

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**COMPARACIÓN DEL ANÁLISIS DINAMICO DE
UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR POR LOS
MÉTODOS MODAL ESPECTRAL Y TIEMPO
HISTORIA EN CONCEPCION**

PRESENTADO POR:

Bach: FLORES FLORES HECTOR EFRAIN

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL:

Nuevas Tecnologías Y Procesos

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

**HUANCAYO – PERÚ
2022**

FALSA PORTADA

ASESOR

ING. CARLOS GERARDO FLORES ESPINOZA

DEDICATORIA:

A mis padres, porque todo lo que soy de lo debo a ellos y por inculcar en mi la importancia de estudiar.

A mi hijo por el estímulo y apoyo incondicional en todo momento, y por ser la inspiración para finalizar este proyecto.

AGRADECIMIENTOS

A Dios. Por darnos la sabiduría y fuerza para culminar esta etapa académica. A los profesores de la Universidad Peruana de los Andes, por haberme enseñado de tantos conocimientos y valores en esta carrera.

HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

Dr. Rubén Darío Tapia Silguera
Presidente

Ing. Carlos Alberto Gonzales Rojas
Jurado

Ing. Nataly Lucia Córdova Zorrilla
Jurado

Ing. Rando Porras Olarte
Jurado

Ing. Leonel Untiveros Peñaloza
Secretario docente

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA:	iv
AGRADECIMIENTOS	v
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
INTRODUCCIÓN	17
CAPÍTULO I	18
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	18
1.1. Planteamiento del problema	18
1.2. Formulación y sistematización del problema	18
1.2.1. Problema general	18
1.2.2. Problemas específicos	19
1.3. Justificación	19
1.3.1. Social	19
1.3.2. Científica o teórica	19
1.3.3. Metodológica	19
1.4. Delimitación	20
1.4.1. Espacial	20
1.4.2. Temporal	20
1.4.3. Económica	20
1.5. Limitaciones	20
1.6. Objetivos	20
1.6.1. Objetivo general	20
1.6.2. Objetivos específicos	20
CAPÍTULO II	22
MARCO TEÓRICO	22
2.1. Antecedentes	22
2.1.1. Nacionales	22
2.1.2. Internacionales	24
2.2. Marco conceptual	26
2.2.1. Análisis sísmico:	26

2.2.2	Análisis dinámico estructural:	27
2.2.3	Análisis modal espectral:	28
2.2.4	Parámetros sísmicos:	34
2.3.	Definición de términos	42
2.4.	Hipótesis	45
2.4.1	Hipótesis general	45
2.4.2	Hipótesis específicas	45
2.5.	Variables	46
2.5.1	Definición conceptual de las variables	46
2.5.2	Definición operacional de las variables	46
2.5.3	Operacionalización de las variables	47
CAPÍTULO III		48
METODOLOGÍA		48
3.1.	Método de investigación	48
3.2.	Tipo de investigación	48
3.3.	Nivel de investigación	48
3.4.	Diseño de la investigación	48
3.5.	Población y muestra	48
3.5.1	Población	48
3.5.2	Muestra	49
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	49
3.7.	Procedimiento de la información	49
3.8.	Técnicas y análisis de datos	49
CAPÍTULO IV		51
RESULTADOS		51
4.1.	Ubicación del proyecto:	51
4.1.1	Descripción del inmueble:	52
4.1.2	Procesamiento metodológico:	56
4.1.3	Normas de diseño:	56
4.1.4	Propiedades de los materiales:	56
4.1.5	Metrado de cargas:	57
4.2.	Pre - dimensionamiento de elementos estructurales:	57
4.2.1	Pre - dimensionamiento de columnas:	57
4.2.2	Pre - dimensionamiento de losa aligerada:	59

4.2.3. Pre - dimensionamiento de vigas:	60
4.2.4. Resumen de elementos estructurales:	61
4.3. Análisis modal espectral:	63
4.3.1. Factores de diseño:	64
4.3.2. Espectro de respuesta:	67
4.3.3. Estimación de peso:	69
4.4. Modelamiento de la vivienda multifamiliar de la familia Colonio Sobrevilla:	69
4.4.1. Definiendo materiales:	70
4.4.2. Definiendo elementos estructurales:	70
4.4.3. Definiendo losas:	73
4.4.4. Definiendo casos de carga:	74
4.4.5. Definiendo las masas:	75
4.4.6. Asignando brazo rígido:	75
4.4.7. Asignando diafragma rígido:	76
4.4.8. Definiendo espectro de respuesta:	76
4.4.9. Definiendo carga sísmica:	77
4.4.10. Definiendo modos de vibración:	79
4.4.11. Comprobación de errores:	79
4.5. Resultados por el método modal espectral:	80
4.5.1. Peso del edificio:	80
4.5.2. Periodo fundamental de vibración:	81
4.5.3. Desplazamientos laterales:	82
4.5.4. Cortante basal:	83
4.6. Análisis el método tiempo – historia:	85
4.6.1. Modelamiento en el software ETABS:	86
4.7. Resultados por el método tiempo – historia:	95
4.7.1. Desplazamientos laterales:	95
4.7.2. Cortante basal:	100
CAPÍTULO V	107
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	107
5.1. Comparación de desplazamientos laterales:	107
5.2. Comparación de cortantes basales:	108
CONCLUSIONES	110
RECOMENDACIONES	111

BIBLIOGRÁFICAS	112
ANEXOS	114
Anexo N° 01: matriz de consistencia	115
Anexo N° 02: matriz de operacionalización de variables	117
Anexo N° 03: panel fotográfico	118
Anexo N° 04: planos	119

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables.	47
Tabla 2 Elementos estructurales	61
Tabla 3 Peso del edificio	81
Tabla 4 Periodo de vibración	81
Tabla 5 Desplazamientos por el método modal espectral en el sentido X - X	82
Tabla 6 Desplazamientos por el método modal espectral en el sentido Y - Y	83
Tabla 7 Datos para la cortante basal estática	84
Tabla 8 Cortante dinámica por el método modal espectral en el sentido X - X	84
Tabla 9 Cortante dinámica por el método modal espectral en el sentido Y - Y	84
Tabla 10 Desplazamientos para Loreto 2019 NS en el sentido X - X	96
Tabla 11 Desplazamientos para Loreto 2019 NS en el sentido Y - Y	96
Tabla 12 Desplazamientos para Loreto 2019 EW en el sentido X - X	96
Tabla 13 Desplazamientos para Loreto 2019 EW en el sentido Y - Y	97
Tabla 14 Desplazamientos para Pisco 2007 NS en el sentido X - X	97
Tabla 15 Desplazamientos para Pisco 2007 NS en el sentido Y - Y	97
Tabla 16 Desplazamientos para Pisco 2007 EW en el sentido X - X	98
Tabla 17 Desplazamientos para Pisco 2007 EW en el sentido Y - Y	98
Tabla 18 Desplazamientos para Moquegua 2019 NS en el sentido X - X	99
Tabla 19 Desplazamientos para Moquegua 2019 NS en el sentido Y - Y	99
Tabla 20 Desplazamientos para Moquegua 2019 EW en el sentido X - X	100
Tabla 21 Desplazamientos para Moquegua 2019 EW en el sentido Y - Y	100
Tabla 22 Cortante dinámico para Loreto 2019 NS en el sentido X - X	101
Tabla 23 Cortante dinámico para Loreto 2019 NS en el sentido Y - Y	101
Tabla 24 Cortante dinámico para Loreto 2019 EW en el sentido X - X	101
Tabla 25 Cortante dinámico para Loreto 2019 EW en el sentido Y - Y	102
Tabla 26 Cortante dinámico para Pisco 2007 NS en el sentido X - X	102
Tabla 27 Cortante dinámico para Pisco 2007 NS en el sentido Y - Y	102
Tabla 28 Cortante dinámico para Pisco 2007 EW en el sentido X - X	103
Tabla 29 Cortante dinámico para Pisco 2007 EW en el sentido Y - Y	103
Tabla 30 Cortante dinámico para Moquegua 2001 NS en el sentido X - X	104
Tabla 31 Cortante dinámico para Moquegua 2001 NS en el sentido Y - Y	104
Tabla 32 Cortante dinámico para Moquegua 2001 EW en el sentido X - X	104
Tabla 33 Cortante dinámico para Moquegua 2001 EW en el sentido Y - Y	104
Tabla 34 Comparación de los desplazamientos laterales en el sentido X - X	107
Tabla 35 Comparación de los desplazamientos laterales en el sentido Y - Y	107

Tabla 36 Comparación de las cortantes basales en el sentido X - X	108
Tabla 37 Comparación de los factores de escala en el sentido X - X	108
Tabla 38 Comparación de las cortantes basales en el sentido Y - Y	109
Tabla 39 Comparación de los factores de escala en el sentido Y - Y	109

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Estructura deformada en el software Etabs.	27
Figura 2 Proceso constructivo de muro de pantalla.	40
Figura 3 Vaciado de losa en el sótano.	41
Figura 4 Edificación aporcionada.	42
Figura 5 Ubicación provincial	51
Figura 6 Ubicación del terreno	51
Figura 7 Arquitectura 1° planta	53
Figura 8 Arquitectura 2°, 3° y 4° planta	54
Figura 9 Arquitectura azotea o 5° planta	55
Figura 10 Estructura 1°, 2° 3° y 4° planta	62
Figura 11 Estructura 5° planta	63
Figura 12 Factor de zona	64
Figura 13 Factor de uso	65
Figura 14 Factor de ampliación sísmica	65
Figura 15 Perfil de suelo	66
Figura 16 Factor de suelo	66
Figura 17 Periodos T_p y T_L	67
Figura 18 Coeficiente de reducción sísmica	67
Figura 19 Espectro Pseudo - Aceleraciones	69
Figura 20 Concreto $F'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	70
Figura 21 Refuerzo $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$	70
Figura 22 Columna CP-40x25cm	71
Figura 23 Columna CE-25x30cm	71
Figura 24 Viga principal VP-25x40cm	72
Figura 25 Viga de apoyo VA-25x35cm	72
Figura 26 Viga chata VCH-25x20cm	73
Figura 27 Viga voladizo VB-15x20cm	73
Figura 28 Definiendo losa aligerada	74
Figura 29 Definiendo escalera	74
Figura 30 Definiendo los casos de carga	75
Figura 31 Definiendo las masas	75
Figura 32 Asignando brazo rígido	76
Figura 33 Asignando diafragma rígido	76

Figura 34 Asignando el espectro de respuesta	77
Figura 35 Carga sísmica para el sentido X - X	78
Figura 36 Carga sísmica para el sentido Y - Y	78
Figura 37 Definiendo modos de vibración	79
Figura 38 Comprobando errores	79
Figura 39 Vivienda multifamiliar de la familia Colonio Sobrevilla en 3D	80
Figura 40 Sismo Moquegua 2001 - NS	86
Figura 41 Sismo Moquegua 2001 - EW	87
Figura 42 Sismo Pisco 2007 - NS	87
Figura 43 Sismo Loreto 2019 - NS	88
Figura 44 Sismo Loreto 2019 - EW	89
Figura 45 Sismo Moquegua NSXX	89
Figura 46 Sismo Moquegua NSYY	90
Figura 47 Sismo Moquegua EWXX	90
Figura 48 Sismo Moquegua EWYY	91
Figura 49 Sismo Pisco NSXX	91
Figura 50 Sismo Pisco NSYY	92
Figura 51 Sismo Pisco EWXX	92
Figura 52 Sismo Pisco EWYY	93
Figura 53 Sismo Loreto NSXX	93
Figura 54 Sismo Loreto NSYY	94
Figura 55 Sismo Loreto EWXX	94
Figura 56 Sismo Loreto EWYY	95

RESUMEN

La presente investigación tuvo como problema general: ¿Cómo es la comparación del análisis dinámico de una vivienda multifamiliar por los métodos modal espectral y tiempo historia en Concepción?, el objetivo general fue: Comparar el análisis dinámico de una vivienda multifamiliar por los métodos modal espectral y tiempo historia en Concepción y la hipótesis general que se verificó fue: El resultado de la comparación de ambos métodos dinámicos uno tiene una mejor determinación sobre el comportamiento sismorresistente de una vivienda multifamiliar.

El método general de investigación fue el científico, el tipo de investigación fue aplicada, el nivel de investigación fue el descriptivo comparativo y el diseño de la investigación: no experimental, en lo concerniente a la La población está conformada por todas las viviendas de la urbanización de los Cipreses del distrito de Orcotuna de la provincia de Concepción y la muestra fue la vivienda multifamiliar de la familia Colonio Sobrevilla, la muestra viene a ser los elementos estructurales por ser único cada elemento en su comportamiento estructural.

Todo esto nos llevó a la conclusión general que la vivienda multifamiliar de la familia Colonio Sobrevilla por los métodos modal espectral y tiempo – historia llegando a la conclusión de que el primer método mencionado es el más crítico en lo que refiere a los desplazamientos laterales debido a que estos alcanzan un valor máximo de 0.0067 y 0.0068 para el sentido X – X y para el sentido Y – Y respectivamente, mientras que el segundo método mencionado es el más crítico en lo que refiere a la cortante basal debido a que los registros Loreto 2019 presentan un factor de escala mayor a 1.00 en ambos sentidos lo que ocasionará que las cargas aumenten y el presupuesto de la obra sea mayor.

Palabras clave: análisis dinámico, método modal espectral, método de tiempo historia.

ABSTRACT

The present investigation had as a general problem: How is the comparison of the dynamic analysis of a multifamily dwelling by the spectral modal and time-history methods in Concepción? The general objective was: To compare the dynamic analysis of a multifamily dwelling by the spectral modal methods and time history in Concepción and the general hypothesis that was verified was: The result of the comparison of both dynamic methods one has a better determination about the earthquake-resistant behavior of a multi-family dwelling.

The general research method was scientific, the type of research was applied, the research level was the descriptive comparative and the research design: non-experimental, regarding the The population is made up of all the dwellings in the urbanization of the Cipreses of the Orcotuna district of the province of Concepción and the sample was the multifamily house of the Colonio Sobrevilla family, the sample is the structural elements because each element is unique in its structural behavior.

All this led us to the general conclusion that the multifamily house of the Colonio Sobrevilla family by the spectral modal and time - history methods, concluding that the first method mentioned is the most critical in regard to lateral displacements due to that these reach a maximum value of 0.0067 and 0.0068 for the X - X direction and for the Y - Y direction respectively, while the second method mentioned is the most critical in regard to the basal shear because the Loreto 2019 records They have a scale factor greater than 1.00 in both directions, which will cause the loads to increase and the budget for the work to be greater.

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

INTRODUCCIÓN

El Perú tiene su norma E.030 del reglamento nacional de edificaciones clasifica como edificaciones de baja altura a los que son menores a los 15 metros, edificaciones de mediana altura a las que se encuentran en el rango de 15 a 30 metros, y edificaciones altas a las que son mayores a los 30 metros de altura y como ya es sabido el movimiento sísmico afecta a las edificaciones en relación a varios factores y uno de ellos es su altura y tipo de suelo en la ciudad de Huancayo se encuentra ubicado en la zona 3 del territorio nacional, la cual se denomina zona de sismicidad mediana y no se evidencian estudios comparativos de análisis sísmico en edificaciones aplicando los métodos análisis de dinámico modal espectral y el análisis dinámico tiempo historia.

Como alternativa de solución a este problema, se plantea realizar un análisis sísmico comparativo entre los métodos modal espectral y tiempo historia con la finalidad de evaluar los resultados y determinar el método más crítico, para esta investigación se tomará como base la vivienda multifamiliar de la familia Colonio Sobrevilla la cual cuenta con una altura de 13.50m y se encuentra ubicado en el distrito de Orcotuna provincia de Concepción del departamento de Junín y para una mejor comprensión se dividió en 5 capítulos, los cuales son:

El Capítulo I: Problema de investigación, considera el planteamiento del problema, la formulación y sistematización del problema, la delimitación de la investigación, la justificación, las limitaciones y los objetivos.

El Capítulo II: Marco teórico, establece los antecedentes de la investigación, el marco conceptual, la definición de términos, las hipótesis y variables.

El Capítulo III: Metodología de la investigación, donde se explica el método de investigación, tipo de investigación, nivel, diseño, la población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de información, el procesamiento de la información y las técnicas y análisis de datos.

El Capítulo IV: Resultados, acorde a los objetivos y las hipótesis.

El Capítulo V: Discusión de resultados, en relación a los antecedentes y demás bibliografía.

Finalmente se tiene las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

Bach. Flores Flores Hector Efrain.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

El mundo entero está propenso a sufrir terremotos debido a la liberación de energía de la tierra. Según fuentes como los consorcios y especialistas de ciudad de México revela en sus registros que en promedio suceden sismos cada minuto, considerando solo los que son mayores a los 4 grados en la escala, esto nos lleva a la conclusión de que el planeta está en constante movimiento de sus cortezas terrestres. Los sismos de 4 a 6 grados de magnitud son sismos de mayor frecuencia, de 6 a 8 de magnitud son considerados importantes y superiores a los 8 grados de magnitud son raros y pueden ser altamente destructivos ocasionando desastres y pérdida de vidas humanas, a su vez también pérdidas económicas y retrasos para cualquier país que pueda ser afectado gravemente.

Un registro importante que no se debe pasar por alto es el terremoto más fuerte registrado en la escala de Richter como 9.5 de magnitud, considerado como el más fuerte de la historia sucedió en el vecino país de Chile en el año 1960 en la ciudad de Valdivia donde fallecieron más de 1600 personas. Perú por estar ubicado en la zona del cinturón de fuego donde el planeta tiene más actividad sísmica debido a la liberación de energía interna se ve propenso a ser escenario de un terremoto de gran magnitud para muchos expertos de defensa civil e ingenieros estructurales mediante evaluaciones de riesgos han determinado que muchas ciudades son vulnerables a sufrir daños relevantes de infraestructura, pérdidas económicas y de vidas humanas, debido al alto porcentaje de autoconstrucción que se realiza en nuestro país.

1.2. Formulación y sistematización del problema

1.2.1. Problema general

¿Cómo es la comparación del análisis dinámico de una vivienda multifamiliar por los métodos modal espectral y tiempo historia en Concepción?

1.2.2 Problemas específicos

- a) ¿Cómo es el análisis dinámico de una vivienda multifamiliar por el método modal espectral en Concepción?
- b) ¿Cómo es el análisis dinámico de una vivienda multifamiliar por el método tiempo historia en Concepción?

1.3. Justificación

1.3.1. Social

La vivienda multifamiliar de la familia Colonio Sobrevilla será analizada por los métodos modal espectral y tiempo historia finalidad de comparar su comportamiento estructural y determinar cuál de estos dos es el más crítico frente a un movimiento sísmico aplicando los softwares E.T.A.B.S. y Microsoft Excel, de esta manera podremos asegurar el bienestar de sus habitantes.

1.3.2 Científica o teórica

La presente investigación tiene su fundamento científico en las normas técnicas peruanas e internacionales, mismas que se fueron sustentadas en base científicas y teóricas propias de la ingeniería civil y otras.

1.3.3 Metodológica

La presente investigación al poner en comparación los métodos modales espectral y tiempo de respuesta se procesaron sistemáticamente los mismos que servirán de sustento para esta y otras investigaciones similares, permitiendo así a otros investigadores realizar investigaciones relacionadas.

1.4. Delimitación

1.4.1. Espacial

La delimitación espacial corresponde a:

- Departamento: JUNÍN
- Provincia: Concepción
- Distrito: Orcotuna
- Lugar: Urbanización Los Cipreses

1.4.2. Temporal

La presente investigación se realizará entre el mes de febrero de 2021 y marzo de 2021.

1.4.3. Económica

Los gastos para la ejecución de la presente investigación fueron asumidos en su totalidad por el tesista.

1.5. Limitaciones

La principal limitación que se presentó fue la económica que no permitió para consultar a profesionales expertos en el tema para corroborar la información obtenida.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Comparar el análisis dinámico de una vivienda multifamiliar por los métodos modal espectral y tiempo historia en Concepción.

1.6.2. Objetivos específicos

- a) Realizar el análisis dinámico de una vivienda multifamiliar por el método modal espectral en Concepción.

b) Realizar el análisis dinámico de una vivienda multifamiliar por el método tiempo historia en Concepción.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Nacionales

- **Angulo, (2017)** realizo la investigación “Análisis sísmico de un edificio de siete pisos con sótano utilizando interacción suelo-estructura en el distrito de san juan de Lurigancho, Lima, 2017” en la Pontificia Universidad Católica del Perú, con la finalidad de obtener el título profesional de ingeniero civil. Tiene como objetivos Determinar las características del análisis sísmico del edificio utilizando la interacción suelo-estructura, realizo un estudio sísmico de una estructura considerando a la edificación como un modelo de base empotrada en la cimentación del sótano y también determinar los desplazamiento y esfuerzos que produzca la edificación al interactuar con un movimiento sísmico. Concluyendo que para el análisis sísmico al sótano se le considera como un empotramiento, realizando el análisis desde el nivel cero. Al incluir la flexibilidad del suelo al análisis sísmico hace que la edificación tenga más flexibilidad eso se aprecia con el incremento de los periodos de vibración debido a que el suelo de fundación absorbe internamente parte de la energía provocado por un sismo.

- **Olaya, (2015)** realizo la investigación “Análisis comparativo entre el método espectral y el método de tiempo historia para la obtención de ratios de desplazamientos laterales en edificaciones, Perú- 2012” en la Universidad Nacional de Cajamarca, con la finalidad de optar el título profesional de ingeniero civil. Tuvo como objetivo principal obtener las ratios de desplazamientos laterales mediante el análisis comparativo entre el método espectral y el método tiempo historia en edificaciones peruanas. Al realizar la comparación de ambos métodos llega a la conclusión que el método espectral da menores valores de desplazamiento

laterales, que los obtenidos con el método tiempo historia, con ratios por encima del espectral, que en un caso llego a tener un ratio comparativo de 246% para sistema a porticado.

- **Segundo, (2017)** realizo la investigación “Análisis comparativo de los parámetros de la nueva y anterior norma e.030 aplicado en un sistema dual - Tarapoto 2017” en la Universidad nacional de San Martín, con la finalidad de optar el título profesional de ingeniero civil. Tiene como objetivo realizar el análisis de respuestas sísmicas de una edificación con sistema dual, ubicado en la ciudad de Tarapoto, aplicando el software de estructuras E.T.A.B.S. Para posteriormente hacer un análisis de la norma E.0.3.0. entre la versión 2006 y 2016 identificando sus parámetros y coeficientes. Concluyendo que ha habido una variación en cuanto a factor de seguridad en la norma E 0.30 diseño sismorresistente del 2016 respecto a la versión 2006 en un 15.67% más, el cual se puede apreciar en el cuadro 32 de la norma. Así mismo se incrementa la aceleración del suelo para periodos cortos. Las cortantes en la base de la edificación también se incrementan en un 11.82% respecto a la norma E. 030 del 2006 debido a las modificaciones de factores y parámetros que se hizo a la norma E.0.3.0. del 2016. Y por ende el diseño de la estructura es mucho más rígido con la nueva versión.
- **Reyna, (2017)** realizo la investigación “Análisis comparativo de la respuesta sísmica de estructuras de concreto armado con y sin aisladores sísmicos en la base según su variación en la altura” en la Universidad Nacional del Centro del Perú, con la finalidad de optar el título profesional de ingeniero civil. Tiene como objetivo determinar el análisis sísmico mediante el método dinámico Tiempo historia aplicado a una edificación aporticada con y sin aisladores sísmicos, para determinar las respuestas sísmicas y hacer un estudio comparativo de los resultados. Concluyendo que

las respuestas sísmicas aumentan según se va incrementando los niveles de cada piso, tanto para desplazamientos y derivas con y sin aisladores sísmicos. Sin embargo, los aisladores ayudan a reducir las fuerzas axiales de las vigas en un 30% y en columnas hasta un 50%.

2.1.2 Internacionales

- **Jaray (2017)** realizó la investigación “Análisis dinámico lineal del edificio de la facultad de ingeniería en sistema de la escuela politécnica nacional aplicando los métodos: modal espectral y tiempo historia, mediante uso de paquetes computacionales” en la Universidad Nacional de Ecuador, con la finalidad de optar el título profesional de ingeniero civil. Tuvo como objetivo principal analizar el comportamiento elástico de desplazamiento, del edificio mencionado aplicando los dos métodos de dinámicos no lineales Modal espectral y Tiempo historia y concluye que los dos métodos de análisis permiten conocer las respuestas dinámicas de la estructura generando resultados muy similares, dice, no obstante, el análisis tiempo historia requiere de mayor información de esfuerzo para el cálculo ya que analiza a detalle todos los cálculos a largo tiempo.
- **Massone y Boneli (2010)** realizó la investigación “Estudio experimental del comportamiento dinámico de un edificio de viña del mar dañado durante el terremoto de febrero de 2010” en la Universidad de Chile, con la finalidad de optar el título profesional de ingeniero civil. Tuvo como objetivo: De forma experimental evaluar las variaciones de las propiedades dinámicas de las estructuras de un edificio de concreto armado sometidas a un sismo severo como el movimiento telúrico de febrero del 2010. Con la finalidad de hacer evaluaciones de respuesta dinámica y extraer datos relevantes para un diseño sísmico. Para la

correlación de respuesta de la estructura con variación de parámetros modales. Las mediciones de aceleraciones permiten determinar la correlación de respuesta estructural haciendo una comparación de amplitudes alcanzados en un evento sísmico. De la misma manera se puede determinar en la estructura las propiedades modales para un mismo intervalo de tiempo en donde se observa deformaciones en los muros de la estructura, dando paso a obtener mayores datos respecto a la respuesta del comportamiento estructural.

- **Hernández, (2017)** realizó la investigación “Implementación del análisis modal espectral para una plataforma de elementos finitos” en la Universidad de Chile, con la finalidad de optar el título profesional de ingeniero civil quien sustentó que para hallar un análisis dinámico de estructuras se tiene al análisis dinámico modal espectral, es un método donde se puede hallar las respuestas a aceleraciones y desplazamientos máximos, en lugar de obtener la respuesta en el tiempo. Estos datos nos permiten conocer los desplazamientos y aceleraciones máximas a la cual estará sometida la estructura frente a un evento sísmico determinado de una manera más fácil de calcular, sin embargo, para hallar las respuestas máximas del sistema se tendrá que hacer combinaciones de cada uno de los modos de vibración para la estructura, a pesar de su cálculo práctico y sencillo este método arroja buenos resultados que cumplen con la mayoría de las normas sísmicas. El análisis modal espectral está basado en que el análisis lineal ante cualquier sistema N.G.D.L. se expresa como la superposición de “n” sistemas de 1 G.D (grado de libertad). Para posteriormente con el uso de espectro sísmico de respuesta sea posible la determinación de respuestas máximas de cada uno de los sistemas, para finalmente hallar la respuesta en global del sistema.

- **Rodríguez, (2016)** realizó la investigación “Análisis sismo resistente mediante el método modal espectral de un edificio habitacional ubicado en la comuna de tome” en la universidad de Tarapacá, con la finalidad de optar el título profesional de Ingeniero civil. Sustentó que plantea dos objetivos específicos una de ellas es realizar un análisis modal espectral en el edificio en base a la n.c.h. 4.3.3. o.f. 9.6. m.o.d.a.l. 2.0.0.9. y d. s. n°61 (2011) y la otra es realizar un análisis tiempo historia utilizando espectro de registro sísmico de grandes magnitudes producido en Chile. Como parte de las conclusiones y recomendaciones dice. Esto obliga a fiscalizar a ente gubernamentales o a revisores sísmicos estos proyectos para preservar la vida de las personas y si lo determina realizar intervenciones de grandes , los que de seguro requieren de una gran inversión finalmente destacar la importancia de realizar un Análisis tiempo historia junto con el análisis modal espectral en la edificaciones ya que permite conocer el comportamiento de estos ante un registro sísmico severos y así poder analizar sus posibles fallas y sus respectivas soluciones.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Análisis sísmico:

Según la norma E 0.30, (2018) El objetivo de un análisis sísmico es predecir el comportamiento que poseerá una edificación, bajo diversas cargas, siendo así que se establecen los parámetros en la norma de diseño sismo resistente E.030 la cual nos proporciona los valores de fuerzas internas de los elementos estructurales que comprende una edificación. Para el cálculo de fuerzas tanto internas como externas esta norma contempla dos formas de análisis los cuales son el análisis estático y el análisis dinámico el cual depende la edificación.

Para la evaluación se deben analizar los fenómenos que se producen desde el hipocentro hasta el sitio de interés, tales como las ondas sísmicas.

El análisis sísmico de estructuras, fundamentalmente es conocer cuál es la aceleración máxima del suelo, desplazamiento de las estructuras, periodo.

El análisis sísmico es ver el comportamiento de las estructuras frente a un movimiento sísmico (p.21).

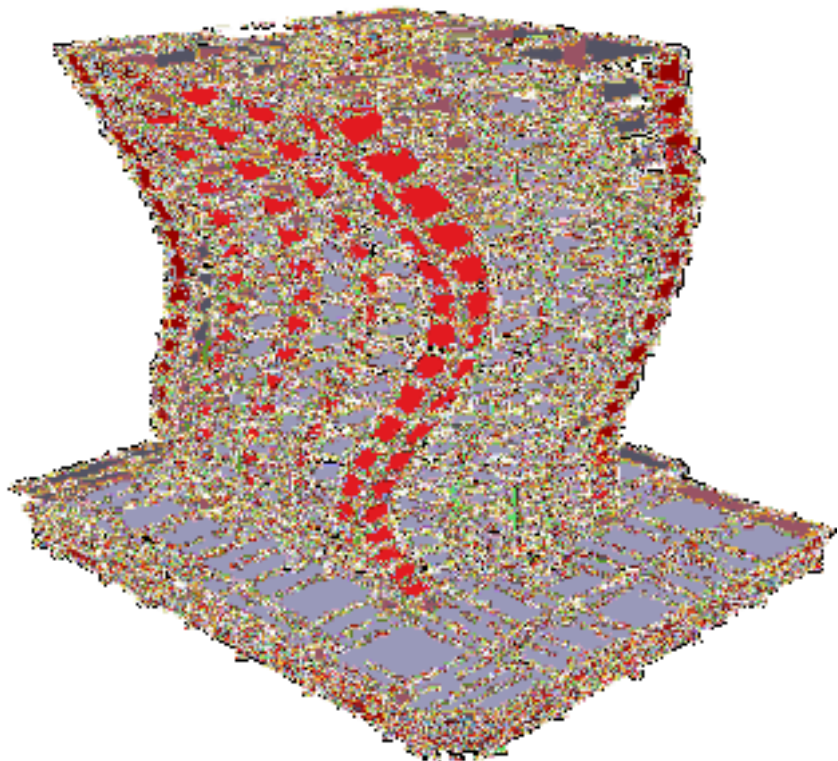


Figura 1 Estructura deformada en el software Etabs.
Fuente: Elaboración propia.

2.2.2. Análisis dinámico estructural:

Según ARQHYS (2012) En dinámica estructural las respuestas y las cargas tales como deflexiones, esfuerzos, desplazamientos máximos, aceleraciones, etc. Varían siempre con el tiempo, al hacer una diferencia entre el análisis dinámico y

el análisis estático, el dinámico presenta más de una solución y distintas para cada determinado tiempo, en resumen, es más laborioso.

Por ejemplo, en un viga en sistema estático es sometido a una fuerza "P", Los esfuerzos internos de la viga que soportan las carga se calculan por simple estática y con ello se halla los esfuerzos resultantes y sus deformaciones de dicha viga, sin embargo si a la misma viga se le aplica una carga dinámica, las deformaciones que presente producirán aceleraciones que varían en el tiempo, y de acuerdo a la teoría de D'alambert las aceleraciones inducen fuerzas de inercia que resisten el movimiento de la viga. En este sentido la viga presenta dos tipos de fuerzas, la externa "P" que causa el movimiento y las internas que son las fuerzas de inercia $F_i(t)$ que resisten las aceleraciones inducidas. En problemas estructurales de dinámica son de suma importancia la fuerza de inercia, dicha fuerza dependerá de la flexibilidad y la masa de la estructura.

Se ignorará las aceleraciones cuando las cargas dinámicas se apliquen muy lentamente, esto ocasionará que las fuerzas de inercia sean muy pequeñas ocasionando que el problema se vuelva en un sistema estático.

Si se aplica cargas súbitas de gran magnitud la fuerza de inercia tomará importancia y su esfuerzo resultante, tendrán efectos considerables.

El enfoque de este estudio está basado en los casos de edificaciones ante acciones laterales, ante movimientos en la base y/o fuerzas externas. Previamente e tomaran en cuenta las teorías de rigidez lateral, uno para un pórtico simple y luego para unas edificaciones de varios pisos, simplificando el análisis con el método pseudo-tridimensional para la representación de un edificio.

2.2.3. Análisis modal espectral:

Según ARQHYS (2012) El método de las respuesta espectral o también conocido como análisis dinámico modal, es un método bastante práctico para determinar las fuerzas internas de los elementos y los desplazamientos máximos en un sistema estructural. Este método implica el cálculo de los valores máximos de aceleraciones y desplazamientos en cada modo usando un espectro de respuestas para diferentes modos de vibración, la misma que presentará la envolvente de espectros de respuestas o promedio de diversos sismos, luego se hacen combinaciones teniendo consideración los códigos expuestos en las normas de diseño sísmico. Por ejemplo, teniendo el promedio ponderado entre la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de los valores máximos. Otro método es la combinación completa cuadrática (método CQC), además se considera una correlación entre los valores máximos modales. De esta manera se calculan los valores máximos de fuerzas y desplazamientos.

Para el análisis con dominio de frecuencias el proceso es usado determinar las ecuaciones de movimiento en el dominio de frecuencias. Para este proceso las fuerzas externas $F(t)$ son representadas mediante integrales de Fourier o términos de series de Fourier, las respuestas están expresadas en números complejos. Este proceso es muy eficaz para problemas con casos de viento, problemas acústicos, efectos de olas en el mar, pero para problemas de estructuras en el ámbito de la ingeniería civil tiene ciertas desventajas, las matemáticas involucradas en este método puede ser dificultoso para el entendimiento de los ingenieros, del mismo modo el análisis de los resultados presentaría complicaciones de expresión. Las acciones sísmicas no son periódicas, sin embargo, el movimiento vibratorio de la base puede ser transformado a un dominio de frecuencias mediante algoritmos especiales para posteriormente realizar las operaciones involucradas y los análisis. En conclusión, para

acciones sísmicas este método no es numéricamente eficaz. Este método es aplicable a sistemas estructurales lineales.

A. Factor de ampliación sísmica:

Según la norma E 0.30 del RNE (2016) manifiesta: El factor de ampliación sísmica (C) se determina de acuerdo a las condiciones y características físicas que tiene el sitio a través de las siguientes expresiones para cada caso (p.12).

$$T < TP, \text{ entonces } C = 2,5$$

$$TP < T < TL, \text{ entonces } C = 2,5 \cdot (TP/T)$$

$$T > TL, \text{ entonces } C = 2,5 \cdot ((TP \cdot TL)/(T^2))$$

Donde:

T: Periodo fundamental de vibración.

B. Tipo de suelo:

Según la norma E 0.30 del RNE (2016) manifiesta: Los tipos de suelos clasificados según esta norma deriva de los ensayos y granulometría que se realizó minuciosamente en laboratorios de mecánica de suelos, teniendo en cuenta la velocidad promedio de propagación de onda de corte, los promedios ponderados N60 que se obtienen a través de un ensayo de penetración, la resistencia al corte en condiciones drenadas. Estas condiciones deben determinarse para los 30 metros superiores de profundidad medida desde la superficie hasta el suelo de cimentación.

El tipo de suelo hace referencia a la clasificación de suelo de manera local, en un punto determinado para cualquier tipo de construcción, según la norma E 030 del diseño sismorresistente existen 5 tipos de suelos, los cuales se determinan a través del estudio de mecánica de suelos E.M.S., donde se aplican ensayos de penetración estándar, ensayos de resistencia al corte, entre otros.

C. Coeficiente de reducción de fuerzas (R):

Según la norma E 0.30 del RNE (2018) manifiesta: El coeficiente R es determinado a través de los datos obtenidos en las tablas N° 7 donde se halla el R_0 , y en la tabla N°8 y N°9 donde se hallan los factores I_a , I_p respectivamente. Cuyo valor resultante de R es el producto de estos 3 factores.

$$R = (R_0) \times (I_a) \times (I_p)$$

D. Respuesta sísmica:

Según la NCSE (2002), Norma de construcción sismorresistente española manifiesta: El espectro de respuestas es un valor que se utiliza para los cálculos en la ingeniería sísmica, que mide la reacción estructural ante las vibraciones del suelo que lo soporta.

Hay diversos tipos de espectro de respuestas dependiendo de las reacciones que se desea comparar, tenemos: espectro de respuestas elástico, espectro de respuestas de velocidad, espectro de respuestas de deformación, siendo el más usado y habitual el espectro de respuesta elástica ya que se relaciona directamente con la aceleración.

Tiene la denominación de espectros de respuesta debido a que lo que mide es cómo reacciona o responde la estructura cuando se le añaden fuerzas externas.

E. Cortante basal:

Según la norma E 0.30 del RNE (2016) manifiesta: Se establece que el 80% del esfuerzo cortante en la base del elemento estructural actúa sobre las columnas de los pórticos de la estructura, en caso de muros estructurales, estos se deben diseñar para soportar la fricción de la acción sísmica total según su rigidez del elemento.

F. Periodos:

Según la norma E 0.30 del RNE (2016) manifiesta: Los periodos son espacios de tiempo donde se realiza o se elabora un acontecimiento sísmico o vibratorio. Los periodos están en relación del tipo de suelo y de la zona sísmica geográficamente.

G. Desplazamientos máximos:

Según la NCSE (2002) manifiesta: Para determinar el desplazamiento máximo para cada modo de vibración de suelo y cada planta, este se calcula multiplicando los desplazamientos máximos equivalentes, calculado por el coeficiente de comportamiento de ductilidad.

H. Aceleración espectral:

Según la norma E 0.30 del RNE (2016) manifiesta: Que para cada una de las direcciones horizontales que se analicen se obtendrá un espectro de respuesta inelástico de pseudo - aceleraciones que están definido por la siguiente expresión:

$$S_a = ((Z \cdot U \cdot C \cdot S)/(R)) \cdot (g)$$

Para realizar el estudio en la dirección vertical podrá usarse un espectro igual multiplicado por el valor de 2/3.

I. Fuerzas:

Según Lefevre y Villar (2015), En su libro de resistencia de materiales manifiesta: Se puede analizar lo que ocurre dentro de un elemento cualquiera que se pueda encontrar sometida a la acción de un sistema de fuerzas externas ($F_1, F_2 \dots F_n$), los cuales generan reacciones (R_a, R_b) para lograr un equilibrio. El sistema de fuerzas activas y reactivas generaran las fuerzas internas que se oponen a la deformación del

cuerpo del elemento procurando impedir la rotura del elemento.

J. Momentos:

Según Lefevre y Villar (2015), En su libro de resistencia de materiales manifiesta: Es una sollicitación común que aparece en elementos como vigas, columnas y lozas cuando se le aplica una carga puntual o distribuida, en sentido perpendicular a su eje.

Existen momentos flectores positivos y momentos flectores negativos esto dependerá desde que posición se le aplica la fuerza al cuerpo, pero siempre perpendicular a su eje.

K. Cortantes:

Según Lefevre y Villar (2015), En su libro de resistencia de materiales manifiesta: También se le conoce como esfuerzo de cizallamiento o de cortadura, es el esfuerzo resultante de las fuerzas internas y las fuerzas externas que son aplicados paralelamente en sentidos opuestos a la sección transversal. Que podría ser aplicado a una viga o columna por lo general. Esta sollicitación de esfuerzo cortante está formada por tensiones paralelas al eje del elemento.

I. Axiales:

Según Lefevre y Villar (2015), En su libro de resistencia de materiales manifiesta: Se le denomina fuerza axial a las fuerzas que van en dirección del eje del cuerpo ya sean salientes o entrantes, esto puede ocasionar tensión o compresión respectivamente en el elemento. La fuerza normal viene a ser la resultante de las fuerzas externas perpendicular al plano de la sección del elemento sometido.

Fuerzas divergentes = tracción.

Fuerzas convergentes = compresión.

En las fuerzas axiales aplicadas a un elemento se producen curvaturas, de tal manera que una curvatura cóncava hacia arriba es positiva y una curvatura en sentido contrario se le considera negativa.

J. Torsión:

Según Lefevre y Villar (2015), En su libro de resistencia de materiales manifiesta: En resistencia a los materiales esta solicitación se efectúa cuando dos fuerzas en sentido horario o anti horario actúan a la misma vez sobre el eje de un elemento sobre un extremo, teniendo el otro extremo fijo el elemento.

2.2.4 Parámetros sísmicos:

Según Millones (2015), en su estudio de investigación manifiesta: Se miden de diferentes maneras los terremotos y sus efectos que pueda ocasionar. La magnitud es la unidad de medida para determinar la intensidad del tamaño y la severidad del sismo, a través de la energía liberada del núcleo de la tierra, esta magnitud se denomina la escala de Richter y es logarítmica debido a que cada unidad en la escala de Richter equivale a 33 veces más el incremento de la energía anterior, la magnitud dependerá de la liberación de energía que se da a través de la ruptura de las cortezas terrestres al momento de colisionar unas con otras.

La intensidad determina los efectos que pueden causar las vibraciones y diferentes modos de ondas sísmicas en un lugar en específico que se le conoce como epicentro. El daño ocasionado por el terremoto estará en función de la duración del terremoto, la velocidad de propagación de las ondas sísmicas y la profundidad en el que se encuentra el hipocentro que es el punto de origen de la liberación de energía.

El planeta es un terreno en constante movimiento, a diario suceden vibraciones las cuales no son fáciles de percibir, en la escala de Richter de 4 grados hacia abajo son las más frecuentes, las de 5 a 7 grados son los que ocasionan daño a las propiedades dependiendo de la calidad de construcción de dicha propiedad, las de 8 grados en la escala de Richter a más son las raras y poco frecuente, sin embargo son las más devastadoras y puede causar daños serios a la propiedad aun estando bien construido por licuación de suelo.

La velocidad máxima y la aceleración máxima del movimiento de las cortezas terrestres son parámetros sísmicos para determinar la amplitud de la vibración y el diagrama del sismograma.

Los movimientos verticales, licuefacción de suelo, deslizamiento y asentamiento de estructuras, se les denominan como deformación permanente.

A. Zona sísmica:

Según la norma E 0.30 del RNE (2016) manifiesta: El mapa del Perú está dividido en 4 zonas sísmicas como lo indica gráficamente la norma técnica E 030 diseño sismo resistente para el Perú, esta división está elaborada en base a estudios de sismicidad, a través de instrumentos y la geografía peruana, las cuales determina las características de un sismo en función a la distancia epicentral y otros factores. El anexo N° 1 de la norma establece la clasificación de las provincias y distritos correspondientes a cada una de las 4 zonas sísmicas.

Para este proyecto de investigación la zona sísmica se evaluará de acuerdo a la zonificación establecido por el reglamento nacional de edificaciones 2017, Diseño sismorresistente E 0.3.0.

B. Categoría de la edificación:

Según la norma E 0.30 del RNE (2016) manifiesta: De acuerdo a la tabla N° 5 de la norma técnica diseño sismorresistente para las estructuras deberán clasificarse de acuerdo a su uso e importancia (U), para estructuras con aislamiento sísmico en la base el valor de $U=1$ (p.12).

Para determinar la categoría de la edificación (U), se debe conocer el tipo de uso de la construcción, para determinar si es una construcción esencial, importante, común o provisional, teniendo en cuenta las condiciones y recomendaciones del cuadro de categorías establecido en la norma de diseño sismorresistente.

C. Análisis tiempo-historia:

Según E.S.C.A.L.E.T.T.I. (2015) A partir de uno o más componentes para el registro de un sismo se pueden integrar ecuaciones diferenciales desacopladas, de tal manera obtener los componentes pertinentes de cada modo en relación del tiempo, haciendo las combinaciones apropiadas de los componentes se hallan historias para los desplazamientos que están unidos a cada grado de libertad del sistema:

$$\{x(t)\} = S \{c_i(t)\} F_i$$

A partir de estos resultados obtenidos se determinan otros efectos tales como momentos flectores en los elementos, cortantes en los entre pisos, etc.

Este procedimiento económicamente es costoso, debido a que demanda muchas operaciones y se necesita una capacidad de memoria interna en la computadora para almacenar los resultados intermedios. Se debe repetir el procedimiento para obtener valores más precisos con una colección de posibles registros sísmicos, como mínimo 5

que puedan afectar al terreno. En conclusión, esta alternativa de análisis no es recomendable para oficinas debido a lo trabajoso que resultan los procedimientos, sin embargo, puede ser de suma importancia para elaborar comparaciones con otros procesos para garantizar de la mejor manera un diseño estructural.

D. Espectro de respuesta sísmica:

Según Crisafulli (2002) En su revista manifiesta que el espectro de respuesta es una herramienta de la dinámica estructural, de gran utilidad en el área de diseño y análisis sismoresistente, en forma general podemos decir que el espectro como una respuesta máxima expresada en termino de aceleración, velocidad y desplazamiento o cualquier otro para metro de interés que produce una acción dinámica estructural u oscilador de un grado de libertad.

E. Aceleraciones máximas:

Según GERARDO Y MAURICIO (2017) en su revista geológica de América Central manifiesta: En ingeniería sísmica la aceleración máxima es una medida que consiste en determinar, las aceleraciones que tienen las cortezas de la superficie terrestre. En genera la medida de unidad de aceleración gravitatoria es: $g=9.81 \text{ m/s}^2$.

F. Distancia epicentro:

Según GERARDO Y MAURICIO (2017), en su revista geológica de América Central manifiesta: Es la distancia en kilómetros del punto de del hipocentro hacia la ubicación en la superficie de la tierra en posición vertical al foco.

G. Magnitud sísmica:

Según LÓPEZ Y MUÑOZ (2003) en su revista científica manifiesta: la magnitud es un instrumento de medida de la energía liberada en el foco de un sismo, fue desarrollado por primera vez por C. F. Richter (1935), para estudiar y comparar el «tamaño de los sismos en diferentes escalas de magnitud», de manera similar a como anteriormente se definió la magnitud para clasificar a las estrellas por su brillo. Richter, usando los datos de la red sísmica de California, representó para cada terremoto, la amplitud máxima del registro frente a la distancia, y comprobó que las curvas obtenidas eran prácticamente paralelas entre sí para todas las distancias, diferenciándose únicamente en un factor de escala, hecho que permite expresar esta diferencia como un número constante independiente de la distancia.

$$M = \log A - \log A_0$$

Dónde:

M=Magnitud y A=Amplitud

H. Longitud:

Según la universidad de Alicante (2018) Manifiesta lo siguiente: La longitud es la magnitud de medición de distancias terrestre a lo largo del ecuador desde cualquier punto de la tierra. Todos los puntos que se encuentran ubicados sobre el mismo meridiano tienen la misma longitud. Con la combinación de la latitud y la longitud se puede ubicar un punto específico geográficamente dentro de la superficie terrestre .

I. Registro sísmico:

Los registros sísmicos es un historial de todos los acontecimientos sísmicos que viene aconteciendo por medio de una institución, en el Perú el IGP, a través de sismógrafos, cuyo instrumento nos facilita conocer las características de cada sismo, brindándonos información como el epicentro, hipocentro, magnitud, ubicación a través de coordenadas geográficas.

Según MARIA (2014) Menciona al registro sísmico como un conjunto de eventos sísmicos sucedidos cuyo registro se da gracias a los sismógrafos ubicados en diferentes puntos estratégicos, para determinar las características de un sismo. Según la universidad de Según MARIA (2014) manifiesta que: La latitud es la magnitud que mide el ángulo o abertura entre el ecuador y cualquier punto de la tierra". "La latitud son círculos paralelos al ecuador de la superficie de la tierra, es la medición de distancia que existe entre el ecuador y un punto cualquiera. Tiene las siguientes características: Las líneas que se ubican al norte del ecuador tiene denominación Norte (N), Las líneas que se encuentren ubicadas al sur del ecuador tiene denominación Sur (S), Se mide en el rango de 0° a 90° grados sexagesimales, otro dato importante es la ubicación de los polos Norte y Sur, cada uno de ellos tiene 90° de latitud" (polo norte latitud 90° N, polo sur latitud 90° S).

J. Cargas por sismo:

Según KASSIMALI, (2014). Los terremotos son movimientos de porciones de tierra del planeta, lo cual genera movimientos sísmicos tanto vertical como horizontal, de los cuales los verticales son insignificantes al momento de interactuar con la estructura, sucede lo contrario para los movimientos horizontal lo cual es de gran consideración. Al momento de vibrar el suelo también vibra una edificación

esto debido a la inercia de su masa de la estructura lo cual genera fuerzas cortantes en cada uno de los elementos estructural, que para determinar con mayor precisión se debe realizar un análisis dinámico teniendo en cuenta la masa y la rigidez propios de la estructura. En cambio, para edificaciones de mediana o baja altura los efectos causados por los eventos sísmicos tienen poco efecto dinámico por lo cual se recomienda un análisis estático para estos casos para determinar los esfuerzos de la estructura.

K. Muro pantalla:

Según Mozo (2012) en su tesis de Análisis y diseño de muros de pantalla en suelos arenosos. Lo define como muros pantallas o pantallas continuas de hormigón armado a los muros construidos mediante el proceso de excavación en el suelo de zanjas profundas en las cuales primero se añade la estructura de acero armado, colocación de encofrado para luego ser llenado de concreto armado. Asegurándose que no se desplome totalmente sino mantenga el nivel adecuado.



Figura 2 Proceso constructivo de muro de pantalla.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 3 Vaciado de losa en el sótano.

Fuente: Elaboración propia.

L. Edificaciones aporricadas:

Según GENARO (2011). Dice que los pórticos principales soportan el peso de la losa es decir las vigas de los pórticos reciben cargas y se las transmiten a las columnas y está a la zapata y las zapatas transmiten las cargas al suelo. Por otro lado, cabe mencionar a los elementos estructurales que son capaces de resistir a cualquier efecto externo tales como.

- Vigas.
- Columnas.
- Placas.
- Zapatas.

Según la norma E 0.30, (2016). Los pórticos, el 80% de fuerza cortante trabaja sobre las columnas, y en caso estos posean muros estructurales de deberán diseñarse para resistir una fracción de acción sísmica.



Figura 4 Edificación aporticada.
Fuente: Elaboración propia.

M. Ductilidad de la estructura:

Según Mohsen, (2017) en su tesis *Seismic analysis of multistorey hybrid buildings* la ductilidad se define como la capacidad de deformarse más allá de la zona elástica sin fracturarse. Este es un concepto importante en ingeniería, y aún más importante en híbridos. Estructura con diferentes materiales y resistencia a la exposición al terremoto efectivo. Es aquí donde la masa y la rigidez de la estructura juegan un papel vital en cómo la estructura reacciona a estas fuerzas, y cuán mal se desplaza la estructura. El movimiento del suelo y la energía que envía a través de la estructura es dinámico. Para retener la fuerza y función de una estructura, estos requisitos deben cumplirse.

2.3. Definición de términos

- **Altura**, responsable del aumento del periodo que genera un cambio en la aceleración sísmica sobre una edificación y factores como la relación altura/ancho, altura de los pisos, materiales involucrados, sistemas estructurales y la cantidad y disminución de la masa.

(Ortega, 2014, p.70).

- **Tamaño Horizontal**, incrementa esfuerzos longitudinales de tensión y compresión, así como desplazamientos adicionales en un piso de baja rigidez que funciona como diafragma horizontal en dirección transversal al sismo, cuya solución es reduciendo el largo del diafragma agregando muros o pórticos. (Caballero, 2007, p.74).
- **Proporción**, cuanto más esbelto peor es el efecto de volteo, por ello en el diseño sísmico puede ser más importante que su tamaño absoluto, para edificios altos una consideración muy importante es su relación de esbeltez = altura/ancho. (Caballero, 2007, p.75).
- **Simetría**, la asimetría genera excentricidad entre el centro de masa y el centro de rigidez provocando torsión por causas no geométricas como la variación en la distribución de masa en una estructura simétrica y concentrar esfuerzos en una esquina inferior. (Ortega, 2014, p.72).
- **Distribución y concentración**, las cargas serán igualmente compartidas por los elementos en una edificación con resistencia bien distribuida; al contrario de las configuraciones que acumulan fuerzas sísmicas que aplicada a un decreciente número de elementos. (Ortega, 2014, p.73).
- **Centro de Rigidez**, (Aguiar, 2008, p.119): “Es el punto donde se aplicará la fuerza cortante horizontal, el nivel se traslada al piso inferior sin rotar”.
- **Desplazamiento espectral**, (Paz,1992, p.640): “Valor máximo del desplazamiento relativo producto de un temblor en una oscilación

simple”.

- **Edificio**, (R.N.E- Norma Técnica G.0.40, 2006, párr.52): “Es la obra hecha por el hombre para albergar sus actividades que realiza”.
- **Efecto torsional**, (Barbat y Oller, 1998, p.56): “El efecto torsional se debe a la no coincidencia del centro de masa de cada planta de la estructura con el centro de rigidez de esta”.
- **Espectro de Diseño**, (Suarez, 2010, p.29): “Herramienta que sirve para calcular la estructura, verificando la actividad sísmica de la zona, suelo, periodos”.
- **Excentricidad**, (Barbat y Oller, 1998, p.56): “Distancia entre el Centro de masa y su Centro de rigidez”.
- **Modos de Vibración**, “Los edificios, los cuerpos, los materiales, tienen diferentes maneras de vibrar ante cargas dinámicas, que, en situaciones de un evento sísmico, pueden afectar en la misma, en menor o mayor medida”.
- **Periodo**, (Mullo,2014, p.26): “Es el tiempo que tarda una estructura en terminar el primer movimiento sísmico”.
- **Pre - dimensionamiento**, (Castillo,2016, p.9): “Dimensionar los elementos estructurales cumpliendo el R.N.E”.
- **Peligro sísmico**, “Se define como el grado de exposición de un determinado lugar frente a las máximas intensidades dados por los movimientos sísmicos”. (Bazán y Meli, 2000, p.23).

- **Riesgo sísmico**, “Es la probabilidad de que se excedan valores prefijados de daño en una estructura durante la ocurrencia de un sismo”. (Alonso, 2006, p.50)
- **Silencio sísmico**, “Es definido como el sitio donde no se produjo la liberación de energía en varias décadas existiendo así la probabilidad de ocurrir un evento sísmico. (Kuroiwa, 2002, p.98).
- **Sismo**, “Es la repentina y limitada liberación súbita de energía mecánica acumulada debido a resultantes desplazamientos por interacción de placas de la corteza terrestre en forma de ondas sísmicas”. (CENEPRED, 2014, p.36).
- **Sismograma**, “Son registros obtenidos por los instrumentos sismógrafos que miden el movimiento horizontal y vertical de las captadas ondas sísmicas”. (Alonso, 2006, p.29).

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

El resultado de la comparación de ambos métodos dinámicos uno tiene una mejor determinación sobre el comportamiento sismorresistente de una vivienda multifamiliar.

2.4.2 Hipótesis específicas

- a) Al realizar el análisis dinámico de una vivienda multifamiliar por el método modal espectral en la ciudad de Concepción tiene una precisión específica en el comportamiento sismorresistente.

- b) Al realizar el análisis dinámico de una vivienda multifamiliar por el método tiempo historia en la ciudad de Concepción tiene una precisión específica en el comportamiento sismorresistente.

2.5. Variables

2.5.1. Definición conceptual de las variables

Variable método modal espectral: es un método que requiere como dato de partida para su aplicación conocer los modos y frecuencias naturales del sistema de múltiples grados de libertad, es decir que se conocen los valores de las frecuencias ω_i y de los modos Φ_i . en la parte Dinámica Estructural.

Variable método tiempo historia: El análisis dinámico tiempo-historia aplicado al modelo considera las condiciones impuestas por las normas sísmicas, es decir, tres registros sísmicos de aceleración reales como mínimo, tiempo de duración sobre los 120 [s], evento cercano a la zona de construcción y combinación de los espectros de cada registro por sobre el espectro de diseño en el rango de interés.

2.5.2. Definición operacional de las variables

Variable método modal espectral: se procederá utilizar el S.U.C.S. en base a la norma E.0.3.0., arma es el espectro de respuesta que maneja un valor adimensional, para modelar en el software que se utilizara.

Variable método tiempo historia: tomar un mínimo de 3 registros ocurridos en el Perú 2 tienen subregistro basados en los ejes de X en x e Y en Y, se utilizó registros ya escalados de defensa civil del Perú y se procede a modelar en el software.

2.5.3. Operacionalización de las variables

Tabla 1
Operacionalización de variables.

NOMBRE DE LA VARIABLE	INDICADORES	DIMENSIONES
método modal espectral	Grado de libertad	desplazamiento o giro
	Modo natural de vibración	Periodo natural
	Análisis modal,	factor de participación modal
método tiempo historia	Cortante Basal	X por sismo en X Y por sismo en Y
	Desplazamientos	Y por sismo en Y X por sismo en X

Fuente propia

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

Para el desarrollo de la investigación se utilizó el método científico, pues corresponde a un procedimiento para descubrir las condiciones con las que se presentan asuntos específicos, se define por ser tentativo, verificable, de razonamiento riguroso y porque muestra observación empírica (Tamayo, 2003). Por ello, con la presente investigación, se descubrió asuntos específicos relacionados a estabilización de suelos arcillosos con óxido de calcio, lo cual podrá ser verificado por otros investigadores.

3.2. Tipo de investigación

“El tipo de investigación fue la aplicada, pues es aquella que utiliza el conocimiento de la investigación básica para la generación de conocimiento con su aplicación directa” (Lozada, 2014). Por lo tanto, la presente investigación utilizó la norma técnica E.0.3.0. de diseño sismo resistente.

3.3. Nivel de investigación

El nivel de investigación fue el descriptivo comparativo, pues se comparó los métodos modales espectral y tiempo historia en la ciudad de Concepción y lograr ubicar las diferencias entre estos 2 métodos.

3.4. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación fue el no experimental porque no se manipulo ninguna variable, ni se intervino en los valores de la mismas.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La población está conformada por todas las viviendas de la urbanización de los Cipreses del distrito de Orcotuna de la provincia de Concepción.

3.5.2. Muestra

Para un estudio de investigación con características de la presente tesis de un estudio comparativo aplicado a la vivienda multifamiliar de la familia Colonio Sobrevilla, la muestra viene a ser los elementos estructurales por ser único cada elemento en su comportamiento estructural.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Observación directa. - Se aplicó en la fase de planificación mediante visitas previas a campo; además, se utilizó anotaciones en libreta de campo, así como un estudio de suelos donde se utilizó un corte directo para obtener es valor para la utilización de ese método.

Análisis de documentos. - Se utilizó en la recopilación de bibliografía digital y física, a fin de establecer una metodología para realizar de forma correcta cada uno de los métodos para su evaluación y contrastación de resultados.

3.7. Procesamiento de la información

Los resultados obtenidos en la recolección de datos serán analizados de la siguiente manera:

- Procesamiento de datos generado por el análisis de fuerzas dinámicas por el método modal espectral y tiempo historia para el sistema estructural de pórticos de concreto armado aplicado en la vivienda multifamiliar de la familia Colonio Sobrevilla.
- Los resultados en ambos métodos serán exportando al software Microsoft Excel en el cual se aplicarán fórmulas matemáticas para llegar a los resultados finales.

3.8. Técnicas y análisis de datos

Los resultados finales serán comparados primeramente con las especificaciones de la norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones para determinar que la estructura sea rígida y que tengan un buen comportamiento durante un movimiento sísmico, posteriormente los resultados de ambos métodos de análisis sísmico serán comparados entre sí mediante cuadros comparativos y de esta manera determinar cuál de los dos es el más crítico frente a fuerzas sísmicas.

CAPÍTULO IV RESULTADOS

4.1. Ubicación del proyecto:

La vivienda multifamiliar de la familia Colonio Sobrevilla se encuentra ubicado en la siguiente delimitación espacial:

- **Departamento** : Junín
- **Provincia** : Concepción
- **Distrito** : Orcotuna
- **Lugar** : Urb. Los Cipreces



Figura 5 Ubicación provincial
Fuente: Imágenes google earth



Figura 6 Ubicación del terreno
Fuente: Google maps.

4.1.1. Descripción del inmueble:

Los planos de la vivienda multifamiliar de la familia Colonio Sobrevilla fueron diseñados y elaborados por el Arq. Jorge Ordoñez Flores, en donde se puede apreciar la siguiente distribución:

A. 1° planta:

En la primera planta se puede observar una caja de escalera, una cochera, una sala, una cocina con comedor, una habitación principal con baño completo, dos habitaciones simples y un baño completo de visitas, todas estas divisiones se encuentran ubicadas en un área total de 95.84m² y cuenta con una altura de 2.60m. El plano respectivo viene adjunto a esta investigación en los anexos.

B. 2°, 3° y 4° planta:

En estas plantas se puede observar una caja de escalera, una sala, un bar o santuario, una cocina con comedor, un patio de servicio, una habitación principal con baño completo y balcón, dos habitaciones simples y un baño completo de visitas, todas las divisiones se encuentran ubicadas en un área total de 98.68m² y cada planta cuenta con una altura de 2.60m.

C. Azotea o 5° planta:

En la azotea se puede observar un patio de servicio y un baño completo para visitas, además cuenta con una libre para tendal o reunión familiar, todas las divisiones se encuentran ubicadas en un área total de 98.68m² y cuenta con una altura de 2.60m.

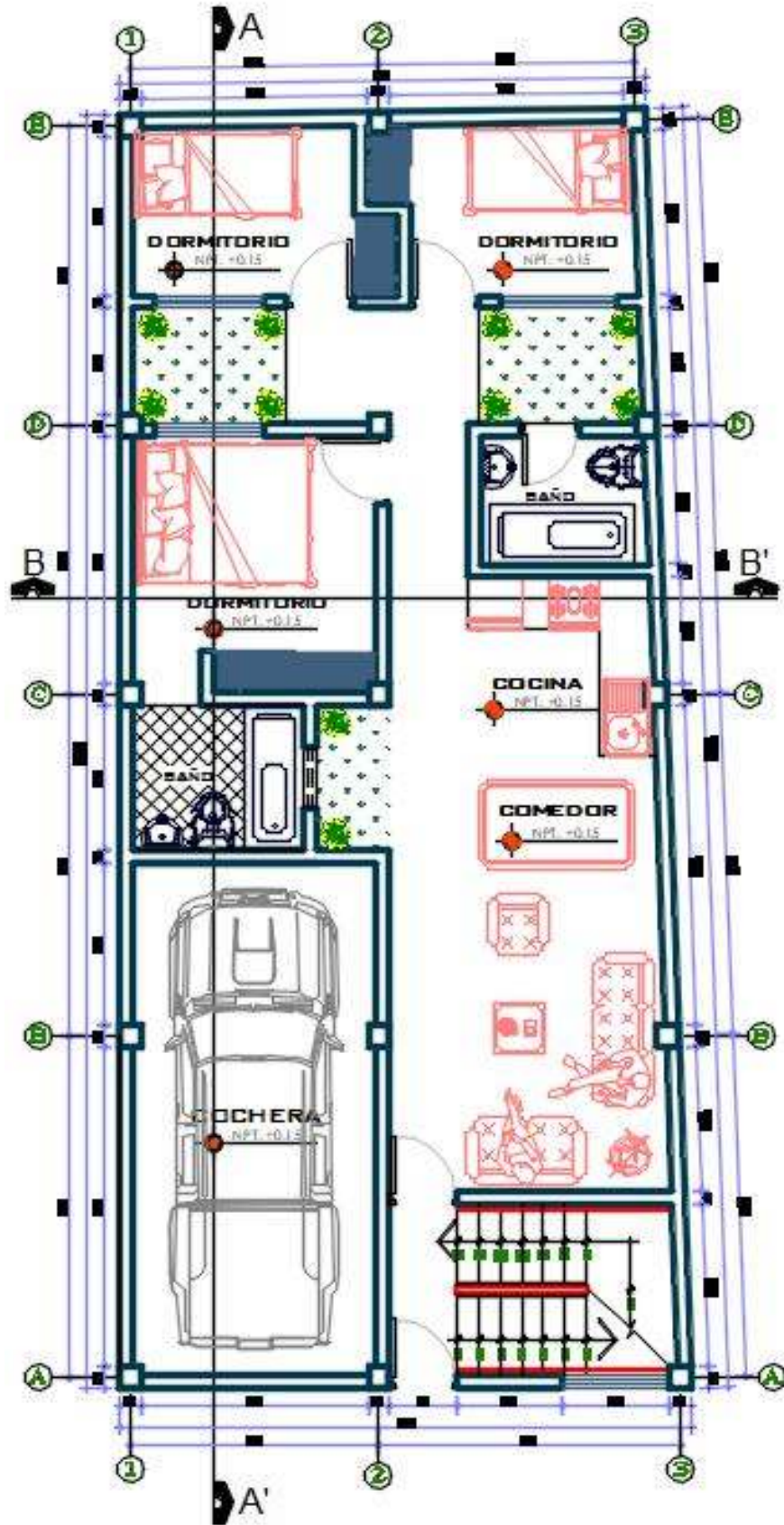


Figura 7 Arquitectura 1° planta
Fuente: Planos de arquitectura.

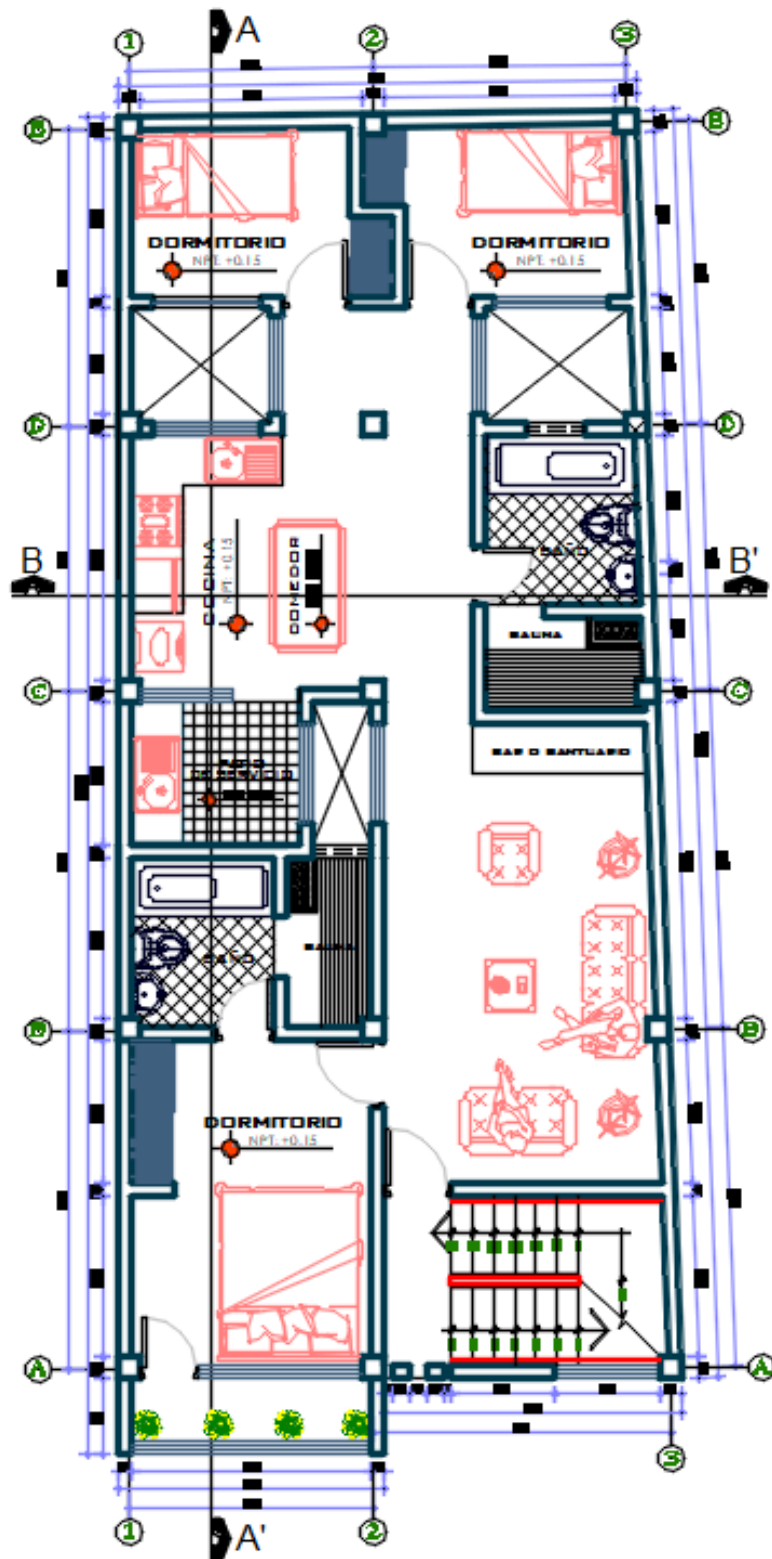


Figura 8 Arquitectura 2°, 3° y 4° planta
Fuente: Planos de arquitectura.

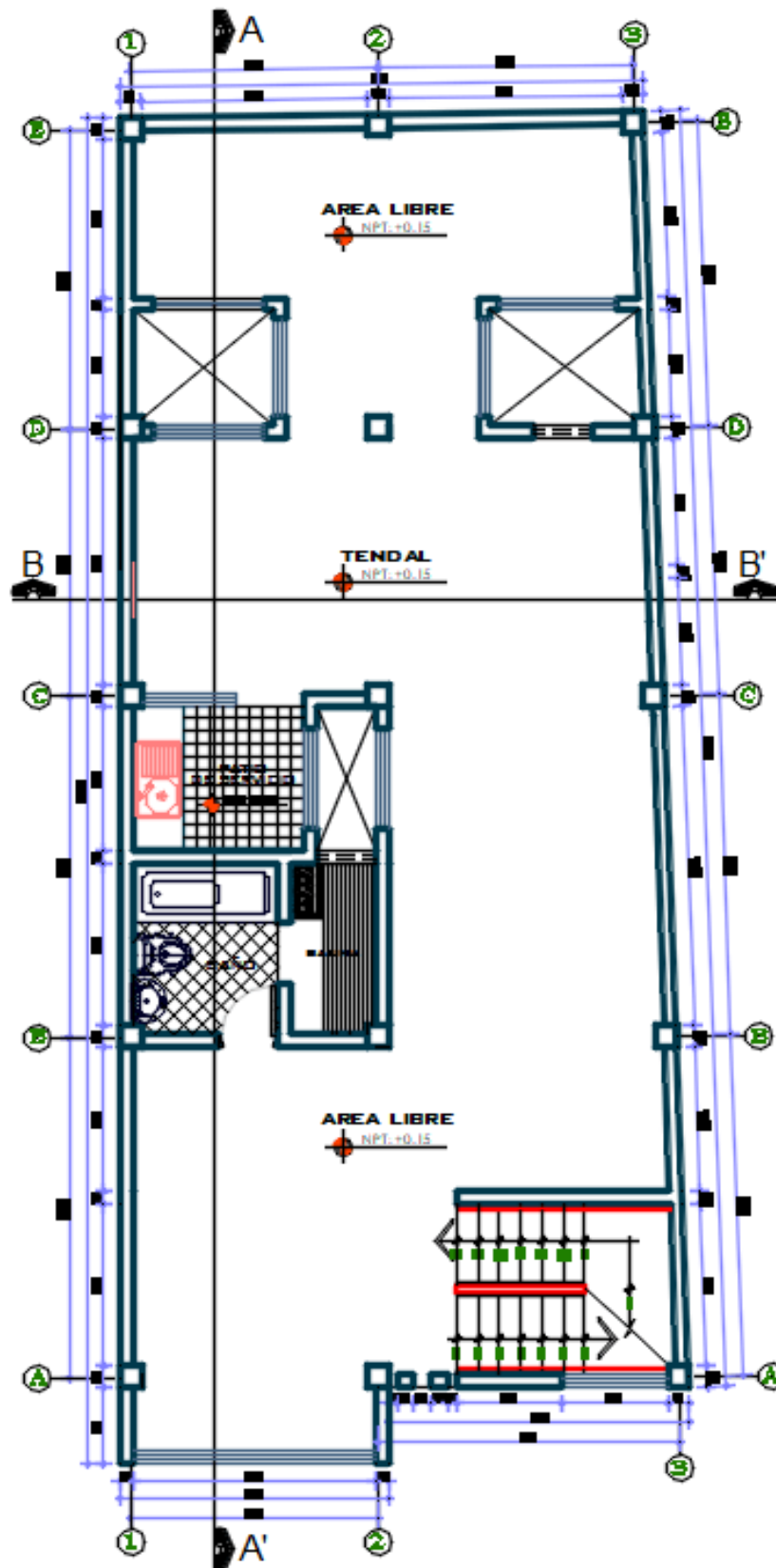


Figura 9 Arquitectura azotea o 5° planta
Fuente: Planos de arquitectura.

4.1.2. Procesamiento metodológico:

A pedido de los dueños, el inmueble será diseñado y analizado con un sistema estructura que consiste en pórticos en ambos sentidos, para lo cual se aplicara los métodos de análisis dinámico modal espectral y tiempo historia con la finalidad de determinar cuál es el más crítico. para el análisis y diseño de la estructura se hará uso de los softwares Etabs y Microsoft Excel donde calcularemos y compararemos los desplazamientos laterales y la cortante basal.

4.1.3. Normas de diseño:

Para esta investigación se tendrá en consideración el Reglamento Nacional de Edificaciones con las siguientes normas:

- Norma Técnica de Edificaciones E.020 “Cargas”
- Norma Técnica de Edificaciones E.0.30” Diseño Sismorresistente”
- Norma Técnica de Edificaciones E.0.50” Suelos y Cimentaciones”
- Norma Técnica de Edificaciones E.060 “Concreto Armado”

4.1.4. Propiedades de los materiales:

A. Concreto:

- Resistencia a la compresión ($F'c$): 210 kg/cm²
- Módulo de elasticidad (E): 217370.65 kg/cm²
- Peso específico (γ_c): 2400 kg/m³
- Módulo de poisson: 0.20

B. Acero de refuerzo:

- Límite de fluencia (F_y): 4200 kg/cm²
- Módulo de elasticidad (E): 2100000 kg/cm²
- Peso específico (γ_c): 78450 kg/m³
- Módulo de poisson: 0.30

4.1.5 Medrado de cargas:

A. Carga muerta 1°, 2° y 3° planta:

- Aligerado: 300 kg/m²
- Acabados: 100 kg/m²
- Tabiquería: 150 kg/m²
- Escalera: 680.80 kg/m²

B. Carga viva 1°, 2° y 3° planta:

- Vivienda: 200 kg/m²
- Corredores y escaleras: 200 kg/m²

C. Carga muerta 4° y 5° planta:

- Aligerado: 300 kg/m²
- Acabados: 50 kg/m²
- Parapeto: 270 kg/ml
- Escalera: 680.80 kg/m²

D. Carga viva 4° y 5° planta:

- Vivienda: 100 kg/m²
- Corredores y escaleras: 200 kg/m²

4.2. Pre - dimensionamiento de elementos estructurales:

4.2.1. Pre - dimensionamiento de columnas:

Para el Pre-dimensionamiento de las columnas se optó por utilizar el método de las áreas tributarias en cual se describe a continuación:

A. Parámetros de diseño:

En nuestro caso contamos con los siguientes datos:

- $F'c= 210\text{kg/cm}^2$
- $Fy= 4200\text{kg/cm}^2$

- Sobrecarga= 200kg/m², según norma E.020
- Número de plantas= 5 plantas.

B. Metrado de cargas:

Se optó por aplicar las siguientes cargas:

- Aligerado= 300kg/m²
- Columna= 60kg/m²
- Viga= 100kg/m²
- Acabados= 100kg/m²
- Tabiquería= 100kg/m²

C. Pre - dimensionamiento de columnas:

a. Columnas Principales:

Para el dimensionamiento de las columnas centrales tomamos la columna que abarca una mayor área tributaria, en nuestro caso este es igual a 10.78m² la cual podemos observar en la siguiente figura:

Luego calculamos la carga de servicio aplicando la siguiente ecuación:

$$C_s = A_t * (C_m + C_v) * n \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

- C.s.: Carga de servicio (Tn/m²).
- A.t.: Área tributaria (m²).
- C.m.: Carga muerta (Tn/m²).
- C.v.: Carga viva (Tn/m²).
- N.: Número de pisos.

Aplicando la ecuación n° 01 obtenemos una carga de servicio igual a 46354 kg. Por último, aplicamos la siguiente fórmula para obtener el área de la columna:

$$A_c = \frac{C_s}{0.45 * f'c} \dots\dots\dots (2)$$

Donde:

Ac: Área de la columna (cm²).

F'c: Resistencia a la compresión del concreto (kg/cm²).

Aplicando la ecuación n° 02 obtenemos un área de columna igual a 490.52cm², al sacarla la raíz cuadrada del dato anterior obtenemos una columna cuadrada de 20x20cm. Como podemos observar, las dimensiones de la columna obtenida son menores a lo recomendado por la norma E.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones, por lo tanto, las columnas centrales serán de 40x25cm

b. Columnas esquineras:

El área tributaria de mayor carga en las columnas esquineras es igual a 5.25m².

Aplicando la ecuación n° 01 obtenemos una carga de servicio igual a 22575kg. Por últimos hacemos uso de la siguiente ecuación para obtener el área de las columnas esquineras:

$$Ac = \frac{Cs}{0.35 * f'c} \dots \dots \dots (3)$$

Aplicando la ecuación n° 03 obtenemos un área igual a 304.17cm², “por lo tanto, al sacar la raíz cuadrada del dato anterior obtenemos una columna cuadrada” de 20x20cm. Como “podemos observar, las dimensiones de la columna obtenida son menores a lo recomendado por la norma E.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones, por lo tanto”, las columnas esquineras serán de 25x30cm.

4.2.2. Pre - dimensionamiento de losa aligerada:

Para pre – dimensionar la losa aligerada necesitamos conocer la luz libre de la viga de mayor dimensión, que en

nuestro caso es igual a 3.70m y la carga viva que es igual a 200kg/m². Por último, aplicamos la siguiente ecuación:

$$H. losa = \frac{luz libre}{25} \dots\dots\dots (4)$$

Aplicando la ecuación n° 04 obtenemos una altura de losa igual a 0.15m, este resultado es menor a la altura recomendada, por lo tanto, utilizamos una altura de losa igual a 0.20m.

4.2.3. Pre - dimensionamiento de vigas:

A. Vigas principales:

Como primer dato tenemos una luz libre de 3.75m.

Para obtener la altura de la viga aplicamos la siguiente ecuación:

$$h = \frac{luz libre}{10 y 12} \dots\dots\dots (5)$$

Donde:

h: Altura de la columna (m).

Aplicando la ecuación n° 05 obtenemos dos alturas iguales a 0.370m y 0.308m, seguidamente sacamos el promedio de estos datos y redondeando obtenemos una altura igual a 0.34m. Debido a la luz libre que posee la viga utilizaremos una altura igual a 0.40m.

La base es la mitad de la altura que sería igual a 0.20m, la norma E.0.60 nos indica que la base mínima en una viga debe ser igual a 0.25m por lo tanto utilizaremos este dato como base final.

B. Vigas secundarias:

La luz libre de la viga secundaria es igual a 3.28m. Aplicando la ecuación n° 05 obtenemos dos alturas iguales a 0.328 y 0.273 seguidamente sacamos el promedio de estos datos y redondeando obtenemos una altura igual a 0.30m. Para este diseño utilizaremos una altura igual a 0.35 debido a la luz que posee la viga.

La base de las vigas secundarias será igual a 0.25m

4.2.4. Resumen de elementos estructurales:

La estructura de la vivienda multifamiliar de la familia Colonio Sobrevilla está conformado por los siguientes elementos estructurales:

Tabla 2
Elementos estructurales

Descripción	Dimensiones
Columna (CP)	40x25cm
Columna (CE)	25x35cm
Viga (VP)	25x40cm
Viga (VA)	25x35cm
Viga (VCH)	25x20cm
Viga (VV)	15x20cm
Losa Aligerada	20cm

Fuente: Elaboración propia.

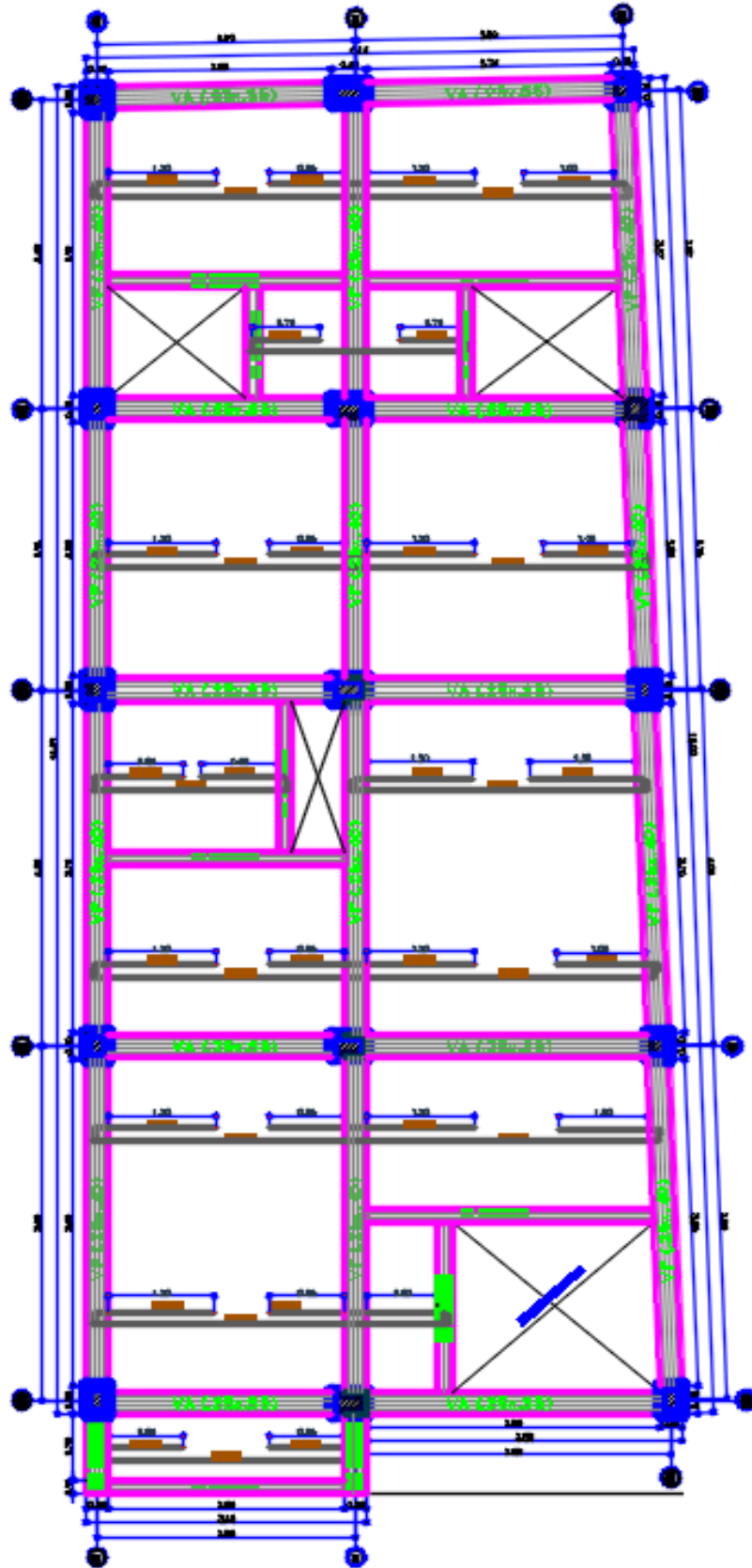


Figura 10 Estructura 1°, 2° 3° y 4° planta
Fuente: Elaboración propia.

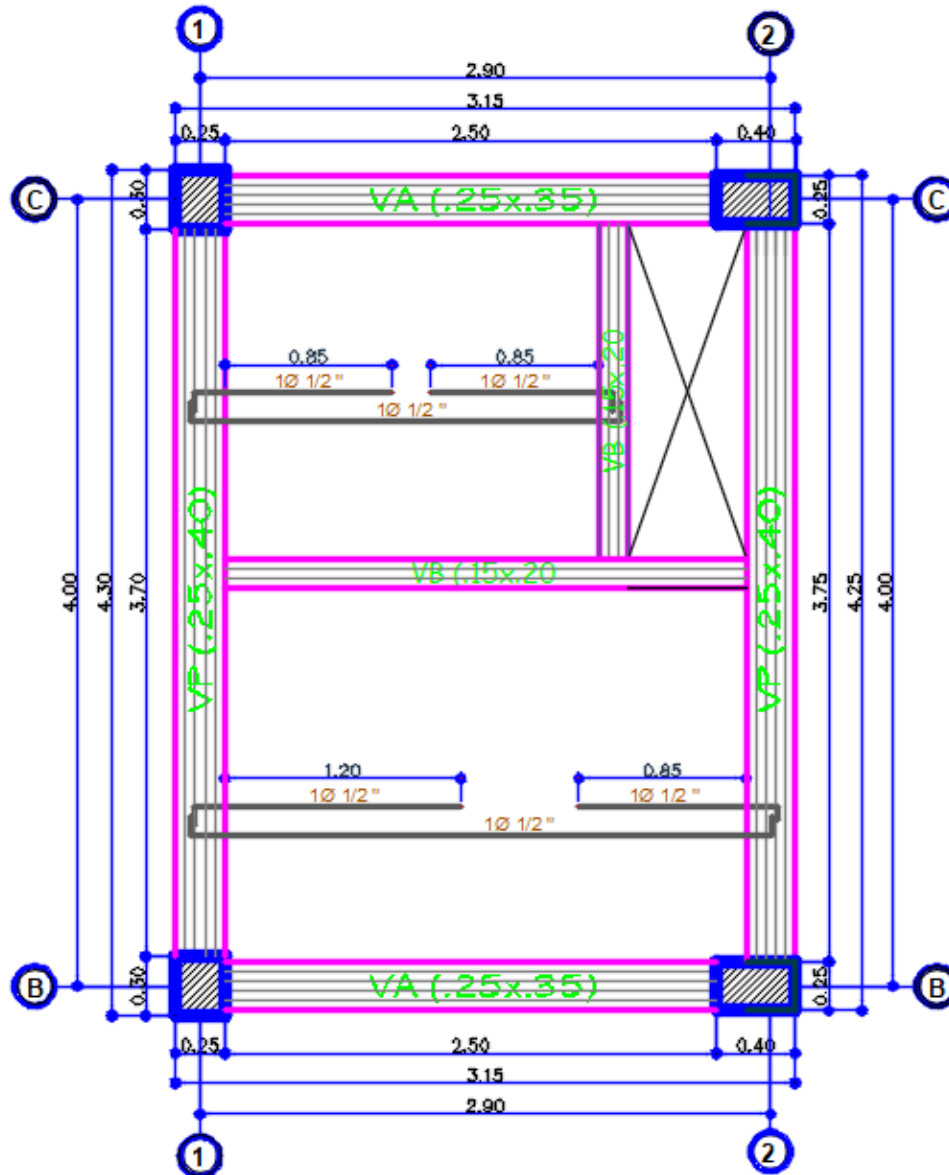


Figura 11 Estructura 5° planta
Fuente: Elaboración propia.

4.3. Análisis modal espectral:

El método Análisis por Combinación Modal determina las posibles respuestas que pueda tener la estructura a partir de sus deformadas (modos) y sus respectivas frecuencias.

La vivienda multifamiliar de la familia Colonio Sobrevilla no presenta irregularidad estructural en altura ni irregularidad estructural en planta según los planos, por lo tanto, será analizado como estructura regular mediante un análisis sísmico dinámico modal espectral.

4.3.1. Factores de diseño:

La norma E.0.3.0. del “Reglamento Nacional de Edificaciones” exige que se cumpla con los parámetros de diseño como son el factor de zona (Z), factor de uso (U), factor de ampliación sísmica (C), factor de ampliación de suelo (S), periodo largo (TL), periodo de plataforma (Tp) y el coeficiente de reducción sísmica (R), a continuación, determinamos cada uno de estos parámetros descritos:

A. Factor de zona (Z):

El distrito de Orcotuna se encuentra ubicado en la zona 3 del territorio nacional, por lo tanto, el factor de zona (Z) será igual a 0.35 según la siguiente figura:

Tabla 12 FACTORES DE ZONA (Z)	
ZONA	Z
1	0.40
2	0.30
3	0.25
4	0.20

Figura 12 Factor de zona
Fuente: Norma E.030 del RNE.

B. Factor de uso (U):

La vivienda multifamiliar de la familia Colonio Sobrevilla está catalogado como edificación común en la categoría C según la norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones, por lo tanto, el factor de uso (U) será igual a 1.00.

Tabla N° 5 CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR "U"		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A	A1: Establecimientos de salud del Sector Salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	Ver nota 1
	A2: Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurre un sismo severo tales como: Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. - Puertos, aeropuertos, estaciones ferroviarias, sistemas masivos de transporte, locales municipales, centrales de comunicaciones, Estaciones de bombas, caseríos de las fuerzas armadas y policía. Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua. También aquellas edificaciones que pueden servir de refugio después de un desastre, tales como instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universitarios. Se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes bunkers, librerías y depósitos de materiales inflamables o tóxicos. Edificios que almacenan archivos e información esencial del Estado. 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 guarden patrimonio valioso como museos y bibliotecas.	
B	Edificaciones importantes 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 falta no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,0
D	Edificaciones temporales Construcciones provisionales para depósitos, caseríos y otras similares.	Ver nota 2

Figura 13 Factor de uso
Fuente: Norma E.030 del RNE.

C. Factor de ampliación sísmica (C):

Este parámetro se determina haciendo uso de la siguiente figura:

$$T < T_p \quad C = 2,5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p}{T}\right)$$

$$T > T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p \cdot T_L}{T^2}\right)$$

Figura 14 Factor de ampliación sísmica
Fuente: Norma E.030 del RNE.

Como se puede observar, para calcular el factor de ampliación sísmica es necesario conocer el periodo

fundamental de vibración (T), por lo tanto, se realizará un tanteo desde 0.020s hasta el 10.00s para determinar el espectro de respuesta.

D. Factor de ampliación de suelo (S):

Según el estudio de mecánica de suelos, la capacidad portante del terreno es igual a 0.90 kg/cm², este dato nos ayuda a clasificar el perfil de suelo según la siguiente figura:

Profundidad (m)	Clasificación de Suelos		
	S ₁	S ₂	S ₃
0 - 1.5	Gravoso	Medio	Gravoso
1.5 - 3.0	Gravoso	Medio	Gravoso
3.0 - 4.5	Gravoso	Medio	Gravoso
4.5 - 6.0	Gravoso	Medio	Gravoso
6.0 - 7.5	Gravoso	Medio	Gravoso

Figura 15 Perfil de suelo
Fuente: Norma E.030 del RNE.

Como podemos observar, nos encontramos en un suelo S2 correspondiente a suelo intermedio, para determinar su factor hacemos uso de la siguiente figura:

ZONA \ SUELO	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄
	Z ₁	0.80	1.00	1.05
Z ₂	0.80	1.00	1.15	1.20
Z ₃	0.80	1.00	1.20	1.40
Z ₄	0.80	1.00	1.80	2.00

Figura 16 Factor de suelo
Fuente: Norma E.030 del RNE.

Para un perfil de suelo S1 y la zona 3 del territorio nacional, el factor de suelo (S) correspondiente es igual a 1.15.

E. Periodo largo (T.L.) y periodo de plataforma (T.p.):

Según la norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones, estos periodos se determinan aplicando la siguiente figura:

El espectro de respuesta se determinado mediante el software Microsoft Excel y se aplicó la siguiente ecuación:

$$Sa = \frac{Z*U*C*S}{R} * g \dots\dots\dots (6)$$

Donde:

- Sa: Aceleración espectral
- G: Aceleración de la gravedad.

El espectro de respuesta fue elaborado en una hoja de cálculo Excel tanteando el periodo fundamental de vibración (T) desde 0.020s hasta 10.00s, el cual viene adjunto a esta investigación.

DETERMINACION DEL ESPECTRO DE PSEUDO - ACELERACIONES

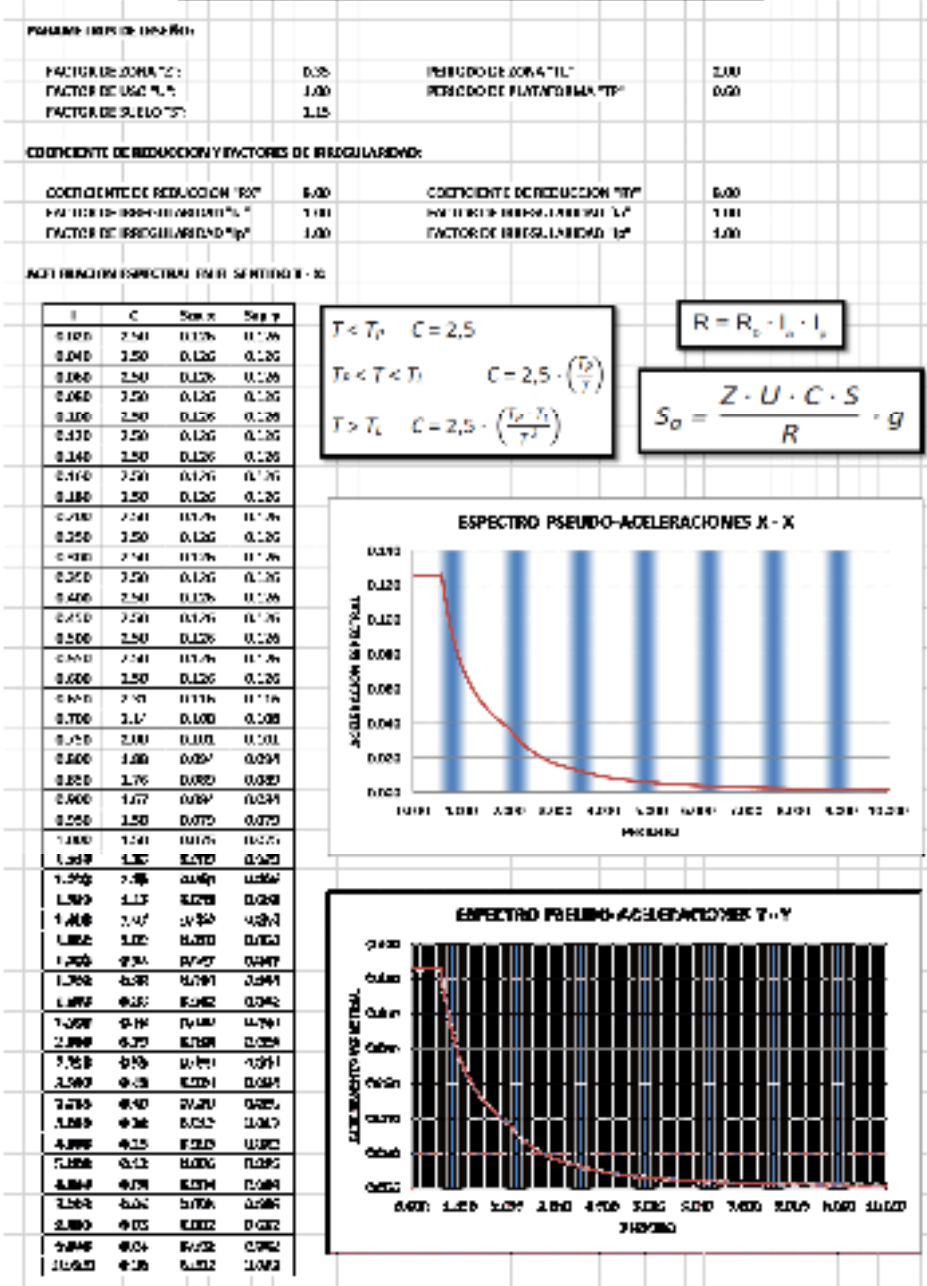


Figura 19 Espectro Pseudo - Aceleraciones
Fuente: Elaboración propia.

4.3.3 Estimación de peso:

Según la norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones para edificaciones de categoría C se tomará el 100% de la carga muerta más el 25% de la viva.

4.4. Modelamiento de la vivienda multifamiliar de la familia Colonio Sobrevilla:

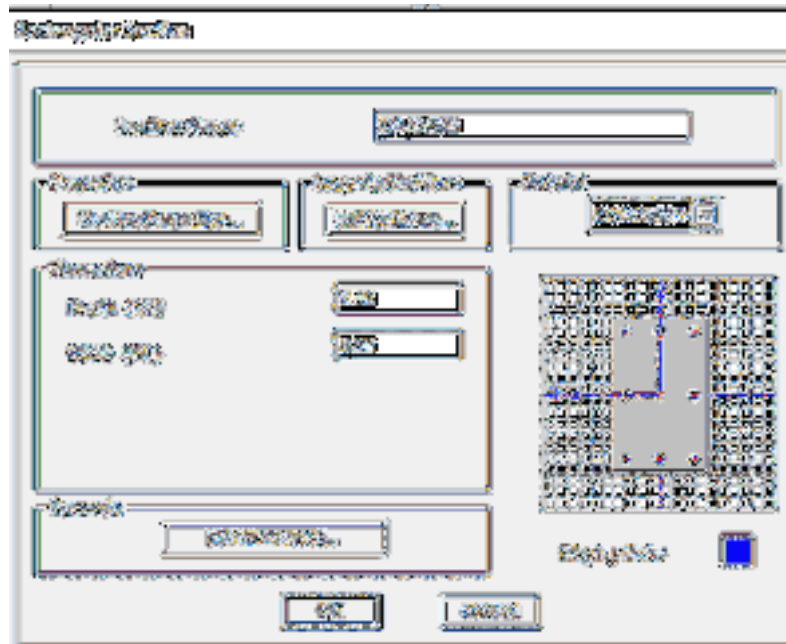


Figura 22 Columna CP-40x25cm
Fuente: Elaboración propia.

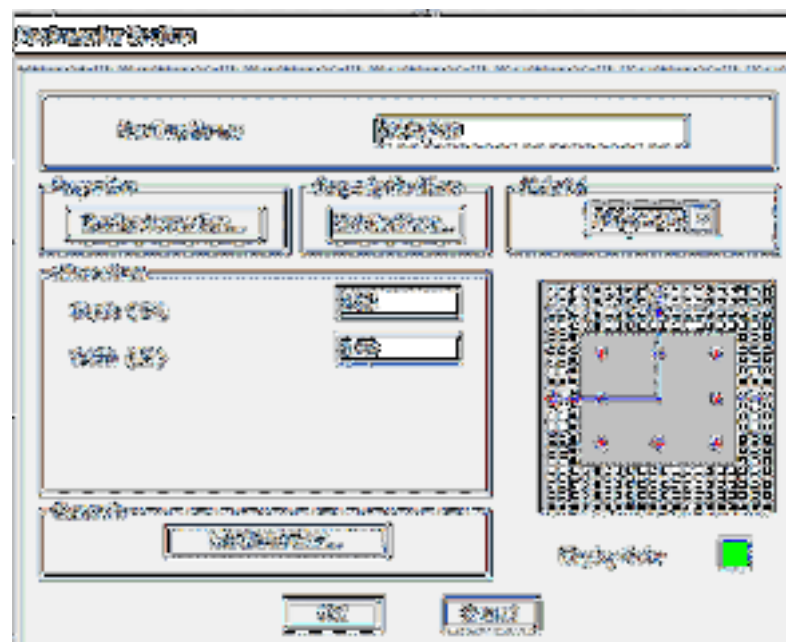


Figura 23 Columna CE-25x30cm
Fuente: Elaboración propia.

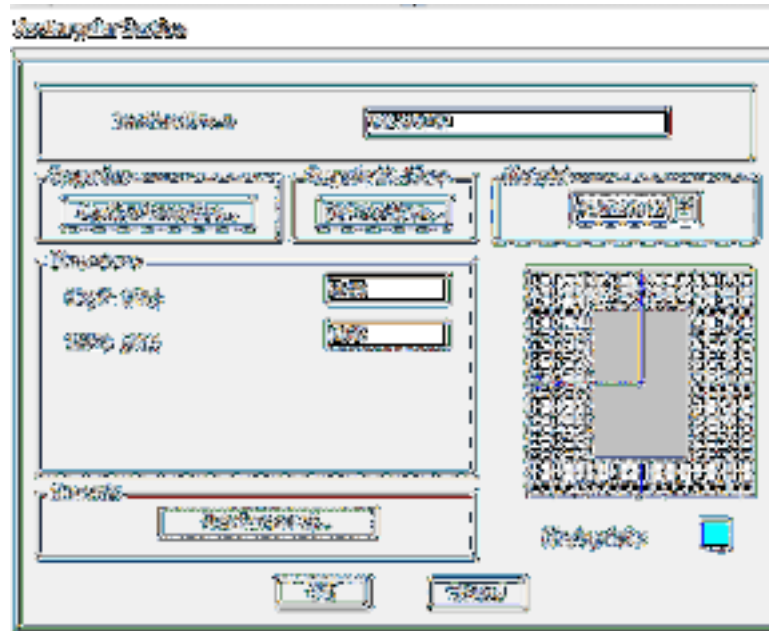


Figura 24 Viga principal VP-25x40cm
Fuente: Elaboración propia.

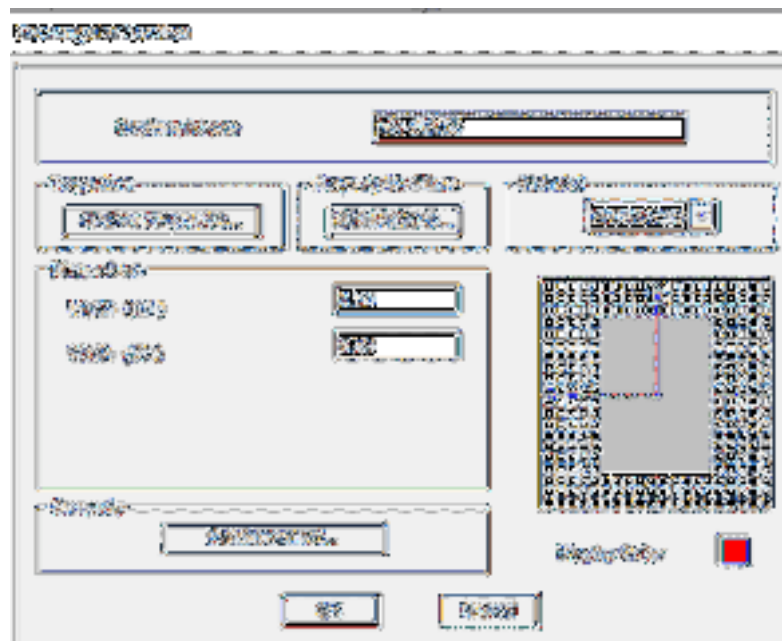


Figura 25 Viga de apoyo VA-25x35cm
Fuente: Elaboración propia.

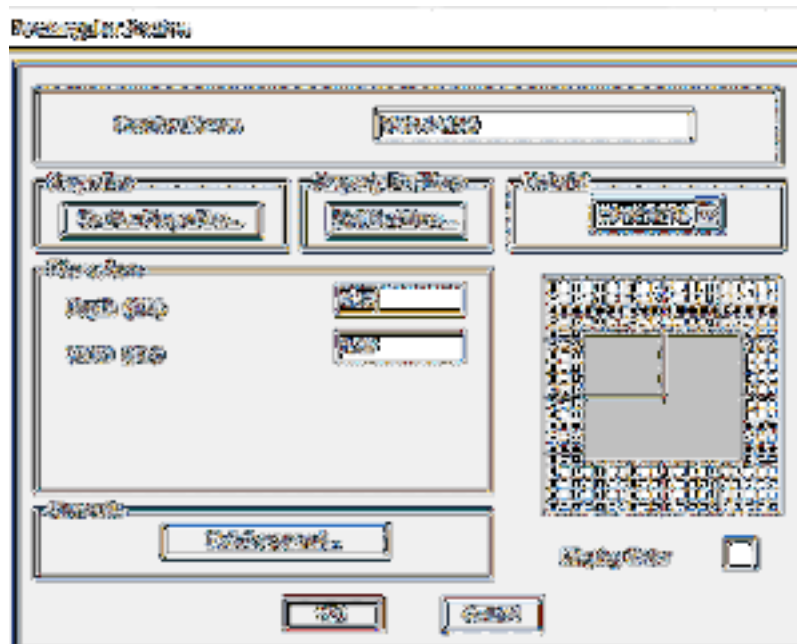


Figura 26 Viga chata VCH-25x20cm
Fuente: Elaboración propia.

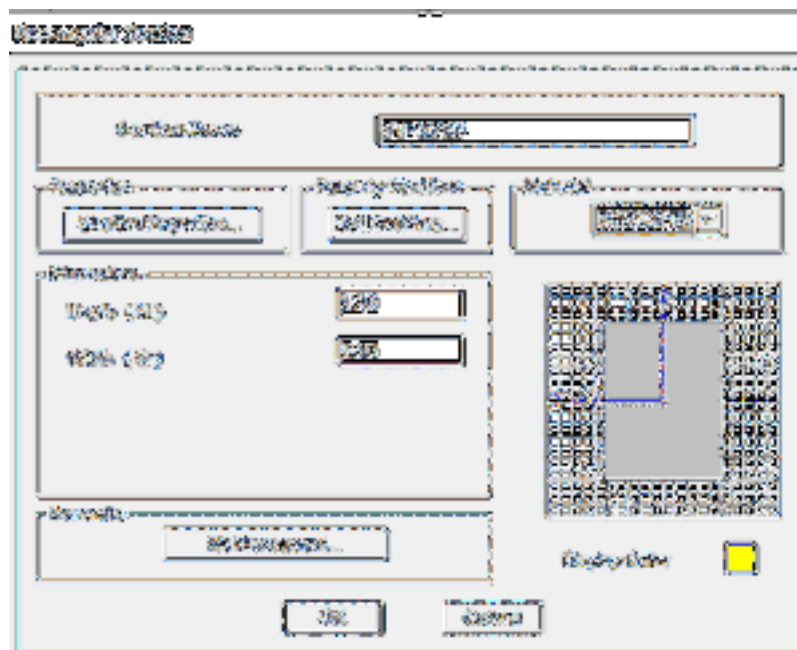


Figura 27 Viga voladizo VB-15x20cm
Fuente: Elaboración propia.

4.4.3. Definiendo losas:

La losa aligerada y la losa de escalera será definida con un espesor de 0.001 debido a que posteriormente se les aplicará sus respectivas cargas:

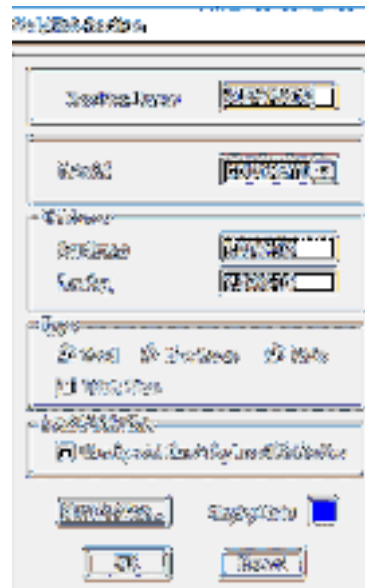


Figura 28 Definiendo losa aligerada
Fuente: Elaboración propia.



Figura 29 Definiendo escalera
Fuente: Elaboración propia.

4.4.4. Definiendo casos de carga:

- **Carga M.U.E.R.T.A:** Cargas de los elementos estructurales.
- **Carga C.M.:** Cargas de los elementos no estructurales.
- **Carga V.I.V.A.:** Cargas vivas en los pisos típicos.
- **Carga V.I.V.A. T.E.C.H.O.:** Cargas vivas en los techos.

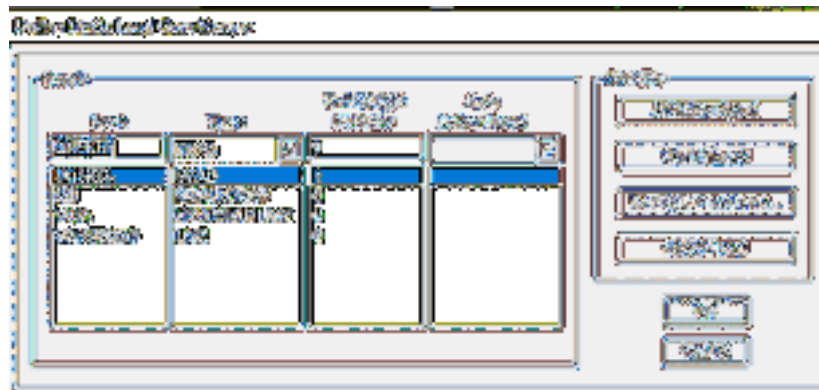


Figura 30 Definiendo los casos de carga
Fuente: Elaboración propia.

4.4.5. Definiendo las masas:

Según la norma E.0.3.0., para edificaciones de la categoría C se tomará el 25% de la carga viva y el 100% de la carga muerta.

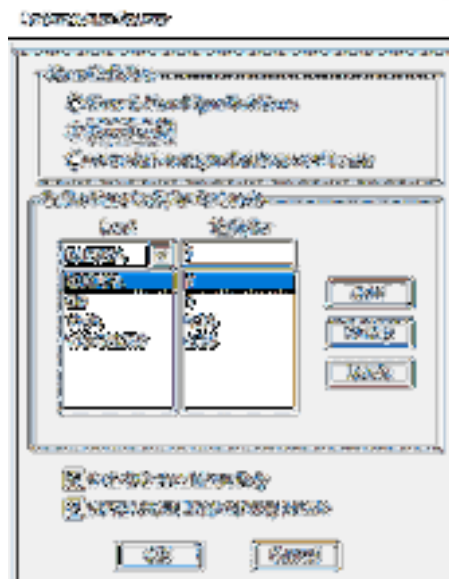


Figura 31 Definiendo las masas
Fuente: Elaboración propia.

4.4.6. Asignando brazo rígido:

El brazo rígido fue asignado a toda la estructura con un factor de 1 debido a que nos encontramos en la zona 3 del territorio nacional.



Figura 32 Asignando brazo rígido
Fuente: Elaboración propia.

4.4.7. Asignando diafragma rígido:

Se designó un diafragma rígido a cada piso con la finalidad de que trabajen como un solo bloque.

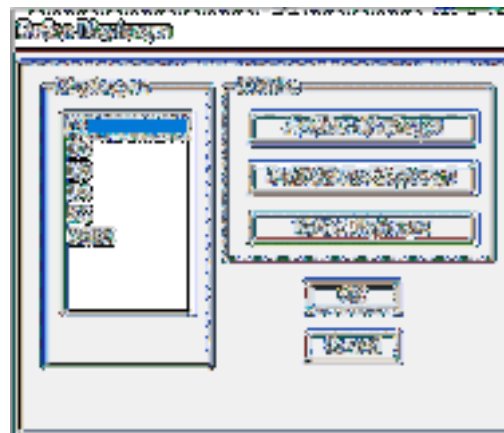


Figura 33 Asignando diafragma rígido
Fuente: Elaboración propia.

4.4.8. Definiendo espectro de respuesta:

El espectro de respuesta fue importado directamente al vsoftware E.T.A.B.S.

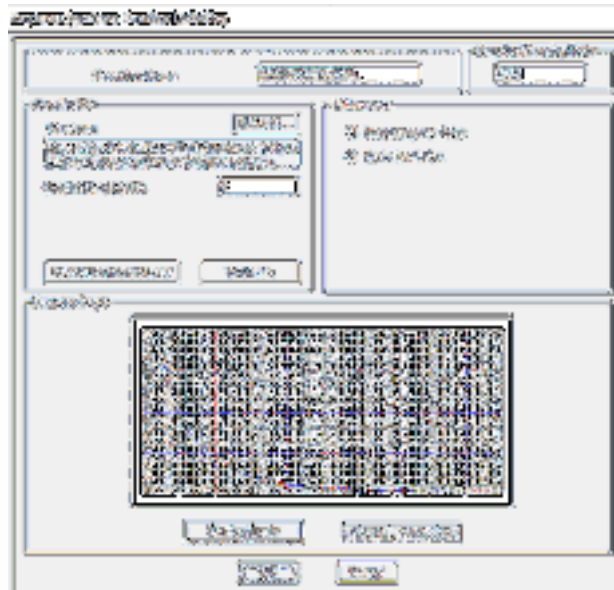


Figura 34 Asignando el espectro de respuesta
Fuente: Elaboración propia.

4.4.9 Definiendo carga sísmica:

Se bautizó con el nombre de S.I.S.X.X. a la carga sísmica en el sentido X–X. Según la norma E.0.3.0. el amortiguamiento debe ser 0.05, la excentricidad mínima corresponde a 0.05 y para la dirección vertical se toma el 2/3 del espectro utilizado para las direcciones horizontales. En la escala de factor se asignó el 9.81m/s^2 que corresponde a la carga de la gravedad debido a que el espectro de respuesta no fue elaborado teniendo en cuenta este dato.

Sección de configuración de carga sísmica para el sentido X - X.

Sección de Configuración de Carga Sísmica

Tipo de Carga Sísmica:

Dirección de Configuración de Carga Sísmica:

Dirección de Configuración de Carga Sísmica:

 X Y Z XY

 X Y

Dirección de Configuración de Carga Sísmica:

 0.00

 0.00

Dirección de Configuración de Carga Sísmica:

Etiqueta	Valor	Unidad
0.00	<input type="text" value="0.00"/>	<input type="text" value="0.00"/>
0.00	<input type="text" value="0.00"/>	<input type="text" value="0.00"/>
0.00	<input type="text" value="0.00"/>	<input type="text" value="0.00"/>

 Dirección de Configuración de Carga Sísmica:

Dirección de Configuración de Carga Sísmica:

 Dirección de Configuración de Carga Sísmica:

 Dirección de Configuración de Carga Sísmica:

Figura 35 Carga sísmica para el sentido X - X
Fuente: Elaboración propia.

Sección de configuración de carga sísmica para el sentido Y - Y.

Sección de Configuración de Carga Sísmica

Tipo de Carga Sísmica:

Dirección de Configuración de Carga Sísmica:

Dirección de Configuración de Carga Sísmica:

 X Y Z XY

 X Y

Dirección de Configuración de Carga Sísmica:

 0.00

 0.00

Dirección de Configuración de Carga Sísmica:

Etiqueta	Valor	Unidad
0.00	<input type="text" value="0.00"/>	<input type="text" value="0.00"/>
0.00	<input type="text" value="0.00"/>	<input type="text" value="0.00"/>
0.00	<input type="text" value="0.00"/>	<input type="text" value="0.00"/>

 Dirección de Configuración de Carga Sísmica:

Dirección de Configuración de Carga Sísmica:

 Dirección de Configuración de Carga Sísmica:

 Dirección de Configuración de Carga Sísmica:

Figura 36 Carga sísmica para el sentido Y - Y
Fuente: Elaboración propia.

4.4.10. Definiendo modos de vibración:

Según la norma E.0.3.0, se debe considerar 3 modos por cada planta, por lo tanto, utilizaremos 15 modos debido a que nuestra estructura es de 5 plantas.



Figura 37 Definiendo modos de vibración
Fuente: Elaboración propia.

4.4.11. Comprobación de errores:

El software E.T.A.B.S. nos indica si existe algún error en el modelamiento.

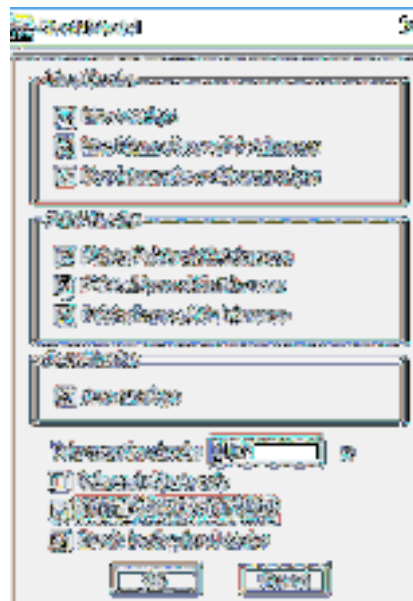


Figura 38 Comprobando errores
Fuente: Elaboración propia.

El software E.T.A.B.S. nos indicó que no existía ningún error en el modelamiento de la vivienda multifamiliar de la familia Colonio Sobrevilla, por lo tanto, se procedió a correr el programa para obtener los resultados.

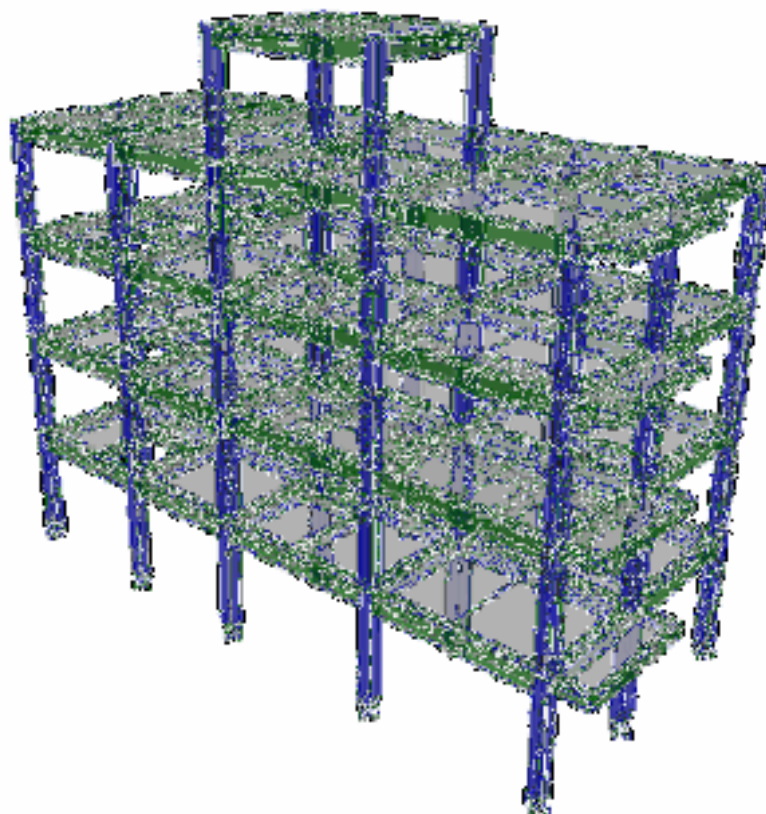


Figura 39 Vivienda multifamiliar de la familia Colonio Sobrevilla en 3D
Fuente: Elaboración propia.

4.5. Resultados por el método modal espectral:

4.5.1. Peso del edificio:

Los criterios convencionales de análisis estructural recomiendan que el edificio debe ser lo menos pesado posible para evitar grietas y rajaduras en los elementos estructurales cuando sufren deformación debido a una carga sísmica. En la siguiente tabla podemos observar el peso del edificio.

Tabla 3
Peso del edificio

N° DE PLANTA	DIAFRAGMA	MASA EN "X"	MASA EN "Y"
5° PLANTA	D5	0.72	0.72
4° PLANTA	D4	7.66	7.66
3° PLANTA	D3	7.54	7.54
2° PLANTA	D2	7.54	7.54
1° PLANTA	D1	7.54	7.54
PESO DEL EDIFICIO (Tn)		304.05	

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar, el peso del edificio es igual la 304.05Tn, este resultado fue calculado directamente por el software ETABS.

4.5.2 Periodo fundamental de vibración:

Para determinar el periodo fundamental de vibración se aplica el modo con mayor masa participativa en cada dirección o sentido.

Tabla 4
Periodo de vibración

CASO	MODO	PERIODO (seg)	UX	UY	RZ
MODAL	1	0.52	72.42	0.00	12.46
MODAL	2	0.49	0.01	86.08	0.13
MODAL	3	0.43	12.27	0.13	72.92
MODAL	4	0.17	9.00	0.00	1.42
MODAL	5	0.16	0.01	9.60	0.01
MODAL	6	0.14	1.43	0.03	8.74
MODAL	7	0.10	0.00	1.82	0.08
MODAL	8	0.10	2.38	0.01	0.20
MODAL	9	0.09	0.00	1.63	0.10
MODAL	10	0.09	0.00	0.01	0.96
MODAL	11	0.08	1.10	0.01	0.17
MODAL	12	0.08	0.63	0.01	1.97
MODAL	13	0.07	0.00	0.67	0.01
MODAL	14	0.06	0.57	0.00	0.17
MODAL	15	0.06	0.17	0.00	0.68

Fuente: Elaboración propia.

La mayor masa participativa lo tiene el sentido X – X que es igual a 72.42 a lo cual le corresponde un periodo de 0.52s, el sentido Y – Y tiene una masa de 86.08 a lo que le corresponde un periodo de 0.49s y el sentido Z – Z tiene una masa de 72.92 a lo que le corresponde una masa de 0.43s.

4.5.3. Desplazamientos laterales:

Los desplazamientos elásticos para estructuras regulares se calculan aplicando la siguiente ecuación:

$$De = Ux * 0.75 * R..... (7)$$

Donde:

De: Desplazamiento elástico.

Ux: Desplazamiento normal.

R: Coeficiente de reducción sísmica.

Los desplazamientos inelásticos o laterales se calculan aplicando la siguiente ecuación:

$$Di = \frac{De1-De2}{H}..... (8)$$

Donde:

Di: Desplazamiento inelástico

De1: Desplazamiento elástico del piso a calcular

De2: Desplazamiento elástico del piso anterior

H: Altura de piso.

Los desplazamientos laterales para ambos sentidos se pueden observar de forma resumida en las siguientes tablas:

Tabla 5
Desplazamientos por el método modal espectral en el sentido X - X

Nº DE PLANTA	UX (cm)	DESPLAZAMIENTOS ELASTICOS	ALTURA DE PLANTA	DESPLAZAMIENTOS INELASTICOS
--------------	---------	---------------------------	------------------	-----------------------------

5° planta	1.15	6.90	260	0.0046
4° planta	0.95	5.70	260	0.0035
3° planta	0.80	4.80	260	0.0062
2° planta	0.53	3.18	260	0.0067
1° planta	0.24	1.44	260	0.0055

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6

Desplazamientos por el método modal espectral en el sentido Y - Y

N° DE PLANTA	UY (cm)	DESPLAZAMIENTOS ELASTICOS	ALTURA DE PLANTA	DESPLAZAMIENTOS INELASTICOS
5° planta	1.04	6.23	260	0.0020
4° planta	0.95	5.71	260	0.0033
3° planta	0.81	4.86	260	0.0058
2° planta	0.56	3.36	260	0.0068
1° planta	0.27	1.59	260	0.0061

Fuente: Elaboración propia.

Los desplazamientos laterales de las 5 plantas en ambos sentidos son menores a la máxima admisible de 0.007 según la norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

4.5.4. Cortante basal:

La norma E.0.3.0. del Reglamento Nacional de Edificaciones especifica que para estructuras regulares la cortante dinámica debe ser mayor al 80% de la cortante estática del primer nivel.

A. Cortante basal estático:

Para calcular el cortante estático hacemos uso de la siguiente ecuación:

$$V_S = \frac{Z*U*C*S}{R} * P \dots\dots\dots (9)$$

Donde:

Vs: Cortante estático.

P: Peso del edificio.

Tabla 7
 Datos para la cortante basal estática

DESCRIPCION	FACTOR
Factor de zona "Z":	0.35
Factor de uso "U":	1.00
Factor de suelo "S":	1.15
Periodo de zona "TL"	2.00
Periodo de plataforma "TP"	0.60
Factor de amplificación "Cx":	2.50
Factor de amplificación "Cy":	2.50
Coeficiente de reducción	8.00
Factor de irregularidad "Ia":	1.00
Factor de irregularidad "Ip":	1.00
Coeficiente de reducción "Rx":	8.00
Coeficiente de reducción "Ry":	8.00
Peso del edificio (Tn)	304.05

Fuente: Elaboración propia.

Reemplazando datos en la ecuación n° 9 obtenemos una cortante estática igual a 38.24Tn para ambos sentidos.

B. Cortante basal dinámico:

El software ETABS nos brinda la cortante dinámica para ambos sentidos, los cuales se muestran a continuación:

Tabla 8
 Cortante dinámica por el método modal espectral en el sentido X - X

N° DE PLANTA	CARGA	LOCACION	CORTANTE EN "X"
5° planta	SISXX	BOTTOM	1.60
4° planta	SISXX	BOTTOM	12.31
3° planta	SISXX	BOTTOM	20.70
2° planta	SISXX	BOTTOM	26.56
1° planta	SISXX	BOTTOM	30.60

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9
 Cortante dinámica por el método modal espectral en el sentido Y - Y

N° DE PLANTA	CARGA	LOCACION	CORTANTE EN "X"
5° planta	SISYY	BOTTOM	1.63

4° planta	SISYY	BOTTOM	13.61
3° planta	SISYY	BOTTOM	23.14
2° planta	SISYY	BOTTOM	29.93
1° planta	SISYY	BOTTOM	33.36

Fuente: Elaboración propia.

La cortante basal dinámica por el método modal para el sentido X – X es igual la 30.60Tn en el primer nivel y para el sentido Y – Y es igual a 33.36Tn.

C. Factor de escala dinámica

Para estructuras regulares aplicamos la siguiente ecuación:

$$FD = \frac{VS^{*0.80}}{VD} \dots\dots\dots (10)$$

Reemplazando datos en la ecuación n° 10 obtenemos un factor de escala dinámica para el sentido X – X igual a 0.9998 y para el sentido Y – Y de 0.9171, estos valores son menores a 1.00 por lo tanto las cargas se encuentran equilibradas y el presupuesto es menor.

4.6. Análisis el método tiempo – historia:

En este tipo de análisis deberá utilizarse un modelo matemático de la estructura que considere directamente el comportamiento histerético de los elementos, determinándose la respuesta frente a un conjunto de aceleraciones del terreno mediante integración directa de las ecuaciones de equilibrio.

Para el análisis se usarán como mínimo tres conjuntos de registros de aceleraciones del terreno, cada uno de los cuales incluirá dos componentes en direcciones ortogonales.

Para el análisis por el método tiempo – historia se utilizó 3 registros de sismos ocurridos en nuestro país desde el año 2000, los cuales se mencionan a continuación:

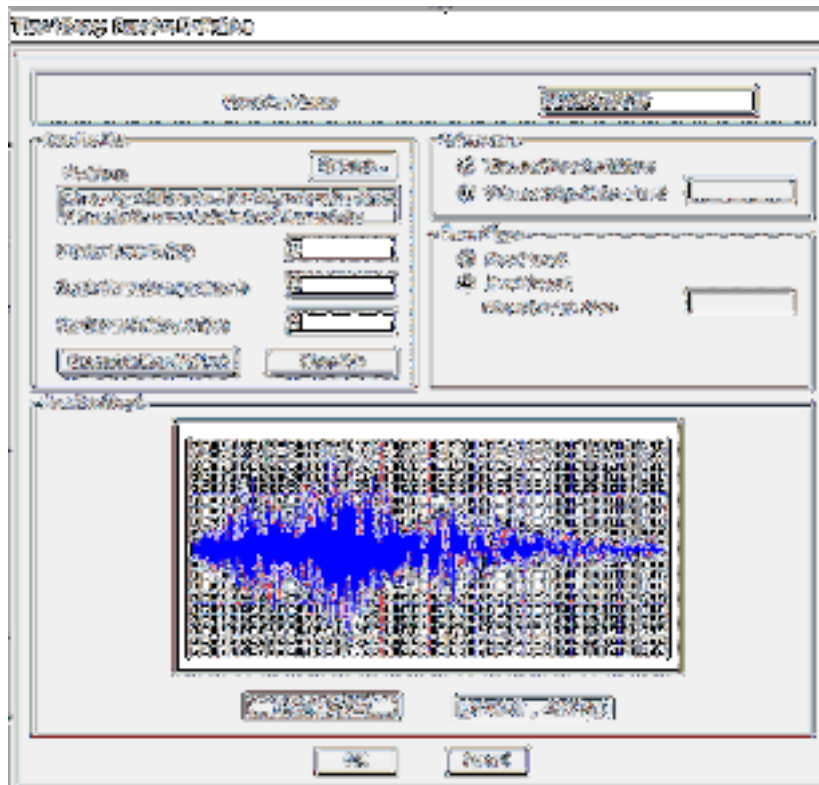


Figura 41 Sismo Moquegua 2001 - EW
Fuente: Elaboración propia.

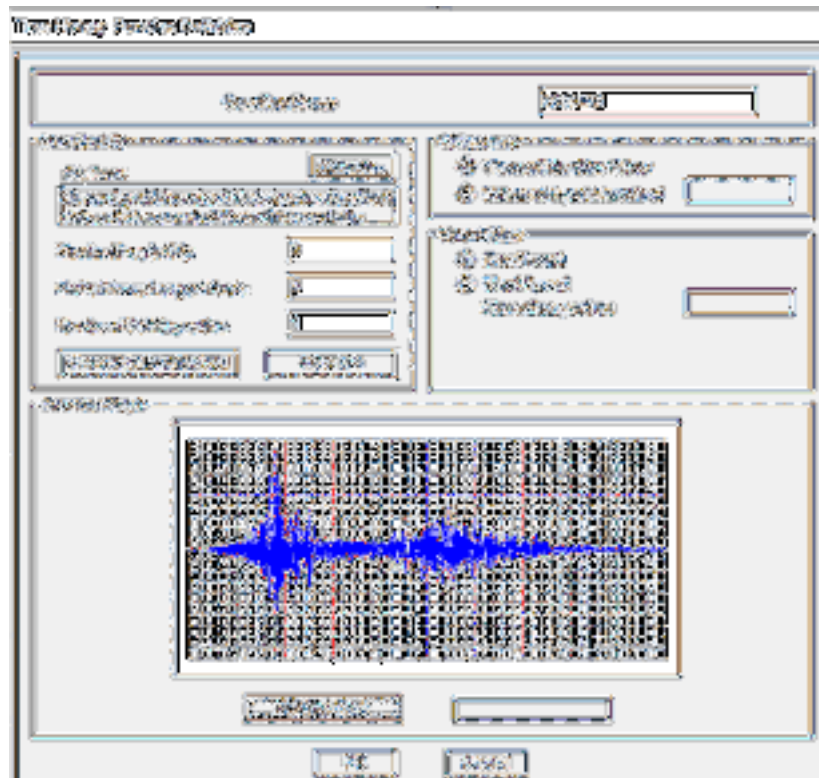
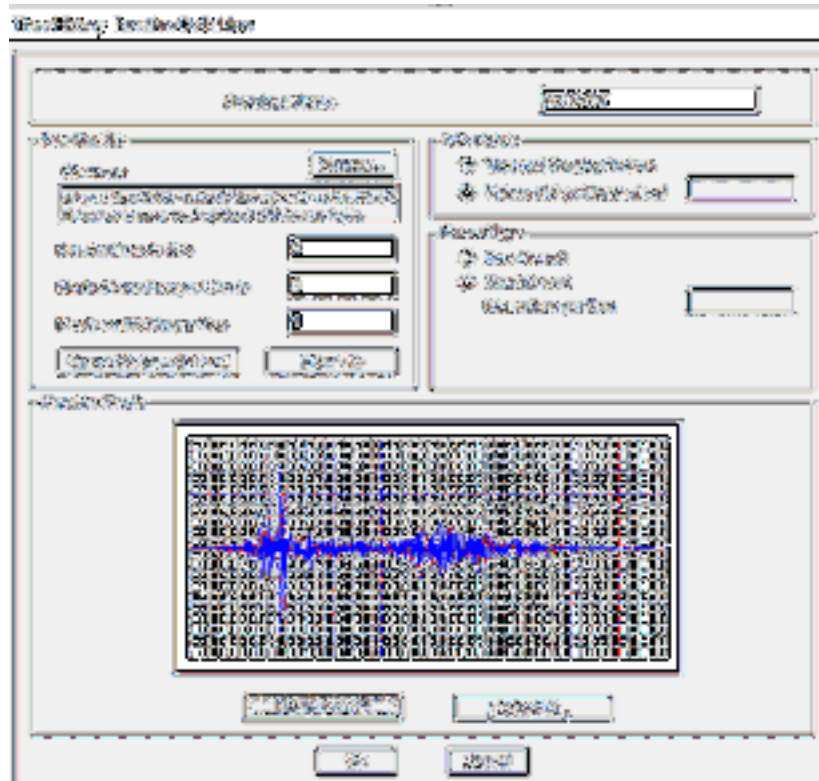


Figura 42 Sismo Pisco 2007 - NS
Fuente: Elaboración propia.



Sismo Pisco 2007 - EW
Fuente: Elaboración propia.

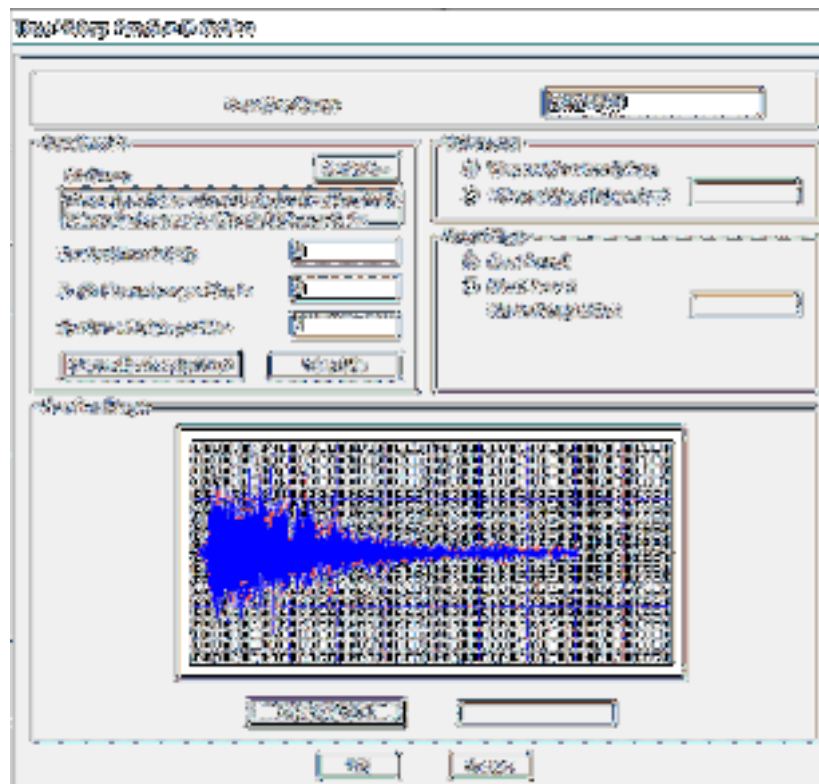


Figura 43 Sismo Loreto 2019 - NS
Fuente: Elaboración propia.

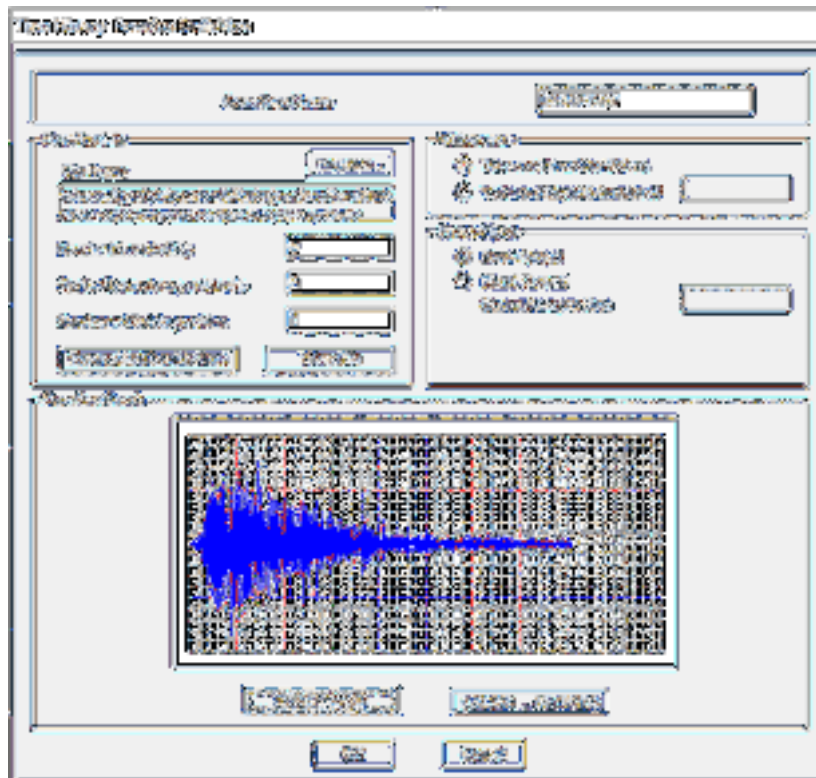


Figura 44 Sismo Loreto 2019 - EW
Fuente: Elaboración propia.

B. Definición de carga sísmica:

Se definió dos casos de carga para cada dirección ortogonal de los registros sísmicos.

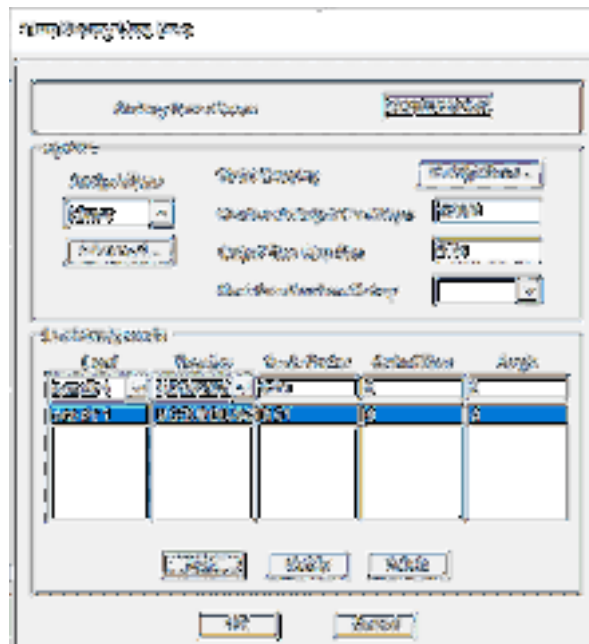


Figura 45 Sismo Moquegua NSXX
Fuente: Elaboración propia.

MODIFICACIONES

Actualizar

Detalle

Analisis

Analisis: [NSYY] [NSYY] [NSYY] [NSYY] [NSYY]

Control de calidad: [NSYY] [NSYY] [NSYY] [NSYY] [NSYY]

Control de calidad: [NSYY] [NSYY] [NSYY] [NSYY] [NSYY]

Control de calidad: [NSYY] [NSYY] [NSYY] [NSYY] [NSYY]

Analisis	Control de calidad	Control de calidad	Control de calidad	Control de calidad
NSYY	NSYY	NSYY	NSYY	NSYY

Actualizar [NSYY] [NSYY] [NSYY]

[NSYY] [NSYY]

Figura 46 Sismo Moquegua NSYY
Fuente: Elaboración propia.

MODIFICACIONES

Actualizar

Detalle

Analisis

Analisis: [EWXX] [EWXX] [EWXX] [EWXX] [EWXX]

Control de calidad: [EWXX] [EWXX] [EWXX] [EWXX] [EWXX]

Control de calidad: [EWXX] [EWXX] [EWXX] [EWXX] [EWXX]

Control de calidad: [EWXX] [EWXX] [EWXX] [EWXX] [EWXX]

Analisis	Control de calidad	Control de calidad	Control de calidad	Control de calidad
EWXX	EWXX	EWXX	EWXX	EWXX

Actualizar [EWXX] [EWXX] [EWXX]

[EWXX] [EWXX]

Figura 47 Sismo Moquegua EWXX
Fuente: Elaboración propia.

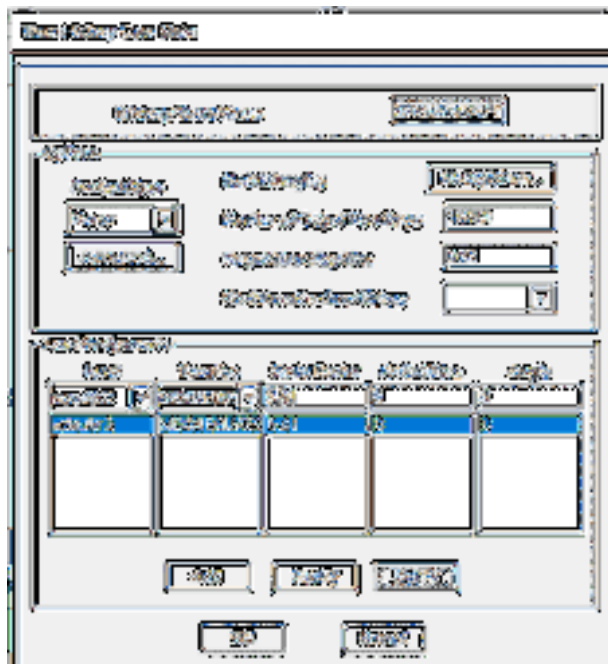


Figura 48 Sismo Moquegua EWYY
Fuente: Elaboración propia.

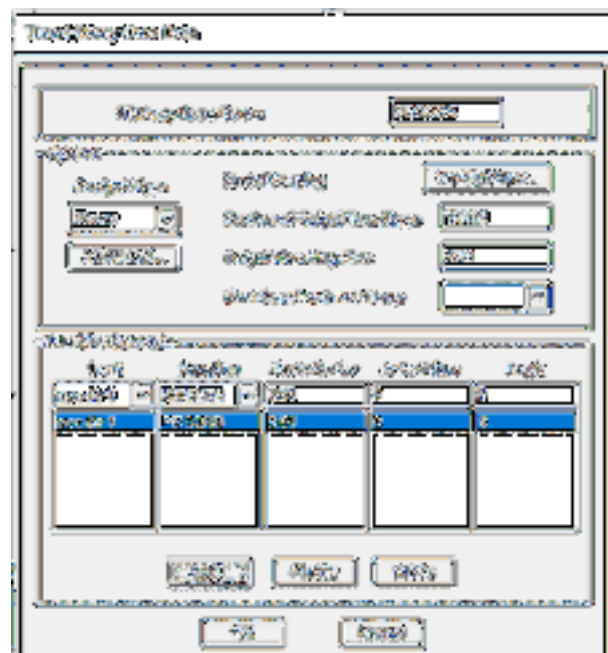


Figura 49 Sismo Pisco NSXX
Fuente: Elaboración propia.

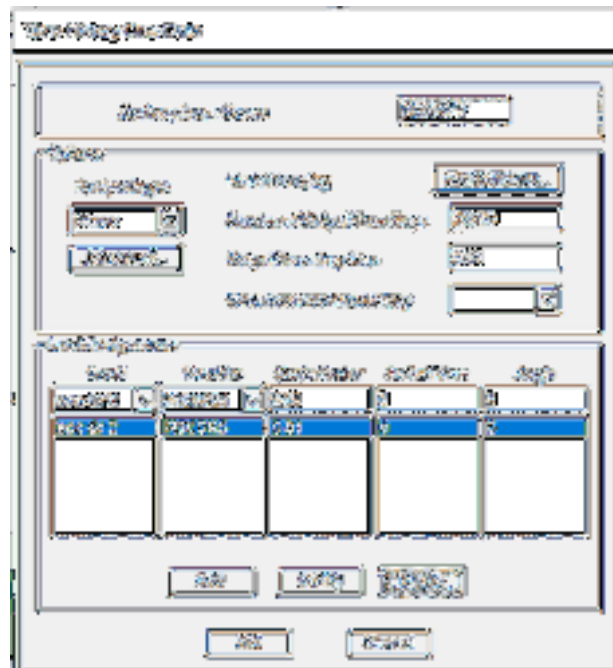


Figura 50 Sismo Pisco NSYY
Fuente: Elaboración propia.

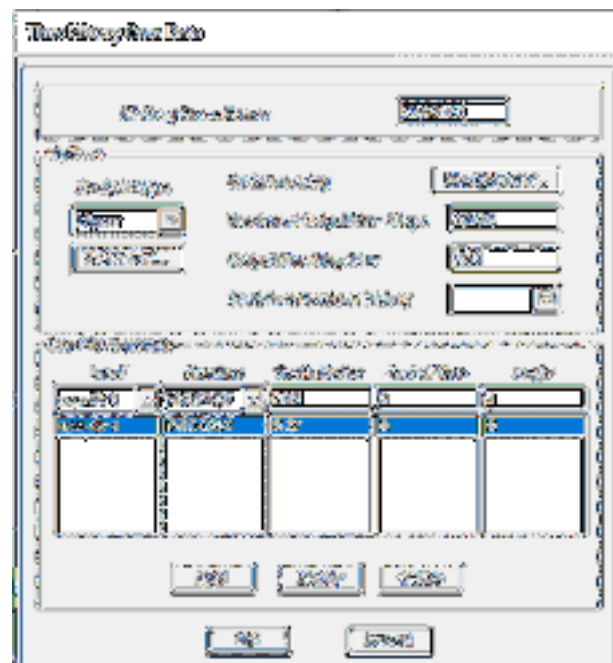


Figura 51 Sismo Pisco EWXX
Fuente: Elaboración propia.

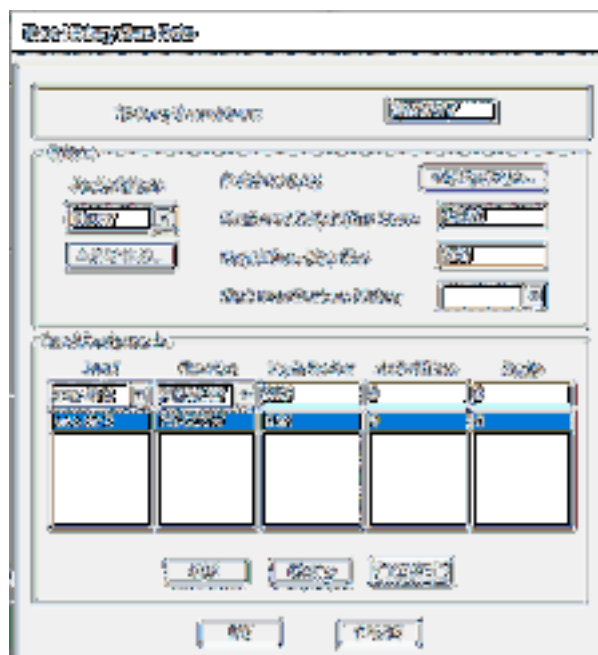


Figura 52 Sismo Pisco EWYY
Fuente: Elaboración propia.

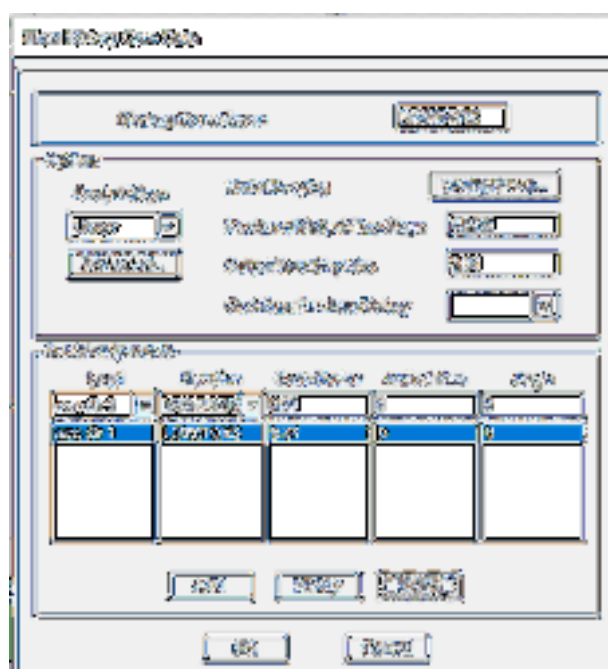


Figura 53 Sismo Loreto NSXX
Fuente: Elaboración propia.

Formulario de configuración para el Sismo Loreto NSYY. El formulario está dividido en secciones:

- Inicio:** Contiene un botón de "Actualizar".
- Inicio:** Sección de configuración con campos para "Asignación", "Asignación de datos", "Asignación de datos", y "Asignación de datos".
- Inicio:** Sección de configuración con campos para "Asignación", "Asignación de datos", "Asignación de datos", y "Asignación de datos".
- Inicio:** Tabla de datos con columnas: "ID", "Nombre", "Asignación", "Asignación", "Asignación".
- Inicio:** Botones de "Guardar", "Cancelar", "Eliminar", "Nuevo", "Actualizar".

ID	Nombre	Asignación	Asignación	Asignación
1	ASIGNACION	ASIGNACION	ASIGNACION	ASIGNACION
2	ASIGNACION	ASIGNACION	ASIGNACION	ASIGNACION

Figura 54 Sismo Loreto NSYY
Fuente: Elaboración propia.

Formulario de configuración para el Sismo Loreto EWXX. El formulario está dividido en secciones:

- Inicio:** Contiene un botón de "Actualizar".
- Inicio:** Sección de configuración con campos para "Asignación", "Asignación de datos", "Asignación de datos", y "Asignación de datos".
- Inicio:** Sección de configuración con campos para "Asignación", "Asignación de datos", "Asignación de datos", y "Asignación de datos".
- Inicio:** Tabla de datos con columnas: "ID", "Nombre", "Asignación", "Asignación", "Asignación".
- Inicio:** Botones de "Guardar", "Cancelar", "Eliminar", "Nuevo", "Actualizar".

ID	Nombre	Asignación	Asignación	Asignación
1	ASIGNACION	ASIGNACION	ASIGNACION	ASIGNACION
2	ASIGNACION	ASIGNACION	ASIGNACION	ASIGNACION

Figura 55 Sismo Loreto EWXX
Fuente: Elaboración propia.

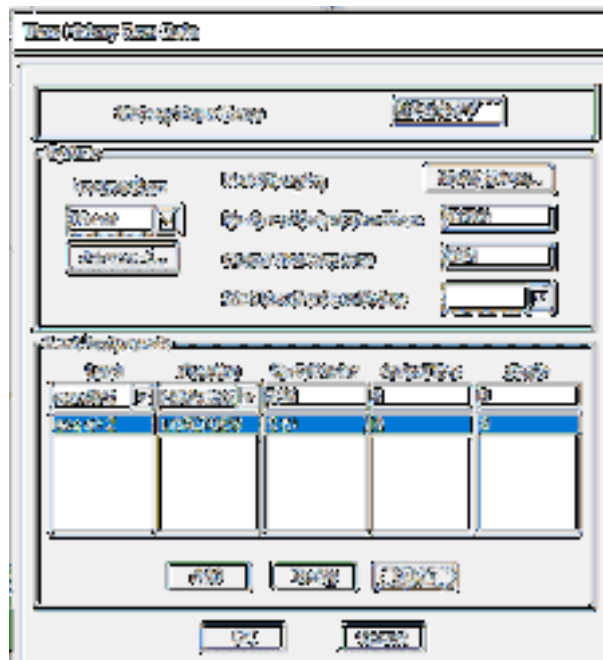


Figura 56 Sismo Loreto EWYY
Fuente: Elaboración propia.

4.7. Resultados por el método tiempo – historia:

El peso del edificio y los periodos fundamentales de vibración siguen siendo los mismo que en el método modal espectral.

4.7.1. Desplazamientos laterales:

El desplazamiento lateral máximo es el producto de 1.25 por 0.007 el cual es igual a 0.00875 según la norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Los desplazamientos laterales fueron calculados siguiendo los mismos pasos que en el método modal espectral aplicando las ecuaciones n° 7 y 8, a continuación, se muestran los resultados de forma resumida:

A. Loreto 2019 NS:

Los resultados se muestran a continuación:

Tabla 10

Desplazamientos para Loreto 2019 NS en el sentido X - X

N° DE PLANTA	UX (cm)	DESPLAZAMIENTOS ELASTICOS	ALTURA DE PLANTA	DESPLAZAMIENTOS INELASTICOS
5° planta	1.28	7.68	260	0.0060
4° planta	1.02	6.12	260	0.0044
3° planta	0.83	4.98	260	0.0067
2° planta	0.54	3.24	260	0.0067
1° planta	0.25	1.50	260	0.0058

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11

Desplazamientos para Loreto 2019 NS en el sentido Y - Y

N° DE PLANTA	UY (cm)	DESPLAZAMIENTOS ELASTICOS	ALTURA DE PLANTA	DESPLAZAMIENTOS INELASTICOS
5° planta	1.16	6.96	260	0.0048
4° planta	0.95	5.70	260	0.0055
3° planta	0.71	4.26	260	0.0060
2° planta	0.45	2.70	260	0.0062
1° planta	0.18	1.08	260	0.0042

Fuente: Elaboración propia.

Como podemos observar en las tablas anteriores, los desplazamientos laterales para el sismo de Loreto 2019 NS en ambos sentidos son menores a la máxima admisible de 0.00875, por lo tanto, la estructura es rígida y tendrá un movimiento acorde durante un evento sísmico.

B. Loreto 2019 EW:

Los resultados se muestran a continuación:

Tabla 12

Desplazamientos para Loreto 2019 EW en el sentido X - X

N° DE PLANTA	UX (cm)	DESPLAZAMIENTOS ELASTICOS	ALTURA DE PLANTA	DESPLAZAMIENTOS INELASTICOS
5° planta	1.34	8.04	260	0.0055
4° planta	1.10	6.60	260	0.0058
3° planta	0.85	5.10	260	0.0060
2° planta	0.59	3.54	260	0.0069
1° planta	0.29	1.74	260	0.0067

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13

Desplazamientos para Loreto 2019 EW en el sentido Y – Y

N° DE PLANTA	UY (cm)	DESPLAZAMIENTOS ELASTICOS	ALTURA DE PLANTA	DESPLAZAMIENTOS INELASTICOS
5° planta	1.22	7.32	260	0.0042
4° planta	1.04	6.24	260	0.0067
3° planta	0.75	4.50	260	0.0053
2° planta	0.52	3.12	260	0.0055
1° planta	0.28	1.68	260	0.0065

Fuente: Elaboración propia.

Como podemos observar en las tablas anteriores, los desplazamientos laterales para el sismo de Loreto 2019 EW en ambos sentidos son menores a la máxima admisible de 0.00875, por lo tanto, la estructura es rígida y tendrá un movimiento acorde durante un evento sísmico.

C. Pisco 2007 – NS:

Los resultados se muestran a continuación:

Tabla 14

Desplazamientos para Pisco 2007 NS en el sentido X – X

N° DE PLANTA	UX (cm)	DESPLAZAMIENTOS ELASTICOS	ALTURA DE PLANTA	DESPLAZAMIENTOS INELASTICOS
5° planta	1.24	7.44	260	0.0058
4° planta	0.99	5.94	260	0.0042
3° planta	0.81	4.86	260	0.0062
2° planta	0.54	3.24	260	0.0065
1° planta	0.26	1.56	260	0.0060

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15

Desplazamientos para Pisco 2007 NS en el sentido Y – Y

N° DE PLANTA	UY (cm)	DESPLAZAMIENTOS ELASTICOS	ALTURA DE PLANTA	DESPLAZAMIENTOS INELASTICOS
5° planta	1.12	6.72	260	0.0044
4° planta	0.93	5.58	260	0.0053
3° planta	0.70	4.20	260	0.0060
2° planta	0.44	2.64	260	0.0055
1° planta	0.20	1.20	260	0.0046

Fuente: Elaboración propia.

Como podemos observar en las tablas anteriores, los desplazamientos laterales para el sismo de Pisco 2007 NS en ambos sentidos son menores a la máxima admisible de 0.00875, por lo tanto, la estructura es rígida y tendrá un movimiento acorde durante un evento sísmico.

D. Pisco 2007 – EW:

Los resultados se muestran a continuación:

Tabla 16
Desplazamientos para Pisco 2007 EW en el sentido X – X

N° DE PLANTA	UX (cm)	DESPLAZAMIENTOS ELASTICOS	ALTURA DE PLANTA	DESPLAZAMIENTOS INELASTICOS
5° planta	1.30	7.80	260	0.0053
4° planta	1.07	6.42	260	0.0062
3° planta	0.80	4.80	260	0.0055
2° planta	0.56	3.36	260	0.0069
1° planta	0.26	1.56	260	0.0060

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17
Desplazamientos para Pisco 2007 EW en el sentido Y – Y

N° DE PLANTA	UY (cm)	DESPLAZAMIENTOS ELASTICOS	ALTURA DE PLANTA	DESPLAZAMIENTOS INELASTICOS
5° planta	1.22	7.32	260	0.0058
4° planta	0.97	5.82	260	0.0065
3° planta	0.69	4.14	260	0.0048
2° planta	0.48	2.88	260	0.0055
1° planta	0.24	1.44	260	0.0055

Fuente: Elaboración propia.

Como podemos observar en las tablas anteriores, los desplazamientos laterales para el sismo de Pisco 2007 EW en ambos sentidos son menores a la máxima admisible de 0.00875, por lo tanto, la estructura es rígida y tendrá un movimiento acorde durante un evento sísmico.

E. Moquegua 2019 NS:

Los resultados se muestran a continuación:

Tabla 18
Desplazamientos para Moquegua 2019 NS en el sentido X - X

N° DE PLANTA	UX (cm)	DESPLAZAMIENTOS ELASTICOS	ALTURA DE PLANTA	DESPLAZAMIENTOS INELASTICOS
5° planta	1.15	6.90	260	0.0048
4° planta	0.94	5.64	260	0.0044
3° planta	0.75	4.50	260	0.0053
2° planta	0.52	3.12	260	0.0060
1° planta	0.26	1.56	260	0.0060

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19
Desplazamientos para Moquegua 2019 NS en el sentido Y - Y

N° DE PLANTA	UY (cm)	DESPLAZAMIENTOS ELASTICOS	ALTURA DE PLANTA	DESPLAZAMIENTOS INELASTICOS
5° planta	0.91	5.46	260	0.0039
4° planta	0.74	4.44	260	0.0044
3° planta	0.55	3.30	260	0.0048
2° planta	0.34	2.04	260	0.0044
1° planta	0.15	0.90	260	0.0035

Fuente: Elaboración propia.

Como podemos observar en las tablas anteriores, los desplazamientos laterales para el sismo de Moquegua 2019 NS en ambos sentidos son menores a la máxima admisible de 0.00875, por lo tanto, la estructura es rígida y tendrá un movimiento acorde durante un evento sísmico.

F. Moquegua 2019 EW:

Los resultados se muestran a continuación:

Tabla 20

Desplazamientos para Moquegua 2019 EW en el sentido X - X

N° DE PLANTA	UX (cm)	DESPLAZAMIENTOS ELASTICOS	ALTURA DE PLANTA	DESPLAZAMIENTOS INELASTICOS
5° planta	1.04	6.24	260	0.0039
4° planta	0.87	5.22	260	0.0053
3° planta	0.64	3.84	260	0.0048
2° planta	0.43	2.58	260	0.0053
1° planta	0.20	1.20	260	0.0046

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21

Desplazamientos para Moquegua 2019 EW en el sentido Y - Y

N° DE PLANTA	UY (cm)	DESPLAZAMIENTOS ELASTICOS	ALTURA DE PLANTA	DESPLAZAMIENTOS INELASTICOS
5° planta	1.05	6.30	260	0.0048
4° planta	0.84	5.04	260	0.0048
3° planta	0.63	3.78	260	0.0048
2° planta	0.42	2.52	260	0.0051
1° planta	0.20	1.20	260	0.0046

Fuente: Elaboración propia.

Como podemos observar en las tablas anteriores, los desplazamientos laterales para el sismo de Moquegua 2019 EW en ambos sentidos son menores a la máxima admisible de 0.00875, por lo tanto, la estructura es rígida y tendrá un movimiento acorde durante un evento sísmico.

4.7.2. Cortante basal:

A. Cortante basal estático:

La cortante basal estático sigue siendo el mismo que en el análisis modal espectral debido a que el peso del edificio y los periodos fundamentales de vibración no varían.

B. Cortante basal dinámico:

a. Loreto 2019 NS:

Los resultados se muestran a continuación:

Tabla 22

Cortante dinámico para Loreto 2019 NS en el sentido X - X

N° DE PLANTA	CARGA	LOCACION	P	CORTANTE EN "X"
5° planta	SISMOXX	BOTTOM	0	1.54
4° planta	SISMOXX	BOTTOM	0	11.25
3° planta	SISMOXX	BOTTOM	0	19.74
2° planta	SISMOXX	BOTTOM	0	25.36
1° planta	SISMOXX	BOTTOM	0	29.43

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 23

Cortante dinámico para Loreto 2019 NS en el sentido Y - Y

N° DE PLANTA	CARGA	LOCACION	P	CORTANTE EN "Y"
5° planta	SISYY	BOTTOM	0	1.54
4° planta	SISYY	BOTTOM	0	12.32
3° planta	SISYY	BOTTOM	0	20.14
2° planta	SISYY	BOTTOM	0	25.12
1° planta	SISYY	BOTTOM	0	28.41

Fuente: Elaboración propia.

En las tablas anteriores se pueden observar que las cortantes dinámicas para el sismo de Loreto NS para el sentido X – X es igual a 29.43Tn y para el sentido Y – Y es igual a 28.41Tn.

b. Loreto 2019 EW:

Los resultados se muestran a continuación:

Tabla 24

Cortante dinámico para Loreto 2019 EW en el sentido X - X

N° DE PLANTA	CARGA	LOCACION	P	CORTANTE EN "X"
5° planta	SISMOXX	BOTTOM	0	2.56
4° planta	SISMOXX	BOTTOM	0	11.32
3° planta	SISMOXX	BOTTOM	0	18.64
2° planta	SISMOXX	BOTTOM	0	23.71
1° planta	SISMOXX	BOTTOM	0	28.52

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25
Cortante dinámico para Loreto 2019 EW en el sentido Y - Y

N° DE PLANTA	CARGA	LOCACION	P	CORTANTE EN "X"
5° planta	SISMOYY	BOTTOM	0	2.10
4° planta	SISMOYY	BOTTOM	0	11.87
3° planta	SISMOYY	BOTTOM	0	20.85
2° planta	SISMOYY	BOTTOM	0	24.51
1° planta	SISMOYY	BOTTOM	0	29.05

Fuente: Elaboración propia.

En las tablas anteriores se pueden observar que las cortantes dinámicas para el sismo de Loreto EW para el sentido X – X es igual a 28.52Tn y para el sentido Y – Y es igual a 29.05Tn.

c. Pisco 2007 NS:

Los resultados se muestran a continuación:

Tabla 26
Cortante dinámico para Pisco 2007 NS en el sentido X - X

N° DE PLANTA	CARGA	LOCACION	P	CORTANTE EN "X"
5° planta	SISMOXX	BOTTOM	0	2.60
4° planta	SISMOXX	BOTTOM	0	13.20
3° planta	SISMOXX	BOTTOM	0	22.85
2° planta	SISMOXX	BOTTOM	0	25.12
1° planta	SISMOXX	BOTTOM	0	31.20

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 27
Cortante dinámico para Pisco 2007 NS en el sentido Y - Y

N° DE PLANTA	CARGA	LOCACION	P	CORTANTE EN "X"
5° planta	SISMOYY	BOTTOM	0	2.23
4° planta	SISMOYY	BOTTOM	0	15.24
3° planta	SISMOYY	BOTTOM	0	22.32
2° planta	SISMOYY	BOTTOM	0	28.54
1° planta	SISMOYY	BOTTOM	0	33.52

Fuente: Elaboración propia.

En las tablas anteriores se pueden observar que las cortantes dinámicas para el sismo de Pisco 2007 NS para el sentido X – X es igual a 31.20Tn y para el sentido Y – Y es igual a 33.52Tn.

d. Pisco 2007 EW:

Los resultados se muestran a continuación:

Tabla 28
Cortante dinámico para Pisco 2007 EW en el sentido X - X

N° DE PLANTA	CARGA	LOCACION	P	CORTANTE EN "X"
5° planta	SISMOXX	BOTTOM	0	2.85
4° planta	SISMOXX	BOTTOM	0	13.52
3° planta	SISMOXX	BOTTOM	0	22.85
2° planta	SISMOXX	BOTTOM	0	27.96
1° planta	SISMOXX	BOTTOM	0	32.85

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29
Cortante dinámico para Pisco 2007 EW en el sentido Y - Y

N° DE PLANTA	CARGA	LOCACION	P	CORTANTE EN "X"
5° planta	SISMOYY	BOTTOM	0	3.08
4° planta	SISMOYY	BOTTOM	0	14.52
3° planta	SISMOYY	BOTTOM	0	23.65
2° planta	SISMOYY	BOTTOM	0	28.32
1° planta	SISMOYY	BOTTOM	0	33.23

Fuente: Elaboración propia.

En las tablas anteriores se pueden observar que las cortantes dinámicas para el sismo de Pisco 2007 NS para el sentido X – X es igual a 32.85Tn y para el sentido Y – Y es igual a 33.23Tn.

e. Moquegua 2001 NS:

Los resultados se muestran a continuación:

Tabla 30
Cortante dinámico para Moquegua 2001 NS en el sentido X – X

N° DE PLANTA	CARGA	LOCACION	P	CORTANTE EN "X"
5° planta	SISMOXX	BOTTOM	0	3.56
4° planta	SISMOXX	BOTTOM	0	14.52
3° planta	SISMOXX	BOTTOM	0	21.54
2° planta	SISMOXX	BOTTOM	0	26.35
1° planta	SISMOXX	BOTTOM	0	30.60

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 31
Cortante dinámico para Moquegua 2001 NS en el sentido Y - Y

N° DE PLANTA	CARGA	LOCACION	P	CORTANTE EN "X"
5° planta	SISMOYY	BOTTOM	0	1.58
4° planta	SISMOYY	BOTTOM	0	16.85
3° planta	SISMOYY	BOTTOM	0	20.45
2° planta	SISMOYY	BOTTOM	0	29.52
1° planta	SISMOYY	BOTTOM	0	30.62

Fuente: Elaboración propia.

En las tablas anteriores se pueden observar que las cortantes dinámicas para el sismo de Moquegua 2001 NS para el sentido X – X es igual a 30.60Tn y para el sentido Y – Y es igual a 30.62Tn.

f. Moquegua 2001 EW:

Los resultados se muestran a continuación:

Tabla 32
Cortante dinámico para Moquegua 2001 EW en el sentido X - X

N° DE PLANTA	CARGA	LOCACION	P	CORTANTE EN "X"
5° planta	SISMOXX	BOTTOM	0	2.12
4° planta	SISMOXX	BOTTOM	0	14.78
3° planta	SISMOXX	BOTTOM	0	20.56
2° planta	SISMOXX	BOTTOM	0	26.85
1° planta	SISMOXX	BOTTOM	0	30.61

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 33
Cortante dinámico para Moquegua 2001 EW en el sentido Y - Y

N° DE PLANTA	CARGA	LOCACION	P	CORTANTE EN "X"
5° planta	SISMOYY	BOTTOM	0	3.08
4° planta	SISMOYY	BOTTOM	0	14.52
3° planta	SISMOYY	BOTTOM	0	23.65
2° planta	SISMOYY	BOTTOM	0	28.32
1° planta	SISMOYY	BOTTOM	0	30.60

Fuente: Elaboración propia.

En las tablas anteriores se pueden observar que las cortantes dinámicas para el sismo de Moquegua 2001 EW para el sentido X – X es igual a 30.61Tn y para el sentido Y – Y es igual a 30.60Tn.

C. Factor de escala dinámica:

a. Loreto 2019 NS:

Aplicando la ecuación n° 10 obtenemos un factor de escala dinámica para el sentido X – X igual a 1.0396 y para el sentido Y – Y de 1.0769, estos valores son mayores a 1.00 por lo tanto las cargas deben ser escaladas y el presupuesto aumentara.

b. Loreto 2019 EW:

Aplicando la ecuación n° 10 obtenemos un factor de escala dinámica para el sentido X – X igual a 1.0727 y para el sentido Y – Y de 1.0532, estos valores son mayores a 1.00 por lo tanto las cargas deben ser escaladas y el presupuesto aumentara.

c. Pisco 2007 NS:

Aplicando la ecuación n° 10 obtenemos un factor de escala dinámica para el sentido X – X igual a 0.9806 y para el sentido Y – Y de 0.9127, estos valores son menores a 1.00 por lo tanto las cargas están equilibradas y el presupuesto no aumentara.

d. Pisco 2007 EW:

Aplicando la ecuación n° 10 obtenemos un factor de escala dinámica para el sentido X – X igual a 0.9313 y para el sentido Y – Y de 0.9207, estos valores son menores a 1.00 por lo tanto las cargas están equilibradas y el presupuesto no aumentara.

e. Moquegua 2001 NS:

Aplicando la ecuación n° 10 obtenemos un factor de escala dinámica para el sentido X – X igual a 0.9998 y para el sentido Y – Y de 0.9992, estos valores son menores a 1.00 por lo tanto las cargas están equilibradas y el presupuesto no aumentara.

f. Moquegua 2001 EW:

Aplicando la ecuación n° 10 obtenemos un factor de escala dinámica para el sentido X – X igual a 0.9995 y para el sentido Y – Y de 1.0000, estos valores son menores a 1.00 por lo tanto las cargas están equilibradas y el presupuesto no aumentara.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Comparación de desplazamientos laterales:

Como se mencionó en el capítulo anterior, el máximo desplazamiento lateral para el método modal espectral es igual a 0.007 y para el método tiempo – historia es igual a 0.00875 según la norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones. A continuación, presentamos las tablas de resumen de todos los desplazamientos laterales en ambos sentidos.

Tabla 34
Comparación de los desplazamientos laterales en el sentido X - X

N° DE PLANTA	MODAL ESPECTRAL	LORETO 2019 - NS	LORETO 2019 - EW	PISCO 2007 - NS	PISCO 2007 - EW	MOQUEGUA 2001 - NS	MOQUEGUA 2001 - EW
5° planta	0.0046	0.0060	0.0055	0.0058	0.0053	0.0048	0.0039
4° planta	0.0035	0.0044	0.0058	0.0042	0.0062	0.0044	0.0053
3° planta	0.0062	0.0067	0.0060	0.0062	0.0055	0.0053	0.0048
2° planta	0.0067	0.0067	0.0069	0.0065	0.0069	0.0060	0.0053
1° planta	0.0055	0.0058	0.0067	0.0060	0.0060	0.0060	0.0046

Fuente: Elaboración propia.

Como podemos observar en la tabla anterior, la 2° planta presenta los desplazamientos más elevados en todos los análisis realizados, pero el método modal espectral es el más crítico en el sentido X – X debido a que su límite es igual a 0.007 y el desplazamiento calculado es igual a 0.0067, mientras que en el método tiempo – historia, los registros de Loreto 2019 EW y Pisco 2007 EW alcanzan un desplazamiento igual a 0.0069 pero su límite es de 0.00875.

Tabla 35
Comparación de los desplazamientos laterales en el sentido Y - Y

N° DE PLANTA	MODAL ESPECTRAL	LORETO 2019 - NS	LORETO 2019 - EW	PISCO 2007 - NS	PISCO 2007 - EW	MOQUEGUA 2001 - NS	MOQUEGUA 2001 - EW
5° planta	0.0020	0.0048	0.0042	0.0044	0.0058	0.0039	0.0048
4° planta	0.0033	0.0055	0.0067	0.0053	0.0065	0.0044	0.0048

3° planta	0.0058	0.0060	0.0053	0.0060	0.0048	0.0048	0.0048
2° planta	0.0068	0.0062	0.0055	0.0055	0.0055	0.0044	0.0051
1° planta	0.0061	0.0042	0.0065	0.0046	0.0055	0.0035	0.0046

Fuente: Elaboración propia.

en el sentido Y – Y, el método modal espectral sigue siendo el más crítico debido a que su mayor desplazamiento calculado en la 2° planta es igual a 0.0068 y es muy cercano al máximo admisible, mientras que el método tiempo – historia presenta un mayor desplazamiento calculado en el registro de loreto 2019 EW igual a 0.0067 y es menor a su máximo admisible.

5.2. Comparación de cortantes basales:

Como mencionamos en el capítulo anterior, la cortante dinámica debe ser mayor al 80% de la cortante estática para que las cargas estén equilibradas y el presupuesto sea lo menor posible. A continuación, presentamos la comparación de las cortantes basales y los factores de escala de todos los análisis realizados:

Tabla 36

Comparación de las cortantes basales en el sentido X - X

N° DE PLANTA	MODAL ESPECTRAL	LORETO 2019 - NS	LORETO 2019 - EW	PISCO 2007 - NS	PISCO 2007 - EW	MOQUEGUA 2001 - NS	MOQUEGUA 2001 - EW
5° planta	1.60	1.54	2.56	2.60	2.85	3.56	2.12
4° planta	12.31	11.25	11.32	13.20	13.52	14.52	14.78
3° planta	20.70	19.74	18.64	22.85	22.85	21.54	20.56
2° planta	26.56	25.36	23.71	25.12	27.96	26.35	26.85
1° planta	30.60	29.43	28.52	31.20	32.85	30.60	30.61

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 37

Comparación de los factores de escala en el sentido X - X

N° DE PLANTA	MODAL ESPECTRAL	LORETO 2019 - NS	LORETO 2019 - EW	PISCO 2007 - NS	PISCO 2007 - EW	MOQUEGUA 2001 - NS	MOQUEGUA 2001 - EW
1° planta	0.9998	1.0396	1.0727	0.9806	0.9313	0.9998	0.9995

Fuente: Elaboración propia.

Como podemos observar, los registros de Loreto 2019 son los más críticos en el sentido X – X debido a que presentan un factor de escala mayor a 1.00, esto nos indica que las cargas deben ser escaladas, lo cual ocasionara que la estructura sea más pesada y requiera mayor cantidad de acero de refuerzo aumentando el presupuesto de la obra.

Tabla 38
Comparación de las cortantes basales en el sentido Y - Y

N° DE PLANTA	MODAL ESPECTRAL	LORETO 2019 - NS	LORETO 2019 - EW	PISCO 2007 - NS	PISCO 2007 - EW	MOQUEGUA 2001 - NS	MOQUEGUA 2001 - EW
5° planta	1.63	1.54	2.10	2.23	3.08	1.58	3.08
4° planta	13.61	12.32	11.87	15.24	14.52	16.85	14.52
3° planta	23.14	20.14	20.85	22.32	23.65	20.45	23.65
2° planta	29.93	25.12	24.51	28.54	28.32	29.52	28.32
1° planta	33.36	28.41	29.05	33.52	33.23	30.62	30.60

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 39
Comparación de los factores de escala en el sentido Y - Y

N° DE PLANTA	MODAL ESPECTRAL	LORETO 2019 - NS	LORETO 2019 - EW	PISCO 2007 - NS	PISCO 2007 - EW	MOQUEGUA 2001 - NS	MOQUEGUA 2001 - EW
1° planta	0.9171	1.0769	1.0532	0.9127	0.9207	0.9992	1.0000

Fuente: Elaboración propia.

De igual manera, los registros de Loreto 2019 son los más críticos en el sentido Y – Y debido a que presentan un factor de escala mayor a 1.00, esto nos indica que las cargas deben ser escaladas, lo cual ocasionara que la estructura sea más pesada y requiera mayor cantidad de acero de refuerzo aumentando el presupuesto de la obra.

CONCLUSIONES

1. Se comparó el análisis dinámico de la vivienda multifamiliar de la familia Colonio Sobrevilla por los métodos modal espectral y tiempo – historia llegando a la conclusión de que el primer método mencionado es el más crítico en lo que refiere a los desplazamientos laterales debido a que estos alcanzan un valor máximo de 0.0067 y 0.0068 para el sentido X – X y para el sentido Y – Y respectivamente, mientras que el segundo método mencionado es el más crítico en lo que refiere a la cortante basal debido a que los registros Loreto 2019 presentan un factor de escala mayor a 1.00 en ambos sentidos lo que ocasionará que las cargas aumenten y el presupuesto de la obra sea mayor.
2. Se realizó el análisis dinámico de la vivienda multifamiliar de la familia Colonio Sobrevilla por el método modal espectral llegando a la conclusión de que la estructura es rígida y tendrá un comportamiento acorde durante un evento sísmico debido a que sus desplazamientos laterales de todos los pisos en ambos sentidos son menores a 0.007, de igual manera el factor de escala de la cortante basal es menor a 1.00 lo que comprueba que las cargas están equilibradas y el presupuesto de la obra será menor.
3. Se realizó el análisis dinámico de la vivienda multifamiliar de la familia Colonio Sobrevilla por el método tiempo - historia llegando a la conclusión de que la estructura es rígida y tendrá un comportamiento acorde durante un evento sísmico debido a que sus desplazamientos laterales de todos los registros utilizados en ambos sentidos son menores a 0.00875, en lo que refiere a la cortante basal, los registros de Loreto 2019 deben ser escalados para determinar las cargas reales de la estructura debido a que su factor de escala es mayor a 1.00.

RECOMENDACIONES

1. Realizar el diseño de los elementos estructurales y cimentación de la vivienda multifamiliar de la familia Colonio Sobrevilla aplicando el método modal espectral ya que se pudo comprobar que la estructura planteada es rígida y tendrá un comportamiento acorde durante un evento sísmico, de igual manera su presupuesto será más económica debido a las cargas no sean amplificadas reduciendo de esta manera el acero de refuerzo.
2. Ejecutar la construcción de la vivienda multifamiliar de la familia Colonio Sobrevilla respetando los planos estructurales diseñados y que vienen adjunto a esta investigación ya que se pudo comprobar que cuentan con las dimensiones adecuadas para poder tener un comportamiento acorde durante un evento sísmico.
3. Promulgar la información de esta investigación a los alumnos de la carrera de ingeniería civil con la finalidad de brindar a conocer la importancia que tiene la comparación de los métodos de análisis dinámico modal espectral y tiempo – historia en el diseño de estructuras.

BIBLIOGRÁFICAS

1. Amaya, M., Botero, E., & Ovando, E. (2018). *Óxido de calcio en la estabilización de suelos arcillosos* (p. 7). p. 7. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/335193052>
2. Braja, M. (2015). *Fundamentos de ingeniería geotécnica* (4ta edición). México D.F.: Cengage Learning.
3. Chicaiza, E., & Oña, F. (2018). *Estabilización de arcillas expansivas de la provincia de Manabí con puzolana extraída de ceniza de cascarilla de arroz*. Escuela Politécnica Nacional.
4. Crespo, C. (2004). *Mecánica de suelos y cimentaciones* (Quinta Edición). México.
5. Cuadros, C. (2017). *Mejoramiento de las propiedades físico - mecánicas de la subrasante en una vía afirmada de la Red Vial Departamental de la región Junín mediante la estabilización química con óxido de calcio - 2016*. Universidad Peruana Los Andes.
6. Espinoza, A. (2020). *Aplicación del óxido de calcio como propuesta de control de la saturación en el material de afirmado* (Universidad Continental). Recuperado de <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/7840>
7. Fratelli, M. (1993). *Suelos, fundaciones y muros* (Primera; M. Fratelli, Ed.). Venezuela: ASTROM.
8. Google Earth. (2020). Google Earth Pro. Recuperado de <https://www.google.es/earth/download/gep/agree.html>
9. Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación. En *Mc Graw Hill* (5°). México D.F.
10. Honores, A. (2019). *Comparación de la ceniza de cascarilla de arroz frente al óxido de calcio como estabilizante químico para mejorar la sub-rasante en la Av. Gustavo Mohme (progresiva km 0+654.19-km 1+654.19) distrito veintiséis de octubre - Piura - Piura, 2018* (Universidad César Vallejo). Recuperado de <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/35921>
11. López, L. (2015). *Determinación de características físicas y propiedades mecánicas de un suelo arenoso limoso estabilizado con cemento tipo UG y cemento ARI* (Universidad de San Carlos de Guatemala).

<https://doi.org/10.1145/3132847.3132886>

12. Lozada, J. (2014). Investigación aplicada: Definición, propiedad intelectual e industria. *Cienciamérica*, 3, 34-39. Recuperado de <http://revistas.unam.mx/index.php/req/article/view/66175>
13. MTC. (2008). *Manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito*. Recuperado de <http://www.sutran.gob.pe/wp-content/uploads/2015/08/manualdedisenodecarreterasnopavimentadasdebajovolumendetransito.pdf>
14. MTC. (2013). *Manual de carreteras - Especificaciones técnicas generales para construcción (EG-2013) (Tomo I)*. Recuperado de [https://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual de Carreteras - Especificaciones Tecnicas Generales para Construcción - EG-2013 - \(Versión Revisada - JULIO 2013\).pdf](https://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual de Carreteras - Especificaciones Tecnicas Generales para Construcción - EG-2013 - (Versión Revisada - JULIO 2013).pdf)
15. MTC. (2014). *Manual de carreteras: Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos (Sección suelos y pavimentos)* (p. 305). p. 305. Recuperado de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES DE CARRETERAS 2019/MC-05-14 Seccion Suelos y Pavimentos_Manual_de_Carreteras_OK.pdf
16. MTC. (2016). *Manual de ensayo de materiales*. Recuperado de https://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual Ensayo de Materiales.pdf
17. Parra, M. (2018). *Estabilización de un suelo con cal y ceniza volante* (Universidad Católica de Colombia). Recuperado de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/22856/1/TRABAJO DE GRADO MANUEL GERARDO PARRA GOMEZ 505587.pdf>
18. Tamayo, M. (2003). *El proceso de la investigación científica* (Cuarta). Balderas 95, México, D.F.: Editorial Limusa S.A. de C.V.
19. Tique, J., Mora, R., Díaz, S., & Magaña, F. (2019). Comparación del rendimiento de dos agentes químicos en la estabilización de un suelo arcilloso. *Espacio I+D, innovación más desarrollo*, VIII(2007-6703), 14. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.31644/>

ANEXOS

Anexo N° 01: matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA						
Tesis: “ COMPARACIÓN DEL ANÁLISIS DINAMICO DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR POR LOS MÉTODOS MODAL ESPECTRAL Y TIEMPO HISTORIA EN CONCEPCION”						
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
<p>Problema general: ¿Cómo es la comparación del análisis dinámico de una vivienda multifamiliar por los métodos modal espectral y tiempo historia en Concepción?</p> <p>Problemas específicos:</p> <p>a) ¿Cómo es el análisis dinámico de una vivienda multifamiliar por el método modal espectral en Concepción?</p> <p>b) ¿Cómo es el análisis dinámico de una vivienda multifamiliar por el método tiempo historia en Concepción?</p>	<p>Objetivo general: Comparar el análisis dinámico de una vivienda multifamiliar por los métodos modal espectral y tiempo historia en Concepción.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <p>a) Realizar el análisis dinámico de una vivienda multifamiliar por el método modal espectral en Concepción.</p> <p>b) Realizar el análisis dinámico de una vivienda multifamiliar por el método tiempo historia en Concepción</p>	<p>Hipótesis general: El resultado de la comparación de ambos métodos dinámicos uno tiene una mejor determinación sobre el comportamiento sismorresistente de una vivienda multifamiliar.</p> <p>Hipótesis específicas:</p> <p>a) Al realizar el análisis dinámico de una vivienda multifamiliar por el método modal espectral en la ciudad de Concepción tiene una precisión específica en el comportamiento sismorresistente.</p> <p>b) Al realizar el análisis dinámico de una vivienda multifamiliar por el método tiempo historia en la ciudad de Concepción tiene una precisión específica en el comportamiento sismorresistente.</p>	<p>Variable</p> <p>método modal espectral</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Grado de libertad • Modo natural de vibración • Análisis modal 	<ul style="list-style-type: none"> • desplazamiento o giro • Periodo natural • factor de participación modal 	<p>Método de investigación: método científico</p> <p>Tipo de investigación: Aplicada</p> <p>nivel de investigación: Descriptivo – comparativo</p> <p>Diseño de la investigación: no experimental</p> <p>La población: Está conformada por todas las viviendas de la urbanización de los Cipreses del distrito de Orcotuna de la provincia de Concepción.</p> <p>La muestra: fue la vivienda multifamiliar de la familia Colonio Sobrevilla, la muestra viene a ser los elementos estructurales por ser único cada elemento en su comportamiento estructural</p>
			<p>Variable</p> <p>método tiempo historia</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Cortante Basal • Desplazamientos 	<ul style="list-style-type: none"> • X por sismo en X • Y por sismo en Y • Y por sismo en Y • X por sismo en X 	

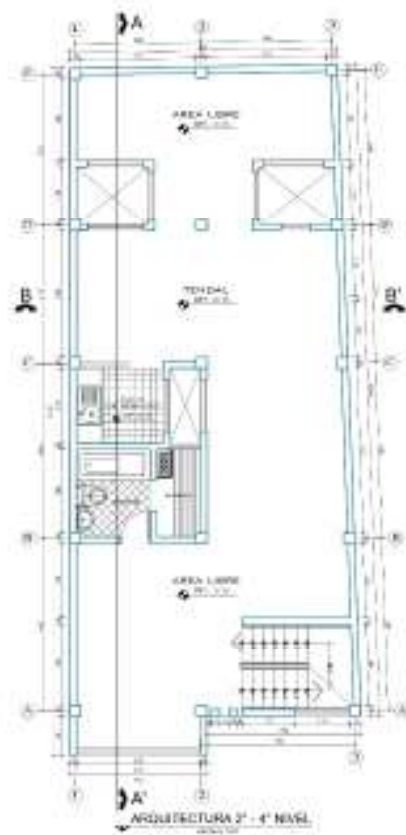
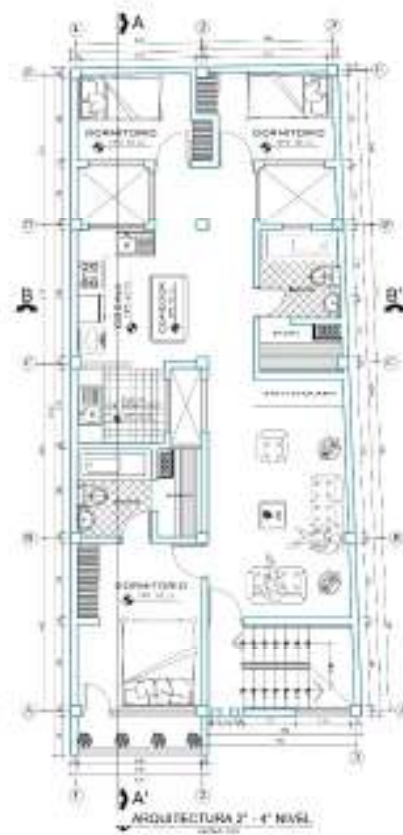
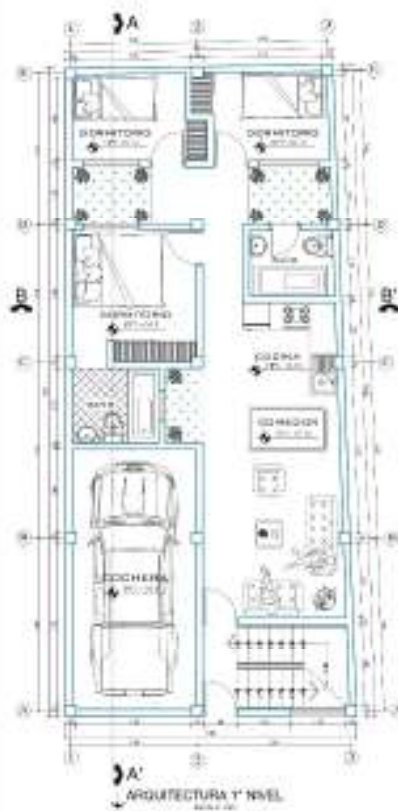
Anexo N° 02: matriz de operacionalización de variables

NOMBRE DE LA VARIABLE	INDICADORES	DIMENSIONES
método modal espectral	Grado de libertad	desplazamiento o giro
	Modo natural de vibración	Periodo natural
	Análisis modal,	factor de participación modal
método tiempo historia	Cortante Basal	X por sismo en X Y por sismo en Y
	Desplazamientos	Y por sismo en Y X por sismo en X

Anexo N° 03: panel fotográfico



Anexo N° 04: planos



CUADRO DE VENTANAS				
Nº	ANCHO	ALTEZA	USO	NOTAS
V01	1.80	1.50	1.50	OFICINA
V02	1.80	1.50	1.50	OFICINA
V03	1.80	1.50	1.50	OFICINA
V04	1.80	1.50	1.50	OFICINA
V05	1.80	1.50	1.50	OFICINA
V06	1.80	1.50	1.50	OFICINA
V07	1.80	1.50	1.50	OFICINA
V08	1.80	1.50	1.50	OFICINA
V09	1.80	1.50	1.50	OFICINA
V10	1.80	1.50	1.50	OFICINA
V11	1.80	1.50	1.50	OFICINA
V12	1.80	1.50	1.50	OFICINA
V13	1.80	1.50	1.50	OFICINA
V14	1.80	1.50	1.50	OFICINA
V15	1.80	1.50	1.50	OFICINA

CUADRO DE PUERTAS				
Nº	ANCHO	ALTO	USO	NOTAS
P01	1.00	2.00	OFICINA	
P02	1.00	2.00	OFICINA	
P03	1.00	2.00	OFICINA	
P04	1.00	2.00	OFICINA	
P05	1.00	2.00	OFICINA	
P06	1.00	2.00	OFICINA	
P07	1.00	2.00	OFICINA	
P08	1.00	2.00	OFICINA	
P09	1.00	2.00	OFICINA	
P10	1.00	2.00	OFICINA	
P11	1.00	2.00	OFICINA	
P12	1.00	2.00	OFICINA	
P13	1.00	2.00	OFICINA	
P14	1.00	2.00	OFICINA	
P15	1.00	2.00	OFICINA	