

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:
“RESPUESTA SÍSMICA DE UNA EDIFICACIÓN EN LA CIUDAD DE CHOTA
USANDO EL MÉTODO ESTÁTICO Y DINÁMICO (MODAL ESPECTRAL - TIEMPO
HISTORIA)”
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Presentado por:

Bach. ANTONY BRAYAN IDROGO VILLENA

Asesor:

Dr. Ing. MIGUEL ANGEL MOSQUEIRA MORENO

Cajamarca – Perú

2026

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA -

1. Investigador: ANTONY BRAYAN IDROGO VILLENA

DNI: 48444377

Escuela Profesional: INGENIERÍA CIVIL

2. Asesor: Dr. Ing. MIGUEL ANGEL MOSQUEIRA MORENO

Facultad: DE INGENIERÍA

3. Grado académico o título profesional

Bachiller

Título profesional

Segunda especialidad

Maestro

Doctor

4. Tipo de Investigación:

Tesis

Trabajo de investigación

Trabajo de suficiencia profesional

Trabajo académico

5. Título de Trabajo de Investigación:

RESPUESTA SÍSMICA DE UNA EDIFICACIÓN EN LA CIUDAD DE CHOTA USANDO EL MÉTODO ESTÁTICO Y DINÁMICO (MODAL ESPECTRAL - TIEMPO HISTORIA)

6. Fecha de evaluación: 30/01/2026

7. Software antiplagio:

TURNITIN

URKUND (OURIGINAL) (*)

8. Porcentaje de Informe de Similitud: 21%

9. Código Documento: Oid: 3117:550942450

10. Resultado de la Evaluación de Similitud:

APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 30/01/2026

 FIRMA DEL ASESOR Dr. Ing. MIGUEL ANGEL MOSQUEIRA MORENO DNI: 26733060	 FIRMADO DIGITALMENTE POR: BAZAN DIAZ Laura Sofia FAU 20148258601 soft Motivo: En señal de conformidad Fecha: 30/01/2026 13:35:26-0500
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI	



Universidad Nacional de Cajamarca

"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de Febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERÍA

Teléf. N° 365976 Anexo N° 1129-1130



ACTA DE SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

ACTA N° 0043-2026

TITULO : *RESPUESTA SÍSMICA DE UNA EDIFICACIÓN EN LA CIUDAD DE CHOTA USANDO EL MÉTODO ESTÁTICO Y DINÁMICO (MODAL ESPECTRAL - TIEMPO HISTORIA).*

ASESOR : *Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno.*

En la ciudad de Cajamarca, dando cumplimiento a lo dispuesto por el Art. N° 035 del Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, la Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería, da a conocer que, a los **once días del mes de febrero de 2026**, siendo las nueve horas con treinta minutos (09:30 a.m.) en la Sala de Audiovisuales (Edificio 1A - Segundo Piso), de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, se reunieron los Señores Miembros del Jurado Evaluador:

Presidente : Dr. Ing. Mauro Augusto Centurión Vargas.
Vocal : Ing. Marcos Mendoza Linares
Secretario : M.Cs. Ing. Manuel Lincoln Minchán Pajares.

Para proceder a escuchar y evaluar la sustentación pública de la tesis titulada *RESPUESTA SÍSMICA DE UNA EDIFICACIÓN EN LA CIUDAD DE CHOTA USANDO EL MÉTODO ESTÁTICO Y DINÁMICO (MODAL ESPECTRAL - TIEMPO HISTORIA)*, presentado por la Bachiller en Ingeniería Civil **ANTONY BRAYAN IDROGO VILLENA**; asesorado por el Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno, para la obtención del Título Profesional

Los Señores Miembros del Jurado replicaron al sustentante debatieron entre sí en forma libre y reservada y lo evaluaron de la siguiente manera:

EVALUACIÓN PRIVADA : 07 PTS.
EVALUACIÓN PÚBLICA : 10 PTS.
EVALUACIÓN FINAL : 17 PTS *Dice sírate* (En letras)

En consecuencia, se lo declara *APROBADO* con el calificativo de *17 (Catorce y seis) (17)* acto seguido, el presidente del jurado hizo saber el resultado de la sustentación, levantándose la presente a las *10:30 am* horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el acto, para constancia se firmó por quintuplicado.

Dr. Ing. Mauro Augusto Centurión Vargas.
Presidente

M.Cs. Ing. Manuel Lincoln Minchán Pajares.
Secretario

Ing. Marcos Mendoza Linares.
Vocal

Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno.
Asesor

COPYRIGHT © 2026 by
ANTONY BRAYAN IDROGO VILLENA
Todos los derechos reservados

AGRADECIMIENTO

A Dios por guiarme en el quehacer diario, permitir que siga adelante en mis proyectos de vida disfrutando las alegrías y superando las tristezas, también, al Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno, por su tiempo, sus instrucciones, por su manera de ser, en el pasado como mi docente y hoy por encaminar el presente trabajo, por otro lado, a todos los docentes de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Cajamarca, por transmitirme todos los conocimientos necesarios que nos servirán en la vida profesional, además, a mis amigos, por los trabajos ejecutados y las experiencias compartidas.

DEDICATORIA

A Dios, porque cada día bendice mi existencia, brindándome la oportunidad de disfrutar lo valioso que tengo en la vida.

A mis padres, Nilo Agustín y Adelaida, les agradezco por su comprensión durante los momentos difíciles y otros no tanto. Ellos me han enseñado a enfrentar los desafíos sin perder la fe ni rendirme en la búsqueda de mis objetivos.

A mi hermana Kattia y Rocío por su amor y por estar a mi lado en cada instante de mi vida. A mis sobrinas Nycole y Fernanda por llenar de alegría mis días y en el cielo a mi hermana Tania por cuidarme siempre.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	iii
DEDICATORIA	iv
ÍNDICE DE CONTENIDO	v
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN	xii
ABSTRACT.....	xiii
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Formulación del problema	4
1.3. Hipótesis.....	4
1.4. Variables:	4
1.5. Justificación de la investigación	4
1.6. Alcances o delimitación de la investigación	6
1.7. Limitaciones de la investigación.....	7
1.8. Objetivos	8
1.9. Descripción de los contenidos.....	8
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO	10
2.1. Antecedentes teóricos.....	10
2.2. Bases teóricas	12
2.3. Definición de términos básicos	26
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	29
3.1. Ubicación de la zona de estudio.....	29
3.2. Época de la investigación.....	29
3.3. Tipo de investigación	29
3.4. Nivel de investigación.....	29

3.5.	Diseño de investigación	30
3.6.	Población de estudio	30
3.7.	Muestra.....	30
3.8.	Unidad de análisis.	30
3.9.	Técnicas e instrumentos de recopilación de información	30
3.10.	Procedimientos	32
3.11.	Recolección y análisis de datos.....	34
3.12.	Sismicidad de la zona donde se ubican los módulos I y II	74
3.13.	Estudio de la topografía por una probable amplificación de las ondas sísmica.....	75
3.14.	Presentación de resultados	76
3.15.	Determinación de la respuesta sísmica de la edificación.....	96
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS		98
4.1.	Determinación de la respuesta sísmica	98
4.2.	Determinación de las deformaciones máximas (desplazamientos y derivas)	98
4.3.	Determinación de las cortantes basales.....	100
4.4.	Determinación de las fuerzas internas máximas	101
4.5.	Contrastación de la hipótesis.....	103
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		104
5.1.	Conclusiones	104
5.2.	Recomendaciones.....	104
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		106
APÉNDICE:.....		109
ANEXOS:.....		117

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Factor de zona	15
Tabla 2 Clasificación de los perfiles de suelo.....	16
Tabla 3 Factor suelo "S".....	17
Tabla 4 Períodos "TP" y "TL"	17
Tabla 5 Categoría de las edificaciones y factor "U"	18
Tabla 6 Sistemas estructurales "R0"	19
Tabla 7 Límites para la distorsión del entrepiso	26
Tabla 8 Módulo I y II - coordenadas UTM – WGS 86.....	29
Tabla 9 Datos del estudio de mecánica de suelos (ver anexo)	37
Tabla 10 Módulo I y II - peso por nivel	44
Tabla 11 Módulo I - cálculo del coeficiente de reducción sísmica, dirección X-X y Y-Y.....	45
Tabla 12 Módulo II - Cálculo del coeficiente de reducción sísmica, dirección X-X y Y-Y.....	45
Tabla 13 Módulo I – verificación del sistema estructural, dirección X-X y Y-Y	46
Tabla 14 Módulo II - verificación del sistema estructural, dirección X-X y Y-Y.....	46
Tabla 15 Módulo I - distribución del cortante estático	47
Tabla 16 Módulo II - distribución del cortante estático, dirección X-X.....	49
Tabla 17 Módulo II - distribución del cortante estático, dirección Y-Y	50
Tabla 18 Módulo I - parámetros sísmicos para el espectro de diseño, dirección X-X y Y-Y ..	51
Tabla 19 Módulo I - ordenadas espectrales para el espectro de diseño, dirección X-X y Y-Y ..	52
Tabla 20 Módulo I – fuerza cortante análisis modal espectral, dirección X-X	54
Tabla 21 Módulo I – fuerza cortante análisis modal espectral, dirección Y-Y	55
Tabla 22 Módulo II - parámetros sísmicos del para espectro de diseño, dirección X-X.....	57
Tabla 23 Módulo II - ordenadas espectrales para el espectro de diseño, dirección X-X.....	57
Tabla 24 Módulo II - parámetros sísmicos para espectro de diseño, dirección Y-Y	60
Tabla 25 Módulo II - ordenadas espectrales para el espectro de diseño, dirección Y-Y	60
Tabla 26 Módulo II – fuerza cortante análisis modal espectral, dirección X-X	63
Tabla 27 Módulo II – fuerza cortante análisis modal espectral, dirección Y-Y	64
Tabla 28 Descripción de los eventos sísmicos usados	65
Tabla 29 Comparación de las aceleraciones máximas de sismos con la gravedad	66
Tabla 30 Módulo I – análisis estático - desplazamientos y derivas, dirección X-X	77

Tabla 31 Módulo I – análisis estático – desplazamientos y derivas, dirección Y-Y	78
Tabla 32 Módulo I – análisis modal espectral – desplazamientos y derivas, dirección X-X	79
Tabla 33 Módulo I – análisis modal espectral – desplazamientos y derivas, dirección Y-Y.....	80
Tabla 34 Módulo I – análisis tiempo historia – desplazamientos y derivas, dirección X-X.....	82
Tabla 35 Módulo I – análisis tiempo historia – desplazamientos y derivas, dirección Y-Y.....	82
Tabla 36 Módulo I - análisis estático - cortantes basales, dirección X-X y Y-Y	84
Tabla 37 Módulo I - análisis modal espectral - cortantes basales, dirección X-X y Y-Y	84
Tabla 38 Módulo I - análisis tiempo historia - cortantes basales, dirección X-X y Y-Y.....	84
Tabla 39 Módulo I – resumen de cortantes basales, dirección X-X y Y-Y.....	85
Tabla 40 Módulo I – fuerzas internas máximas, momentos y cortantes	85
Tabla 41 Módulo II - análisis estático - desplazamientos y derivas, dirección X-X.....	86
Tabla 42 Módulo II - análisis estático - desplazamientos y derivas, dirección Y-Y	87
Tabla 43 Módulo II - análisis modal espectral - desplazamientos y derivas, dirección X-X	89
Tabla 44 Módulo II - análisis modal espectral - desplazamientos y derivas, dirección Y-Y.....	90
Tabla 45 Módulo II - análisis tiempo historia - desplazamientos y derivas, dirección X-X.....	91
Tabla 46 Módulo II - análisis tiempo historia - desplazamientos y derivas, dirección Y-Y.....	92
Tabla 47 Módulo II – análisis estático - cortantes basales, dirección X-X	93
Tabla 48 Módulo II – análisis estático - cortantes basales, dirección Y-Y	94
Tabla 49 Módulo II – análisis modal espectral- cortantes basales, dirección X-X.....	94
Tabla 50 Módulo II – análisis modal espectral- cortantes basales, dirección Y-Y	94
Tabla 51 Módulo II – análisis tiempo historia - cortantes basales, dirección X-X	95
Tabla 52 Módulo II – análisis tiempo historia - cortantes basales, dirección Y-Y.....	95
Tabla 53 Modulo II – resumen de cortantes basales, dirección X-X y Y-Y	95
Tabla 54 Módulo II – fuerzas internas máximas, momentos y cortantes.....	96
Tabla 55 Respuesta sísmica de la edificación.....	97
Tabla 56 Módulo I - fuerzas internas máximas en columnas, dirección X-X	109
Tabla 57 Módulo I - fuerzas internas máximas en columnas, dirección Y-Y	109
Tabla 58 Módulo I - fuerzas internas máximas en vigas, dirección X-X y Y-Y	110
Tabla 59 Módulo I - fuerzas internas máximas en placas, dirección X-X y Y-Y	110
Tabla 60 Módulo II - fuerzas internas máximas en columnas, dirección X-X.....	111
Tabla 61 Módulo II - fuerzas internas máximas en columnas, dirección Y-Y	112

Tabla 62 Módulo II - fuerzas internas máximas en vigas, dirección X-X y Y-Y.....	112
Tabla 63 Módulo II - fuerzas internas máximas en placas, dirección X-X y Y-Y.....	112
Tabla 64 Módulo I - irregularidad de rigidez - piso blando.....	113
Tabla 65 Módulo I - irregularidades de resistencia – piso débil.....	114
Tabla 66 Módulo I - irregularidad.....	114
Tabla 67 Módulo II - irregularidad de rigidez – piso blando.....	115
Tabla 68 Módulo II - irregularidades de resistencia – piso débil	115
Tabla 69 Módulo II - verificación de irregularidad	116

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Factor de zona.....	15
Figura 2 Metodología realizada en la presente investigación.....	32
Figura 3 Definición de las propiedades mecánicas del concreto	39
Figura 4 Definición de las propiedades mecánicas del acero de refuerzo	39
Figura 5 Lista de las secciones de los elementos estructurales.....	40
Figura 6 Módulo I - modelamiento estructural en Etabs vista en planta	40
Figura 7 Módulo I - modelamiento estructural en Etabs vista isométrica	41
Figura 8 Módulo II - modelamiento estructural en Etabs vista en planta	41
Figura 9 Módulo II - modelamiento estructural en Etabs vista isométrica	42
Figura 10 Módulo I - periodo de vibración, dirección X-X y Y-Y	43
Figura 11 Módulo II - periodo de vibración, dirección X-X y Y-Y	44
Figura 12 Módulo II - cortante estático por nivel, dirección X-X y Y-Y.....	48
Figura 13 Módulo II - cortante estático por nivel, dirección X-X	50
Figura 14 Módulo II - cortante estático por nivel, dirección Y-Y.....	51
Figura 15 Módulo I - espectro de diseño, dirección X-X y Y-Y	53
Figura 16 Módulo I - espectro de diseño incorporado al programa Etabs	54
Figura 17 Módulo I – fuerza cortante análisis modal espectral, dirección X-X	55
Figura 18 Módulo I – fuerza cortante análisis modal espectral, dirección Y-Y.....	56
Figura 19 Módulo II - espectro de diseño, dirección X-X	58
Figura 20 Módulo II - espectro de diseño incorporado al programa Etabs, dirección X-X	59
Figura 21 Módulo II - espectro de diseño, dirección Y-Y.....	61
Figura 22 Módulo II - espectro de diseño incorporado al programa Etabs, dirección Y-Y.....	62
Figura 23 Módulo II – fuerza cortante análisis modal espectral, dirección X-X	63
Figura 24 Módulo II – fuerza cortante análisis modal espectral, dirección Y-Y.....	64
Figura 25 Página web de la obtención de registros sísmicos.....	66
Figura 26 Señal sísmica Lima 1974 EW	67
Figura 27 Señal sísmica Lima 1974 NS	67
Figura 28 Espectros de respuesta del registro sísmico Lima 1974	68
Figura 29 Señal sísmica Ica 2007 EW	68
Figura 30 Señal sísmica Ica 2007 NS	69

Figura 31 Espectros de respuesta del registro sísmico Ica 2007	69
Figura 32 Señal sísmica Barranca, Loreto 2021 EW	70
Figura 33 Señal sísmica Barranca, Loreto 2021 NS	70
Figura 34 Espectros de respuesta del registro sísmico Barranca, Loreto 2021.....	71
Figura 35 Espectro de respuesta SRSS promedio escalado al espectro elástico-0.2 T y 1.5 T..	72
Figura 36 Incorporación de registro sísmico a Etabs componente NS	72
Figura 37 Incorporación de registro sísmico a Etabs componente EW	73
Figura 38 Incorporación de todos los registros sísmicos a Etabs	73
Figura 39 Sismos registrados en el norte del Perú en los últimos años.	74
Figura 40 Amplificación sísmica, terreno plano y laderas con pendiente (10°,20° y 30°).	76
Figura 41 Módulo I – análisis estático - desplazamientos, dirección X-X	77
Figura 42 Módulo I – análisis estático – desplazamientos, dirección Y-Y	78
Figura 43 Módulo I – análisis estático – derivas, dirección X-X y Y-Y.....	79
Figura 44 Módulo I – análisis modalpectral – desplazamientos, dirección X-X	80
Figura 45 Módulo I – análisis modalpectral – desplazamientos, dirección Y-Y.....	81
Figura 46 Módulo I – análisis modalpectral – derivas, dirección X-X y Y-Y	81
Figura 47 Módulo I – análisis tiempo historia – desplazamientos, dirección X-X y Y-Y.....	83
Figura 48 Módulo I – análisis tiempo historia – derivas, dirección X-X y Y-Y.....	83
Figura 49 Módulo II - análisis estático - desplazamientos, dirección X-X.....	87
Figura 50 Módulo II - análisis estático - desplazamientos, dirección Y-Y	88
Figura 51 Módulo II - análisis estático - derivas, dirección X-X y Y-Y	88
Figura 52 Módulo II - análisis modalpectral - desplazamientos, dirección X-X	89
Figura 53 Módulo II - análisis modalpectral - desplazamientos, dirección Y-Y	90
Figura 54 Módulo II - análisis modalpectral - derivas, dirección X-X y Y-Y	91
Figura 55 Módulo II - análisis tiempo historia - desplazamientos, dirección X-X y Y-Y	92
Figura 56 Módulo II - análisis tiempo historia - derivas, dirección X-X y Y-Y.....	93

RESUMEN

En las últimas décadas, en el mundo, se han registrado sismos de magnitudes considerables los cuales han causado daños graves en la población y fallas estructurales irreparables , por ejemplo, el sismo de Turquía en el año 2023 los resultados demostraron que las derivas entre pisos de la mayoría de edificios superaron los límites máximos prescritos en la normativa sísmica, así mismo, en Perú las investigaciones donde se analicen de forma detallada cómo las estructuras universitarias responden a la demanda sísmica real es limitado, por otro lado, en la provincia de Chota surge un problema notorio desde la elaboración del expediente técnico, el cual se realiza sin criterio e interpretación de la edificación y de su entorno, por lo tanto, se evidencia la importancia de un análisis estructural adecuado con el fin de cumplir con la filosofía de la Norma Técnica Peruana E.0.30, la cual es de aplicación obligatoria en todo el territorio, por ello, esta investigación tuvo como objetivo determinar la respuesta sísmica de una edificación ubicada en la ciudad de Chota usando el método estático y dinámico (modal espectral - tiempo historia), realizando el análisis según la norma en mención y el modelado en el software EtabsV21 se concluyó que la respuesta sísmica de una edificación en la ciudad de Chota usando el método estático aumenta en 5% respecto al método dinámico modal espectral y disminuye en 25% respecto al método dinámico tiempo historia, por lo cual las derivas están dentro de los límites permisibles de la norma (<0.007 y <0.00875 TH), para el análisis estático se obtuvo una deriva máxima de 0.00647, en el modal espectral de 0.00617 y para el tiempo historia de 0.00868; por otro lado, la cortante basal máxima es de 595.96710 tnf y las fuerzas internas máximas en placas son: $V_{max} = 423.16570$ tnf y $M_{max} = 10051.09730$ tnf.m que corresponden al análisis tiempo historia.

Palabras claves: respuesta sísmica, método estático, análisis dinámico modal espectral, análisis dinámico tiempo - historia.

ABSTRACT

In recent decades, earthquakes of considerable magnitude have been recorded around the world, causing serious damage to the population and irreparable structural faults, for example, the earthquake in Turkey in 2023 showed that the drifts between floors in most buildings exceeded the maximum limits prescribed in seismic regulations. Likewise, in Peru, research that analyses in detail how university structures respond to actual seismic demand is limited. On the other hand, in the province of Chota, a notable problem has arisen since the technical file was prepared, which was done without criteria or interpretation of the building and its surroundings. Therefore, highlighting the importance of proper structural analysis in order to comply with the philosophy of Peruvian Technical Standard E.0.30, which is mandatory throughout the country. Therefore, the objective of this research was to determine the seismic response of a building located in the city of Chota using the static and dynamic method (spectral modal - time history), performing the analysis according to the aforementioned standard and modelling in EtabsV21 software. It was concluded that the seismic response of a building in the city of Chota using the static method increases by 5% compared to the dynamic modal spectral method and decreases by 25% compared to the dynamic time history method. Therefore, the deviations are within the permissible limits of the standard (<0.007 and <0.00875 TH). For the static analysis, a maximum deviation of 0.00647 was obtained, in the spectral modal analysis of 0.00617, and for the time history analysis of 0.00868. On the other hand, the maximum basal shear is 595.96710 tnf, and the maximum internal forces in plates are: $V_{max} = 423.16570$ tnf and $M_{max} = 10051.09730$ tnf.m, which correspond to the time history analysis.

Keywords: seismic response, static method, spectral modal dynamic analysis, time-history dynamic analysis.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

En las últimas décadas, en todo el mundo, los sismos han demostrado que los movimientos o desplazamientos relativos entre pisos llamados derivas sísmicas máximas, son un parámetro crucial para evaluar la respuesta sísmica de los elementos estructurales, además, determinan la magnitud de los daños ocasionados en las mismas (Munjy & Botros, 2025). Ejemplo de ello es el evento sísmico significativo sucedido en Turquía en el año 2023 donde los resultados demostraron que las derivas entre pisos de la mayoría de edificios superaron los límites máximos de deriva prescritos en la normativa sísmica, demostrando la insuficiente resiliencia de las edificaciones, es así que, el problema se evidencia cuando las edificaciones experimentan desplazamientos laterales excesivos los cuales causan daños graves y fallas estructurales comprometiendo la seguridad de la población y la vida útil de las edificaciones (Altıok et al., 2024).

En Perú, las investigaciones que analizan de forma detallada cómo las estructuras universitarias responden a la demanda sísmica real es limitada, especialmente considerando las normativas basadas en desplazamientos permisibles, tales como los límites otorgados por la Norma Técnica Peruana E.030 “Diseño sismorresistente”, esto se agrava por la ausencia de estudios que comparen derivas máximas reales o simuladas en edificios universitarios con los criterios normativos vigentes utilizando análisis dinámicos lineales o tiempo historia, los cuales son herramientas clave para cuantificar con mayor precisión el daño potencial frente a movimientos sísmicos complejos, así mismo, la deriva máxima entre niveles es un parámetro fundamental para evaluar la respuesta estructural de edificios sometidos a cargas sísmicas, ya que se relaciona directamente con la aparición de daño estructural y no estructural, así como con la

capacidad del edificio para mantener su función después de un sismo (Quezada Ramos et al., 2020).

El norte del territorio peruano se encuentra ubicado en una zona donde la placa oceánica de Nazca y la placa continental Sudamérica interaccionan, es por ello se considera lugar de alta sismicidad, lo que genera un escenario de riesgo permanente para la población y los diferentes tipos de edificaciones, (IGP, 2020). En la provincia de Chota, se ha realizado algunos estudios relacionados a la respuesta estructural de las edificaciones educativas frente a eventuales sismos, por ejemplo se identificó que el módulo N° 2 de la Institución Educativa N° 10386, ubicado en el centro poblado de Cuyumalca en el distrito de Chota, sometido a fuerzas sísmicas simuladas experimenta derivas máximas superiores a los límites permisibles según la Norma Técnica Peruana E.030 “Diseño sismorresistente”, es decir, las derivas relativas entre pisos alcanzaron valores que exceden al máximo normativo de 0.007 para estructuras de concreto armado, lo que indica que dichas deformaciones son lo suficientemente altas como para producir deformaciones permanentes y riesgo de fallo estructural bajo un sismo intenso (Cabrerá, L. & Muñoz, E. 2025).

Así mismo, en el contexto del análisis y diseño de edificaciones educativas en la provincia de Chota, se sabe que el estudio definitivo a nivel expediente técnico constituye el documento fundamental que define los criterios estructurales, constructivos y normativos que garantizan la seguridad y funcionalidad de la edificación frente a diversas acciones, entre ellas la acción sísmica, sin embargo, en diversos proyectos de infraestructura educativa se puede evidenciar que el análisis estructural desarrollado en la etapa mencionada no siempre responde a un criterio profesional riguroso, sino que se limita al cumplimiento formal de requisitos mínimos, sin una adecuada interpretación técnica de las características reales de la edificación y de su entorno, por otro lado, la situación empeora en la etapa de ejecución de los proyectos donde se puede verificar la falta de

control en la calidad de los materiales durante la ejecución de los proyectos, conllevando a la falla estructural de la edificación siendo en muchos casos irreversibles frente a las acciones sísmicas.

La Norma Técnica Peruana E.030 “Diseño sismorresistente” (2018), nos menciona que las edificaciones esenciales como los centros educativos de gran concurrencia estudiantil, deben diseñarse con mayores exigencias de seguridad a fin de garantizar una buena respuesta estructural y así asegurar la continuidad del servicio luego de ocurrido un eventual sismo, evitando pérdidas de vidas humanas y económicas; por otro lado, dicha norma menciona que además del método de análisis estático y dinámico modales espectrales, el análisis tiempo-historia constituye un procedimiento complementario válido para el estudio de edificaciones educativas, sin embargo, en la práctica, este método es usado de manera limitada por los profesionales en el país debido a la carencia de registros sísmicos representativos, falta de capacitación especializada y el mayor costo computacional que demanda su aplicación.

Por otro lado, la mayoría de las edificaciones son analizadas únicamente mediante análisis estáticos – dinámico modal espectral, los cuales, si bien son aceptados, no siempre reflejan el comportamiento dinámico de la estructura verdadero frente a eventuales sismos, por otro lado, el análisis tiempo historia es el procedimiento más completo para predecir la respuesta estructural, ya que permite estudiar con mayor precisión desplazamientos, aceleraciones y posibles mecanismos de falla en función del tiempo; por lo tanto, la escasa aplicación de este método en el territorio peruano representa una problemática crítica, pues limita la confiabilidad del diseño estructural, aumentando el riesgo de pérdidas humanas y dejando a las edificaciones con daños considerables incluso irreversibles ante futuros eventos sísmicos produciendo pérdidas económicas (Chopra, 2017).

Encaminada en determinar la respuesta estructural de la edificación educativa ante eventuales sismos; surgió la necesidad de evaluar el módulo I y II del pabellón de bienestar universitario de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, ubicada en el distrito de Chota, provincia de Chota del departamento de Cajamarca, con el objetivo de determinar la respuesta sísmica mediante el análisis estático, dinámico modal espectral y el análisis dinámico tiempo historia, considerando como base los límites, parámetros, restricciones y procedimientos dados por la Norma Técnica Peruana E.0.30 “Diseño sismorresistente” 2018.

1.2. Formulación del problema

¿Cuánto es la respuesta sísmica de una edificación en la ciudad de Chota usando el método estático y dinámico (modal espectral - tiempo historia) según la Norma Técnica Peruana E.0.30 (2018)?

1.3. Hipótesis

1.3.1. Hipótesis general

La respuesta sísmica de una edificación en la ciudad de Chota usando el método estático aumenta en 5% respecto al método dinámico modal espectral y disminuye en 25% respecto al método dinámico tiempo historia, según la Norma Técnica Peruana E.0.30 (2018).

1.4. Variables:

Variable: Respuesta sísmica.

1.5. Justificación de la investigación

A continuación, se detalla las justificaciones que conllevaron a determinar la respuesta sísmica del módulo I y II del pabellón de bienestar universitario de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, la cual está ubicada en el distrito de Chota, provincia de Chota del departamento de Cajamarca:

En cuanto a la justificación teórica, la presente investigación se desarrolló según la Norma Técnica Peruana E.0.30 “Diseño sismorresistente” (2018) a fin de determinar la respuesta sísmica de una edificación, debido al historial sísmico que presenta el norte del territorio peruano, siempre ha estado expuesto a fenómenos sísmicos de escalas moderadas a severas, por ello, las edificaciones educativas deberían ser analizadas y diseñadas para responder con eficiencia durante un sismo.

Por otro lado, en la justificación práctica, esta investigación apunta en la necesidad de mejorar la funcionalidad de las edificaciones en el sector educativo garantizando la seguridad frente a ocurrencias de sismos, también los resultados finales de la presente investigación pueden ser aplicados en la elaboración y revisión de estudio definitivos a nivel de expediente técnico de infraestructura educativa contribuyendo a fortalecer la aplicación correcta la Norma Técnica Peruana E.0.30 – “Diseño sismorresistente” (2018) y también incentivando la utilización del método de análisis tiempo historia.

La justificación metodológica se fundamenta en la necesidad de aplicar métodos de análisis estructural que permitan determinar la respuesta sísmica con precisión, es por ello, que se adopta un enfoque cuantitativo para esta investigación de tipo aplicada y descriptiva, ya que se analiza parámetros estructurales mediante modelos numéricos según la Norma Técnica Peruana E.0.30 – “Diseño sismorresistente” (2018), además, se utilizó el análisis tiempo – historia complementando a los ya mencionados, debido a que este nos permite obtener resultados más realistas, además, se utiliza el software Etabs V21, el cual está justificado por la capacidad que posee de simular de manera confiable la respuesta sísmica de las edificaciones, de esta manera, la metodología aplicada en la presente investigación asegura que los resultados sean confiables y pertinentes para edificaciones educativas.

Por otro lado, la justificación social, esta investigación tiene un gran impacto, debido a que los módulos I y II concentraran diariamente a bastante población estudiantil, personal administrativo, docentes y otros, por lo que, la óptima respuesta sísmica de la edificación resulta esencial para la protección de sus vidas.

Finalmente, en el ámbito económico se justifica, al determinar la respuesta sísmica de una edificación educativa permite optimizar recursos en el diseño y construcción, reduciendo significativamente los gastos asociados a reconstrucción o reparación, por otro lado, luego de un sismo evita la interrupción de las actividades académicas, lo que repercute notablemente en la economía de la institución y de los estudiantes.

1.6. Alcances o delimitación de la investigación

- La Universidad Nacional Autónoma de Chota está conformado por 6 pabellones: facultad de ciencias agrarias, ciencias contables y empresariales, ciencias de la ingeniería, ciencias de la salud, biblioteca general y el pabellón de bienestar universitario, este último se ha considerado como la muestra en la presente investigación.
- El pabellón de bienestar universitario está conformado por el módulo I y II, los cuales están contiguos y separados por una junta dilatación; el módulo I presenta un sistema estructural dual en la dirección X-X y Y-Y, por otro lado, el módulo II en la dirección X-X es dual y en Y-Y se considera un sistema de muros estructurales, dichos módulos son de configuración regular, por lo tanto, teniendo en cuenta lo anterior cada módulo ha sido estudiado por separado.
- Se determinó la respuesta sísmica del módulo I y II bienestar universitario de la Universidad Nacional Autónoma de Chota realizando un análisis lineal usando los

métodos: estático, dinámico modal espectral y el dinámico tiempo - historia, siguiendo los parámetros, límites y restricciones de la Norma Técnica Peruana E.0.30 “Diseño sismorresistente” (2018).

- En el análisis tiempo - historia se utilizaron 3 registros sísmicos: Lima 1974, Ica 2007 y Barranca 2021, los suelos donde se registraron estos eventos son similares al suelo donde se realiza la presente investigación.
- Se realizó el modelamiento con ayuda del software Etabs V21, basándose solamente en el expediente técnico (planos estructurales, propiedades de materiales, estudio de mecánica de suelos) y en los parámetros dados por la Norma Técnica Peruana E.0.30 “Diseño sismorresistente” (2018).
- Se determinó por cada método de análisis las deformaciones máximas: desplazamientos y derivas, los resultados de este último ha sido verificado según los límites permisibles dados por la Norma Técnica Peruana E.0.30 “Diseño sismorresistente” (2018).
- Además de ello se determinaron las cortantes basales y fuerzas internas máximas de los elementos estructurales, todo esto realizado para cada método de análisis sísmico.
- Los resultados obtenidos son válidos para edificaciones esenciales (educativas) ubicadas en zona sísmica 2 de Chota y para suelos S3 (suelos blandos).

1.7. Limitaciones de la investigación

- No se realizó ensayos de esclerometría.
- Falta de registros sísmicos locales.
- No se verificó las medidas estructurales de los módulos, debido a los problemas actuales de ejecución de obra.

1.8. Objetivos

1.8.1. *Objetivo general*

- Determinar la respuesta sísmica de una edificación en la ciudad de Chota usando el método estático y dinámico (modal espectral - tiempo historia) según la Norma Técnica Peruana E.0.30 (2018).

1.8.2. *Objetivos específicos*

- Determinar las deformaciones máximas de una edificación en la ciudad de Chota usando el método estático y dinámico (modal espectral - tiempo historia).
- Determinar las cortantes basales máximas de una edificación en la ciudad de Chota usando el método estático y dinámico (modal espectral - tiempo historia).
- Determinar las fuerzas internas máximas de una edificación en la ciudad de Chota usando el método estático y dinámico (modal espectral - tiempo historia).

1.9. Descripción de los contenidos

- **CAPITULO I. INTRODUCCIÓN:** Aquí se desarrolla el planteamiento, la formulación del problema, la hipótesis y los objetivos; además se detalló la delimitación y finalmente las limitaciones que se tuvo en la investigación.
- **CAPITULO II. MARCO TEÓRICO:** En esta sección se expone los antecedentes considerados como pilares en esta investigación, también, se presenta la base teórica y el concepto de términos básicos con el fin de tener un mayor entendimiento del tema.
- **CAPITULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN:** por otro lado, aquí se presente los materiales y métodos planteados para el desarrollo de la investigación.

- **CAPITULO IV. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS:** Se presenta la síntesis de los resultados obtenidos, detallando el análisis y su interpretación de acuerdo a la teoría utilizada.
- **CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:** En esta sección se plasma las conclusiones finales y algunas sugerencias obtenidas como producto de la investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APÉNDICE

ANEXOS

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes teóricos

2.1.1. *Antecedentes internacionales*

Pichucho (2024) en su tesis: “*Análisis sísmico comparativo por el método modal espectral y tiempo-historia de un edificio de hormigón armado en manta*”, llevó a cabo un estudio y comparación utilizando análisis modal espectral y de tiempo historia en un edificio de hormigón armado en Manta, Ecuador; para ello, desarrolló dos modelos en Etabs que incluían aislamiento sísmico, tomando en cuenta las regulaciones del NEC, ACI y ASCE; los hallazgos mostraron que el análisis modal espectral resulta ser más conservador al evaluar las vigas, mientras que las derivas permanecen por debajo del límite permitido, mostrando una mayor demanda de las cargas laterales en el análisis modal espectral lo que implica mayores derivas.

Proaño (2021) en su tesis: “*Estudio de vulnerabilidad sísmica, análisis lineal estático y modal espectral en base a las tipologías estructurales más comunes, zona de estudio localizada en el sector de la California-Bonanza en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ)*”; efectuó un examen de respuesta de las estructuras a través del análisis lineal y modal espectral, en concordancia con la NEC del año 2015; encontraron que los desplazamientos de los pisos calculados usando ambos análisis cumplen con la Norma estudiada, por otro lado, el cortante dinámico no se puede igualar al método estático, mostrando resultados que varían considerablemente, concluyendo que el análisis modal espectral otorga resultados más conservadores y realistas para edificios medianos y altos en comparación a los resultados obtenidos del análisis estático.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Poma & Rodríguez (2020), en su tesis: “*Aplicación de la Norma Técnica Sismorresistente E.030 para evaluar el comportamiento sísmico del edificio Las Mercedes del distrito de Cercado de Lima*”, se propuso utilizar la Norma Técnica Peruana E.0.30 “Diseño sismorresistente” (2018) para analizar la respuesta estructural del edificio Las Mercedes, emplearon los métodos de análisis sísmico lineales tanto estáticos como dinámicos mediante el espectro modal, gracias a esta teoría, se lograron obtener conceptos útiles para comprender mejor los límites de la norma referenciada y la relevancia de aplicar tecnología para predecir el comportamiento de nuevas construcciones y de construcciones que ya estuvieron; la metodología tuvo un enfoque cuantitativo aplicado; en base a los resultados se concluyó que si cumplen con la Norma Técnica Peruana E.0.30 “Diseño sismorresistente” (2018) en cuanto a sus límites, estricciones y parámetros, obteniendo derivas por debajo de 0.007, también calculo la relación de fuerza cortante, al ser menor al 90% la cortante dinámica en comparación a la estática, se debe usar factores de escala para diseñar nuevos elementos estructurales o un reforzamiento de los mismos en un futuro.

Del Carpio & Vásquez (2020) ejecutaron una investigación: “*Análisis comparativo de los métodos dinámicos Modal Espectral Tiempo Historia para una edificación de albañilería confinada en Parcona, Ica – 2020*”; para esto, emplearon un diseño transversal, descriptivo, y un muestreo por conveniencia que les permitió elegir las viviendas de 4 pisos hechas de albañilería que se ubican en el centro histórico del distrito de Parcona; los datos obtenidos indicaron que las derivas máximas que resultaron de la evaluación modal espectral eran ligeramente más altas que las derivas encontradas a través de la evaluación de tiempo historia, habiendo una diferencia del 26.29%, ambos métodos inferiores a 0.007 como establece la NTP E.030-2018, aplicable a edificios de ladrillo; culminaron resaltando que las fuerzas en la base según el análisis modal

espectral mostraron una diferencia de 17.72 % y 14.57 % en los ejes X-X y Y-Y respectivamente en relación al otro método empleado; finalmente estos análisis resultaron eficientes si se trata de determinar o comparar la respuesta sísmica de una construcción de albañilería confinada.

Vásquez & García (2021) tuvieron como finalidad evaluar *la respuesta sísmica en viviendas conformadas por sistemas estructurales mixtas del distrito de Chao, La Libertad 2021*; evaluaron 19 casas que emplean sistemas estructurales mixtos; ejecutaron un análisis de tiempo historia y modal espectral para evaluar cómo reaccionarían estas construcciones ante un sismo; los resultados mostraron que el 63 % de las viviendas cumplían con las normativas, en el caso de las derivas en los ejes X-X y Y-Y cumplieron el 95%; por otro lado, con respecto a los desplazamientos cumplieron el 63% y 79% tanto en X-X y para Y-Y respectivamente, por otra parte, en cuanto al esfuerzo axial lo máximo fue del 79%, siendo la más crítica la que presentó un 31% en la verificación de sismo moderado.

2.1.3. Antecedentes locales

Cabrera & Muñoz (2025) compararon *los análisis sísmico dinámico modal espectral y tiempo – historia para sismos de gran magnitud y frecuentes del país, caso: I.E. N° 10386 Cuyumalca, Chota*”, utilizando un enfoque cuantitativo y diseño cuasi experimental; tomaron como muestra 2 módulos del pabellón N° 2; el estudio reveló que el módulo 1 no cumple con los criterios de cortante dinámica y presenta derivas que sobrepasan los límites establecidos por la NTP E.030 (el 51.50% y 70.70% de la cortante estática en dirección X-X y Y-Y respectivamente), mientras que el módulo 2 sí cumple con la cortante dinámica pero también, excede los límites permitidos para las derivas (90.40% y 84.00%); en el análisis tiempo-historia, se encontraron deformaciones más marcadas y este método captura mejor los efectos lineales (con derivas

mayores a 0.7%) sugiriendo que es un método más conservador para la evaluación de la demanda sísmica.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. *Sistema estructural*

Los sistemas estructurales se definen como el conjunto de elementos: columnas, muros, vigas que interactúan en conjunto con el fin de soportar las cargas (cargas vivas y cargas muertas) y las fuerzas laterales (viento y sismo), garantizando una buena respuesta estructural (Hibbeler, 2018).

Existen diferentes sistemas estructurales según la Norma Técnica Peruana E.0.30 “Diseño Sismorresistente”, los cuales deben cumplir con los requisitos dados por la Norma Técnica Peruana E.0.60 concreto armado (MVCS, 2018).

A continuación, se detalla:

- **Pórticos:** El 80% de la fuerza cortante en la base actúa en las columnas de los pórticos (MVCS, 2018).
- **Muros estructurales:** Sistema donde actúa como mínimo 70% de la fuerza cortante en la base de los muros estructurales (MVCS, 2018).
- **Dual:** sistema dado por una combinación de muros estructurales y pórticos, donde la fuerza cortante de los muros es mayor al 20% y menor al 70% de la cortante de la edificación (MVCS, 2018).

2.2.2. *Filosofía y principios del diseño sismorresistente*

Según la Norma Técnica Peruana E.0.30 (2018) presenta requerimientos mínimos que deben cumplir las edificaciones a fin de garantizar una óptima respuesta sísmica, haciendo mención los siguientes: (MVCS, 2018).

Filosofía:

- Preservar la vida humana.
- Asegurar que los servicios sigan en funcionamiento.
- Reducir los daños de las edificaciones.

Principios:

- La estructura no debe causar daños a los habitantes de la edificación ni mucho menos colapsar.
- La estructura, de acuerdo a su ubicación, debe soportar los movimientos del suelo pudiendo experimentar algunos daños reparables.
- Para edificaciones esenciales, estas deben diseñarse para brindar operatividad y refugio luego de un eventual sismo.

2.2.3. Concepción estructural sismorresistente

La Norma Técnica Peruana E.0.30 (2018) a fin de contribuir a una mejorar respuesta estructural frente a un sismo, hace referencia las siguientes características y restricciones para el análisis, diseño y construcción de los diferentes tipos de edificaciones: (MVCS, 2018).

- Simetría
- Peso mínimo en niveles superiores.
- Consideraciones de acuerdo a las condiciones de la edificación
- Continuidad estructural en elevación y en planta.
- Deformación lateral limitada.
- Ductilidad
- Materiales y proceso constructivo adecuado.

2.2.4. Parámetros sísmicos según la Norma Técnica Peruana E.0.30, 2018.

Factor de zona. El territorio nacional se considera dividido en cuatro zonas, basada en la distribución espacial de la sismicidad observada en la tabla y figura 1 (MVCS, 2018).

Tabla 1

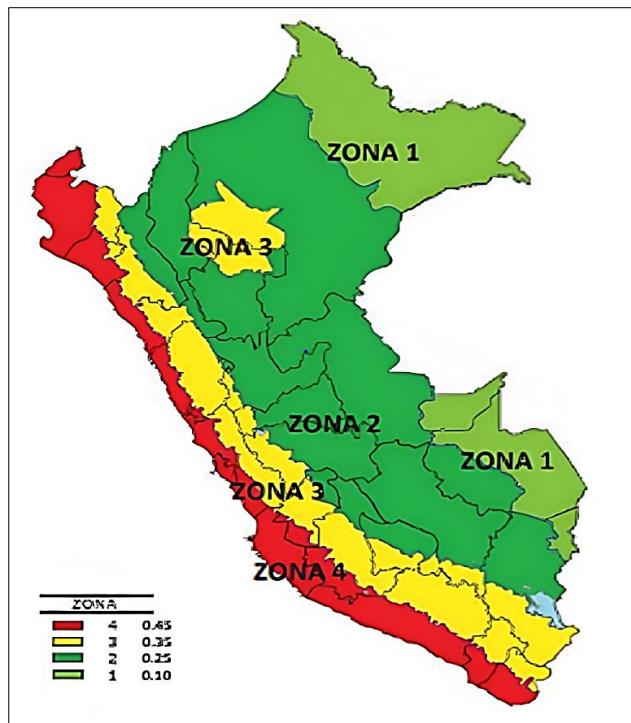
Factor de zona

Tabla N° 1 FACTORES DE ZONA “Z”	
ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

Fuente: Norma Técnica Peruana E.0.30 “Diseño sismorresistente”, 2018.

Figura 1

Factor de zona



Fuente: Norma Técnica Peruana E.0.30 “Diseño sismorresistente”, 2018.

Perfiles del suelo “S” y su clasificación. La clasificación de los perfiles de suelo se realiza de acuerdo a la velocidad promedio de propagación de las ondas de corte (\bar{V}_s), por otro lado, para suelos granulares, se considera el promedio ponderado de \bar{N}_{60} los obtenidos mediante los ensayos de penetración estándar (SPT), para suelos cohesivos se toma el promedio ponderado de la resistencia al corte en condición no drenada (\bar{S}_u). Estas propiedades se determinan para los 30 m superiores del perfil de suelo medidos desde el nivel del fondo de cimentación, se clasifican de la siguiente manera (MVCS, 2018).

- **Perfil tipo S₀:** roca dura (mayor a $\bar{V} = 1500 \text{ m/s}$).
- **Perfil tipo S₁:** roca o suelo muy rígido (entre $\bar{V} = 500 - 1500 \text{ m/s}$).
- **Perfil tipo S₂:** suelos intermedios (entre a $\bar{V} = 180 - 1500 \text{ m/s}$).
- **Perfil tipo S₃:** suelos blandos (menor o igual a $\bar{V} = 180 \text{ m/s}$)
- **Perfil tipo S₄:** suelos en condiciones desfavorables.

Donde: $\bar{V} = \text{velocidad promedio de propagación de ondas de corte}$.

Tabla 2

Clasificación de los perfiles de suelo

Tabla N° 2 CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO			
Perfil	\bar{V}_s	\bar{N}_{60}	\bar{S}_u
S ₀	> 1500 m/s	-	-
S ₁	500 m/s a 1500 m/s	> 50	>100 kPa
S ₂	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S ₃	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
S ₄	Clasificación basada en el EMS		

Fuente: Norma Técnica Peruana E.0.30 “Diseño sismorresistente”, 2018.

Parámetros del sitio (S, TP y TL). Considera el perfil de suelo que mejor describa las condiciones locales (MVCS, 2018).

Tabla 3

Factor suelo "S"

		Tabla N° 3 FACTOR DE SUELO “S”			
ZONA	SUELO	S_0	S_1	S_2	S_3
Z_4		0,80	1,00	1,05	1,10
Z_3		0,80	1,00	1,15	1,20
Z_2		0,80	1,00	1,20	1,40
Z_1		0,80	1,00	1,60	2,00

Fuente: Norma Técnica Peruana E.0.30 “Diseño sismorresistente, 2018.

Tabla 4

Períodos “TP” y “TL”

		Tabla N° 4 PERÍODOS “T_p” Y “T_L”			
		Perfil de suelo			
		S0	S1	S2	S3
T_p (s)		0,3	0,4	0,6	1,0
T_L (s)		3,0	2,5	2,0	1,6

Fuente: Norma Técnica Peruana E.0.30 “Diseño sismorresistente, 2018.

Factor de uso (U). Cada edificación se clasifica de acuerdo a las categorías mostradas en la Tabla 5, el valor del factor “U” se toma según el uso. Para edificios con aislamiento sísmico en la base se puede considerar U = 1 (MVCS, 2018).

Tabla 5*Categoría de las edificaciones y factor “U”*

Tabla N° 5 CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR “U”		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A Edificaciones Esenciales	<p>A1: Establecimientos del sector salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.</p> <p>A2: Edificaciones esenciales para el manejo de las emergencias, el funcionamiento del gobierno y en general aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. Se incluyen las siguientes edificaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. - Puertos, aeropuertos, estaciones ferroviarias de pasajeros, sistemas masivos de transporte, locales municipales, centrales de comunicaciones. - Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. - Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua. - Instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades. - Edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos. - Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado. 	Ver nota 1
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de buses de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se consideran depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1,5
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,3
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2

Nota 1: Las nuevas edificaciones de categoría A1 tienen aislamiento sísmico en la base cuando se encuentren en las zonas sísmicas 4 y 3. En las zonas sísmicas 1 y 2, la entidad responsable puede decidir si usa o no aislamiento sísmico. Si no se utiliza aislamiento sísmico en las zonas sísmicas 1 y 2, el valor de *U* es como mínimo 1,5.

Nota 2: En estas edificaciones se provee resistencia y rigidez adecuadas para acciones laterales, a criterio del proyectista.

Fuente: Norma Técnica Peruana E.0.30 “Diseño sismorresistente”, 2018.

Factor de amplificación sísmica (C).

La Norma Técnica Peruana E.0.30 toma las características de sitio y lo define según las expresiones que a continuación se presentan: (MVCS, 2018).

$$T < T_p \quad C = 2.5 \quad (0.1)$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 \left(\frac{T_p}{T_L} \right) \quad (0.2)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 \left(\frac{T_p T_L}{T} \right) \quad (0.3)$$

Donde: T es el periodo fundamental de vibración de la estructura que se interpreta como el factor de amplificación de la aceleración estructural respecto de la aceleración en el suelo.

Coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas (R₀)

Los sistemas estructurales se clasifican según los materiales usados y el sistema de estructuración sismorresistente en cada dirección de análisis (MVCS, 2018).

Tabla 6

Sistemas estructurales “R₀”

Tabla N° 7 SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coefficiente Básico de Reducción R ₀ (*)
Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	5
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	4
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	7
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	4
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada	3
Madera	7(**)

Fuente: Norma Técnica Peruana E.0.30 “Diseño sismorresistente, 2018.

2.2.5. Consideraciones generales para el análisis sísmico

Según la Norma Técnica Peruana E.0.30 para las estructuras regulares, el análisis puede hacerse considerando que el total de la fuerza sísmica actúa independientemente en dos direcciones ortogonales predominantes. Para estructuras irregulares se supone que la acción sísmica ocurre en la dirección que resulte más desfavorable para el diseño (MVCS, 2018).

También nos menciona, las solicitudes sísmicas verticales se consideran en el diseño de los elementos verticales, en elementos horizontales de gran luz, en elementos post o pretensados y en los voladizos o salientes de un edificio. Se considera que la fuerza sísmica vertical actúa en los elementos simultáneamente con la fuerza sísmica horizontal y en el sentido más desfavorable para el análisis (MVCS, 2018).

2.2.6. Análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes

La Norma Técnica Peruana E.0.30. menciona que en este método las fuerzas actuantes se consideran en el centro de masa de cada nivel de la edificación, además este método solamente se usa para edificaciones regulares menores a 30 m de altura ubicados en la zona 2, 3 y 4. A continuación se presenta las ecuaciones a utilizar: (MVCS, 2018).

2.2.6.1. Fuerza cortante en la base. La fuerza cortante total en la base, correspondiente a la dirección considerada, se determina por la siguiente ecuación (MVCS, 2018).

$$V = \frac{Z.U.C.S}{R} * P \quad (0.4)$$

El valor C/R (ecuación 0.5), no debe considerarse menor que:

$$\frac{C}{R} \geq 0.11 \quad (0.5)$$

2.2.6.2. Distribución de la fuerza sísmica en altura. Las Fuerzas Sísmicas horizontales en cualquier nivel i , correspondientes a la dirección considerada, se calcula según la siguiente ecuación: (MVCS, 2018).

$$F_i = \alpha_i V \quad (0.6)$$

$$\alpha_i = \frac{P_i(h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j(h_j)^k} \quad (0.7)$$

Donde: n corresponde al número de niveles de la edificación, y k es un exponente que depende del periodo fundamental de vibración de la estructura.

- Para T menor o igual a 0,5 segundos: $k = 1,0$.
- Para T mayor que 0,5 segundos: $k = (0,75 + 0,5 T) \leq 2,0$ s.

2.2.6.3. Período fundamental de vibración. El período fundamental de vibración para cada dirección se estima con la siguiente expresión: (MVCS, 2018).

$$T = \frac{h_n}{C_T} \quad (0.8)$$

Donde: $C_T = 35$, para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean únicamente: (MVCS, 2018).

- Pórticos de concreto armado sin muros de corte.
- Pórticos dúctiles de acero con uniones resistentes a momentos, sin arriostramiento.
- $C_T = 45$ Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean:
- Pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras.

- Pórticos de acero arriostrados. $C_T = 60$ para edificios de albañilería y para todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales, y muros de ductilidad limitada.

Alternativamente, puede usarse la siguiente expresión:

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{\left(\sum_{i=1}^n P_i \cdot d_i^2 \right)}{\left(g \cdot \sum_{i=1}^n f_i \cdot d_i \right)}} \quad (0.9)$$

Donde:

- f_i es la fuerza lateral en el nivel i correspondiente a una distribución en altura semejante a la del primer modo en la dirección de análisis (MVCS, 2018).
- d_i es el desplazamiento lateral del centro de masa del nivel i en traslación pura (restringiendo los giros en planta) debido a las fuerzas f_i . Los desplazamientos se calculan suponiendo comportamiento lineal elástico de la estructura y, para el caso de estructuras de concreto armado y de albañilería, considerando las secciones sin fisurar (MVCS, 2018).

Cuando el análisis no considere la rigidez de los elementos no estructurales, el período fundamental T se toma como 0,85 del valor obtenido con la fórmula precedente (MVCS, 2018).

2.2.6.4. Excentricidad accidental. Para estructuras con diafragmas rígidos, se supone que la fuerza en cada nivel (F_i) actúa en el centro de masas del nivel respectivo y se considera además de la excentricidad propia de la estructura, el efecto de excentricidades accidentales (en cada dirección de análisis) como se indica a continuación: (MVCS, 2018).

En el centro de masas de cada nivel, además de la fuerza lateral estática actuante, se aplica un momento torsor accidental (M_{ti}) que se calcula como: (MVCS, 2018).

$$M_{ti} = \pm F_i \cdot e_i \quad (0.1)$$

Para cada dirección de análisis, la excentricidad accidental en cada nivel (e_i), se considera como 0,05 veces la dimensión del edificio en la dirección perpendicular a la dirección de análisis.

2.2.7. Análisis dinámico modal espectral

La Norma Técnica Peruana E.030, estipula que cualquier estructura puede ser diseñada usando los resultados de los análisis dinámicos por combinación modal espectral (MVCS, 2018).

2.2.7.1. Modos de vibración. En cada dirección de análisis se consideran aquellos modos de vibración cuya suma de masas participativas sea por lo menos el 90% de la masa total, pero, se toma por lo menos los tres primeros modos de vibración predominantes en la dirección de análisis (MVCS, 2018).

2.2.7.2. Aceleración espectral. Para cada una de las direcciones analizadas se utiliza un espectro inelástico de pseudo – aceleraciones: (MVCS, 2018).

$$S_a = \frac{Z.U.C.S}{R} \cdot g \quad (0.11)$$

Se debe de tener en cuenta para el análisis en la dirección vertical puede usarse un espectro con valores iguales a los 2/3 del espectro empleado para las direcciones horizontal (MVCS, 2018).

Donde:

- S_a = Aceleración Espectral en cada dirección de Análisis
- Z = Factor de Zona
- U = Factor de Uso
- C = Factor de Amplificación Sísmica

- S = Factor de Suelo
- R = Coeficiente de Reducción de Fuerzas Sísmicas.
- g = Aceleración de la gravedad

Considerando los valores de C , excepto para la zona de períodos muy cortos ($T < 0,2 \text{ TP}$) en la que se considera: (MVCS, 2018).

$$T < 0,2T_p \quad C = 1 + 7,5 \left(\frac{T}{T_p} \right) \quad (0.12)$$

2.2.7.3. Fuerza cortante mínima. Para cada una de las direcciones consideradas en el análisis, la fuerza cortante en el primer entresuelo del edificio no puede ser menor que el 80% del valor calculado en el análisis estático para estructuras regulares, ni menor que el 90% para estructuras irregulares (MVCS, 2018).

2.2.7.4. Excentricidad accidental (efectos de torsión). se considera mediante una excentricidad accidental perpendicular a la dirección del sismo igual a 0,05 veces la dimensión del edificio en la dirección perpendicular a la dirección de análisis. En cada caso se considera el signo más desfavorable (MVCS, 2018).

2.2.8. Análisis dinámico tiempo historia

El análisis dinámico tiempo – historia, según la Norma Técnica Peruana E.0.30 puede emplearse como un procedimiento complementario al análisis estático por fuerzas equivalentes y al análisis dinámico modal espectral (MVCS, 2018).

2.2.8.1. Registros de aceleraciones.

- Según la Norma Técnica Peruana E.030, para el análisis se usan como mínimo tres conjuntos de registros de aceleraciones del terreno, cada uno de los cuales incluye dos componentes en direcciones ortogonales (MVCS, 2018).

- Para cada par de componentes horizontales de movimiento del suelo, se construye un espectro de pseudo aceleraciones tomando la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados (SRSS) de los valores espectrales calculados para cada componente por separado, con un 5% de amortiguamiento; Ambas componentes se escalan por un mismo factor, de modo que en el rango de períodos entre 0,2 T y 1,5 T (siendo T el período fundamental), el promedio de los valores espectrales SRSS obtenidos para los distintos juegos de registros no sea menor que la ordenada correspondiente del espectro de diseño, calculada con R = 1 (MVCS, 2018).
- Para la generación de registros simulados se consideran los valores de C, excepto para la zona de períodos muy cortos ($T < 0,2 \text{ TP}$) en la que se considera: (MVCS, 2018).

$$T < 0,2T_p \quad C = 1 + 7,5 \left(\frac{T}{T_p} \right) \quad (0.13)$$

2.2.8.2. Modelos para el análisis.

La Norma Técnica Peruana E.030 nos manifiesta lo siguiente:

- El comportamiento de los elementos es modelado de modo consistente con resultados de ensayos de laboratorio y toma en cuenta la fluencia, la degradación de resistencia, la degradación de rigidez, el estrechamiento de los lazos histérico, y todos los aspectos relevantes del comportamiento estructural indicado por los ensayos (MVCS, 2018).
- La resistencia de los elementos es obtenida con base en los valores esperados sobre resistencia del material, endurecimiento por deformación y degradación de resistencia por la carga cíclica (MVCS, 2018).
- Se admite un amortiguamiento viscoso del 5% del amortiguamiento crítico, por otro lado se puede suponer que la estructura esta empotrada en la base (MVCS, 2018).

2.2.8.3. Tratamiento de resultados.

Según la Norma Técnica Peruana E.0.30. nos menciona lo siguiente:

- Si se utilizan menos de 7 juegos de registros sísmicos la fuerza de diseño, las deformaciones de entrepiso son evaluadas a partir de los máximos valores obtenidos de todo el análisis, es decir generando una envolvente (MVCS, 2018).
- Las distorsiones máximas de entrepiso pueden llegar a 1.25 veces del valor máximo que es 0.007 (MVCS, 2018).

2.2.9. Desplazamientos laterales relativos admisibles.

El máximo valor relativo del desplazamiento de entrepiso detalla en la siguiente tabla dado por la Norma Técnica Peruana E.0.30. (MVCS, 2018).

Tabla 7

Límites para la distorsión del entrepiso

Tabla N° 11 LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO	
Material Predominante	(Δ_i / h_{ei})
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0,005

Fuente: Norma Técnica Peruana E.0.30 “Diseño sismorresistente”, 2018.

2.3. Definición de términos básicos

- **Respuesta sísmica:** es el comportamiento dinámico que tienen las estructuras cuando son sometidos a fuerzas accionadas por un sismo; depende de las propiedades estructurales de la edificación, características del suelo y de la intensidad del sismo,

determinando las desplazamientos, fuerzas cortantes y aceleraciones que experimenta la estructura durante el fenómeno sísmico (IGP, 2020).

- **Análisis estático:** es un método que se utiliza para evaluar las estructuras, el cual considera las cargas aplicadas como constantes en el tiempo, en el mencionado método no se toma en cuenta los efectos dinámicos ocasionados por un sismo. Se usa para estimar deformaciones y fuerzas internas bajo cargas permanentes (MVCS, 2018).
- **Análisis dinámico modal espectral:** realiza un análisis estructural considerando los efectos del sismo a través de los modos de vibración de la edificación. Dicho método usa el espectro de respuesta calculo con los parámetros de diseño según la Norma Técnica Peruana E.0.30 “Diseño sismorresistente” (2018) para determinar la participación de cada modo, por lo cual nos permite estimar deformaciones (desplazamientos y derivas), aceleraciones y fuerzas internas (Chopra, 2017).
- **Análisis dinámico tiempo historia:** permite evaluar la respuesta estructural frente a diferentes registros de sismo reales, para el cual se utiliza 3 registros como mínimo, los cuales son escalados siguiendo los procedimientos de la Norma Técnica Peruana E.0.30 “Diseño sismorresistente” (2018), los resultados son analizados a partir de la envolvente generada, las cuales muestran cómo evolucionan las deformaciones (derivas) y las fuerzas internas en una serie temporal, es decir en función al tiempo.
- **Sismo:** movimiento ocasional de la tierra a consecuencia de la liberación de energía almacenada por un largo periodo, por lo general estos movimientos sueles ser lentos, sin embargo, en algunas ocasiones pueden ser mayores provocando que una placa se mueva fuertemente en relación a la otra, trayendo como consecuencia ruptura de dicha

placa y por ende los llamados terremotos (Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias Costa Rica, 2023).

- **Edificación:** es el resultado de una construcción diseñada, planificada e implementada por el ser humano en un espacio determinado; puede tener diferentes tamaños, espacios y formas, pudiendo además cumplir multitud de usos (Villegas et al., 2020).
- **Elementos estructurales:** se definen en función de su forma en elementos lineales y elementos superficiales; los lineales son aquellos que tienen una dimensión preponderante frente a las otras dimensiones, en ellas se encuentran: viga, columna, pórtico, arco, cable y tirante; los elementos superficiales son los que tienen una dimensión inferior frente a las otras dos, está constituido por: el muro, forjado unidireccional y forjado bidireccional (Rodas, 2014).
- **Deriva:** representa el máximo desplazamiento relativo entre niveles contiguos de una edificación bajo cargas laterales, representa un indicador importante de la respuesta estructural frente a un sismo (MVCS, 2018).

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Ubicación de la zona de estudio

La zona de investigación donde se realizó la determinación de la respuesta sísmica del módulo I y II de bienestar universitario perteneciente a la Universidad Nacional Autónoma de Chota se encuentra en el C.P. Colpa Matara, distrito de Chota, provincia de Chota del departamento de Cajamarca, geográficamente se halla situada en la parte nor-este de la ciudad de Chota a una altitud de 2706 m s. n. m, siendo sus coordenadas las siguientes:

Tabla 8

Módulo I y II - coordenadas UTM – WGS 86

COORDENADAS UTM- WGS 86			
EDIFICACIÓN	ESTE	NORTE	ZONA
Módulo I y II-bienestar universitario- Universidad Nacional Autónoma de Chota	761703.00	9276327.00	17 SUR

3.2. Época de la investigación

La investigación se realizó desde agosto del 2024 hasta abril del año 2025.

3.3. Tipo de investigación

El tipo de investigación es aplicada, porque se utilizó la teoría, metodologías existentes en cuanto al análisis estático, dinámico modal espectral y tiempo- historia exigidos por la Norma Técnica Peruana E.0.30 “Diseño Sismorresistente” (2018).

3.4. Nivel de investigación

La presente investigación que se realizó es cuantitativa debido a que los resultados se obtuvieron del software Etabs V21 y del desarrollo del análisis estático, dinámico modal espectral y tiempo- historia.

3.5. Diseño de investigación

Se utilizo el diseño no experimental, debido a que se utilizó la información del estudio definitivo a nivel de expediente técnico, es decir, se estudia la respuesta sísmica de la edificación sin intervenir en su diseño o sin modificar variables para fines de investigación.

3.6. Población de estudio

La población está constituida por todos los pabellones de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, distrito de Chota, provincia de Chota del departamento de Cajamarca.

3.7. Muestra.

Para seleccionar la muestra se utilizó un muestreo no probabilístico por conveniencia y está constituida por el módulo I y II de bienestar universitario de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, ubicado en el distrito de Chota, provincia de Chota del departamento de Cajamarca. (ver anexo: plano de ubicación)

3.8. Unidad de análisis.

La unidad de análisis es el módulo I y II de bienestar universitario de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, ubicado en el distrito de Chota, provincia de Chota y departamento de Cajamarca.

3.9. Técnicas e instrumentos de recopilación de información

3.9.1. Técnicas

- **Revisión literaria:** se revisó la metodología dada por la Norma Técnica Peruana E.0.30. “Diseño sismorresistente” (2018), identificando todos los parámetros de acuerdo al lugar donde se encuentran los módulos I y II.
- **Recolección de información:** se obtuvo el expediente técnico, donde se encontró la información como: planos arquitectónicos, planos estructurales, propiedades de

los materiales, estudio de suelos, entre otros documentos necesarios para el desarrollar la investigación.

- **Revisión del expediente técnico:** se seleccionó los datos necesarios para el desarrollo de la investigación tales como: distribución, medidas, propiedades de los elementos estructurales, entre otros.
- **Modelamiento en el Software Etabs V21:** con los datos sacados del expediente técnico se procedió a realizar el modelamiento en el software Etabs V21 y luego se obtuvieron las deformaciones, cortantes basales y fuerzas internas mediante el método estático y dinámico (modal espectral - tiempo historia).
- **Determinación de la respuesta sísmica:** siguiendo la metodología de la Norma Técnica Peruana E.0.30. “Diseño sismorresistente” (2018), se determinó la respuesta sísmica de la edificación: modulo I y II, estos presentan un sistema estructural dual y de muros estructurales, los cuales se evaluaron de forma separada.

3.9.2. *Instrumentos*

- **Softwares:**

AUTOCAD 2024.

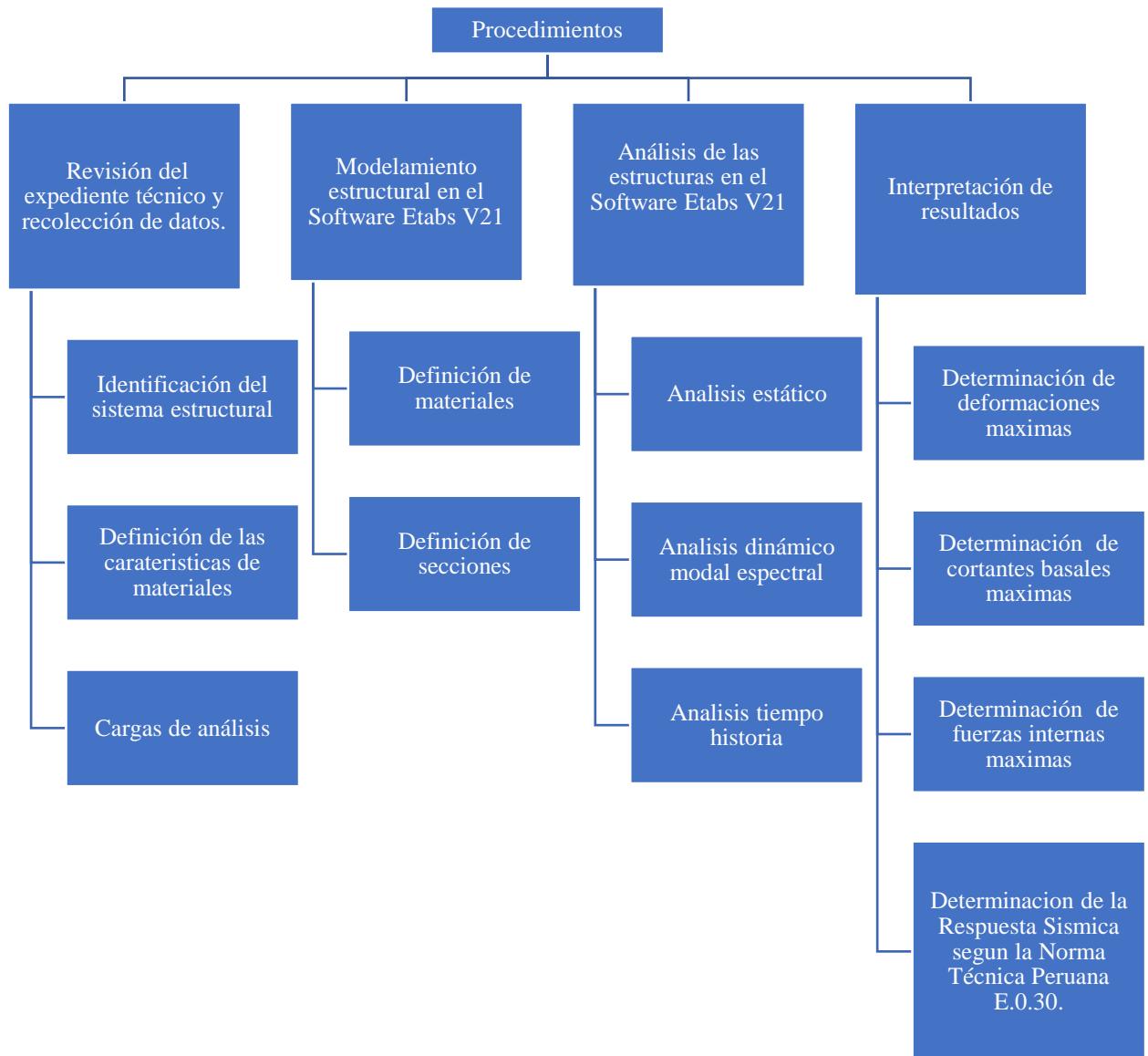
ETABS V21.

MICROSOFT OFFICE.

3.10. Procedimientos

Figura 2

Metodología realizada en la presente investigación



3.10.1. Revisión del expediente técnico y recolección de datos

Con la información del estudio definitivo a nivel de expediente técnico del módulo I y II de Bienestar de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, se obtuvo datos como: características (uso de los ambientes por cada nivel, sistema estructural), propiedades mecánicas del concreto armado(resistencia nominal a la compresión f_c' , módulo de elasticidad, coeficiente de poisson, peso específico, otros), propiedades del acero de refuerzo (grado 60, esfuerzo de fluencia, módulo de elasticidad), datos geotécnicos del estudio de suelos, por otro lado la ubicación, distancias, elevaciones, secciones y espesores de los diferentes elementos estructurales que constituyen el módulo I y II.

3.10.2. Modelamiento estructural en el software Etabs V21.

Con los datos extraídos del expediente técnico como: propiedades de los materiales y las secciones se procedió a modelar los dos módulos en el Software Etabs V21, además se asignaron las respectivas cargas de análisis descritas líneas atrás.

3.10.3. Análisis de las estructuras en el software Etabs V21

En seguida para el análisis estático se determinó en primer lugar los parámetros sísmicos: Zonificación sísmica “Z”, Factor de uso o importancia “U”, Factor de suelo “S”, Periodos Tp y TL, Factor de amplificación sísmica “C”, Coeficiente de reducción sísmica “R”, cortante estático “V”, finalmente se realiza el análisis de deformaciones y el cálculo de fuerza internas de las estructuras para el módulo I y II.

Para el análisis dinámico modal espectral, además de tener los parámetros sísmicos se incorporó el espectro de diseño, con este incorporado se procedió a crear el caso de cargas correspondientes para la dirección “X” y “Y”, para así determinar la distribución de fuerza cortante

por nivel en ambas direcciones de los dos módulos, finalmente se realiza el análisis de deformaciones y el cálculo de fuerza internas de las estructuras para el módulo I y II.

En el análisis tiempo historia , se realizó la descarga de los registros sísmico (Lima 1974, Ica 2007, Barranca Loreto 2021) en sus dos componentes ortogonales (NS-EW) de la base de datos del Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID), luego de las señales sísmicas (EW y NS) se obtuvieron los espectros para cada componente y el espectro SRSS correspondiente, posteriormente se escala cada espectro SRSS, de modo que el promedio de los espectros SRSS tenga ordenadas espectrales mayores al espectro de elástico de la norma E.030 ($R=1$) para la ubicación del proyecto en el rango de periodos 0.2 T y 1.5 T, a continuación se incorpora cada registro al programa Etabs y creamos una combinación de carga de tipo envolvente que involucre a todos los casos de carga, ya que como se ha utilizado menos de 7 pares de señales sísmicas, la Norma Técnica Peruana E.0.30. “Diseño sismorresistente” – 2018 indica tomar como resultado los valores máximos establecidos de las señales sísmicas incorporadas, finalmente se realiza el análisis de deformaciones (desplazamientos y derivas), cortantes basales y fuerzas internas (columnas, vigas y placas) de las estructuras para el módulo I y II.

3.10.4. Interpretación de resultados.

Teniendo los resultados se procedió a determinar la respuesta sísmica de la edificación usando el método estático y dinámico (modal espectral y tiempo historia) según la Norma Técnica Peruana E.0.30 “Diseño sismorresistente” (2018).

3.11. Recolección y análisis de datos

3.11.1. Características del módulo I.

El módulo I tiene un largo de 25.50 m y un ancho de 14.00 m, y cuenta con 5 niveles cada uno distribuido arquitectónicamente de la siguiente manera:

- **Primer nivel.** Oficinas administrativas de nutrición, abastecimiento, servicios higiénicos, cocinas, alacena, depósito de residuos, cámaras frigoríficas.
- **Segundo nivel.** Comedor de docentes, cuarto de lavado, almacén, comedor.
- **Tercer nivel.** Oficinas, cuartos de taller.
- **Cuarto nivel.** Oficinas, salas de espera, servicios higiénicos.
- **Quinto nivel.** Oficinas, salas de espera, servicios higiénicos (igual al cuarto nivel).

Por otro lado, según el Expediente Técnico, el sistema estructural de la presente edificación es dual, es decir, presenta un sistema estructural tanto de pórticos como de muros estructurales de concreto armado. Además, cuenta con losas aligeradas en una dirección de 0.20 m de espesor y en el último nivel aparte del techo aligerado se tiene un techo con cobertura de teja andina a 2 aguas con inclinación de 30°.

3.11.2. Características del módulo II.

El módulo II tiene un largo de 17.80 m y un ancho de 14.00 m, y cuenta con 5 niveles cada uno distribuido arquitectónicamente de la siguiente manera:

- **Primer nivel.** Gimnasio, servicios higiénicos, vestidores y duchas.
- **Segundo nivel.** Comedor.
- **Tercer nivel.** Salas de usos múltiples.
- **Cuarto nivel.** Oficinas, servicios higiénicos, sala de reuniones, cafetín.
- **Quinto nivel.** Oficinas, salas de estar, servicios higiénicos.

Por otro lado, según el expediente técnico, el sistema estructural de la presente edificación es dual en la dirección X (horizontal), es decir, presenta un sistema estructural tanto de pórticos

como de muros estructurales de concreto armado, y de muros estructurales en la dirección Y (vertical), es decir, la resistencia se provee en su mayoría con estos elementos. Además, cuenta con losas aligeradas en una dirección de 0.20 m de espesor y en el último nivel se tiene un techo con cobertura de teja andina a 2 aguas con inclinación de 30°.

3.11.3. Propiedades de los materiales.

Para ambos módulos se tienen las siguientes propiedades mecánicas de los materiales.

- **Concreto armado.**

- Resistencia nominal a la compresión : $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.
- Módulo de Elasticidad : $E_c = 2173706.51 \text{ Tn/m}^2$.
- Coeficiente de poisson : $\nu = 0.20$.
- Peso específico : $\gamma = 2.4 \text{ Tn/m}^3$.

- **Acero de refuerzo.**

- Grado 60.
- Esfuerzo de fluencia : $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$.
- Módulo de Elasticidad : $E_s = 2000000 \text{ kg/cm}^2$.

- **Albañilería.**

- Tipo : Ladrillo KK industrial tipo IV.
- Resistencia a compresión axial : $f'_m = 65 \text{ kg/cm}^2$
- Resistencia a compresión axial en unidad : $f'_b = 145 \text{ kg/cm}^2$

3.11.4. Datos geotécnicos del estudio de suelos.

Del estudio de mecánica de suelos se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 9

Datos del estudio de mecánica de suelos (ver anexo)

Datos del Estudio de Mecánica de Suelos	
Peso específico del suelo	1.54 g/cm ³
Ángulo de fricción interna del suelo	17.44°
Cohesión del suelo	0.280 kg/cm ²
Módulo de Elasticidad	130 kg/cm ²
Módulo de corte	50 kg/cm ²
Velocidad de onda de corte (Vs)	177m/s

El dato representativo que se utiliza en la presente investigación es la velocidad de onda de corte, el cual nos permite clasificar al suelo como un S3 suelo blando.

3.11.5. Cargas de análisis.

Cargas permanentes.

Las cargas permanentes resultan del peso propio de los elementos estructurales y de cualquier componente que se encuentre fijo a la estructura. A continuación, se detalla las cargas consideradas acorde a la Norma Técnica Peruana E.020 - 2018.

El peso propio de la edificación es calculado por el software Etabs V21 y las cargas muertas de los diferentes elementos que no son estructurales y los acabados se añaden aplicando en cada caso, según las siguientes cargas:

- Albañilería (unidades de arcilla): 1800 kg/m³.
- Piso terminado: 100 kg/m².
- Peso específico del concreto: 2.4 Tn/m³.
- Peso específico del acero: 7.85 Tn/m³.

- Ladrillo de Techo 15x30x30: 8.00 kg/unidad (72 kg/m², se le agrega el peso del tarajeo).
- Peso de teja andina: 12.17 kg/m².

Sobre cargas.

En función del uso o tipo de ocupación de la edificación.

- Aulas: 250 kg/m².
- Taller: 350 kg/m².
- Oficinas: 250 kg/m².
- Corredores y escaleras: 400 kg/m².
- Sala de usos múltiples: 400 kg/m².
- Techos inclinados más de 3°: 50 kg/m².

3.11.6. Modelamiento estructural en el software Etabs V21

Luego se inició el modelamiento estructural del módulo I y II de bienestar universitario de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, lo cual se identificó las secciones de los elementos estructurales (vigas, placas, columnas, losa), enseguida se determinó las propiedades físicas de los diferentes materiales tomando en cuenta el reglamento nacional de edificaciones.

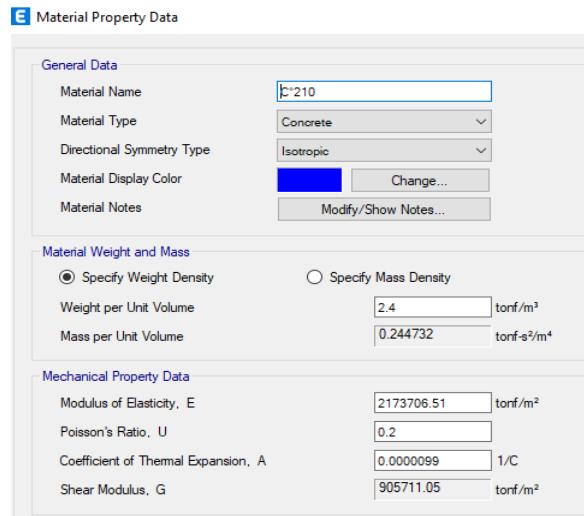
También se consideró para los diferentes análisis el diafragma rígido, las restricciones de los movimientos en la base de la edificación, entre otros.

3.11.7. Definición de materiales.

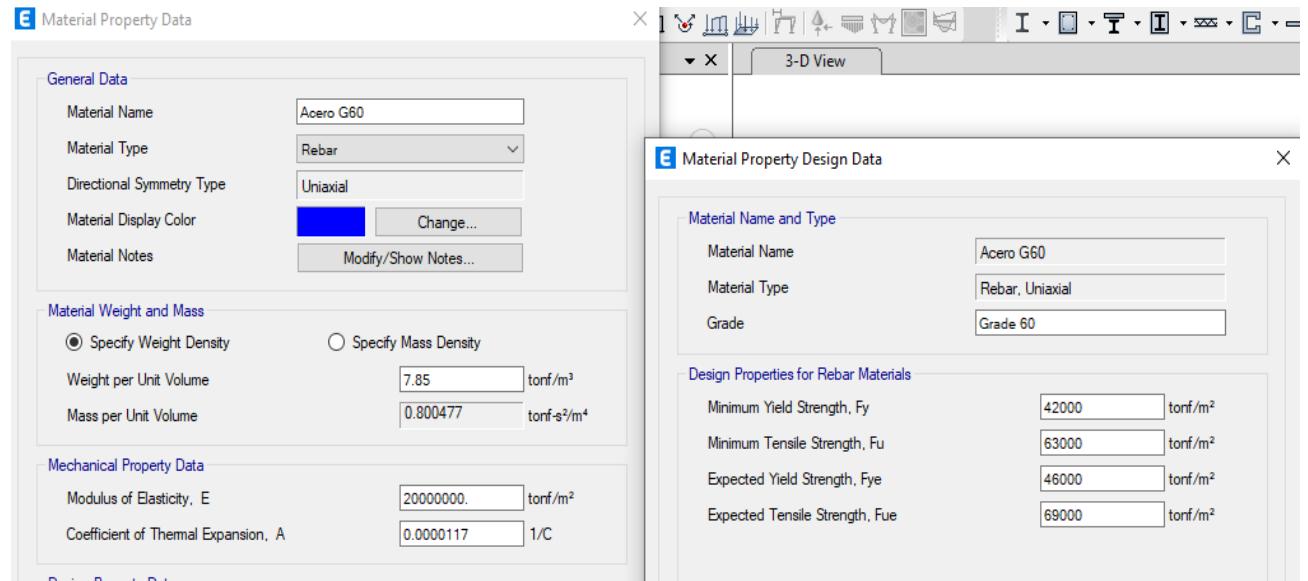
Las siguientes figuras muestran la definición de las propiedades mecánicas de los materiales utilizados para el modelamiento estructural.

Figura 3

Definición de las propiedades mecánicas del concreto

**Figura 4**

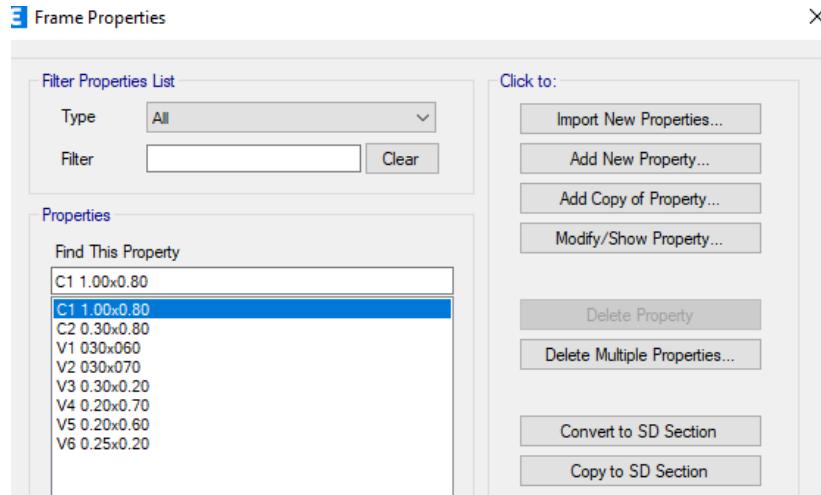
Definición de las propiedades mecánicas del acero de refuerzo



Definición de secciones. Se muestra la lista de las secciones de los elementos frame usado en el modelado.

Figura 5

Lista de las secciones de los elementos estructurales



Luego de definir las propiedades de los materiales y las secciones correspondientes se procedió a modelar íntegramente el módulo I y módulo II en Etabs V21, además se asignaron las respectivas cargas de análisis descritas anteriormente, como se visualizan en las figuras siguientes:

Figura 6

Módulo I - modelamiento estructural en Etabs vista en planta

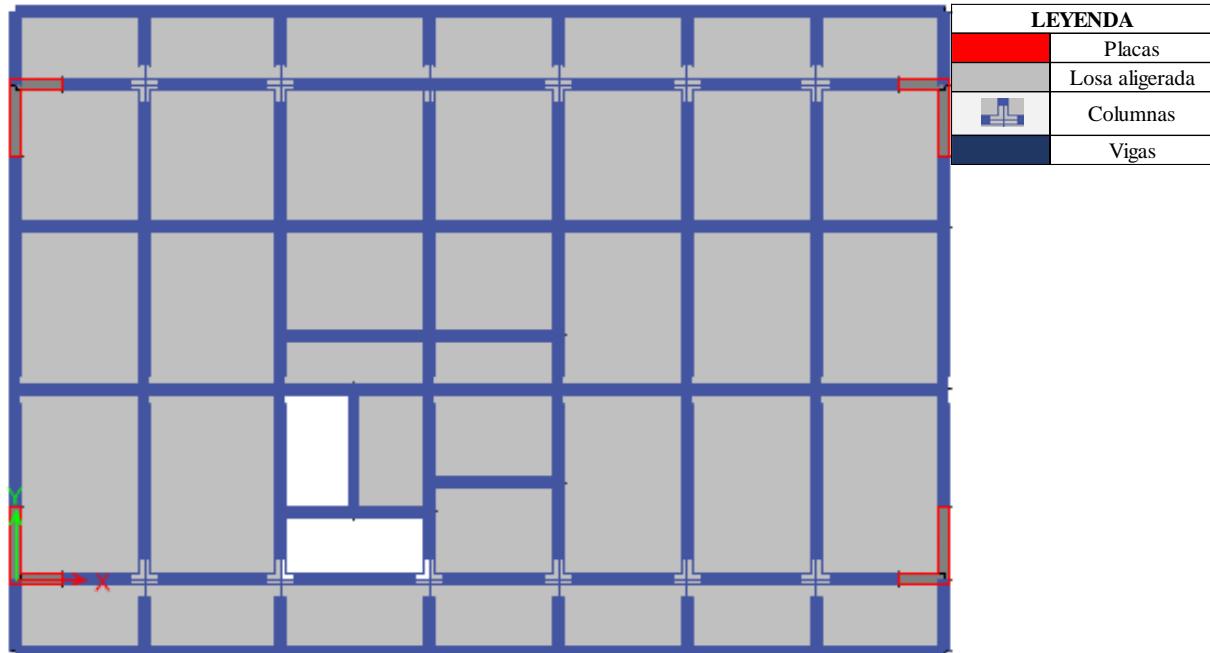
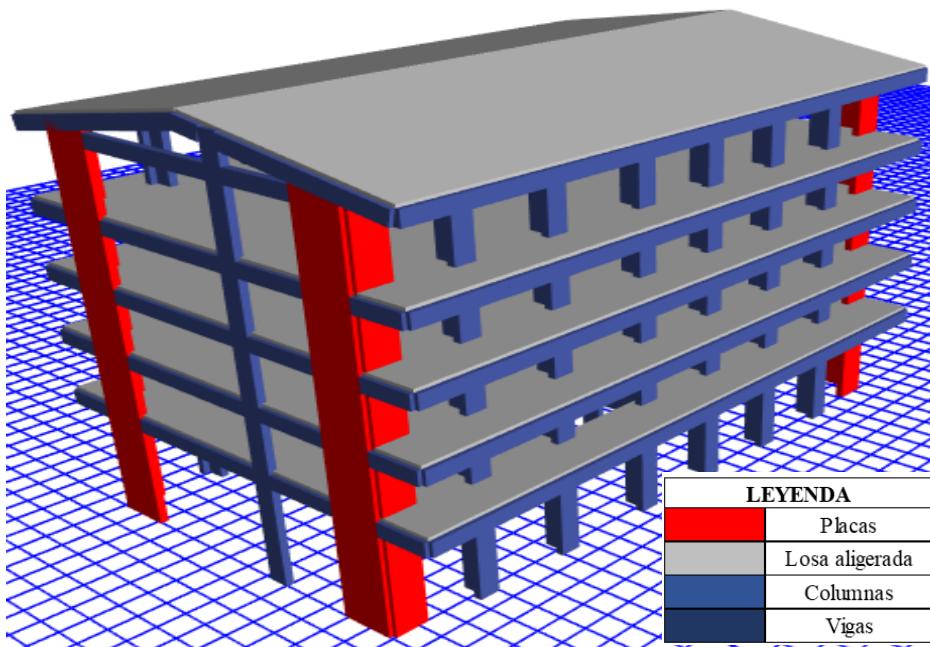


Figura 7

Módulo I - modelamiento estructural en Etabs vista isométrica

**Figura 8**

Módulo II - modelamiento estructural en Etabs vista en planta

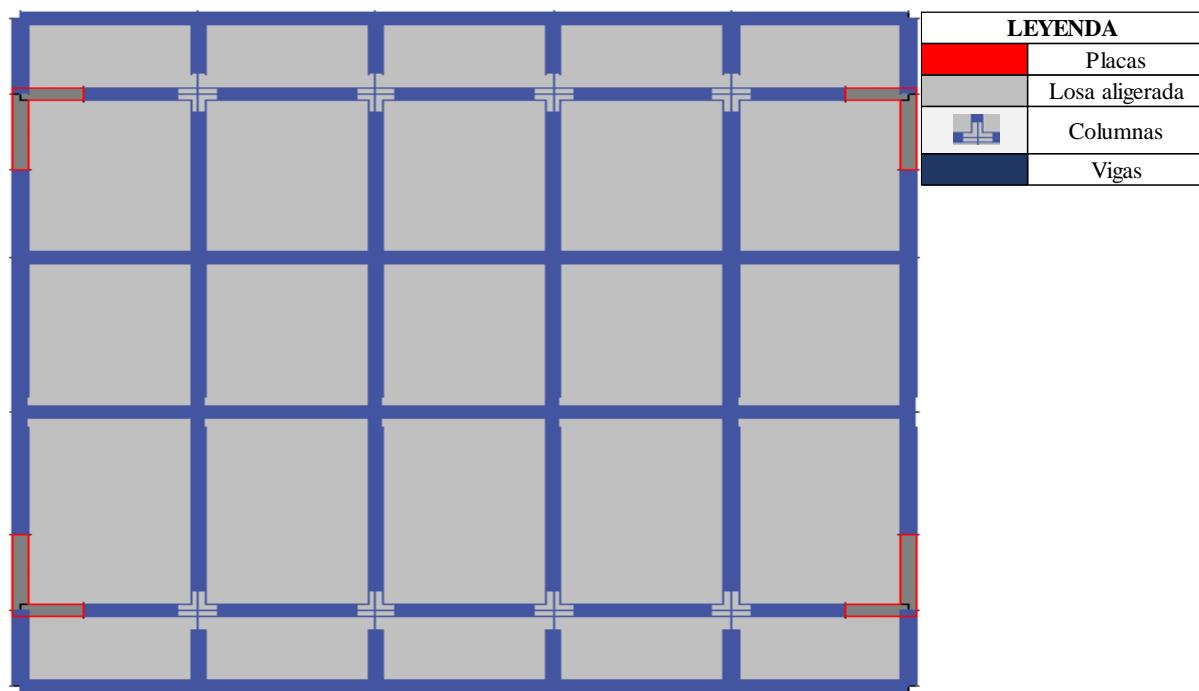
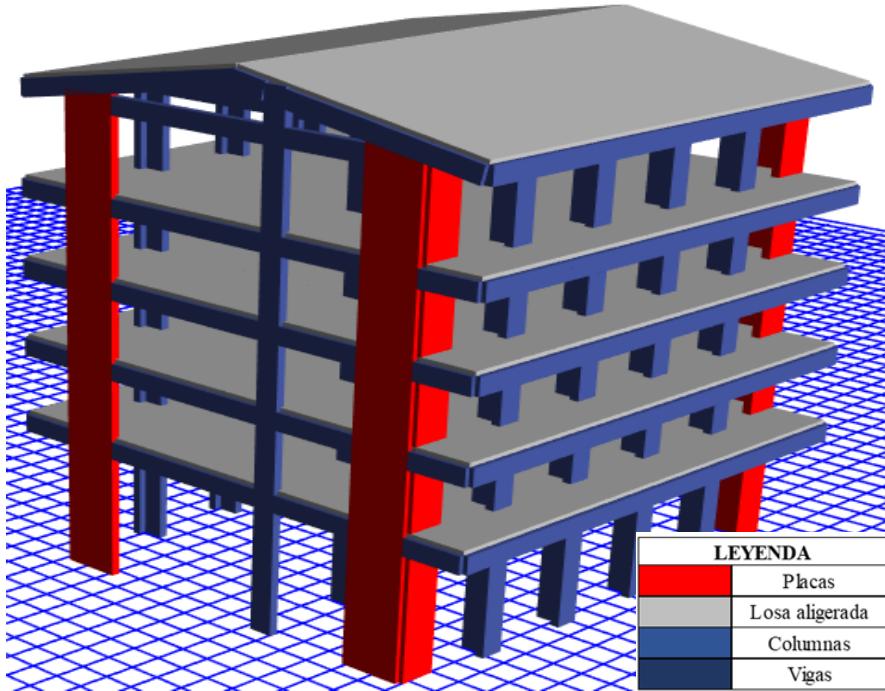


Figura 9

Módulo II - modelamiento estructural en Etabs vista isométrica



3.11.8. Análisis estático

Para el análisis sísmico estático definiremos primeramente los parámetros sísmicos pertenecientes a las edificaciones (módulo I y módulo II).

Zonificación sísmica. Las edificaciones pertenecen a la zona 2, por lo que le corresponde un factor de zona $Z = 0.25$.

Factor de uso o importancia. Las edificaciones son esenciales, ya que son instalaciones universitarias, clasificadas como tipo A, pertenecientes a la subcategoría A2, por lo que el factor de uso o importancia es $U = 1.5$.

Factor de suelo. El factor de suelo está en función del tipo de zona en la que se encuentra la edificación, considerando una zona 2 y un suelo S_3 , se tiene un factor de suelo $S = 1.40$.

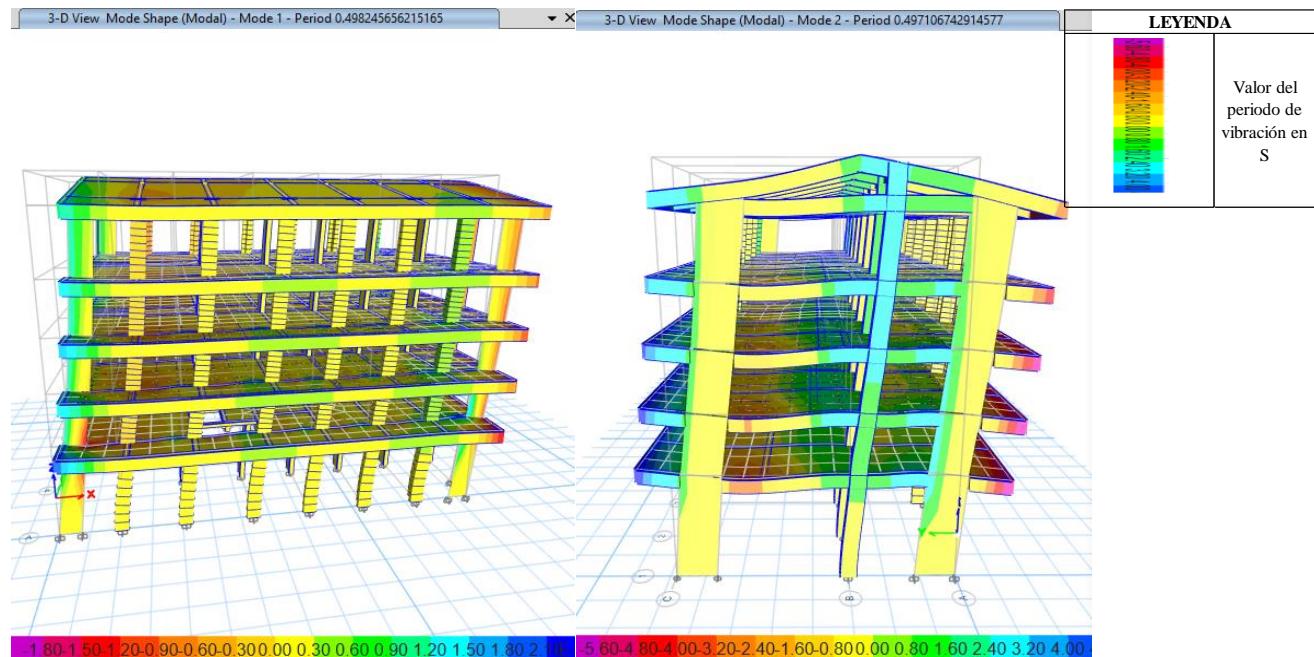
Periodos T_p y T_L . Los periodos de plataforma y descenso T_p y T_L están en función del tipo de suelo, por lo que para un suelo S_3 se tiene los siguientes valores $T_p = 1.0$ y $T_L = 1.6$.

Factor de amplificación sísmica. El factor de amplificación sísmica (C) está en función del periodo fundamental de vibración de la estructura y de los periodos T_p y T_L . En tal sentido, el periodo de vibración de cada estructura fue obtenida en el programa Etabs y es como sigue.

Para el módulo I el periodo de vibración de la edificación en la dirección X-X (correspondiente al modo 1) fue de $T_{X\text{módulo}1} = 0.498 \text{ s}$ y para la dirección Y-Y (correspondiente al modo 2) fue de $T_{Y\text{módulo}1} = 0.497 \text{ s}$, los cuales son apreciados en las siguientes figuras:

Figura 10

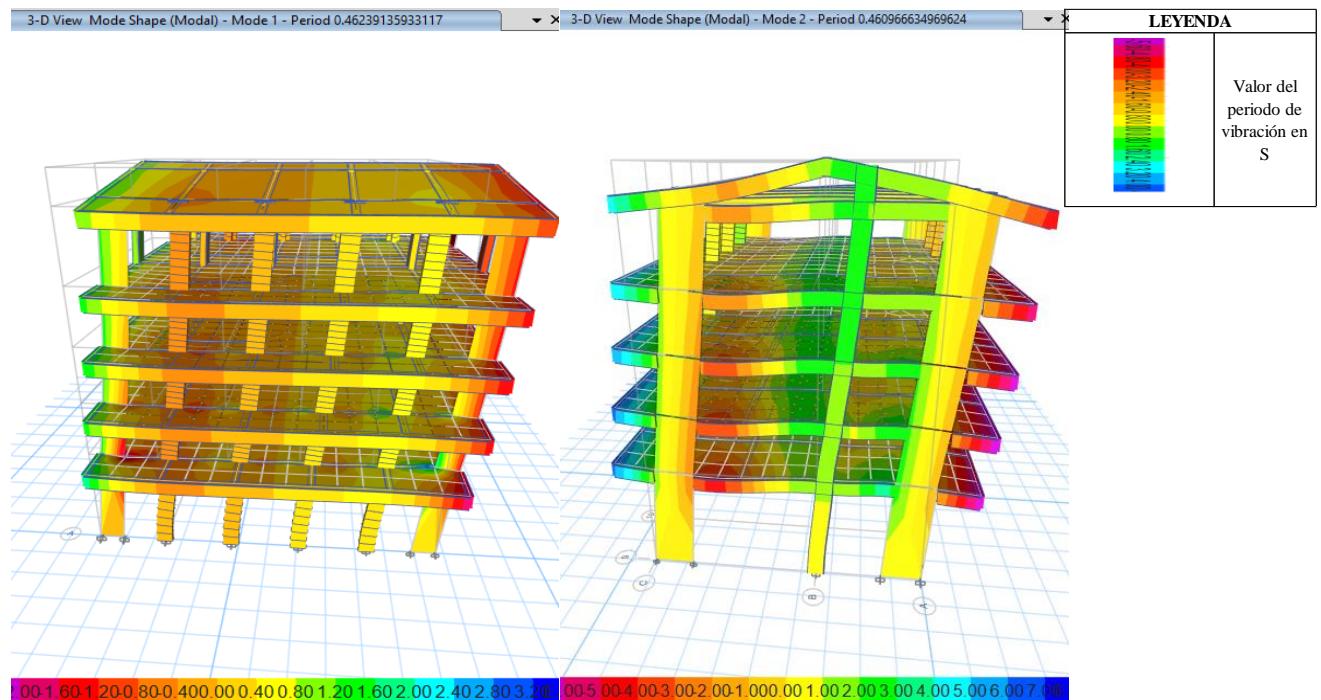
Módulo I - periodo de vibración, dirección X-X y Y-Y



Por otro lado, para el módulo II el periodo de vibración de la edificación en la dirección X (correspondiente al modo 1) fue de $T_{X\text{módulo}2} = 0.462 \text{ s}$ y para la dirección Y (correspondiente al modo 2) fue de $T_{Y\text{módulo}2} = 0.461 \text{ s}$, los cuales son apreciados en las siguientes figuras:

Figura 11

Módulo II - periodo de vibración, dirección X-X y Y-Y



Luego, para cada módulo se obtuvo el peso de las estructuras por nivel, los cuales son mostrados en la siguiente tabla.

Tabla 10

Módulo I y II - peso por nivel

Nivel	Peso de la estructura (Tn)	
	Módulo I	Módulo II
Nivel 05	402.001	293.389
Nivel 04	511.108	364.607
Nivel 03	502.960	358.123
Nivel 02	517.943	375.606
Nivel 01	553.204	403.850
Total	2487.216	1795.575

3.11.9. Coeficiente de reducción sísmica

El coeficiente de reducción sísmica R se obtiene de la multiplicación del coeficiente básico de reducción R_0 por los respectivos factores de irregularidad de la estructura, tanto en planta (I_a) como en altura (I_p), los módulos I y II tienen estructuras regulares según la verificación de irregularidad (Tabla 64, Tabla 65, Tabla 66, Tabla 67, Tabla 68 y Tabla 69), Para ambos módulos el cálculo del factor R se detalla en las siguientes tablas.

Tabla 11

Módulo I - cálculo del coeficiente de reducción sísmica, dirección X-X y Y-Y

Dirección	R_0	I_a	I_p	R
Dirección X	Dual $R_0 = 7$	Regular $I_a = 1$	Regular $I_p = 1$	$R = 7$
Dirección Y	Dual $R_0 = 7$	Regular $I_a = 1$	Regular $I_p = 1$	$R = 7$

Tabla 12

Módulo II - Cálculo del coeficiente de reducción sísmica, dirección X-X y Y-Y

Dirección	R_0	I_a	I_p	R
Dirección X	Dual $R_0 = 7$	Regular $I_a = 1$	Regular $I_p = 1$	$R = 7$
Dirección Y	Muros estructurales $R_0 = 6$	Regular $I_a = 1$	Regular $I_p = 1$	$R = 6$

3.11.10. Verificación del tipo de sistema estructural del módulo I y II

Se verificó el sistema estructural para cada módulo, para lo cual se procede calculando el porcentaje de fuerza cortante; según la Norma Técnica Peruana E.0.30 (2018) considera los siguientes:

- **Sistema de muros estructurales.** sistema en el que la resistencia sísmica está dada principalmente por los muros estructurales sobre los que actúa por lo menos el 70% de la fuerza cortante en la base (MVCS, 2018).
- **Sistema Dual.** La fuerza cortante que toman los muros es mayor que 20% y menor que 70% del cortante en la base de la edificación (MVCS, 2018).

Tabla 13*Módulo I – verificación del sistema estructural, dirección X-X y Y-Y***Verificación del sistema estructural módulo I**

Elem.	Dirección X-X		Dirección Y-Y		VERIFICACIÓN (DX, DY)
	Estructural	Vx (Tonf)	Vx (%)	VY (Tonf)	
Columnas	133.1227	30.21%	133.1227	30.25%	DX: DUAL
Placas	307.5909	69.79%	307.0073	69.75%	DY: DUAL
Total	440.7136	100%	440.1300	100%	

Tabla 14*Módulo II - verificación del sistema estructural, dirección X-X y Y-Y***Verificación del sistema estructural módulo II**

Elem.	Dirección X-X		Dirección Y-Y		VERIFICACIÓN (DX, DY)
	Estructural	Vx (Tnf)	Vx (%)	VY (Tnf)	
Columnas	98.2900	30.87%	75.4600	20.31%	DX: DUAL
Placas	220.1221	69.13%	296.1200	79.69%	DY: MUROS ESTRUCTURALES
Total	318.4121	100%	371.5800	100%	

3.11.11. Cortante estático

El cortante estático V se calcula según la fórmula (0.4) detallada anteriormente, verificando la condición especificada en (0.5).

Cortante estático en el módulo I. Calculamos para la dirección X y dirección Y el coeficiente de corte, el cual lo incorporaremos al programa Etabs y es definido como:

$$\frac{ZUCS}{R} = \frac{0.25 * 1.5 * 2.5 * 1.40}{7} = 0.1875$$

Verificamos la condición.

$$\frac{C}{R} = \frac{2.5}{7} = 0.357 \geq 0.11 \rightarrow Cumple$$

Y se calcula el coeficiente k , el cual está en función del periodo fundamental de vibración de la estructura. Para la dirección X-X y dirección Y-Y, el periodo fue menor que 0.5 s, por lo que $k = 1.0$.

El cortante de diseño es en la dirección X y dirección Y es:

$$V_X = V_Y = 0.1875 * P = 0.1875 * 2487.216 = 466.35 \text{ Tn}$$

Luego, el cortante estático por nivel se muestra en la Tabla 15.

Tabla 15

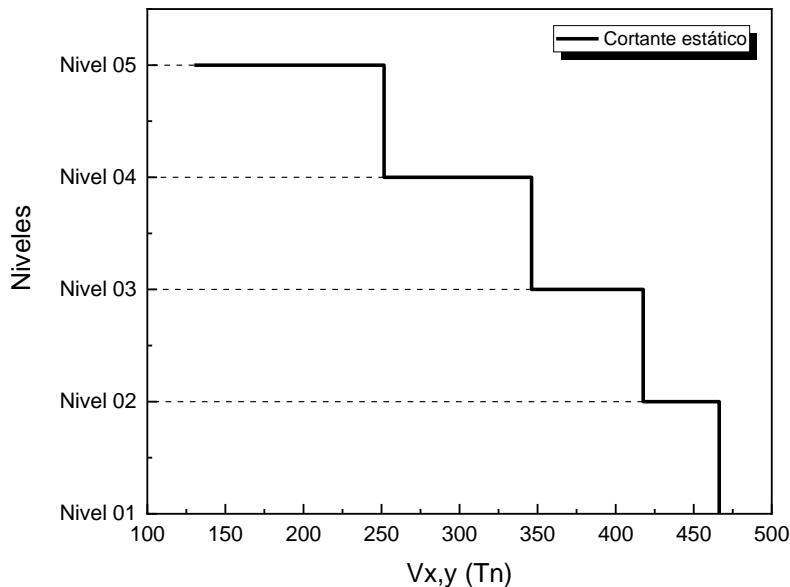
Módulo I - distribución del cortante estático

Nivel	Peso (Tn)	Altura		Pi*hi^k	α	Fxy (Tn)	Vxy (Tn)
		hi	hacumulado				
Nivel 05	402.001	5.51	20.76	8345.54	0.279	130.122	130.122
Nivel 04	511.108	3.2	15.25	7794.40	0.261	121.528	251.650
Nivel 03	502.960	3.2	12.05	6060.67	0.203	94.497	346.147

Nivel 02	517.943	3.2	8.85	4583.80	0.153	71.470	417.616
Nivel 01	553.204	5.65	5.65	3125.60	0.105	48.734	466.350
Total	2487.216	20.76	---	29910.00	1.000	466.350	---

Figura 12

Módulo II - cortante estático por nivel, dirección X-X y Y-Y



Cortante estático en el módulo II. Calculamos para la dirección X-X y Y-Y el coeficiente de corte, el cual lo incorporaremos al programa Etabs y es definido como:

$$\frac{ZUCS}{R_x} = \frac{0.25 * 1.5 * 2.5 * 1.40}{7} = 0.1875$$

$$\frac{ZUCS}{R_y} = \frac{0.25 * 1.5 * 2.5 * 1.40}{6} = 0.2188$$

Verificamos la condición.

$$\frac{C}{R_x} = \frac{2.5}{7} = 0.357 \geq 0.11 \rightarrow Cumple$$

$$\frac{C}{R_y} = \frac{2.5}{6} = 0.417 \geq 0.11 \rightarrow Cumple$$

Calculamos el coeficiente k , el cual está en función del periodo fundamental de vibración de la estructura. Para la dirección X-X y dirección Y-Y, el periodo fue menor que 0.5 s, por lo que $k = 1.0$.

El cortante de diseño en ambas direcciones es:

$$V_X = 0.1875 * P = 0.1875 * 1795.575 = 336.67 \text{ Tn}$$

$$V_Y = 0.2188 * P = 0.2188 * 1795.575 = 392.78 \text{ Tn}$$

Luego, el cortante estático por nivel se muestra en la siguiente tabla.

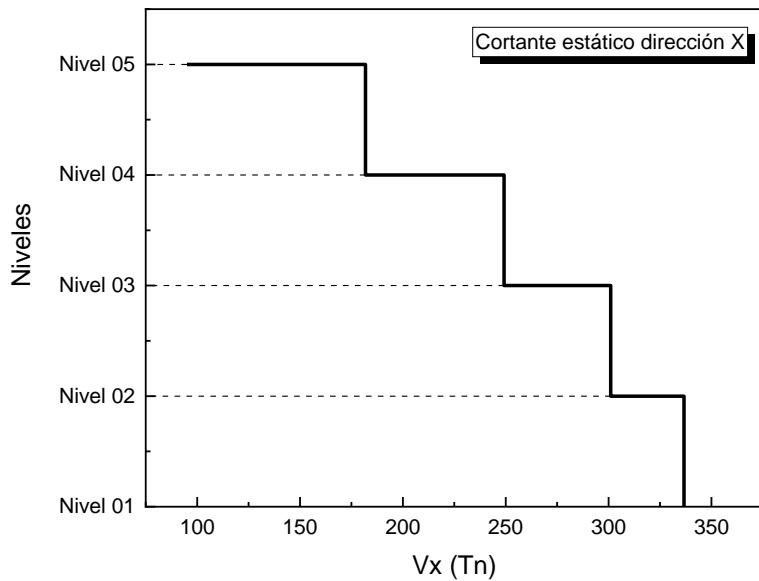
Tabla 16

Módulo II - distribución del cortante estático, dirección X-X

Nivel	Peso (Tnf)	Altura		Pi*hi^k	α	Fx (Tn)	Vx (Tn)
		hi	hacumulado				
Nivel 05	293.389	5.51	20.76	6090.76	0.282	95.056	95.056
Nivel 04	364.607	3.2	15.25	5560.26	0.258	86.777	181.833
Nivel 03	358.123	3.2	12.05	4315.38	0.200	67.349	249.181
Nivel 02	375.606	3.2	8.85	3324.12	0.154	51.878	301.060
Nivel 01	403.850	5.65	5.65	2281.75	0.106	35.610	336.670
Total	1795.575	20.76	---	21572.27	1.000	336.670	---

Figura 13

Módulo II - cortante estático por nivel, dirección X-X

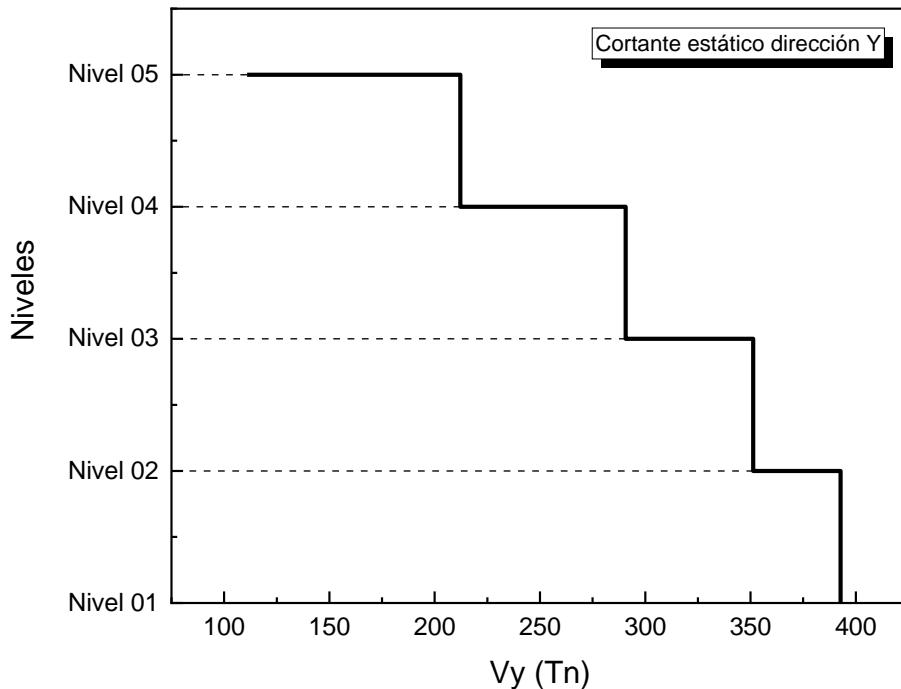
**Tabla 17**

Módulo II - distribución del cortante estático, dirección Y-Y

Nivel	Peso (Tnf)	Altura		$P_i \cdot h_i^k$	α	F_y (Tn)	V_y (Tn)
		h_i	$h_{acumulado}$				
Nivel 05	293.389	5.51	20.76	6090.76	0.282	110.898	110.898
Nivel 04	364.607	3.2	15.25	5560.26	0.258	101.239	212.138
Nivel 03	358.123	3.2	12.05	4315.38	0.200	78.573	290.710
Nivel 02	375.606	3.2	8.85	3324.12	0.154	60.524	351.235
Nivel 01	403.850	5.65	5.65	2281.75	0.106	41.545	392.780
Total	1795.575	20.76	---	21572.27	1.000	392.780	---

Figura 14

Módulo II - cortante estático por nivel, dirección Y-Y



3.11.12. Análisis dinámico modal-espectral

Espectro de diseño para el módulo I. Se incorporará el espectro de pseudo aceleraciones en la dirección X y dirección Y. En este caso, al ser una estructura regular tanto en altura como en planta y al presentar en ambas direcciones el mismo sistema estructural (sistema estructural dual), el espectro de diseño es el mismo. Las siguientes tablas y figuras muestran el cálculo del espectro de diseño.

Tabla 18

Módulo I - parámetros sísmicos para el espectro de diseño, dirección X-X y Y-Y

Parámetros Sísmicos Dirección X, Y			
	Parámetro	Designación	
	Factor de zona (Z)	Z2	0.25
	Factor de Uso (U)	A	U 1.50
	Factor de Suelo (S)	S3	1.40



Coeficiente básico de reducción	Sistema estructural	CºAº-Dual	
		R₀	7
Irregularidades	Planta	I _p	1.00
	Altura	I _a	1.00
Factor de reducción asumida		R	7.00
Periodo de respuesta		T _p	1.00
		T _L	1.60
Factor de amplificación sísmica (C)		T < T _p , C = 2.5	
		T _p < T < T _L , C = 2.5(T _p /T _L)	
		T > T _L , C = 2.5(T _p *T _L /T ²)	
		C/R ≥ 0.11	

$Sa = \frac{Z * U * C * S}{R} g$ 0.1875 g

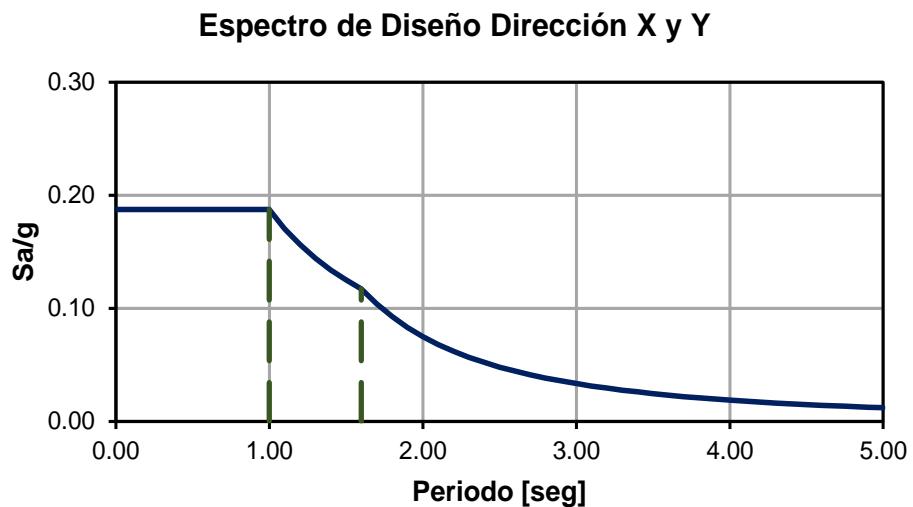
Tabla 19*Módulo I - ordenadas espectrales para el espectro de diseño, dirección X-X y Y-Y*

C	T	Sa/g	C	T	Sa/g	C	T	Sa/g
2.5000	0.00	0.1875	1.5625	1.60	0.1172	0.3906	3.20	0.0293
2.5000	0.10	0.1875	1.3841	1.70	0.1038	0.3673	3.30	0.0275
2.5000	0.20	0.1875	1.2346	1.80	0.0926	0.3460	3.40	0.0260
2.5000	0.30	0.1875	1.1080	1.90	0.0831	0.3265	3.50	0.0245
2.5000	0.40	0.1875	1.0000	2.00	0.0750	0.3086	3.60	0.0231
2.5000	0.50	0.1875	0.9070	2.10	0.0680	0.2922	3.70	0.0219
2.5000	0.60	0.1875	0.8264	2.20	0.0620	0.2770	3.80	0.0208
2.5000	0.70	0.1875	0.7561	2.30	0.0567	0.2630	3.90	0.0197
2.5000	0.80	0.1875	0.6944	2.40	0.0521	0.2500	4.00	0.0188

C	T	Sa/g	C	T	Sa/g	C	T	Sa/g
2.5000	0.90	0.1875	0.6400	2.50	0.0480	0.2323	4.15	0.0174
2.5000	1.00	0.1875	0.5917	2.60	0.0444	0.2163	4.30	0.0162
2.2727	1.10	0.1705	0.5487	2.70	0.0412	0.2020	4.45	0.0151
2.0833	1.20	0.1563	0.5102	2.80	0.0383	0.1890	4.60	0.0142
1.9231	1.30	0.1442	0.4756	2.90	0.0357	0.1773	4.75	0.0133
1.7857	1.40	0.1339	0.4444	3.00	0.0333	0.1666	4.90	0.0125
1.6667	1.50	0.1250	0.4162	3.10	0.0312	0.1600	5.00	0.0120

Figura 15

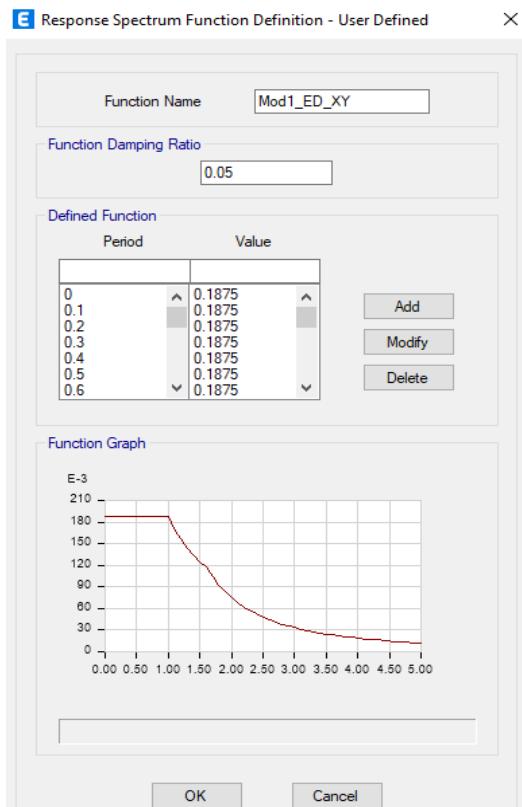
Módulo I - espectro de diseño, dirección X-X y Y-Y



Este espectro ha sido incorporado al programa Etabs, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 16

Módulo I - espectro de diseño incorporado al programa Etabs



Con el espectro incorporado, procedemos a crear el caso de carga correspondiente para cada dirección y determinamos la distribución de fuerza cortante por nivel en dirección X-X y Y-Y como se muestra en la tabla 20.

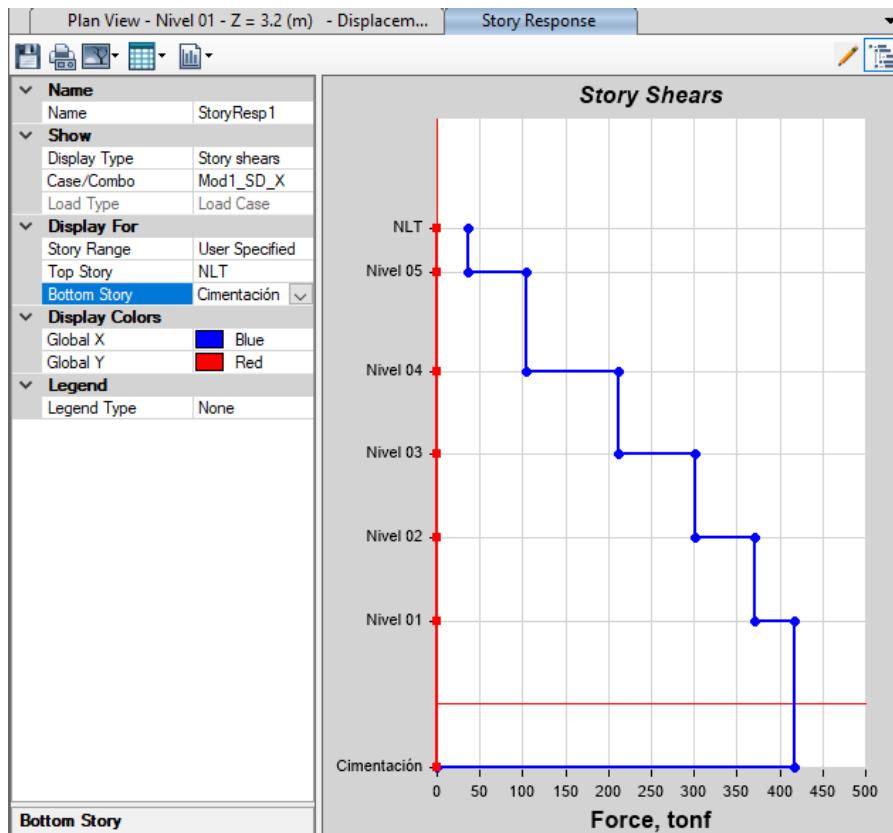
Tabla 20

Módulo I – fuerza cortante análisis modal espectral, dirección X-X

Nivel	Caso de carga	Ubicación	Vx (Tn)
Nivel 05	Mod1_SD_X	Bottom	36.3806
Nivel 04	Mod1_SD_X	Bottom	212.4245
Nivel 03	Mod1_SD_X	Bottom	300.8447
Nivel 02	Mod1_SD_X	Bottom	371.2115
Nivel 01	Mod1_SD_X	Bottom	417.4226

Figura 17

Módulo I – fuerza cortante análisis modal espectral, dirección X-X

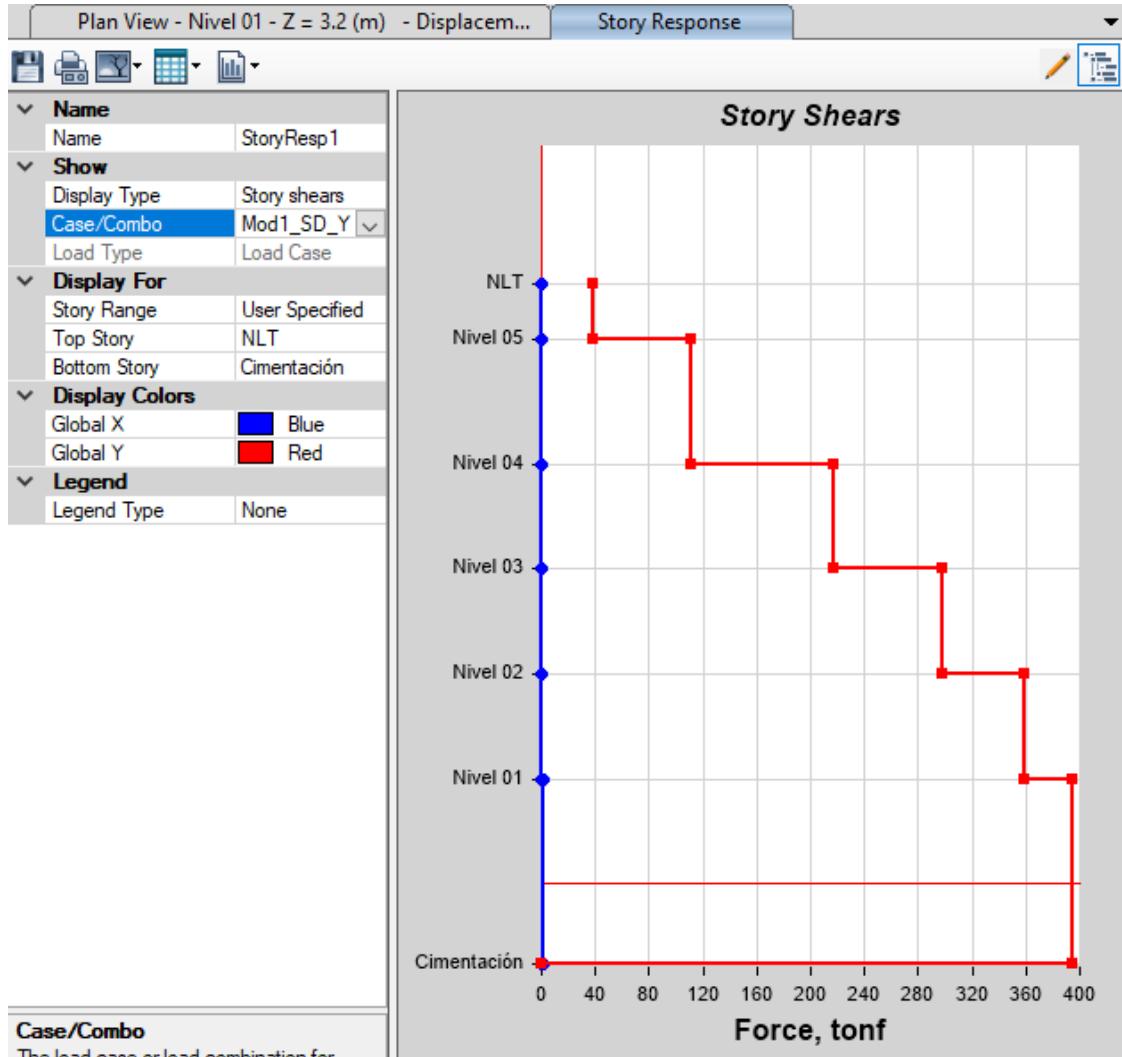
**Tabla 21**

Módulo I – fuerza cortante análisis modal espectral, dirección Y-Y

Nivel	Caso de carga	Ubicación	Vy (Tn)
Nivel 05	Mod1_SD_Y	Bottom	38.641
Nivel 04	Mod1_SD_Y	Bottom	217.0135
Nivel 03	Mod1_SD_Y	Bottom	298.6205
Nivel 02	Mod1_SD_Y	Bottom	358.662
Nivel 01	Mod1_SD_Y	Bottom	395.3263

Figura 18

Módulo I – fuerza cortante análisis modal espectral, dirección Y-Y



Espectro de diseño para el módulo II.

Se incorporará el espectro de pseudo aceleraciones en la dirección X y dirección Y. Para la primera dirección, el sistema estructural es dual y para la segunda dirección el sistema es de muros estructurales, respectivamente. Las siguientes tablas y figuras muestran el cálculo del espectro de diseño para el módulo II.

Tabla 22

Módulo II - parámetros sísmicos del para espectro de diseño, dirección X-X



Parámetros Sísmicos Dirección X		
Parámetro	Designación	
Factor de zona (Z)	Z2	0.25
Factor de Uso (U)	A	U 1.50
Factor de Suelo (S)	S3	1.40
Coeficiente básico de reducción	Sistema estructural	CºAº-Dual
	R₀	7
Irregularidades	Planta	I_p 1.00
	Altura	I_a 1.00
Factor de reducción asumida		R 7.00
Periodo de respuesta	T_P	1.00
	T_L	1.60
T<T_P, C=2.5		
T_P<T<T_L, C=2.5(T_P/T_L)		
T>T_L, C=2.5(T_P*T_L/T²)		
C/R≥0.11		

$$Sa = \frac{Z * U * C * S}{R} g \quad 0.1875 \text{ g}$$
Tabla 23

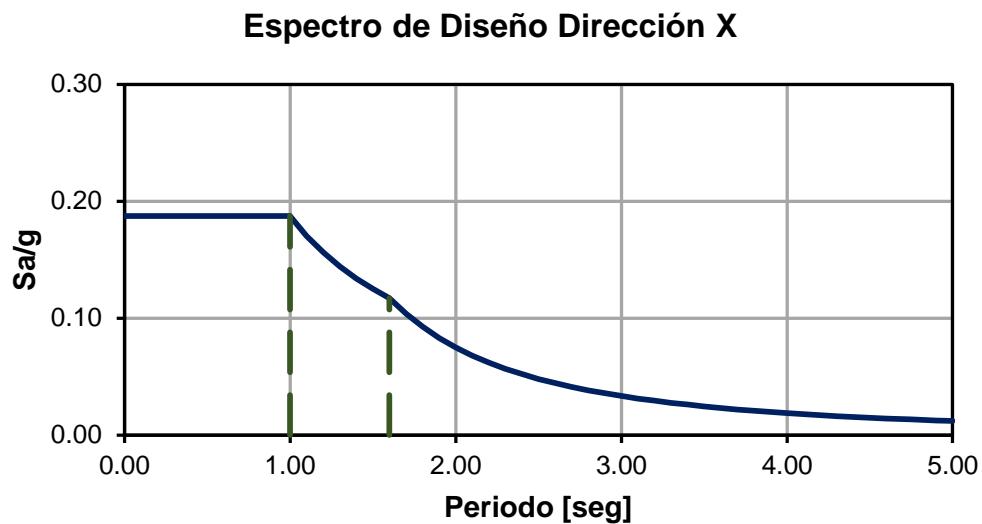
Módulo II - ordenadas espectrales para el espectro de diseño, dirección X-X

C	T	Sa/g	C	T	Sa/g	C	T	Sa/g
2.5000	0.00	0.1875	1.5625	1.60	0.1172	0.3906	3.20	0.0293
2.5000	0.10	0.1875	1.3841	1.70	0.1038	0.3673	3.30	0.0275
2.5000	0.20	0.1875	1.2346	1.80	0.0926	0.3460	3.40	0.0260
2.5000	0.30	0.1875	1.1080	1.90	0.0831	0.3265	3.50	0.0245
2.5000	0.40	0.1875	1.0000	2.00	0.0750	0.3086	3.60	0.0231
2.5000	0.50	0.1875	0.9070	2.10	0.0680	0.2922	3.70	0.0219

C	T	Sa/g	C	T	Sa/g	C	T	Sa/g
2.5000	0.60	0.1875	0.8264	2.20	0.0620	0.2770	3.80	0.0208
2.5000	0.70	0.1875	0.7561	2.30	0.0567	0.2630	3.90	0.0197
2.5000	0.80	0.1875	0.6944	2.40	0.0521	0.2500	4.00	0.0188
2.5000	0.90	0.1875	0.6400	2.50	0.0480	0.2323	4.15	0.0174
2.5000	1.00	0.1875	0.5917	2.60	0.0444	0.2163	4.30	0.0162
2.2727	1.10	0.1705	0.5487	2.70	0.0412	0.2020	4.45	0.0151
2.0833	1.20	0.1563	0.5102	2.80	0.0383	0.1890	4.60	0.0142
1.9231	1.30	0.1442	0.4756	2.90	0.0357	0.1773	4.75	0.0133
1.7857	1.40	0.1339	0.4444	3.00	0.0333	0.1666	4.90	0.0125
1.6667	1.50	0.1250	0.4162	3.10	0.0312	0.1600	5.00	0.0120

Figura 19

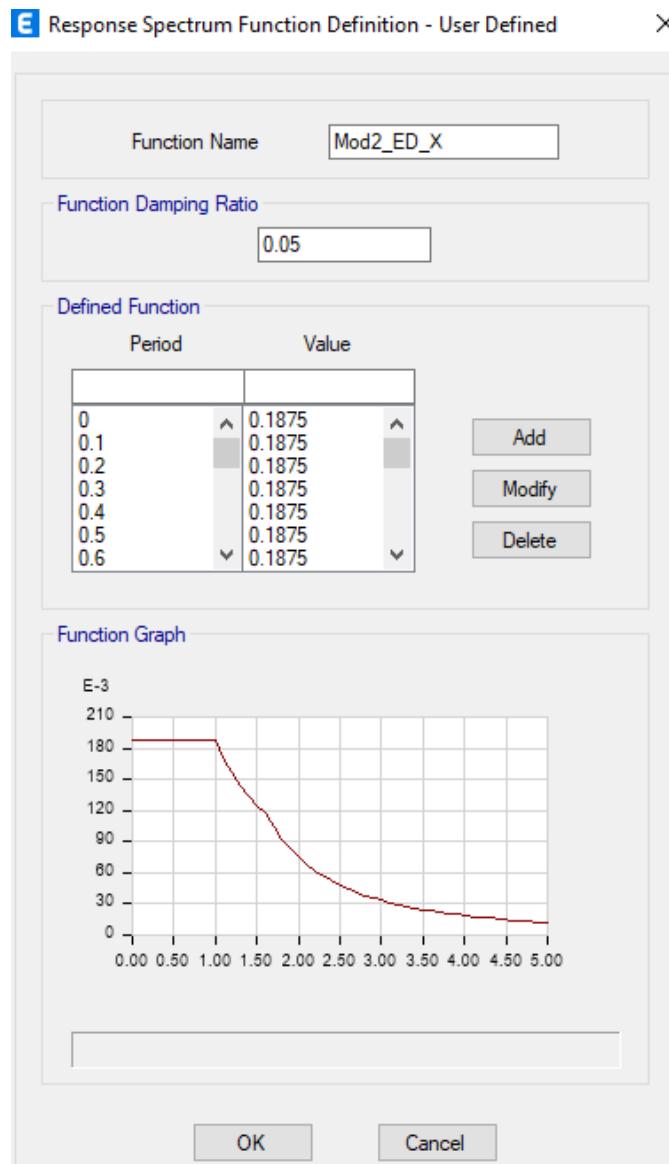
Módulo II - espectro de diseño, dirección X-X



Este espectro ha sido incorporado al programa Etabs, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 20

Módulo II - espectro de diseño incorporado al programa Etabs, dirección X-X



Luego, para la dirección de análisis en Y, se tiene:

Tabla 24

Módulo II - parámetros sísmicos para espectro de diseño, dirección Y-Y



Parámetros Sísmicos Dirección Y		
Parámetro	Designación	
Factor de zona (Z)	Z2	0.25
Factor de Uso (U)	A	U 1.50
Factor de Suelo (S)	S3	1.40
Coeficiente básico de reducción	Sistema estructural	CºAº-Muros estructurales
	R₀	6
Irregularidades	Planta	I_p 1.00
	Altura	I_a 1.00
Factor de reducción asumida		R 6.00
Periodo de respuesta	T_P	1.00
	T_L	1.60
		T<T _P , C=2.5
		T _P <T<T _L , C=2.5(T _P /T _L)
Factor de amplificación sísmica (C)		T>T _L , C=2.5(T _P *T _L /T ²)
		C/R≥0.11

$$Sa = \frac{Z * U * C * S}{R} g \quad 0.21875 g$$
Tabla 25

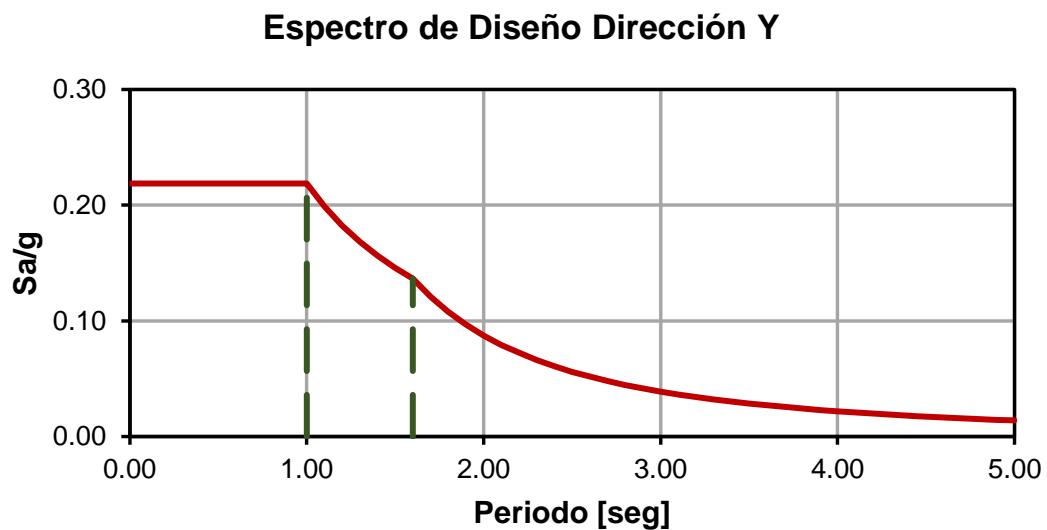
Módulo II - ordenadas espectrales para el espectro de diseño, dirección Y-Y

C	T	Sa/g	C	T	Sa/g	C	T	Sa/g
2.5000	0.00	0.21875	1.5625	1.60	0.13672	0.3906	3.20	0.03418
2.5000	0.10	0.21875	1.3841	1.70	0.12111	0.3673	3.30	0.03214
2.5000	0.20	0.21875	1.2346	1.80	0.10802	0.3460	3.40	0.03028
2.5000	0.30	0.21875	1.1080	1.90	0.09695	0.3265	3.50	0.02857
2.5000	0.40	0.21875	1.0000	2.00	0.08750	0.3086	3.60	0.02701
2.5000	0.50	0.21875	0.9070	2.10	0.07937	0.2922	3.70	0.02557

C	T	Sa/g	C	T	Sa/g	C	T	Sa/g
2.5000	0.60	0.21875	0.8264	2.20	0.07231	0.2770	3.80	0.02424
2.5000	0.70	0.21875	0.7561	2.30	0.06616	0.2630	3.90	0.02301
2.5000	0.80	0.21875	0.6944	2.40	0.06076	0.2500	4.00	0.02188
2.5000	0.90	0.21875	0.6400	2.50	0.05600	0.2323	4.15	0.02032
2.5000	1.00	0.21875	0.5917	2.60	0.05178	0.2163	4.30	0.01893
2.2727	1.10	0.19886	0.5487	2.70	0.04801	0.2020	4.45	0.01767
2.0833	1.20	0.18229	0.5102	2.80	0.04464	0.1890	4.60	0.01654
1.9231	1.30	0.16827	0.4756	2.90	0.04162	0.1773	4.75	0.01551
1.7857	1.40	0.15625	0.4444	3.00	0.03889	0.1666	4.90	0.01458
1.6667	1.50	0.14583	0.4162	3.10	0.03642	0.1600	5.00	0.01400

Figura 21

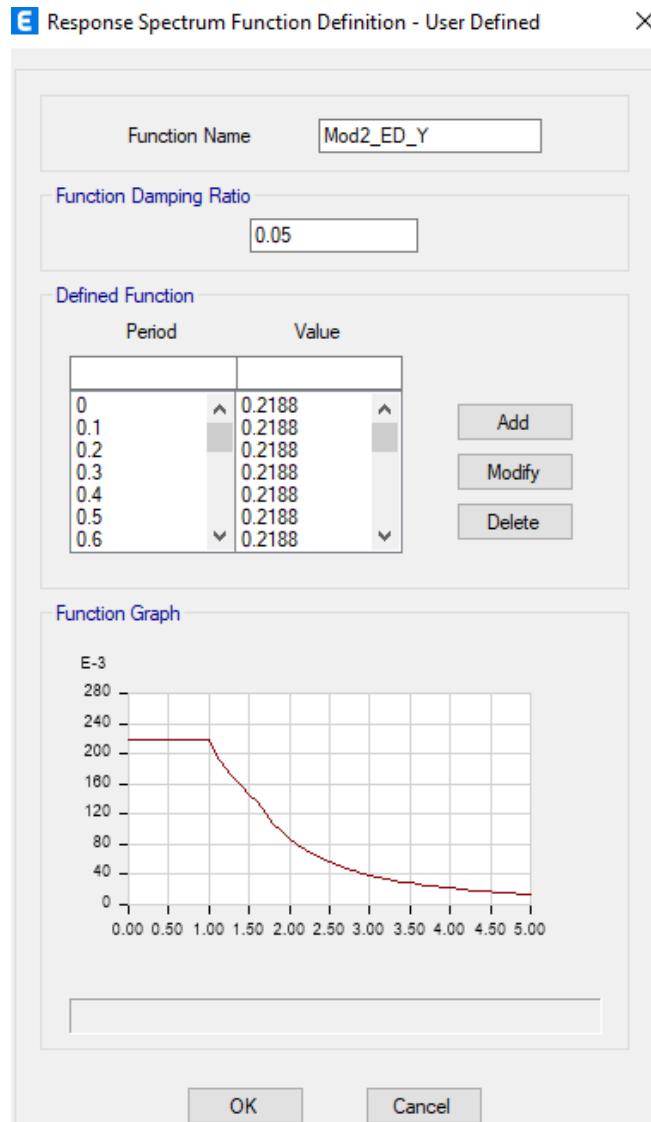
Módulo II - espectro de diseño, dirección Y-Y



Este espectro ha sido incorporado al programa Etabs, como se muestra en la Figura 30.

Figura 22

Módulo II - espectro de diseño incorporado al programa Etabs, dirección Y-Y



Con los espectros incorporados, procedemos a crear el caso de carga correspondiente para cada dirección y determinamos la distribución de fuerza cortante por nivel en dirección X-X y Y-Y como se muestra en las siguientes tablas y figuras.

Tabla 26

Módulo II – fuerza cortante análisis modal espectral, dirección X-X

Nivel	Caso de carga	Ubicación	Vx (Tn)
Nivel 05	Mod2_SD_X	Bottom	26.4168
Nivel 04	Mod2_SD_X	Bottom	154.0356
Nivel 03	Mod2_SD_X	Bottom	216.2287
Nivel 02	Mod2_SD_X	Bottom	266.111
Nivel 01	Mod2_SD_X	Bottom	298.4247

Figura 23

Módulo II – fuerza cortante análisis modal espectral, dirección X-X

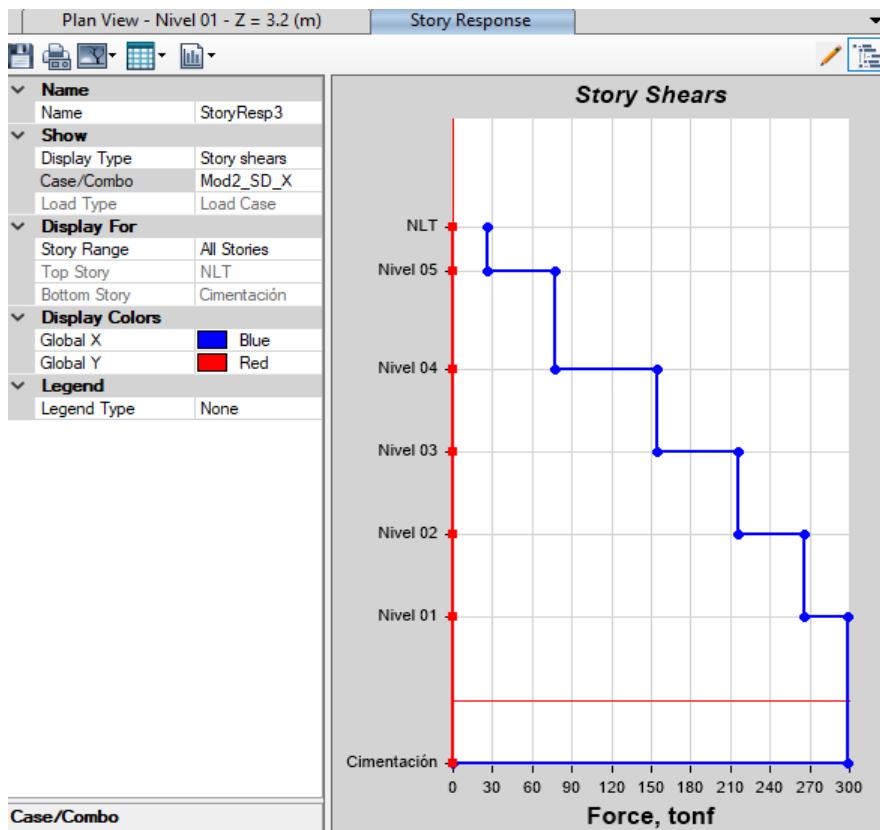


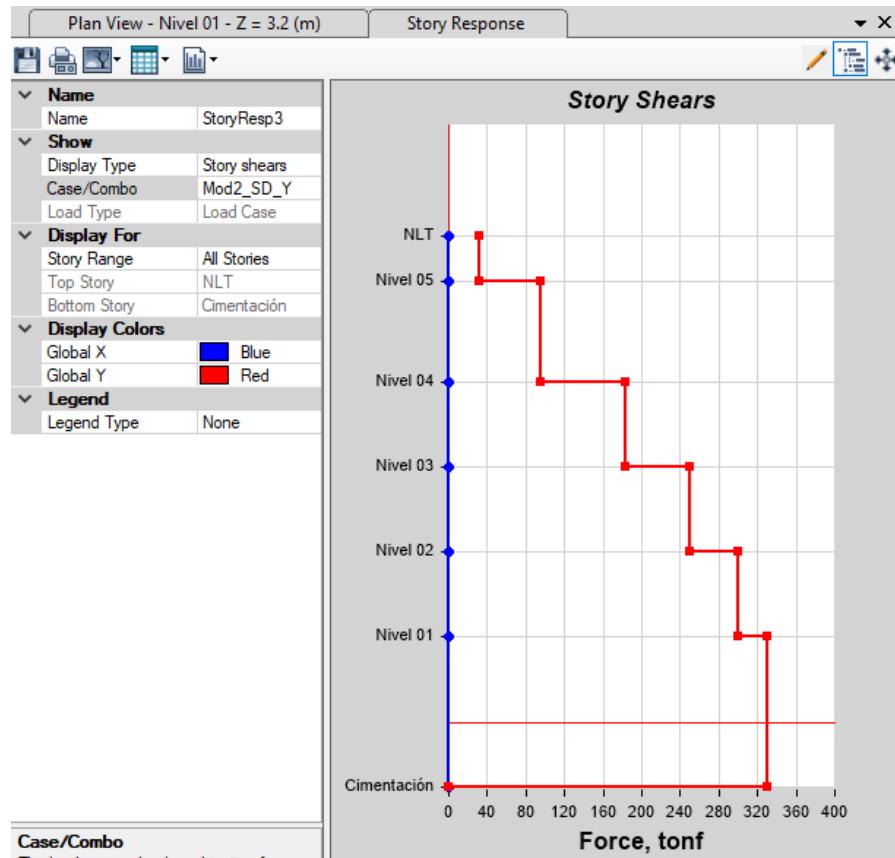
Tabla 27

Módulo II – fuerza cortante análisis modal espectral, dirección Y-Y

Nivel	Caso de carga	Ubicación	Vy (Tn)
Nivel 05	Mod2_SD_Y	Bottom	32.3578
Nivel 04	Mod2_SD_Y	Bottom	182.8962
Nivel 03	Mod2_SD_Y	Bottom	249.7512
Nivel 02	Mod2_SD_Y	Bottom	299.5179
Nivel 01	Mod2_SD_Y	Bottom	329.8617

Figura 24

Módulo II – fuerza cortante análisis modal espectral, dirección Y-Y



3.11.13. Análisis tiempo - historia.

- **Registros sísmicos.** Los registros sísmicos en sus dos componentes ortogonales (NS y EW) han sido descargados de la base de datos del Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID), específicamente del Centro de Observación de Ingeniería Sísmica (CEOIS), disponible en <http://www.cismid.uni.edu.pe/ceois/red/> (consultado en marzo, 2025), como se muestra en la figura. Luego, cada señal sísmica descargada ha sido corregida por línea base, ya que este error puede presentarse cuando el acelerógrafo no está perfectamente nivelado en su sitio, o el sistema de registro origine una deriva de los datos con respecto a la posición de línea de base (Carreño et al, 1999) y por el filtro de pasa banda de Butterworth, este uno de los filtros usados por la presencia de ruidos de alta o baja frecuencia presente en las señales sísmicas (Bommer y Acevedo, 2004).
- **Registros sísmicos usados:** en la presente investigación se usó 3 sismos ocurridos con transcurrir de los años en Perú, la siguiente tabla muestra los datos más relevantes de cada sismo, los cuales fueron elegidos debido a que presentan características similares al suelo en estudio y también por ser de fácil obtención de la información, a continuación, se presenta el detalle de los registros sísmicos y la comparación con la aceleración de la gravedad:

Tabla 28

Descripción de los eventos sísmicos usados

Sismo	Fecha	Hora	Magnitud (Mw)	Lugar de referencia
Lima	03 de octubre de 1974	9:21	8.1	Parque De La Reserva Lima

Ica	15 agosto del 2007	18:40:58	8.0	40 km al oeste de Pisco y a 150 km al suroeste de Lima
Barranca	28 noviembre del 2021	05:52:12	7.5	98 km al E de Sta. María De Nieva, Condorcanqui - Amazonas

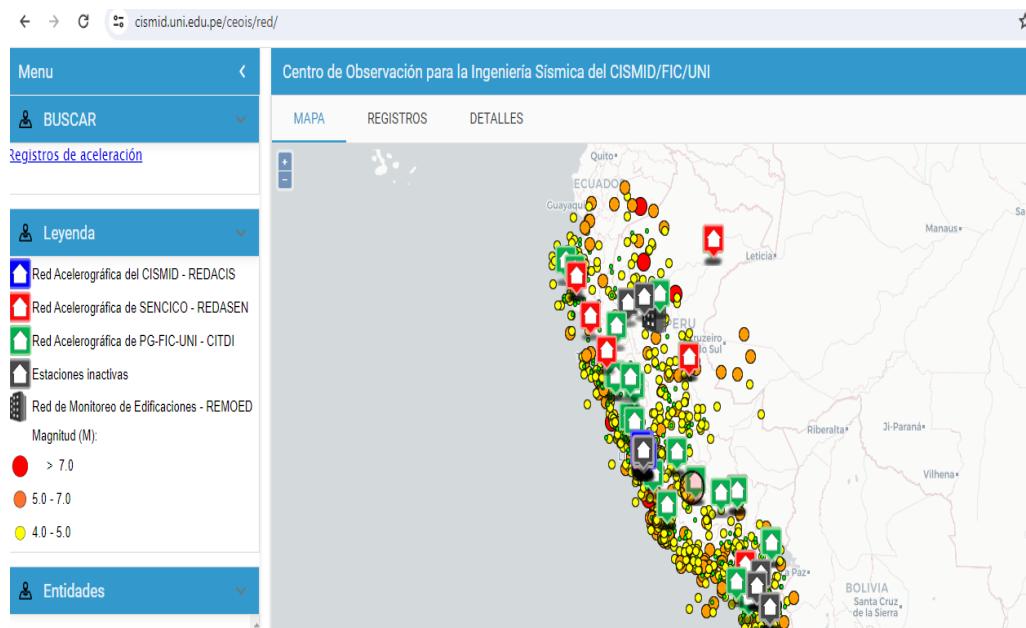
Tabla 29

Comparación de las aceleraciones máximas de sismos con la gravedad

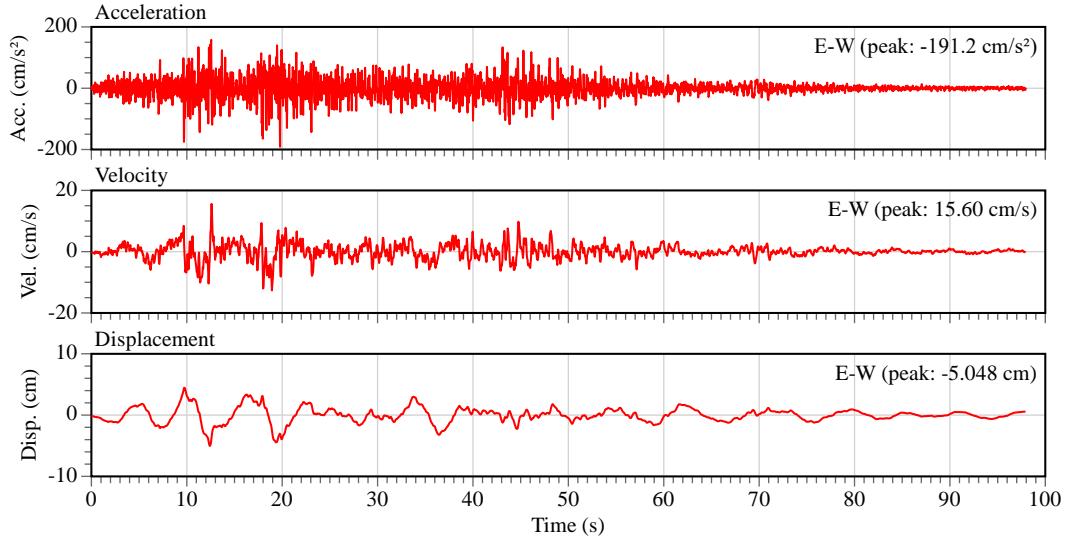
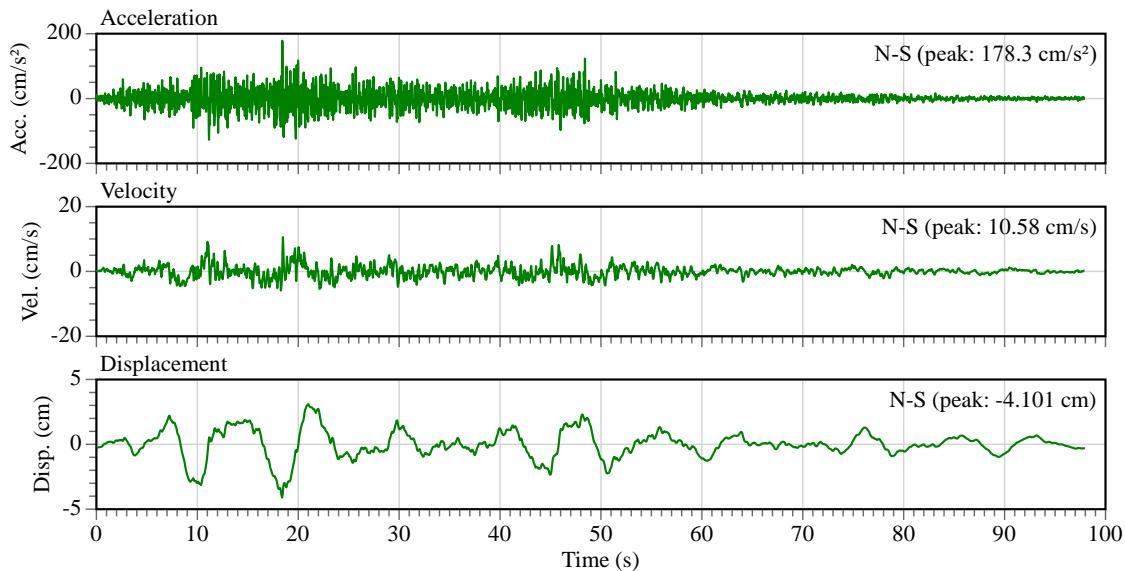
Sismo	Aceleración máxima del sismo	Aceleración de gravedad	Comparación con la gravedad
Lima	1.91 m/s ²	9.81 m/s ²	0.19 g
Ica	3.35 m/s ²	9.81 m/s ²	0.34 g
Barranca	1.95 m/s ²	9.81 m/s ²	0.20 g

Figura 25

Página web de la obtención de registros sísmicos



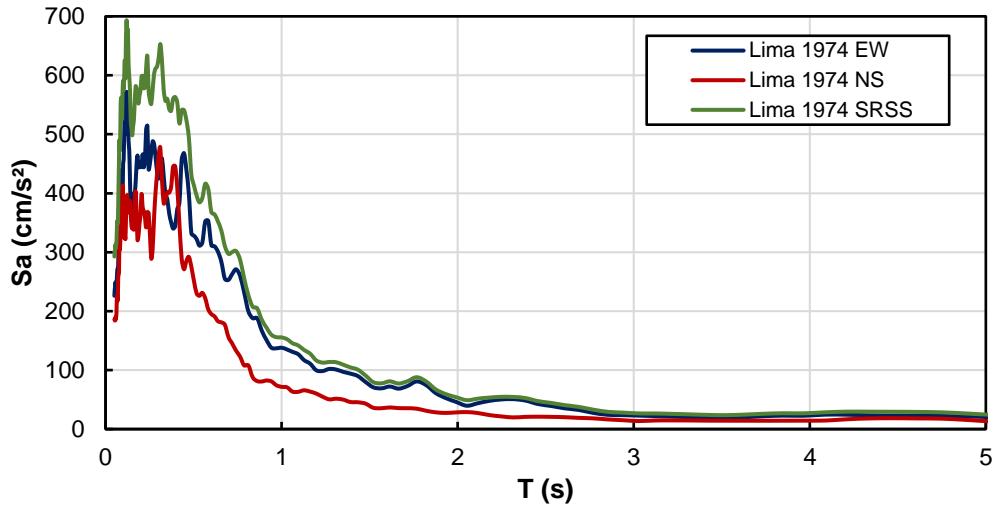
- **Registro sísmico Lima 1974**

Figura 26*Señal sísmica Lima 1974 EW***Figura 27***Señal sísmica Lima 1974 NS*

De las señales sísmicas (EW y NS) se obtuvieron los espectros para cada componente y el espectro SRSS correspondiente.

Figura 28

Espectros de respuesta del registro sísmico Lima 1974



- **Registro sísmico Ica 2007**

Figura 29

Señal sísmica Ica 2007 EW

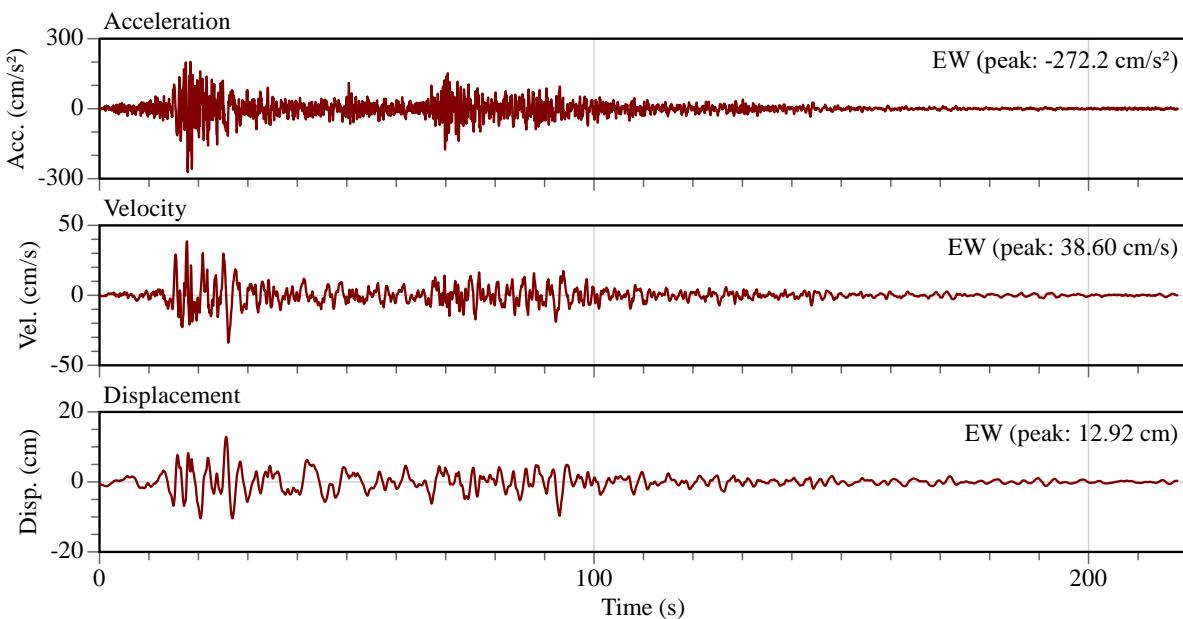
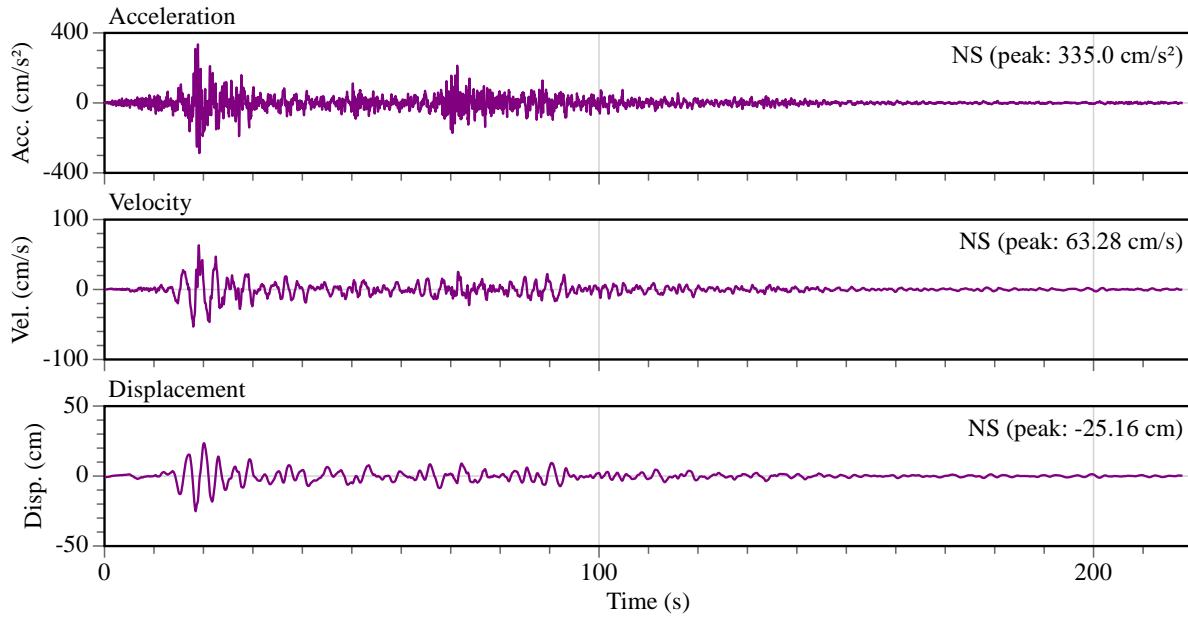


Figura 30

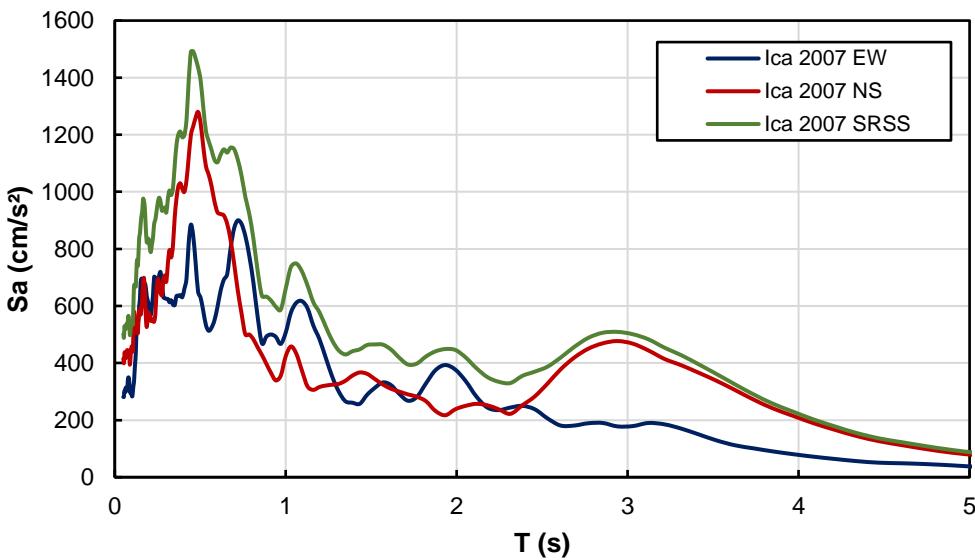
Señal sísmica Ica 2007 NS



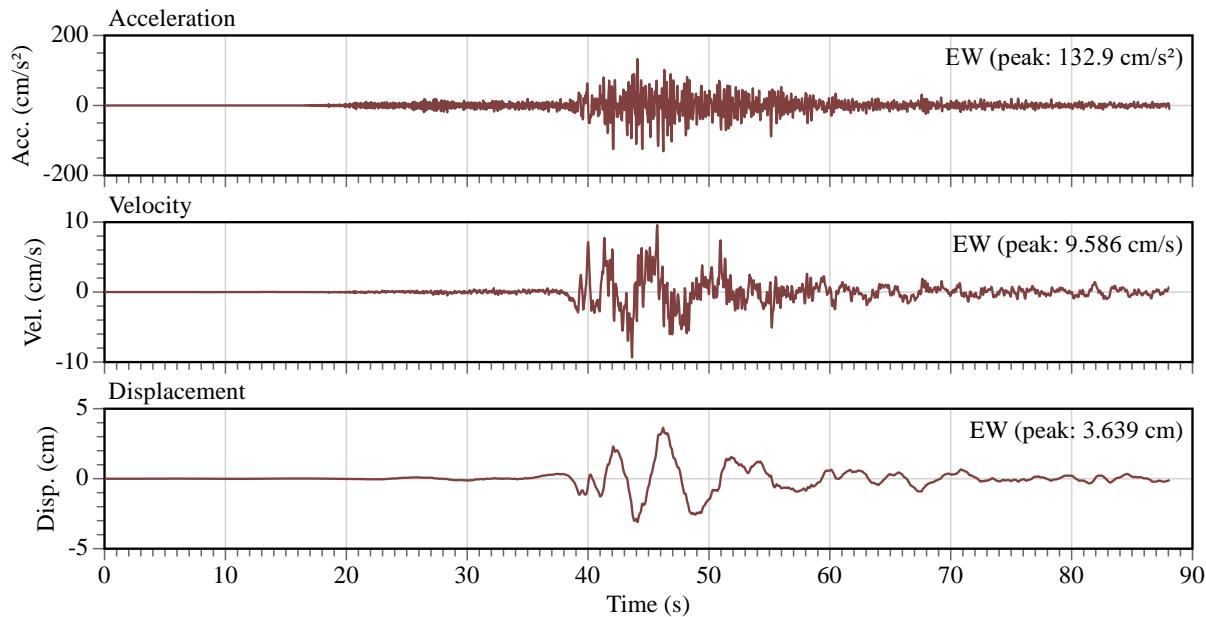
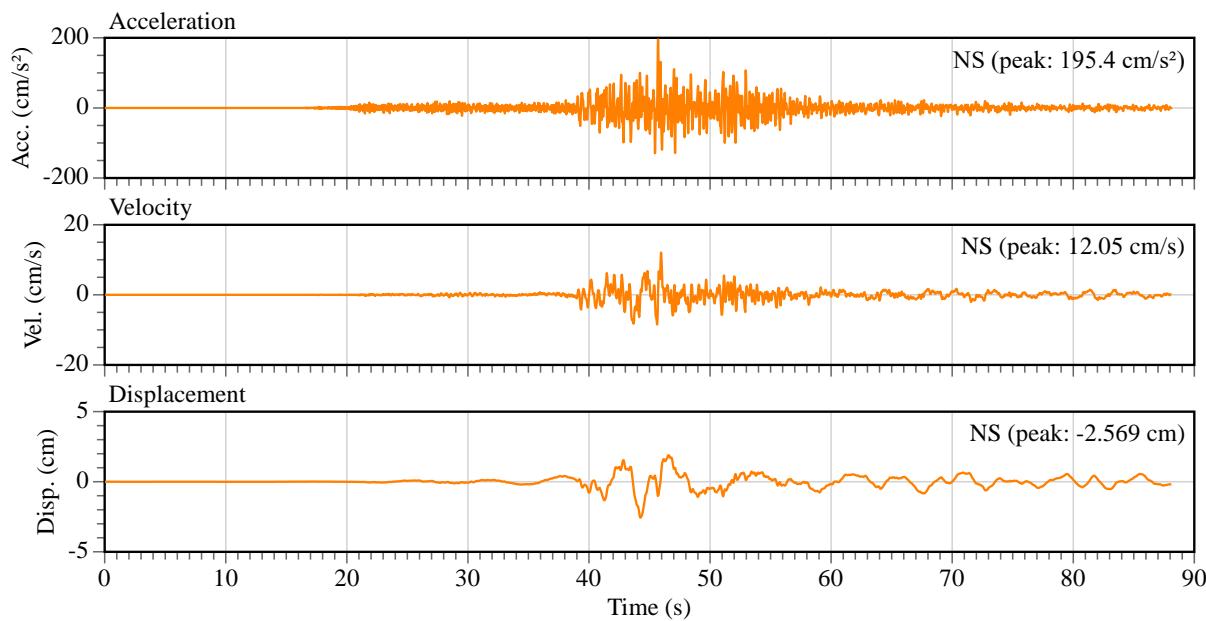
De las señales sísmicas (EW y NS) se obtuvieron los espectros para cada componente y el espectro SRSS correspondiente.

Figura 31

Espectros de respuesta del registro sísmico Ica 2007



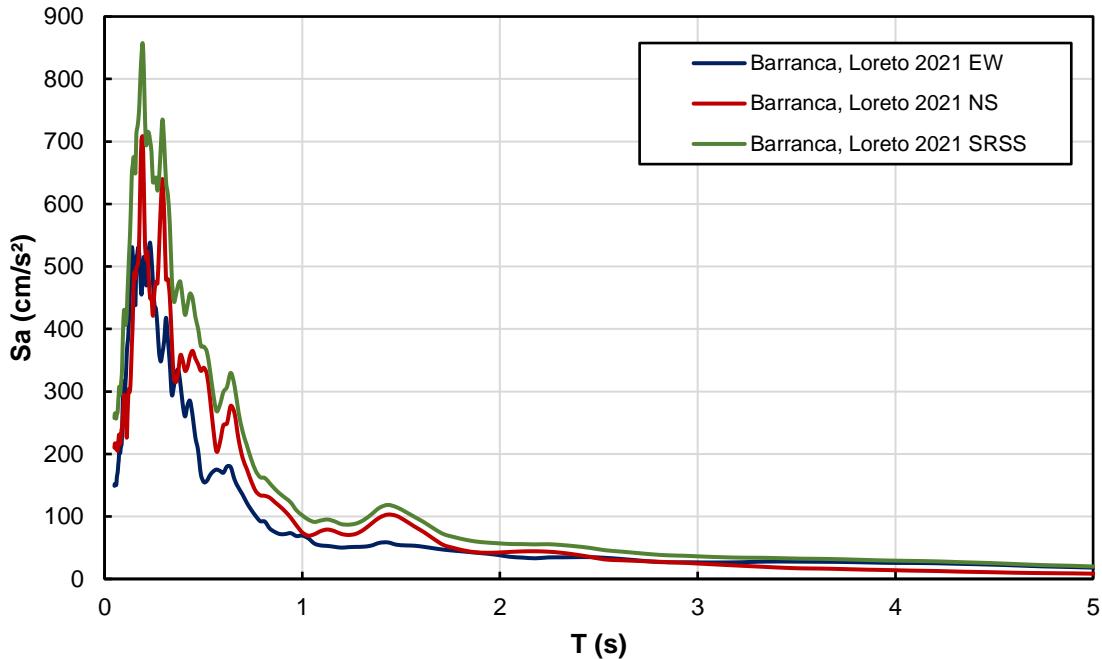
- **Registro sísmico Barranca, Loreto 2021**

Figura 32*Señal sísmica Barranca, Loreto 2021 EW***Figura 33***Señal sísmica Barranca, Loreto 2021 NS*

De las señales sísmicas (EW y NS) se obtuvieron los espectros para cada componente y el espectro SRSS correspondiente.

Figura 34

Espectros de respuesta del registro sísmico Barranca, Loreto 2021

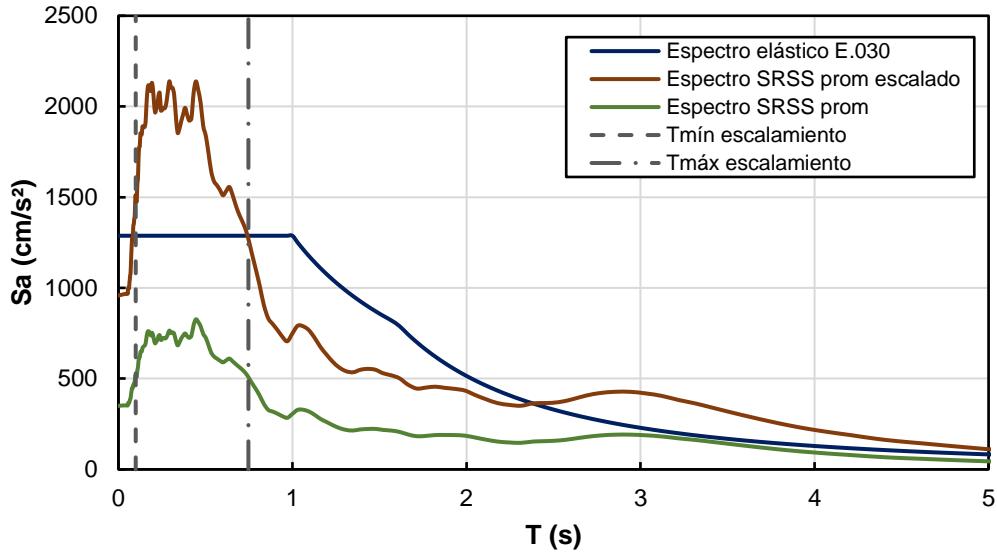


Posteriormente se escala cada espectro SRSS, de modo que el promedio de los espectros SRSS tenga ordenadas espectrales mayores al espectro de elástico de la norma E.030 ($R = 1$).

Para la ubicación del proyecto, para el módulo I y II de bienestar universitario de la Universidad Nacional Autónoma de Chota que corresponde el rango de periodos 0.2 T y 1.5 T. En la siguiente figura se puede visualizar el espectro SRSS promedio escalado en el rango de periodos correspondientes.

Figura 35

Espectro de respuesta SRSS promedio escalado al espectro elástico-0.2 T y 1.5 T



3.11.14. Incorporación de registros sísmicos a Etabs

Se incorpora cada registro sísmico al programa Etabs, según se muestra en la Figura 36.

Figura 36

Incorporación de registro sísmico a Etabs componente NS

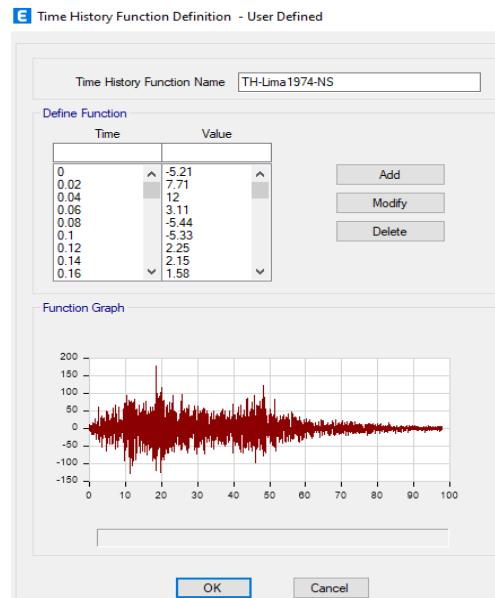
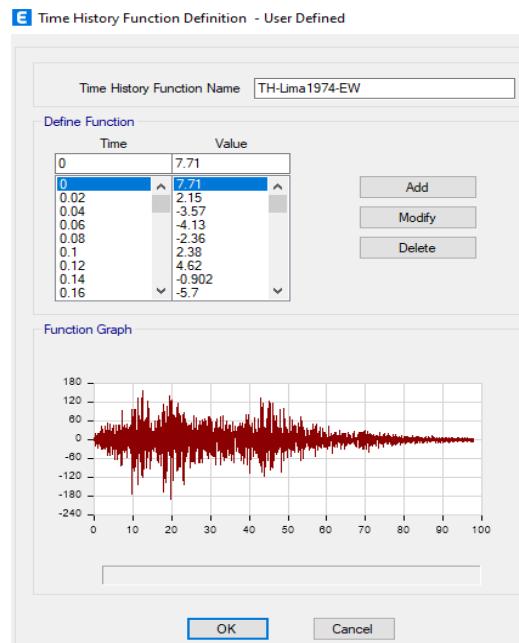
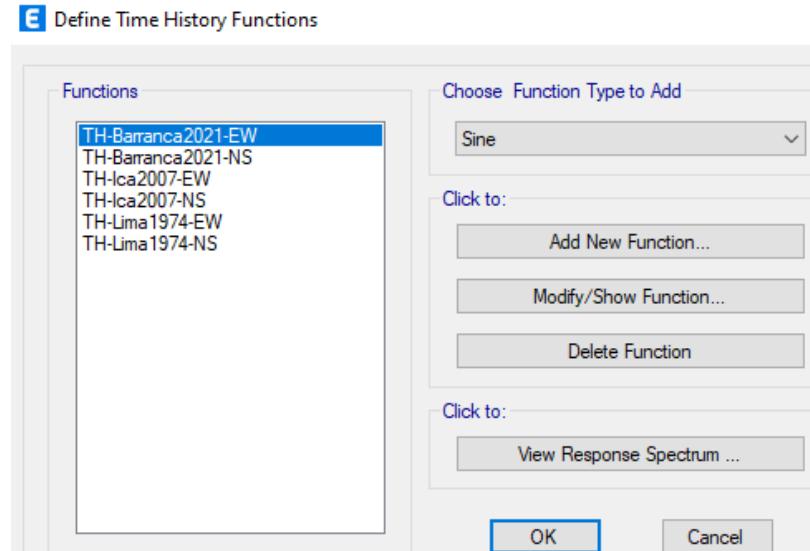


Figura 37

Incorporación de registro sísmico a Etabs componente EW

**Figura 38**

Incorporación de todos los registros sísmicos a Etabs



Para el análisis tiempo historia creamos una combinación de carga de tipo envolvente que involucre a todos los casos de carga, ya que como se ha utilizado menos de 7 pares de señales

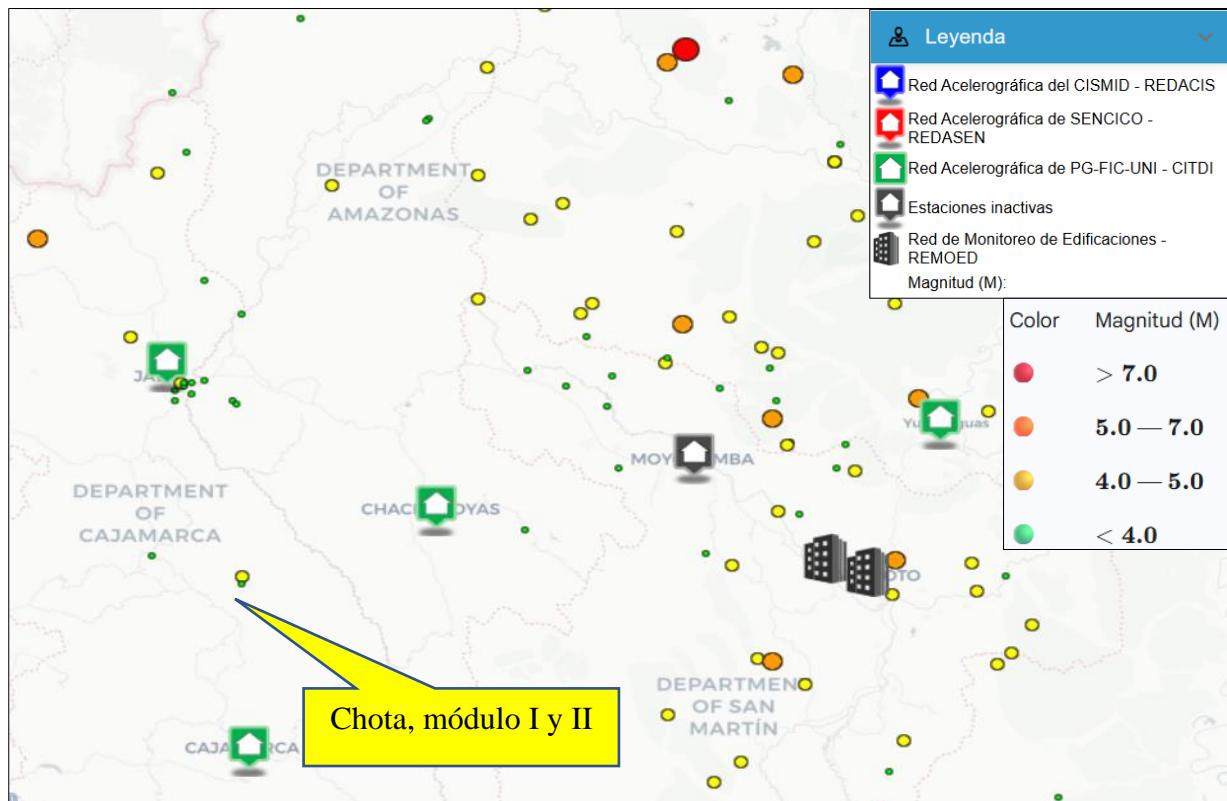
sísmicas, la Norma Técnica Peruana E.0.30 “Diseño Sismorresistente” (2018) indica tomar como resultado los valores máximos establecidos de las señales sísmicas incorporadas.

3.12. Sismicidad de la zona donde se ubican los módulos I y II

Los módulos I y II, ubicados en la provincia de Chota se encuentra en una zona sísmica 2 (moderado-alto), presentando un nivel de peligro sísmico significativo debido a la ubicación en relación a la cordillera de los andes y a la cercanía a los lugares de actividad tectónica. A lo largo del tiempo, Chota, ha presentado sismos de baja a moderada magnitud con ciertas recurrencias, en los últimos eventos recientes se han reportado sismos de magnitud 3.6 - 4.1 con epicentros cerca de la ciudad a profundidades superficiales. (CISMID, 2023)

Figura 39

Sismos registrados en el norte del Perú en los últimos años.



Fuente: Centro de observación CISMID, 2025.

En la tabla anterior se muestra los sismos ocurridos en el Norte del Perú en el pasar del tiempo, observándose sismos de magnitud mayores a 7 y menores a 4, el cual evidencia que Chota se encuentra expuesto a eventuales sismos de magnitud alta a moderada. por lo tanto, la ubicación de los módulos I y II se encuentran en una zona sísmicamente activa, debido a ello, el análisis de las estructuras existentes y el diseño de las futuras edificaciones se deben de realizar de acuerdo a la Norma Técnica Peruana E.0.30 “Diseño Sismorresistente” (2018) con el fin de cumplir con la concepción estructural detallada en la mencionada Norma.

3.13. Estudio de la topografía por una probable amplificación de las ondas sísmicas

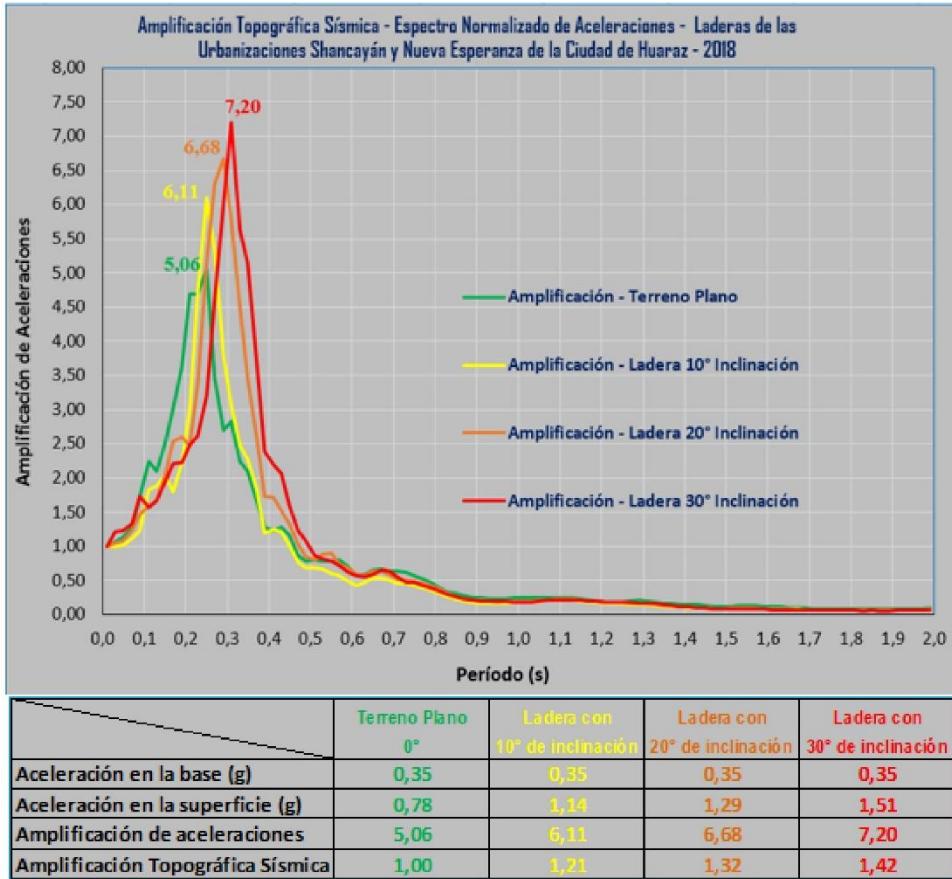
La topografía en una manifestación critica del efecto de sitio de la edificación, donde las irregulares del terreno como las colinas, crestas y laderas alteran la propagación de las ondas sísmicas, desencadenando mayormente en una amplificación del sismo en puntos específico del terreno. (Chopra, 2017)

La amplificación sísmica en relieve con irregularidad, además de las características del suelo, depende de la geometría del terreno como la pendiente, que es la inclinación de la superficie de terreno, la cual es un factor importante del efecto topográfico para la respuesta dinámica del sitio. (Kramer, 1996)

Estudios realizados concluyen que la amplificación de las ondas sísmicas aumenta a mayor pendiente del terreno, también, la amplificación de la topografía es producido por la respuesta sísmica que proporciona el terreno en zonas de ladera, los cuales tienen un efecto directo en el comportamiento sísmico de las diferentes edificaciones. (Reyes R. et al., 2020)

Figura 40

Amplificación sísmica, terreno plano y laderas con pendiente (10°, 20° y 30°).



Fuente: Reyes R. et al, 2020.

El relieve donde se encuentra el módulo I y el módulo II es un terreno plano, con pendientes poco pronunciadas hasta un 10° de inclinación en los lugares contiguos a la edificación, aproximadamente a unos 700 m del lugar se encuentra una colina bastante pronunciada (pendiente > 30°) la cual podría amplificar las ondas sísmicas ante un eventual evento sísmico (ver plano de pendientes).

3.14. Presentación de resultados

A continuación, siguiendo la teoría dada por la Norma Técnica Peruana E.0.30 para cada uno de los análisis, se presenta los resultados obtenidos en el software Etabs V21.

3.14.1. Evaluación del módulo I

3.14.1.1. Deformaciones (desplazamientos y derivas)

- Análisis estático

Tabla 30

Módulo I – análisis estático - desplazamientos y derivas, dirección X-X

Nivel	Altura (m)	Δ (m)	Deriva	Deriva permisible NTP E.0.30
Nivel 05	20.76	0.01651	0.00187	0.007 (cumple)
Nivel 04	15.25	0.01455	0.00369	0.007 (cumple)
Nivel 03	12.05	0.01230	0.00489	0.007 (cumple)
Nivel 02	8.85	0.00932	0.00638	0.007 (cumple)
Nivel 01	5.65	0.00544	0.00505	0.007 (cumple)

Figura 41

Módulo I – análisis estático - desplazamientos, dirección X-X

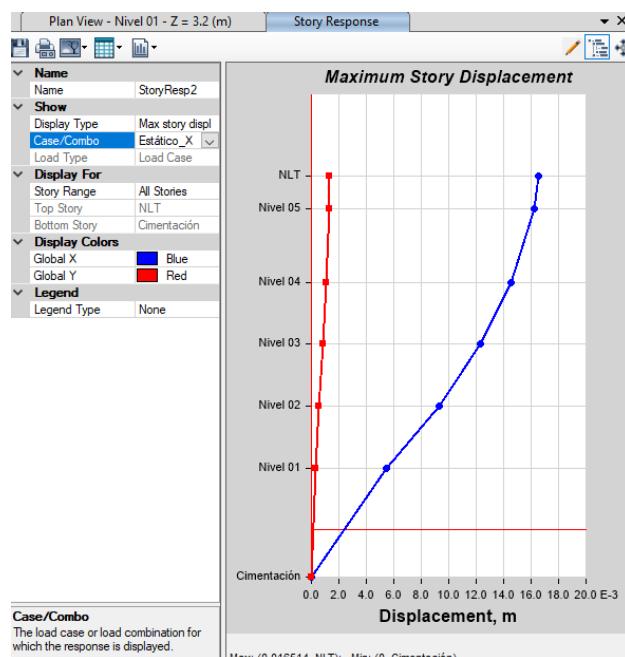


Tabla 31

Módulo I – análisis estático – desplazamientos y derivas, dirección Y-Y

Nivel	Altura (m)	Δ (m)	Deriva	Deriva permisible
				NTP E.0.30
Nivel 05	20.76	0.018043	0.00304	0.007 (cumple)
Nivel 04	15.25	0.014849	0.00487	0.007 (cumple)
Nivel 03	12.05	0.011883	0.00594	0.007 (cumple)
Nivel 02	8.85	0.00826	0.00647	0.007 (cumple)
Nivel 01	5.65	0.004316	0.00401	0.007 (cumple)

Figura 42

Módulo I – análisis estático – desplazamientos, dirección Y-Y

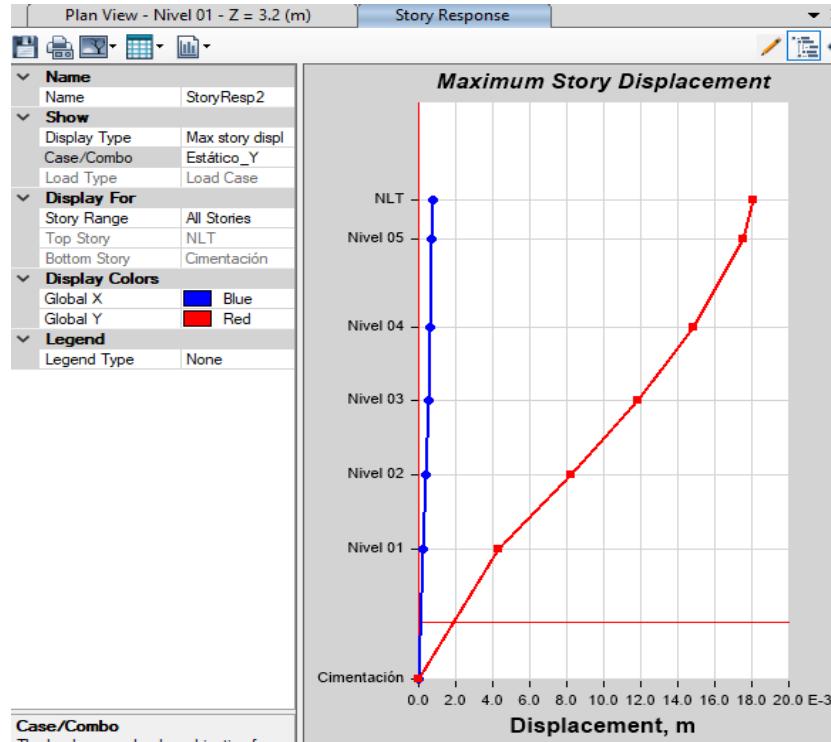
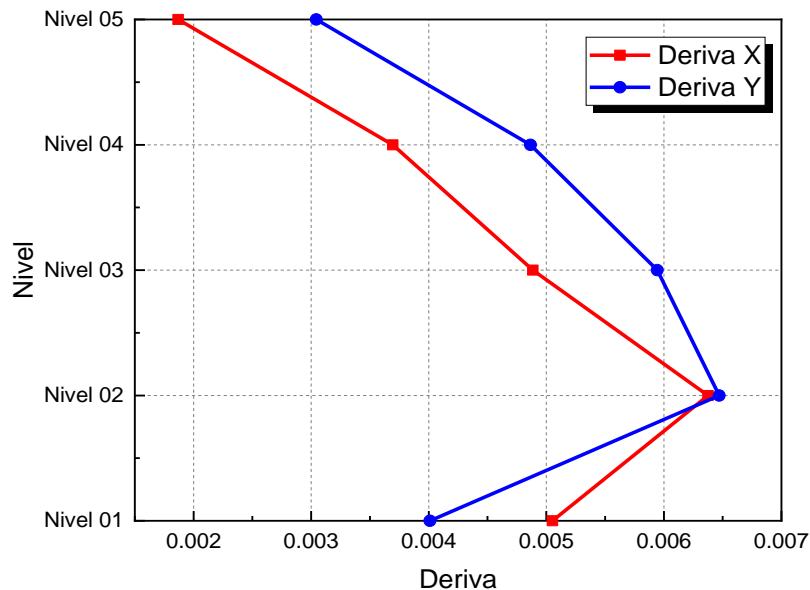


Figura 43

Módulo I – análisis estático – derivas, dirección X-X y Y-Y



- **Análisis dinámico modal espectral**

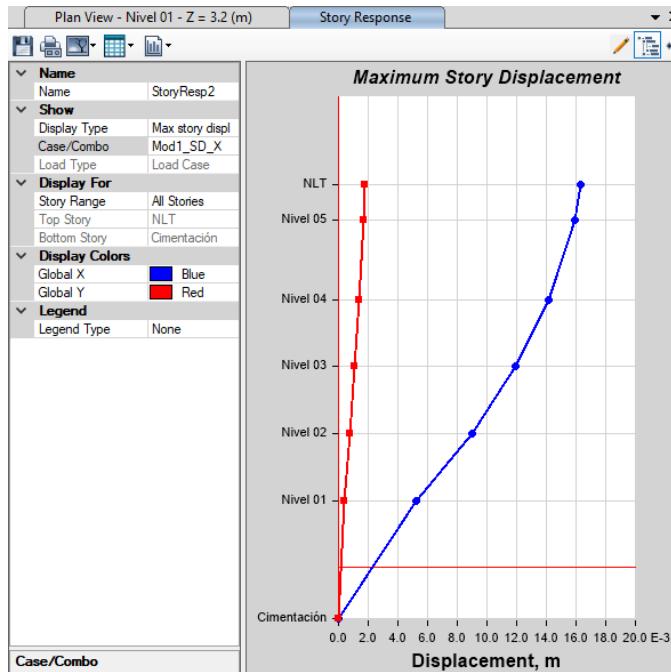
Tabla 32

Módulo I – análisis modal espectral – desplazamientos y derivas, dirección X-X

Nivel	Altura (m)	Δ (m)	Deriva	Deriva permisible
				NTP E.0.30
Nivel 05	20.76	0.016301	0.00203	0.007 (cumple)
Nivel 04	15.25	0.014168	0.00373	0.007 (cumple)
Nivel 03	12.05	0.011895	0.00478	0.007 (cumple)
Nivel 02	8.85	0.008979	0.00617	0.007 (cumple)
Nivel 01	5.65	0.00522	0.00485	0.007 (cumple)

Figura 44

Módulo I – análisis modal espectral – desplazamientos, dirección X-X

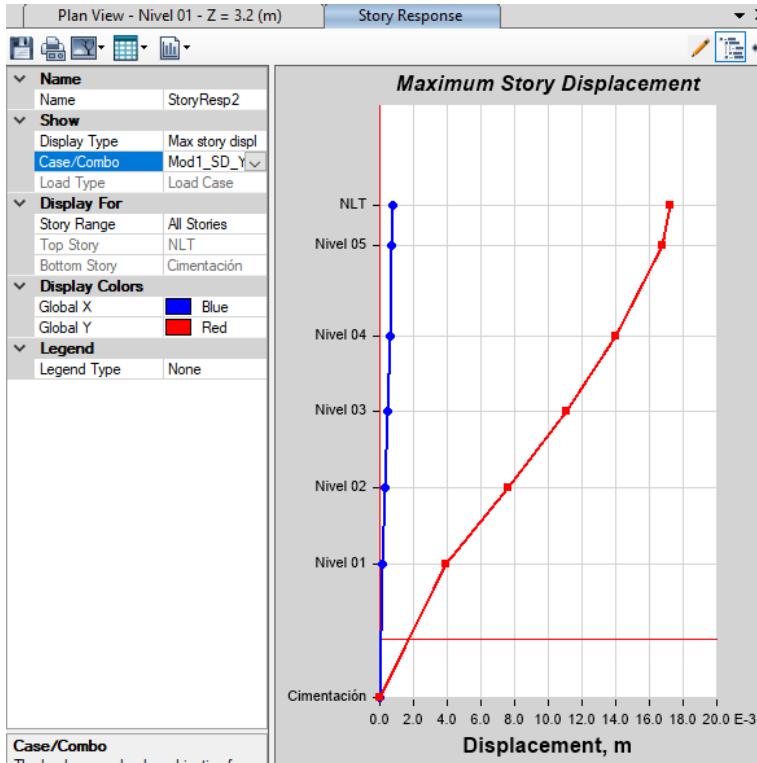
**Tabla 33**

Módulo I – análisis modal espectral – desplazamientos y derivas, dirección Y-Y

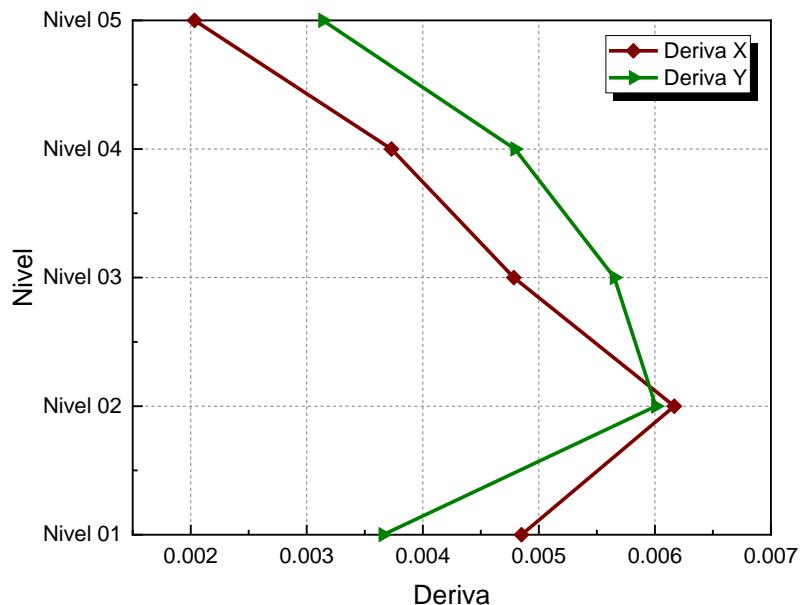
Nivel	Altura (m)	Δ (m)	Drift inelástico	Deriva permisible
				NTP E.0.30
Nivel 05	20.76	0.017259	0.00314	0.007 (cumple)
Nivel 04	15.25	0.013965	0.00479	0.007 (cumple)
Nivel 03	12.05	0.011043	0.00565	0.007 (cumple)
Nivel 02	8.85	0.007599	0.00601	0.007 (cumple)
Nivel 01	5.65	0.003937	0.00366	0.007 (cumple)

Figura 45

Módulo I – análisis modal espectral – desplazamientos, dirección Y-Y

**Figura 46**

Módulo I – análisis modal espectral – derivas, dirección X-X y Y-Y



- Análisis tiempo historia

Tabla 34

Módulo I – análisis tiempo historia – desplazamientos y derivas, dirección X-X

Nivel	Altura (m)	Δ (m)	Drift inelástico	Deriva permisible
				NTP E.0.30
Nivel 05	20.76	0.022928	0.00285	0.007 (cumple)
Nivel 04	15.25	0.019942	0.00521	0.007 (cumple)
Nivel 03	12.05	0.016769	0.00668	0.007 (cumple)
Nivel 02	8.85	0.012699	0.00868	0.007 (cumple)
Nivel 01	5.65	0.00741	0.00689	0.007 (cumple)

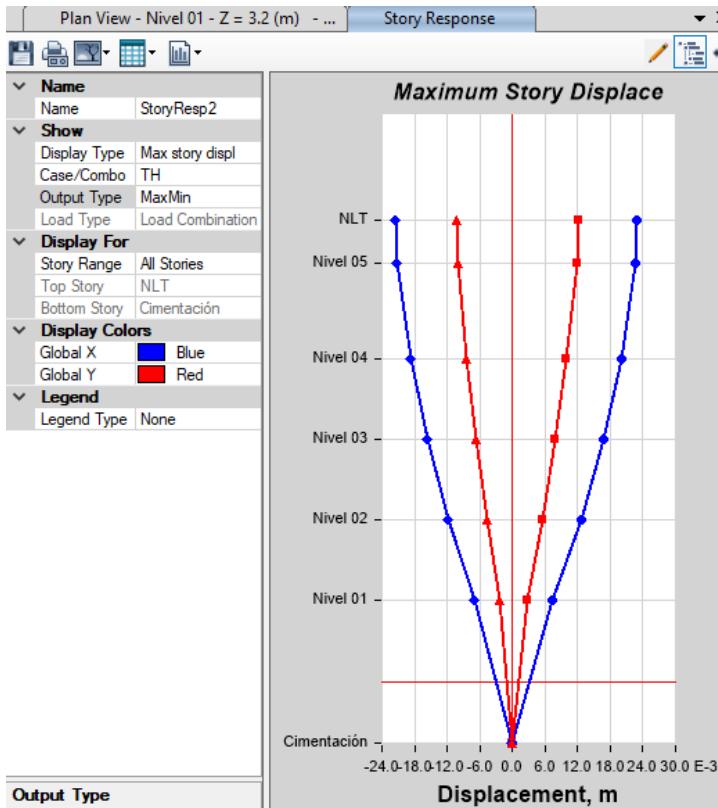
Tabla 35

Módulo I – análisis tiempo historia – desplazamientos y derivas, dirección Y-Y

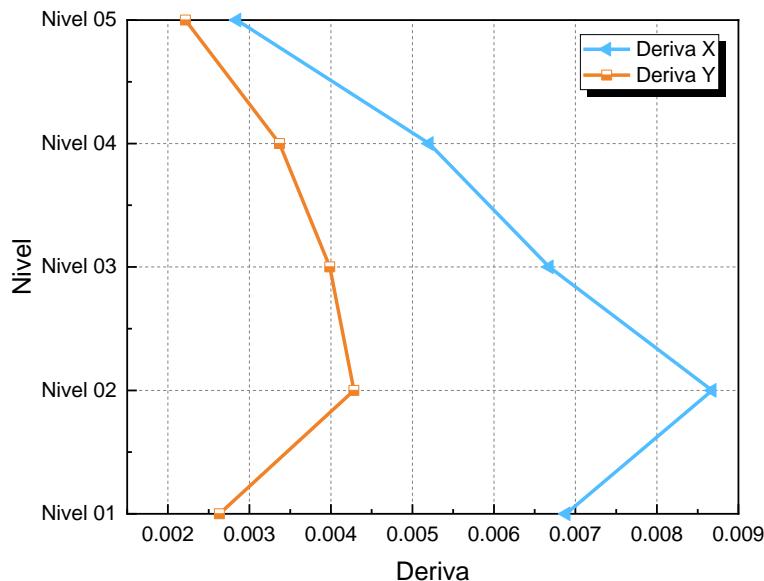
Nivel	Altura (m)	Δ (m)	Drift inelástico	Deriva permisible
				NTP E.0.30
Nivel 05	20.76	0.012251	0.00222	0.007 (cumple)
Nivel 04	15.25	0.009926	0.00337	0.007 (cumple)
Nivel 03	12.05	0.007873	0.00399	0.007 (cumple)
Nivel 02	8.85	0.005443	0.00428	0.007 (cumple)
Nivel 01	5.65	0.002833	0.00263	0.007 (cumple)

Figura 47

Módulo I – análisis tiempo historia – desplazamientos, dirección X-X y Y-Y

**Figura 48**

Módulo I – análisis tiempo historia – derivas, dirección X-X y Y-Y



- **Cortantes basales**

- **Análisis estático**

Tabla 36

Módulo I - análisis estático - cortantes basales, dirección X-X y Y-Y

Nivel	Peso (Tnf)	Altura hi	Altura hacumulado	$Pi \cdot hi^k$	a	Fx (Tnf)	Vx,y (Tnf)
Nivel 05	402.001	5.51	20.76	8345.54	0.279	130.122	130.122
Nivel 04	511.108	3.2	15.25	7794.40	0.261	121.528	251.650
Nivel 03	502.96	3.2	12.05	6060.67	0.203	94.497	346.147
Nivel 02	517.943	3.2	8.85	4583.80	0.153	71.470	417.616
Nivel 01	553.204	5.65	5.65	3125.60	0.105	48.734	466.350

- **Análisis dinámico modal espectral**

Tabla 37

Módulo I - análisis modal espectral - cortantes basales, dirección X-X y Y-Y

Nivel	Ubicación	Vx (Tn)	Vy (Tn)
Nivel 05	Bottom	36.3806	38.641
Nivel 04	Bottom	212.4245	217.0135
Nivel 03	Bottom	300.8447	298.6205
Nivel 02	Bottom	371.2115	358.662
Nivel 01	Bottom	417.4226	395.3263

- **Análisis tiempo historia**

Tabla 38

Módulo I - análisis tiempo historia - cortantes basales, dirección X-X y Y-Y

Nivel	Ubicación	Vx (Tn)	Vy (Tn)
Nivel 05	Bottom	51.006	29.7994

Nivel 04	Bottom	311.218	150.328
Nivel 03	Bottom	444.2575	213.2475
Nivel 02	Bottom	541.2786	267.0466
Nivel 01	Bottom	595.9671	302.807

Tabla 39

Módulo I – resumen de cortantes basales, dirección X-X y Y-Y

Descripción	Dirección	Análisis estático	Análisis dinámico modal espectral	Análisis tiempo historia
cortante basal (tnf)	"X"	466.35000	417.42260	595.96710
	"Y"	466.35000	395.32630	302.80700

La Norma Técnica Peruana E.0.30 nos menciona que las cortantes basales en el análisis dinámico espectral deben ser mayor o igual al 80% del valor calculado en el método estático, por lo tanto, debe ser mayor a $466.350 \times 0.80 = 373.08$ tnf, por lo cual cumple.

- **Fuerzas internas**

Se calcularon las fuerzas internas presentes en las columnas, vigas y placas producidos por las cargas sísmicas estáticas, dinámicas espectrales y dinámicas tiempo historia. Las siguientes tablas muestran los resultados máximos obtenidos.

Tabla 40

Módulo I – fuerzas internas máximas, momentos y cortantes

Elementos	Descripción	Análisis estático	Análisis dinámico modal espectral	Análisis tiempo historia
Columnas	cortantes (tnf)	17.82770	16.41820	12.11930
	momentos (tnf.M)	25.12770	23.28050	17.10960

Elementos	Descripción	Análisis estático	Análisis dinámico modal	Análisis tiempo historia
			espectral	
Vigas	cortantes (tnf)	4.43430	4.14830	3.04980
	momentos (tnf.M)	16.98700	15.89000	11.65480
Placas	cortantes (tnf)	313.60890	296.92370	423.16570
	momentos (tnf.M)	7112.43130	6942.57480	10051.09730

3.14.2. Evaluación del módulo II

3.14.2.1. Deformaciones (cálculo de desplazamientos y derivas)

- Análisis estático

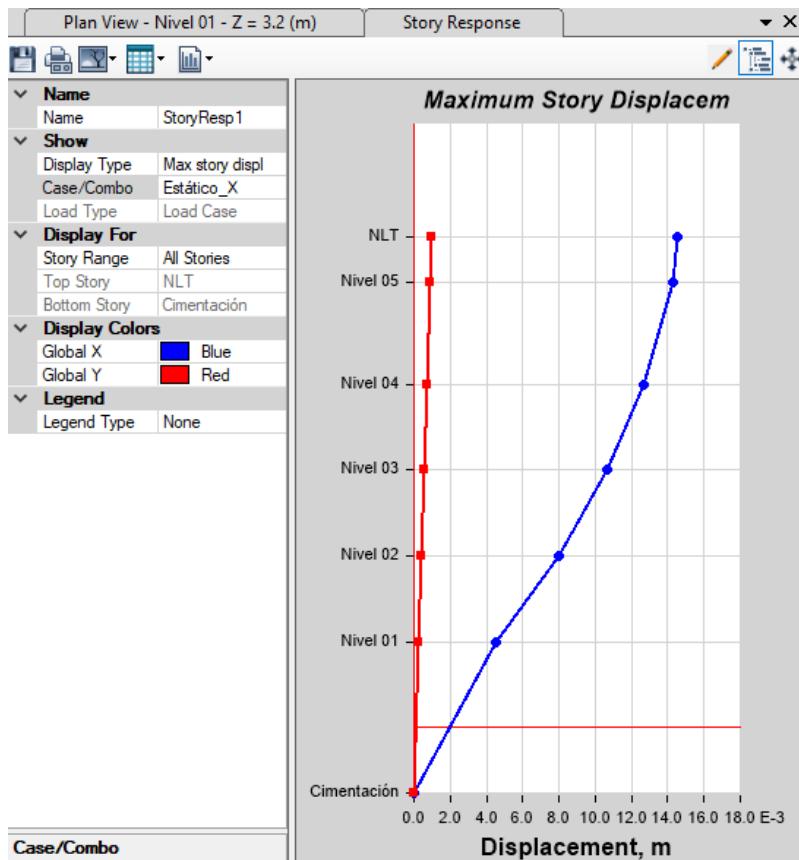
Tabla 41

Módulo II - análisis estático - desplazamientos y derivas, dirección X-X

Nivel	Altura (m)	Δ (m)	Deriva	Deriva permisible
				NTP E.0.30
Nivel 05	20.76	0.014561	0.00176	0.007 (cumple)
Nivel 04	15.25	0.01271	0.00337	0.007 (cumple)
Nivel 03	12.05	0.010658	0.00439	0.007 (cumple)
Nivel 02	8.85	0.007982	0.00564	0.007 (cumple)
Nivel 01	5.65	0.004542	0.00422	0.007 (cumple)

Figura 49

Módulo II - análisis estático - desplazamientos, dirección X-X

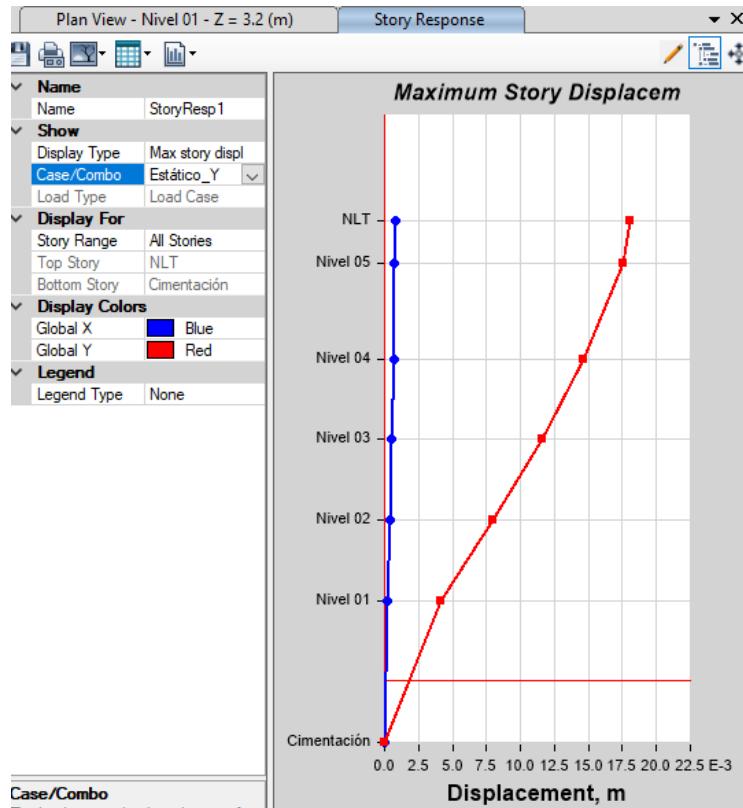
**Tabla 42**

Módulo II - análisis estático - desplazamientos y derivas, dirección Y-Y

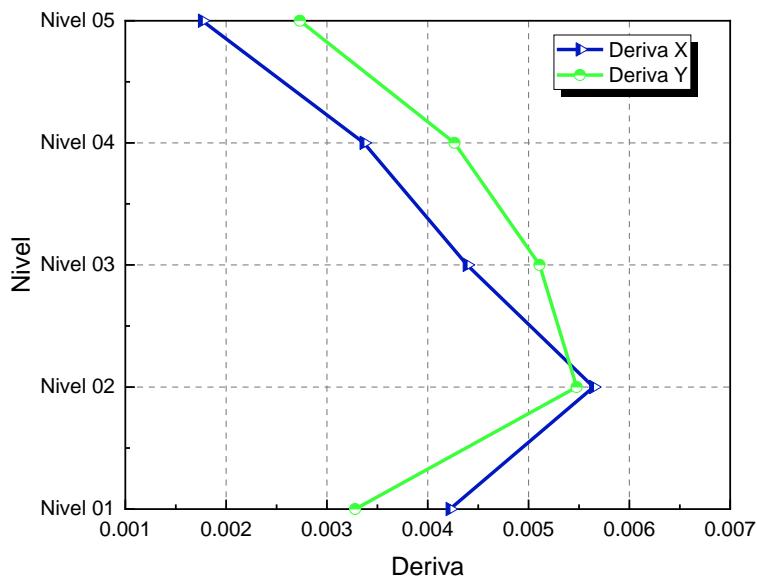
Nivel	Altura (m)	Δ (m)	Deriva	Deriva permisible
				NTP E.0.30
Nivel 05	20.76	0.018024	0.00273	0.007 (cumple)
Nivel 04	15.25	0.014679	0.00427	0.007 (cumple)
Nivel 03	12.05	0.011646	0.00511	0.007 (cumple)
Nivel 02	8.85	0.008013	0.00548	0.007 (cumple)
Nivel 01	5.65	0.004118	0.00328	0.007 (cumple)

Figura 50

Módulo II - análisis estático - desplazamientos, dirección Y-Y

**Figura 51**

Módulo II - análisis estático - derivas, dirección X-X y Y-Y



- Análisis dinámico modal espectral

Tabla 43

Módulo II - análisis modal espectral - desplazamientos y derivas, dirección X-X

Nivel	Altura (m)	Δ (m)	Deriva	Deriva permisible
				NTP E.0.30
Nivel 05	20.76	0.014197	0.00189	0.007 (cumple)
Nivel 04	15.25	0.012218	0.00336	0.007 (cumple)
Nivel 03	12.05	0.010173	0.00425	0.007 (cumple)
Nivel 02	8.85	0.007585	0.00539	0.007 (cumple)
Nivel 01	5.65	0.004302	0.00400	0.007 (cumple)

Figura 52

Módulo II - análisis modal espectral - desplazamientos, dirección X-X

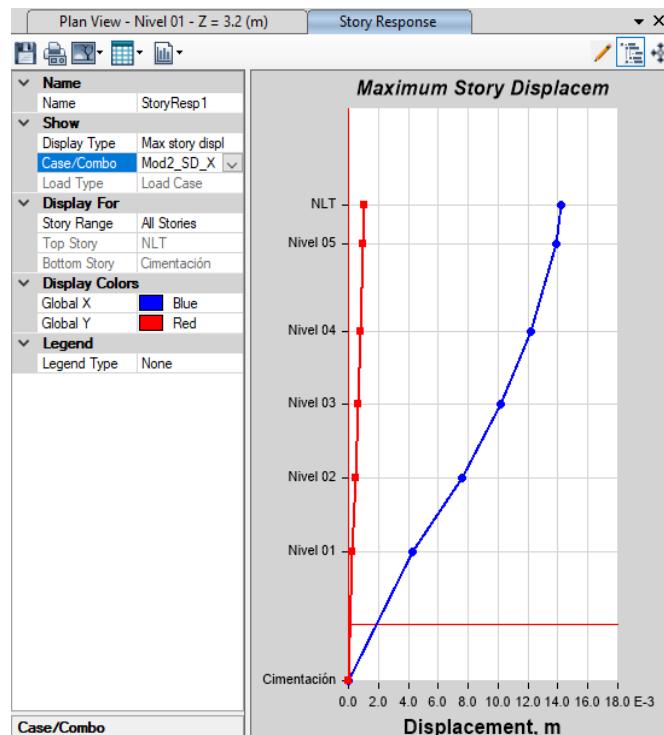


Tabla 44

Módulo II - análisis modal espectral - desplazamientos y derivas, dirección Y-Y

Nivel	Altura (m)	Δ (m)	Deriva	Deriva permisible
				NTP E.0.30
Nivel 05	20.76	0.017043	0.00277	0.007 (cumple)
Nivel 04	15.25	0.01365	0.00414	0.007 (cumple)
Nivel 03	12.05	0.010704	0.00480	0.007 (cumple)
Nivel 02	8.85	0.00729	0.00502	0.007 (cumple)
Nivel 01	5.65	0.003717	0.00296	0.007 (cumple)

Figura 53

Módulo II - análisis modal espectral - desplazamientos, dirección Y-Y

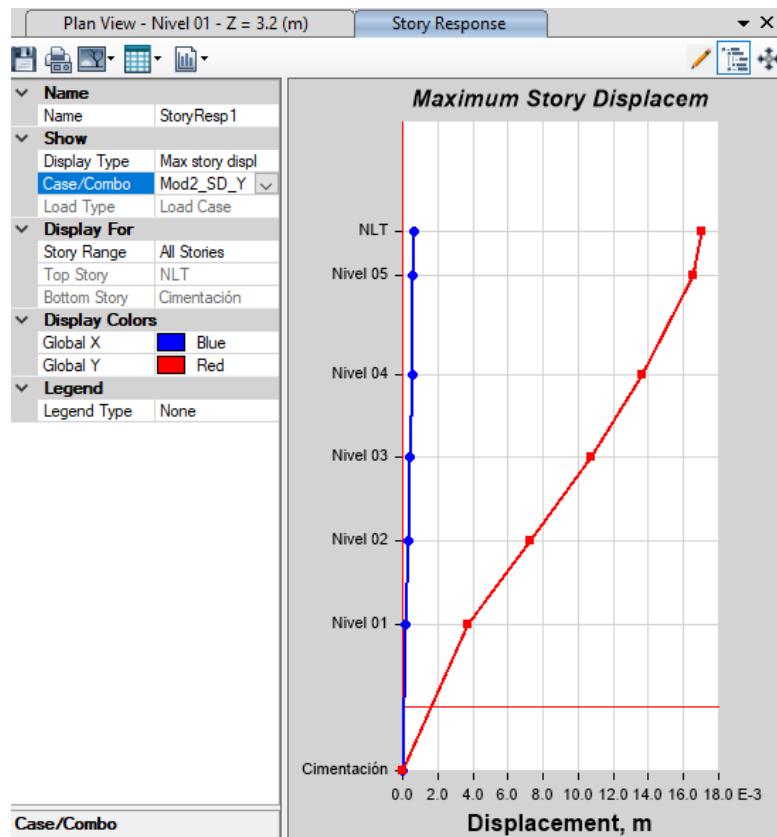
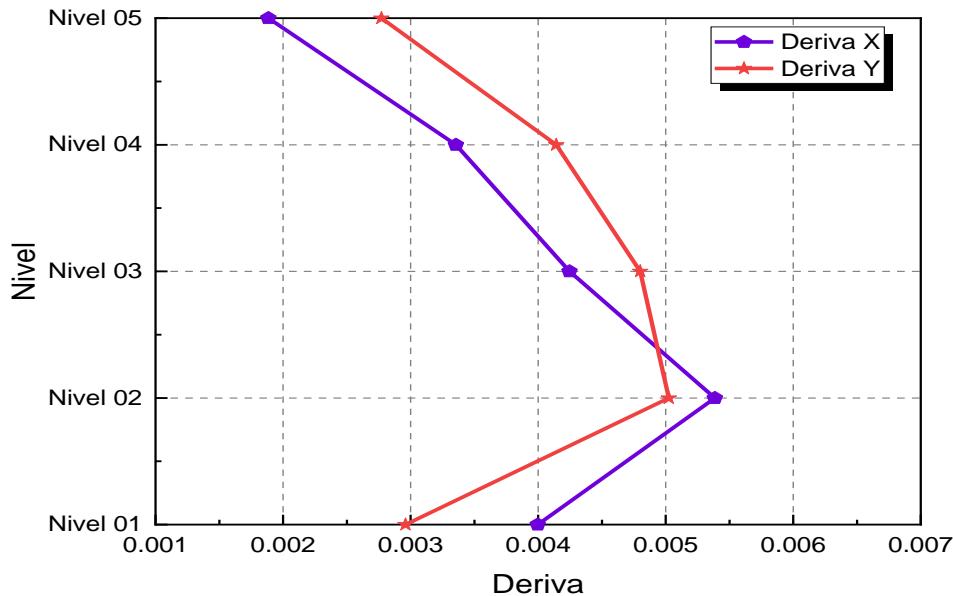


Figura 54

Módulo II - análisis modal espectral - derivas, dirección X-X y Y-Y



- Análisis tiempo historia

Tabla 45

Módulo II - análisis tiempo historia - desplazamientos y derivas, dirección X-X

Nivel	Altura (m)	Δ (m)	Deriva	Deriva permisible
				NTP E.0.30
Nivel 05	20.76	0.019178	0.00257	0.007 (cumple)
Nivel 04	15.25	0.016481	0.00453	0.007 (cumple)
Nivel 03	12.05	0.013718	0.00570	0.007 (cumple)
Nivel 02	8.85	0.010243	0.00725	0.007 (cumple)
Nivel 01	5.65	0.005826	0.00541	0.007 (cumple)

Tabla 46

Módulo II - análisis tiempo historia - desplazamientos y derivas, dirección Y-Y

Nivel	Altura (m)	Δ (m)	Deriva	Deriva permisible
				NTP E.0.30
Nivel 05	20.76	0.013495	0.00035	0.007 (cumple)
Nivel 04	15.25	0.013061	0.00321	0.007 (cumple)
Nivel 03	12.05	0.010779	0.00328	0.007 (cumple)
Nivel 02	8.85	0.008444	0.00381	0.007 (cumple)
Nivel 01	5.65	0.005737	0.00457	0.007 (cumple)

Figura 55

Módulo II - análisis tiempo historia - desplazamientos, dirección X-X y Y-Y

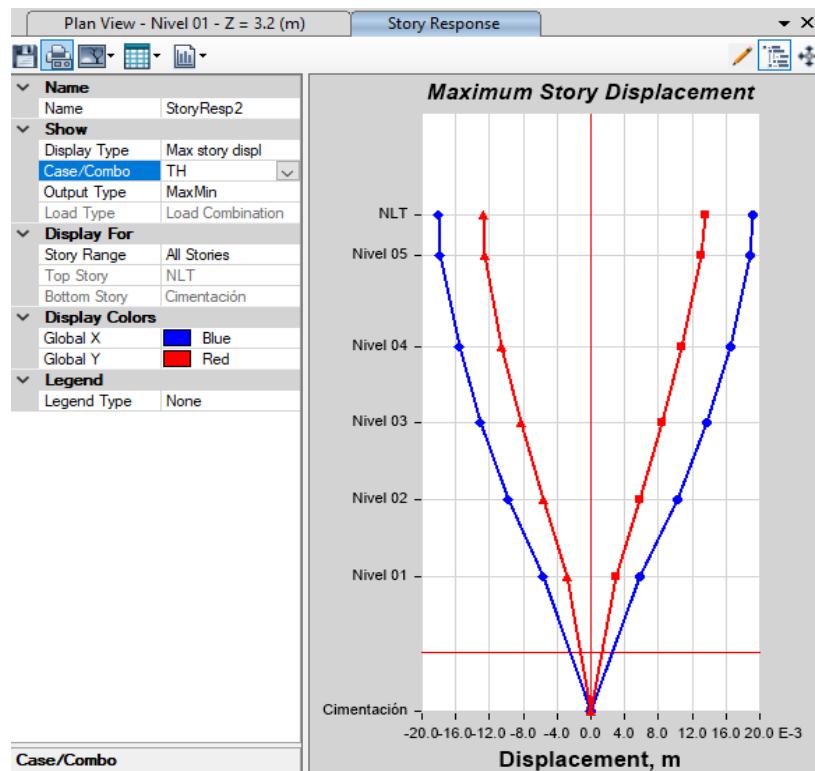
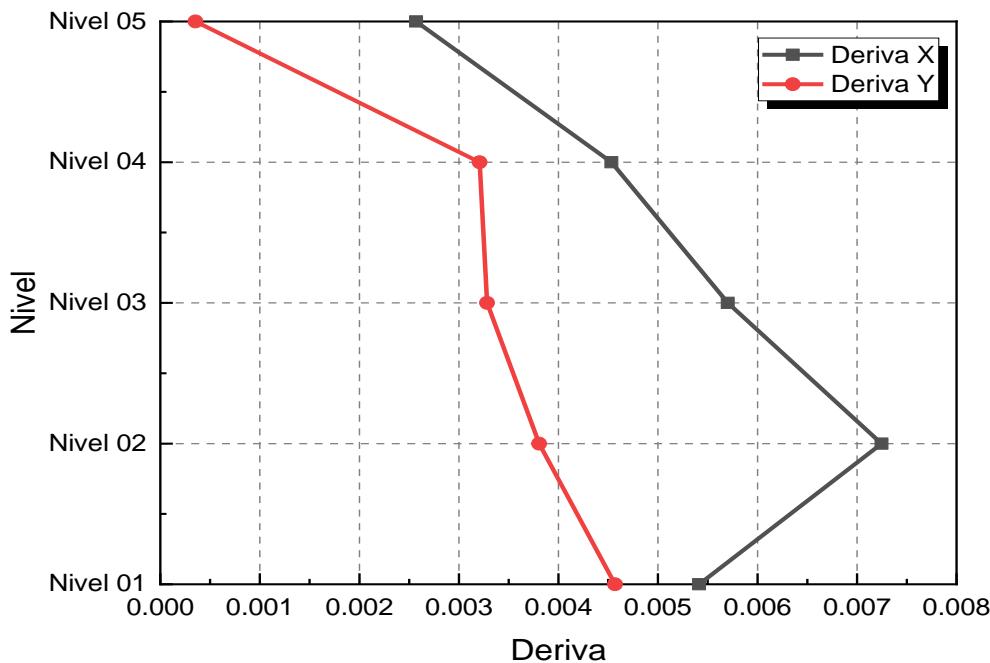


Figura 56

Módulo II - análisis tiempo historia - derivas, dirección X-X y Y-Y



3.14.2.2. Cortantes basales

- Análisis estático

Tabla 47

Módulo II – análisis estático - cortantes basales, dirección X-X

Nivel	Peso (Tn)	Altura		Pi*hi ^k	a	Fx (Tn)	Vx (Tn)
		hi	hacumulado				
Nivel 05	293.389	5.51	20.76	6090.76	0.282	95.056	95.056
Nivel 04	364.607	3.2	15.25	5560.26	0.258	86.777	181.833
Nivel 03	358.123	3.2	12.05	4315.38	0.200	67.349	249.181
Nivel 02	375.606	3.2	8.85	3324.12	0.154	51.878	301.060
Nivel 01	403.850	5.65	5.65	2281.75	0.106	35.610	336.670

Tabla 48

Módulo II – análisis estático - cortantes basales, dirección Y-Y

Nivel	Peso (Tn)	Altura		Pi*hi ^k	α	Fy (Tn)	Vy (Tn)
		hi	hacumulado				
Nivel 05	293.389	5.51	20.76	6090.76	0.282	110.898	110.898
Nivel 04	364.607	3.2	15.25	5560.26	0.258	101.239	212.138
Nivel 03	358.123	3.2	12.05	4315.38	0.200	78.573	290.710
Nivel 02	375.606	3.2	8.85	3324.12	0.154	60.524	351.235
Nivel 01	403.850	5.65	5.65	2281.75	0.106	41.545	392.780

- **Análisis dinámico modal espectral**

Tabla 49

Módulo II – análisis modal espectral- cortantes basales, dirección X-X

Nivel	Caso de carga	Ubicación	Vx (Tn)
Nivel 05	Mod2_SD_X	Bottom	26.4168
Nivel 04	Mod2_SD_X	Bottom	154.0356
Nivel 03	Mod2_SD_X	Bottom	216.2287
Nivel 02	Mod2_SD_X	Bottom	266.111
Nivel 01	Mod2_SD_X	Bottom	298.4247

Tabla 50

Módulo II – análisis modal espectral- cortantes basales, dirección Y-Y

Nivel	Caso de carga	Ubicación	Vy (Tn)
Nivel 05	Mod2_SD_Y	Bottom	32.3578
Nivel 04	Mod2_SD_Y	Bottom	182.8962
Nivel 03	Mod2_SD_Y	Bottom	249.7512
Nivel 02	Mod2_SD_Y	Bottom	299.5179
Nivel 01	Mod2_SD_Y	Bottom	329.8617

- Análisis tiempo historia

Tabla 51

Módulo II – análisis tiempo historia - cortantes basales, dirección X-X

Nivel	Caso de carga	Ubicación	Vx (Tn)
Nivel 05	TH	Bottom	32.5694
Nivel 04	TH	Bottom	207.2582
Nivel 03	TH	Bottom	299.7539
Nivel 02	TH	Bottom	372.7022
Nivel 01	TH	Bottom	417.9272

Tabla 52

Módulo II – análisis tiempo historia - cortantes basales, dirección Y-Y

Nivel	Caso de carga	Ubicación	Vy (Tn)
Nivel 05	TH	Bottom	27.6437
Nivel 04	TH	Bottom	153.9732
Nivel 03	TH	Bottom	207.5733
Nivel 02	TH	Bottom	243.8269
Nivel 01	TH	Bottom	262.9893

Tabla 53

Modulo II – resumen de cortantes basales, dirección X-X y Y-Y

Descripción	Dirección	Análisis estático	Análisis dinámico modal espectral	Análisis tiempo historia
cortante basal (tnf)	"X"	336.67000	298.42470	417.92720
	"Y"	392.78000	329.86170	262.98930

La norma técnica E.0.30 nos menciona que las cortantes basales en el análisis dinámico espectral deben ser mayor o igual al 80% del valor calculado en el método estático, por lo tanto debe ser mayor a $336.67 \times 0.80 = 269.336$ tnf y $392.78 \times 0.80 = 314.224$ tnf , donde se puede observar en la tabla anterior que si es correcto.

3.14.2.3. Fuerzas internas

Se calculará las fuerzas internas presentes en, las siguientes tablas muestran los resultados máximos obtenidos.

Tabla 54

Módulo II – fuerzas internas máximas, momentos y cortantes

Elementos	Descripción	Análisis	Análisis dinámico	Análisis tiempo
		estático	modal espectral	historia
Columnas	cortantes (tnf)	17.47670	16.28610	13.30320
	momentos (tnf.M)	24.80170	23.25370	19.07060
Vigas	cortantes (tnf)	4.34470	4.10290	3.31240
	momentos (tnf.M)	15.79250	14.93580	12.16220
Placas	cortantes (tnf)	244.13790	228.66730	321.60410
	momentos (tnf.M)	4558.96420	4408.96590	6168.44740

3.15. Determinación de la respuesta sísmica de la edificación

A continuación, se muestra la tabla, donde se determina la respuesta sísmica de una edificación (modulo I y II) en la ciudad de Chota usando el método estático y dinámico (modal espectral - tiempo historia), partir de los cálculos obtenidos en cuando a deformaciones, cortantes basales y fuerzas internas máximas:

Tabla 55

Respuesta sísmica de la edificación

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Determinación de la respuesta sísmica

De la **Tabla 55** se puede inferir que: la respuesta sísmica de una edificación en la ciudad de Chota usando el método estático aumenta en 5% respecto al método dinámico modal espectral y disminuye en 25% respecto al método dinámico tiempo historia, según la Norma Técnica Peruana E.0.30 (2018).

4.2. Determinación de las deformaciones máximas (desplazamientos y derivas)

En la Tabla 30, Tabla 31, Tabla 32, Tabla 33, Tabla 34 y Tabla 35 para el módulo I, así mismo, en Tabla 41, Tabla 42, Tabla 43, Tabla 44, Tabla 45 y Tabla 46 para el módulo II, se ha presentado las deformaciones para la dirección X-X y Y-Y usando el método estático, dinámico (modal espectral – tiempo historia), a continuación, se muestran los resultados donde se compararon con los límites permisibles según la Norma Técnica Peruana E.0.30.

4.2.1. Deformaciones máximas del módulo I

- Mediante un **análisis estático** en dirección X-X, presenta un desplazamiento máximo de 1.65140 cm y la deriva máxima de entrepiso tiene un valor de 0.00638, por lo tanto, este último, cumple con el límite permisible que es de 0.007 para un sistema de concreto armado.
- Mediante un **análisis estático** en dirección Y-Y, presenta un desplazamiento máximo de 1.80430 cm y la deriva máxima de entrepiso tiene un valor de 0.00647, por lo tanto, cumple con el límite permisible que es de 0.007 para un sistema de concreto armado.
- Mediante un **análisis dinámico modal espectral** en dirección X-X, presenta un desplazamiento máximo de 1.63010 cm y la deriva máxima de entrepiso tiene un valor de

0.00617, por lo tanto, este último, cumple con el límite permisible que es de 0.007 para un sistema de concreto armado.

- Mediante un **análisis dinámico modal espectral** en dirección Y-Y, presenta un desplazamiento máximo de 1.72590 cm y la deriva máxima de entrepiso tiene un valor de 0.00601, por lo tanto, cumple con el límite permisible que es de 0.007 para un sistema de concreto armado.
- Mediante un **análisis dinámico tiempo historia** en dirección X-X, presenta un desplazamiento máximo de 1.65140 cm y la deriva máxima de entrepiso tiene un valor de 0.00868, por lo tanto, este último, cumple con el límite permisible que es de 0.00875 ($1.25 \times 0.007 = 0.00875$) para un sistema de concreto armado.
- Mediante un **análisis dinámico tiempo historia** en dirección Y-Y, presenta un desplazamiento máximo de 1.22510 cm y la deriva máxima de entrepiso tiene un valor de 0.00428, por lo tanto, cumple con el límite permisible que es de 0.00875 ($1.25 \times 0.007 = 0.00875$) para un sistema de concreto armado.

4.2.2. Deformaciones máximas del módulo II

- Mediante un **análisis estático** en dirección X-X, presenta un desplazamiento máximo de 1.45610 cm y la deriva máxima de entrepiso tiene un valor de 0.00564, por lo tanto, este último, cumple con el límite permisible que es de 0.007 para un sistema de concreto armado.
- Mediante un **análisis estático** en dirección Y-Y, presenta un desplazamiento máximo de 1.80240 cm y la deriva máxima de entrepiso tiene un valor de 0.00548, por lo tanto, cumple con el límite permisible que es de 0.007 para un sistema de concreto armado.

- Mediante un **análisis dinámico modal espectral** en dirección X-X, presenta un desplazamiento máximo de 1.41970 cm y la deriva máxima de entrepiso tiene un valor de 0.00539, por lo tanto, este último, cumple con el límite permisible que es de 0.007 para un sistema de concreto armado.
- Mediante un **análisis dinámico modal espectral** en dirección Y-Y, presenta un desplazamiento máximo de 1.70430 cm y la deriva máxima de entrepiso tiene un valor de 0.00502, por lo tanto, cumple con el límite permisible que es de 0.007 para un sistema de concreto armado.
- Mediante un **análisis dinámico tiempo historia** en dirección X-X, presenta un desplazamiento máximo de 1.91780 cm y la deriva máxima de entrepiso tiene un valor de 0.00725, por lo tanto, este último, cumple con el límite permisible que es de 0.00875 ($1.25 \times 0.007 = 0.00875$) para un sistema de concreto armado.
- Mediante un **análisis dinámico tiempo historia** en dirección Y-Y, presenta un desplazamiento máximo de 1.34950 cm y la deriva máxima de entrepiso tiene un valor de 0.00457, por lo tanto, cumple con el límite permisible que es de 0.00875 ($1.25 \times 0.007 = 0.00875$) para un sistema de concreto armado.

4.3. Determinación de las cortantes basales

4.3.1. Cortantes basales módulo I

Según la Tabla 39, se expone lo siguiente:

- Mediante el **análisis estático** la cortante basal en dirección X-X y Y-Y es 466.35000 tnf
- Mediante el **análisis dinámico modal espectral** es 417.42260 tnf en X-X y 395.32630 tnf en Y-Y, según la Norma Técnica Peruana E.0.30 - 2018 nos menciona que las cortantes basales en el análisis dinámico espectral deben ser mayor o igual al 80% del valor calculado

en el método estático, por lo tanto, debe ser mayor a $466.350 * 0.80 = 373.08$ tnf, donde se puede concluir que si cumple.

- Por otro lado, en el **análisis tiempo – historia** presenta una cortante basal en dirección X-X de 595.96710 tnf y 302.80700 tnf en dirección Y-Y.

4.3.2. Cortantes basales módulos II

Según la Tabla 53, se expone lo siguiente:

- Mediante el **análisis estático** la cortante basal en dirección X-X es 336.67000 tnf y 392.78000 tnf en dirección Y-Y.
- Mediante el **análisis dinámico modal espectral** es 298.42470 tnf en X-X y 329.86170 tnf en Y-Y, según la Norma Técnica Peruana E.0.30 (2018) nos menciona que las cortantes basales en el análisis dinámico espectral deben ser mayor o igual al 80% del valor calculado en el método estático, por lo tanto debe ser mayor a $336.67 * 0.80 = 269.336$ tnf y $392.78 * 0.80 = 314.224$ tnf , donde se puede observar en la tabla mencionada que si cumple., debe ser mayor a $466.350 * 0.80 = 373.08$ tnf, donde se puede concluir que si cumple.
- Por otro lado, en el **análisis tiempo – historia** presenta una cortante basal en dirección X-X de 417.92720 tnf y 262.98930 tnf en dirección Y-Y.

4.4. Determinación de las fuerzas internas máximas

4.4.1. Fuerzas internas máximas módulo I

En la Tabla 40 se ha presentado, los resultados obtenidos del software Etabs V21 los valores máximos de las fuerzas internas se presenta a continuación:

- **Análisis estático:**

Columnas: $V_{max} = 17.82770$ tnf, $M_{max} = 25.12770$ tnf.m.

Vigas: $V_{max} = 4.43430$ tnf , $M_{max} = 16.98700$ tnf.m.

Placas: $V_{max} = 313.60890$ tnf, $M_{max} = 7112.43130$ tnf.m.

- **Análisis dinámico modal espectral:**

Columnas: $V_{max} = 16.41820$ tnf, $M_{max} = 23.28050$ tnf.m.

Vigas: $V_{max} = 4.14830$ tnf, $M_{max} = 15.89000$ tnf.m.

Placas: $V_{max} = 296.92370$ tnf, $M_{max} = 6942.57480$ tnf.m.

- **Análisis tiempo historia:**

Columnas: $V_{max} = 12.11930$ tnf, $M_{max} = 17.10960$ tnf.m.

Vigas: $V_{max} = 3.04980$ tnf, $M_{max} = 11.65480$ tnf.m.

Placas: $V_{max} = 423.16570$ tnf, $M_{max} = 10051.09730$ tnf.m.

4.4.2. Fuerzas internas máximas módulo II

En Tabla 54 se ha presentado, los resultados obtenidos del software Etabs V21 los valores máximos de las fuerzas internas se presenta a continuación:

- **Análisis estático:**

Columnas: $V_{max} = 17.47670$ tnf, $M_{max} = 24.80170$ tnf.m.

Vigas: $V_{max} = 4.34470$ tnf, $M_{max} = 15.79250$ tnf.m.

Placas: $V_{max} = 244.13790$ tnf, $M_{max} = 4558.96420$ tnf.m.

- **Análisis dinámico modal espectral:**

Columnas: $V_{max} = 16.28610$ tnf, $M_{max} = 23.25370$ tnf.m.

Vigas: $V_{max} = 4.10290$ tnf, $M_{max} = 14.93580$ tnf.m.

Placas: $V_{max} = 228.66730 \text{ tnf}$, $M_{max} = 4408.96590 \text{ tnf.m}$.

- **Análisis tiempo historia:**

Columnas: $V_{max} = 13.30320 \text{ tnf}$, $M_{max} = 19.07060 \text{ tnf.m}$.

Vigas: $V_{max} = 3.31240 \text{ tnf}$, $M_{max} = 12.16220 \text{ tnf.m}$.

Placas: $V_{max} = 321.60410 \text{ tnf}$, $M_{max} = 6168.44740 \text{ tnf.m}$.

4.5. Contrastación de la hipótesis

Cumpliendo con los objetivos y la metodología propuesta de esta investigación que lleva por título: “**Respuesta sísmica de una edificación en la ciudad de Chota usando el método estático y dinámico (modal espectral - tiempo historia)**” se tuvo como hipótesis: “*La respuesta sísmica de una edificación en la ciudad de Chota usando el método estático aumenta en 5% respecto al método dinámico modal espectral y disminuye en 25% respecto al método dinámico tiempo historia, según la Norma Técnica Peruana E.0.30 (2018)*”; obteniéndose que la respuesta sísmica usando el método estático aumenta en un 5% respecto al método dinámico modal espectral y disminuye en 25% respecto al método dinámico tiempo historia, por lo tanto, se acepta la hipótesis.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- La respuesta sísmica de una edificación en la ciudad de Chota usando el método estático aumenta en 5% respecto al método dinámico modal espectral y disminuye en 25% respecto al método dinámico tiempo historia, según la Norma Técnica Peruana E.0.30 (2018).
- Las deformaciones máximas de una edificación en la ciudad de Chota usando el método estático y dinámico (modal espectral - tiempo historia) son: desplazamientos máximos de 1.80430 cm, 1.72590 cm y 2.29280 cm respectivamente y las derivas máximas son 0.00647, 0.00617, 0.00868 respectivamente, por lo tanto, estas últimas cumplen con el límite permisible que es de 0.007 y 0.00875 para un sistema de concreto armado.
- Las cortantes basales máximas de una edificación en la ciudad de Chota usando el método estático y dinámico (modal espectral - tiempo historia) son: 466.35000 tnf, 417.42260 tnf, 595.96710 tnf respectivamente.
- Las fuerzas internas máximas de una edificación en la ciudad de Chota usando el método estático y dinámico (modal espectral - tiempo historia) para placas, son :
 $V_{max} = 313.60890$
 $tnf - M_{max} = 7112.43130 tnf.m$,
 $V_{max} = 296.92370 tnf - M_{max} = 6942.57480 tnf.m$. y
 $V_{max} = 423.16570 tnf - M_{max} = 10051.09730 tnf.m$. respectivamente.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda hacer estudios en campo (ensayo de esclerometría) en las futuras investigaciones con el objetivo de obtener mejores resultados y acordes con la realidad.
- Se recomienda utilizar registros sísmicos locales para futuras investigaciones y enfocar la metodología del análisis dinámico tiempo historia en el diseño de edificaciones

educativas en el estudio definitivo a nivel de expediente técnico, con el fin de obtener resultados más confiables.

- Se recomienda que la entidad responsable realice una auditoría estructural post-construcción antes de la puesta en servicio de los módulos, garantizando que los resultados obtenidos en el modelo teórico no se vean agravada por deficiencias geométricas o de materiales en la obra física, para ello se pueden utilizar los planos de la liquidación de obra y corroborar las medidas en campo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altıok, T., Şevik, M., & Demir, A. (2024). Seismic performance of retrofitted and non-retrofitted RC school buildings after the February 6th, 2023, Kahramanmaraş earthquakes. Bulletin of Earthquake Engineering, 23, 1017–1052.
<https://doi.org/10.1007/s10518-024-01941-w>
- Bommer, J. J. y Acevedo, A. B (2004). *The use of real earthquake accelerograms as input to dynamic analysis. Journal of Earthquake Engineering, 8, 1 – 50.*
- Cabrera, L. & Muñoz, E. (2025). *Comparación del análisis sísmico dinámico modal espectral y tiempo – historia para sismos máximos y frecuentes del país, caso: I.E. N° 10386 Cuyumalca, Chota.* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Autónoma De Chota, Cajamarca, Chota
- Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID). (2023). *Informe reporte Sísmico del 07 de noviembre de 2023 en Chota.* Universidad Nacional de Ingeniería
- Chopra, A. K. (2017). *Dynamics of structures: Theory and applications to earthquake engineering* (5th ed.). Pearson.
- Carreño E., Bravo B., Suárez A. y Tordesillas J. M. (1999). *Registro y Tratamiento de Acelerogramas.* Física de la Tierra 11:81-111.
- Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias [CNE]. (2023). *¿Qué es un sismo?* Cne.go.cr.
http://www.cne.go.cr/reduccion_riesgo/informacion_educativa/recomendaciones_consejo_sismo.aspx

Del Carpio Huarcaya, MT; Vásquez Morón, JR. (2020). *Análisis comparativo de los métodos dinámicos Modal Espectral Tiempo Historia para una edificación de albañilería confinada en Parcona, Ica – 2020*. Tesis pregrado. Universidad Cesar Vallejo. Perú.

Instituto Geofísico del Perú (IGP). (2020). *ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LOS PATRONES DE SISMICIDAD Y ESCENARIOS SÍSMICOS EN EL BORDE OCCIDENTAL DEL PERÚ* (Informe Técnico N.º 004-2020/IGP). Repositorio Institucional del IGP.

Hibbeler, RC (2018). *Análisis estructural* (10.ª ed.). Pearson Educación

Kramer, SL (1996). *Ingeniería geotécnica sísmica* . Prentice Hall.

Munji, H., & Botros, S. (2025). *Modeling dependence of peak floor acceleration and maximum interstory drift ratios with Gaussian copulas. Prevention and Treatment of Natural Disasters*, 4(1), 1–16.

MVCS. (2018). *Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente*. Lima, Perú: Diario oficial "El Peruano".

Pichucho Chérrez, VA (2024). *Análisis sísmico comparativo por el método modal espectral y tiempo-historia de un edificio de hormigón armado en Manta* [Trabajo de titulación, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio Institucional Universidad Politécnica Salesiana.Ecuador.

Poma López, DA, & Rodríguez Gonzales, EES (2020). *Aplicación de la Norma Técnica Sismorresistente E.030 para evaluar el comportamiento sísmico del edificio Las Mercedes del distrito de Cercado de Lima* [Tesis de pregrado, Universidad de San Martín de Porres]. Repositorio Académico USMP.

Proaño Pazmiño, GA (2021). *Estudio de vulnerabilidad sísmica, análisis lineal estático y modal espectral en base a las tipologías estructurales más comunes, zona de estudio localizada*

en el sector de la California-Bonanza en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ).

[Tesis de pregrado, Universidad Internacional SEK]. Repositorio Institucional

Universidad Internacional SEK.Ecuador.

Quezada Ramos, E., Serrano Arone, Y., & Huaco, G. (2020). *A comparative study of the seismic base shear force and story drift ratios using Time History and Modal Spectrum Analysis according to Peru Code E.030 and ASCE 7.16 on high-rise buildings*

Reyes Roque, R., Aranda Leiva, R., & Castillejo Melgarejo, R. (2020). *Evaluación de efectos de amplificación topográfica del suelo debidos a la respuesta sísmica en laderas de las urbanizaciones Shancayán y Nueva Esperanza de la ciudad de Huaraz en el año 2018.*

Aporte Santiaguino , 13 (1), 35–47

Rodas, H. (2014). *Estructuras I.* <https://dialnet.unirioja.es/descarga/libro/693803.pdf>

Vásquez Rodríguez, MA; García Zacarias, CA (2021). *Evaluación de la Respuesta Sísmica en las Viviendas Conformadas Por Sistemas Estructurales Mixtas del Distrito De Chao, La Libertad 2021.* Tesis de pregrado. Universidad Privada del Norte.

Villegas, P., Paredes, B., Delgado, C., Mejía, D., & Miranda, M. (2020). *¿Qué necesito para hacer una edificación?* [Investigacion.pucp.edu.pe/](http://investigacion.pucp.edu.pe/).

[https://investigacion.pucp.edu.pe/grupos/gida/wp-content/uploads/sites/157/2020/06/GIDA.RSU_.Edificacion.pdf](http://investigacion.pucp.edu.pe/grupos/gida/wp-content/uploads/sites/157/2020/06/GIDA.RSU_.Edificacion.pdf)

APÉNDICE:

Apéndice A. Tablas resumen obtenidas del software Etabs v21 y Excel 2021.

Tabla 56

Módulo I - fuerzas internas máximas en columnas, dirección X-X

Nivel	Caso de carga	P (Tn)	V2 (Tn)	M3 (Tn.m)
Nivel 05	Estático_X	0.3428	-0.7055	-1.9168
Nivel 04	Estático_X	0.6367	3.9807	4.827
Nivel 03	Estático_X	0.846	5.0468	6.1465
Nivel 02	Estático_X	0.9935	7.4452	9.4795
Nivel 01	Estático_X	1.058	1.6709	4.3471
<hr/>				
Nivel	Caso de carga	P (Tn)	V2 (Tn)	M3 (Tn.m)
Nivel 05	Mo1_SD_X	0.3602	0.2847	2.0047
Nivel 04	Mo1_SD_X	0.6449	4.0022	4.8695
Nivel 03	Mo1_SD_X	0.8674	4.8974	5.976
Nivel 02	Mo1_SD_X	1.0372	7.1346	9.087
Nivel 01	Mo1_SD_X	1.1234	1.593	4.146
<hr/>				
Nivel	Caso de carga	P (Tn)	V2 (Tn)	M3 (Tn.m)
Nivel 05	TH	1.0331	0.3129	2.8903
Nivel 04	TH	3.2864	-5.8657	-7.134
Nivel 03	TH	6.4178	-7.1869	-8.7743
Nivel 02	TH	10.8314	-10.3339	-13.1671
Nivel 01	TH	14.7131	2.2997	5.9836

Tabla 57

Módulo I - fuerzas internas máximas en columnas, dirección Y-Y

Nivel	Caso de carga	P (Tn)	V2 (Tn)	M3 (Tn.m)
Nivel 05	Estático_Y	1.1279	3.4865	4.4097
Nivel 04	Estático_Y	3.5203	10.253	11.2608
Nivel 03	Estático_Y	8.7294	12.6298	14.0812
Nivel 02	Estático_Y	15.5255	17.8277	25.1277
Nivel 01	Estático_Y	21.2602	4.9783	16.1154
<hr/>				
Nivel	Caso de carga	P (Tn)	V2 (Tn)	M3 (Tn.m)
Nivel 05	Mo1_SD_Y	0.9658	4.1175	4.4148
Nivel 04	Mo1_SD_Y	4.0975	10.0635	11.4199
Nivel 03	Mo1_SD_Y	9.0258	12.0363	13.7309
Nivel 02	Mo1_SD_Y	15.2589	16.4182	23.2805

Nivel 01	Mo1_SD_Y	20.4383	4.5031	14.6368
Nivel	Caso de carga	P (Tn)	V2 (Tn)	M3 (Tn.m)
Nivel 05	TH	1.0331	2.9383	3.123
Nivel 04	TH	3.2864	7.1287	8.0228
Nivel 03	TH	6.4178	8.6436	9.7104
Nivel 02	TH	10.8314	12.1193	17.1096
Nivel 01	TH	14.7131	3.3791	10.9482

Tabla 58

Módulo I - fuerzas internas máximas en vigas, dirección X-X y Y-Y

Elemento	Caso de carga	V (Tn)	M (Tn.m)
Viga 30x70	Estático_X	0.042	0.0532
Viga 30x70	Estático_Y	4.4343	16.987
Viga 30x70	Mo1_SD_X	0.0835	0.2144
Viga 30x70	Mo1_SD_Y	4.1483	15.89
Viga 30x70	TH	3.0498	11.6548

Tabla 59

Módulo I - fuerzas internas máximas en placas, dirección X-X y Y-Y

Nivel	Caso de carga	P (Tn)	V2 (Tn)	V3 (Tn)	M2 (Tn.m)	M3 (Tn.m)
Nivel 05	Estático_X	0.5454	-0.0449	-0.1021	-45.5184	1.1868
Nivel 04	Estático_X	1.6311	0.0762	-36.9495	-651.8508	2.4413
Nivel 03	Estático_X	2.7762	0.0415	-97.4873	-1908.3003	3.3843
Nivel 02	Estático_X	3.5849	0.0946	-5.6197	-3345.2995	4.4414
Nivel 01	Estático_X	4.0373	0.0475	-313.6089	-7112.4313	5.0748

Nivel	Caso de carga	P (Tn)	V2 (Tn)	V3 (Tn)	M2 (Tn.m)	M3 (Tn.m)
Nivel 05	Estático_Y	3.4917	-10.8722	-0.0624	-7.062	-53.3283
Nivel 04	Estático_Y	12.7466	58.1374	-0.0846	4.9406	202.0568
Nivel 03	Estático_Y	39.6768	117.4391	-0.0236	29.6655	671.7667
Nivel 02	Estático_Y	76.871	91.7011	0.0751	66.6501	1052.8301
Nivel 01	Estático_Y	113.1906	324.9242	0.0317	102.049	2981.6354

Nivel	Caso de carga	P (Tn)	V2 (Tn)	V3 (Tn)	M2 (Tn.m)	M3 (Tn.m)
Nivel 05	Mo1_SD_X	0.4961	0.0454	12.0592	200.1771	1.3464
Nivel 04	Mo1_SD_X	1.5773	0.1398	38.1393	836.6622	2.7172
Nivel 03	Mo1_SD_X	2.7146	0.2178	92.5274	2037.0208	3.906

Nivel 02	Mo1_SD_X	3.5335	0.2049	9.6554	3402.2292	5.2105
Nivel 01	Mo1_SD_X	4.0007	0.5407	296.9237	6942.5748	7.5322
Nivel	Caso de carga	P (Tn)	V2 (Tn)	V3 (Tn)	M2 (Tn.m)	M3 (Tn.m)
Nivel 05	Mo1_SD_Y	3.2244	13.0692	0.0614	6.2906	75.7484
Nivel 04	Mo1_SD_Y	16.131	65.8113	0.1556	9.7406	320.6409
Nivel 03	Mo1_SD_Y	41.5852	111.2762	0.18	33.1659	744.8995
Nivel 02	Mo1_SD_Y	75.6501	85.4071	0.0697	66.9738	1089.7702
Nivel 01	Mo1_SD_Y	108.3656	291.2703	0.5114	100.769	2791.4256
Nivel	Caso de carga	P (Tn)	V2 (Tn)	V3 (Tn)	M2 (Tn.m)	M3 (Tn.m)
Nivel 05	TH	2.2531	9.3324	11.079	234.3922	56.581
Nivel 04	TH	13.0487	49.7644	54.0072	1175.812	256.9009
Nivel 03	TH	29.5342	78.3861	136.6919	2955.8852	524.2625
Nivel 02	TH	54.1987	62.5771	11.1515	4952.9802	769.1348
Nivel 01	TH	79.0231	223.2788	423.1657	10051.0973	2092.374

Tabla 60*Módulo II - fuerzas internas máximas en columnas, dirección X-X*

Nivel	Caso de carga	P (Tn)	V2 (Tn)	M3 (Tn.m)
Nivel 05	Estático_X	0.325	1.0482	1.836
Nivel 04	Estático_X	0.6528	3.7129	4.5111
Nivel 03	Estático_X	0.9564	4.5872	5.5919
Nivel 02	Estático_X	1.1794	6.5781	8.3766
Nivel 01	Estático_X	1.1139	1.37	3.5709
Nivel	Caso de carga	P (Tn)	V2 (Tn)	M3 (Tn.m)
Nivel 05	Mo1_SD_X	0.3053	1.1375	2.046
Nivel 04	Mo1_SD_X	0.6074	3.7408	4.56
Nivel 03	Mo1_SD_X	0.9071	4.4641	5.4538
Nivel 02	Mo1_SD_X	1.1344	6.2958	8.0213
Nivel 01	Mo1_SD_X	1.0911	1.3008	3.3922
Nivel	Caso de carga	P (Tn)	V2 (Tn)	M3 (Tn.m)
Nivel 05	TH	0.8721	1.5674	2.8203
Nivel 04	TH	4.4374	5.2283	6.371
Nivel 03	TH	8.9058	6.2433	7.6241
Nivel 02	TH	14.1988	8.8112	11.2241
Nivel 01	TH	18.1372	1.82	4.7469

Tabla 61

Módulo II - fuerzas internas máximas en columnas, dirección Y-Y

Nivel	Caso de carga	P (Tn)	V3 (Tn)	M2 (Tn.m)
Nivel 05	Estático_Y	0.2106	7.4914	8.7067
Nivel 04	Estático_Y	3.9406	10.3083	11.5166
Nivel 03	Estático_Y	9.1144	12.6005	14.2068
Nivel 02	Estático_Y	15.751	17.4767	24.8017
Nivel 01	Estático_Y	21.1859	4.5905	15.059
Nivel	Caso de carga	P (Tn)	V3 (Tn)	M2 (Tn.m)
Nivel 05	Mo1_SD_Y	0.818	8.1317	9.8261
Nivel 04	Mo1_SD_Y	4.4655	10.2298	11.771
Nivel 03	Mo1_SD_Y	9.4209	12.1454	14
Nivel 02	Mo1_SD_Y	15.5811	16.2861	23.2537
Nivel 01	Mo1_SD_Y	20.5449	4.2022	13.8491
Nivel	Caso de carga	P (Tn)	V3 (Tn)	M2 (Tn.m)
Nivel 05	TH	0.8721	6.9004	8.3384
Nivel 04	TH	4.4374	8.574	9.9127
Nivel 03	TH	8.9058	10.1045	11.715
Nivel 02	TH	14.1988	13.3032	19.0706
Nivel 01	TH	18.1372	3.3807	11.188

Tabla 62

Módulo II - fuerzas internas máximas en vigas, dirección X-X y Y-Y

Elemento	Caso de carga	V (Tn)	M (Tn.m)
Viga 30x70	Estático_X	0.0219	0.0668
Viga 30x70	Estático_Y	4.3447	15.7925
Viga 30x70	Mo1_SD_X	0.0686	0.1701
Viga 30x70	Mo1_SD_Y	4.1029	14.9358
Viga 30x70	TH	3.3124	12.1622

Tabla

63

Módulo II - fuerzas internas máximas en placas, dirección X-X y Y-Y

Nivel	Caso de carga	P (Tn)	V2 (Tn)	V3 (Tn)	M2 (Tn.m)	M3 (Tn.m)
Nivel 05	Estático_X	0.0132	-0.0015	-4.2447	-53.3588	0.0801
Nivel 04	Estático_X	30.0073	-0.0036	-35.917	-460.6246	-0.0236

Nivel 03	Estático_X	0.0386	-0.0018	-81.4702	-1249.4988	-0.241
Nivel 02	Estático_X	0.0279	-0.0015	-29.0847	-2136.9318	-0.1748
Nivel 01	Estático_X	0.0204	-0.0004	-244.1379	-4558.9642	-0.1266
Nivel	Caso de carga	P (Tn)	V2 (Tn)	V3 (Tn)	M2 (Tn.m)	M3 (Tn.m)
Nivel 05	Estático_Y	2.4776	-5.3528	-0.0226	-2.5275	-34.5764
Nivel 04	Estático_Y	14.9107	63.239	-0.127	3.2612	244.8987
Nivel 03	Estático_Y	42.5736	117.5138	-0.073	15.1607	717.4118
Nivel 02	Estático_Y	80.0237	108.5336	-0.0162	33.0922	1157.9072
Nivel 01	Estático_Y	115.4913	296.1291	0.0083	50.4493	2921.5555
Nivel	Caso de carga	P (Tn)	V2 (Tn)	V3 (Tn)	M2 (Tn.m)	M3 (Tn.m)
Nivel 05	Mo1_SD_X	0.014	0.0013	13.9483	156.1266	0.0882
Nivel 04	Mo1_SD_X	0.009	0.0041	36.8993	579.0619	0.0317
Nivel 03	Mo1_SD_X	0.0396	0.0052	77.4358	1327.5019	0.2431
Nivel 02	Mo1_SD_X	0.0282	0.0044	28.7787	2161.6002	0.1753
Nivel 01	Mo1_SD_X	0.0206	0.0113	228.6673	4408.9659	0.1609
Nivel	Caso de carga	P (Tn)	V2 (Tn)	V3 (Tn)	M2 (Tn.m)	M3 (Tn.m)
Nivel 05	Mo1_SD_Y	3.0611	15.687	0.0189	2.008	90.2356
Nivel 04	Mo1_SD_Y	18.2285	69.1278	0.1041	2.773	359.0122
Nivel 03	Mo1_SD_Y	44.2591	110.9935	0.0627	12.4241	786.5722
Nivel 02	Mo1_SD_Y	78.3068	99.6636	0.0156	26.8425	1179.813
Nivel 01	Mo1_SD_Y	109.9668	262.6093	0.0189	40.691	2717.3669
Nivel	Caso de carga	P (Tn)	V2 (Tn)	V3 (Tn)	M2 (Tn.m)	M3 (Tn.m)
Nivel 05	TH	2.7625	-11.5577	-14.7034	-180.4962	-64.9161
Nivel 04	TH	15.4181	-58.0277	-49.6011	-772.4918	-311.6573
Nivel 03	TH	37.1666	-92.1357	-107.9907	-1826.664	-661.6098
Nivel 02	TH	65.3711	-80.7363	-38.9903	-2992.8377	-989.776
Nivel 01	TH	91.3386	-209.0752	-321.6041	-6168.4474	-2234.4788

Tabla 64*Módulo I - irregularidad de rigidez - piso blando*

Irregularidad de Rigidez – Piso Blando "X"							
Nivel	Δ (m)	Δx(cm)	Δi (cm)	Cortante tnf	Ki=cortante/Δ i	0.70*K(i+1) +K(i+2)+K (i+3))/3	Condició n
Nivel 05	0.01651	1.65140	1.03760	130.12178	125.40650		Regular
Nivel 04	0.01455	1.45530	0.61380	251.65025	409.98737	87.78455	Regular

Nivel 03	0.01230	1.23010	0.84150	346.14681	411.34499	286.99116		Regular
Nivel 02	0.00932	0.93230	0.38860	417.61631	1074.66884	287.94150		Regular
Nivel 01	0.00544	0.54370	0.54370	466.35000	857.73404	752.26819	505.60032	Regular
Irregularidad de Rígidez – Piso Blando "Y"								
Nivel 05	0.0180	1.8043	1.1133	130.1218	116.8793			Regular
Nivel 04	0.0148	1.4849	0.6910	251.6503	364.1827	81.8155		Regular
Nivel 03	0.0119	1.1883	0.7939	346.1468	436.0081	254.9279		Regular
Nivel 02	0.0083	0.8260	0.3944	417.6163	1058.8649	305.2057		Regular
Nivel 01	0.0043	0.4316	0.4316	466.3500	1080.5144	741.2054	495.7482	Regular

Tabla 65*Módulo I - irregularidades de resistencia – piso débil*

Irregularidades de Resistencia – Piso Débil			
Nivel	Cortante tnf	0.80*K(i+1)	Condición
Nivel 05	130.1217795		Regular
Nivel 04	251.6502504	104.0974236	Regular
Nivel 03	346.1468119	201.3202003	Regular
Nivel 02	417.6163129	276.9174495	Regular
Nivel 01	466.35	334.0930503	Regular

Tabla 66*Módulo I - irregularidad*

Irregularidad de Masa o Peso			
Nivel	Peso	1.5*P(i+1)	Condición
Nivel 05	402.001		Regular
Nivel 04	511.108	603.002	Regular
Nivel 03	502.960	766.662	Regular
Nivel 02	517.943	754.440	Regular
Nivel 01	553.204	776.915	Regular

Irregularidad Geométrica Vertical

No existe debido a que presenta un mismo ancho y largo en todos los niveles

Discontinuidad en los Sistemas Resistentes

No existe discontinuidad

Irregularidad Torsional

No presenta

Irregularidad Torsional Extrema

No presenta

Esquinas Entrantes

No presenta

Discontinuidad del Diafragma

No presenta

Sistemas no Paralelos

No presenta

Tabla 67*Módulo II - irregularidad de rigidez – piso blando*

Irregularidad de Rigidez – Piso Blando "X"								
Nivel	Δ (m)	Δx (cm)	Δi (cm)	Cortante tnf	$K_i = \text{cortante}/\Delta i$	$0.70 * K(i+1) + K(i+2) + K(i+3)/3$	$0.8 * (K(i+1) + K(i+2) + K(i+3))/3$	Condición
Nivel 05	0.014561	1.45610	0.90690	95.05613	104.81435			Regular
Nivel 04	0.01271	1.27100	0.54920	181.83294	331.08692	73.37004		Regular
Nivel 03	0.010658	1.06580	0.72180	249.18144	345.22228	231.76085		Regular
Nivel 02	0.007982	0.79820	0.34400	301.05962	875.17331	241.65560		Regular
Nivel 01	0.004542	0.45420	0.45420	336.67000	741.23734	612.62131	413.72867	Regular
Irregularidad de Rigidez – Piso Blando "Y"								
Nivel 05	0.0180	1.8024	1.1096	110.8983	99.9444			Regular
Nivel 04	0.0147	1.4679	0.6928	212.1375	306.2031	69.9611		Regular
Nivel 03	0.0116	1.1646	0.7751	290.7104	375.0619	214.3422		Regular
Nivel 02	0.0080	0.8013	0.3895	351.2347	901.7580	262.5433		Regular
Nivel 01	0.0041	0.4118	0.4118	392.7800	953.8125	631.2306	422.1395	Regular

Tabla 68*Módulo II - irregularidades de resistencia – piso débil*

Irregularidades de Resistencia – Piso Débil en "X"			
Nivel	Cortante tnf	$0.80 * K(i+1)$	Condición
Nivel 05	95.05613		Regular
Nivel 04	181.83294	76.04490402	Regular
Nivel 03	249.18144	145.4663506	Regular
Nivel 02	301.05962	199.3451534	Regular
Nivel 01	336.67000	240.8476936	Regular

Irregularidades de Resistencia – Piso Débil en "Y"			
Nivel	Cortante tnf	$0.80 * K(i+1)$	Condición
Nivel 05	110.89835		Regular
Nivel 04	212.13753	88.71867824	Regular
Nivel 03	290.71045	169.7100222	Regular
Nivel 02	351.23473	232.5683588	Regular
Nivel 01	392.78000	280.9877836	Regular

Tabla 69

Módulo II - verificación de irregularidad

Irregularidad de Masa o Peso			
Nivel	Peso	$1.5*P(i+1)$	Condición
Nivel 05	293.389		Regular
Nivel 04	364.607	440.084	Regular
Nivel 03	358.123	546.911	Regular
Nivel 02	375.606	537.185	Regular
Nivel 01	403.850	563.409	Regular

Irregularidad Geométrica Vertical
No existe debido a que presenta un mismo ancho y largo en todos los niveles
Discontinuidad en los Sistemas Resistentes
No existe discontinuidad
Irregularidad Torsional
No presenta
Irregularidad Torsional Extrema
No presenta
Esquinas Entrantes
No presenta
Discontinuidad del Diafragma
No presenta
Sistemas no Paralelos
No presenta