
ANEXO N°45. Deriva máxima en XX para el sistema convencional, en Etabs v.16.



ANEXO N°46. Deriva máxima en YY para el sistema convencional, en Etabs v.16.



ANEXO N°47. Deriva máxima en XX, para el sistema vigacero, en Etabs v.16.



ANEXO N° 48: Deriva máxima en YY, para el sistema vigacero, en Etabs v.16.

